

LATVIJAS UNIVERSITĀTE

ĶĪMIJAS FAKULTĀTE

Profesionālā maģistra studiju programma

“DARBA VIDES AIZSARDZĪBA UN EKSPERTĪZE”

MAĢISTRA DARBS

**Elektromagnētiskā lauka radītais darba vides risks un
preventīvie pasākumi**

Autors: **Alberts Dambis**

Stud. apl. ad13036

Darba vadītāja: LU asoc. Prof., Dr.med. Ženija Roja

Rīga 2015

Anotācija

Elektromagnētiskā lauka radītais darba vides risks un preventīvie pasākumi. Maģistra darbs, 64 lappuses, 43 attēli, 2 tabulas, 24 literatūras avoti, 1 pielikums. Latviešu valodā.

Elektromagnētiskais lauks, elektriskais lauks, magnētiskais lauks, nejonizējošais starojums, teorētiskie aprēķini.

Darbā ir apskatīti elektromagnētiskie lauki un to iespējams radītais darba vides risks. Tiek veikti teorētiski elektromagnētiskā lauka stipruma aprēķini. Darbā tiek analizētas dažādas darba vides situācijas, kur lai novērtētu darba vides risku ir veikti elektromagnētiskā lauka mērījumi. Tiek sniegti dažādi preventīvo pasākumu piemēri. Secināts, ka elektromagnētiskais lauks ir bieži sastopams un ne vienmēr novērtēts darba vides risks.

Summary

Work environment risk caused by electromagnetic field and preventive measures. Master's thesis, 64 pages, 43 pictures, 2 tables, 24 literature sources, 1 appendix. In Latvian.

Electromagnetic field, electric field, magnetic field, non-ionizing radiation, theoretical calculations.

In work electromagnetic fields and possible work environment risk is discussed. In work practical electromagnetic field strength calculations are done. The work analyzes the different work environment situations where to assess the environmental work risks, electromagnetic field measurements have been done. Diverse examples of preventive measures are given. It is concluded that electromagnetic fields are common and not always evaluated work environment risk.

Saturs

Ievads.....	5
1.Literatūras analīze.....	7
1.1.Elektromagnētiskā radiācija.....	7
1.2.Elektromagnētiskā lauka iedarbība.....	10
1.3.Elektromagnētiskā lauka avoti.....	13
1.4.Elektromagnētiskā hipersensibilitāte.....	17
1.5.Elektromagnētiskā lauka teorija.....	19
1.6.Darba aizsardzības normatīvi aizsardzībai pret elektromagnētisko starojumu.....	22
1.7.Eiropas Savienības politika.....	25
2.Methodiskā daļa.....	26
2.1.Eiropas barometru datu analīze.....	26
2.2.Theorētiski matemātiski aprēķini.....	27
3.Rezultāti un diskusija.....	34
3.1.Eiro-barometra datu analīze.....	34
3.2.Theorētisko aprēķinu rezultāti.....	51
4.Preventīvie pasākumi.....	55
4.1.Netālu no darba vietas atrodas augstsprieguma elektropārvades līnija.....	55
4.2.Biroja tipa ēka ar iekštelpu mobilo operatoru antenām.....	56
4.3.Biroja tipa darba vieta.....	56
4.4.Darbs netālu no transformatora.....	57
4.5.Preventīvie pasākumi, ja tiek pārsniegtas robežvērtības.....	58
Secinājumi.....	59
Praktiskās rekomendācijas.....	60
Izmantotā literatūra.....	61
Pielikums.....	62

Apzīmējumu saraksts

PVO	Pasaules veselības organizācija
IARC	Starptautiskā vēža izpētes aģentūra
EDS	Elektrodzinējspēks
EHS	Elektromagnētiskā hipersensibilitāte
ICNIRP	Starptautiskā komisija aizsardzībai pret nejonizējošo starojumu

Izmantotie valstu apzīmējumi

BE	Beļģija
BG	Bulgārija
CZ	Čehija
DK	Dānija
DE	Vācija
EE	Igaunija
IE	Īrija
EL	Grieķija
ES	Spānija
FR	Francija
IT	Itālija
CY	Kipra
LV	Latvija
LT	Lietuva
LU	Luksemburga
HU	Ungārija
MT	Malta
NL	Nīderlande
AT	Austrija
PL	Polija
PT	Portugāle
RO	Rumānija
SI	Slovēnija
SK	Slovākija
FI	Somija
SE	Zviedrija
UK	Lielbritānija

IEVADS

Elektromagnētiskais lauks ir viena no daudzajām enerģijas formām, taču atšķirībā piemēram no siltuma, kas arī ir enerģijas forma un ko mēs varam sajūst, vai arī atšķirībā no redzamās gaismas, ko mēs uztveram ar acīm, tad elektromagnētisko lauku cilvēks nav spējīgs sajūst ne ar vienu no savām maņām.

Elektromagnētiskais lauks ir pastāvējis vienmēr, un cilvēce ar laiku ir iemācījusies izmantot arī šo enerģijas formu. Zemeslodei piemīt savs magnētiskais lauks un pateicoties šim magnētiskajam laukam ir iespējams lietot tādu ierīci kā kompass, kas patiesībā norāda uz zemes magnētiskā lauka virzienu.

Attīstoties tehnoloģijām cilvēks pakāpeniski ar tehnoloģiju palīdzību ir sācis arī pats radīt elektromagnētisko lauku, labs piemērs noteikti ir radioaprāde, kas izmanto radioviļņus, lai pārraidītu informāciju ar elektromagnētiskā lauka palīdzību. Arī šķietami slēgta sistēma, kā elektropārvades līnija rada elektromagnētisko lauku. Mūsdienās visa veida bezvadu sakari patiesībā ir elektromagnētiskā lauka mērķtiecīga izmantošana ar mērķi pārraidīt informāciju.

Attīstoties tehnoloģijām, palielinās arī cilvēka radīto elektromagnētisko lauku avotu skaits un cilvēkiem rodas pašsaprotams jautājums: vai elektromagnētiskais lauks nevar nelabvēlīgi ietekmēt cilvēka veselību.

Zemas frekvences elektriskie lauki ietekmē elektriskā lādiņa izplatību uz ķermeņa virsmas, bet magnētiskie lauki – rada cirkulējošas strāvas cilvēka ķermenī. Netieši elektrisko lauku iedarbība var radīt tā saukto elektrizāciju un cilvēks var saņemt strāvas sitienu, kas, atrodoties spēcīgā elektriskā laukā, piemēram, zem augstsprieguma līnijas vadiem, var radīt nepatīkamas un sāpīgas sajūtas. Magnētiskie lauki, inducējot strāvas ķermenī, var radīt papildus strāvas, kas pārsniedzot noteikto sliekšņa līmeni var radīt bioloģiskos efektus, bet pie spēcīgākām strāvām - veselības traucējumus, tas ir nervu stimulāciju, izraisot sirds ritma traucējumus.

Radiofrekvenču lauki iespiežas tikai īsā attālumā cilvēka ķermenī. Šo lauku enerģija tiek absorbēta un pārveidota molekulu kustībā. Berze starp straujā kustībā esošām molekulām izraisa temperatūras pieaugumu, tādējādi cilvēka ķermenis pamazām paliek karstāks. Ja cilvēks atrodas ļoti spēcīgā radiofrekvenču laukā, to var salīdzināt ar atrašanos mikroviļņu krāsnī.

Ārēja elektromagnētiskā lauka iedarbība uz cilvēka ķermeni un šūnām galvenokārt ir atkarīga no elektromagnētiskā lauka frekvences un lieluma jeb stipruma.

Darba vietā cilvēks saskaras ar daudz un dažādiem elektromagnētiskā lauka avotiem,

t.sk. mobilā telefona radīto elektromagnētisko lauku. Darba devējiem un darba ņēmējiem trūkst zināšanu par elektromagnētiskā starojuma radītā riska ietekmi uz nodarbinātiem. Darba devējam ir svarīgi apzināt un novērtēt elektromagnētiskā starojuma līmeni, lai nodrošinātu nodarbinātajiem drošu un veselībai nekaitīgu darba vidi.

Tāpēc šī darba mērķis ir: identificēt un novērtēt elektromagnētiskā lauka risku darba vidē, izstrādāt preventīvos pasākumus minētā riska mazināšanai dažādās darba vidēs. . Mērķa sasniegšanai tika izvirzīti sekojoši uzdevumi:

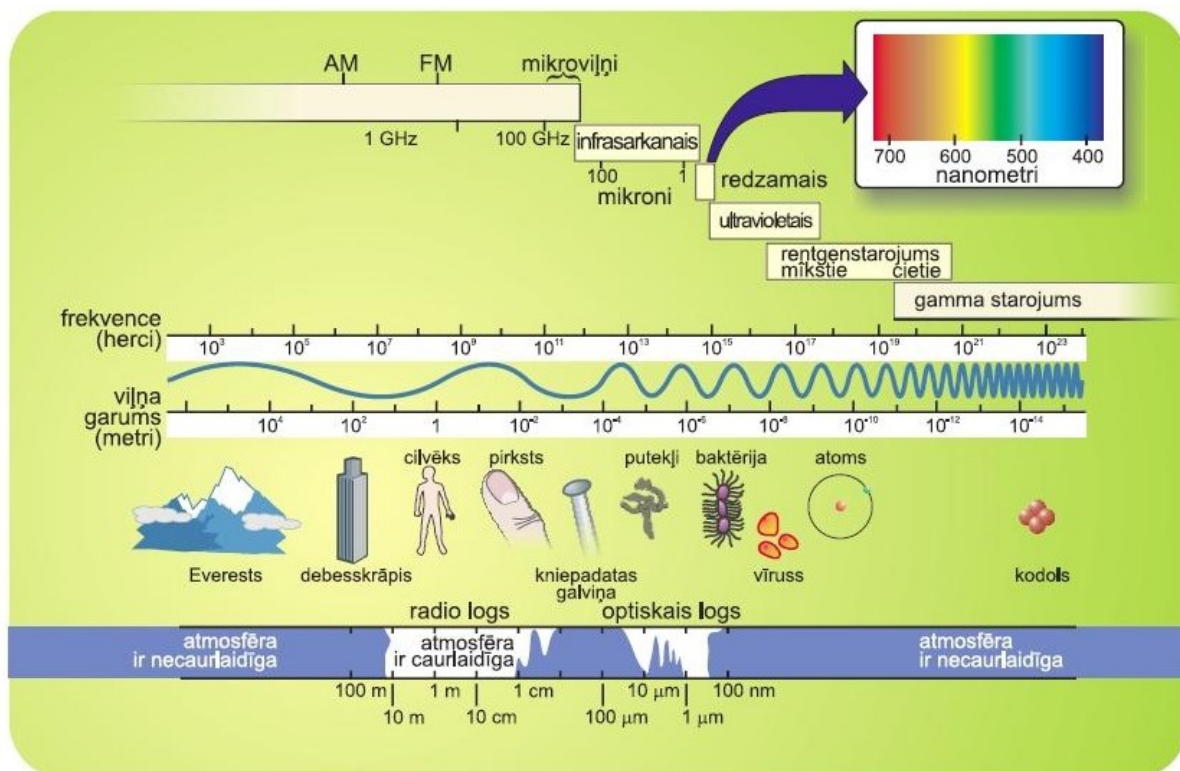
- analizēt literatūru, par elektromagnētisko lauku, tā ietekmi uz nodarbinātiem;
- identificēt iespējamus elektromagnētiskā lauka avotus darba vidē;
- izvēlēties piemērotas šī riska novērtēšanas metodes;
- pētīt normatīvo dokumentu bāzi Latvijā;
- parādīt piemērus, kā aprēķināt elektriskā un magnētiskā lauka līmeni darba vidē;
- veikt darba vides riska novērtējumu dažādās darba vides situācijās;
- izstrādāt preventīvos pasākumus elektromagnētiskā lauka radītā riska mazināšanai.

Šī darba hipotēze ir: Elektromagnētiskā lauka radītais darba vides risks netiek pienācīgi apzināts un novērtēts.

1. LITERATŪRAS ANALĪZE

1.1. Elektromagnētiskā radiācija

Elektromagnētiskā radiācija ir enerģijas forma, kas ir mums apkārt, elektromagnētiskā radiācijai var būt daudz dažādas formas kā radioviļņi, mikroviļņi, rentgenstarojums un gamma starojums. Redzamā gaisma arī ir elektromagnētiskās radiācijas daļa, bet tikai ļoti maza daļa no visa elektromagnētiskās radiācijas spektra (skat. 1.1. att.)[10].



1.1. att. Elektromagnētiskās radiācijas spektrs [9]

Kādreiz tika uzskatīts, ka elektrība un magnētisms ir dažādi spēki. Tomēr 1873. gadā Skotu fiziķis Džeims Klerks Maksvels izstrādāja vienoto elektromagnētisma teoriju. Elektromagnētisma teorija sniedz priekšstatu par to kā elektriski lādētas daļiņas mijiedarbojas savā starpā un kā notiek mijiedarbe ar magnētisko lauku.

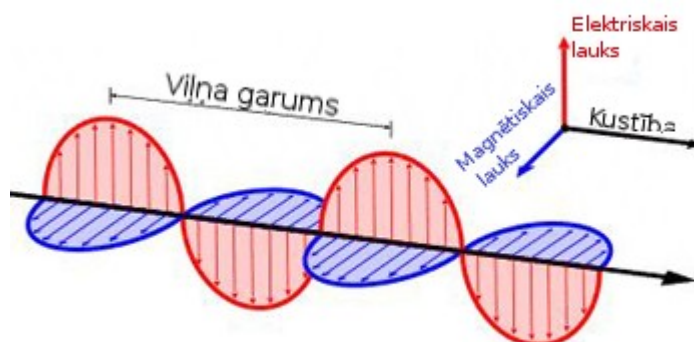
Pastāv četras galvenās elektromagnētisma izpausmes:

- pievilkšanās vai atgrūšanās spēks starp elektriskajiem lādiņiem ir apgriezti proporcionāls attāluma kvadrātam starp tiem;
- magnētiskie poli ir pa pāriem un viņi vai nu pievel vai atgrūž viens otru, līdzīgi kā tas notiek ar elektriskajiem lādiņiem;
- elektriskā strāva, kas plūst pa vadu rada magnētisko lauku, kura virziens ir atkarīgs no

strāvas plūšanas virziena;

- mainīgs elektriskais lauks rada magnētisko lauku un mainīgs magnētiskais lauks rada elektrisko lauku.

Elektromagnētiskā radiācija rodas, kad atomdaļiņa, kā, piemēram, elektrons, tiek paātrināta elektriskajā laukā, tādējādi rodas kustībai. Radītā kustība rada oscilējošu elektrisko un magnētisko lauku, kas pārvietojas perpendikulāri viens pret otru, gaismas enerģijas veidā sauktā par fotoniem (skat. 1.2. att.). Fotoni pārvietojas harmoniskos viļņos ar ātrāko iespējamo ātrumu visumā 299792459 metri sekundē vakuumā, ko pazīst arī kā gaismas ātrumu. Viļņiem var būt dažādas īpašības kā frekvence, viļņa garums vai enerģija [10].



1.2. att. Elektriskā un magnētiskā lauka virziens

Viļņa garums ir attālums starp divām secīgām viļņa virsotnēm (skat. 1.2. att.). Viļņa garuma mērvienība ir metrs vai arī tā daļas. Frekvence ir viļņu ciklu skaits, kas formējas noteiktā laika vienībā. Parasti frekvence tiek mērīta ņemot par pamatu viļņu ciklu skaitu sekundē jeb hercos (Hz). Frekvence un viļņa garums ir apgriezti proporcionāli lielumi [10].

Elektromagnētiskā radiācija sevī ietver milzīgu viļņu garumu un frekvenču spektru, kas ir zināms kā elektromagnētiskais spektrs. Elektromagnētisko spektru var iedalīt ļoti dažādi, bet bieži, tas tiek iedalīts septiņās sekojošās grupās ar dilstošu viļņu garumu un pieaugošu enerģiju un frekvenci: radioviļņi, mikroviļņi, infrasarkanais starojums, redzamā gaisma, ultravioletais starojums, rentgenstarojums un gamma starojums. Parasti, ja runā par zemas enerģijas starojumu kā radioviļņi, tad tiek izmantota frekvence. Apskatot ultravioleto, infrasarkanā starojumu un redzamo gaismu parasti izmanto viļņa garumu, bet runājot par augstas enerģijas starojumu kā rentgenstarojums un gamma starojums, tiek izmantots jēdziens fotonu enerģija.

Radioviļņi ir elektromagnētiskā spektra lejasdaļā ar frekvenci līdz 30 gigaherciem un ar viļņa garumu lielāku par 10 milimetriem. Radioviļņi pārsvarā tiek izmantoti, lai nodrošinātu

saziņu, tai skaitā balss, datu un cita veida informācijas pārraidi.

Mikroviļņu frekvence ir robežās no 3 gigaherciem līdz pat aptuveni 30 teraherciem. Mikroviļņu viļņa garums ir robežās no 10 milimetriem līdz 100 mikrometriem. Mikroviļņi pārsvarā tiek izmantoti platjoslas saziņai jeb datu pārraidei, radaros un arī kā karstuma avots mikroviļņu krāsnīs un rūpniecības iekārtās.

Infrasarkanais starojums atrodas starp mikroviļņiem un redzamo gaismu. Infrasarkanā starojuma frekvence ir no 30 teraherciem līdz aptuveni 400 teraherciem un ar viļņa garumu 100 mikrometri līdz 740 nanometri. Infrasarkanais starojums nav redzams, bet to ir iespējams sajūst kā siltumu, ja starojuma jauda ir pietiekama.

Redzamās gaisma atrodas starp infrasarkanā un ultravioletā starojumu. Redzamās gaismas frekvence ir robežās no aptuveni 400 teraherciem līdz 800 teraherciem un ar viļņa garumiem 740 nanometri līdz 380 nanometri. Ja runā par redzamo gaismu, tad parasti tiek izmantots viļņa garuma jēdziens.

Ultravioletās gaismas frekvence ir robežās no $8 \cdot 10^{14}$ līdz $3 \cdot 10^{16}$ herciem un ar viļņa garumiem no 380 nanometriem līdz 10 nanometriem. Ultravioletā gaisma ir saules gaismas sastāvdaļa taču cilvēka acs to nespēj uztvert. Ultravioletā starojumu izmanto gan medicīnā gan rūpniecībā, taču ir svarīgi atcerēties, ka tas spēj bojāt dzīvus audus.

Rentgenstarojumu var iedalīt divos veidos: mīkstajā rentgenstarojumā un cietajā rentgenstarojumā. Mīkstā rentgenstarojuma frekvence ir no $3 \cdot 10^{16}$ līdz 10^{18} herciem un ar viļņa garumu no 10 nanometriem līdz 100 pikometriem. Cietais rentgenstarojums aizņem to pašu spektra daļu, ko aizņem gamma viļņi, vienīgā atšķirība ir to rašanās avots: rentgenstarojums rodas pāātrinot elektronus kamēr gamma starojumu rada atomu kodoli.

Gamma starojuma frekvence ir virs 10^{18} herciem un ar viļņa garumu zem 100 pikometriem. Gamma radiācija izraisa dzīvo audu bojājumus, kas šo starojuma veidu padara efektīvu cīņai ar vēzi, kad šis starojums tiek kontrolēti pievadīts kontrolētai vietai. Nekontrolēta cilvēku ekspozīcija gamma starojumam ir ļoti bīstama.

Autora ieskatā ultravioletā, rentgenstarojuma un gamma starojuma kaitīgā ietekme uz cilvēka organismu ir sen pierādīta. Tāpēc svarīgi ir izziņāt kā uz cilvēka organismu iedarbojas elektromagnētiskais starojums, ko veido gan radioviļņi, gan mikroviļņi. Līdz ar to ir nepieciešams veikt literatūras analīzi par elektromagnētiskā lauka iedarbību uz cilvēka organismu. Darba vidē cilvēks izmanto daudz dažādus tehnoloģiskus risinājumus, kas savu darbību balsta uz elektromagnētismu, piemēram, mobilie telefoni.

1.2. Elektromagnētiskā lauka iedarbība

Elektromagnētiskie lauki ir dabiska parādība, un tie ir vienmēr pastāvējuši mums apkārt. Sākot ar 20. gadsimtu vides iedarbība no cilvēku radītiem elektromagnētiskiem laukiem ir patstāvīgi augusi, kas ir skaidrojams ar palielinātu pieprasījumu pēc elektrības un ar vienmēr progresējošām bezvadu tehnoloģijām, kā arī ir mainījušies cilvēku darba un sociālie paradumi. Ikviens tiek pakļauts elektriskā un magnētiskā lauka sarežģītai ietekmei dažādās frekvencēs gan mājās, gan darbā [1].

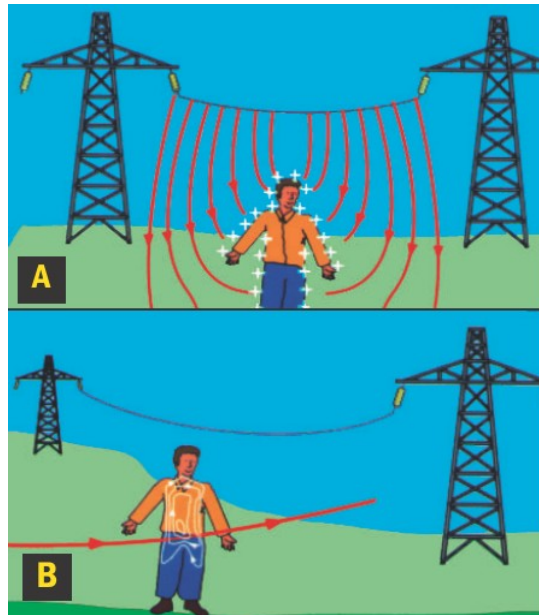
Iespējamās veselības problēmas, ko var izraisīt elektromagnētiskais lauks, tiek pētītas jau no 19. gadsimta un īpaša ievērība tiek pievērsta pēdējos 30 gados. Elektromagnētisko lauku plaši var iedalīt statiskā un zemas frekvences elektriskā un magnētiskā laukā, kā galvenie avoti ir elektropārvades līnijas, mājsaimniecības elektroiekārtas, datortehnika, un augstas frekvences vai radiofrekvences laukos, kā galvenie avoti ir radari, radio un televīzija, mobilie telefoni, to bāzes stacijas, indukcijas sildītāji [1].

Atšķirībā no jonizējošās radiācijas (gamma starojums, kosmiskais starojums, rentgenstarojums), elektromagnētiskais lauks ir pārāk vājš lai tas varētu saraut molekulu un šūnu saites, un līdz ar to nespēj jonizēt. Tieši tādēļ elektromagnētiskais lauks tiek saukts par nejonizējošo starojumu [1].

Elektriskās strāvas ir dabiska cilvēka ķermeņa sastāvdaļa, kā arī tām ir nozīmīga loma ķermeņa funkcionēšanā. Visi nervi pārraida signālus ar elektrisko impulsu palīdzību. Lielākā daļa bioķīmisko procesu, sākot ar gremošanu līdz pat smadzeņu darbībai, sevī ietver elektriskus procesus [1].

Ārēja elektromagnētiskā lauka iedarbība uz cilvēka ķermeni un šūnām galvenokārt ir atkarīga no elektromagnētiskā lauka frekvences un lieluma jeb stipruma. Frekvence raksturo oscilāciju vai svārstību skaitu sekundē. Zemās frekvencēs elektromagnētiskais lauks iziet cauri cilvēka ķermenim, kamēr radiofrekvencēs lauki tiek daļēji absorbēti un skar tikai audus mazā dziļumā [1].

Zemas frekvences elektriskais lauks iespaido elektrisko lādiņu izkliedi uz vadošo audu virsmas un izraisa elektriskās strāvas plūsmu ķermenī (skat. 1.3. att.). Zemas frekvences magnētiskais lauks inducē cirkulējošās strāvas cilvēka ķermenī (skat. 1.3. att.). Šo inducēto strāvu stiprums ir atkarīgs no ārējā magnētiskā lauka intensitātes un cilpas lieluma caur kuru plūst strāva. Ja šīs strāvas ir pietiekami lielas, tad tas var būt par cēloni nervu un muskuļu stimulācijai [1].



1.3. att. A- Zemas frekvences elektriskā lauka iedarbība B-Zemas frekvences magnētiskā lauka iedarbība [1]

Radiofrekvenču lauki iespiežas tikai īsā attālumā cilvēka ķermenī. Šo lauku enerģija tiek absorbēta un pārveidota molekulu kustībā. Berze starp straujā kustībā esošām molekulām izraisa temperatūras pieaugumu. Šo efektu izmanto arī daudzas sadzīves un rūpniecības iekārtas. Radiofrekvenču lauku līmenis kādam cilvēki parasti tiek pakļauti parasti ir krietni zemāks nekā būtu nepieciešams lai izdalītos ievērojams siltuma daudzums [1].

Bioloģiskais efekts ir izmērāma organismu vai šūnu reakcija no stimulēšanas vai izmaiņas apkārtējā vidē. Šādi efekti, piemēram, pūstīnāts sirds ritms pēc kafijas dzeršanas vai miegainības rašanās sasmakušā telpā, ne vienmēr ir kaitīgi veselībai. Reaģēšana uz izmaiņām apkārtējā vidē ir normāla dzīves sastāvdaļa. Taču ķermenim var nebūt pienācīgi kompensācijas mehānismi, lai mīkstinātu visas apkārtējās izmaiņas vai spiedienus. Ilgstoša atrašanās šādā vidē, pat ja izmaiņas ir niecīgas, var izraisīt veselības riskus, ja izmaiņu rezultātā ir spiediens uz ķermeni [1].

Zinātniskās atziņas par elektromagnētisko lauku radīto veselības ietekmi ir būtiskas un ir balstītas uz lielu skaitu epidemioloģisku, dzīvnieku un teorētiskiem pētījumiem. Daudz dažādi veselības problēmu traucējumi ir tikuši analizēti, sākot ar reproduktīvās sistēmas defektiem līdz pat kardiovaskulārām un neirodeģeneratīvām slimībām, bet konsekvēntākie pierādījumi ir saistāmi ar leikēmiju bērniem. 2001. gadā ekspertu un zinātnieku grupa no PVO Starptautiskās vēža izpētes aģentūras pārskatīja pētījumus saistībā ar statisko un ļoti zemas frekvences elektrisko un magnētisko lauku kancerogenitāti. Izmantojot standarta IARC klasifikāciju, statistiskie un ļoti zemas frekvences magnētiskie lauki tika klasificēti kā iespējams

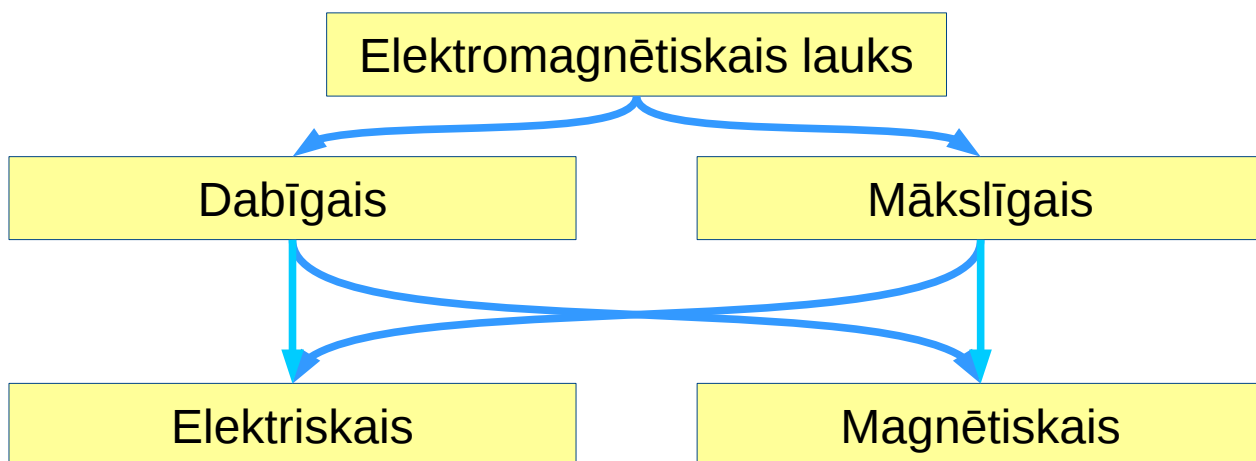
kancerogēni cilvēkiem balstoties uz epidemioloģisko pētījumu par leukēmiju bērniībā. Piemēram arī kafija ir klasificēta šajā kategorijā, kas var izraisīt palielinātu risku saslimt ar nieru vēzi, tajā pašā laikā aizsargājot no zarnu vēža. Klasifikācija "Iespējams cilvēkiem kancerogēns" nozīmē, ka ir ierobežota daudzuma informācija par kancerogenitāti cilvēkiem un nepietiekams daudzums informācijas par kancerogenitāti pētījumiem ar dzīvniekiem. Pārējie pētījumu rezultāti par vēzi pieaugušajiem un bērniem, kā arī no cita veida elektromagnētiskā lauka ietekmes tika atzīti par nepietiekamiem saistībā ar nepietiekamiem vai nekonsekventiem zinātniskiem pierādījumiem. Kamēr zemas frekvences magnētiskais lauks ir iespējams kancerogēns cilvēkiem, ir iespējams, ka ir cits izskaidrojums saistībā ar novēroto korelāciju starp zemas frekvences magnētiskajiem laukiem un leukēmiju bērniem [1].

Apskatot radiofrekvences, pētījumu dati liecina, ka ekspozīcija zēmam radiofrekvenču lauka līmenim neizraisa veselības problēmas. Daži zinātnieki ir norādījuši uz nebūtiskiem sekām saistībā ar mobilo telefonu lietošanu, to skaitā izmaiņas smadzeņu aktivitātē, reakcijas laikā un miega režīmā. Konstatētās sekas ir normas robežās ņemot vērā cilvēku variāciju [1].

Pašreiz pētījumi tiek akcentēti uz ilgtermiņa ietekmi no zēma līmeņa radiofrekvenču laukiem, pat no tik zēma līmeņa, kas nespēj izraisīt vērā ņējamu temperatūras kāpumu, kas varētu izraisīt nevēlamu ietekmi uz veselību. Vairāki neseni epidemioloģiski pētījumi nav atraduši saikni starp smadzeņu vēzi un mobilo telefonu lietošanu. Taču tehnoloģija ir pārāk jauna, lai varētu izslēgt ilgtermiņa ietekmi. Mobilo telefonu lietotāji un bāzes stacijas ekspozīcijas situācijas ir dažādas. Radiofrekvenču lauka ekspozīcija ir krietni lielāka mobilo telefonu lietotājiem, nekā tiem kuri dzīvo bāzes staciju tuvumā. Mobilie telefoni izdala radiofrekvenču enerģiju, tikai tad, kad tie tiek izmantoti sarunai, atskaitot signālus, kas tiek izmantoti, lai uzturētu saikni starp ierīci un bāzes staciju. Taču bāzes stacija signālu raida nepārtraukti, tomēr līmeņi, kādiem tiek pakļauta sabiedrība ir ļoti mazi, pat ja bāzes stacija ir tuvu [1].

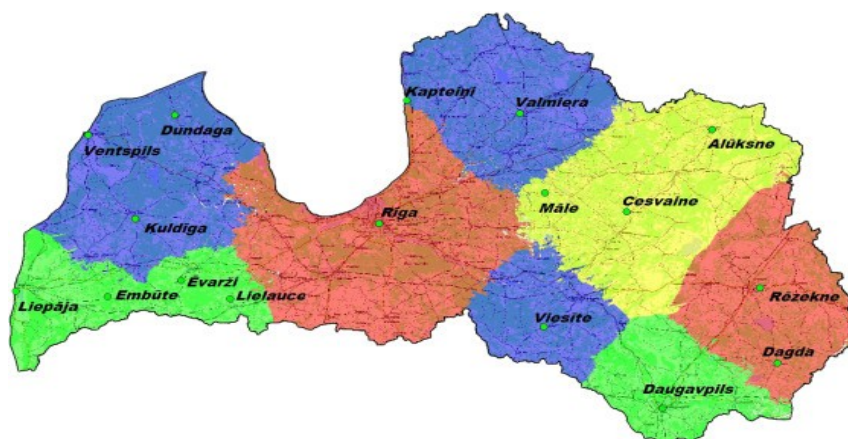
Autors uzskata, ka pašlaik nav ticami pētījumi, kas viennozīmīgi norādītu uz elektromagnētisko lauku negatīvo ietekmi uz darba vidi, taču tajā pašā laikā darba devējam tik un tā ir jānovērtē vai tiešām nepastāv šāds darba vides riska faktors. Ir svarīgi novērst ilgtermiņa darbinieku pakļaušanu elektromagnētiskajam laukam, jo nav skaidra jaunāko tehnoloģiju ietekme uz darba ņēmējiem ilgtermiņā.

1.3. Elektromagnētiskā lauka avoti



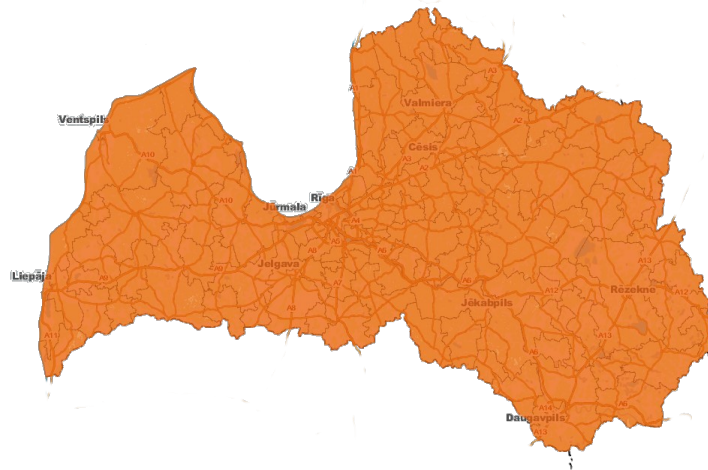
1.4. att. Elektromagnētiskā lauka avotu iedalījums

Visus elektromagnētiskā lauka avotus varētu iedalīt divās kategorijās (skat. 1.4 att.). Viena kategorija būtu dabīgais elektromagnētiskais lauks, kas šajā darbā netiek sīkāk apskatīts, jo organismam tas ir dabīgās vides sastāvdaļa. Otra kategorija ir mākslīgais jeb cilvēku tehnoloģiju radīts elektromagnētiskais lauks.



1.5. att. DVB-T tīkla raidītāju aptveršanas zona[2]

Zemes ciparu TV 1. multiplexa (programmu bloka) izplatīšanas tīkla raidītāju aptveršanas zona (sk. 1.5. att.) aptver 99,6% Latvijas teritorijas [2].



1.6. att. LMT tīkla pārklājuma karte [3]

Mobilo sakaru operatoru bāzes staciju apraides zonas pārklājumi arī praktiski aptver visu Latvijas teritoriju. LMT nodrošina vairāk nekā 99% apraides zonu no Latvijas teritorijas (sk. 1.6. att.)[3].



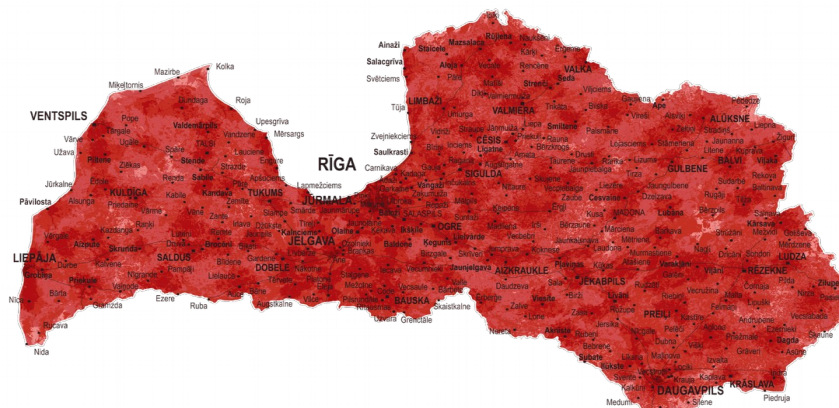
1.7. att. Tele2 tīkla pārklājuma karte[4]

Līdzīga situācija ir ar TELE2 pārklājuma zonu, kas nodrošina pārklājumu 98% Latvijas teritorijas (skat. 1.7. att.)[4].



1.8. att. Bite tīkla pārklājuma karte[5]

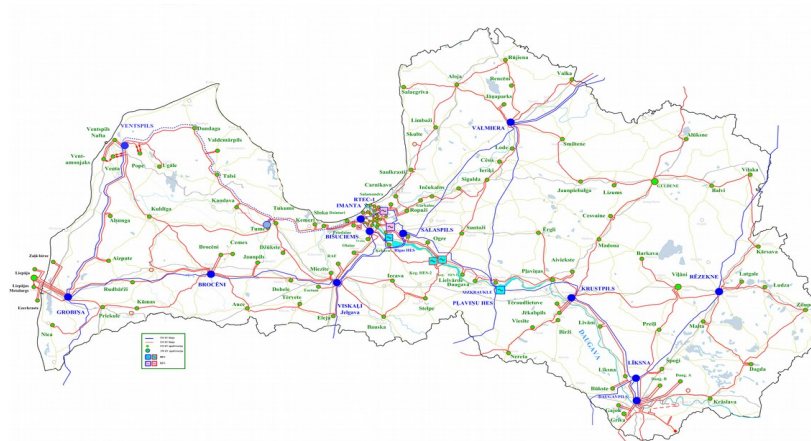
Līdzīga situācija ir arī ar mobilo sakaru operatora Bite pārklājumu (skat. 1.8. att.).



1.9. att. Triatel tīkla pārklājuma karte[7]

CDMA operatora Triatel pārklājuma karte.

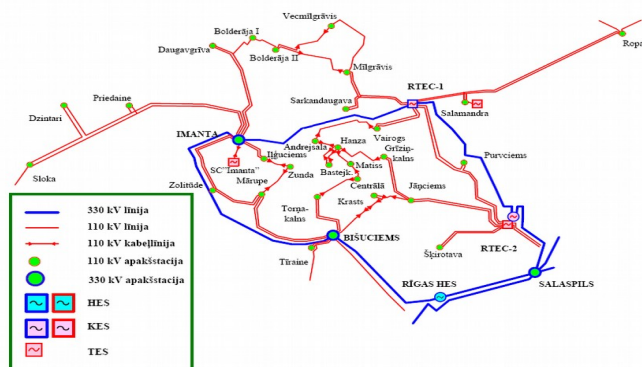
Arīdzan jebkura cita sakaru sistēma, kas nav slēgta tipa rada elektromagnētisko lauku.



1.10. att. 330 kV un 110 kV elektrisko tīklu shēma Latvijā [6]

Augstsprieguma pārvades līniju shēma Latvijas teritorijā (skat. 1.10.att.).

Augstsprieguma līniju shēma Rīgā.



1.11. att. 330 kV un 110 kV elektrisko tīklu shēma Rīgā [6]

Augstsprieguma līniju aizsargjosla ārpus pilsētām un ciemiem ir sekojoša:

- gaisvadu līnijām ar nominālo spriegumu 110 kilovoltu — 30 metru attālumā no malējiem vadiem uz ārpusi no līnijas[8],
- gaisvadu līnijām ar nominālo spriegumu 330 kilovoltu —30 metru attālumā no malējiem vadiem uz ārpusi no līnijas[8];

Elektropārvades līniju spriegums (kV)	Garums (km)
330 kV gaisvadu līnijas	1367,69
330 kV kabeļu līnijas	13,64
110 kV gaisvadu līnijas	3820,26
110 kV kabeļu līnijas	71,05
KOPĀ:	5272,64

1.12. att. Augstsprieguma elektropārvades līniju garums[6]

Augstspriegumu līniju kopējais garums Latvijas teritorijā ir vairāk nekā 5000km (skat. 1.12. att).

Aprēķinot cik lielu platību no Latvijas teritorijas aizņem augstsprieguma gaisvadu līnijas, kopā ar to aizsargjoslām, pieņemot, ka aizsargjoslas lielums ir konstants un vienāds ar aizsargjoslu lielumu ārpus pilsētām un ciemiem, iegūstam, ka platība ir 311,277km², jeb 0.482% no Latvijas teritorijas.

Elektromagnētisko lauku rada ne tikai bezvadu informācijas pārraides sistēmas un elektropārvades līnijas. Jebkura elektroiekārta arī ap sevi rada elektromagnētisko lauku. Elektriskais lauks eksistē arī pie jebkuras rozetes, jo rozetē katram vadītājam ir savs potenciāls.

Autora ieskatā bezvadu informācijas pārraides sistēmas kā mobilo operatoru raidītais signāls, radiostaciju un televīziju signāls ir viens no elektromagnētiskā lauka avotiem, kam darba ņēmējs ir pakļauts praktisku visu darba dienu neatkarīgi no atrašanās vietas. Ir skaidrs ka šo signālu intensitāti nav augsta, taču nav skaidrība kā nodarbinātos var ietekmēt pakļautība šādam starojumam ilgtermiņā. Vēl jau vairāk nav viennozīmīgas atbildes vai signāla modulācijai ir kāda nozīmīga ietekme (piemēram 4 paaudzes jeb 4G mobilo sakaru ieviešana).

Autors uzskata, ka daudzi nodarbinātie veic darba pienākumus pagaidu vietās, vai arī esot patstāvīgi kustībā (piemēram, pastnieki) līdz ar to darba devējs praktiski nevar paredzēt visus iespējamus apstākļus, līdz ar to ir svarīgi arī sabiedrisko iestāžu darbība, lai nodrošinātu, ka sabiedriski pieejamās vietās, tātad jebkur kur arī varētu atrasties dažāda darba veicēji,

netiktu apdraudēta sabiedrības un darba ņēmēju veselība un labklājība.

1.4. Elektromagnētiskā hipersensibilitāte

Attīstoties jaunākajām tehnoloģijām, palielinās elektromagnētisko lauku avotu skaits un daudzveidība. Jau vairākus gadus cilvēki ziņo par veselības problēmām, kas saistītas ar elektromagnētisko lauku iedarbību. Ja daži cilvēki sūdzas par samērā vājiem un niecīgiem veselības traucējumiem, tad ir arī tik smagi traucējumi, kuru dēļ cilvēki ir spiesti pārtraukt darbu un mainīt pat pilnībā savu dzīvesveidu. Šis pārmērīgais jutīgums pret elektromagnētiskā lauka iedarbību tiek dēvēts par elektromagnētisko pārjutīgumu jeb elektromagnētisko hipersensibilitāti (turpmāk EHS) [22].

Informācija par situāciju un iespējām palīdzēt šādiem cilvēkiem tika apkopota Pasaules Veselības organizācijas seminārā par elektrisko hipersensibilitāte 2004. gadā Prāgā [22].

EHS raksturīga nespecifisku simptomu daudzveidība, kurus visi cietušie saista ar EML iedarbību. Šie simptomi ietver dermatoloģiskos simptomus (ādas apsārtums, dedzinoša sajūta, tirpšana), neiroloģiskos un veģetatīvos simptomus (nogurums, grūtības koncentrēties, galvas reiboņi, slikta dūša, vemšana, sirdsklauves un gremošanas traucējumi). Jāatzīmē, ka šādu simptomu kopums nav sastopams nevienā no klīniski atzītiem sindromiem. EHS atgādina sindromu, kuru rada zema iedarbības līmeņa ķīmiskās vielas – *multiple chemical sensitivities* (MCS). Šiem abiem sindromiem ir raksturīga nespecifisku simptomu daudzveidība, bet trūkst neapstrīdama toksikoloģiska vai fizioloģiska pamatojuma vai neatkarīga apstiprinājuma [22].

1996. gadā Berlīnē Starptautiskās ķīmiskās drošības programmas ietvaros (*International Programme on Chemical Safety – IPCS*) tika izvirzīts tāds jēdziens kā "idiopātiskais vides neiecietības sindroms" (*Idiopathic Environmental Intolerance - IEI*), kas saistīts ar vides faktoru iedarbību. Šis sindroms neattiecas ne uz konkrētām ķīmiskām vielām, ne uz elektromagnētiskā lauka iedarbību, tomēr ietver veselības traucējumus, kas saistīti ar līdzīgiem nespecifiskiem, medicīniski neizskaidrotiem, simptomiem, kas nelabvēlīgi ietekmē cilvēku veselības stāvokli. Tagad šo sindromu dēvē par EHS [22].

Ir visdažādākie dati par EHS izplatību visā populācijā. Arodveselības centri, nosakot EHS izplatību, konstatējuši tikai dažus gadījumus uz 1 miljonu populācijas. Pašpalīdzības grupu dati rāda daudz augstākus datus – apmēram 10%. EHS izplatība Zviedrijā, Vācijā un Dānijā ir augstāka nekā Apvienotajā Karalistē un Francijā. Ar vizuālo displeju iekārtu lietošanu saistītie simptomi ir vairāk izplatīti Skandināvijas valstīs, un tie ir vairāk saistāmi ar dermatoloģiskiem simptomiem [22].

Tika veikti pētījumi, cilvēkus ar EHS pakļaujot līdzīgu EML iedarbībai. Labi vadīti un

kontrolēti t.s. “dubultaklie” pētījumi parādīja, ka šie nespecifiskie simptomi nekorelē ar EML iedarbību[22].

Pastāv viedoklis, ka simptomus, kurus jūt personas ar EHS, izraisa vides faktori, kas nav būtiski EML iedarbības gadījumā, piemēram, fluorescento lampu mirgoņa, gaismas spožums u.c. problēmas, kas saistītas ar vizuāliem displejiem, kā arī slikts datora darba vietas iekārtojums. Tāpat arī slikta iekštelpu gaisa kvalitāte un stress darba un dzīves vidē[22].

Ir arī daži pieņēmumi, ka šie simptomi var būt saistāmi ar pirmspsihiatriskiem stāvokļiem, kā arī stresa reakcijām vai bažām par EML iedarbību uz veselību, nevis pašu EML iedarbību [22].

EHS raksturīga nespecifisku simptomu daudzveidība, kas atsevišķiem indivīdiem atšķiras. Simptomi ir reāli un var atšķirties arī pēc to smaguma. EHS ir apgrūtināša problēma, un nav skaidru diagnostisku kritēriju, kā arī nav zinātniska pamata saistīt EHS simptomus ar elektromagnētiskā lauka iedarbību. EHS nav medicīniska diagnoze, tomēr ir skaidrs, ka tā liecina par medicīnisku problēmu[22].

Terapija vērsta uz konkrētiem simptomiem un klīnisko ainu nevis uz pacientu ar sajūtām un pārliecību, ka nepieciešams samazināt vai likvidēt elektromagnētiskā lauka starojumu viņa darbavietā vai mājās.

EHS novērtēšanai nepieciešama:

- medicīniska novērtēšana, lai identificētu un ārstētu jebkurus specifiskus stāvokļus, kuri ir saistīti ar šiem simptomiem;
- psiholoģiska novērtēšana, lai identificētu alternatīvus psihiatriskos vai psiholoģiskos stāvokļus, kas varētu būt cēlonis šiem simptomiem;
- faktoru, kas varētu veicināt šo simptomu attīstīšanos, novērtēšana darbavietā un mājās: iekštelpu gaisa piesārņojums, pārmērīgs troksnis, slikts apgaismojums, ergonomiskie faktori. Liela loma ir arī stresa novērtēšanai[22].

Ārstēšana ir jāveic, kvalificētiem medicīnas speciālistiem sadarbojoties ar higiēnistiem. Jābūt arī labai ārsta un pacienta sadarbībai, lai uzlabotu situāciju un veicinātu pacientus atgriezties darbā un dzīvot normālu sociālo dzīvi[22].

Jānodrošina adekvāta un mērķtiecīga un izsvērta informācija par iespējamo elektromagnētiskā lauka kaitīgumu EHS indivīdiem, veselības aprūpes speciālistiem un darba devējiem. Informācijā būtu jānorāda, ka pašreiz nav zinātniska pamata EHS saistībai ar elektromagnētisko lauku iedarbību[22].

Konstatētā paaugstinātā centrālās nervu sistēmas (CNS) reaktivitāte un autonomās

nervu sistēmas nelīdzsvarotība ir iemesli, lai turpinātu klīniskos izmeklējumus un uz to pamata uzsāktu šīs problēmas skarto pacientu iespējamo ārstēšanu[22].

Pasaules Veselības organizācija turpina realizēt programmu, kuras uzdevums ir veicināt labāku veselības risku izpratni, īpaši uzsverot iespējamās zema līmeņa EML iedarbības sekas[22].

Autors uzskata, ka EHS ir nenoliedzama darba vides problēma, kas iespējams ir saistīta ar nepienācīgu nodarbināto apmācību par dažādiem darba vides riska faktoriem tostarp elektromagnētisko lauku iedarbību. Lai varētu veikt nodarbināto apmācību saistībā ar elektromagnētiskajiem laukiem, to rašanos, izplatīšanos vidē ir nenoliedzami jāpārzina galvenās fizikas likumsakarības par elektromagnētismu, bez fizikālās jēgas izprašanas, nav iespējams izprast elektriskā un magnētiskā lauka esamību un līdz ar to nav iespējams korekti apzināt un novērtēt elektromagnētisko lauku darba vidē kā arī par elektromagnētiskā lauka iespējami radīto risku informēt darba ņēmējus.

1.5. Elektromagnētiskā lauka teorija

Ja ir zināms elektrisko lādiņu un strāvu sadalījums telpā, tad elektrisko un magnētisko parādību likumi dod iespēju katrā telpas punktā noteikt elektriskā un magnētiskā lauka raksturlielumus. Angļu fiziķis Dž. Maksvels (1831-1879) pamatojoties uz M. Faradeha idejām par elektrisko un magnētisko lauku un to saistību laika posmā no 1860. gada līdz 1865. gadam izstrādāja vienotu harmonisku elektromagnētiskā lauka teoriju sauktu arī par Maksvela teoriju..

Maksvela teorija ir fenomenoloģiska (aprakstoša) – tā neaplūko vidē notiekošu procesu mehānismus bet vides īpašības raksturo ar ar trim lielumiem: ϵ , μ , γ , tas ir, ar relatīvo dielektrisko caurlaidību, relatīvo magnētisko caurlaidību un īpatnējo elektrisko vadītspēju.

Maksvela teorija ir makroskopiska – tā neaplūko mikrolaukus (atomos un molekulās), bet raksturo lauku ar vidējiem lielumiem, kas ņemti fizikāli mazā tilpumā, kura izmēri tomēr daudzkārt pārsniedz atomu izmērus. Teorija aplūko salīdzinoši ātrus procesus, kuru norises ilgums tomēr ir daudzkārt lielāks nekā elementāro lādiņu kustības periods atomos.

Maksvela teorija ir fundamentāla teorija, tā ne tikai izskaidroja visas pazīstamās elektromagnētiskās parādības, bet deva iespēju paredzēt jaunas parādības: elektromagnētisko viļņu eksistenci, kā arī gaismas viļņu elektromagnētisko dabu, kas vēlāk tika arī eksperimentāli apstiprināta.

Pēc Maksvela teorijas mainīgs elektriskais lauks rada mainīgu magnētisko lauku, bet mainīgs magnētiskais lauks rada mainīgu elektrisko lauku. Šiem sekundārajiem mainīgajiem

laukiem ir virpuļlauka raksturs – ap primārā (radītāja) lauka spēka līnijām koncentriski apvijušās sekundārā (radītā) lauka spēka līnijas. Rezultātā izveidojas savstarpēji aptverošu jeb “savijušos” elektrisko un magnētisko lauku sistēma. Nemainīgi elektriskie un magnētiskie lauki ir tikai vienotā elektromagnētiskā lauka speciālgadījumi.

Mainīgie elektriskie un magnētiskie lauki, kas sākotnēji ir saistīti ar lādiņiem un strāvām, vēlāk var pastāvēt neatkarīgi no lādiņiem un strāvām (atdalīties) un, radīdami viens otru, pārvietoties telpā.

Vispārinot eksperimentālās likumsakarības, var uzrakstīt vienādojums, kurus sauc par Maksvela vienādojumiem.

Katrā noslēgtā kontūrā K elektriskā lauka intensitāte \vec{E} var veidot trīs dažādas izcelsmes komponentes:

\vec{E}_q - elektrostatiskā lauka intensitāte;

\vec{E}_B - inducētā elektriskā lauka intensitāte;

\vec{E}^* - dzinējspēku lauka intensitāte.

Tad $\vec{E} = \vec{E}_q + \vec{E}_B + \vec{E}^*$, un elektriskā lauka intensitātes cirkulācija pa kontūru K ir šāda

$$\oint_K \vec{E} d\vec{l} = \oint_K \vec{E}_q d\vec{l} + \oint_K \vec{E}_B d\vec{l} + \oint_K \vec{E}^* d\vec{l}. \quad \text{Tā kā ir zināms, ka } \oint_K \vec{E}_q d\vec{l} = 0,$$

$$\oint_K \vec{E}^* d\vec{l} = \sum_{k=1}^N \epsilon_k, \quad \text{kur } \epsilon_k - \text{kontūrā } K \text{ ieslēgto avotu elektrodzinējspēki.}$$

Ja kontūrs K aptver mainīgu magnētisko plūsmu, kontūrā pastāv indukcijas EDS.

Savukārt, EDS kontūrā ir izskatāms kā elektriskā lauka cirkulācija, tādēļ $\oint_K \vec{E}_B d\vec{l} = -\frac{d\Phi_B}{dt}$

, kur $\frac{d\Phi_B}{dt} = \frac{d}{dt} \int_S \vec{B} \vec{n} dS = \int_S d \frac{d\vec{B}}{dt} \vec{n} dS$. Tādēļ $\oint_K \vec{E} d\vec{l} = -\oint_S \frac{d\vec{B}}{dt} \vec{n} dS + \sum_{k=1}^N \epsilon_k$. Šī izteiksme

ir pirmais Maksvela vienādojums integrālā formā. Redzams, ka elektriskā lauka intensitātes cirkulācija pa noslēgtu kontūru (izteiksmes vienādojuma kreisā puse) vienāda ar divu locekļu summu, kurā pirmais loceklis ir inducētais elektrodzinējspēks, ja kontūra aptvertā magnētiskā plūsma laikā mainās, bet otrais loceklis ir kontūra ieslēgto citas izcelsmes avotu EDS summa.

Pirmā Maksvela vienādojuma fizikālo saturu var izteikt arī šādi: telpā, kur mainās magnētiskais lauks, rodas virpuļains elektriskais lauks.

Magnētiskā lauka intensitātes \vec{H} cirkulācija pa kontūru K nosaka kontūra aptvertā

pilnā strāva $I_p = \int_S (\vec{j} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}) \vec{n} dS$, un $\oint_K \vec{H} d\vec{l} = \int_S (\vec{j} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}) \vec{n} dS$. Šī izteiksme ir otrais Maksvela vienādojums integrālā formā. Magnētiskā lauka intensitātes cirkulācija pa noslēgtu kontūru K (izteiksmes vienādojuma kreisajā pusē) ir vienāda ar kontūra aptverto pilno strāvu (izteiksme labajā pusē). Savukārt, pilnā strāva ir vienāda ar vadītspējas strāvas $\int_S \vec{j} \vec{n} dS$ un nobīdes strāvas $\int_S \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \vec{n} dS$ summu.

Maksvela otrā vienādojuma fizikālo saturu var izteikt arī šādi: telpā, kur mainās elektriskais lauks, eksistē arī virpuļains magnētiskais lauks.

Kā redzam, pirmais un otrais Maksvela vienādojumi fizikālo izsaka to svarīgo faktu, ka elektriskais un magnētiskais lauks nav atrauti, par sevi eksistējoši matērijas izpausmes veidi, bet tie ir savstarpēji saistīti: mainoties vienam laukam rodas otrs.

Trešais Maksvela vienādojums ir Gausa teorēma magnētiskajam laukam $\oint_S \vec{B} \vec{n} dS = 0$. Šī vienādojuma fizikālā jēga ir tāda, ka dabā neeksistē magnētiskie lādiņi.

Ceturtais Maksvela vienādojums ir Gausa teorēma elektriskajam laukam $\oint_S \vec{D} \vec{n} dS = Q_v = \int_V \rho dV$. Ceturtā Maksvela vienādojuma fizikālā būtība ir tā, ka dabā eksistē elektriskie lādiņi.

Maksvela vienādojumus var uzrakstīt arī diferenciālā formā. Ja dzinējspēku lauka intensitāte $\vec{E}^* = 0$, tad:

$$\begin{cases} \text{rot } \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \\ \text{div } \vec{B} = 0 \end{cases} \quad \begin{cases} \text{rot } \vec{h} = \vec{j} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \\ \text{div } \vec{D} = \rho \end{cases}$$

Ja kādā inerciālā atskaites sistēmā nekustīgi elektriskie lādiņi rada tajā konstantu elektrisko lauku, tad citā inerciālā atskaites sistēmā tie var atrasties kustībā un radīt ne vien elektrisko lauku, bet arī magnētisko lauku. Līdzīgi, ja kādā inerciālā atskaites sistēmā nekustīgs strāvas vads rada konstantu magnētisko lauku, tad citā inerciālā sistēmā tas var atrasties kustībā – tā radītais magnētiskais lauks katrā punktā ir laikā mainīgs un inducē elektrisko virpuļlauku. Elektriskās un magnētiskās lauka komponentes relativitāti atspoguļo Maksvela teorija, kura apraksta vienotu elektromagnētisko lauku.

Pēc autora domām Maksvela elektromagnētiskā lauka teorija ir nozīmīga, lai varētu izprast elektromagnētiskā lauka esamību, jo pašlaik vienīgais veids, kā apzināt

elektromagnētiskā laukus darba vidē ir balstīties uz fizikas likumsakarībām un teorijām. Neskatoties uz to, ka šie fizikālie vienādojumi pirmajā brīdī var šķist neizprotami, tajos ir ietverta galvenā elektromagnētisko lauku fizikālā jēga. Lai varētu objektīvi runāt par elektromagnētiskajiem laukiem, tad darba aizsardzības speciālistam būtu zināmā mērā arī jāpārzina galvenās fizikālās likumsakarības, jo pretējā gadījumā šāda informācija ir tikai subjektīva.

1.6. Darba aizsardzības normatīvi aizsardzībai pret elektromagnētisko starojumu

Ministra kabineta noteikumos Nr.660, Rīgā 2007.gada 2.oktobrī (prot. Nr.55 20.§), “Darba vides iekšējās uzraudzības veikšanas kārtība” ir noteikts, ka :

14. Novērtējot darba vides risku, darba devējs nodrošina:

14.1. darba vides un tajā esošo darba vietu vai darba veidu pārbaudi, nosakot tajos pastāvošos darba vides faktoros un konstatējot faktoros, kuri rada vai var radīt risku nodarbināto drošībai un veselībai (1.pielikums);

14.2. darba vides faktoru mērījumus, ja tas nepieciešams, lai noteiktu, vai darba vides faktors rada risku nodarbināto drošībai un veselībai;

14.3. to darba vides faktoru novērtēšanu, kuri rada vai var radīt risku nodarbināto drošībai un veselībai[12].

Minēto noteikumu 1. pielikumā ir noteiktas septiņas dažādas darba vides faktoru grupas:

- fizikālie faktori;
- fiziskie faktori (biomehāniskie);
- psiholoģiskie un emocionālie faktori;
- putekļu aerosoli;
- ķīmiskie faktori;
- bioloģiskie faktori;
- traumatisma riska faktori [12].

Katra no minētajām grupām satur dažādus darba vides faktoros. Fizikālo faktoru grupa satur darba vides faktoru: starojums (jonizējošs/nejonizējošs) un šajā grupā tiek minēti sekojoši faktori, kas ir jānovērtē:

- rentgena iekārtas;
- elektromagnētiskā lauka iekārtas;
- ultravioletā starojuma iekārtas;
- lāzera starojuma iekārtas;

- citi faktori [12].

Ministru kabineta noteikumos Nr.219, Rīgā 2009.gada 10.martā (prot. Nr.17 24.§), “Kārtība, kādā veicama obligātā veselības pārbaude” ir noteikts, ka:

1. Noteikumi nosaka kārtību, kādā veicama obligātā veselības pārbaude (turpmāk – veselības pārbaude) tiem nodarbinātajiem, kuru veselības stāvokli ietekmē vai var ietekmēt veselībai kaitīgi darba vides faktori, un tiem nodarbinātajiem, kuriem darbā ir īpaši apstākļi [13].

Apskatot, to personu loku, kam ir jāveic obligātā veselības pārbaude ir svarīgi ņemt vērā sekojošus punktus:

3. Veselības pārbaudi veic personām:

3.1. kuras ir nodarbinātas vai kuras paredzēts nodarbināt darbā, kur viņu veselības stāvokli ietekmē veselībai kaitīgi darba vides faktori (1.pielikums);

3.2. kuras ir nodarbinātas vai kuras paredzēts nodarbināt darbā īpašos apstākļos – bīstamos darbos, kur pastāv augsts nelaimes gadījumu risks pašam nodarbinātajam vai apkārtējiem (2.pielikums) [13].

Noteikumu 1. pielikumā ir sekojošs punkts:

Elektromagnētiskie lauki: radiofrekvenču un mikroviļņu starojums, zemas frekvences elektriskie un magnētiskie lauki.

Veselības pārbaūžu biežumu saistībā ar elektromagnētiskajiem laukiem nosaka vai ir noteiktas ekspozīcijas robežvērtības. Respektīvi, veselības pārbaude ir jāveic reizi trīs gados, ja nav noteikta darba vides faktora robežvērtība, bet ja ir noteikta robežvērtība un mērījumu nepieciešamība, tad veselības pārbaude ir jāveic katru gadu.

Ministru kabineta noteikumos Nr.1041, Rīgā 2013.gada 8.oktobrī (prot. Nr.52 47.§), “Noteikumi par obligāti piemērojamo energostandartu, kas nosaka elektroapgādes objektu ekspluatācijas organizatoriskās un tehniskās drošības prasības” ir noteikts, ka:

6. Pirms darbu veikšanas elektroietaisēs saskaņā ar normatīvajiem aktiem par darba vides iekšējās uzraudzības veikšanas kārtību novērtē darba vides radīto risku un nosaka pasākumus darba vides riska samazināšanai vai tā novēršanai.

7. Riska novērtēšanā ņem vērā šādus faktoros:

- 7.1. elektroiekārtas darba spriegums un frekvence;
- 7.2. ārējās vides faktori, tai skaitā meteoroloģiskie apstākļi;
- 7.3. elektromagnētiskā lauka iedarbība;
- 7.4. darbs augstumā un augstkāpēja darba īpatnības;
- 7.5. vairāku darba vides faktoru mijiedarbība.

Ministru kabineta noteikumos Nr.400, Rīgā 2002.gada 3.septembrī (prot. Nr.37 17.§), “Darba aizsardzības prasības drošības zīmju lietošanā” nosaka darba aizsardzības prasības drošības zīmju lietošanā. Noteikumu 2. pielikumā ir noteikta brīdinājuma zīme: “nejonizējošā radiācija vai starojums” (skat. 1.13. att.).



1.13. att. Brīdinājuma zīme: nejonizējošā radiācija vai starojums [15]

Autora ieskatā, apskatot elektromagnētisko lauku galvenos vienādojumus ir skaidrs, ka jebkura elektroiekārta ir elektromagnētiskā lauka iekārta un rada elektromagnētisko lauku, līdz ar to saskaņā ar Ministra kabineta noteikumiem Nr.660, Rīgā 2007.gada 2.oktobrī (prot. Nr.55 20.§), “Darba vides iekšējās uzraudzības veikšanas kārtība” praktiski jebkurā darba vietā ir jānovērtē elektromagnētiskā lauka iekārtu radītais elektromagnētiskā starojuma līmenis, lai būtu izpildītas noteikumu prasības. Nav skaidrs, kādos gadījumos darba ņēmējs ir jānosūta uz obligāto veselības pārbaudi saistībā ar elektromagnētisko starojumu pēc pašreizējās situācijas izriet, ka ikvienam nodarbinātajam būtu jāveic veselības pārbaude saistībā ar elektromagnētisko starojumu.

1.7. Eiropas Savienības politika

1999. gadā Eiropas Savienības padome publicēja Rekomendāciju (1999/519/EC, turpmāk tekstā saukta par Rekomendāciju), lai ierobežotu vispārējās sabiedrības ekspozīciju elektromagnētiskajiem laukiem (no 0 herciem līdz 300 gigaherciem). Rekomendācija satur pamata ierobežojums inducētajam strāvas blīvumam ķermenī, ko rada elektromagnētiskais lauks, un arī references līmeņus elektromagnētiskajam laukam ārpus cilvēka ķermeņa. 2004. gadā Eiropas Parlaments un Padome izdeva direktīvu (2004/40/EC) par minimālajām veselības aizsardzības un drošuma prasībām attiecībā uz darba ņēmēju pakļaušanu riskam, ko

rada fizikāli faktori (elektromagnētiskie lauki). 2013. gadā tika izdota direktīva 2013/35/ES (turpmāk tekstā saukta par Direktīvu) par minimālajām veselības aizsardzības un drošuma prasībām attiecībā uz darba ņēmēju pakļaušanu riskam, ko rada fizikāli faktori (elektromagnētiskie lauki) (20. atsevišķā direktīva Direktīvas 89/391/EEK 16. panta 1. punkta nozīmē), un ar ko atceļ Direktīvu 2004/40/EK.

Direktīvas 1. Nodaļā “Vispārīgie noteikumi” ceturtais punkts nosaka:

4. Šī direktīva neattiecas uz iespējamo ilgtermiņa ietekmi [21].

Vienlaikus Direktīvā 2013/35/ES:

- ir precizētas terminu definīcijas;
- noteikts, ka militārajā jomā var tikt izmantoti NATO izstrādātie standarti;
- paredzētu darba devēja pienākumi risku novērtēšanā;
- sakarā ar izmaiņām komitoloģijas procedūrā veikti precizējumi, kā Eiropas Komisija var pieņemt tehniskos labojumus direktīvas projekta pielikumos u.c.

Dalībvalstīm Direktīvas 2013/35/ES prasības ir jāievieš līdz 2016.gada 1.jūlijam.

Autors analizējot direktīvu 2013/35/ES secina, ka tulkojumā latviešu valodā, salīdzinot ar angļu valodas versiju, ir pieļautas būtiskas kļūdas, kas apgrūtina direktīvas uztveri, piemēram, megahercu vietā (MHz), latviešu valodas tulkojumā, tiek minēti miliherci (mHz). Galvenais šīs direktīvas trūkums ir, ka netiek apskatīta elektromagnētiskā lauka iedarbība ilgtermiņā.

2. METODISKĀ DAĻA

2.1. Eiropas barometru datu analīze

Eiropas barometra aptauja Nr. 347 par elektromagnētiskajiem laukiem. Šīs aptaujas mērķis ir noskaidrot sabiedrības viedokli par elektromagnētiskajiem laukiem un to ietekmi gan ilgtermiņā, gan īstermiņā.

Kopumā Eiropas barometra pētījumā piedalījās 26602 Eiropas Savienības iedzīvotāji vecumā virs 15 gadiem. No Latvijas aptaujā piedalījās 1005 iedzīvotāji.

2.1. tabula

Respondentu skaits

Valsts	Intervētie	Iedzīvotāju skaits vecumā virs 15 gadiem
Beļģija	1030	8866411
Bulgārija	1001	6584957
Čehija	1000	8987535
Dānija	1026	4533420
Vācija	1481	64545601
Igaunija	1000	916000
Īrija	1000	3375399
Grieķija	1000	8693566
Spānija	1004	39035867
Francija	1008	47620942
Itālija	1038	51252247
Kipra	507	651400
Latvija	1005	1448719
Lietuva	1016	2849359
Luksemburga	520	404907
Ungārija	1030	8320617
Malta	500	335476
Nīderlande	1000	13288200
Austrija	1000	6973277
Polija	1000	32306436
Portugāle	1024	8080915
Rumānija	1022	18246731
Slovēnija	1015	1748308
Slovākija	1030	4549954
Somija	1001	4412321
Zviedrija	1015	7723931
Lielbritānija	1329	51081866
EU27	26602	406834362

Ir svarīgi atcerēties, ka aptaujas rezultāti ir tikai aptuveni novērtējums, precizitāte ir balstīta uz respondentu skaitu un atbilžu sadalījumu. Ja ir aptaujāti 1000 intervējamie, tad reālie procenti atšķiras šādās ticamības robežās:

2.2. tabula

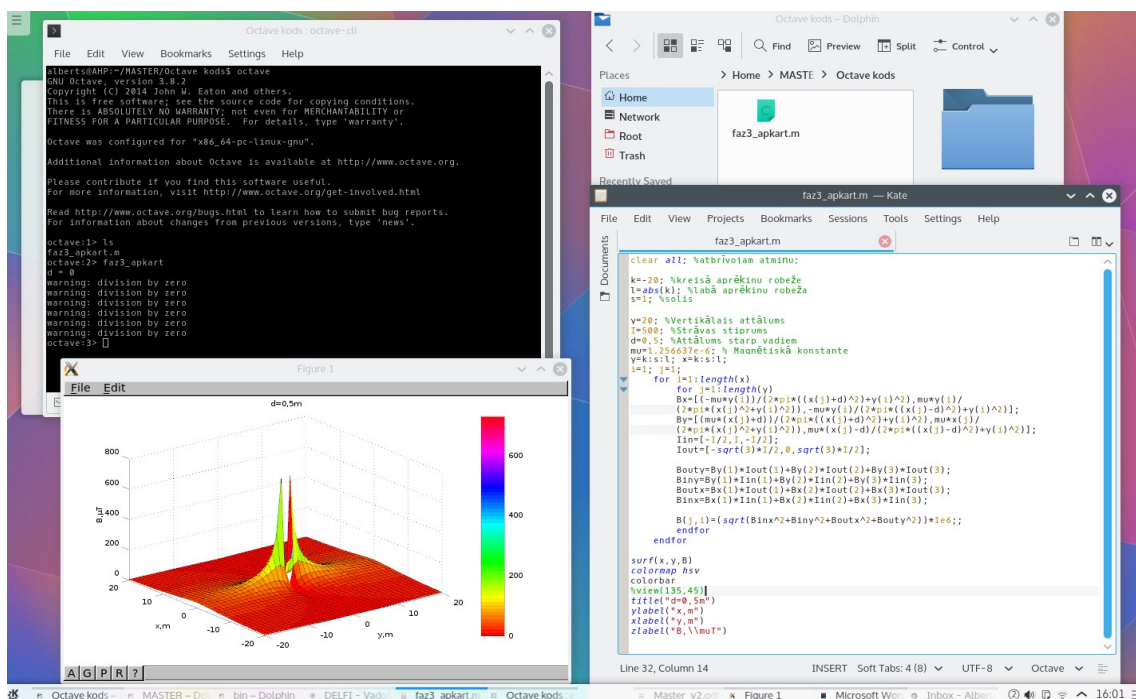
Ticamības robežas

Novērotie procenti	10% vai 90%	20% vai 80%	30% vai 70%	40% vai 60%	50%
Ticamības robeža	±1.9 punkti	±2.5 punkti	±2.7 punkti	±3.0 punkti	±3.1 punkti

2.2. Teorētiski matemātiski aprēķini

Matemātiskie aprēķini tiks veikti ar datorprogrammas “GNU Octave” palīdzību.

“GNU Octave” ir augsta līmeņa interpretēšanas valoda, kuras galvenais pielietojums ir skaitliskie aprēķini. “GNU Octave” nodrošina skaitliskus aprēķinus gan lineāriem, gan nelineārām problēmām, kā arī var veikt skaitliski eksperimentālos aprēķinus. Tiek arī nodrošinātas plašas datu vizualizācijas un manipulācijas iespējas. “GNU Octave” parasti tiek izmantota caur savu interaktīvo komandrindas interfeisu, bet to var arī izmantot, lai rakstītu arī ne interaktīvas programmas. “GNU Octave” valoda ir diezgan līdzīga “Matlab” valodai un daudzas programmas ir savietojamas [16].



2.1. att. darbs ar GNU Octave

Lai strādātu ar “GNU Octave” teksta redaktorā ir jā sastāda programmas skripts, šajā skriptā tiek definētas galvenās darbības ko veiks programma. Pēc skripta sastādīšanas darba direktoriņā ir jāpalaiž komandrinda un no komandrindas jāizsauc “GNU Octave” programma, kad “GNU Octave” ir palaista, tad ir jānorāda teksta redaktorā sastādītā skripta nosaukums, lai programma veiktu skriptā aprakstītās darbības (skat. 2.1. att.).

Lai aprēķinātu magnētiskā lauka indukciju, ko izraisa galīga garuma taisns vads ir jāizmanto sekojoša formula:

$$B = \frac{\mu_0 I}{4 \pi r} (\cos \alpha_1 - \cos \alpha_2) \tag{2.1}$$

Taču ņemot vērā, ka vada garums var būt ļoti mainīgs un lai vienkāršotu aprēķinus, pieņemam, ka vads ir bezgalīga garuma. Tātad $\alpha_1 = 0$, $\cos \alpha_1 = 1$ un $\alpha_2 = \pi$, $\cos \alpha_2 = -1$ un no 2.1 formulas tiek iegūta sekojoša formula:

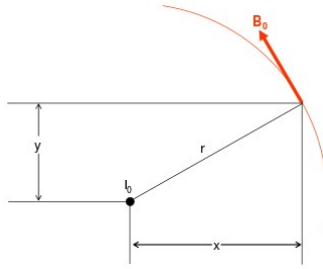
$$B = \frac{\mu_0 I}{2 \pi r} \tag{2.2}$$

Lai veiktu magnētiskā lauka indukcijas aprēķinus vienam vadītājam tika sastādīta sekojoša programmas skripts, kas izmanto 2.2. formulu:

```
clear all; %Tiek atbrīvota atmiņa
garums=100; %Definējam vektoru garumus
I=linspace(0,100,garums); %Strāvas vektors
r=linspace(0.05,0.5,garums); %Attāluma vektors
mu=1.256637e-6; % Magnētiskā konstante
% Matemātiskie aprēķini
for i=1:garums
    for j=1:garums
        B(j,i)=(mu*I(i))/(2*pi*r(j))*1e3;
    endfor
endfor
% Grafiska attēlošana
surf(I,r,B)
colormap hsv
colorbar
view(135,45)
xlabel("I,A")
ylabel("r,m")
zlabel("B,mT")
```

Lai aprēķinātu magnētisko lauka indukciju, ko rada trīs fāžu elektriskā ķēde, piemēram, augstsprieguma elektropārvades līnija, pieņemsim, ka vadītāji (līnijas vadi) ir taisni un bezgalīga garuma.

Magnētiskā lauka indukciju nosaka Bio-Savāra-Laplasa likums pēc 2.2. formulas



2.2. att. Magnētiskā lauka indukcija vienam vadītājam [17]

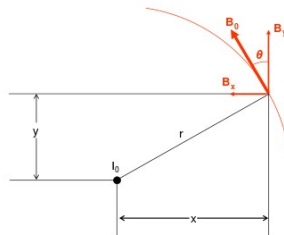
Var aprēķināt r izmantojot Pitagora teorēmu (skat. 2.2.att.):

$$r = \sqrt{(x^2 + y^2)} \quad (2.3.)$$

Līdz ar to pārveidojot 2.2. formulu izmantojot 2.3. izteiksmi iegūstam:

$$B_0 = \frac{\mu_0 I_0}{2\pi \sqrt{(x^2 + y^2)}} \quad (2.4.)$$

Tā kā ir vairākas fāzes ir svarīgi noskaidrot horizontālo un vertikālo magnētiskā lauka indukcijas komponenti.

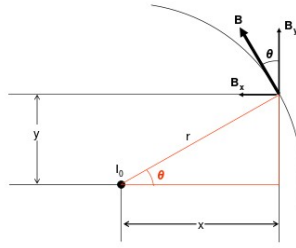


2.3. att. B horizontālās un vertikālās komponentes noteikšana [17]

Ir acīmredzams, ka (skat. 2.3.att):

$$\begin{aligned} B_x &= -B_0 \sin(\theta) \\ B_y &= B_0 \cos(\theta) \end{aligned} \quad (2.5.)$$

Pielietojot vienkāršas ģeometriskas sakarības ir iespējams veikt trigonometrisko funkciju aprēķinus.



2.4. att. Trigonometriskās sakarības [17]

Veicot trigonometriskos aprēķinus tiek iegūtas sekojošas izteiksmes (skat. 2.4. att.)

$$\sin(\theta) = \frac{y}{r} = \frac{y}{\sqrt{(x^2 + y^2)}}$$

$$\cos(\theta) = \frac{x}{r} = \frac{x}{\sqrt{(x^2 + y^2)}}$$

(2.6.)

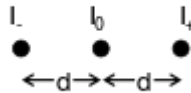
Ievietojot 2.6. un 2.4. izteiksmi 2.5. izteiksmē iegūstam:

$$B_x = \frac{-\mu_0 I_0}{2\pi\sqrt{(x^2 + y^2)}} \sin(\theta) = \frac{-\mu_0 I_0}{2\pi\sqrt{(x^2 + y^2)}} \frac{y}{\sqrt{(x^2 + y^2)}} = \frac{-\mu_0 I_0 y}{2\pi(x^2 + y^2)}$$

$$B_y = \frac{\mu_0 I_0}{2\pi\sqrt{(x^2 + y^2)}} \cos(\theta) = \frac{\mu_0 I_0}{2\pi\sqrt{(x^2 + y^2)}} \frac{x}{\sqrt{(x^2 + y^2)}} = \frac{\mu_0 I_0 x}{2\pi(x^2 + y^2)}$$

(2.7.)

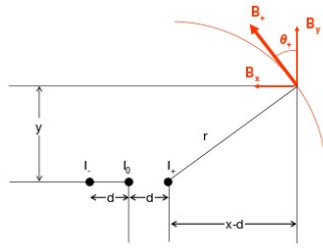
Izteiksmē 2.7. ir aprēķināta magnētiskā lauka indukcija vienai strāvai.



2.5. att. Strāvu izvietoējums [17]

Lai aprēķinātu magnētiskā lauka indukciju trīs fāžu ķēdei ir aprēķinos jāņem vērā vēl citu strāvu esamība (skat 2.5.att.).

Lai aprēķinātu magnētiskā lauka indukciju, ko rada strāva I_+ tiek pielietotas tādas pašas ģeometriskās sakarības, galvenā atšķirība ir ka x tiek aizstāts ar $x-d$ (skat 2.6. att).



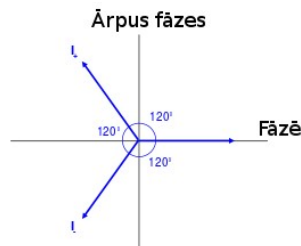
2.6. att. Magnētiskās indukcijas aprēķināšana trīs fāzēm [17]

Lai aprēķinātu magnētiskā lauka indukciju, ko rada strāva I , tiek pielietotas tādas pašas ģeometriskās sakarības, galvenā atšķirība ir ka x tiek aizstāts ar $x+d$.

Veicot aprēķinus tiek iegūta sekojoša strāvu un magnētiskā lauka indukciju komponentu matrica:

$$\begin{matrix}
 & I_- & I_0 & I_+ \\
 B_x & \frac{-\mu_0 y}{2\pi((x+d)^2+y^2)} & \frac{-\mu_0 y}{2\pi(x^2+y^2)} & \frac{-\mu_0 y}{2\pi((x-d)^2+y^2)} \\
 B_y & \frac{\mu_0(x+d)}{2\pi((x+d)^2+y^2)} & \frac{\mu_0 x}{2\pi(x^2+y^2)} & \frac{\mu_0(x-d)}{2\pi((x-d)^2+y^2)}
 \end{matrix} \quad (2.8.)$$

Parasti trīs fāžu ķēdē elektriskā strāva ir nobīdīta par 120° attiecībā viena pret otru.



2.7. att. Fāžu diagramma [17]

Izmantojot trigonometriskās sakarības var izveidot strāvu fāžu matricu (skat. 2.7. att.)

$$\begin{matrix}
 & I_- & I_0 & I_+ \\
 I_{in} & -\frac{1}{2}I & I & -\frac{1}{2}I \\
 I_{out} & -\frac{\sqrt{3}}{2}I & 0 & \frac{\sqrt{3}}{2}I
 \end{matrix} \quad (2.9.)$$

Tagad ir iespējams aprēķināt katrai strāvai fāzes un ārpus fāzes vertikālo un horizontālo indukcijas komponenti, sareizinot attiecīgu strāvas komponenti (formula 6.9.) ar attiecīgo indukcijas komponenti (formula 2.8.). Tiek iegūtas sekojošas komponentes:

$$B_{inx} = \frac{-\mu_0 y}{2\pi((x+d)^2+y^2)}\left(-\frac{1}{2}I\right) + \frac{-\mu_0 y}{2\pi(x^2+y^2)}I + \frac{-\mu_0 y}{2\pi((x-d)^2+y^2)}\left(-\frac{1}{2}I\right)$$

(2.10.)

$$B_{outx} = \frac{-\mu_0 y}{2\pi((x+d)^2+y^2)} \left(-\frac{\sqrt{3}}{2} I\right) + \frac{-\mu_0 y}{2\pi(x^2+y^2)} 0 I + \frac{-\mu_0 y}{2\pi((x-d)^2+y^2)} \left(-\frac{\sqrt{3}}{2} I\right)$$

(2.11.)

$$B_{iny} = \frac{\mu_0(x+d)}{2\pi((x+d)^2+y^2)} \left(-\frac{1}{2} I\right) + \frac{\mu_0 x}{2\pi(x^2+y^2)} I + \frac{\mu_0(x-d)}{2\pi((x-d)^2+y^2)} \left(-\frac{1}{2} I\right)$$

(2.12.)

$$B_{outy} = \frac{\mu_0(x+d)}{2\pi((x+d)^2+y^2)} \left(-\frac{\sqrt{3}}{2} I\right) + \frac{\mu_0 x}{2\pi(x^2+y^2)} 0 I + \frac{\mu_0(x-d)}{2\pi((x-d)^2+y^2)} \left(\frac{\sqrt{3}}{2} I\right)$$

(2.13.)

Summārais magnētiskais lauks kvadrātā ir izteiksmju 6.10. 6.11. 6.12. un 6.13. kvadrātu summa:

$$B_{total} = \sqrt{B_{inx}^2 + B_{iny}^2 + B_{outx}^2 + B_{outy}^2}$$

(2.14.)

Izmantojot iepriekš aprakstītās sakarības tika izveidots sekojošs “GNU Octave” kods:

```

clear all; %atbrīvojam atmiņu;
k=-20; %kreisā aprēķinu robeža
l=abs(k); %labā aprēķinu robeža
s=1; %solis
y=20; %Vertikālais attālums
I=500; %Strāvas stiprums
d=13,7; %Attālums starp vadiem
mu=1.256637e-6; % Magnētiskā konstante
y=k:s:l; x=k:s:l;
%matemātiskie aprēķini
i=1; j=1;
for i=1:length(x)
  for j=1:length(y)
    Bx=[(-mu*y(i))/(2*pi*((x(j)+d)^2+y(i)^2)),mu*y(i)/(2*pi*(x(j)^2+y(i)^2)),-mu*y(i)/(2*pi*((x(j)-d)^2+y(i)^2))];
    By=[(mu*(x(j)+d))/(2*pi*((x(j)+d)^2+y(i)^2)),mu*x(j)/(2*pi*(x(j)^2+y(i)^2)),mu*(x(j)-d)/(2*pi*((x(j)-d)^2+y(i)^2))];
    Iin=[-I/2,I,-I/2];
    Iout=[-sqrt(3)*I/2,0,sqrt(3)*I/2];
    Bouty=By(1)*Iout(1)+By(2)*Iout(2)+By(3)*Iout(3);
    Biny=By(1)*Iin(1)+By(2)*Iin(2)+By(3)*Iin(3);
    Boutx=Bx(1)*Iout(1)+Bx(2)*Iout(2)+Bx(3)*Iout(3);
    Binx=Bx(1)*Iin(1)+Bx(2)*Iin(2)+Bx(3)*Iin(3);
    B(j,i)=(sqrt(Binx^2+Biny^2+Boutx^2+Bouty^2))*1e6;;
  endfor
endfor
%rezultātu grafiskā attēlošana
surf(x,y,B)
colormap hsv
colorbar
%view(135,45)
title("d=0,5m")
ylabel("x,m")
xlabel("y,m")
zlabel("B,\muT")

```

Lai aprēķinātu antenas radīto elektriskā lauka jaudas blīvumu, pieņemsim, ka starojuma avots ir izotropiska antena. Izotropiska antena izstaro enerģiju viendabīgi uz visām pusēm. Jaudas blīvumu attālumā r var aprēķināt pēc formulas[23]:

$$P_d = \frac{P}{4\pi r^2} \quad \text{-[W/m}^2\text{]} \quad (2.15.)$$

Izmantojot 2.15. formulu tika izveidots sekojošs “GNU Octave” kods

```
clear all;
P=0.5; %Antenas jauda vatos
x=-1:0.025:1; %Attālums metros
y=x;
for i=1:length(x)
    for j=1:length(y)
        r=sqrt(x(i)^2+y(j)^2);
        if (r>0.4) %Lai būtu attālums no antenas
            Pd(i,j)=P/(4*pi*r^2);
        else
            Pd(i,j)=0;
        endif
    endfor
endfor
surf(x,y,Pd)
ylabel("x,m")
xlabel("y,m")
zlabel("P_d,W/m^2")
```

Autora ieskatā teorētiskie matemātiskie aprēķini ir ļoti efektīvs veids, lai varētu novērtēt elektromagnētiskā starojuma iespējams radīto risku darba vidē. Lai riska vērtējums būtu objektīvs ir nepieciešams, kāds zinātnisks pamatojums. Pastāv divi dažādi paņēmieni iegūt objektīvu novērtējumu:

- veikt elektromagnētiskā starojuma līmeņa mērījumus darba vietā;
- veikt teorētiskus matemātiskus aprēķinus par iespējamo sagaidāmo elektromagnētiskā lauka līmeni.

Autors sniedz uzskatāmu piemēru, kā, zinot vadā plūstošās strāvas stiprumu, ir iespējams aprēķināt ap vadu (darba vidē) sagaidāmo magnētiskā lauka indukcijas līmeni, lai tādējādi, ņemot par pamatu aprēķina rezultātus, objektīvi novērtētu iespējamo darba vides risku. Papildus tam autors arī sniedz uzskatāmu piemēru, kā jārikojas, ja elektriskajā ķēdē ir vairākas fāžu strāvas. Autors uzskata, ka vadoties pēc dotā aprēķinu piemēra ir iespējams veikt daudz dažādus teorētiskus aprēķinus par iespējamā magnētiskā lauka līmeni dažādās situācijās un tādējādi tiek dota iespēja objektīvi novērtēt elektromagnētiskā starojuma darba vides risku.

3. REZULTĀTI UN DISKUSIJA

3.1. Eiro-barometra datu analīze

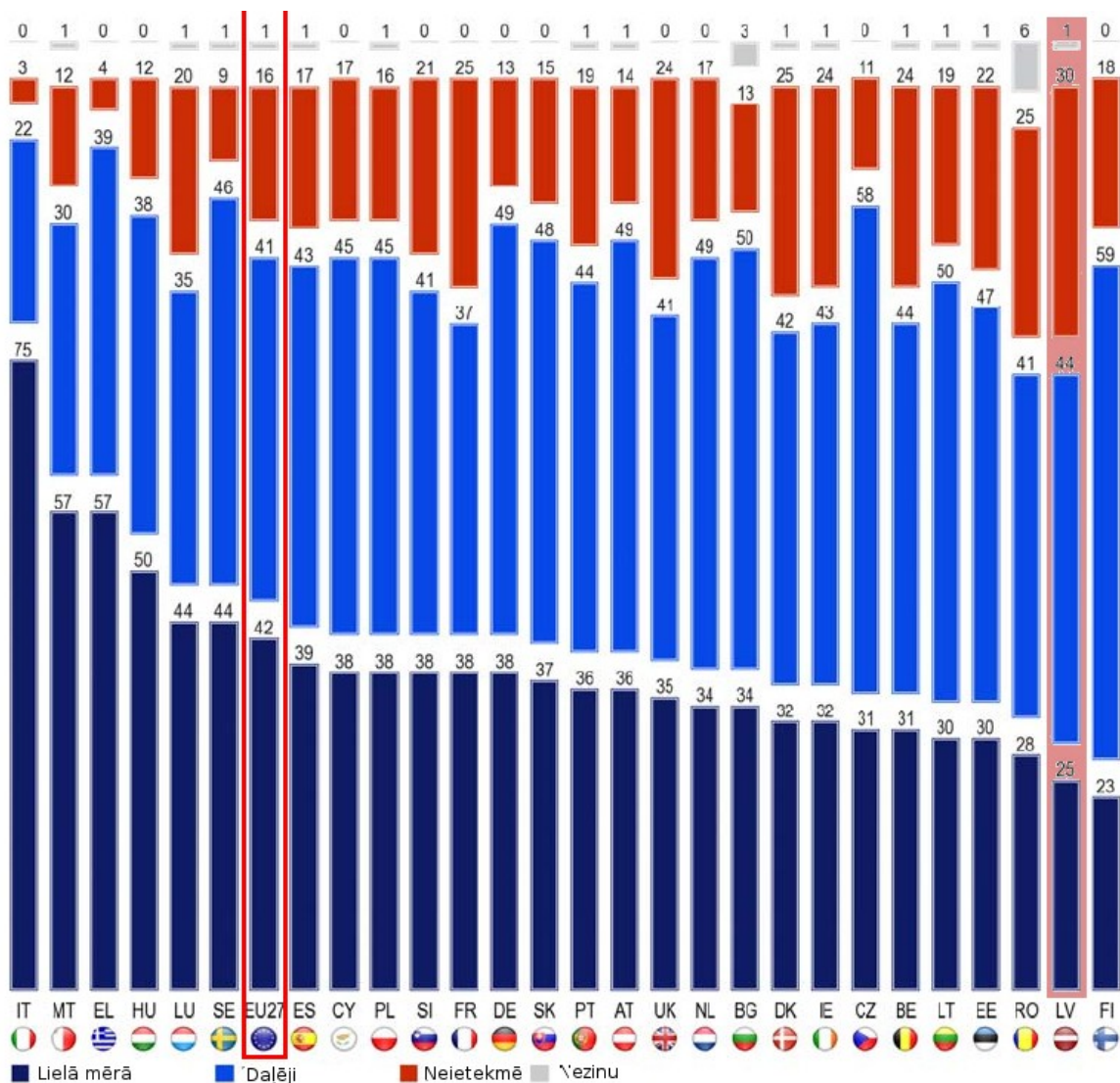
Iesākumā tiks analizētas respondentu atbildes uz jautājumu kādā mērā viņu veselību ietekmē dažādi objekti/faktori, tiks salīdzināti 2006. gada un 2010. gada eiro-barometra rezultāti (skat. 3.1. att.):



3.1. att. Eiro-barometra atbilžu kopsavilkums [20]

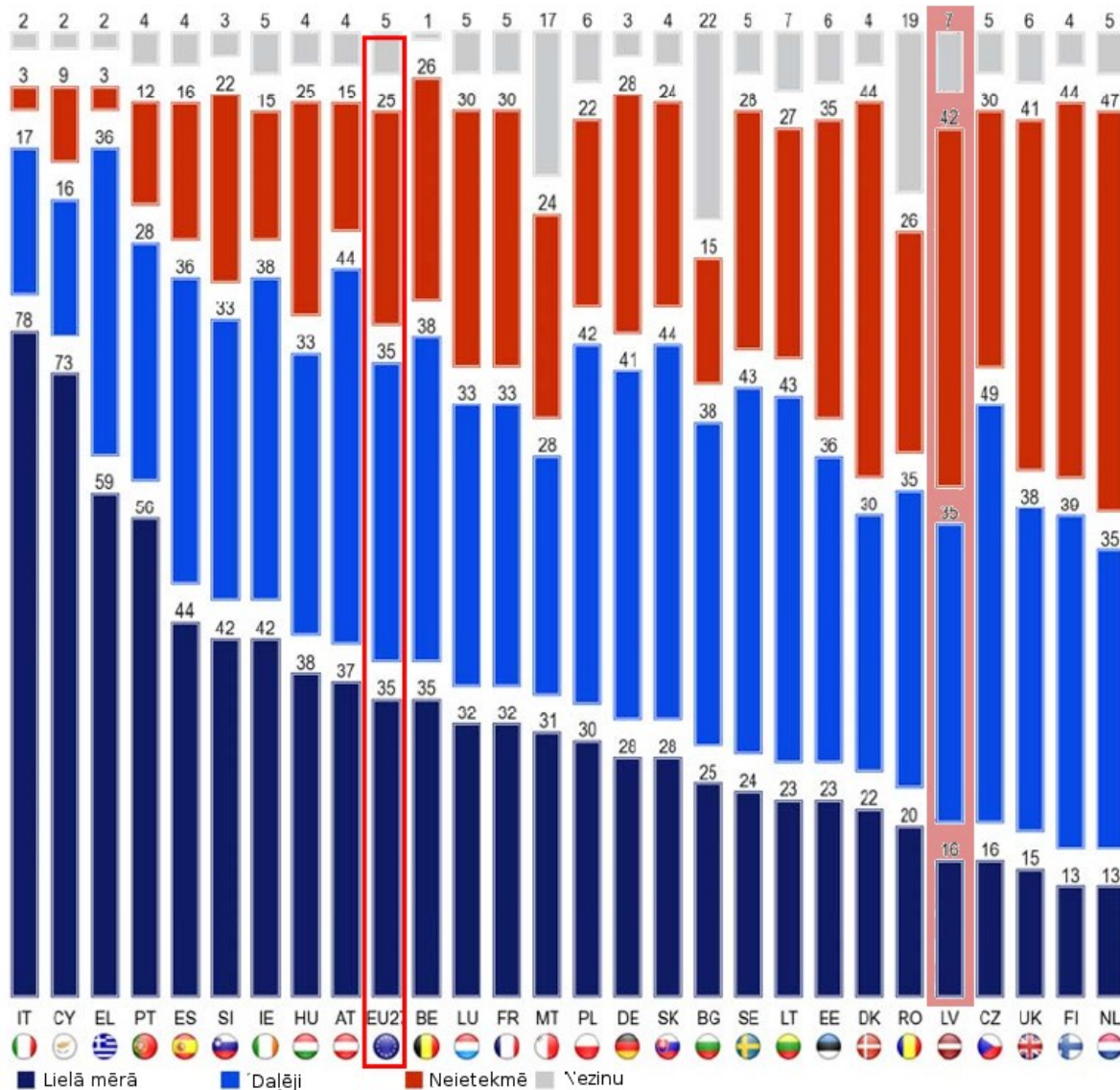
Kā redzams (skat. 3.1. att.), tad iedzīvotāji visvairāk uztraucas par ķīmijas potenciālo apdraudējumu, tikai 9% no respondentiem uzskata, ka ķīmija vispār nerada risku veselībai. Ja salīdzina ar jautājumiem, kas skar elektromagnētiskos laikus, tad jau 24% uzskata, ka mobilo telefonu bāzes stacijas nerada nekādu risku veselībai. 25% uzskata, ka augstsprieguma līnijas arī ir pilnīgi nekaitīgas veselībai, un jau 28% uzskata, ka mobilie telefoni nav kaitīgi. Datortehniku par nekaitīgu uzskata 34% no respondentiem, bet sadzīves elektroiekārtas par nekaitīgām jau uzskata 40% no respondentiem. Bīstamākais elektromagnētiskās radiācijas avots, pēc aptaujas ir datiem ir cilvēka ekspozīcija saulei, to par nekaitīgu uzskata jau tikai 16% respondenti.

Analizējot Latvijas respondentu atbildi uz jautājumu, kādā mērā ekspozīcija saulei ietekmē veselību, tad (skat. 3.2. att.) ir redzams, ka Latvijā visvairāk no visām Eiropas Savienības dalībvalstīm saule tiek uzskatīta par pilnībā nekaitīgu (32%)



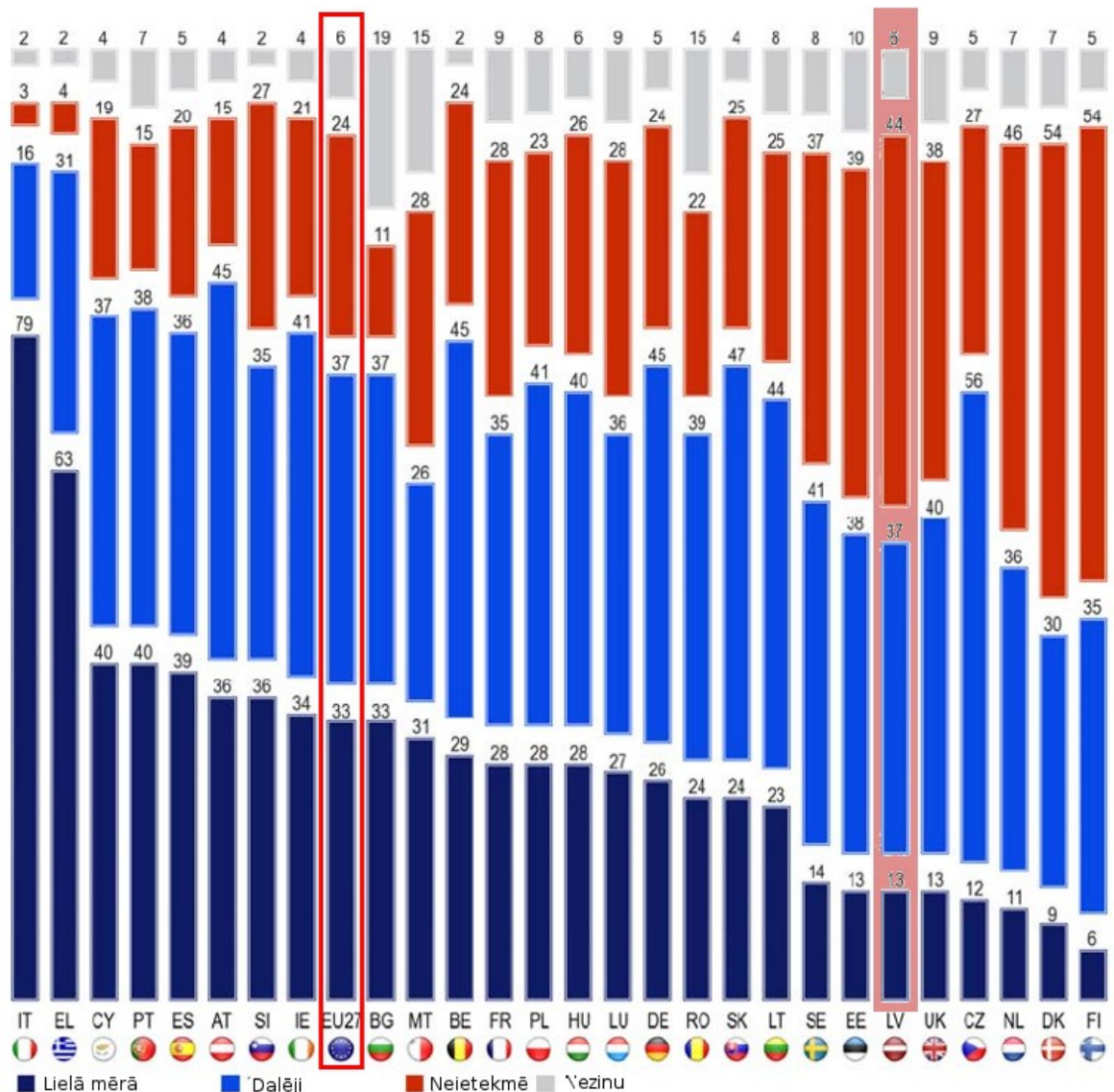
3.2. att. Aptauja: Vai ekspozīcija saulei ietekmē veselību?[20]

Analizējot respondentu atbildes uz jautājumu kā augstsprieguma elektropārvades līnijas ietekmē veselību (skat. 3.3), tad Latvija ir pārliecinoši to valstu starpā, kas uzskata, ka augstsprieguma elektropārvades līnijas nav kaitīgas veselībai. Līdzīgi arī uzskata Dānijas, Lielbritānijas, Somijas un Nīderlandes iedzīvotāji.



3.3. att. Aptauja: Augstsprieguma elektropārvades līniju ietekme uz veselību[20]

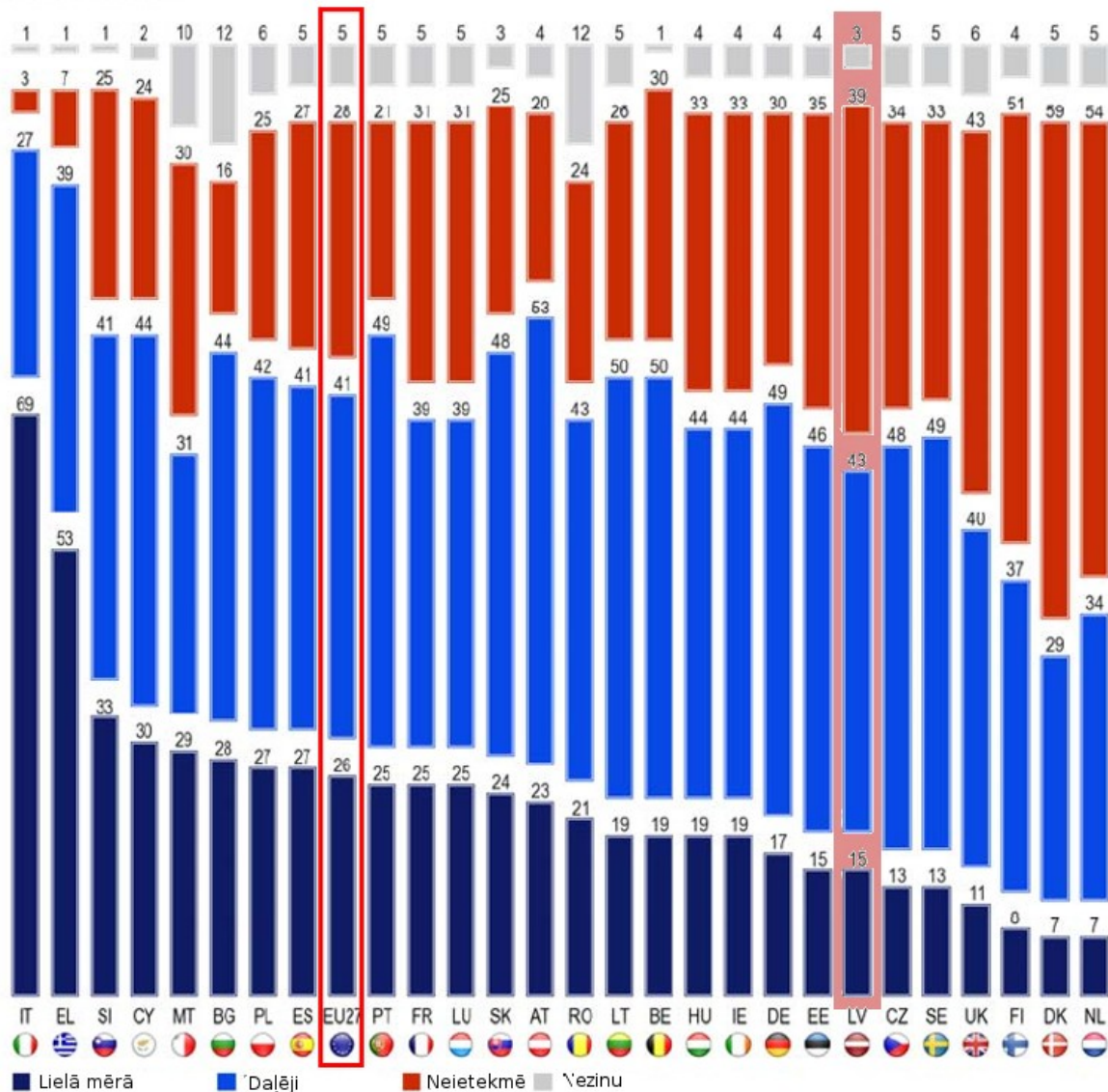
Pēc augstsprieguma elektropārvades līnijām nākamais visbiežāk minētais veselības problēmu iespējamais izraisītājs tiek minētas mobilo telefonu bāzes stacijas. Līdzīgi kā ar iepriekšējā jautājuma atbildēm, arī uz šo jautājumu Latvijā ir salīdzinoši liels respondentu skaits, kas uzskata, ka mobilo telefonu bāzes stacijas ir nekaitīgas veselībai (skat. 3.4. att.). Somijā, Dānijā, Nīderlandē un Lielbritānijā tāpat kā Latvijā salīdzinoši liela daļa no iedzīvotājiem uzskata, ka bāzes stacijas ir veselībai nekaitīgas, šādi uzskata gandrīz divreiz vairāk respondentu nekā vidēji Eiropā.



3.4. att. Aptauja: Mobilo telefonu bāzes staciju ietekme uz veselību [20]

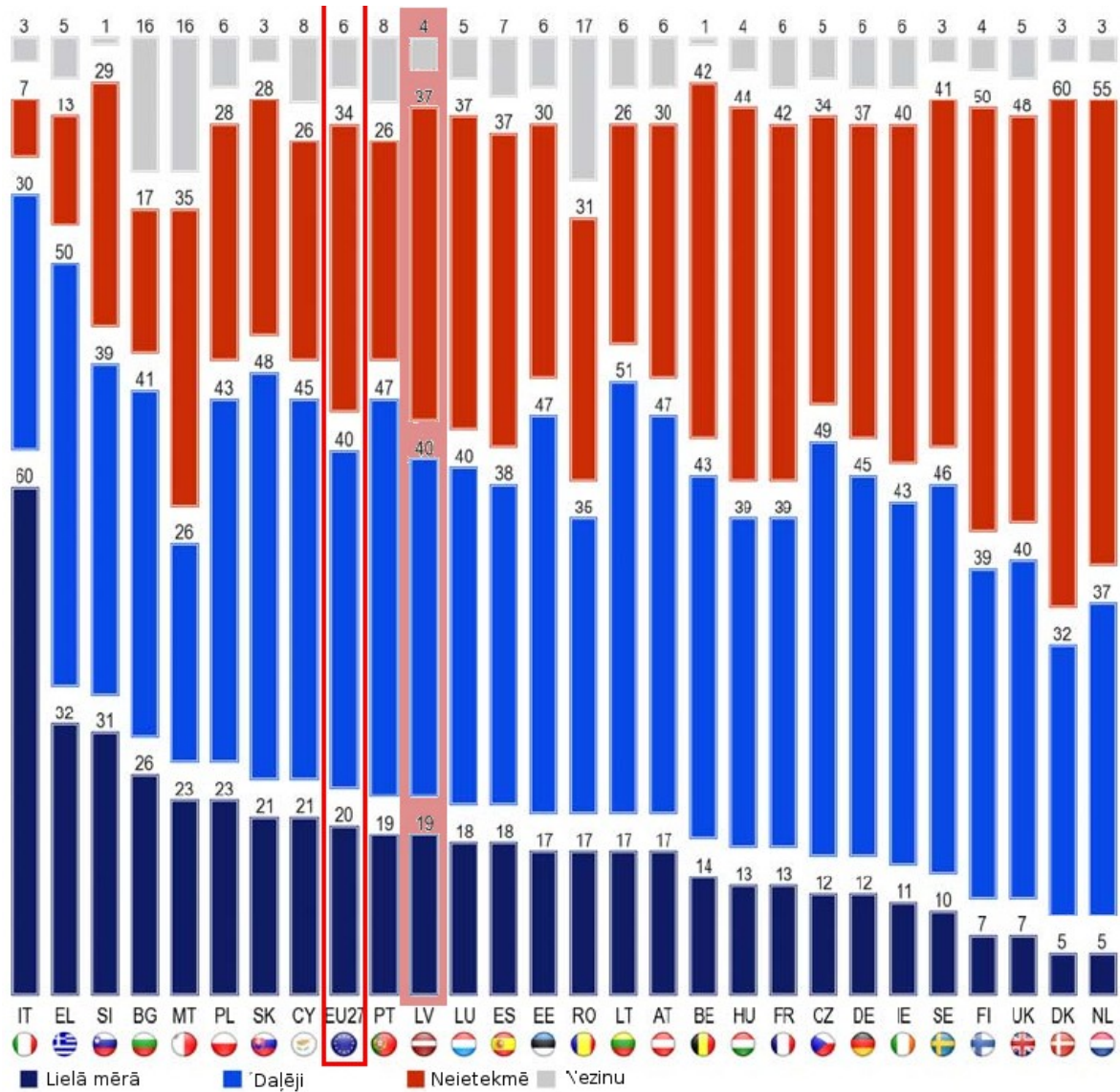
Mobilie telefoni ir ļoti izplatītas ierīces, tos lieto praktiski visu vecumu grupu iedzīvotāji. Joprojām tiek veikti pētījumi par mobilo telefonu un to bāzes staciju ietekmi uz veselību ilgtermiņā. Latvijā mobilos telefonus par veselībai nekaitīgiem uzskata 39% respondenti (skat. 3.5. att), kas ir par 5% mazāk nekā tas tiek uzskatīts par mobilo telefonu bāzes stacijām. Zīmīgi ir arī tas, ka 13% no respondentiem uzskata, ka mobilo telefonu bāzes stacijas lielā mērā ietekmē veselību, bet attiecībā uz mobilajiem telefoniem šis rādītājs ir jau 15%.

Latvijā tiek uzskatīts, ka mobilie telefoni, to bāzes stacijas un augstspriegumu elektropārvades līnijas, ir nekaitīgas vairāk nekā vidēji Eiropas Savienības 28 valstīs, kur tika veikts pētījums.



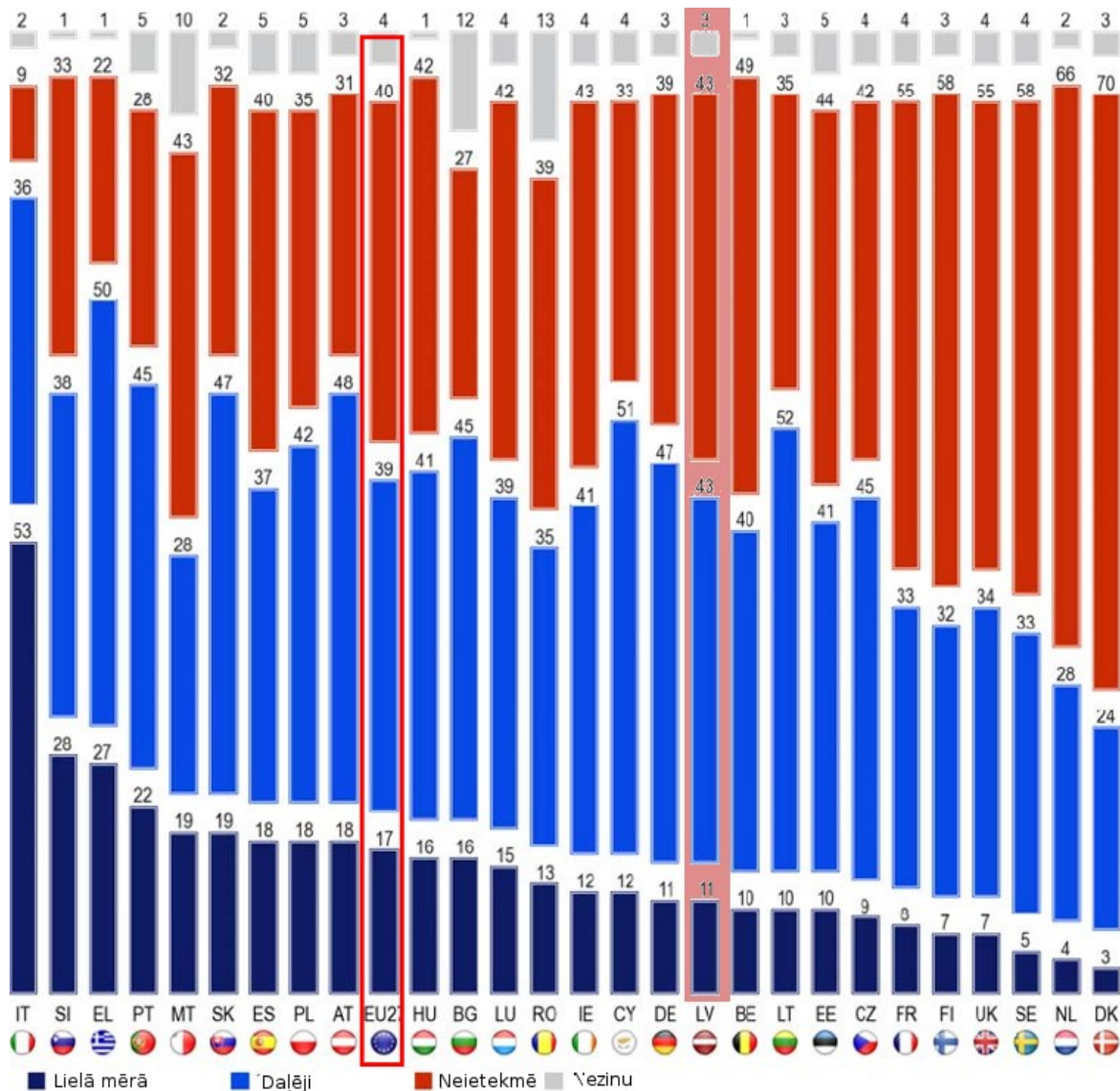
3.5. att. Aptauja: Mobilo telefonu ietekme uz veselību [20]

Analizējot aptaujas datus, par to vai dator tehnika var nelabvēlīgi ietekmēt veselību, tad Latvijā 37% respondenti uzskata, ka dator tehnika neietekmē veselību (skat. 3.6. att.). Latvijā šis rādītājs ir aptuveni tāds pats kā attiecībā uz mobilajiem telefoniem, to bāzes stacijām un augstsprieguma elektropārvades līnijām, taču skatoties Eiropas mērogā, ir vērojams, ka kopumā Eiropā dator tehniku uzskata par mazāk bīstamu nekā mobilos telefonus, to bāzes stacijas, vai arī elektropārvades līnijas.



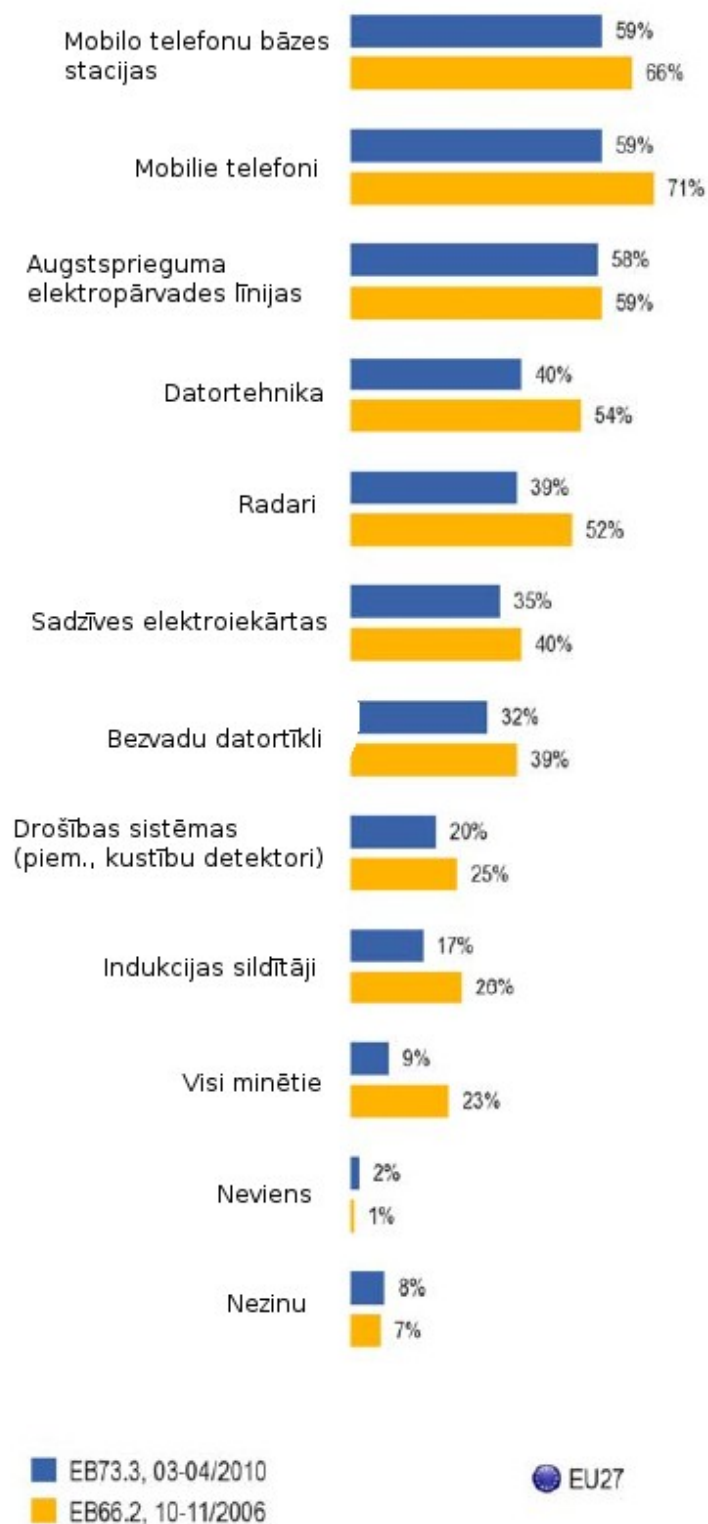
3.6. att. Aptauja: Datortehnikas ietekme uz veselību [20]

Latvijā 43% no respondentiem uzskata, ka sadzīves elektroiekārtas neietekmē veselību (skat. 3.7. att.), tikpat liels skaits respondentu uzskata, ka tomēr sadzīves elektroiekārtas daļēji var ietekmēt veselību un 11% uzskata, ka šī ietekme ir lielā mērā.



3.7. att. Aptauja: Sadržīves elektroiekārtu ietekme uz veselību [20]

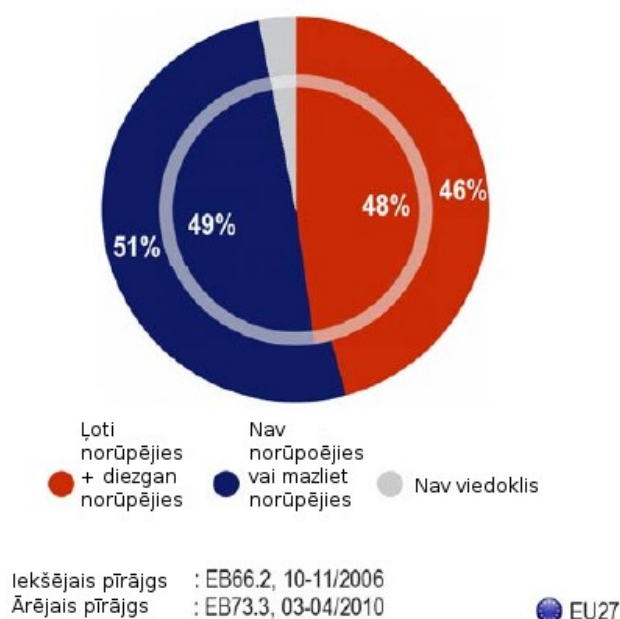
Respondentiem tika uzdots jautājums identificēt elektromagnētiskā lauka avotus (skat. 3.8. att.). Lielākā daļa respondentu par elektromagnētiskā lauka avotiem atzina mobilo telefonu bāzes stacijas, arīdzaņ pašus mobilos telefonus, kā arī augstsprieguma elektropārvades līnijas. Vairāk nekā trešdaļa respondentu par elektromagnētiskā lauka avotiem atzina datortehniku, radarus un sadzīves elektroiekārtas. Indukcijas sildītājus, kuru darbības princips ir elektromagnētiskā indukcija, par elektromagnētiskā lauka avotiem atzina tikai 17% respondenti, un tikai 9% uzskatīja, ka visi minētie ir elektromagnētiskā lauka avoti.



3.8. att. Aptauja: Elektromagnētiskā lauka avoti [20]

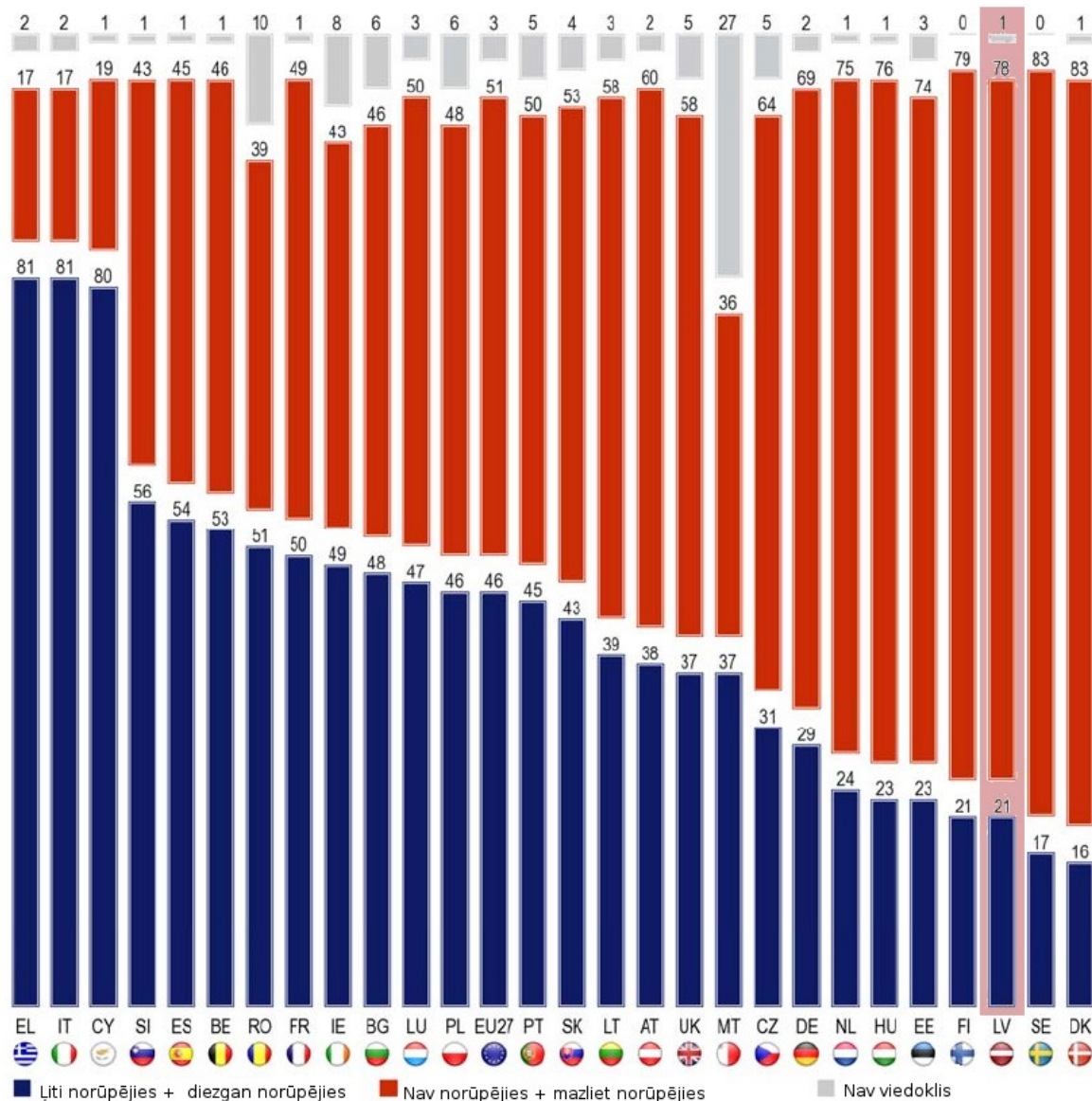
Aptaujas rezultāti parāda, ka Eiropas sabiedrība ir sadalījusies divās aptuveni vienādās grupās attiecībā uz to vai ir bažas par iespējamiem veselības traucējumiem saistībā ar

elektromagnētiskajiem laukiem (skat. 3.9. att.).



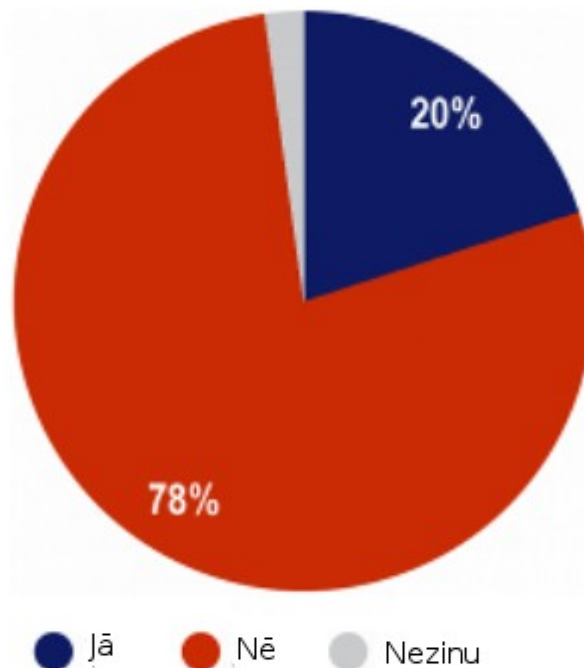
3.9. att. Aptauja: Bažas par elektromagnētiskā lauka ietekmi uz veselību [20]

Salīdzinot aptaujas rezultātus pa valstīm ir skaidri redzams, ka Ziemeļeiropas valstīs un tai skaitā arī Latvijā un Igaunijā sabiedrība nav norūpējusies vai ir tikai mazliet norūpējusies par elektromagnētiskā lauka iespējamo negatīvo ietekmi uz veselību (skat. 3.10. att.). Tomēr gluži pretēja situācija ir vērojama tādās valstīs kā Grieķija, Itālija un Kipra kur pārliecinošs vairākums ir uztraukts par elektromagnētiskā lauka iespējamo iedarbību uz veselību.



3.10. att. Aptauja: Bažas par elektromagnētiskā lauka ietekmi uz veselību pa valstīm[20]

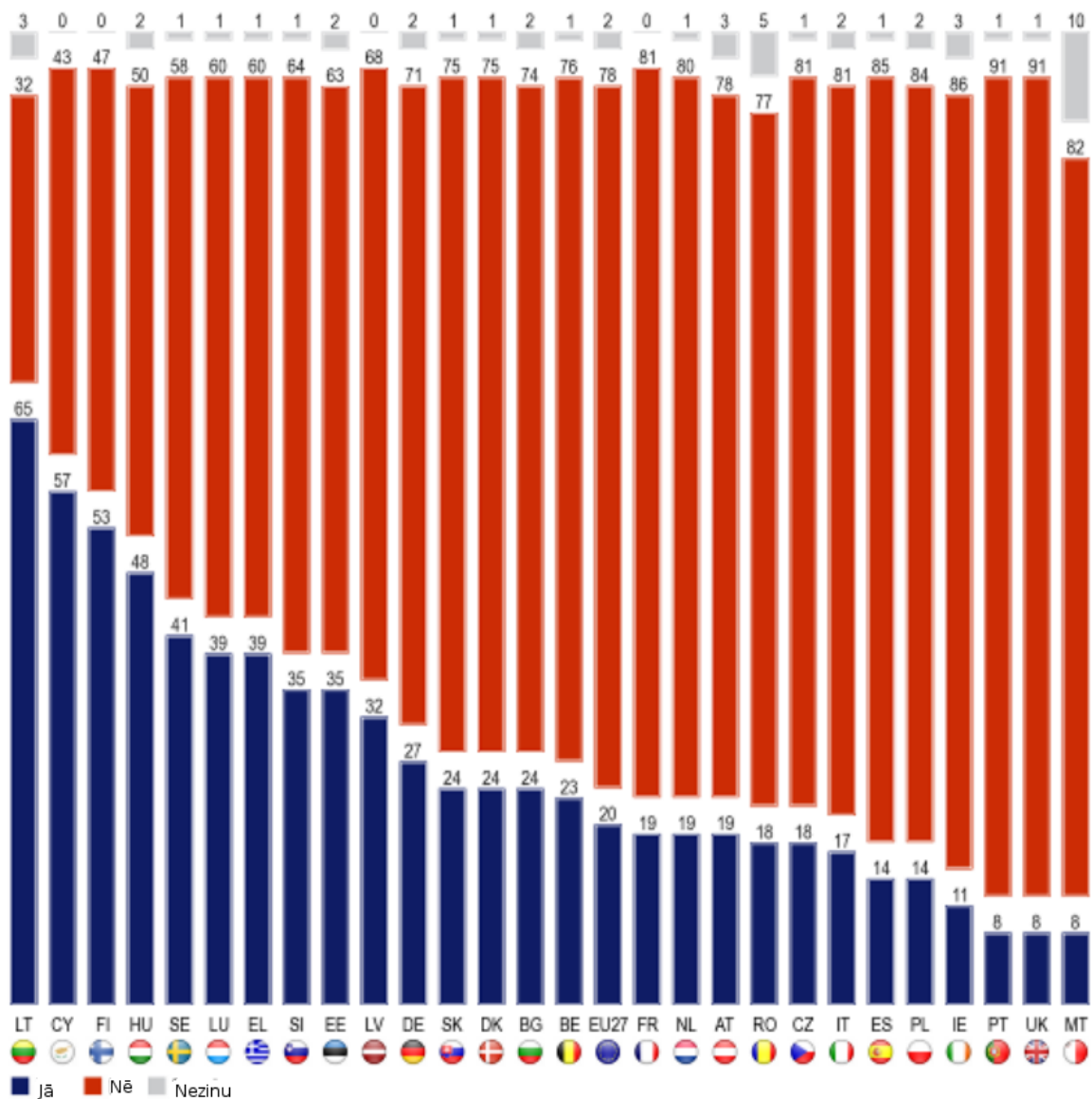
Nākamais jautājums ir par to vai ir saņemta kāda informācija par iespējamām veselības traucējumiem saistībā ar elektromagnētiskajiem laukiem (skat. 3.11. att.). Pārliecinoši lielākā daļa respondentu atzina, ka nav saņemta informācija par iespējamām veselības problēmām saistībā ar elektromagnētiskajiem laukiem. Tikai katrs piektais respondents bija saņēmis kādu informāciju.



3.11. att. Aptauja: Informācija par elektromagnētisko lauku ietekmi uz veselību[20]

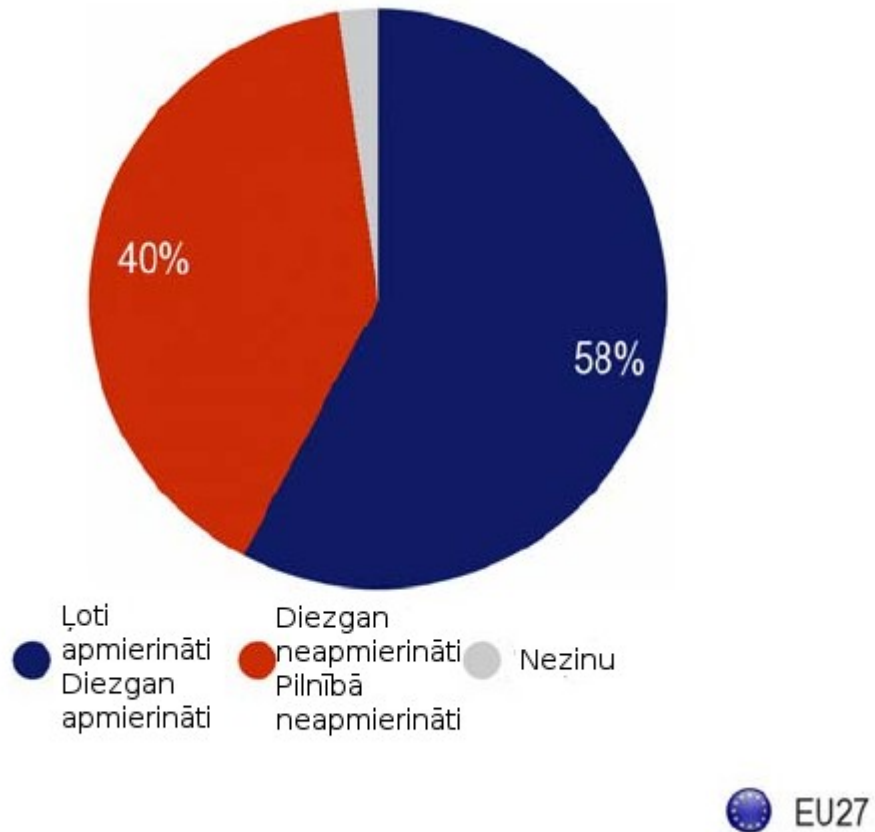
Analizējot respondentu atbildes pa valstīm, tad ir redzams (skat. 3.12. Att.), ka tikai trīs valstīs, Lietuvā, Kiprā un Somijā, vairāk nekā puse no respondentiem ir saņēmusi informāciju par iespējamu elektromagnētisko lauku iedarbību uz veselību. Latvijā šādu informāciju ir saņēmis aptuveni katrs trešais respondents, kas ir virs vidējā līmeņa Eiropas Savienībā.

Veicot sīkāku datu analīzi, par sabiedrības viedokli saistībā ar elektromagnētiskā lauka starojuma ietekmi, tad no tiem respondentiem, kas ir saņēmuši informāciju par elektromagnētiskajiem laukiem, tikai 16% apgalvo, ka viņi ir ļoti noraizējušies par iespējamām veselības problēmām, 39% apgalvo, ka ir diezgan noraizējušies un 55% apgalvo, ka viņus šis jautājums nesatrauc. Taču to respondentu grupā, kuri nav saņēmuši informāciju par elektromagnētiskajiem laukiem, 10% apgalvo, ka viņi ir ļoti noraizējušies par iespējamām veselības problēmām un 34% respondentu apgalvo, ka ir diezgan noraizējušies un 44% apgalvo, ka viņi tam nepievērš lielu uzmanību.



















3.12. att. Aptauja: Informācija par elektromagnētisko lauku ietekmi uz veselību pa valstīm[20]

Aplūkojot tos respondentus, kas ir saņēmuši informāciju par elektromagnētisko lauku iespējamo iedarbību uz veselību (skat. 3.13.att.), tad 58% respondentu atzīst, ka viņi ar saņemto informāciju ir apmierināti, bet 40% respondenti atzīst, ka viņi nav apmierināti ar iegūto informāciju.



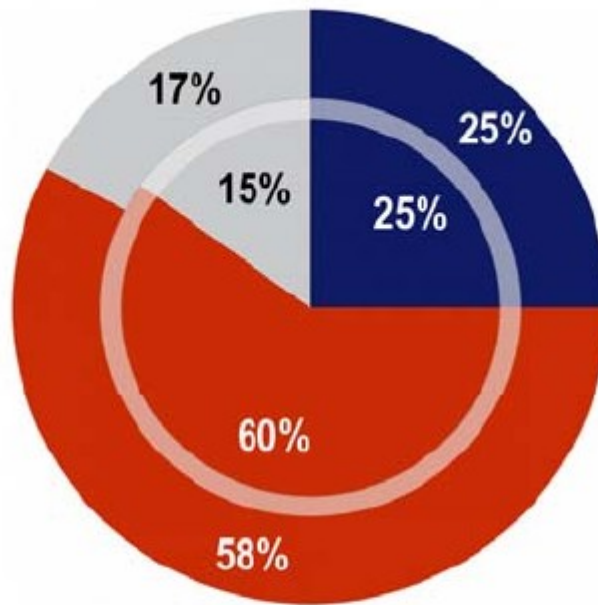
3.13. att. **Aptauja: Apmierinātība ar informācijas kvalitāti par elektromagnētiskajiem laukiem n=5345 [20]**

Analizējot rezultātus pa valstīm, kur bija vismaz 200 respondenti tiek iegūti sekojoši dati (skat. 3.14. att.). Analizējot Latvijas rezultātus, ir redzams, ka Latvijā šī informācijas kvalitāte ir visaugstākā Eiropā, bet ir nepieciešams šo informāciju aktīvāk izplatīt. Galvenais iemesls kāpēc respondenti nebija apmierināti ar informāciju par elektromagnētiskajiem laukiem bija informācijas nepietiekamība kā arī apšaubāmā uzticamība un objektivitāte informācijai.

	Kopējais "Apmierināts"	Kopējais "Nepmierināts"	Nezinu
 EU27	58%	40%	2%
 BE	67%	32%	1%
 BG	72%	23%	5%
 DK	68%	30%	2%
 DE	51%	48%	1%
 EE	65%	33%	2%
 EL	46%	54%	-
 CY	55%	45%	-
 LV	70%	27%	3%
 LT	53%	45%	2%
 LU	65%	31%	4%
 HU	61%	36%	3%
 SI	65%	33%	2%
 SK	58%	40%	2%
 FI	68%	30%	2%
 SE	65%	32%	3%

3.14. att. Aptauja: Respondentu apmierinātība par iegūto informāciju par elektromagnētiskajiem laukiem [20]

Nākamajā jautājumā respondentiem lika novērtēt sabiedrisko iestāžu darbu aizsardzībā pret elektromagnētiskā lauka starojumu (skat. 3.15. att.). Tikai katrs ceturtais respondents uzskatīja, ka sabiedrisko iestāžu darbs ir efektīvs. Ir samērā liels respondentu skaits, kam nav viedoklis par šo jautājumu.



- Jā, ļoti efektīvi + Jā; diezgan efektīvi
- Nē, ne pārāk efektīvi + Nē, neefektīvi
- Nezinu

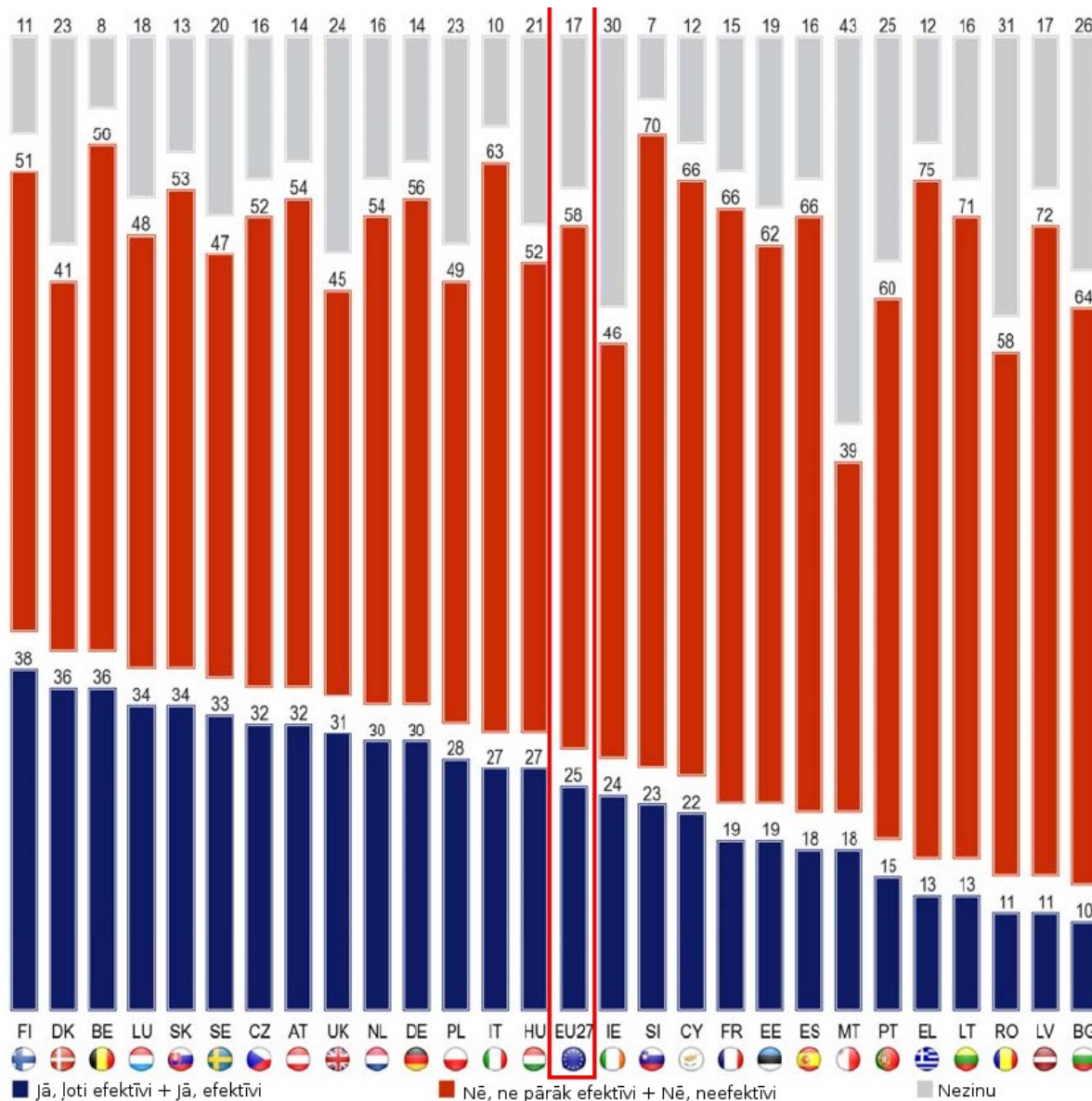
Iekšējais pīrāgs : EB66.2, 10-11/2006

Ārējais pīrāgs : EB73.3, 03-04/2010



3.15. att. Aptauja: Sabiedrisko iestāžu darba novērtējums aizsardzībai pret elektromagnētisko lauku

Analizējot sabiedrisko iestāžu novērtējuma ainu pa valstīm, tad četrās valstīs, Latvijā, Lietuvā, Grieķijā un Slovēnijā šo iestāžu darb kā neefektīvu vai arī ne pārāk efektīvu ir novērtējuši vairāk nekā 70% respondentu. Latvijā tikai 11% respondentu uzskata, ka sabiedriskās iestādes darbojas gana efektīvi.



3.16. att. Aptauja: Sabiedrisko iestāžu darba novērtējums aizsardzībai pret elektromagnētisko lauku pa valstīm

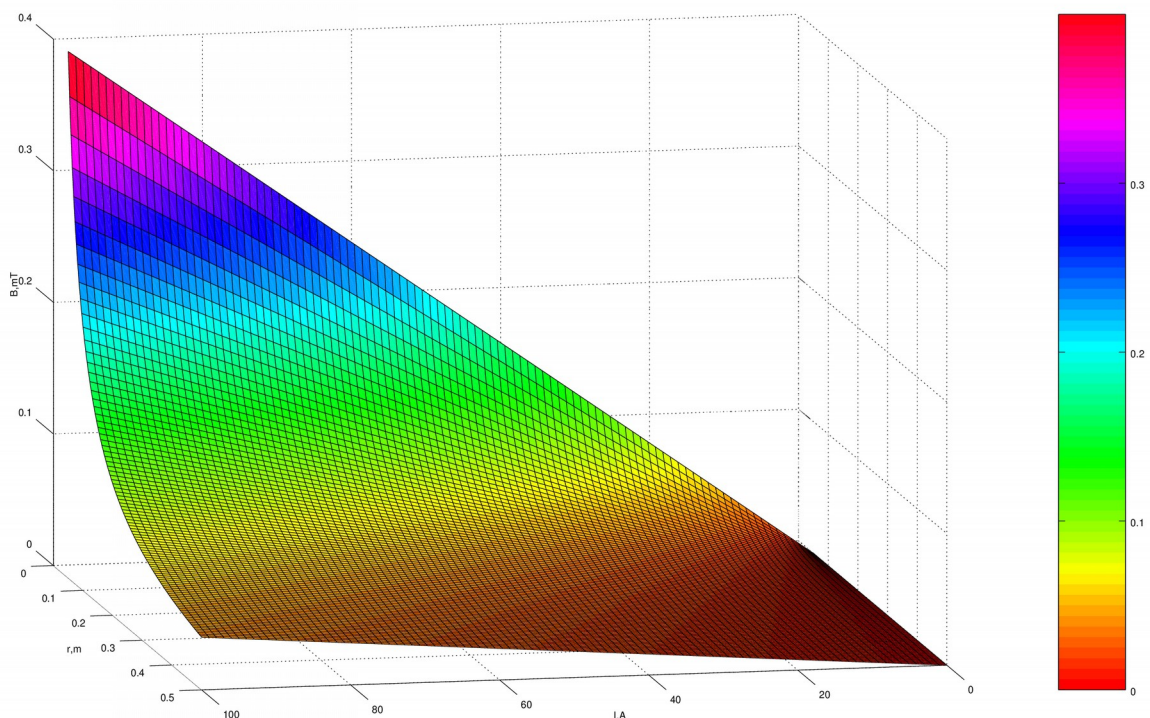
Autora ieskatā eiro-barometra aptauja uzskatāmi parāda, ka elektromagnētiskā lauka radītais risks nodarbināto izpratnē nav galvenais risks, kas ietekmē to veselību un labklājību. Galvenie riski tiek saistīti ar dažāda veida ķīmiju. Aptauja uzskatāmi parāda, ka Latvijā par elektromagnētiskā lauka riskiem satraucas aptuveni divreiz mazāk cilvēki kā vidēji Eiropas Savienībā. Interessants ir fakts, ka Latvijā lielākā mērā satraucas par datortehnikas izraisīto starojumu nekā augstsprieguma elektropārvades līniju starojumu.

Autors uzskata, ka respondentu vājā prasme identificēt elektromagnētiskā lauka avotus pierāda to, ka nav pietiekama izpratne par elektromagnētisko starojumu tā izcelsmi, fizikālajām īpašībām, iedarbības veidiem. Tas ir saistāms arī ar to, ka lielākā daļa nav

saņēmusi kvalitatīvu informāciju par elektromagnētiskajiem laukiem.

Autors uzskata, ka šī aptaujas analīze uzskatāmi norāda uz to, ka elektromagnētiskais starojums netiek pienācīgi novērtēts un apzināts, kā arī informācija, kas tiek sniegta par elektromagnētisko lauku bieži vien nav kvalitatīva.

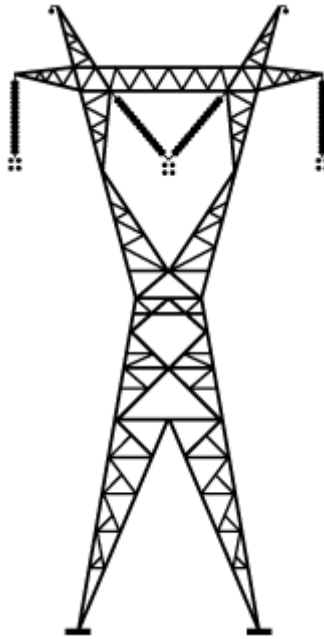
3.2. Teorētisko aprēķinu rezultāti



3.17. att. Magnētiskās indukcijas atkarība no strāvas stipruma un attāluma

Magnētiskā lauka indukcija ir lineāri atkarīga no vadā plūstošā strāvas daudzuma un apgriezti proporcionāla attālumam (skat. 3.17. att.).

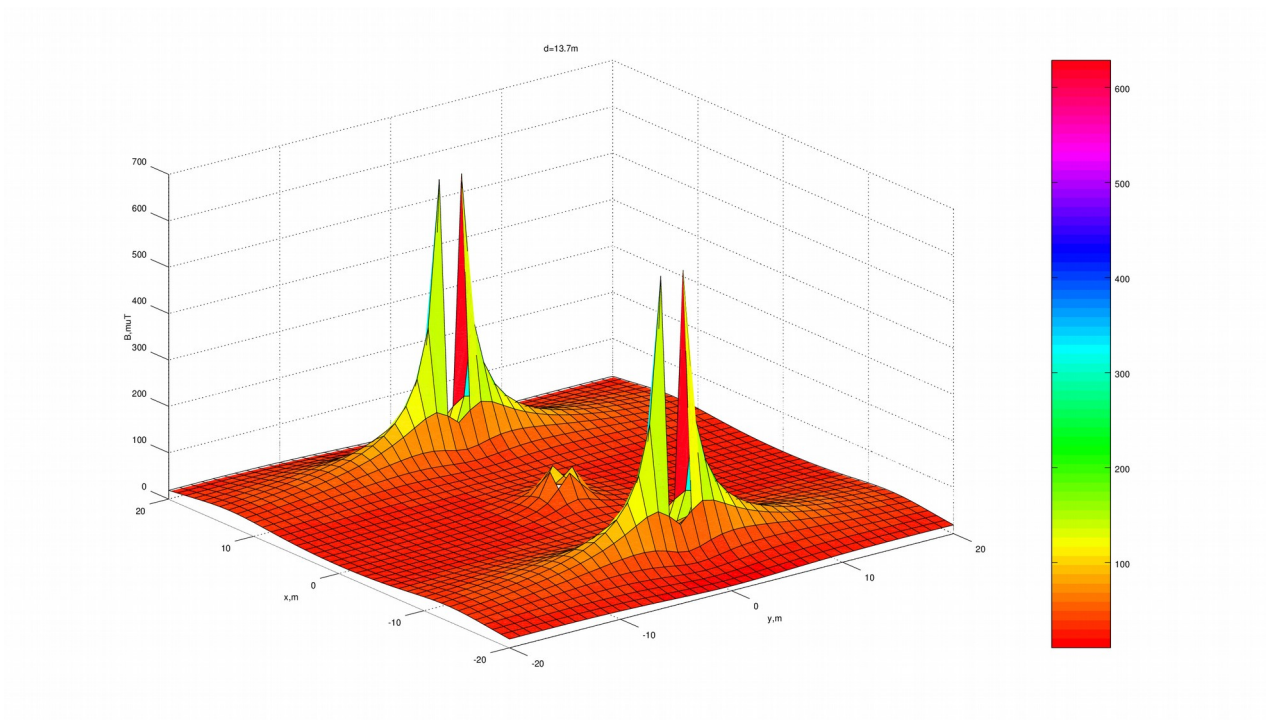
Pirmie magnētiskā lauka aprēķini tiek veikti pieņemot, ka elektriskajā ķēdē plūst 500 ampēru liela strāva un attālums starp vadītājiem ir 13.7m (skat. 3.18. att.).



3.18 att. Augstsprieguma līnijas torņa shēma [18]

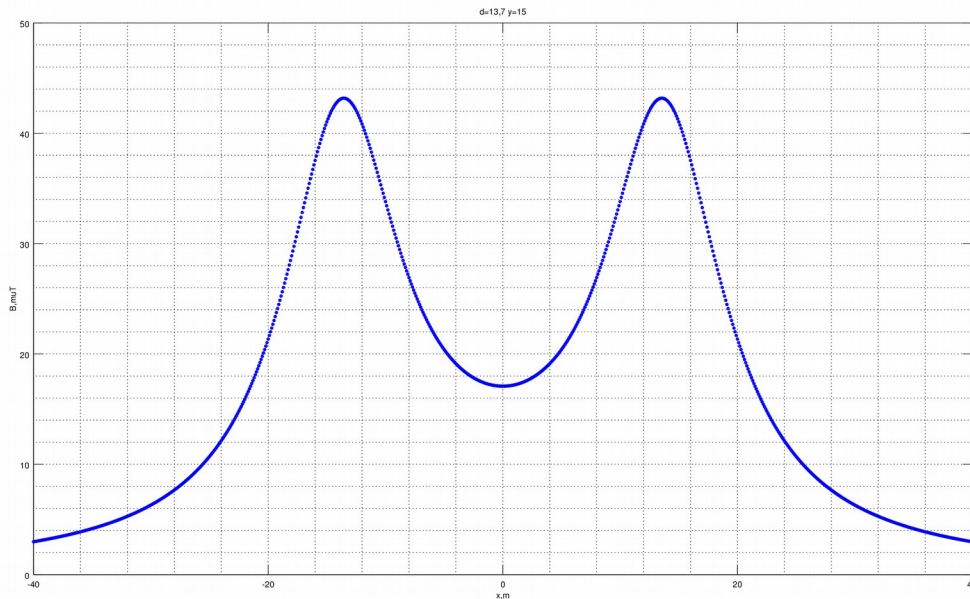
Šādās pārvades līnijās (skat. 3.18. att.) spriegums var būt robežās no 110kV līdz pat 735kV [18].

Veicot magnētiskā lauka aprēķinus tika iegūti sekojoši rezultāti (skat. 3.19. att.):



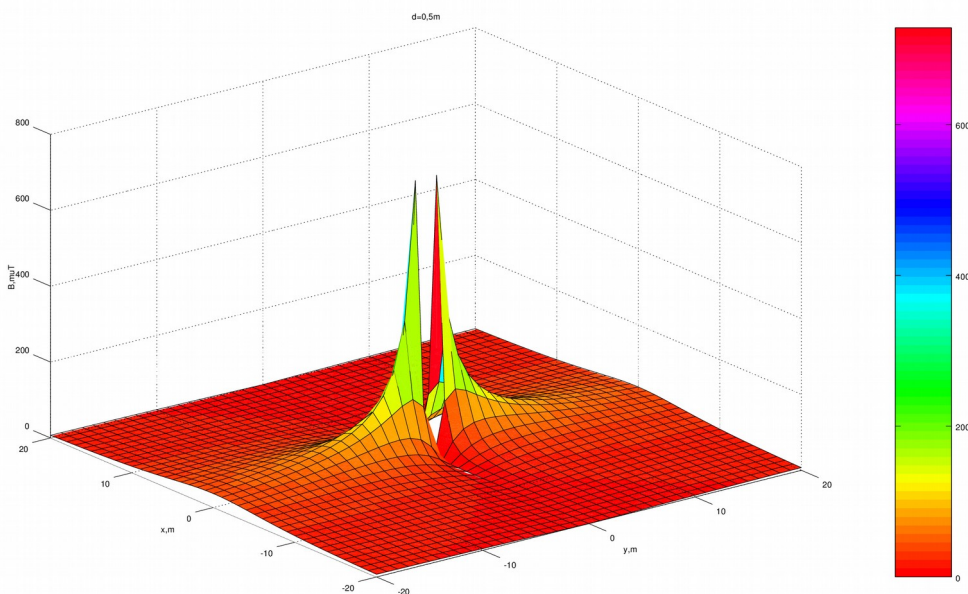
3.19. att. Magnētiskais lauks trīsfāžu ķēdē $d=13.7\text{m}$

Sīkāk pētot kāds ir sagaidāmais magnētiskais lauks zemes līmenī, pieņemot, ka līnijas augstums ir 15m tiek iegūti sekojoši rezultāti (skat. 3.20. att.):



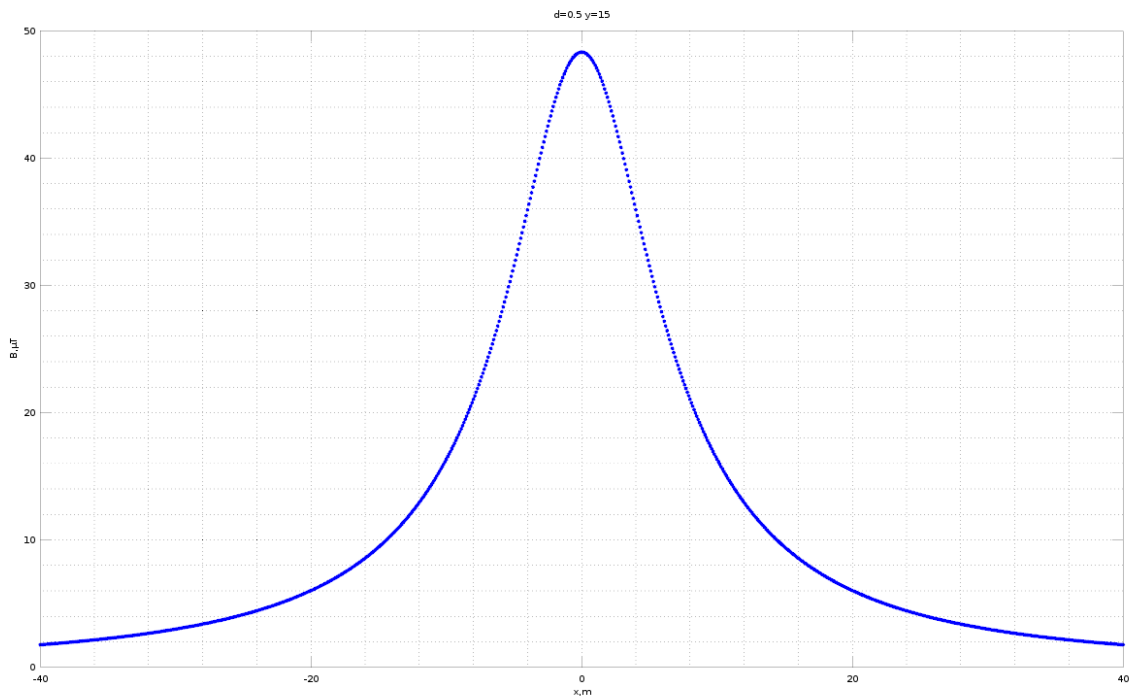
3.20. att. Magnētiskais lauks trīsfāžu ķēdē zemes līmenī $d=13.7\text{ m}$ $y=15\text{ m}$

Veicot magnētiskā lauka aprēķinus pieņemot, ka attālums starp vadītājiem ir 0,5m tiek iegūti sekojoši rezultāti (skat. 3.21.att):



3.21. att. Magnētiskais lauks trīsfāžu ķēdē $d=0.5\text{ m}$

Sīkāk pētot kāds ir sagaidāmais magnētiskais lauks zemes līmenī, pieņemot, ka līnijas augstums ir 15m tiek iegūti sekojoši rezultāti (skat. 3.22. att.):



3.22. att. Magnētiskais lauks trīsfāžu ķēdē zemes līmenī $d=0.5\text{m}$ $y=15\text{m}$

Kā redzams (skat. 3.22. att.), tad elektriskā lauka jaudas blīvums samazinās apgriezti proporcionāli attāluma kvadrātam.

Autora ieskatā matemātiskie aprēķini ir viens no veidiem kā objektīvi var novērtēt kāds ir sagaidāmais magnētiskā lauka līmenis dažādās situācijās, lai līdz ar to būtu iespējams veikt objektīvu darba vides risku novērtēšanu.

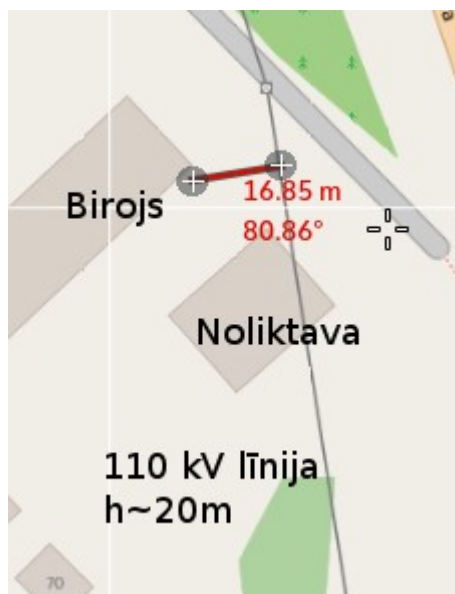
Autors uzskata, ka interesants ir fakts, ka, piemēram, augstsprieguma elektropārvades līniju radīto magnētisko starojumu ietekmē fāžu izvietojums, un līdz ar to maksimālais magnētiskais lauks var nebūt tieši zem līnijas, bet gan zem līnijas sānu vadītāja.

Autors veicot matemātiskos aprēķinus pierāda, ka viens no iespējamajiem veidiem, kā samazināt nodarbināto pakļautību elektromagnētiskajam starojumam, ir vienkārši palielināt attālumu no starojuma avota.

4. PREVENTĪVIE PASĀKUMI

4.1. Netālu no darba vietas atrodas augstsprieguma elektropārvades līnija

Iesākumā analizēsīm sekojošu gadījumu: darba vietas atrodas slēgtā ēkā, bet ēkas tiešā tuvumā un tieši virs noliktavas atrodas augstsprieguma elektropārvades līnija (skat. 4.1. att.). Biroja darba vietas atrodas aptuveni 17m attālumā no līnijas centra.



4.1. att. Situācijas attēlojums

Darbinieki vērsās pie darba aizsardzības speciālista ar sūdzībām, ka iespējams augstsprieguma līnija rada tādu magnētisko lauku, kas ietekmē viņu veselību un tādējādi arīdzan apdraud darbinieku drošību darbā.

Lai objektīvi novērtētu magnētiskā lauka līmeni tika veikti magnētiskās lauka plūsmas mērījumi un iegūti sekojoši rezultāti:

- Magnētiskā lauka plūsma noliktavas teritorijā 580,7 nT;
- Magnētiskā lauka plūsma Birojā: 346,1 nT.

Lai varētu spriest vai dotajās darba vietās ir jāveic kādi pasākumi, ir nepieciešams konstatēto magnētiskā lauka plūsmu salīdzināt ar kādu zinātniski pamatotu robežvērtību. Tā kā Latvijā nav spēkā esoši normatīvi, kas noteiktu šādas robežvērtības, tad konstatētie lielumi tiks salīdzināti ar Starptautiskās komisijas aizsardzībai pret nejonizējošo starojumu (ICNIRP) vadlīnijām par nejonizējošā starojuma iedarbības ierobežošanu (ICNIRP 7/99) sniegtajām darbības vērtībām.

Pie frekvences 50Hz magnētiskā lauka plūsmas darbības vērtība (plašākai sabiedrībai) ir noteikta 100 μ T[24].

Veicot aprēķinus tiek iegūts, ka konstatētā magnētiskā lauka plūsma ir:

- Birojā: 0.346% no ICNIRP noteiktās darbības vērtības
- Noliktavā: 0.581% no ICNIRP noteiktās darbības vērtības

Tā kā ICNIRP noteiktās darbības vērtības netiek pārsniegtas, un konstatētā magnētiskā lauka plūsma ir krietni zem noteiktajām darbības vērtībām, tas būtu, pat nesasniedz 1% no darbības vērtībām, tad nav nepieciešams veikt preventīvos pasākumus, lai mazinātu elektromagnētiskā lauka starojumu, ko izraisa tuvumā esošā augstsprieguma pārvades līnija, taču ir svarīgi, ka nodarbinātos, iepazīstinot ar darba vidē sastopamajiem darba vides faktoriem, kas ietekmē vai var ietekmēt nodarbināto drošību un veselību darbā, tiktu norādīts, ka elektromagnētiskais starojums ir riska faktors, bet nav nepieciešams veikt speciālus pasākumus.

Apzinot faktu, ka tiešā darba vietu tuvumā atrodas augstsprieguma pārvades līnija, nodarbinātajiem veicot instruktāžu darba vietā būtu noteikti jābūt instruktāžai kā jārikojas elektrolīnijas bojājumu gadījumā.

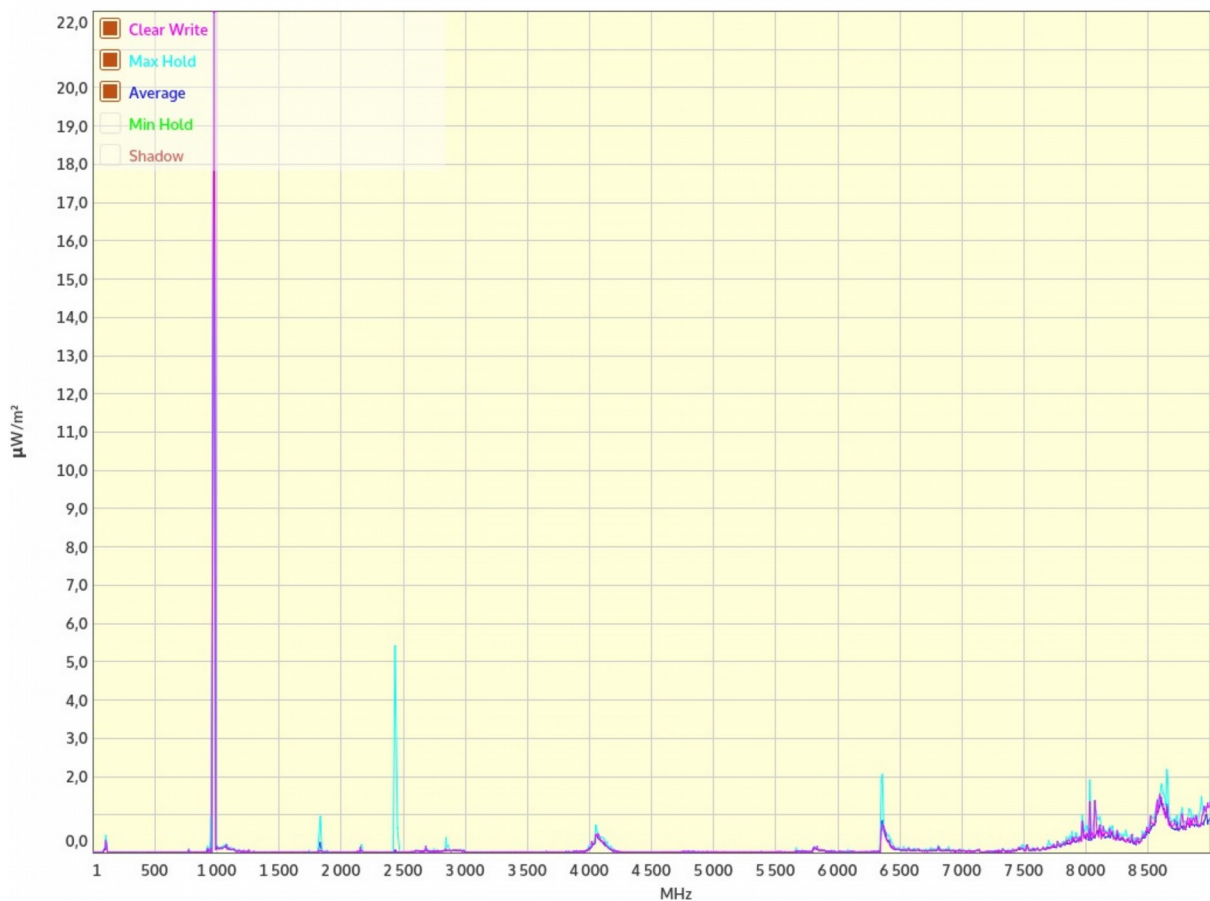
4.2. Biroja tipa ēka ar iekštelpu mobilo operatoru antenām

Tika uzcelta jauna biroja ēka un ēkas iekšienē bija problēmas ar mobilā signāla stiprumu līdz ar to tika uzstādītas iekštelpu mobilo operatoru antenas, tika veikti mērījumi ēkā dažādās vietās, lai pārliecinātos par nodarbināto darba vides drošumu. Iegūtie rezultāti ir apkopoti tabulā, kas atrodama 1. pielikumā. Galvenie elektromagnētiskā lauka avoti ikvienā no mērījumu vietām bija ar tādu pašu frekvenci kādā darbojas mobilo operatoru antenas. Salīdzinot ar ICNIRP noteiktajām darbības vērtībām ir skaidrs, ka nav nepieciešams veikt speciālus pasākumus, un ka šo antenu radītais risks ir nav būtisks nodarbināto drošībai un veselībai darbā.

Lai mazinātu elektromagnētiskā lauka ietekmi speciāli preventīvie pasākumi nav jāveic, taču ir būtiski nodarbinātos informēt par konstatētajiem starojuma līmeņiem un informēt, ka pastāv šāds darba vides riska faktors un ka šis faktors ir nebūtisks.

4.3. Biroja tipa darba vieta

Vienkārša un tipiska biroja tipa darba vieta, kurā tiek izmantots dators, papildus monitors, bezvadu internets, printeri skeneri un cita veida biroja elektrotehnika. Vidējā konstatētā magnētiskā lauka plūsma ir 57,58nT jeb 0.057% no ICNIRP noteiktās robežvērtības plašākai sabiedrībai. Veicot mērījumus robežās no 1MHz līdz 9GHz tiek iegūta sekojoša aina (skat. 4.2. att.).



4.2. att. Elektromagnētiskais lauks birojā

Galvenie starojuma avoti ir mobilo telefonu starojums 900MHz frekvencē, kā arī bezvadu maršrutētāju starojums 2.4 GHz diapazonā. Kopējais starojuma līmenis ir mazāk nekā 8% no ICNIRP noteiktajām darbības vērtībām.

Ir skaidrs, ka nav nepieciešams veikt nekādus pasākumus elektromagnētiskā lauka samazināšanai, bet tomēr ir lietderīgi informēt nodarbinātos par konstatēto elektromagnētiskā lauka līmeni un tā nebūtisko ietekmi.

4.4. Darbs netālu no transformatora

Ražošanas uzņēmums, 1. stāva telpā izvietots 630kVA transformators, sekundārais spriegums 380V, tieši virs transformatora un tieši blakus atrodas divas darba vietas, transformators atrodas atsevišķā telpā. Attālumā zem 0.2m magnētiskā lauka plūsmas vērtība var sasniegt pat 150μT un elektriskais lauks līdz 400V/m

Tika konstatēts sekojošs magnētiskais lauks:

- 1. stāva darba telpā maksimālā vērtība 2353.5 nT;
- 2. stāva darba telpā maksimālā vērtība 3802.3 nT.

Tiešā transformatora tuvumā tiek pārsniegta ICNIRP noteiktā darbības vērtība plašākai

sabiedrībai, bet nodarbinātajiem šī darbības vērtība ir piecreiz lielāka jeb $500\mu\text{T}$.

Darba telpās elektromagnētiskā lauka līmenis nepārsniedz noteiktās darbības vērtības plašākai sabiedrībai un elektromagnētiskā lauka darba vides risks nav būtisks. Veicot darbu tiešā transformatora tuvumā ir jāievēro Ministru kabineta noteikumu Nr.1041, Rīgā 2013.gada 8.oktobrī (prot. Nr.52 47.§), "Noteikumi par obligāti piemērojamo energostandartu, kas nosaka elektroapgādes objektu ekspluatācijas organizatoriskās un tehniskās drošības prasības" prasības, kas arī izraisa nosaka veikt speciālu riska novērtējumu saistībā ar elektromagnētiskajiem laukiem.

Darba telpās nav nepieciešams veikt nekādus pasākumus elektromagnētiskā lauka samazināšanai, bet tomēr ir lietderīgi informēt nodarbinātos par konstatēto elektromagnētiskā lauka līmeni un tā nebūtisko ietekmi. Lai nodrošinātu pilnīgu nodarbināto drošību būtu jāierobežo piekļūšana transformatoram, lai nodarbinātajiem fiziski nebūtu iespējams ieiet zonā, kur konstatētais magnētiskais lauks pārsniedz ICNIRP noteiktās darbības vērtības.

4.5. Preventīvie pasākumi, ja tiek pārsniegtas robežvērtības

Ja kādā darba vietā tiek pārsniegtas robežvērtības, kas nosaka pieļaujamo elektromagnētiskā lauka līmeni, tad pats vienkāršākais preventīvais pasākums ir pārvietot darba vietu lielākā attālumā no starojuma avota. Ja darba vietu nav iespējams pārvietot tālāk no starojuma avota, tad ir jāizskata iespēja vai var pārvietot starojuma avotu tālāk no darba vietas.

Ja darbs ir jāveic īslaicīgi, tad efektīvs pasākums, kas nodrošinātu nodarbinātā drošību ir attiecīgā avota atslēgšana, tādējādi novēršot elektromagnētiskā lauka rašanos, piemēram, transformators tiek atslēgts uz laiku kamēr tiek veikta tā apkope. Veicot iekārtas atslēgšanu tiek samazināta arī citu darba vides risku esamība.

Ja nav iespējams veikt nevienu no iepriekš aprakstītajiem pasākumiem, kas nodrošinātu drošu nodarbināto darbu, tad ir jāveic citi pasākumi, kā piemēram, darba vietas ekranēšana vai arī nodarbinātajam ir jāvalkā speciāls ekranējošs apģērbs.

Jebkurā gadījumā, ja kāda iekārta rada tādu elektromagnētisko lauku, kas pārsniedz noteiktās robežvērtības, ir jānorobežo bīstamā zona, kā arī jāuzstāda attiecīgas drošības zīmes (skat. 1.13. att.), lai tiktu brīdināti nodarbinātie.

SECINĀJUMI

1. Šī darba hipotēze, ka elektromagnētiskā lauka radītais darba vides risks netiek pienācīgi apzināts un novērtēts ir apstiprinājies.
2. Saskaņā ar literatūras analīzi elektromagnētiskā lauka iedarbība uz nodarbinātajiem ir atkarīga no lauka frekvences, kā arī no lauka tipa: elektriskais lauks vai magnētiskais lauks. Tādējādi, lai izprastu elektromagnētiskā lauka principus ir jāpārzina galvenās fizikālās sakarības.
3. Darba vietā vienlaikus var būt ļoti daudz un dažādi elektromagnētiskā lauka avoti, tie arī var nebūt tieši saskatāmi un redzami (piemēram, aiz sienas esošs transformators vai elektrosadale, uz ēkas jumta esošas antenas), līdz ar to objektīva darba vides riska novērtēšana var būt complicēta un darbietilpīga.
4. Latvijā pašlaik nav pietiekošs normatīvo aktu regulējums, lai nodrošinātu pilnīgu nodarbināto aizsardzību pret elektromagnētiskā lauka iespējamo darba vides risku. Pašlaik Eiropas Savienība ir uzdevusi dalībvalstīm pārņemt likumdošanā direktīvas 2013/35/ES prasības, taču šī direktīva neaplūko nodarbināto aizsardzību pret elektromagnētisko lauku ilgtermiņā.
5. Lai matemātiski aprēķinātu elektromagnētiskā lauka līmeni ir jāpārzina galvenās fizikālās sakarības un ir nepieciešamas padziļinātas zināšanas matemātikā. Lai vienkāršotu aprēķinu veikšanu ir ērti izmantot dažādas skaitļošanas datorprogrammas.
6. Veicot dažādu darba vides situāciju analīzi no elektromagnētiskā lauka viedokļa, tiek konstatēts, ka vairumā gadījumu elektromagnētiskā lauka līmenis ir zems un nav nepieciešams veikt speciālus preventīvos pasākumus, taču ir svarīgi ar šo riska faktoru pilnvērtīgi iepazīstināt nodarbinātos. Nepietiekamu informētību par elektromagnētiskajiem laukiem pierāda aptaujas datu analīze.
7. Lai mazinātu elektromagnētiskā starojuma ietekmi ir iespējams veikt dažādus preventīvos pasākumus. Preventīvie pasākumi var būt gan tehniski gan organizatoriski.

PRAKTISKĀS REKOMENDĀCIJAS

Labklājības ministrijai būtu jāpārskata Latvijā esošais normatīvo aktu regulējums saistībā ar nodarbināto aizsardzību pret elektromagnētisko starojumu. Ir nepieciešams skaidri noteikt robežvērtības un darbības vērtības elektromagnētiskajam starojumam, kā arī skaidri noteikt kādos gadījumos ir jāveic obligātā veselības pārbaude saistībā ar elektromagnētisko starojumu.

Labklājības ministrijai būtu lietderīgi izstrādāt vai arī pārņemt kādas citas valsts vadlīnijas elektromagnētisko lauku risku novērtēšanai tādējādi sniedzot darba aizsardzības speciālistiem iespēju vienkārši un objektīvi novērtēt ar elektromagnētisko lauku saistīto darba vides risku.

Sabiedriskajām iestādēm un darba devējiem ir jāpievērš lielāka uzmanība darbinieku un sabiedrības kopumā informēšanai par elektromagnētisko starojumu un tā iespējamo ietekmi uz veselību un labklājību.

Lai novērstu elektromagnētiskā lauka radīto risku ir iespējams veikt dažādus organizatoriskus pasākumus, kā, piemēram, iekārtas pagaidu atslēgšana, ja ir jāveic īslaicīgs darbs pie iekārtām. Ja nav iespējams veikt nevienu citu preventīvo pasākumu, tad galējais variants ir veikt darba vietas ekranēšanu no elektromagnētiskā starojuma, vai arī speciāls elektromagnētiskā lauka ekranējošs apģērbs, bet šāda pasākuma izmaksas var jau būt vērtējamamas.

IZMANTOTĀ LITERATŪRA

- WHO handbook "Establishing a dialogue on risks from electromagnetic fields" Radiation and environmental health department of protection of the human environment, World health organization, Geneva, Switzerland 2002 ISBN 9241545712, 76. p.
- 1 TV, radio apraide [tiešsaite]. Pieejams:
2 http://www.lvrta.lv/lat/pakalpojumi/tv_radio_apraide_un_datu_parraide/
- 3 LMT tīkla pārklājums [tiešsaite] [atsauce 01.05.2015]. Pieejams: <http://karte.lmt.lv/#i3g>
- 4 Tele2 tīkla pārklājums [tiešsaite] [atsauce 01.05.2015] Pieejams:
5 <http://www.tele2.lv/info/parliecinoss-interneta-sniegums/>
- 6 Bite tīkla pārklājums [tiešsaite] [atsauce 01.05.2015]
Pieejams: http://www.bite.lv/lv/network_map
- 7 Augstsprieguma elektropārvades līnijas [tiešsaite] [atsauce 01.05.2015] Pieejams:
8 http://www.ast.lv/lat/parvades_tikls/32-parvades-tikls
- 9 Triatel tīkla pārklājums [tiešsaite]. [atsauce 01.05.2015] Pieejams: <http://www.triatel.lv/lv/par-triatel/parklajums-bezvadu-sakarjiem>
- 10 Aizsargjoslu likums "Latvijas Vēstnesis", 56/57 (771/772), 25.02.1997., "Ziņotājs", 6,
27.03.1997. [atsauce 01.05.2015] Pieejams: <http://www.likumi.lv>
- 11 Valsts izglītības satura centrs Interaktīvais apmācības disks fizikā [tiešsaite]. [atsauce
01.05.2015] Pieejams: http://www.dzm.lu.lv/fiz/IT/F_12/
- 12 **Jim Lucas** What Is Electromagnetic Radiation? Livescience March, 2015
- 13 **I. Dūmiņš** Elektība un magnētisms, RTU 2010. 66lpp
- 14 Darba vides iekšējās uzraudzības veikšanas kārtība. Ministru kabineta noteikumi Nr.660, Rīgā
2007.gada 2.oktobrī (prot. Nr.55 20.§), [atsauce 01.05.2015] Pieejams: <http://www.likumi.lv>
- 15 Kārtība, kādā veicama obligātā veselības pārbaude. Ministru kabineta noteikumi Nr.219, Rīgā
2009.gada 10.martā (prot. Nr.17 24.§), [atsauce 01.05.2015] Pieejams: <http://www.likumi.lv>
- 16 Noteikumi par obligāti piemērojamo energostandartu, kas nosaka elektroapgādes objektu
ekspluatācijas organizatoriskās un tehniskās drošības prasības. Ministru kabineta noteikumi
Nr.1041, Rīgā 2013.gada 8.oktobrī (prot. Nr.52 47.§), [atsauce 01.05.2015] Pieejams:
<http://www.likumi.lv>
- 17 Darba aizsardzības prasības drošības zīmju lietošanā. Ministru kabineta noteikumi Nr.400, Rīgā
2002.gada 3.septembrī (prot. Nr.37 17.§), [atsauce 01.05.2015] Pieejams: <http://www.likumi.lv>
- 18 GNU Octave [tiešsaite]. [atsauce 01.05.2015] Pieejams: <http://www.gnu.org/software/octave/>
- 19 Measuring and calculating EMFs [tiešsaite]. [atsauce 01.05.2015] Pieejams:
<http://www.emfs.info/what/measuring/>
- Power transmission towers [tiešsaite]. [atsauce 01.05.2015] Pieejams:
<http://www.hydroquebec.com/learning/transport/types-pylones.html>
- Rianne Stam** Comparison of international policies on electromagnetic fields
(power frequency and radiofrequency fields), Laboratory for Radiation Research, National

- Institute for Public Health and the Environment, the Netherlands, May, 2011, 13 p.
- 20 European Commission Eurobarometer Special No 347 June 2010
Eiropas Parlamenta un Padomes direktīva 2013/35/ES. Official journal of the European Union
- 21 [tiešsaite]. [atsauce 01.05.2015] Pieejams: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2013:179:0001:0021:EN:PDF>
- 22 WHO, Fact sheet Nr. 296 December 2005 [tiešsaite] [atsauce 01.05.2015] Pieejams:
<http://www.who.int/peh-emf/publications/facts/fs296/en/>
SEMTECH Calculating Radiated Power and Field Strength
- 23 for Conducted Power Measurements [tiešsaite]. [atsauce 01.05.2015] Pieejams:
http://www.semtech.com/images/promo/Semtech_ACS_Rad_Pwr_Field_Strength.pdf
ICNIRP guidelines for limiting exposure to time-varying
- 24 electric, magnetic and electromagnetic fields (up to 300GHz). 1998, Health Physics 74(4)
p.494-522 [atsauce 01.05.2015] Pieejams:
<http://www.icnirp.org/cms/upload/publications/ICNIRPemfgdl.pdf>

PIELIKUMS

1. pielikums

Mērījumu rezultāti

Mērījumu vieta	Diapazons	Rezultāts		
		mV/m	$\mu\text{W}/\text{m}^2$	% no 1999/519/EC (ICNIRP98)
1*	900	1173,900	3658,10	2,775
	1800	385,000	393,40	0,657
	2100	410,300	447,00	0,673
2*	900	158,700	66,85	0,375
	1800	60,040	9,57	0,101
	2100	26,530	1,84	0,043
3*	900	1169,700	3632,00	2,781
	1800	366,400	356,30	0,625
	2100	447,600	531,80	0,734
4*	900	2571,400	17550,00	6,074
	1800	249,800	165,70	0,427
	2100	147,700	57,91	0,242
5*	900	288,000	220,20	0,681
	1800	86,040	19,65	0,147
	2100	93,030	22,97	0,153
6*	900	38,530	3,94	0,092
	1800	16,500	0,70	0,028
	2100	30,320	2,44	0,05
7*	900	2641,000	18510,00	6,209
	1800	103,900	28,63	0,177
	2100	294,100	229,50	0,485
8*	900	1754,600	8171,80	4,138
	1800	635,100	1070,70	1,075
	2100	905,100	2174,60	1,484
9*	900	1526,900	6188,30	3,647
	1800	658,400	1150,60	1,123
	2100	1080,900	3101,10	1,772
10*	900	29,310	2,68	0,07
	1800	24,550	1,60	0,042
	2100	185,000	90,81	0,306
11*	900	69,630	12,87	0,168
	1800	10,800	0,31	0,018

	2100	285,500	216,30	0,471
12*	900	334,100	296,20	0,79
	1800	38,350	3,90	0,065
	2100	73,890	14,49	0,121
13*	900	817,000	1771,90	1,931
	1800	284,400	214,70	0,485
	2100	321,300	274,10	0,527
14*	900	293,300	228,30	0,693
	1800	315,200	263,80	0,533
	2100	150,700	90,30	0,247
15*	900	333,500	295,20	0,789
	1800	191,100	96,91	0,326
	2100	171,100	77,72	0,281
16*	900	225,600	135,10	0,534
	1800	117,600	36,71	0,201
	2100	127,300	43,00	0,209
17*	900	142,700	54,06	0,34
	1800	130,000	44,83	0,22
	2100	198,500	104,60	0,325
18*	900	126,900	42,75	0,303
	1800	134,500	48,01	0,227
	2100	112,000	33,30	0,184
19*	900	362,800	349,50	0,854
	1800	459,500	560,50	0,785
	2100	300,300	239,40	0,492
20*	900	332,300	293,10	0,787
	1800	911,200	2203,70	1,556
	2100	540,400	775,20	0,886
21*	900	136,300	49,30	0,322
	1800	172,300	78,79	0,291
	2100	77,040	15,75	0,126
22*	900	210,900	118,10	0,496
	1800	179,000	85,05	0,303
	2100	153,900	62,90	0,252
23*	900	126,300	42,32	0,252
	1800	120,000	38,25	0,203
	2100	73,570	14,37	0,121

Maģistra darbs „*Elektromagnētiskā lauka radītais darba vides risks un preventīvie pasākumi*” izstrādāts LU Ķīmijas fakultātē.

Ar savu parakstu apliecinu, ka pētījums veikts patstāvīgi, izmantoti tikai tajā norādītie informācijas avoti un iesniegtā darba elektroniskā kopija atbilst izdrukai.

Autors: Alberts Dambis

Rekomendēju darbu aizstāvēšanai

Vadītāja: profesore LU asoc. Prof., Dr.med. Ženija Roja

Recenzents: Dr. med. prof. Arnis Vīksna

Darbs iesniegts Ķīmijas fakultātē

Dekāna pilnvarotā persona: Vija Gutāne

Darbs aizstāvēts profesionālās maģistru studiju programmas „Darba vides aizsardzība un ekspertīze” gala pārbaudījuma komisijas sēdē

. prot. Nr. , vērtējums

Komisijas sekretāre: