



NAPRAVE ZA PRENOS ELEKTRIČNE ENERGIJE IN ZDRAVJE

Monografija NAPRAVE ZA PRENOS ELEKTRIČNE ENERGIJE IN ZDRAVJE

Izdajatelj: Inštitut za neionizirna sevanja,
Nacionalni inštitut za javno zdravje RS, projekt FORUM EMS

Priprava besedila: doc. dr. Peter Gajšek, prof. dr. Ivan Eržen

Recenzija: dr. Blaž Valič, doc. dr. Damijan Škrk

Lektoriranje: skupina Lucas

Oblikovanje: Alenka Planinc Kuhar

Fotografija na naslovnici: Arhiv INIS

Naklada: 3000 izvodov

Ljubljana, maj 2026

© Vse pravice pridržane. Noben del te monografije ne sme biti reproduciran, shranjen ali z drugimi sredstvi (elektronskim, mehanskim, s fotokopiranjem, skeniranjem) kakorkoli spremenjen brez predhodnega pisnega soglasja Inštituta za neionizirna sevanja (INIS).

CIP - Kataložni zapis o publikaciji
Narodna in univerzitetna knjižnica, Ljubljana

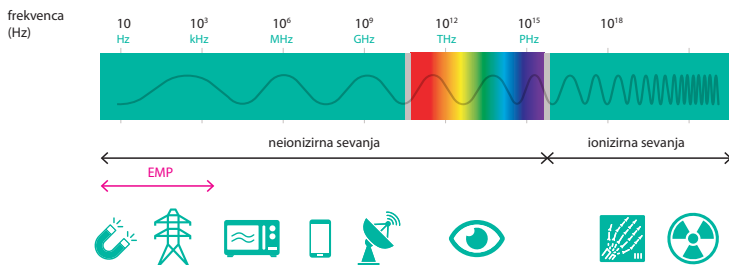
621.315:614.875
537.86:614.875

GAJŠEK, Peter, 1966-
Naprave za prenos električne energije in zdravje /
[priprava besedila Peter Gajšek, Ivan Eržen]. - Ljubljana :
Inštitut za neionizirna sevanja : Nacionalni inštitut za javno
zdravje RS : Projekt FORUM EMS, 2026

ISBN 978-961-91481-1-2 (Inštitut za neionizirna sevanja)
COBISS.SI-ID 279031555

1. ELEKTROMAGNETNI SPEKTER

Električna in magnetna polja (EMP) so posledica električno nabitih delcev. Ti delci so osnovni gradniki snovi. Elektroni imajo negativni električni naboj, protoni imajo pozitivnega. Izmenični tok proizvaja časovno spreminjajoče se magnetno polje. Časovno spreminjajoče se magnetno polje s procesom, imenovanim indukcija, povzroča časovno spreminjajoče se električno polje. Spreminjajoče se električno polje pa povzroča spreminjajoče se magnetno polje. Tako nastanejo **elektromagnetna sevanja**, ki so sestavljena iz spreminjajočega se električnega in magnetnega polja, skozi prazen prostor pa potujejo s svetlobno hitrostjo (300.000 km/s). Elektromagnetna sevanja, ki jih določa frekvenca ter pripadajoča energija, so prisotna povsod v našem okolju, saj obstajajo številni naravni viri sevanja, kot so svetloba, toplota, sevanje radioaktivnih snovi, kozmična sevanja ... Glede na energijo in s tem učinek, ki ga imajo na snovi, delimo sevanja na **ionizirna in neionizirna**.



Slika 1:
Elektromagnetni spekter se deli na ionizirna in neionizirna sevanja.

Med ionizirna sevanja uvrščamo tista sevanja, ki imajo višje frekvence in s tem energije ter zato posledično sposobnost ionizacije snovi. Ionizacija je proces, ko sevanje izbije posamezne elektrone iz atoma. Ker povzročajo ionizacijo tudi v človeških tkivih, so lahko zdravju škodljiva. Ionizirnim sevanjem smo izpostavljeni pri diagnostični rentgenski radiologiji, prisotna so v jedrskih elektrarnah, a tudi v naravnem okolju.

Neionizirna sevanja so tista sevanja, ki imajo nižjo frekvenco in zato nimajo dovolj visoke energije za ionizacijo. Neionizirna sevanja delimo na statična oziroma enosmerna električna ali magnetna polja, nizkofrekvenčna električna in magnetna polja, visokofrekvenčna elektromagnetna sevanja ter na optična sevanja (infrardeča, vidna in ultravijolična svetloba). Poleg naravnih virov neionizirnih sevanj, kot sta sonce in ogenj, ki oddajata optična sevanja, smo z razvojem različnih tehnologij in storitev izpostavljeni tudi številnim umetnim virom, kot so daljnovodi in transformatorske postaje, gospodinjski aparati, mobilni telefoni in bazne postaje, indukcijska kuhališča, radijski in televizijski oddajniki, brezžični telefoni, WiFi routerji, Bluetooth slušalke ... Neposredno lahko človek zazna le zelo ozek pas neionizirnih sevanj, in sicer vidno svetlobo. Posredno prek segrevanja zaznamo tudi infrardečo svetlobo, saj jo občutimo zaradi povišanja temperature površine kože izpostavljenega dela telesa. Celotnega ostalega območja tako ionizirnih kot tudi neionizirnih sevanj pa človek ne more zaznati.

Nezaznavanje v povezavi z nepoznavanjem možnih vplivov pa pri ljudeh povzroča zaskrbljenost, saj menijo, da izpostavljenost EMP različnim virom (visokonapetostni daljnovodi, radarji, mobilni telefoni, bazne postaje in gospodinjiski aparati ...) lahko predstavlja zdravstveno tveganje.

1.1. Razlika med nizkofrekvenčnimi in visokofrekvenčnimi EMP

Razlika med nizkofrekvenčnimi (NF) in visokofrekvenčnimi (VF) elektromagnetnimi polji (EMP) izvira predvsem iz njihovega **viru, načina širjenja in vpliva na človeško telo**. Glavni razlikovalni element je **frekvenca** oziroma število nihajev v sekundi, merjeno v hertzih (Hz).

Lastnost	Nizkofrekvenčna EMP	Visokofrekvenčna EMP
Frekvenčno območje	0 Hz–100 kHz	100 kHz–300 GHz
Glavni viri	daljnovodi, transformatorske postaje, gospodinjiske naprave, hišna napeljava, električna vozila	radijski in televizijski oddajniki, bazne postaje, mobilni telefon, radarji, Wi-Fi usmerjevalniki,
Širjenje	Električno in magnetno polje sta ločena. Električno polje povzročajo naprave pod napetostjo (tudi če so ugasnjene), magnetno pa le takrat, ko teče električni tok (naprava deluje).	Električno in magnetno polje sta tukaj tesno povezana in se širita po prostoru kot elektromagnetno valovanje (sevanje).
Biološki učinek	NF EMP v telesu inducirajo električna polja, ki lahko vplivajo na živčne in mišične celice, če so polja dovolj močna.	Glavni biološki učinek VF EMP je termični učinek. Energija polja povzroči gibanje molekul vode v telesu, kar vodi do segrevanja tkiva (podoben princip kot v mikrovalovni pečici).

Tabela 1. Razlike med nizkofrekvenčnimi in visokofrekvenčnimi EMP glede na njihovo frekvenčno območje in biološke učinke.

1.2. Vpliv materialov na EMP

Magnetna in električna polja se pomembno razlikujejo glede na način širjenja v prostoru in prehajanja skozi različne materiale (glej tabelo 2). Vsak električno prevoden material bistveno zmanjša širjenje električnih polj. Električna polja so znotraj objektov zaradi delovanja virov izven objekta (npr. daljnovoda) zelo majhna, zato stavbe zaradi učinka zaslanjanja nudijo dobro zaščito pred električnimi polji zunanega izvora. Na širjenje električnih polj poleg objektov vpliva že vegetacija, npr. drevesa. Magnetna polja pa se skozi večino materialov

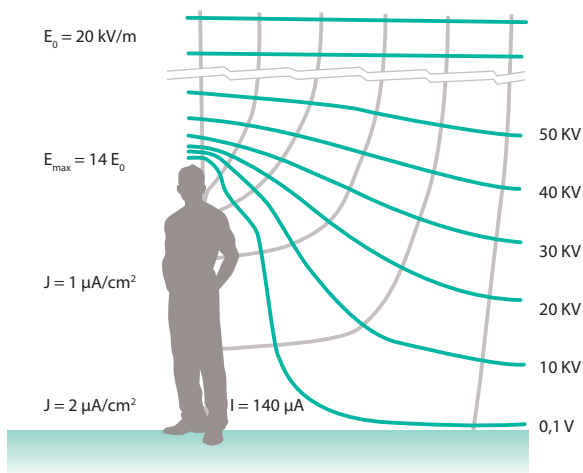
širijo nemoteno, kar pomeni, da je v zaprtih prostorih pomembnejša izpostavljenost magnetnim poljem kot električnim. Jakost električnih in magnetnih polja se z oddaljenostjo od vira zmanjšuje.

	Električna polja	Magnetna polja
Stavbe in materiali:	Opeka, beton in les so dobri izolatorji, a hkrati v primerjavi z zrakom dovolj dobri prevodniki, da delujejo kot zaščita za električno polje. Standardna zidana hiša lahko zmanjša zunanje električno polje (npr. zaradi bližnjega daljnovoda) za 90 % ali več. Kovinske konstrukcije ali aluminijasta folija pa električno polje v celoti odpravijo.	Beton, opeka, les in steklo na magnetno polje nimajo nobenega vpliva. Polje prodira skozi gradbene materiale nemoteno. Edini način za zaščito so dragi specialni materiali z visoko magnetno permeabilnostjo (npr. μ -metal).
Vegetacija:	Drevesa in grmovnice so zaradi vlage v sebi delno prevodni. Visoko drevo deluje kot naravna zaščita, ki »posrka« električno polje nase in ga odvede v zemljo. Pod gostim drevesom je električno polje daljnovoda praktično zanemarljivo.	Drevesa in rastline magnetnih polj ne slabijo. Polje gre neovirano skozi gozd ali vaš vrt. Ker magnetnih polj ne moremo enostavno blokirati z zasaditvijo dreves ali zidovi, je edini učinkovit ukrep za njihovo slabljenje razdalja. Polje namreč upada s kvadratom razdalje od vira.

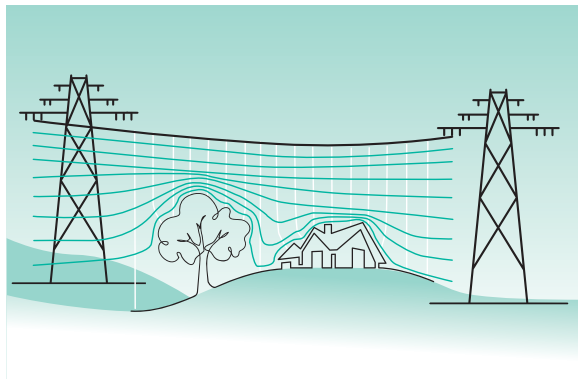
Tabela 2. Vpliv različnih materialov in vegetacije na porazdelitev nizkofrekvenčnih (NF) električnih in magnetnih polj.

Električno polje se najbolj zgosti na mestih, kjer se nahajajo ovire z **najmanjšim polmerom ukrivljenosti** – to so konice, robovi in izbokline, kot je glava (glej sliko 2). To povišanje je razlog za **mikrošoke**: če se pod daljnovodom dotaknete kovinske ograje ali druge

Slika 2: Ker prisotnost električno prevodnega človeškega telesa precej popači električno polje, se izpostavljenost zelo spreminja s položajem telesa v tem polju in z razdaljo od vira. V najslabšem primeru se prvotno polje E_0 na vrhu glave lahko poveča za 14-krat.



osebe, začitite droben električni sunek; **vibriranje dlak:** pri zelo močnih poljih lahko čutite »mravljince« na lasišču ali rokah, ker polje mehansko premika dlake na vašem telesu. Mikrošoki in vibriranje dlak sami po sebi niso nevarni za zdravje, vendar so lahko neprijetni ali moteči.



Slika 3: Stavbe ali drevesa močno popačijo električno polje pod daljnovodom. Gradbeni materiali slabijo zunanje električno polje do 90 %, slabljenje magnetnega polja pa brez uporabe posebnih materialov ni učinkovito.

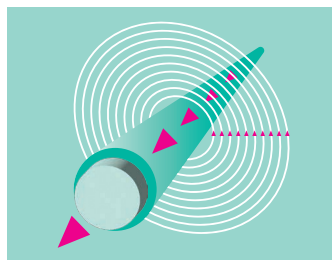
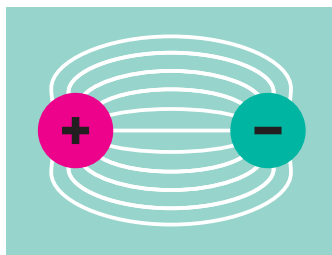
2. ELEKTRIČNA IN MAGNETNA POLJA (EMP)

Pri frekvencah do 300 Hz običajno govorimo ločeno o električnem in magnetnem polju. Tako električna kot tudi magnetna polja nastanejo zaradi električnih nabojev.

Električno polje nastane zaradi neenakomerne porazdelitve električnih nabojev. Med območjem, kjer je več električnih nabojev in območjem, kjer je manj električnih nabojev oziroma imajo tam naboji nasprotni predznak, se pojavi električno polje, ki ga merimo v voltih na meter (V/m).

Ko električno napravo priključimo na elektriko, nastane v njeni okolici električno polje. Čim večja je napetost, tem močnejše je električno polje na dani razdalji od naprave. Ker lahko napetost obstaja tudi tedaj, ko tok ne teče, za obstoj električnega polja ni potrebno, da naprava deluje.

Magnetno polje nastane zaradi gibanja električnih nabojev, to je električnega toka. V prostoru torej tedaj obstaja tako električno kot magnetno polje. Čim večja je poraba električne energije ter s tem električnega toka, tem močnejše je magnetno polje. V nasprotju z električnim poljem pa magnetno polje nastane le,



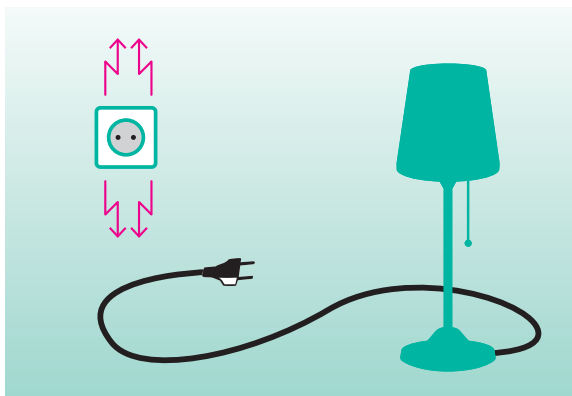
ko je naprava vključena in tok teče. Jakost magnetnega polja merimo v amperih na meter (A/m). V praksi se kot enota pogosto uporablja tudi gostota magnetnega pretoka v teslah (T). Navadno za opisovanje sevanj različnih naprav uporabljamo milijoninko te vrednosti – mikrotlesla (μT).

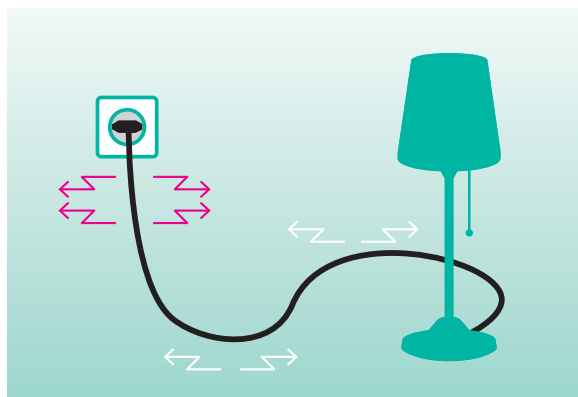
Električna in magnetna polja so lahko naravnega ali umetnega izvora. Naravnega izvora je statično zemeljsko magnetno polje, ki smo mu nenehno izpostavljeni in na podlagi katerega deluje kompas. Tudi električno polje, ki nastane zaradi razelektritev v ozračju (strele) ali drgnjenja dveh predmetov, je naravnega izvora. Še celo živčni signali znotraj človeškega telesa se po živčnih vlaknih prenašajo kot električni impulzi.

Umetnega izvora so električna in magnetna polja, ki jih v svoji bližini povzročajo vse električne naprave. Seveda se jakost polj, ki jih povzročajo električne naprave, zelo razlikuje. Višja kot je napetost, tem močnejše je električno polje na določeni razdalji od naprave. Ker lahko napetost obstaja tudi tedaj, ko tok ne teče, za obstoj električnega polja ni potrebno, da naprava deluje, mora pa biti pod napetostjo. Pomembnejša električna polja so prisotna samo v bližini naprav, ki delujejo pod visoko napetostjo, to pa so VN daljnovodi.

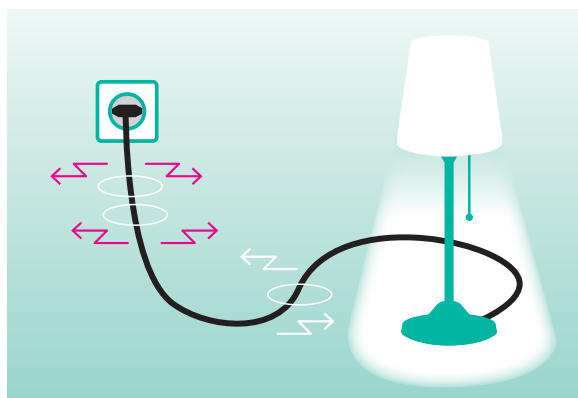
Magnetno polje obstaja le takrat, ko je tokokrog zaključen in teče električni tok. Čim večji je električni tok in posledično poraba električne energije, tem močnejše je magnetno polje. Magnetna polja višjih jakosti so prisotna predvsem v bližini sistemov in naprav, kjer so prisotni večji tokovi: kablovodi, različne gospodinjske naprave, ki so večji porabniki električne energije (električni grelniki vode, sušilni stroj, pralni stroj, pomivalni stroj), daljnovodi, električna napeljava v večjih stanovanjskih blokih in podobno. Zaradi povečane rabe električne energije in vedno novih električnih naprav pa se izpostavljenost električnim in magnetnim poljem umetnega izvora nenehno povečuje. Umetni viri dosegajo bistveno večje jakosti kot sevanja naravnih virov.

Slika 4: Električno polje se ustvari tam, kjer je prisotna električna napetost. V stanovanju imamo napetost 230 V na vtičnici, ki na razdalji 30 cm lahko povzroči električno poljsko jakost 5 V/m.





Slika 5: Ko luč priključimo na vtičnico in še ne deluje (ne teče tok), se tudi okrog priključnega kabla ustvari električno polje.



Slika 6: Ko luč vključimo, steče električni tok, ki ustvari magnetno polje. Električno polje, ki je posledica električne napetosti (230 V), je stabilno. Magnetno polje pa se časovno spreminja, saj je posledica porabe - trenutnega električnega toka.

2.1. Viri EMP v okolju

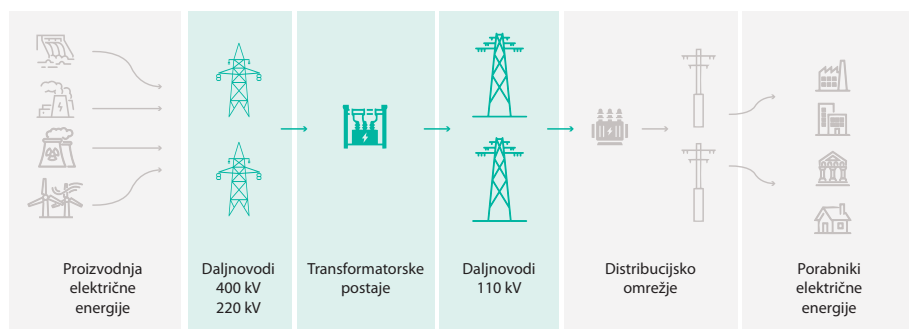
Elektroenergetsko omrežje omogoča prenos električne energije od proizvajalcev do odjemalcev. Deli se na **prenosno omrežje**, ki omogoča prenos električne energije na velikih razdaljah, in na **distribucijsko omrežje**, ki omogoča porazdelitev med končne odjemalce.

Naprave za prenos električne energije glede na njihovo vrsto delimo na visokonapetostne (VN) daljnovode in kablovode, razdelilne transformatorske postaje (RTP), nadzemne in podzemne vode srednje napetosti, transformatorske postaje (TP) ter nadzemne in podzemne vode nizke napetosti. Hišna napeljava, ki je prav tako nujen sestavni del pri zagotavljanju oskrbe z električno energijo, ni del distribucijskih naprav.

Naprave za prenos in distribucijo električne energije ločimo tudi glede na njihovo nazivno napetost, to je napetost, pri kateri delujejo.

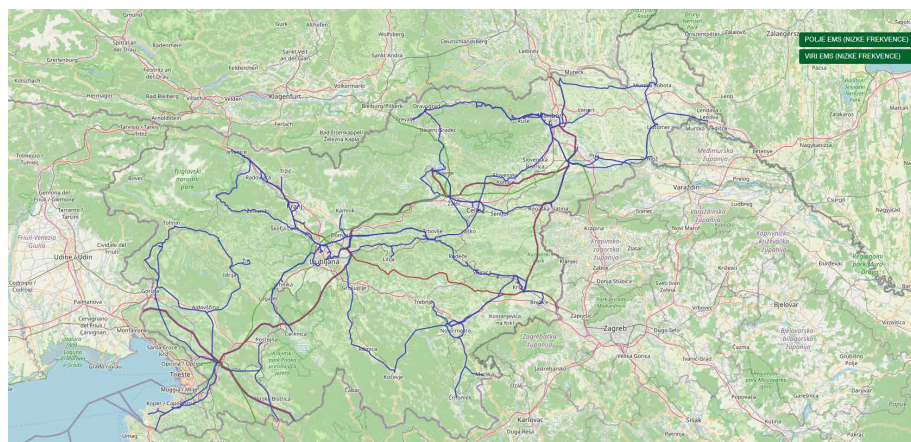
Slovensko visokonapetostno prenosno omrežje sestavljajo objekti na treh napetostnih nivojih: 400 kV, 220 kV in 110 kV. Namenjeno je prenosu električne energije od velikih proizvajalcev električne energije (jedrska elektrarna, termoelektrarne, hidroelektrarne, obnovljivi viri energije) do distribucijskih omrežij in neposrednih odjemalcev na visokonapetostnem nivoju.

Distribucijsko omrežje pa sestavljajo objekti na napetostnih nivojih 110 kV, 35 kV (v opuščanju), 20 kV, 10 kV (v opuščanju) ter 0,4 kV. Kablovodi napetostnega nivoja 0,4 kV so tisti, ki so napeljani do končnega uporabnika. Večji industrijski uporabniki so lahko priključeni tudi na višje napetostne nivoje od 110 kV.



PRENOSNO OMREŽJE

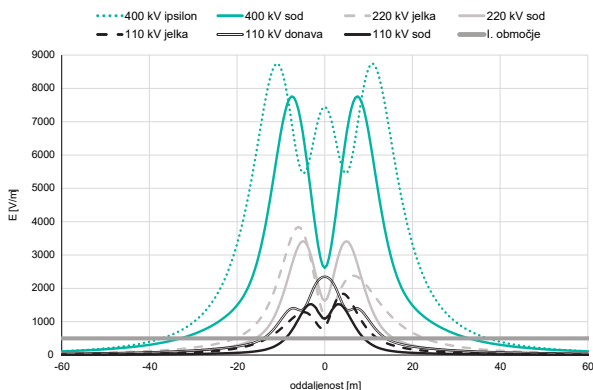
Slika 7: Sklopi oziroma naprave sistema za prenos in distribucijo električne energije. To so naprave za proizvodnjo električne energije, VN daljnovodi, razdelilne transformatorske postaje (RTP), transformatorske postaje (TP) ter gospodinjstva kot končni porabniki.



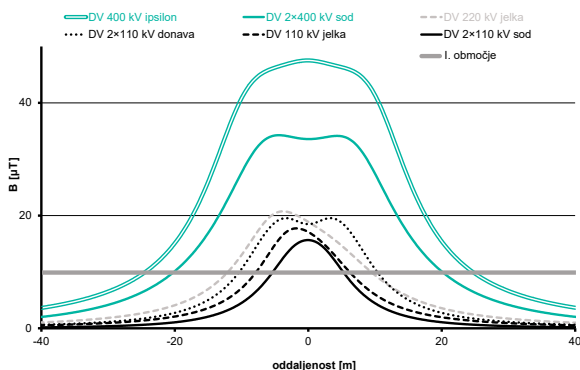
Slika 8: Potek VN daljnovodov v Sloveniji za nazivne napetosti 400 kV (rdeča), 200 kV (zelena) in 110 kV (modra).

2.1.1. Daljnovodi

Daljnovodi so vir tako NF električnega kot tudi magnetnega polja. Električno polje, ki je posledica napetosti, se v okolici daljnovoda s časom spreminja le minimalno, saj se tudi



Slika 9: Električno polje v okolici različnih VN prenosnih daljnovodov. Vrednosti, prikazane na sliki, predstavljajo najvišje vrednosti, ki bi lahko nastopile v bližini daljnovodov, saj so predstavljene vrednosti za nazivno obremenjene daljnovode pri najnižji dovoljeni višini vodnikov nad tlemi.



Slika 10: Magnetno polje v okolici različnih VN prenosnih daljnovodov. Vrednosti, prikazane na sliki, predstavljajo najvišje vrednosti, ki bi lahko nastopile v bližini daljnovodov, saj so predstavljene vrednosti za nazivno obremenjene daljnovode pri najnižji dovoljeni višini vodnikov nad tlemi.

napetost daljnovodov s časom spreminja minimalno, prav tako pa tudi drugi dejavniki, ki bi lahko vplivali na električno polje v okolici daljnovoda, nimajo pomembnejšega vpliva na velikost električnega polja. Če se električno polje v bližini daljnovoda s časom bistveno ne spreminja, to ne velja za magnetno polje. Magnetno polje, ki je posledica električnega toka, je torej povezano s tem, koliko je daljnovod obremenjen. Obremenjenosti daljnovodov se s časom stalno spreminjajo, zato se tudi magnetno polje daljnovodov stalno spreminja.

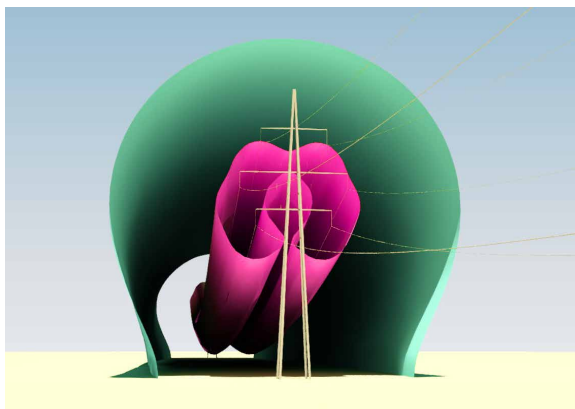
Obremenjenosti daljnovodov se le izjemoma približajo nazivnim. To se zgodi običajno takrat, ko pride do izpada nekega daljnovoda v elektroenergetskem sistemu in se obremenitev zato prenese na druge daljnovode. Tipične povprečne obremenjenosti daljnovodov znašajo med 10 do 50 odstotki nazivnih, posledično je tudi magnetno polje v okolici daljnovoda bistveno nižje od največjega magnetnega polja, ki ga daljnovod lahko povzroči.

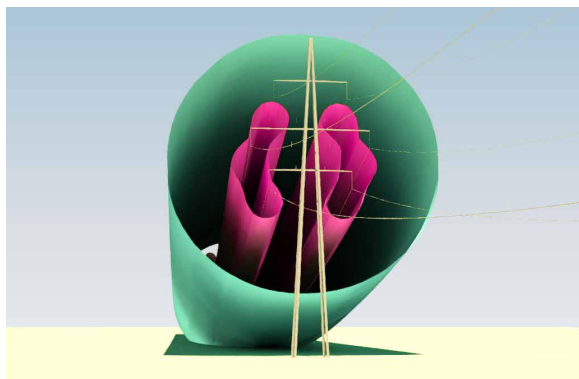
Tako električno kot magnetno polje se z oddaljenostjo od osi daljnovoda hitro zmanjšujeta. Na slikah 9 in 10 je za najbolj pogoste tipe daljnovodov prikazano, kako se pri nazivnih obremenjenostih vrednosti magnetnega in električnega polja spreminjajo z oddaljenostjo od osi daljnovoda. Iz slik je razvidno, da so vrednosti v bližini 400 kV daljnovodov najvišje, v bližini 220 in 110 kV daljnovodov pa znatno nižje. Ob tem velja poudariti, da so poteki polj v bližini VN daljnovodov predstavljeni za nazivno obremenjene daljnovode, običajno pa so daljnovodi obremenjeni bistveno manj in so posledično tudi vrednosti magnetnega polja bistveno nižje. Prav tako so na slikah rezultati podani na mestu največjega povesa vodnikov, ko se vodniki nahajajo na najnižjih dovoljenih oddaljenostih od tal. Na teh mestih so vrednosti električnega in magnetnega polja najvišje, zato predstavljeni rezultati podajajo najneugodnejše razmere.

Primerjava poteka polj v bližini daljnovodov kaže, da so z vidika obremenjevanja okolja najugodnejši daljnovodi tipa sod. To so dvosistemski daljnovodi, ki povzročajo približno 20 odstotkov manjše vrednosti polj od enosistemskih daljnovodov tipa jelka ob kar dvakrat višjem prenosu energije, saj je en daljnovod tipa sod sestavljen iz dveh sistemov. To je razvidno tudi iz spodnje tabele, kjer je predstavljena največja oddaljenost od sredine VN daljnovoda pri optimalno razporejenih vodnikih, do koder so v najneugodnejšem primeru (nazivno obremenjen daljnovod, najnižja dopustna višina vodnikov nad tlemi) presežene mejne vrednosti Uredbe o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju (UL RS 70/1996) za I. območje varstva pred sevanji. Za 400 kV daljnovod tipa ipsilon znaša vplivno območje do 37 m od osi daljnovoda, za 400 kV daljnovod tipa sod pa 33 m. Podobno so območja manjša tudi za 220 in 110 kV daljnovode, pri slednjih se vplivno območje daljnovoda za tip donava z 18 m zmanjša na 9 m za tip sod. Zato se danes za večino novih daljnovodov izbere stebre tipa sod.

Območja, kjer so presežene mejne vrednosti, so za 400 kV daljnovod tipa sod predstavljena v nadaljevanju. Na slikah 11 in 12 so z rdečo barvo prikazana tista območja v prostoru, kjer so presežene mejne vrednosti za II. območje varstva pred sevanji ter z zeleno tista območja, kjer so presežene mejne vrednosti za I. območje varstva pred sevanji (Gajšek et al., 2022).

Slika 11: Električno polje v prostoru v okolici 400 kV daljnovoda tipa sod. Zelena barva predstavlja območje, kjer so presežene mejne vrednosti za I. območje varstva pred sevanji, rdeča pa območje, kjer so presežene mejne vrednosti za II. območje varstva pred sevanji.





Slika 12: Magnetno polje v prostoru v okolici 400 kV daljnovoda tipa sod. Zelena barva predstavlja območje, kjer so presežene mejne vrednosti za I. območje varstva pred sevanji, rdeča pa območje, kjer so presežene mejne vrednosti za II. območje varstva pred sevanji.

Nazivna napetost (kV)	Tip daljnovoda	Velikost vplivnega območja glede na električno polje (m)	Velikost vplivnega območja glede na magnetno polje (m)
400	enosistemski ipsilon	37	24
400	dvosistemski sod	33	20
220	enosistemski jelka	23	12
220	dvosistemski sod	16	10
110	enosistemski jelka	13	9
110	dvosistemski donava	18	12
110	dvosistemski sod	9	7

Tabela 3: Velikost vplivnega območja za različne tipe daljnovodov, ki upošteva optimalno razporeditev vodnikov.

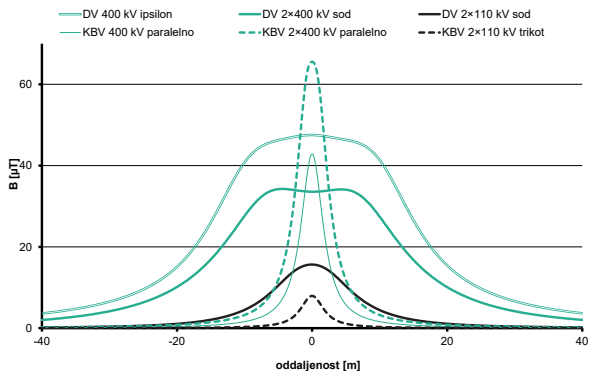
2.1.2. Kablovodi

Podobno kot daljnovodi se za prenos električne energije uporabljajo tudi kablovodi. V praksi se uporabljajo le kablovodi nazivne napetosti 110 kV ali manj, saj je izvedba kablovodov na višjih napetostnih nivojih tehnično zahtevna, nezanestljiva in draga. Kablovodi so običajno položeni v tleh na globini med 0,7 in 1,0 m. Kablovodi za napetostni nivo 110 kV so izvedeni v obliki treh ločenih kablov, za vsako fazo je položen ločen kabel.

Na porazdelitev električnega polja v prostoru močno vplivajo materiali v okolici. Ker so vodniki v kablovodu izolirani, običajno pa tudi oklopljeni in položeni v zemljo, je njihovo električno polje zanemarljivo.

Tudi magnetno polje kablovoda je v primerjavi z magnetnim poljem daljnovoda na isti oddaljenosti manjše. Vendar pa je nad kablovodom magnetno polje višje kot pod daljnovodom, saj se kabli kablovoda nahajajo bistveno bližje kot kabli daljnovoda. Običajno je kablovod položen v globini med 0,7 in 1,0 m, vodniki daljnovoda pa so nameščeni na

Slika 13: Primerjava magnetnega polja daljnovoda in kablovoda. Vrednosti, prikazane na sliki, predstavljajo najvišje vrednosti, ko so kablovodi in daljnovodi nazivno obremenjeni (INIS).



višini več metrov nad tlemi. Z oddaljenostjo od kablovoda oziroma daljnovoda pa vrednosti hitreje upadajo pri kablovodu in že na oddaljenosti nekaj metrov so vrednosti v bližini kablovoda nižje kot v bližini daljnovoda.



Slika 14: Kabli, položeni v tla

2.1.3. Razdelilne transformatorske postaje (RTP)

Pomemben sestavni del prenosnega omrežja so razdelilne transformatorske postaje (RTP), ki služijo kot vozlišča med različnimi daljnovodi in kablovodi. Njihov glavni del so transformatorji, ki služijo tako za transformacijo med različnimi visokonapetostnimi sistemi (110, 220 in 400 kV), kot tudi za transformacijo iz 110 kV nivoja na napetostni nivo, primeren za distribucijo, to je 10 ali 20 kV.

RTP tako skrbijo za razdelitev električne energije in so vanje napeljeni številni visokonapetostni in sredjenapetostni daljnovodi in kablovodi. Daljnovodi so znotraj RTP povezani med seboj s posebnimi stikalnimi napravami, ki omogočajo vklapljanje in

izklapljanje različnih daljnovodov in/ali kablovodov. Ta del RTP imenujemo stikališče. Stikališča so lahko klasične izvedbe, ko so na odprtem prostoru nameščeni različni sklopi, kot so odklopniki, ločilniki, merilni transformatorji in druga oprema. Drug način izvedbe je tako imenovano GIS stikališče, to je stikališče z bistveno kompaktnjšo izvedbo. Da ne pride do preboja napetosti med različnimi fazami, skrbi poseben plin, ki se nahaja v ceveh, ki so nameščene okrog vodnikov. Od tod tudi izhaja ime GIS – Gas Insulated Switchgear (s plinom izolirano stikališče).

RTP v svoji okolici sicer povzročajo tako NF električno kot tudi magnetno polje, so pa vrednosti teh polj majhne v primerjavi s polji, ki jih povzročajo VN daljnovodi in kablovodi, ki vstopajo v RTP. RTP so namreč ograjene, predpisane mejne vrednosti za I. območje varstva pred sevanji pa so v okolici RTP presežene le v omejenem območju znotraj ograje. Ta območja se vedno nahajajo v ograjenem območju RTP, kamor javnost nima dostopa. Izven ograjenega območja so mejne vrednosti za I. območje varstva pred sevanji lahko presežene v bližini daljnovodov in kablovodov, ki vstopajo v RTP.



območje, kjer so presežene
mejne vrednosti za I. območje
varstva pred sevanji

Slika 15: Električno polje
v okolici RTP na višini
1 meter nad tlemi. (INIS)



območje, kjer so presežene mejne
vrednosti za I. območje varstva
pred sevanji

območje, kjer so presežene
mejne vrednosti za II. območje
varstva pred sevanji



Slika 16: Magnetno polje
v okolici RTP na višini
1 meter nad tlemi. (INIS)

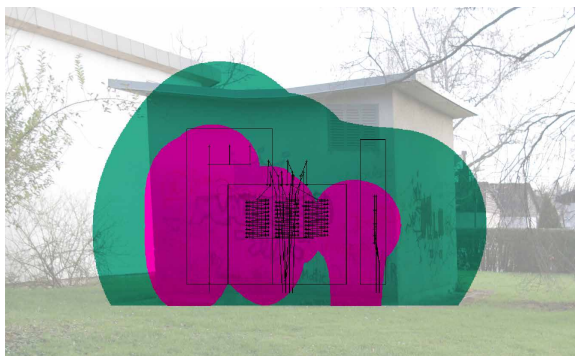
2.1.4. Transformatorske postaje (TP)

V naseljih so za napajanje uporabnikov nameščene manjše TP, ki 10 ali 20 kV napetost transformirajo v 0,4 kV. Nazivne moči takšnih TP znašajo od nekaj deset kVA pa vse do nekaj MVA, najbolj običajna in razširjena pa je TP moči 630 kVA. Nameščene so lahko v transformatorskih stavbah ali na nadzemnem drogu daljnovoda.

Značilna TP v naselju (630 kVA) povzroča magnetna polja, ki so že na razdalji večji od 5 m nižja od zakonsko določenih mejnih vrednosti za I. območje varstva pred EMP. Vrednosti električnega polja pa so zelo nizke in podobne električnemu polju napajalnih kablov.

Tako ni pričakovati, da bi lahko taka postaja kakorkoli povečala električna in magnetna polja, ki so v stanovanju stalno navzoča zaradi sevanj gospodinjskih naprav ter električnega ožičenja. Oddaljenosti, ki so manjše od 5 m, si zaslužijo dodatno pozornost in natančnejše meritve. Še posebej je pomembno preučiti obremenitve v primeru, ko se transformator umešča v sam stanovanjski objekt in ne v ločeno, več metrov oddaljeno zgradbo. V primeru nepravilne namestitve so lahko v stanovanju namreč prisotne visoke vrednosti magnetnega polja zaradi delovanja TP.

-  območje, kjer so presežene mejne vrednosti za I. območje varstva pred sevanji
-  območje, kjer so presežene mejne vrednosti za II. območje varstva pred sevanji



Slika 17: Porazdelitev magnetnega polja v okolici tipične transformatorske postaje.

2.2. Viri EMP doma

Najmočnejša nizkofrekvenčna električna polja omrežne frekvence 50 Hz, ki jih lahko najdemo v okolju, so prisotna pod VN daljnovodi. V nasprotju s tem pa najmočnejša nizkofrekvenčna magnetna polja omrežne frekvence navadno najdemo v neposredni bližini gospodinjskih naprav, električnih motorjev in drugih električnih naprav v našem domu. K izpostavljenostim v bivalnem okolju prispevajo številni dejavniki: število električnih naprav v stanovanju, jakost toka v ozemljitvenem vodu sistema, električno ožičenje, poraba električne energije v celotni soseski, razdalja od sosedovega stanovanja in razdalja od vodnikov. Električna in magnetna

polja niso odvisna od velikosti, zapletenosti, moči in glasnosti električnih naprav. Celo med napravami, ki so si na prvi pogled podobne, se jakosti magnetnih polj zelo razlikujejo. Zato ni mogoče podati enotne ocene sevanja posamezne naprave.

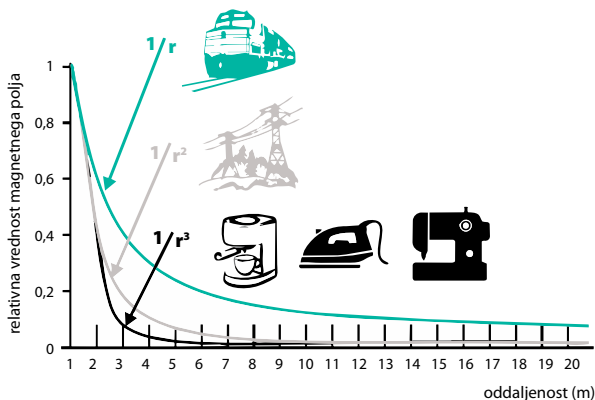
V stanovanjih je izpostavljenost električnim in magnetnim poljem posledica električnega ožičenja ter uporabe in delovanja električnih naprav.

Električne inštalacije in ožičenje so vir nizkofrekvenčnih polj (50 Hz), ki so prisotna povsod, kjer teče električni tok. Pri hišnem ožičenju nastajajo polja v stenah. Če so kabli pravilno speljani (faza in nevtralni vodnik skupaj), se polja v veliki meri izničijo. Težave nastanejo pri t. i. »vrtinčnih tokovih« ali nepravilnih ozemljitvah. Magnetno polje doseže vrednosti do 0,2 μT .

Razdelilna omarica z varovalkami je točka največje koncentracije tokov v hiši, zato magnetno polje v neposredni bližini (do 1 m) doseže vrednosti do 1 μT .

V vašem stanovanju se jakost magnetnega polja spreminja glede na vašo porabo električne energije in porabo energije v soseski. Magnetno polje je tako praviloma najvišje zvečer, ponoči pa doseže nižje vrednosti. Največja magnetna polja v stanovanjih so posledica delovanja gospodinjstkih naprav in se z razdaljo zelo hitro zmanjšujejo (slika 18).

Izpostavljenost magnetnim poljem zaradi uporabe večine gospodinjstkih naprav je kratkotrajna. Poseben primer trajne izpostavljenosti predstavljajo določene naprave, ki se lahko nahajajo v bližini telesa (radijska budilka). S prestavitvijo takih naprav na bolj oddaljeno lokacijo lahko bistveno znižamo osebno izpostavljenost. Že na razdalji enega metra magnetno polje zaradi radijske budilke navadno doseže take jakosti, ki so primerljive s splošno onesnaženostjo bivalnega okolja z magnetnimi polji (> 0,1 μT).

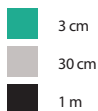
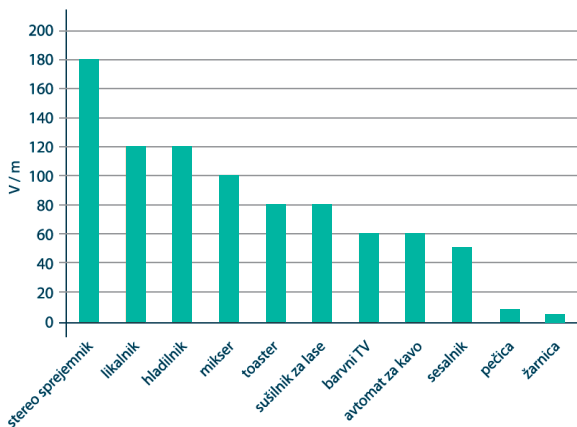


Slika 18: Magnetno polje zelo hitro upada z oddaljenostjo od različnih virov.



30 cm

Slika 19: Značilne vrednosti električnega polja električnih naprav na oddaljenosti 30 cm.

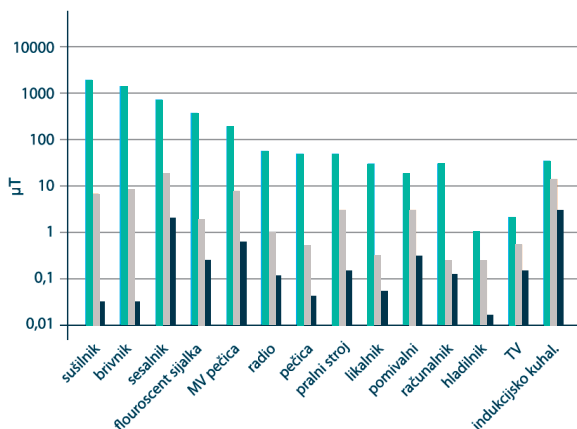


3 cm

30 cm

1 m

Slika 20: Značilne vrednosti magnetnega polja električnih naprav na različnih oddaljenostih od naprave. **OPOZORILO:** Tabela je v logaritemski skali.



Iz slike 20 lahko razberemo:

- magnetna polja v neposredni bližini (3 cm) nekaterih električnih naprav lahko dosežejo do 2000 μT kar presega dovoljene mejne vrednosti;
- magnetno polje z oddaljenostjo strmo pada;
- na razdalji nad 30 cm so magnetna polja v bližini naprav v večini primerov 100-krat manjša od mednarodno priporočene mejne vrednosti.

Tako na primer nekateri sušilniki za lase oddajajo zelo močna magnetna polja (do 2000 μT), okrog drugih pa ta redko presežejo 1 μT . Jakosti magnetnega polja so odvisne predvsem od zasnove/modela naprave in oddaljenosti od nje. Pri večini gospodinjskih naprav je magnetno polje na razdalji 30 cm precej nižje od priporočene mejne vrednosti **Mednarodne komisije za varstvo pred neionizirnimi sevanji (ICNIRP)** za prebivalstvo, ki znaša 200 μT .

2.3. Drugi viri EMP

V bivalnem okolju najdemo še druge vire EMP, ki lahko pomembno prispevajo k naši izpostavljenosti.

Pri **sončni elektrarni** je glavni vir EMP razsmernik (Inverter), saj pretvarja enosmerni tok (DC) v izmeničnega (AC). Pri tem procesu nastajajo t. i. stresana polja. Priporočljivo je, da ni nameščen na steni spalnice ali bivalnih prostorov. Tik ob razsmerniku lahko vrednosti magnetnega polja dosežejo 10–50 μT . Na razdalji enega metra vrednost običajno pade pod 0,5 μT . Paneli in vodniki do razsmernika povzročajo samo statična magnetna polja, katerih jakosti so daleč pod mejnimi vrednostmi. Vodnik od razsmernika naprej pa je lahko vir znatnih magnetnih polj, saj po njem tečejo kar veliki tokovi, zato je smiselno, da so tudi ti vodniki nameščeni vsaj en meter stran od območij, kjer se zadržujemo dalj časa (npr. spalnica).

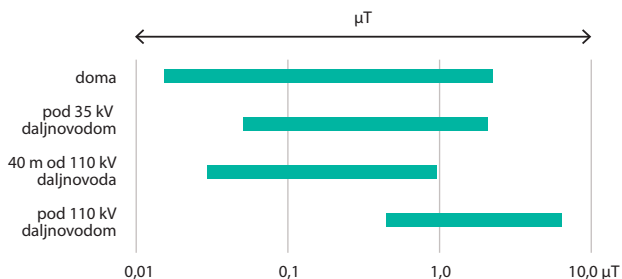
Tudi **električna vozila (EV) in polnilnice** so vir nizkofrekvenčnih EMP. Med vožnjo močni tokovi iz baterije v motor ustvarjajo sicer statična magnetna polja pod nogami potnikov, elektronski krmilniki v bližini motorjev pa povzročajo nizko- in srednjefrekvenčna magnetna polja. Pri električnih vozilih so polja najvišja med močnim pospeševanjem in regenerativnim zaviranjem. V potniški kabini se vrednosti magnetnega polja običajno gibljejo med 0,6 μT in 5 μT v predelu nog. To je primerljivo ali celo nižje kot v nekaterih starejših vlakih ali tramvajih. Iz polnilne postaje med polnjenjem lahko tečejo veliki tokovi. Polje je najmočnejše okrog polnilnega kabla in polnilne postaje. Tik ob ohišju med polnjenjem lahko izmerimo 10–30 μT , vendar magnetno polje na razdalji 0,5 metra pade pod 1 μT . Ker so moči polnjenja velike, so povišane vrednosti magnetnega polja prisotne tudi ob napajalnih vodnikih, ki vodijo od električne omarice do polnilne postaje

Sistemi za brezžični prenos energije (WPT - Wireless Power Transfer) predstavljajo tehnologijo v vzponu (npr. brezžično polnjenje telefonov ali električnih vozil). Ustvarjajo močno lokalizirano magnetno polje v neposredni bližini (nekaj centimetrov), ki se hitro zmanjšuje z razdaljo. Za sisteme manjših moči so v neposredni bližini vrednosti magnetnega polja med 50–100 μT . Na razdalji 30 cm pa polje postane praktično nemerljivo (na nivoju naravnega ozadja < 0,1 μT).

3. OSEBNA IZPOSTAVLJENOST

Ena največjih težav pri raziskovanju vpliva izpostavljenosti EMP na zdravje človeka je gotovo določanje izpostavljenosti. Če je izpostavljenost pri epidemiološki študiji definirana napačno, so lahko povsem napačni tudi dobljeni rezultati, ki kažejo na tveganje: lahko so prešibki ali pa premočni. Najprimernejši način določanja izpostavljenosti EMP so pri epidemioloških študijah trajne meritve osebne izpostavljenosti.

Spremljanje osebne izpostavljenosti magnetnim poljem z osebnimi ekspozimetri (imenovanimi tudi »dozimetri«), ki se več dni nosijo tik ob telesu, je pomemben način ugotavljanja izpostavljenosti določenih skupin prebivalstva v različnih mikrookoljih.

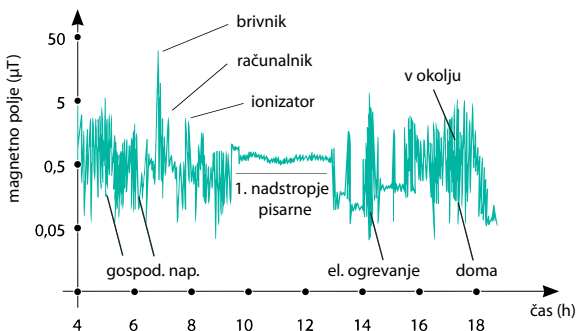


Slika 21: Tipične vrednosti magnetnega polja v bivalnem in naravnem okolju

Dozimeter neprekinjeno v sekundnih intervalih beleži vrednosti magnetnega ter lokacijo. Na podlagi teh podatkov se določita profil izpostavljenosti in časovno povprečje, ki sta pri oceni zdravstvenega tveganja zelo pomembna.

Inštitut za neionizirna sevanja (INIS) je s prostovoljci v Sloveniji opravil meritve 24-urne izpostavljenosti magnetnim poljem. Izmerjene izpostavljenosti so se precej razlikovale, povprečna 24-urna izpostavljenost pa je znašala 0,10 µT. Ta vrednost je tisočkrat nižja od mejne vrednosti, ki znaša 100 µT za II. območje varstva pred EMP, ter stokrat nižja od mejne vrednosti za I. območje varstva pred EMP. Poleg tega so meritve pokazale, da ni izrazitih razlik v povprečni 24-urni izpostavljenosti med ljudmi, ki živijo v središčih velikih mest (0,11 µT), in tistimi s podeželja (0,09 µT). Celotna izpostavljenost ljudi, ki živijo na razdalji več kot 50 m od 110 kV daljnovodov, se komaj opazno razlikuje od povprečne izpostavljenosti ljudi.

Slika 22: Primer izpostavljenosti magnetnemu polju pri osebi, ki stanuje v bližini 110 kV daljnovoda in je zaposlena kot administrativni delavec v pisarni. Vidimo, da največje trenutne sevalne obremenitve povzročajo posamezne gospodinjske naprave (do 47 µT), medtem ko je povprečna izpostavljenost v pisarni 0,7 µT in doma 0,65 µT.



4. VPLIVI EMP NA ZDRAVJE

Nepoznavanje in neotipljivost EMP pri ljudeh vzbuja zaskrbljenost, saj menijo, da izpostavljenost EMP iz različnih virov (visokonapetostni daljnovodi, radarji, mobilni telefoni, bazne postaje in gospodinjski aparati ...) lahko predstavlja zdravstveno tveganje. Nekatere

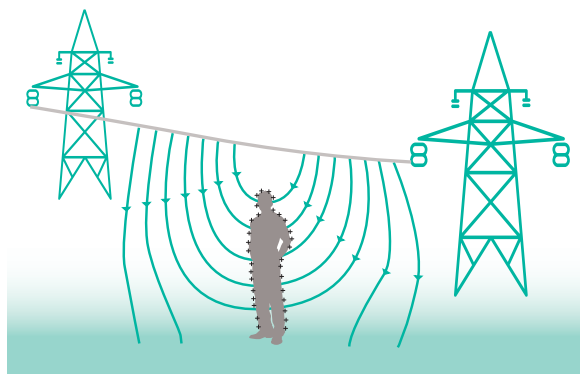
epidemiološke raziskave, kjer so opazovali pojavljanje levkemije pri otrocih, so nakazale možnost pogostejšega pojava tega raka pri otrocih, ki so živeli v bližini VN daljnovodov. Zaradi metodoloških pomanjkljivosti so sklepanja na podlagi takih opazovanj lahko zavajajoča. Da bi dobili bolj zanesljive odgovore, so bile v zadnjih 50 letih opravljene številne raziskave, vendar pa niso pokazale na povezavo med tovrstno izpostavljenostjo EMP v življenjskem okolju in kakršnimikoli tveganji za zdravje. V posebnih, eksperimentalnih raziskavah, kjer so proučevali, ali imajo EMP bistveno večjih jakosti, kot jih srečamo v življenjskem okolju, negativni vpliv na biološki organizme, niso mogli odkriti biološkega ali fizikalnega načina delovanja, ki bi tako povezavo potrjeval.

Znanstveno je potrjeno, da električna in magnetna polja v človekovem telesu lahko povzročajo nastanek polj ter tokov in, če so dovolj močna, v odvisnosti od jakosti in frekvenčnega območja, vrsto učinkov, na primer segrevanje notranjosti telesa in stimulacijo tkiv. Za nastanek omenjenih učinkov pa bi morala biti ta polja v okolici človekovega telesa zelo močna, tj. precej močnejša od tistih, ki so navadno prisotna v našem bivalnem okolju. Do sedaj ni na voljo raziskav, ki bi jasno pokazale, da ima lahko izpostavljenost doma ali na delovnem mestu škodljive vplive na naše zdravje. Vseeno pa ostaja odprto vprašanje, ali lahko magnetna polja predstavljajo povečano tveganje za pojav zelo redke bolezni pri otrocih - otroške levkemije.

Prevladujoče znanstveno mnenje, ki ga podpirajo vse ključne mednarodne organizacije je, da je tveganje, če sploh obstaja, v primerjavi z drugimi okoljskimi tveganji v sodobnem življenju ekstremno majhno.

4.1. Električno polje

Izmenična električna polja nastanejo zaradi izmenično gibajočih se električnih nabojev. Pri tem nastali električni tok teče v bioloških tkivih po poteh, ki so določene z bolj ali manj prevodnimi tkivi v telesu. Če se jakost električnega polja v praznem prostoru spreminja izmenično, se tako spreminja tudi jakost toka v telesu, ki je postavljeno v to polje.



Slika 23: Človek v električnem polju. Zunanje električno polje povzroči prerazporejanje nabojev na površini telesa. Zaradi tega nastane električno polje znotraj telesa, ki povzroči električni tok, ki teče po telesu proti tlu.

Ko se človek znajde v nizkofrekvenčnem električnem polju:

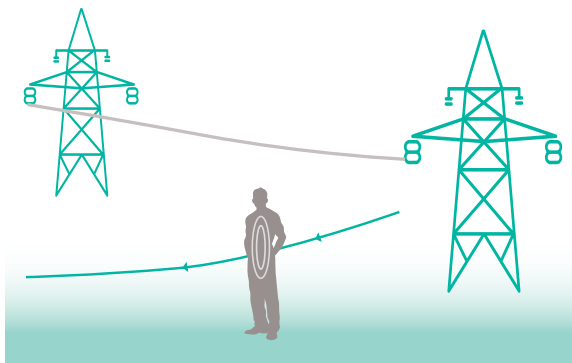
- se na površini telesa ustvari električno polje, ki se razlikuje od prvotnega polja; to polje lahko povzroči vibriranje dlak in las ter ga tako lahko zaznavamo; povzroči lahko tudi stimulacijo drugih senzornih receptorjev v koži;
- v telesu nastane notranje električno polje, ki je sorazmerno polju na površini in skozi telo požene električni tok;
- ti notranji tokovi kot neposredni učinek električnih polj so pri električnih poljskih jakostih, ki jih srečujemo v našem vsakdanjiku, izredno nizki in nimajo znanih vplivov na naše zdravje.

4.2. Magnetno polje

V človeškem telesu se zaradi izmeničnega magnetnega polja inducirajo vrtilni tokovi. V nasprotju s tokom, ki teče skozi objekt vzporedno z električnim poljem, krožijo vrtilni tokovi v samem objektu, njihova smer pa je pravokotna na magnetno polje. Tokovi so največji na površini telesa in se zmanjšujejo proti njegovi notranjosti. Pri oceni njihovega vpliva na zdravje je odločilna gostota toka v telesu. Izražena je v miliamperih na kvadratni meter (mA/m^2). Električni tokovi se v človekovem telesu pojavljajo tudi brez zunanjih tokov. Živčevje prenaša svoje signale s pomočjo električnih impulzov. Tudi srce je električno aktivno. To se izmeri z elektrokardiogramom (EKG). Povprečne naravne gostote tokov v telesu znašajo od 1 do $10 \text{ mA}/\text{m}^2$.

Medtem ko so navedeni akutni učinki nizkofrekvenčnih polj znanstveno dokazani, pa obstaja negotovost glede možnih zapoznelih učinkov in bioloških učinkov pri jakostih polja, ki ne presegajo mejnih vrednosti. Že desetletja potekajo raziskave, v okviru katerih preverjajo, ali je pri osebah z visoko poklicno izpostavljenostjo povečano tveganje za razvoj nevroloških obolenj, kot sta na primer Alzheimerjeva bolezen ali Amiotrofična lateralna skleroza (ALS). Prav tako proučujejo vpliv na celično membrano, izločanje hormonov, aktivnost določenih encimov, sintezo DNK ali na pojav raka. Rezultatov določenih raziskav, ki so pokazale na obstoj nekaterih bioloških učinkov, številne druge raziskave niso mogle potrditi.

Slika 24: Človek v magnetnem polju. Zunanje magnetno polje inducira v telesu vrtilne tokove, katerih smer je odvisna od položaja telesa na smer magnetnega polja.



Tudi prenos izsledkov o bioloških učinkih na nivoju celičnih raziskav oz. poskusov na živalih na človeka je zelo zapleten. Poleg tega so vsi ti izsledki zaenkrat zelo šibki in nekonsistentni.

4.2.1. Magnetno polje in otroška levkemija

Od konca sedemdesetih let prejšnjega stoletja znanstveniki opravljajo epidemiološke raziskave o morebitni povezavi med nizkofrekvenčnimi polji majhnih jakosti v bivalnem okolju in rakom.

Nekatere epidemiološke študije so v preteklosti nakazale, da se pri otrocih, ki so trajno izpostavljeni magnetnemu polju nad $0,4 \mu\text{T}$ pri 50 Hz (povprečna 24-urna izpostavljenost) v primerjavi z otroki, ki so izpostavljeni magnetnemu polju manjšemu od $0,1 \mu\text{T}$, tveganje, da bodo zboleli za levkemijo, podvoji. Na podlagi zbranih podatkov **Svetovna zdravstvena organizacija (SZO)** ocenjuje, da je takim visokim poljem izpostavljeno nekaj odstotkov (med 1 in 4 %) otrok po svetu.

Pri tem so ugotovili še, da manj kot polovica otrok, ki so bili izpostavljeni poljem $0,4 \mu\text{T}$ ali več, ni živela v neposredni bližini daljnovidov, kablovodov ali transformatorskih postaj. Vzrok za povešano izpostavljenost niso bili zunanji viri, ampak je bila posledica oskrbe z elektriko v stanovanjih, bodisi zaradi načina ožičenja bodisi zaradi uporabe različnih električnih naprav.

Epidemiološke študije so sicer nakazale vzročno povezavo, vendar pa kljub številnim raziskavam zaenkrat ni uspelo pojasniti biološkega mehanizma učinkovanja, ki bi razložil pojav levkemije ali spodbujanje rasti rakavih celic pri otrocih pod vplivom nizkofrekvenčnih magnetnih polj. Brez nedvoumnih dokazov o kancerogenih vplivih pri ljudeh ali verodostojnih izsledkov na podlagi eksperimentov na živalih ali izoliranih celicah, ostajajo domneve o povečanem tveganju za pojav otroške levkemije pri otrocih, ki so trajno izpostavljeni magnetnemu polju nad $0,4 \mu\text{T}$, nepotrjene.

Tudi pri raziskavah med odraslimi, ki so bili dolgotrajno izpostavljeni EMP večjih jakosti, povečanega tveganja za pojav raka niso uspeli potrditi.

Verjetnost, da je določena snov rakotvorna, se ugotavlja na podlagi rezultatov verodostojnih znanstvenih laboratorijskih in epidemioloških raziskav. Pri laboratorijskih raziskavah gre za raziskave na mikroorganizmih, celičnih kulturah in laboratorijskih živalih, medtem ko



Slika 25: Skupine, ki jih IARC uporablja za klasifikacijo potencialnih rakotvornih snovi in dejavnikov na podlagi objavljenih znanstvenih dokazov.

se z epidemiološkimi raziskavami ugotavlja vzročno povezanost med izpostavljenostjo določeni snovi in rakom pri človeku. O tem, ali je povezava med določenim dejavnikom in posamezno vrsto raka pri človeku res vzročna, presojajo in odločajo odbori vrhunskih strokovnjakov v okviru **Mednarodne agencije za raziskave raka (IARC)** na podlagi strogo določenih znanstvenih meril. IARC je namreč kot specializirana agencija za preučevanje raka v okviru SZO na podlagi epidemioloških študij na otrocih uvrstila nizkofrekvenčna magnetna polja v skupino 2B - »mogoče rakotvorno za ljudi«. Nizkofrekvenčna električna polja pa je uvrstila med snovi, ki jih ni mogoče razvrstiti (Skupina 3).

Snovi in dejavniki so razvrščene v štiri skupine glede na trdnost znanstvenih dokazov o vzročni povezavi (slika 25).

- **V skupini 1 (rakotvorno)** so tiste snovi in dejavniki, za katere je dovolj dokazov o rakotvornosti za ljudi (npr. azbest, različne kemikalije, predelano meso, ionizirna sevanja, UV svetloba, tobačni dim, alkoholne pijače).
- **V skupini 2A (verjetno rakotvorno)** so tiste snovi in dejavniki, za katere vzročna zveza še ni znanstveno dokazana, je pa verjetna (npr. različne kemikalije, rdeče meso, vroče pijače nad 65° C).
- **Za snovi v skupini 2B (mogoče rakotvorno)** je še manj dokazov o rakotvornosti oziroma ni mogoče izključiti tudi drugih možnih razlag (npr. dizelsko gorivo, tradicionalna azijska vložena zelenjava, **nizkofrekvenčno magnetno polje**, različne kemikalije, **visokofrekvenčna elektromagnetna sevanja**).
- **V skupini 3 (razvrstitev ni mogoča)** so kemikalije in drugi dejavniki, ki so jih sicer že proučevali, vendar jih zaenkrat še ni mogoče uvrstiti v nobeno od prej omenjenih skupin (npr. **nizkofrekvenčno električno polje**, **statično magnetno polje**).

Svetovna zdravstvena organizacija (SZO) poleg tega ugotavlja, da obstaja možnost, da je opažena povezava med izpostavljenostjo nizkofrekvenčnim magnetnim poljem in levkemijo pri otrocih posledica drugih razlogov. Danes namreč še ne poznamo vseh možnih povzročiteljev otroške levkemije. Dejstvo je, da v nobeni od epidemioloških študij, ki kažejo na povezavo med izpostavljenostjo nizkofrekvenčnim magnetnim poljem in otroško levkemijo, niso bili hkrati upoštevani bistveni (ne)znani dejavniki tveganja. Trenutno stališče je, da bi tudi v primeru obstoja vzročne povezave lahko s povečano izpostavljenostjo nizkofrekvenčnim magnetnim poljem razložili največ 2 % primerov otroške levkemije, kar na populacijski ravni za Slovenijo pomeni praktično zanemarljivo število (ne več kot en primer na vsakih nekaj let).

Povezava med izpostavljenostjo magnetnim poljem in levkemijo zaradi nedoslednosti pri ugotavljanju izpostavljenosti in zaradi pomanjkanja podpore drugih potrebnih raziskav (predvsem glede verjetne razlage osnovnih mehanizmov) ne izpolnjuje kriterijev za nedvoumno potrditev vzročne povezave. Zato je potrebno ugotovljeno povezavo med magnetnimi polji in levkemijo razumeti kot zelo šibko. Zaradi navedenih razlogov ICNIRP v svojih smernicah leta 2010 ni izoblikovala mejnih vrednosti, ki bi upoštevale tveganje za pojav otroške levkemije kot posledice izpostavljenosti magnetnim poljem. Kljub temu pa je to možno tveganje potrebno vzeti resno in uvajati preproste ukrepe načela previdnosti ob sprejemljivih stroških.

4.2.2. Raziskava o rakih v Sloveniji

Obsežna študija med slovenskimi otroki in mladostniki je pokazala, da jih le 0,5 % živi na območjih s povprečno vrednostjo nizkofrekvenčnega magnetnega polja 0,1 μT ali več in le 0,09 % vseh otrok živi na območju s povprečno vrednostjo nizkofrekvenčnega magnetnega polja 0,4 μT ali več. Med 195 diagnosticiranimi primeri levkemije pri otrocih in mladostnikih, starih od 0 do 19 let, v letih 2005–2016 je bil le en mladostnik uvrščen v kategorijo magnetnega polja med 0,1 in 0,2 μT , ki je živel v bližini 110 kV daljnovoda, medtem ko v kategoriji 0,4 μT ni bilo nikogar.

Čeprav se incidenca raka pri otrocih, ki je redka bolezen, v Sloveniji postopoma povečuje, na podlagi omenjene populacijske študije nobenega primera raka pri otrocih do 14. leta starosti, nobene levkemije, diagnosticirane do 19. leta starosti, ali nobenega tumorja osrednjega živčevja do 29. leta starosti v dvanajstih letih študije (2005–2016) v Sloveniji ni mogoče pripisati izpostavljenosti nizkofrekvenčnim magnetnim poljem zaradi VN daljnovodov (Žagar et al., 2023). Avtorji študije so ugotovili, da je v Sloveniji število otrok, ki so izpostavljeni poljem nad vrednostjo 0,4 μT , izjemno majhno, kar potrjuje, da magnetna polja daljnovodov niso pomemben dejavnik tveganja za to bolezen na ravni celotne populacije.

4.3. Druge zdravstvene posledice

Mnogo raziskav na ljudeh je vključevalo testiranja, ki so bila opravljena na prostovoljcih in so se usmerila predvsem na sistem imunske odpornosti, kri, hormon melatonin, kardiovaskularni in centralni živčni sistem. Kljub redkim in prehodnim spremembam sledi zaključek, da povezave med nizkofrekvenčnimi polji in škodljivimi vplivi na zdravje pri jakostih, ki jih najdemo v bivalnem okolju, ni bilo mogoče potrditi.

Nobeden od najnovejših pregledov znanstvene literature ni potrdil, da bi lahko izpostavljenost magnetnim poljem imela še druge škodljive posledice za zdravje. Konsenz stroke je strnjen v izjavi Svetovne zdravstvene organizacije, ki pravi, da pregled najpomembnejših razpoložljivih znanstvenih raziskav ne daje prepričljive podlage za sklep, da bi lahko magnetna polja pri jakostih, ki jih najdemo v bivalnem okolju, negativno vplivala na zdravje ljudi. Številne druge mednarodne organizacije so prišle do enakega zaključka.

4.4. Preobčutljivost na EMP

Znanstveno mnenje glede **preobčutljivosti na elektromagnetna polja (EHS)** ostaja v veliki meri enotno: trenutni dokazi ne potrjujejo vzročne povezave med izpostavljenostjo EMP in poročanimi simptomi. Svetovna zdravstvena organizacija (SZO), Mednarodna organizacija za varstvo pred neionizirnimi sevanji (ICNIRP) in številne neodvisne študije poudarjajo, da gre za resnično stanje, kjer posamezniki lahko dejansko trpijo za glavoboli, utrujenostjo in vrtoglavico (2–6 % prebivalstva se označuje kot posebej občutljive za EMP), vendar dvojno slepi eksperimenti dosledno kažejo, da ti ljudje ne morejo zaznati prisotnosti polj bolje od naključja.

Stroka to pogosto pripisuje **nocebo efektu** – pojavu, kjer pričakovanje škodljivih učinkov povzroči dejanske fizične simptome. Namesto okoljskih dejavnikov se znanstvena skupnost nagiba k razlagi, da so simptomi lahko posledica psihičnega stresa, drugih zdravstvenih težav ali preobremenjenosti z informacijami o domnevni nevarnosti tehnologije. Kljub temu se raziskave nadaljujejo, da bi izključili morebitne redke biološke mehanizme, ki bi jih obstoječe znanstvene metode morda spregledale.

4.5. Vpliv EMP na rastline in živali

Vpliv elektromagnetnih polj omrežne frekvence (50 Hz) na rastline in živali se primarno kaže skozi biološke odzive na inducirane električne tokove, pri čemer so učinki najbolj izraziti v neposredni bližini visokonapetostnih virov. Pri živalih, zlasti čebelah in pticah selivkah, lahko močna polja povzročijo kratkotrajne motnje v magnetorepciji in orientaciji, medtem ko se pri rastlinah odzivi kažejo kot fiziološki stres, spremembe v hitrosti kalitve ali lokalne poškodbe tkiv na konicah listov. Čeprav študije potrjujejo določene vedenjske in biokemijske spremembe, znanstveni konsenz nakazuje, da ti vplivi ob upoštevanju predpisanih mejnih vrednosti ne povzročajo ekološke škode ali znatnega poslabšanja zdravja prostoživečih vrst, saj jakost polja z oddaljenostjo od vira eksponentno upada.

5. MEJNE VREDNOSTI IN ZAKONODAJA

Mejne vrednosti so določene zato, da zaradi izpostavljenosti EMP ne pride do kakršnih koli tveganj za zdravje prebivalstva. Temeljijo na trenutnem stanju stroke na tem področju in so določene tako, da za izpostavljenosti, manjše od mejnih vrednosti, ni znanih nobenih škodljivih vplivov na zdravje.

V mednarodnem prostoru je najvišja avtoriteta pri pripravi mejnih vrednosti **Mednarodna komisija za varstvo pred neionizirnimi sevanji (ICNIRP)**. ICNIRP redno spremlja vso znanstveno literaturo o izpostavljenosti EMP in jo presoja po znanih in vnaprej določenih strogih kriterijih. Na podlagi presoje znanstvene literature ICNIRP pripravlja predloge za mejne vrednosti izpostavljenosti elektromagnetnim (in tudi optičnim) sevanjem, katerim sledijo številne mednarodne organizacije in države. Temeljijo na znanih škodljivih vplivih EMP na človeka, ki so pri nizkih frekvencah povezani predvsem z vzdraženjem živčnih ali mišičnih tkiv. Kot mejno vrednost določajo jakost električnega polja v tkivih, ki lahko povzroči te vplive. Zaradi razlik med ljudmi (starost, velikost, telesni ustroj) so mejne vrednosti določene bistveno nižje od jakosti, pri katerih so bili na podlagi znanstvenih raziskav ugotovljeni znani škodljivi vplivi. Ker je v praksi določanje električnega polja znotraj človeka zahtevno, smernice ICNIRP določajo tudi t. i. izvedene mejne vrednosti. Te mejne vrednosti so pri nizkih frekvencah določene za jakost električnega polja in gostoto magnetnega pretoka izven telesa človeka, ki ju je v praksi precej lažje izmeriti ali izračunati. Upoštevanje izvedenih mejnih vrednosti zagotavlja, da so izpolnjene tudi izhodiščne mejne vrednosti in s tem preprečeni vsi znani negativni vplivi na človeka.

Kljub precejšnjemu številu raziskav na tem področju še vedno ne poznamo vseh odgovorov. ICNIRP zato tudi po objavi mejnih vrednosti še naprej spremlja in presoja izvedene raziskave in ob novih spoznanjih ustrezno spremeni mejne vrednosti.

Področje izpostavljenosti EMP v okolju je v Sloveniji zakonsko urejeno od leta 1996, ko je vlada sprejela *Uredbo o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju* (UI.RS 70/1996). Mejne vrednosti v Uredbi so skladne s smernicami ICNIRP ter priporočili Evropskega sveta in temeljijo na znanstveno dokazanih vplivih na ljudi, upoštevajo pa kar 50-kratni varnostni faktor za izpostavljenost prebivalstva. Uredba poleg tega uvaja še dodatni varnostni faktor 10 za bolj občutljiva območja (I. območje varstva pred sevanji). S tem se Slovenija uvršča med države z najstrožjimi zakonsko določenimi mejnimi vrednostmi v EU.

V I. območje varstva pred sevanji spadajo tista območja, ki so namenjena bivanju, oziroma kjer se prebivalstvo zadržuje dlje časa: stanovanjska območja, območja bolnišnic, zdravilišč, šol, zdravstvenih ustanov in podobno. II. območje varstva pred sevanji predstavlja ostala javno dostopna območja: gozdove, kmetijske površine, transportna in industrijska območja, prometne površine ... Za obstoječe vire, to je vire, ki so bili v uporabi že ob uveljavitvi uredbe leta 1996, uredba določa, da se, četudi se nahajajo v I. območju, uporabljajo mejne vrednosti za II. območje.

	Mejne vrednosti za	
	električno poljsko jakost E (V/m)	gostoto magnetnega pretoka B (μT)
Uredba I. območje	500	10
Uredba II. območje	10000	100
Priporočila EU (1999)	5000	100
Smernice ICNIRP (2010)	5000	200

Tabela 4: Mejne vrednosti za električno poljsko jakost in gostoto magnetnega pretoka glede na Uredbo o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju ter smernice ICNIRP za NF EMP.

V Sloveniji tako za jakost električnega polja veljajo za I. območje 10-krat nižje mejne vrednosti, za gostoto magnetnega pretoka pa 20-krat nižje mejne vrednosti od smernic ICNIRP, za II. območje pa za gostoto magnetnega pretoka velja 2-krat nižja vrednost in za jakost električnega polja 2-krat višja vrednost od smernic ICNIRP. Čeprav je zakonodaja v Sloveniji v veljavi že od leta 1996, vidimo, da ni zastarela v smislu slabega ali nezadostnega varovanja prebivalstva pred EMP.

Svetovna zdravstvena organizacija v povezavi z Mednarodno komisijo za varstvo pred neionizirnimi sevanji navaja, da vsi pregledi znanstvenih raziskav jasno kažejo, da izpostavljenosti, ki so nižje od mednarodnih smernic ICNIRP, ne povzročajo znanih negativnih vplivov na zdravje.

6. NAČELO PREVIDNOSTI

Kadar obstaja visoka stopnja znanstvene negotovosti o vplivih določenih dejavnikov na človekovo zdravje, je potrebno in smiselno upoštevati načelo previdnosti. Ker bi čakanje na dokončne ugotovitve lahko imelo škodljive posledice, je smiselno ukrepati že ob ugotovljeni znanstveni negotovosti in ne čakati na izsledke znanstvenih raziskav, ki bi neko tveganje potrdili ali ovrgli. Čeprav tudi na področju problematike elektromagnetnih sevanj obstaja določena stopnja znanstvene negotovosti, se Evropska komisija ni odločila, da bi načelo previdnosti neposredno vključila v priporočila o omejevanju izpostavljenosti elektromagnetnim sevanjem z uvedbo strožjih mejnih vrednosti. Ocenila je, da bi bilo to neprimerno, saj ne obstajajo dovolj trdni dokazi o možnih negativnih učinkih magnetnih polj na zdravje ljudi. Vsakršno bistveno povešanje stroškov, ki bi bili posledica ukrepov zmanjšanja električnih ali magnetnih polj pod zakonsko določenimi vrednostmi torej ni upravičeno. Kljub temu številne institucije opozarjajo, da je uvajanje načela previdnosti v povezavi z EMP smiselno in preventivno naravnano – vendar opravičljivo le **ob ničnih oziroma minimalnih stroških**.

V smislu izvajanja ukrepov za zmanjšanje osebne izpostavljenosti ima vsakdo na voljo nekaj preprostih ukrepov, s katerimi lahko vpliva predvsem na tiste vire EMP, ki se nahajajo v njegovi neposredni bližini:

- Izklop električnih naprav, ko jih ne uporabljamo. Naprav ne puščamo v stanju pripravljenosti (Stand by), ampak jih izkjučimo. Ko jih izkjučimo, se izognemo magnetnemu polju, da bi se izognili tudi električnemu polju, iztaknemo vtikač iz vtičnice.
- Povečanje oddaljenosti od električnih naprav ni drag, je pa učinkovit način zmanjševanja izpostavljenosti. Z večanjem oddaljenosti se tako električno kot tudi magnetno polje hitro zmanjšujeta. Oddaljenost lahko povečujemo tako, da električne naprave premaknemo stran od območij, kjer se zadržujemo dlje časa.
- Skrajšanje časa, ko se zadržujemo v bližini električnih naprav.
- Električne naprave, kot so radijske budilke in podobne naprave, naj se nahajajo najmanj en meter stran od postelje.
- Nekatere naprave, kot sta na primer brivski aparat in sušilnik za lase, povzročajo visoke sevalne obremenitve. Narejene so tako, da se uporabljajo neposredno ob telesu; kljub temu je njihov prispevek h celotnim 24-urnim sevalnim obremenitvam majhen, saj jih uporabljamo le kratek čas.
- Čim več električnih naprav umaknimo iz otroških sob ali jih premaknimo tako, da so kar najbolj oddaljene od mest, kjer se zadržujemo dlje časa.
- Posteljo namestimo stran od električnih naprav in električnih kablov.

Ukrepi, povezani z elektroenergetskimi napravami

- Namestitev spalnice v tisti del hiše ali stanovanja, ki je bolj oddaljen od vira (transformatorske postaje, daljnovoda). Ta ukrep se bo najbolj poznal v primeru, ko sta daljnovod ali transformatorska postaja oddaljena le nekaj metrov.
- Mogoči so tudi bolj radikalni ukrepi, ki pa navadno niso smiselni in upravičeni (npr. oklop s posebnimi materiali Mu-metal v obliki plošč).

Ukrepi, povezani z električnim distribucijskim omrežjem

- Možnosti za zmanjšanje izpostavljenosti zaradi električnega distribucijskega omrežja so majhne.
- Namestitev spalnice v tisti del hiše ali stanovanja, ki je bolj oddaljen od vira (transformatorske postaje, daljnovoda). Ta ukrep se bo najbolj poznal v primeru, ko sta daljnovod ali transformatorska postaja oddaljena le nekaj metrov.

Ukrepi, povezani s hišnimi električnimi inštalacijami

- Pri izdelavi nove električne napeljave lahko z nekaj preprostimi ukrepi zmanjšamo sevanja, ki jih povzročata. Vnaprej načrtujemo razporeditev prostorov in napeljavo umaknemo stran od predelov, kjer se zadržujemo dlje časa. Električno omarico namestimo na mesto, kjer se ne zadržujemo dlje časa. Električne vode do glavnih porabnikov (bojler, pralni in sušilni stroj, pomivalni stroj, kuhinjska pečica, električna kuhalna plošča) napeljemo stran od predelov, kjer se zadržujemo dlje časa, enako ravnamo tudi z glavnim napajalnim kablom. Vsi razvodi se izvedejo radialno in ne krožno. Fazni vodnik in nični vodnik do enega uporabnika sta vedno speljana skupaj. Poskrbimo, da se v raznih drugih prevodnih strukturah (vodovodna in plinska napeljava, razvod za centralno ogrevanje ...) ne ustvarjajo krožne zanke, tudi z vstavljanjem plastičnih oziroma električno neprevodnih odsekov. Takšni ukrepi niso povezani z nobenimi dodatnimi stroški in je njihovo izvajanje ob izdelavi nove napeljave smiselno ter upravičeno.
- Pri izdelavi nove električne napeljave lahko uporabimo posebne materiale, ki ob pravilni izvedbi zmanjšajo izpostavljenost tako električnemu kot tudi magnetnemu polju. Takšna izvedba napeljave je povezana z dodatnimi stroški v višini nekaj 10 odstotkov. Upravičenost takšnega ukrepa je smiselna, če se izvaja nadstandardna gradnja, kjer so tudi različni drugi mogoči dejavniki tveganja zmanjšani na minimalne vrednosti.
- Obstoječo napeljavo je mogoče nadomestiti z novo, pri kateri se upošteva vidik izpostavljenosti poljem, vendar zgolj zaradi izpostavljenosti to ni upravičeno. Če pa je potrebna zamenjava električne napeljave iz drugih razlogov, je ob tem smiselno upoštevati iste ukrepe kot za novo inštalacijo.

7. STALIŠČA KLJUČNIH MEDNARODNIH ORGANIZACIJ

Svetovna zdravstvena organizacija (SZO)



»Najnovejši pregled znanstvene literature o morebitnih škodljivih vplivih na zdravje zaradi izpostavljenosti nizkofrekvenčnim električnim in magnetnim poljem (0–300 Hz) je pokazal, da izpostavljenost jakostim, ki so nižje od smernic Mednarodne komisije za varstvo pred neionizirnimi sevanji (ICNIRP, 2010), nima znanih škodljivih posledic za zdravje. Nekatere raziskave kažejo na povezavo med magnetnimi polji in otroško levkemijo, medtem ko

omenjene povezave ni mogoče potrditi pri odraslih ali z laboratorijskimi raziskavami. Potrebne so dodatne raziskave.«

Znanstveni odbor za novo ugotovljena zdravstvena tveganja (SCENIHR), Evropska komisija



»Najnovejše epidemiološke raziskave so konsistentne z obstoječimi odkritji, da lahko dolgotrajna 24-urna izpostavljenost magnetnim poljem med 0,3 in 0,4 μT povzročata tveganje za pojav levkemije pri otrocih. V praksi so takšne ravni izpostavljenosti otrok zelo redke - pod 1 % v državah EU. Vendar pa na voljo ni ugotovljenih mehanizmov, ki bi pojasnili te ugotovitve. Jasno pomanjkanje eksperimentalne podpore in pomanjkljivosti epidemioloških študij onemogočajo interpretacije in zaključke o vzročni povezavi med obolenjem in izpostavljenostjo magnetnim poljem.«

Mednarodna komisija za varstvo pred neionizirnimi sevanji (ICNIRP)



»Razpoložljiva znanstvena dognanja in izsledki, ki preučujejo povezavo med dolgotrajno izpostavljenost nizkofrekvenčnim magnetnim poljem in povečano incidenco otroške levkemije, so nezadostni za izoblikovanje mejnih vrednosti. Kadar povezava ni vzročna, ni mogoče ugotoviti koristi za zdravje, ki bi jih dosegli z zmanjševanjem izpostavljenosti.«

Mednarodna agencija za raziskovanje raka (IARC)



»Raziskave so pokazale, da lahko EMP električnih naprav in daljnovodov povzročijo šibke električne tokove, ki stečejo skozi človekovo telo. Ti tokovi so precej šibkejši od naravnih tokov, ki nastajajo v možganih, živcih in srcu in ne predstavljajo tveganja za zdravje. Opravljenih je bilo precej raziskav o vplivih EMP na zdravje ljudi. Nekatere študije so nakazale možnost povezave med izpostavljenostjo magnetnim poljem in otroško levkemijo. Vendar pa se je po natančnejšem vrednotenju raziskav izkazalo, da so rezultati neprepričljivi in povezave zelo nezanesljive.«

Inštitut za neionizirna sevanja (INIS)



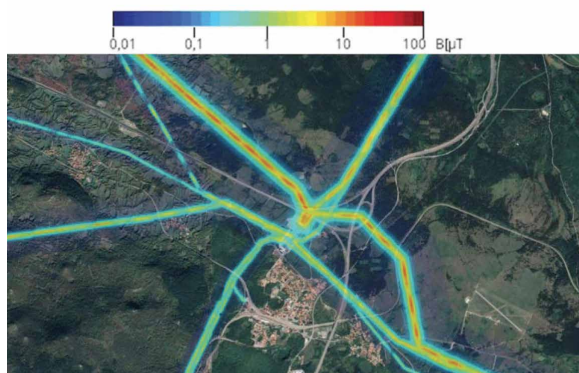
»Nekateri znanstveni izsledki kažejo, da bi izpostavljenost nizkofrekvenčnim magnetnim poljem v zelo redkih primerih lahko povezali s pojavom levkemije pri izpostavljenih otrocih. Ker pa smo skoraj vsi obdani z električnimi napravami in tako izpostavljeni nizkofrekvenčnim magnetnim poljem, je smiselno upoštevati načelo previdnosti ob minimalnih stroških.«

8. E-KARTA EMP

Poleg obstoječe E-karte visokofrekvenčnih elektromagnetnih sevanj (EMS), ki je javno dostopna že od leta 2013 in se redno posodablja, je bila nedavno razvita in pripravljena tudi E-karta NF magnetnih polj (MP). E-karta je spletna aplikacija, ki širši javnosti omogoča dostop do podatkov o obremenjenosti okolja z NF MP in visokofrekvenčnimi EMS (www.inis.si).

Karta prikazuje NF MP zaradi delovanja vseh VN daljnovodov na območju celotne Slovenije. Tovrstne javne E-karte o izpostavljenosti nizkofrekvenčnim in visokofrekvenčnim elektromagnetnim poljem za območje države po dostopnih podatkih nima še nobena druga država na svetu. Pri izračunu so upoštevani vsi pomembnejši viri NF MP, to so vsi 400 kV, 220 kV in 110 kV daljnovodi in kablovodi v Sloveniji. Za pripravo karte so bili zbrani tehnični podatki ter podatki o obremenitvah vseh VN daljnovodov v Sloveniji, in sicer skupno za:

- več kot 650 km 400 kV DV,
- več kot 300 km 220 kV DV,
- več kot 2600 km 110 kV DV ter
- približno 25 km 110 kV kablovodov.



Slika 26: Vrednosti MF MP v E-karti NF MP v okolici razdelilne transformatorske postaje Divača.

Poleg podrobnih tehničnih podatkov o VN daljnovodih in kablovodih, kot so tip in višina vsakega stebra, razpored vodnikov, višina vodnikov nad tlemi (natančnost podatka 1 m) je bil pri izračunu upoštevan tudi relief terena. Pri izračunu niso bili upoštevani vsi vodi napetostnega nivoja manj kot 110 kV ter transformatorske postaje in razdelilne transformatorske postaje. Za pripravo E-karte NF MP so bile razvite nove metode izračuna, ki so omogočale izračun vrednosti NF MP na tako velikem območju. Na karti so prikazane vrednosti MP, ki so izražene v odstotkih mejnih vrednosti.

Rezultati izračunov kažejo, da so povprečne vrednosti NF MP povišane na majhnem območju Slovenije, saj le na približno 190 kvadratnih kilometrih oziroma manj kot enem odstotku ozemlja Slovenije povprečna vrednost NF MP znaša 0,1 μT ali več, na 73 kvadratnih kilometrih oziroma približno tretjini odstotka površine Slovenije znaša vrednost 0,4 μT ali več. Najvišja vrednost znaša manj kot 15 μT . Mejne vrednosti za II. območje varstva pred sevanji znašajo 100 μT in za I. območje varstva pred sevanji 10 μT .

9. LITERATURA

- Ahlbom, A., Day, N., Feychting, M., Roman, E., Skinner, J., Dockerty, J., Linet, M., McBride, M., Michaelis, J., Olsen, J., H., Tynes, T., Verkasalo, P., K., 2000. A pooled analysis of magnetic fields and childhood leukaemia. *Br. J. Cancer* 83, 692–698.
- EC: Commission of the European Communities. Communication from the Commission on the precautionary principle. Brussels, 02.02.2000. (glej: europa.eu.int/comm/off/com/health_consumer/precaution.htm)
- EC: Council of the European Union. Council Recommendation of 12 July 1999 on the limitation of exposure of the general public to electromagnetic fields (0 Hz to 300 GHz). *Official Journal of the European Communities* L199 of 30.7.1999, pp. 59-70. (glej: europa.eu.int/comm/health/ph/programmes/ph_fields_cr_en.pdf)
- Gajšek P (ed): *Odgovorno upravljanje problematike EMP pri umeščanju EE objektov v prostor, znanstvena monografija*, Forum EMS, Ljubljana, 2022. ISBN 978-961-92727-9-4
- Gajšek P (ed): *Elektromagnetna sevanja - okolje in zdravje*, Projekt Forum EMS; 2005. ISBN 961-238-424-x
- Greenland, S., Sheppard, A., R., Kaune, W., T., Poole, C., Kelsh, M., A., 2000. A pooled analysis of magnetic fields, wire codes, and childhood leukemia. *Childhood Leukemia-EMF Study Group. Epidemiology* 11, 624–634.
- IARC International Agency for Research on Cancer, IARC MONOGRAPHS ON THE EVALUATION OF CARCINOGENIC RISKS TO HUMANS Non-Ionizing Radiation, Part 1: Static and Extremely Low-Frequency (ELF) Electric and Magnetic Fields, vol. 80. Lyon, France: IARC Press, 2002.
- ICNIRP Statement: IARC evaluation of carcinogenic risks to humans from exposures to electric and magnetic fields, 2001, (glej: <http://www.icnirp.org/Explorer/Activities.htm>)
- ICNIRP, "Guidelines for limiting exposure to time-varying electric and magnetic fields (1 Hz to 100 kHz)," *Health Phys.*, vol. 99, no. 6, pp. 818–836, Dec. 2010.
- SCENIHR Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks, Preliminary opinion on Potential health effects of exposure to electromagnetic fields (EMF), European Commission 2013, ISBN 978-92-79-30134-6, 2013
- SCENIHR Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks, Health Effects of Exposure to EMF, European Commission, 2009
- UNEP/WHO (United Nations Environmental Programme/World Health Organization). Environmental health criteria series, No. 232. Static Fields. Geneva: World Health Organization; 2006.
- UNEP/WHO (United Nations Environmental Programme/World Health Organization). Environmental health criteria series, No. 238. Extremely low frequency fields. Geneva: World Health Organization; 2008.
- Uredba o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju, Uradni list Republike Slovenije, št.70, 5925-5931, leto VI, 6.december, 1996, (glej: www.gov.si/mop)
- WHO Fact sheet No. 296: Electromagnetic fields and public health. Electromagnetic Hypersensitivity, Geneva: World Health Organization; 2005. (glej: www.who.int/peh-emf)
- Žagar T, Valič B, Kotnik T, Korat S, Tomsic S, Zadnik V, Gajšek P: Estimating exposure to extremely low frequency magnetic fields near high-voltage power lines and assessment of possible increased cancer risk among Slovenian children and adolescents, *Radiol Oncol* 2023; 57 (1): 59-69

O BROŠURI

Sodobnega načina življenja si brez električne energije ne znamo več predstavljati. Glede na razvoj družbe je pričakovati, da se bo poraba električne energije tudi v prihodnje večala, saj kljub vse večji varčnosti novih naprav in procesov električna energija zamenjuje druge energente, zaradi česar njena poraba narašča. To pa pomeni, da so in bodo potrebni novi daljnovodi, obenem pa je med prebivalstvom čedalje bolj razširjen strah pred morebitnimi negativnimi vplivi **električnih in magnetnih polj (EMP)** omrežne frekvence 50 Hz na zdravje.

Namen te brošure je objektivno in nepristransko informiranje o vplivih EMP, ki jih povzročajo sistemi za prenos električne energije, kot so daljnovodi in kablovodi ali razdelilnih transformatorskih postaj napetostnih nivojev 110 kV, 220kV in 400 kV. Vsebina brošure o vplivu nizkofrekvenčnih EMP na zdravje temelji na ključnih znanstvenih ugotovitvah najpomembnejših mednarodnih organizacij, ki so pristojne za kritično vrednotenje znanstvene literature in oceno zdravstvenih tveganj.

DODATNE INFORMACIJE

Vse dodatne informacije lahko najdete na domači strani:

www.inis.si, www.nijz.si ter www.forum-ems.si

Lahko jih prejmete tudi po elektronski pošti, če nam pišete na naslov:

info@forum-ems.si

Obrnete se lahko tudi na svetovalno pisarno projekta Forum EMS:

telefon (01) 5682732

