



**VYTAUTO DIDŽIOJO UNIVERSITETAS**  
**GAMTOS MOKSLŲ FAKULTETAS**  
**APLINKOTYROS KATEDRA**

**Tomasz Jozef Olszewski**

**ELEKTROMAGNETINIŲ LAUKŲ APŠVITA DARBE IR JŲ KELIAMA  
RIZIKA MIOKARDO INFARKTUI**

**Magistro baigiamasis darbas**

Aplinkosaugos organizavimas, valstybinis kodas 62103B102

Ekologija ir aplinkotyra

**Vadovė** prof.habil.dr. Regina Gražulevičienė \_\_\_\_\_  
(Moksl. laipsnis, vardas, pavardė) (parašas) (data)

**Apginta** \_\_\_\_\_  
(GMF dekanas) (parašas) (data)

Kaunas, 2009

# TURINYS

SANTRAUKA .....	3
SUMMARY .....	4
ĮVADAS .....	5
1. LITERATŪROS APŽVALGA .....	7
1.1. Elektromagnetinės apšvitos šaltiniai ir charakteristika .....	7
1.2. Elektromagnetinės spinduliuotės poveikis žmogaus sveikatai .....	11
1.2.1. Biologinis elektromagnetinės apšvitos poveikis .....	14
1.2.2. Elektromagnetinės apšvitos darbo aplinkoje poveikis žmogaus sveikatai .....	15
1.3. Elektromagnetinės spinduliuotės standartai ir poveikio mažinimo būdai .....	19
1.4. Elektromagnetinės spinduliuotės poveikio žmonių sveikatai tyrimo metodai .....	27
2. DARBO TIKSLAS IR UŽDAVINIAI .....	31
3. TYRIMŲ METODIKA .....	32
4. DARBO REZULTATAI IR JŲ APTARIMAS .....	37
4.1. Elektromagnetinės spinduliuotės įtaka miokardo infarkto rizikai .....	37
4.1.1. Profesinių kategorijų, patiriančių elektromagnetinių laukų įtaka miokardo infarkto rizikos tyrimas .....	40
4.2. Elektromagnetinės spinduliuotės stipris kompiuterizuotose darbo vietose .....	44
4.2.1. Elektromagnetinės spinduliuotės poveikis naudojant senus kompiuterius .....	44
4.2.2. Elektromagnetinės spinduliuotės poveikis naudojant naujus kompiuterius .....	47
4.3. Aukštos įtampos elektros perdavimo linijų sukuriamas elektromagnetinis laukas .....	49
4.4. Rezultatų aptarimas .....	56
IŠVADOS .....	60
LITERATŪROS ŠALTINIAI .....	61

## SANTRAUKA

Spartus žmonių augimas, naujų pramonės šakų sukūrimas bei technologijų plitimas sukėlė naujų darbuotojų sveikatos priežiūros problemų. Labai sparčiai didėja elektromagnetinė apšvita, kuri yra priskiriama fizikinei taršai.

Elektromagnetinius laukus sukuria aukštos įtampos perdavimo linijos, elektrifikuoti geležinkeliai, žemos įtampos elektros tinklai, televizijos bei radijo ryšio, mobiliojo ryšio, buitiniai elektriniai prietaisai. Žmonės gyvena ir dirba aplinkoje, kurioje yra nuolat veikiami įvairiomis kryptimis sklindančių elektromagnetinių laukų.

Elektromagnetinių laukų įtakos sergamumo miokardo infarktui išaiškinimas yra labai svarbus, todėl šio darbo tikslas nustatyti spinduliuotės stiprį kompiuterizuotose darbo vietose, iširti ar ilgalaikė elektromagnetinė spinduliuotė darbo aplinkoje turi įtakos miokardo infarkto rizikai ir aptarti prevencijos priemones.

Nustatant profesijų rizika naudoti 1997-2005 m. sveikatos monitoringo duomenų bazę, sukaupia KMU Kardiologijos institute. Tirta elektromagnetinių laukų keliami rizika susirgti pirmuoju miokardo infarktu tarp darbuotojų, kurie buvo veikiami elektromagnetinių laukų darbe ir kurie jais nebuvo veikiami. Tuo tarpu vertinant kompiuterizuotoje darbo vietoje EML dydį, naudoti duomenys UAB „SDG“ *Profesinės rizikos vertinimo departamento*, atliktais matavimais prie senų kompiuterių ir atlikau matavimus elektromagnetinių laukų juos pakeitus į naujus. Tiriant aukštos įtampos elektros linijų EML apšvitos dydį, buvo išmatuoti aukštos įtampos laidų skleidžiama spinduliuotė (110 kilovoltų orinė elektros tiekimo linija) nuo Kauno marių iki Partizanų gatvės.

Tyrimo metu atvejų grupę sudarė 25 – 64 metų Kauno miesto vyrai, sergantys pirmuoju miokardo infarktu ir gydyti ligoninėse. Didžiausia įtaka susirgti miokardo infarktu turėjos labai aukštas arterinis kraujospūdis ( $\geq 160/100$  mm Hg), kuris rizika susirgti didino daugiau kaip 5 kartus. Elektromagnetiniai laukai darbe didino rizika daugiau kaip 2 kartus.

VDU Gamtos mokslų fakulteto, Aplinkotyros katedros kompiuterizuotose darbo vietose, tiek naudojant seną įrangą ir ją pakeitus į naujus kompiuterius, elektrinio lauko stipris ir magnetinio srauto tankis 5 kHz – 2 kHz ir 2 – 400 kHz dažnių ruožuose neviršijo Lietuvos techninėje normoje TN 01:1998 nustatytų verčių.

Aukštos įtampos elektros perdavimo linijų elektromagnetiniai laukai mažėja tolstant nuo linijos. Elektrinis laukas viršija leistinas normas Partizanų gatvėje kai kuriose vietose iki 2 kartų.

# **Irradiance of electromagnetic fields at work and their risks to human myocardial infarction**

## **SUMMARY**

Rapid growth of population, creation of new branches of industry and spread of technology caused new problems related to the treatment of employees' health.

The electromagnetic fields (EMF) are created by high-voltage transmission lines, electrified railway, low-voltage electricity wires, television, radio, mobile communications and domestic electric appliances. The environment, in which people live and work, constantly affects them by the EMF spreading into different directions.

The impact of the EMF is very important in explaining the reasons of morbidity of myocardial infarction. Therefore, the aim of this paper is to establish the intensity of electromagnetic exposure in computer-assisted environment, to investigate whether long-term exposure in the working place causes the risk of myocardial infarction and finally to discuss the devices for risk reduction.

The occupational risk was determined by the use of 1997-2005 health monitoring data base, collected in the KMU Institute of Cardiology. The risk of having the first myocardial infarction among workers, affected and not affected by the EMF, was investigated. The extent of the EMF in the computer-assisted environment was estimated with help of data taken from *UAB „SDG“ Profesinės rizikos vertinimo departamentas*. The data was also achieved by the measurement of the EMF in the environment with old computers and the new ones respectively. During the investigation of the irradiance of the EMF in high-voltage transmission lines, the exposure of high-voltage transmission lines (110 kilovolts electricity supply airy line) from Kauno marios to Partizanų street was measured.

The investigated group consisted of men living in Kaunas (age 25-64) who suffered from the first myocardial infarction and were healed in hospitals. The greatest impact for myocardial infarction had very high arterial blood pressure ( $\geq 160/100$  mm Hg), which enlarged the possibility of being ill for more than 5 times. EMF in the working places enlarged the possibility of being ill more than twice.

In VMU Faculty of Natural Sciences, in the computer-assisted environment in Department of Environmental Sciences, the intensity of the EMF and the magnetic stream density in the rate sectors 5 kHz – 2 kHz and 2 – 400 kHz did not exceed established valuations of technical norms of Lithuania TN 01:1998 (results achieved with old devices and new computers respectfully).

The EMF of high-voltage transmission lines declines further from the line. The EMF exceeds permissible norms twice in some places of the Partizanų street.

## IVADAS

Spartus urbanizacijos augimas, naujų pramonės šakų sukūrimas, darbo automatizavimas bei kompiuterizavimas kelia naujas darbuotojų sveikatos priežiūros problemas, keičia profesinių ligų struktūrą bei paplitimą. Besikeičiantis darbo pobūdis sumažino „tradicinių“ profesinių ligų dalį, bet padidėjo – su darbu susijusių patologijų paplitimas – tai kaulų, ir raumenų sistemos pažeidimai, streso sukeltos ligos, profesinės onkologinės ligos. (Ustinavičienė, Obelinis, Ereminas, 2004)

Sparčiai didėja elektromagnetinė apšvita darbe, priskiriama fizikinei taršai. Lietuvoje apie šią nejonizuojančiąją spinduliuotę mažai kalbama nors ji yra ne mažiau pavojinga nei cheminė ar biologinė tarša.

Dažnai elektromagnetinių laukų poveikį vadiname spinduliuote ar apšvita. Yra įvairių dažnių ir bangos ilgio elektromagnetinių laukų: radijo ir televizijos stočių (dažniausiai tai ilgos bangos, kartais vadinamos metrinėmis), mobiliųjų telefonų, kompiuterių skleidžiami, elektros energijos perdavimo linijų ir kt.

Elektromagnetiniai laukai supa mus buityje: šaldytuvai, televizoriai, plaukų džiovintuvai, mobilieji telefonai; darbe ir gyvenamojoje aplinkoje: mašinos, troleibusai, traukiniai, aukštos įtampos laidai. Bangos jungiasi vienos su kitomis ir sudaro sudėtingą sistemą, kuri yra pavojingesnė nei veikdama kiekviena atskirai. Taip susikuria gamtinis fonas, kuriame mes gimstame, dirbame ir ilsimės.

Atmosferoje nuolat veikia galingas saulės generatorius, kuris prie Žemės paviršiaus sukuria  $130 \text{ V/m}^2$  nuolatinį elektros lauką. Elektros išlydžiai atmosferoje kuria kintamus įvairaus dažnio elektromagnetinius laukus. Šie laukai veikia žmones, nes jie sudaryti iš įelektrintų dalelių – poliarizuotų molekulių, jonų, elektronų. Pagrindinis EML poveikio mechanizmas yra elektrinė ląstelių poliarizacija. Elektromagnetiniai laukai veikia mūsų nervų sistemą. Jie turi įtakos kraujo krešėjimui, kraujospūdžiui, širdies darbui ir reakcijos trukmei (Grigas, 2007).

Pasaulio sveikatos apsaugos organizacija (PSO) 1996 m. pradėjo EML tarptautinį projektą. Dabartiniu metu jame dalyvauja 40 pasaulio šalių. Šio projekto tikslas – nustatyti ar yra pavojinga elektromagnetinė aplinkos tarša žmogui, kokio dydžio ji kelia pavojų ir kaip tą pavojų galima sumažinti.

Tyrimai parodė, kad nėra vienareikšmės nuomonės, tačiau akivaizdu, kad aukštų dažnių (30 – 3000 MHz) elektromagnetiniai laukai turi žalingą poveikį sveikatai. Kai kurie žmonės, yra jautrūs elektromagnetiniams laukams, dėl to patiriamas stresas, galvos skausmai, kraujagyslių bei širdies veiklos sutrikimai, nemiga. Yra duomenų, kad EML gali didinti miokardo infarkto riziką.

Miokardo infarktu vadinama ūminė širdies liga, kuri pasireiškia sutrikus vainikinei kraujotakai (užtrukus spazmui, įvykus trombozei arba kai dėl aterosklerozės susiaurėjusi arterija

negali pakankamai išsiplėsti). Liga pasireiškia širdies raumens dalies nekroze, audringa organizmo reakcija į ją ir širdies nepakankamumu (Žiugžda, 1995).

Kai kurios profesijos yra susijusios su didesne EML apšvita, tarp jų elektrikai, kompiuterių specialistai, radioinžinieriai ir kitos, tačiau duomenų apie šių profesijų keliamą riziką miokardo infarktui, yra nedaug paskelbta.

Šiame darbe nagrinėtas, elektromagnetinės spinduliuotės pobūdis, jos šaltiniai darbe, buityje ir gyvenamojoje aplinkoje. Taip pat tirta kokią poveikį elektromagnetiniai laukai gali turėti miokardo infarkto rizikos padidėjimui tarp įvairių profesijų darbuotojų. Darbo eigoje buvo išmatuota elektromagnetinė spinduliuotė kompiuterizuotose darbo vietose ir gyvenamojoje aplinkoje šalia aukštos įtampos laidų. Darbe pateiktos priemonės galinčios sumažinti sveikatai keliamą riziką nuo elektromagnetinių laukų poveikio.

# 1. LITERATŪROS APŽVALGA

## 1.1. Elektromagnetinės apšvitos šaltiniai ir charakteristika

Elektromagnetinė apšvita – tai elektromagnetinio lauko virpesiai (tarpusavyje susiję sūkuriniai ir magnetiniai laukai) sklindantys erdvėje. Elektromagnetiniai laukai atsiranda kintant elektros krūviams. (<http://distance.ktu.lt/kursai/buitis/etb.htm>)

Mes gyvename apsupti visomis kryptimis sklindančių įvairiausio ilgio (dažnio) elektromagnetinių laukų (EML), kurie sklisdami erdvėje neša aktyvią energiją. - elektromagnetinę spinduliuotę.

Žemė ir atmosfera turi skirtingus krūvius: Žemė neigiamą (-), atmosfera teigiamą (+). Judant skirtingų krūvių jonams, susidaro *vertikalinė elektros srovė*, nukreipta į Žemės paviršių. (<http://www.nac.mf.vu.lt/atsisiusti/mokslai/paskaitos/visuomenes%20sveikata/Higiena.doc>)

Visi mus supantys elektriniai prietaisai yra didesnio ar mažesnio intensyvumo elektromagnetinės apšvitos šaltiniai. Be to, elektromagnetinės spinduliuotės poveikis dažniausia nėra betarpiškai jaučiamas, todėl į šį faktorių kreipiamas mažesnis dėmesys negu į tiesiogiai juntamus veiksnius – vibraciją triukšmą ir pan.

([http://www.kompirsveikata.lt/4\\_skyrius/index.html](http://www.kompirsveikata.lt/4_skyrius/index.html))

Elektromagnetinė (EM) spinduliuotė charakterizuojama šiais dydžiais:

1. Elektrinio lauko stipriu  $E$  – V/m (voltai į metrą).
2. Magnetinio lauko stipriu  $H$  – A/m (amperai į metrą)
3. EM bangų galios srautas (energijos srauto tankis)  $P$  – W/m<sup>2</sup> (vatai į kv. metrą).

Kiekviena elektromagnetinės spinduliuotės rūšis turi savo specifiką, nepaisant bendrų bruožų charakterizuojančių visus elektromagnetinius laukus. Elektromagnetiniai laukai skiriasi bangų ilgumu ir dažniu, turi įvairius skirtumus, todėl EML yra naudojami žmogaus ūkinėje veikloje. Ilgiausios bangos (radijo bangos) skirtos radijo ryšiui perduoti, trumpesnės bangos skirtos satelitinei ir paprastai televizijai.

(<http://www.mojaenergia.pl/strony/1/i/227.php>)

Elektromagnetinės spinduliuotės šaltiniu gali būti:

1. Biologinė EM apšvita:
  - Žmogaus kūnas 100W infraraudonųjų spindulių generatorius, tai yra apytiksliai spinduliuoja 0,5 mW/cm<sup>2</sup>,
  - Planktonas – matoma šviesa spinduliuoja 0,1 mW/cm<sup>2</sup>,
  - Elektrinis ungurys (500 V įtampa, 1 A srovė) 500W, dešimtys Hz- išspinduliuoja 70 mW/cm<sup>2</sup>.

([www.bazinstotis.lt/templates/files/tiny\\_mce/Konferencijos\\_pranesimai/Elektromagnetines%20ba ngos%202008%2009%2005.ppt](http://www.bazinstotis.lt/templates/files/tiny_mce/Konferencijos_pranesimai/Elektromagnetines%20ba ngos%202008%2009%2005.ppt))

2. Gamtiniai apšvitos šaltiniai: Žemės uolienos, augalai, gyvūnai, anglis–14, žmogaus organizmas, kosminiai spinduliai ir pan. Žemės spinduliuotė labai skiriasi ir priklauso nuo vietovės. Vienas Lietuvos gyventojas vidutiniškai per metus gauna 0,5 mSv apšvitos dozę dėl grunto spinduliuotės. Netgi geriamojo vandens sudėtyje gali būti radioaktyviųjų medžiagų, visų pirma radono, todėl vandenį iš gręžinių būtina kontroliuoti.

([http://www.ff.vu.lt/biophotonics/knyga3/knyga1\\_18.html](http://www.ff.vu.lt/biophotonics/knyga3/knyga1_18.html))

**1. lentelė. Gamtiniai elektromagnetinės apšvitos šaltiniai.**

Šaltinis	Galios srautas į objektą	Šaltinio galia	Pastabos
Visata-gigantiška mikrobangų krosnelė	Labai mažas, intensyviausias ties 2,8 GHz	-	Kosminiai kūnai spinduliuoja beveik visame EM spektre
Saulė	IR ir matomame diapazone - 100 mW/cm <sup>2</sup>	Labai didelė	-
Žaibas	Radio diapazone pakankamai didelis	~10 MW (107W)	-

3. Pramoninė ir buitinė elektromagnetinė apšvita:

- Elektros tinklas,
- Elektros varikliai,
- Automobilių variklių aukštos įtampos grandinės, elektronika,
- Televizoriai (kineskopiniai televizoriai spinduliuoja netgi Rentgeno spindulius,
- Kompiuteriai (dažnis iki kelių GHz),
- Mikrobangės krosnelės – galia apie 1 kW, spinduliuoja į išorę apie 5 mW/cm<sup>2</sup> keleto cm atstume nuo korpuso, dažnis 2,4 GHz,
- Radijo siųstuvai – galia nuo 10 mikroW iki šimtų kW, dažnis nuo 10 kHz iki šimtų GHz.

([www.bazinstotis.lt/templates/files/tiny\\_mce/Konferencijos\\_pranesimai/Elektromagnetines%20ba ngos%202008%2009%2005.ppt](http://www.bazinstotis.lt/templates/files/tiny_mce/Konferencijos_pranesimai/Elektromagnetines%20ba ngos%202008%2009%2005.ppt))

Elektromagnetinės spinduliuotės šaltiniai naudojami ne tik įvairiose pramonės šakose, medicinoje, radijo ir televizijos prietaisų priežiūroje, bet ir buityje (mikrobangų krosnelės, elektrinės viryklės, apsaugos sistemose ir pan.). Elektromagnetinės spinduliuotės šaltinių taikymo sritys pateikiamos 1.2 lentelėje.



1.2 lentelė. Elektromagnetinės spinduliuotės šaltinių taikymo sritys (Urbonas, Mačiūnas, 2004)

Taikymo sritis	Taikymo paskirtis, technologinis procesas
Telekomunikacija	Radijo, televizijos transliacija, telegrafas, telefonas, internetas, viešasis judrusis bevielis radijo ryšys, radijo relinės duomenų perdavimo linijos
Radionavigacija	Jūrų, oro transportas, kosminių skrydžių valdymas
Radiolokacija	Radiolokatorių ir lazerių sistemos
Medicina	Diatermija, piktybinių auglių šalinimas, užšaldytų organų atšildymas transplantacijai, laboratorinių ampulių pašildymas sterilizacijai, fermentų inaktyvacija eksperimentinių gyvuliukų audiniuose
Pramonė	Plastikinių, medinių detalių sujungimas, maisto gaminimas, popieriaus, tekstilės ir stiklo gaminių džiovinimas, gaminių iš kaučiuko gamyba
Metalurgija	Grūdinimas, presavimas, lydymas, virinimas, litavimas, išdeginimas
Mokslo ir įvairios paskirties prietaisai	Prietaisai drėgmei matuoti, prietaisai kliūtims aptikti, signalizacijos sistemos
Kitos taikymo sritys	Taškinis kontaktinis virinimas puslaidininkių gamyboje, metalinių detalių sujungimas su stiklinėmis

Buitinių prietaisų elektromagnetinė apšvita priklauso nuo pačio prietaisų techninės būklės bei savybių. Elektromagnetinės apšvitos galingumas silpnėja didėjant atstumui nuo prietaiso. Dažniausiai naudojamų butyje prietaisų elektromagnetinio lauko parametrų reikšmių priklausomybė nuo atstumo pateikiama 1.3 lentelėje.

1.3 lentelė. Elektrinių buities prietaisų elektromagnetinis laukas (Urbonas, Mačiūnas, 2004)

Prietaiso pavadinimas	Elektrinė dedamoji, $V_{xm-1}$	Magnetinė dedamoji, $\mu T$			
		Atstumas			
		30 cm	3 cm	30 cm	1 m
Spalvotasis televizorius	30	2,5 - 50,0	0,04 - 2,00	0,010 - 0,150	
Dulkių siurblys	16	200,0 - 800,0	2,00 - 20,00	0,130 - 2,000	
Lygintuvas	60	8,0 - 30,0	0,12 - 0,30	0,010 - 0,025	
Plaukų džiovintuvas	40	6,0 - 2000,0	0,01 - 7,00	0,010 - 0,300	
Elektrinis maišytuvas	50	60,0 - 700,0	0,60 - 10,00	0,020 - 0,250	

*Pastaba:* 1  $\mu T$  lygi apytiksliai 0,8  $A_{xm-1}$

Toks principas kaip aprašytas lentelėje 1.3 gali būti pritaikytas ir radiotechniniams spindulių šaltiniams, pvz., radijo ir televizijos stotims, radariniams įrenginiams. Pagal spinduliuojamą galingumą elektromagnetinės apšvitos šaltinius galim suskirstyt į aukštos, vidutinio ir žemo galingumo šaltinius. Pavyzdžiui, radijo ir televizijos stočių elektromagnetinės apšvitos galia yra

kelios dešimtys kilovatų (dažniausiai apie 50 kW), o radijo telefonų – tik keli vatai ar dar mažiau. (Urbonas, Mačiūnas, 2004)

Elektromagnetinės apšvitos šaltiniai taip pat gali būti skirstomi pagal spinduliuojamų laukų konfigūraciją, jų erdvinį išdėstymą. Į tai atsižvelgiama parenkant elektromagnetinės spinduliuotės šaltinių vietą, nustatant saugias, sanitarines apsaugas, ribinio užstatymo zonas. (Urbonas, Mačiūnas, 2004)

Žmogaus veiklos sukurtus EML šaltinius galima suskirstyti į tris grupes:

- Pirmoji – tai įvairiose gamybos ar buities srityse kylantys EML laukai, kaip parazitiniai reiškiniai;
- Antroji – tai įvairių dažnių ne radiotechninės paskirties EML šaltiniai;
- Trečioji – radiotechninės paskirties šaltiniai arba radijo siųstuvai.

Pirmai grupei gali būti priskiriamos savaime išelektrinančios medžiagos pvz.. sintetiniai drabužiai. Nustatyta, kad išelektrinę sintetiniai drabužiai gali sukelti net kelių dešimčių KV/m stiprumo elektrinius laukus.

Antrai grupei gali būti priskiriami stiprūs nuolatiniai elektriniai laukai (pvz.. ties nuolatinės aukštos įtampos reikalaujančiais įrenginiais, elektriniame transporte, elektrogalvaniniuose cechuose, prie elektros suvirinimo aparatų).

Nuolatinės srovės sukuria nuolatinius stiprius magnetinius laukus. Apie laidus kuriais teka šimtų ir tūkstančių amperų srovė, susidaro stacionarus šimtų A/m stiprumo laukas. Jis nėra ryškiai juntamas bet srovę įjungiant ar išjungiant, tas laukas staigiai kinta ir arti esančiose grandinėse gali indukuoti stiprias antrines sroves.

Taip pat šiai grupei priskiriami pramoninio dažnio (50/60 Hz) įrenginiai. Šių dažnių EML bangų ilgis yra labai didelis 6000 km kai dažnis 50 Hz ir 5000 km kai dažnis 60 Hz. Dažnis 60 Hz naudojamas Jungtinėse Amerikos Valstijose. Pramoninio dažnio šaltiniai yra elektros generatoriai, aukštos ir žemos įtampos perdavimo linijos.

([http://www.vsv.lt/mokymas/Elektromagnetiniu\\_lauku/1918.html](http://www.vsv.lt/mokymas/Elektromagnetiniu_lauku/1918.html))

Mokslo ir technikos srityse naudojamos įvairūs elektromagnetinių bangų spinduliuotės spektras (1.4 lent.).

#### 1.4 lentelė. Tarptautinė elektromagnetinių bangų klasifikacija pagal dažnius

Dažnių diapazonas		Bangos ilgio diapazonas	
Pavadinimas	f ribos	Pavadinimas	l ribos
Infražemas	3 – 30 Hz	Dekamegmetrinis	100 – 10 Mm
Superžemas	30 – 300 Hz	Megmetrinis	10 – 1 Mm
Ultražemas	0,3 – 3 kHz	Hektokilometrinis	1000 – 100 km

Labai žemas	3 – 30 kHz	Miriametrinis	100 – 10 km
Žemas	30 – 300 kHz	Kilometrinis	10 – 1 km
Vidutinis	0,3 – 3 MHz	Hektometrinis	1 – 0,1 km
Aukštas	3 – 30 MHz	Dekametrinis	100 – 10 m
Labai aukštas	30 – 300 MHz	Metrinis	10 – 1 m
Ultraaukštas	0,3 – 3 GHz	Decimetrinis	1 – 0,1 m
Superaukštas	3 – 30 GHz	Centimetrinis	10 – 1 cm
Ekstremaliai aukštas	30 – 300 GHz	Milimetrinis	10 – 1 cm
Hiperaukštas	300 – 3000 GHz	Decimilimetrinis	1 – 0,1 mm

([http://www.biotronika.lt/straipsniai/elektromagnetines\\_bangos\\_ir\\_ju\\_poveikiai.php](http://www.biotronika.lt/straipsniai/elektromagnetines_bangos_ir_ju_poveikiai.php))

## 1.2. Elektromagnetinės spinduliuotės poveikis žmogaus sveikatai

Elektromagnetinių laukų poveikio gyviesiems organizmams tyrimai pradėti visai neseniai. Šiuo metu tai yra labai dinamiška mokslinių tyrimų sritis, apimanti fizikos ir biologijos mokslus (Stavrolaukis, 2003).

Mus supa vis įvairesnė elektroninė aparatūra. Greitu tempu vystantis mokslui ir technikai, atsirado ir greitai paplito įvairūs dirbtinės spinduliuotės šaltiniai, susidarę dėl nuolatinės pramonės, mokslo, medicinos aparatūros poveikio. Tai toki prietaisai kaip televizija, radiolokacija, aukštos įtampos linijų laidai, telegrafas, telefonas, radijas, kompiuteriai, pramoninė ir buitinė elektronika – mikrobanginės krosnelės, dulkių siurbliai, elektrinės viryklės, šaldytuvai, lygintuvai ir kt. Taip pat prie visų šių prietaisų reikėtų priskirti ir medicinos praktikoje naudojamus diagnostikoje bei terapijos aparatus. (Ambrozaitis, 2000)

Elektromagnetinės spinduliuotės poveikio žmogaus organizmui standartai, devintojo dešimtmečio pabaigoje suformuluoti Amerikos Nacionalinio standartų instituto, IEEE (*Institute of Electrical and Electronic Engineers*) ir kitų organizacijų, rėmėsi prielaida, kad nejonizuojančioji spinduliuotė gali veikti audinius tik dėl juose išsiskiriančios šilumos. Anot IEEE/ANSI C95.1-1991 standarto, kiekybiškai galima įvertinti elektromagnetinės spinduliuotės poveikį tik visam žmogaus kūnui, bet ne jo atskiriems organams ar kūno dalims, tarkim - galvai (kai šnekame mobiliuoju telefonu). Šiais standartais vadovaujamosi skaičiuojant didžiausias leistinas išsiskiriančios šilumos normas žmonėms, dirbantiems šalia elektromagnetinio spinduliavimo šaltinių, pvz., kareiviams bei jūreiviams, aptarnaujantiems radarus, ar technikams, prižiūrintiems pagrindines mobiliojo korinio ryšio stotis. Jų reikalavimų laikosi antenų bokštų projektuotojai, kad praeiviai būtų apsaugoti nuo perteklinio spinduliavimo poveikio. (<http://rtn.elektronika.lt/rtn/0301/mobilieji.html>)

Elektromagnetinių laukų poveikis žmogaus organizmui priklauso nuo elektromagnetinio srauto galios tankio, elektromagnetinių bangų dažnio, ekspozicijos laiko, elektromagnetinės

energijos sugėrimo paviršiaus ploto, individualių organizmo savybių bei aplinkos sąlygų (temperatūros, oro taršos ir kt.) (Mickūnas, 1997).

Taigi, elektromagnetiniai laukai gali priversti mūsų kūno molekules ir jonus judėti, keisti orientaciją ar pasiskirstymą. Jie gali keisti cheminių reakcijų greitį ir molekulių gebėjimą prasiskverbti pro ląstelės membraną. Be to, jei turime šaltinių, generuojančių stačiašlaičius elektromagnetinės energijos impulsus, dėl įelektrintų dalelių judėjimo patys audiniai gali pradėti spinduliuoti ir komplikuoti bei stiprinti spinduliavimo poveikį.

<http://rtn.elektronika.lt/rtn/0301/mobilieji.html>

Mokslinėje literatūroje apie elektromagnetinės apšvitos poveikį žmogui prieštaringų duomenų yra labai daug. Į šį klausimą sunku atsakyti vienareikšmiškai, nes mus kartu veikia daugelis aplinkos veiksnių, kurie dažnai vienas nuo kito priklauso. Tačiau yra neginčijamų faktų apie elektromagnetinių laukų žalingus biologinius poveikius. Pripažinta, kad elektromagnetiniai laukai sukelia neurasteniją, galvos skausmus, nerimą, impotenciją, kad policininkai, naudojantys greičio kontrolės radarus, dažniau patiria infarktus. (Grigas, 2004)

Veikiančią natūralia dirbtinės elektromagnetinės spinduliuotės energija galima vertinti dvejopai. Viena vertus, ji tarnauja visuomenei – atlieka didžiulį darbą mokslo, technikos srityje, palengvina žmogaus buitį. Didžiuliu mastu taikoma medicinoje įvairioms ligoms diagnozuoti bei gydyti. Vienu iš tradicinių gydymo metodų tapo diatermija gydant raumenų spazmus, audinių uždegiminius procesus. Elektroporacijos pagrindą sudaro galimybė patekti kai kurioms cheminėms medžiagoms į audinių ląsteles per jų membraną. Manoma, kad tokiu būdu lengviau patekti preparatai nuo vėžio gydymo būdais: spinduliniu gydymu, chemoterapija. Taip pat yra galimybė onkologinius ligonius gydyti vadinamosios magnetoterapijos būdu, generuojant neaukšto dažnio magnetinius laukus. Jiems veikiant pagerėja bendra savijauta, pranyksta skausmai. (Ambrozaitis, 2000)

Nedidelio stiprumo elektromagnetiniu lauku galima stimuliuoti žmogaus imuninę sistemą. Be to, jau įprasta naudoti rentgeno spinduliuotę diagnozuojant ligas bei ultravioletinį spinduliavimą kosmetologijoje. Be abejo, minėtais atvejais elektromagnetinė spinduliuotė naudojama prižiūrint kvalifikuotam gydytojui ar medicinos personalui. (Urbonas, 1998)

Su žmonių apšvita susijusių kenksmingų sveikatai padarinių rizikos kiekybinis vertinimas pradėtas 1950 m. Bent koks apšvietimo padidėjimas yra sietinas su sveikatos pokyčių rizika ir gali turėti nepageidaujamų padarinių realizuojant labai brangius gamtos saugos reikalavimus. Apšvietimo poveikis sveikatai tyrimas yra sudėtingas, kadangi iki šiol nėra nustatyta specifinių žymeklių, rodančių jog susirgimas sietinas su jos poveikiu. Dėl tos priežasties buvo ieškoma kitų būdų spinduliuotės poveikiui vertinti. Šiuo metu tuo tikslu yra vertinama rizika. Žinyuose sukaupta daug

informacijos apie navikų ir paveldimųjų ligų riziką priklausomai nuo apšvitos lygio, lyties, amžiaus ir kt. (Nedveckaitė, 2004)

Elektromagnetinius laukus skleidžia buitiniai prietaisai, elektriniai traukiniai, troleibusai, o taip pat ir mūsų pačių organizmas. Svarbu nepamiršti, kad elektromagnetinė apšvita nėra mums svetima, kadangi matoma šviesa, kuri mus supa, yra sukuriama iš elektromagnetinių bangų. (Bieńkowski, 1998)

Kai kuriuose šaltiniuose rašoma, kad nespecifinio poveikis žmogaus organizmui nėra visiškai aiškus ir įrodytas. Tačiau, pagal atliktų eksperimentinių tyrimų duomenis, laboratorinių gyvūnų organizme, veikiant elektromagnetiniams laukams, vyksta sekantys procesai: ([http://www.vsv.lt/mokymas/Aplinka\\_ir\\_sveikata/606.html](http://www.vsv.lt/mokymas/Aplinka_ir_sveikata/606.html))

- kalcio skverbimosi per ląstelių membranas sulėtėjimas;
- melatonino sintezės pakitimai,
- kraujo sudėties pokyčiai;
- elektroencefalogramos bangų kitimai;
- sensomotorinės reakcijos laiko prailgėjimas;
- akustiniai fenomenai.

Stiprus elektromagnetinis laukas gali turėti įtakos žmonių sveikatai. Su didesniu poveikiu susiduria kai kurių profesijų darbuotojai, aptarnaujantys radiolokacines stotis, aukšto dažnio generatorius, elektros perdavimo linijas, radiotechninius įrenginius. Šiais atvejais didelio tankio elektromagnetinė spinduliuotė gali paveikti jautresnes žmogaus audinių struktūras. Jautresni elektromagnetinės spinduliuotės šiluminiam poveikiui yra akies audiniai, centrinė nervų sistema, vyriškos sėklidės, dėl ilgalaikio poveikio gali pakisti kraujas. Darbo aplinkoje kenksmingo elektromagnetinio lauko poveikio išvengiama ekranuojant spinduliuotės šaltinius, įrengiant distancinio valdymo įtaisus bei dėvint apsauginius darbo drabužius, apsauginius akinius. Be to, specialistai, aptarnaujantys elektromagnetinės spinduliuotės šaltinius, periodiškai privalo tikrintis sveikatą, dalyvaujant terapeutui, oftalmologui, neurologui, tirti kraują (Urbonas, 1998).

Miokardo infarktas – tai miokardo nekrozė, išsivysčiusi dėl užsitęsusios išemijos, padidėjusio kraujo krešėjimo. Tai viena sunkiausių išeminės širdies ligos formų ir viena dažniausių mirties priežasčių išsivysčiusiose šalyse. Todėl svarbu žinoti šią patologiją skatinančius veiksnius ir imtis atitinkamų priemonių.

(<http://www.medicine.lt/index.php?pagrid=leidiniai&subid=gm&strid=77>)

Epidemiologai, nagrinėję šios ligos paplitimo priežastis visuomenėje, iškėlė hipotezę, kad egzistuoja priklausomybė tarp elektromagnetinės apšvitos darbo aplinkoje, aukštos įtampos laidų gyvenamojoje aplinkoje ir ligos paplitimo dažnio.

Elektromagnetinės spinduliuotės poveikis žmogaus sveikatai yra labai įvairus, todėl šiame darbe pasistengsiu išnagrinėti, kas yra elektromagnetiniai laukai ir jos šaltiniai darbe, ir buityje, kokį poveikį gali turėti miokardo infarkto rizikos didėjimui bei kokiomis priemonėmis galima šia rizika sumažinti.

### 1.2.1. Biologinis elektromagnetinės apšvitos poveikis

Biologinį elektromagnetinių bangų veikimo mechanizmą galima suskirstyti į šiluminį ir specifinį arba nešiluminį. Specifinis ir nešiluminis poveikis būna demoduliuojantis, molekulinis ir dezadaptojuojantis, Demoduliacijos reiškiniai dėl elektromagnetinės spinduliuotės įtakos pasireiškia tuose organizmuose, kuriuose vyksta elektriniai procesai. (Urbonas, Mačiūnas, 2004)

Nešiluminis elektromagnetinių bangų poveikis pasireiškia ne iš karto ir gali būti įvairus. Yra pateikiama epidemiologinių tyrimų duomenys apie statistiškai patikimą ryšį tarp elektromagnetinių laukų ir tam tikrų vėžio formų: vaikų-paauglių leukozijų, suaugusiųjų leukozijų, limfocitinių leukozijų, krūties bei smegenų auglių. Taip pat kelis kartus padidėja rizika susirgti Alzheimerio liga. Ypač pavojinga elektromagnetinė radiacija vaikams, gyvenantiems šalia elektros perdavimo linijų (arčiau kaip 50 metrų). (Kasperienė, Balbieris, Adomavičius, 2000)

Šiluminis poveikis pasireiškia tuo, kad kyla kūno temperatūra, dėl ko gali pasikeisti baltyminių medžiagų struktūra. Kaip žinome žmogaus organizme veikia termoreguliaciniai mechanizmai, šalinantys šilumos perteklių, susidariusią šilumą organizmas sugeba pašalinti, bet tik ribotą jos kiekį. Dažnai labai jautriai į šilumos perteklių reaguoja akys, smegenys, inkstai, žarnos, tulžis, šlapimo pūslė. Skirtingo ilgio elektromagnetinių bangų poveikis organizmui yra nevienodas. Kepenims pavojingiausias yra 79 cm ilgio bangos, kraujui – 99 cm, raumenims – 322 cm, odai – 548 cm. Esant tam pačiam bangos ilgiui, poveikis gali būti skirtingas, priklausomai nuo magnetinio lauko stiprumo 1.5 lentelėje.

1.5 lentelė. Elektromagnetinio lauko poveikis ir jo priklausomybė lauko stiprumo (<http://distance.ktu.lt/kursai/buitis/autoriai.htm>)

Elektromagnetinio lauko stiprumas	Poveikio laikas	Rezultatas
20-30 V/m	daugiau kaip 2 val.	Jokių negalavimų nejaučiama
100-150 V/m	daugiau kaip 2 val.	Gali skaudėti galvą, greičiau pavargstama, jaučiamas silpnumas ir pan.
200-300 V/m	daugiau kaip 1 val.	Tas pats
Iki 4000 V/m	10-12 min.	Pažeidžiama nervų sistema, pakyla temperatūra, sutrinka kraujotaka

Biologinis poveikis priklauso nuo EML galios, kadangi išorinė spinduliuotė imituoja vidinius organizmo informacinius signalus. (Grigas, 2004)

Nustatyta, kad elektromagnetinių laukų energija daro įtaką žmogaus psichinei ir fiziologinei būklei ir skirtingai veikia atskirus organus. Elektromagnetinių laukų įtaka priklauso nuo dažnio, laukų stiprumo ir jų poveikio laiko. Laikoma, kad silpno intensyvumo elektromagnetiniai laukai stimuliuoja centrinę nervų sistemą, o stipraus intensyvumo slopina. Biologinį elektromagnetinių bangų poveikį skirsto į terminį ir aterminį (arba specifinį). Terminiam poveikiui ypač jautrūs permatomi akies audiniai, sėklidės ir centrinė nervų sistema. Elektromagnetinis laukas gali pažeisti akis, sukelti leukemiją, smegenų auglius, reprodukcinės sistemos, širdies kraujagyslių ir imuninės sistemų bei kvėpavimo organų ūminius ar lėtinius funkcinis pakitimus.

([http://www.kompirsveikata.lt/3\\_skyrius/index.html](http://www.kompirsveikata.lt/3_skyrius/index.html))

Pagal elektromagnetinių laukų energijos ir organizmo sąveiką galima išskirti silpną, vidutinį ir stiprų veikimo intensyvumą. Silpnas energijos veikimo intensyvumas sukelia nežymų organizmo termoreguliacijos pakitimą. Vidutinis energijos veikimo intensyvumas sutampa su pagrindinės energijos apytakos lygiu ir sukelia termoreguliacijos pakitimų, bei ilgam paveikia organizmą. Stiprus energijos veikimo intensyvumas apibūdinamas kokybiškai nustatant dozės - efekto ryšį. Šis ryšys nustatomas pagal EML stiprumo ir tokių rodiklių, kaip mirtingumo, vidutinės gyvenimo trukmės sergamumo kitimai kintant EML apšvitai (Minder, Pfluger, 2001).

### **1.2.2. Elektromagnetinės apšvitos darbo aplinkoje poveikis žmogaus sveikatai**

Elektromagnetinė spinduliuotė išties žalingai veikia žmogaus organizmą. Gyvo organizmo reakcijos pobūdis daugumoje atvejų priklauso nuo tokių faktorių kaip spinduliuotės galingumo, veikimo trukmės, naudojimo dažnio, atstumo nuo spinduliuotės šaltinio, padėties, bangų diapozono ir pačio organizmo, ypač kai kurių jo organų bei sistemų individualių savybių įvairiai reaguoti į spinduliuotę (Mickūnas, 1994).

Tokių profesijų atstovai kaip suvirintojai, elektrotechnikai, inžinieriai, elektrinio transporto vairuotojai, radijo aparatų ir televizorių remontuotojai, telefoninių linijų operatoriai, geležinkelio darbuotojai ir kt. darbe nuolat veikia elektromagnetinių laukų (Knave ir kt. 1994).

Didžiausią poveikį žmogui turi metrinės-decimetrinės bangos. Ilgesnių bangų energijos žmogaus kūnas absorbuoja nedaug, t. y. banga pereina beveik kiaurai per kūną, nes šitų diapazonų bangoms išsiskverbimo gylio kur kas didesnis už kūno matmenis. Trumpesnių negu decimetrinių bangų (nuo milimetrinių iki optinių) išsiskverbimo gylio mažas (milimetrai ar jo dalys), todėl visa energija sugeriama kūno paviršiuje (odoje) ir į vidinius organus nepatenka.

Nustatyta, kad EML yra fizinis dirgiklis, galintis sukelti žymius funkcinis ir organinius nervų, širdies indų, kraujo gamybos, endokrininės ir kitų organizmų sistemos pokyčius. Iš pradžių, apie 1950 metus, buvo tyrinėjama tik didelės energijos EML poveikį vadinamą šiluminiu. Tačiau vėliau buvo atkreiptas dėmesys į poveikį silpnų EML, nesukeliančių jokių organizmo audinių temperatūros pokyčių. Buvo pastebėta, kad žmonėms ilgą laiką būnant silpnų EML poveikyje pažeidžiamos širdies ir kraujagyslių sistemos (bradikardija, hipotonija), atsiranda neurozių požymiai, pagreitėja eritrocitų nusėdimo reakcija, sumažėja albumino-globulininis poveikis. Svarbiausiai teigiama, kad prie radijo bangų diapazono, kaip dirgiklio nepriprantama, t. y. ilgalainiui organizmo pažeidimai kaupiasi. Bandymai su gyvūnais parodė, kad elektromagnetinių bangų poveikis priklauso ne tik nuo bangų energijos ir švitinimo laiko, bet ir nuo dažnio ar net nuo signalų formos (moduliacijos tipo ir dažnio).

Yra paskelbta, kad dirbantiems su EML šaltiniais atsiranda funkciniai širdies kraujagyslių sistemos pakitimai: hipotonija, bradikardija, skilvelių laidumo sulėtėjimas. Duomenų apie dozės ir efekto ryšio suradimą nepateikiama, tačiau nurodoma, kad širdies kraujagyslių sistemos sutrikimai ryškesni tada, kai EML bangos centimetrinės. Funkcinių kitimų didėjimas priklauso nuo darbo trukmės. Be to, širdies kraujagyslių sistemos sutrikimai gali būti susiję su nervų sistemos pakitimais. Pavyzdžiui vieniems dirbantiems tomis pačiomis sąlygomis pacientams pastebėti silpni asteniniai simptomai, o kitiems – sunki vegetacinė kraujagyslių disfunkcija.

([http://www.biotronika.lt/straipsniai/elektromagnetines\\_bangos\\_ir\\_ju\\_poveikiai.php](http://www.biotronika.lt/straipsniai/elektromagnetines_bangos_ir_ju_poveikiai.php))

Pagal elektromagnetinių laukų charakteristikas eksperimentiškai patikimai nustatyta katarakta paskatino šios profesinės patologijos ieškoti tarp dirbančiųjų su EML spinduliuotės šaltiniais (1.6 len). ([http://www.biotronika.lt/straipsniai/elektromagnetines\\_bangos\\_ir\\_ju\\_poveikiai.php](http://www.biotronika.lt/straipsniai/elektromagnetines_bangos_ir_ju_poveikiai.php))

**1.6 lentelė. Klinikinių tyrimu metu aprašyti akių pažeidimo atvejai dėl EML poveikio.**

EML parametrų charakteristika	Klinikinis pasireiškimas, diagnozė
Energijos srauto tankis: (40-380) mW/cm <sup>2</sup> (gali būti iki 1,16 mW/cm <sup>2</sup> ); spinduliuotės dažnis: (4-5) HZ; spinduliuotės trukmė : 1 metai, galimas artimo lauko poveikis	32 metų superaukšrų dažnių įrenginių operatorius. Diagnozė: dvipusė užpakalinės lęšiuko sienelės katarakta ir kairiosios akies audinių uždegimas. Kairioji akis pašalinta chirurginiu būdu. Pakitimai atsirado po 3 dienas trukusio stipraus intensyvumo EML spinduliuotės.
Energijos srauto tankis : daugiau kaip 10 mW/cm <sup>2</sup> (periodiškai iki 1 mW/cm <sup>2</sup> ); spinduliuotės trukmė: 4 metai (50 val./mėn.)	Radiolokacinės stoties technikas. Diagnozė: užpakalinės lęšiuko sienelės katarakta.
Energijos srauto tankis: apie 300 mW/cm <sup>2</sup> ; spinduliuotės dažnis: 3 GHz; spinduliuotės trukmė: 5 kartus po 3 min.	22 metų radiolokacinės stoties technikas. Diagnozė: dvipusė katarakta.
Energijos srauto tankis: apie 1 mW/cm <sup>2</sup> (prie mikrobangų krosnelės atvirų durų iki 90 mW/cm <sup>2</sup> ); spinduliuotės dažnis: 2,5 GHz; spinduliuotės trukmė: daugiau kaip 6 metai.	50 metų namų šeimininkė, dirbanti prie mikrobangų krosnelės. Diagnozė: lęšiuko drumstėjimas.



Išanalizavus klinikinius kataraktos pasireiškimus dirbantiesiems su superaukštų dažnių šaltiniais, kurių elektromagnetinės spinduliuotės energijos srauto tankis neviršija  $10 \text{ mW/cm}^2$ , galima teigti, kad akims nekenkia dydžiai, neviršijantys atitinkamo norminio EML lygio. Tačiau tai nereiškia, kad esant didesniems lygiams nebus pakenkta žmonių akims.

Pagrindiniai elektromagnetinio lauko fono šaltiniai: elektros laidai, skydai elektros skaitikliams, rozetės, jungikliai, šviestuvai, šaldytuvai, kondicionieriai, visa buitine technika, televizoriai, radijo imtuvai ir jų tinklo laidai.

Vykdamas elektromagnetinių laukų atsiradimo darbo vietose tyrimus, nustatyti pagrindiniai elektromagnetinių laukų šaltiniai, kurių kuriamų laukų intensyvumas yra pateiktas 1.7 lentelėje:

**1.7 lentelė. Pagrindiniai elektromagnetinių laukų šaltiniai**

Spinduliavimo šaltiniai	Jų pasiskirstymas darbo vietose, %	Magnetinio lauko (50 Hz) intensyvumas, $\mu\text{T}$
Kabelinės linijos	47,4	53,3
Paskirstantys įrenginiai	22,8	33,6
Pastatų metalinės konstrukcijos	15,6	15,2
Transformatoriai	8,4	8,8
Elektros perdavimo oro linijos	3,5	1,2
Pastovaus maitinimo šaltiniai	1,3	3,0

Iš 1.7 lentelės pateiktų duomenų matyti, kad darbo vietose didelę įtaką bendram elektromagnetinio lauko intensyvumui turi pastatų metalinės konstrukcijos (armatūra, metaliniai vamzdžiai ir t.t.), kuriose indukuotos elektros srovės sukuria magnetinį lauką. Į tai būtina atkreipti dėmesį projektuojant ir įrengiant darbui skirtas patalpas. Statistiškai nustatyta, kad dauguma patalpų patenka į  $0,2\text{-}0,4 \mu\text{T}$  intensyvumo zoną.

Foną kuria netik elektros prietaisai, esantys duotojoje patalpoje, bet ir prietaisai, esantys kaimyninėse patalpose. Elektros maitinimo tinklo sudaryto fono analizė parodė, kad be pagrindinės dedamosios 50hz, jame yra ir harmonikų laukai.

Kenksmingų aplinkos veiksnių žalojantis poveikis dažniausia būna suminis ir jis ypatingai padidėja kai kartu veikia kiti nepalankūs aplinkos, psichologiniai ir elgsenos veiksniai (Gražulevičienė, Radzevičiūtė, 2005).

Tačiau Lietuvoje epidemiologinių tyrimų, nagrinėjančių kenksmingų darbo sąlygų ir išeminės širdies ligos tarpusavio ryšį atlikta nedaug. Triukšmas ir vibracija darbo aplinkoje, veikdami kartu ir atskirai didina miokardo infarkto įtaką (Gražulevičienė, Malinauskienė, 1999).

Pagal kenksmingumą žmogaus sveikatai higieninių kenksmingų darbo aplinkos veiksmų klasifikacijoje yra nurodyti tik elektrostatinio ir elektrinio pramoninio dažnio (50 Hz) laukų lygiai. Daugelio valstybių ir tarptautinių organizacijų priimtose normose elektromagnetinio spinduliavimo leistinos reikšmės nurodomos darbuotojams, o nuolat būnantiems tokioje aplinkoje gyventojams leistinos reikšmės nenurodomos arba nurodomos reikšmės artimos dirbančiųjų reikšmėms. Remiantis iš atskirų šaltinių surinkta informacija, duomenys apie pramoninio dažnio elektromagnetinio spinduliavimo leistinas normas pateikti 1.8 lentelėje.

**1.8 lentelė. Elektromagnetinio spinduliavimo leistinos normos**

Valstybės ar organizacijos	Gyventojams El. l. KV/m	Darbuotojams El. l. KV/m	Gyventojams Magn. l. mT	Darbuotojams Magn. l. mT
ICNIRP (1998)	4,16	6,33	0,0833	0,4166
ACGIH (1996)		25,0		1,0
CENELEC (1995)	8,333	25,0	0,533	1,333
NRPB (1993)	10,0	10,0	1,333	1,333
NH&MRC (1989)	5,0	10,0	0,1	0,5
Vokietija (1989)	20,6	20,6	5,0	5,0
Rusija (1975) (1985)		5,0		1,76
Lenkija (1980)		15,0		
Lietuva (2001)		25-5,3*		0,7-4,0*

\* - priklauso nuo darbo trukmės

Elektromagnetinių laukų veikimo trukmė bei darbuotojų stažas didžiąją dalimi priklauso susiję su ligos pasireiškimu. Tyrimai kurie buvo atlikti JAV nustatė, kad priklausomai nuo elektromagnetinių laukų poveikio trukmės mirtingumas nuo miokardo infarkto žymiai padidėja (Savitz ir kt., 1999)

Dauguma literatūros šaltinių nurodo, kad didesnė rizika susirgti miokardo infarktu yra žmonės, kurie dirba daugiau kaip 10 metų aplinkoje kur yra veikiami elektromagnetiniai laukai (Gražulevičienė, Bakanaitė, 2000)

Darbo aplinkoje kenksmingo elektromagnetinio lauko poveikio išvengiama ekranuojant spinduliuotės šaltinius, įrengiant distancinio valdymo įtaisus bei dėvint apsauginius darbo drabužius, apsauginius akinius. Be to, specialistai, aptarnaujantys elektromagnetinės spinduliuotės šaltinius, periodiškai privalo tikrintis sveikatą, dalyvaujant terapeutui, oftalmologui, neurologui, tirti kraują. (Urbonas, 1998)

### 1.3. Elektromagnetinės spinduliuotės standartai ir poveikio mažinimo būdai

Kaip jau minėjau ankstesniame skyriuje elektromagnetinės spinduliuotės sukeliama sveikatos pakenkimų profilaktika yra pagrįsta techninėmis, organizacinėmis ir individualiomis priemonėmis. Siūloma galingus spinduliuotės generatorius keisti mažesnės galios, naudoti galios slopintuvus, įrengti ekranus iš vario, plieno, aliuminio skydus. Yra kontroliuojamas apšvietimo galingumas. Naudojamos individualios apsaugos priemonės, tokios kaip apsauginiai akiniai, padengti alavo dioksidu, įžeminti kombinezonai. Ypatingai svarbu subalansuota mityba ir aišku tinkamas poilsis. (Gražulevičienė, 2002)

Darbo vietose kur yra daug kompiuterių būtina atsižvelgti į griežtus, su spinduliuote susijusius, higienos normas reikalavimus. Saugos ir sveikatos požiūriu bet kokia spinduliuotė neturi viršyti kenksmingo sveikatai lygio:

- ✓ Oras patalpose turi būti reguliuojamas, darbo aplinkos oro jonizacijos lygis optimalus, kai abiejų ženklų jonų viename kubiniame metre oro yra nuo 1500 iki 5000;
- ✓ Rentgeno spinduliavimo ekspozicinės dozės galia monitoriaus paviršiuje (5 cm atstumu) turi būti nedidesnė kaip 100  $\mu\text{R}/\text{h}$  (0,03  $\mu\text{R}/\text{s}$ )
- ✓ Ultravioletinio spinduliavimo pluoštinis tankis turi būti nedidesnis kaip 10  $\text{W}/\text{m}^2$ ;
- ✓ Jonizuojančios spinduliuotės lygiavertės dozės galia monitoriaus paviršiuje (5 cm atstumu) neturi būti didesnė kaip 1  $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ;
- ✓ Elektromagnetinio lauko leidžiamas lygis ir monitoriaus ekrano elektrostatinis potencialas turi atitikti technines normas reikalavimus suderintus su tarptautiniais elektrostatinio, elektrinio ir magnetinio lauko stiprumo standartais (1.9. lentelė)

(<http://www.ik.ku.lt/lessons/konspekt/ergo/tema6dest.htm>)

**1.9. lent. Tarptautiniai elektrostatinio, elektrinio ir magnetinio laukų stiprumo standartai.** (<http://www.ik.ku.lt/lessons/konspekt/ergo/tema6dest.htm>)

Matuojamas parametras	EML dažnių diapazonas	MPR II standartas	TCO 95 standartas
Kintamo elektrinio lauko stiprumas	5 Hz – 2 kHz	25 V/m	10 V/m
	2 – 400 kHz	2,5 V/m	1,0 V/m
Kintamo magnetinio lauko indukcija	2 – 400 kHz	25 nT	25 nT
	5 Hz – 2 kHz	250 nT	200 nT
Elektrostatinis potencialas	0 Hz	500 V	500 V

Nustatant kompiuterių naudojimo saugumą plačiai žinomi Švedijos saugos standartai TCO 92/95/98 ir MPR II. Griežtesnis yra TCO standartas, reglamentuojantis monitoriaus spinduliavimą, elektros naudojimą ir vizualinius parametrus. Pagal Švedijos nacionalinio apsaugos komiteto standartą MPR II EML matuojamas 50 cm atstumu nuo monitoriaus ekrano ir tokiu pat spindulių aplink jį.

(<http://www.ik.ku.lt/lessons/konspekt/ergo/tema6dest.htm>)

**Elektromagnetinio lauko poveikį reguliuojantys norminiai teisės aktai ir higienos normos** (<http://www.sam.lt/lt/sam/teisine-informacija/hn/>):

1. HN 80:2000 Elektromagnetinis laukas darbo vietose ir gyvenamojoje aplinkoje. Parametrų normuojamos vertės ir matavimo reikalavimai 10 kHz-300 GHz dažnių juostose (Žin., 2000, Nr.53-1548) Nustato reikalavimus stacionarių radiotechninių objektų skleidžiamai spinduliuotei gyvenamojoje aplinkoje bei technologinės įrangos, skleidžiančios elektromagnetinę spinduliuotę darbo vietos, naudojimui. (Urbonas, Mačiūnas, 2004)
2. HN 81:2004 Judriojo korinio ryšio bazinės stotys (Žin.,2005 Nr. 153-5654) Nustato reikalavimus judriojo korinio ryšio sistemų bazinių stočių skleidžiamai spinduliuotei gyvenamojoje aplinkoje ir su tuo susijusių radiotechninių projektų derinimo reikalavimai. (Urbonas, Mačiūnas, 2004)
3. HN 104:2000 Gyventojų sauga nuo elektros oro linijų sukuriamų laukų (Žin., 2001, Nr.4-109)
4. HN 110:2001 Pramoninio dažnio (50Hz) elektromagnetinis laukas darbo vietose. Parametrų leidžiamos skaitinės vertės ir matavimo reikalavimai (Žin., 2002, Nr.5-195) Skirta darbuotojų apsaugos nuo pramoninio dažnio elektromagnetinių laukų darbo vietose reglamentavimu. Pateikta elektrinio ir magnetinio didžiausios leidžiamos vertės darbo vietose bei elektromagnetinės spinduliuotės mažinimo priemonės, nurodyti elektromagnetinio lauko intensyvumo matavimo ir vertinimo reikalavimai. (Urbonas, Mačiūnas, 2004)  
Elektrostatinio lauko stiprio leidžiamų lygių nustatymo darbo vietose taisyklės (Žin., 2001, Nr.10-302)
5. Techninė norma TN 01:1998 Displėjai. Didžiausi leidžiami spinduliuojamo elektromagnetinio lauko lygiai (Žin., 1998, Nr.58-1631)
6. HN 32:2004 Darbas su videoterminalais. Saugos ir sveikatos reikalavimai (Žin., 2004, Nr.32-1027; 2005, Nr.151-5566)

### **Elektromagnetinio lauko poveikį reguliuojantys ES norminiai teisės aktai:**

Europos Parlamento ir Tarybos 2004-04-29 direktyva 2004/40/EC dėl minimalių saugos ir sveikatos reikalavimų apsaugant darbuotojus nuo rizikos, kylančios dėl fizikinių veiksnių (elektromagnetinis laukas) (Urbonas, Mačiūnas, 2004)

- ✓ Darbuotojų apsaugos nuo elektromagnetinio lauko keliamos rizikos nuostatai (Žin., 2006, Nr. 47-1691) įsigalios nuo 2008-04-30
- ✓ Europos Tarybos rekomendacija 1999/519/EC Dėl elektromagnetinių laukų (nuo 0 iki 300 GHz) poveikio žmonėms.
- ✓ Europos Parlamento ir Tarybos direktyva 2006/25/EB dėl minimalių saugos ir sveikatos reikalavimų apsaugant darbuotojus nuo rizikos, kylančios dėl fizikinių veiksnių (optinė/lazerinė radiacija) nuostatų perkėlimas iki 2010-04-27

### **Norint išvengti padidėjusios rizikos dėl elektromagnetinės apšvitos:**

- ✓ rekomenduojama atlikti pirminius foninio spinduliavimo matavimus patalpoje kur bus kompiuterizuota darbo aplinka. Turint tokius matavimus galima žymiai pagerinti darbo vietos ekologiją. Patalpa turi būti parinkta labiausia nutolusi nuo išorinių elektromagnetinės spinduliuotės šaltinių (galingų transformatorių, galingo apkrovimo elektros kabelio, radijo perdavimo prietaisų, ir t.t.) O taip pat rekomenduojama perimetrinis ir centrinis darbo vietų išdėstymas (pav. 1.5);
- ✓ naudoti kokybišką kompiuterinę įrangą;
- ✓ tinkamai organizuoti ir įrengti darbo vietą; elektromagnetinės spinduliuotės lygio mažinimui – naudoti ekranavimą; įžeminimą;
- ✓ laikytis biologinės apsaugos nuo elektromagnetinės spinduliuotės principų, tokių kaip: apsauga atstumu (jei patalpoje aptinkama padidinta spinduliuotė, darbo vietą būtina perkeiti į tokią vietą, kur nustatytas mažiausias spinduliuotės šaltinio poveikis) ir apsauga laiku (jei dirbama padidintos elektromagnetinės apšvitos aplinkoje, būti joje trumpiausią laiką).

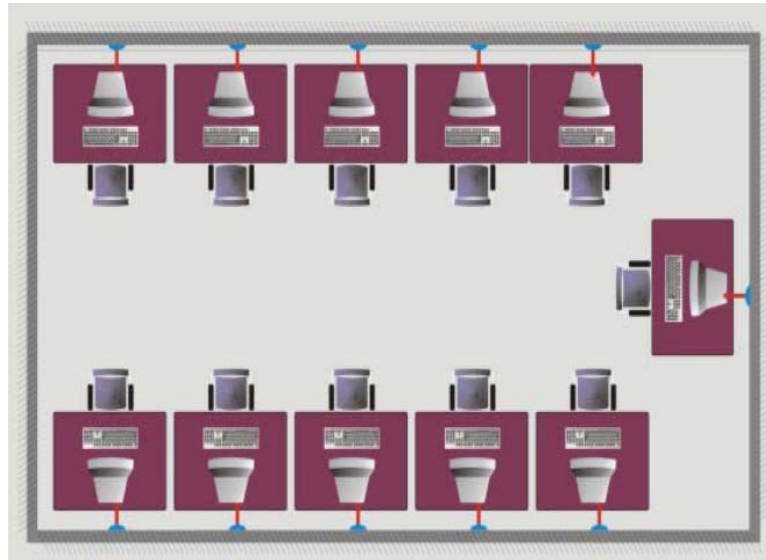
<http://www.ik.ku.lt/lessons/konspekt/ergo/tema6dest.htm>

Keletą patarimų, kaip reikėtų įrengti darbo vieta prie kompiuterio. Visų pirma tai rekomenduojama įsigyti kuo naujesnius kompiuterius, ne senesnius kaip 8 – 10 metų. Tik sertifikuoti kokybiški kompiuteriai garantuoja, kad elektromagnetinė spinduliuotė neviršys leidžiamų higienos normų. Kompiuterinę darbo vietą negalima rengti rūsyje, belangėje patalpoje bei šalia triukšmą sukeliančių šaltinių. Grindų danga turi būti lygi, turinti antistatinių savybių. Patalpų sienų ir baldų paviršiai turi būti matinių paviršių, vidutinių spalvos sodrumų, kad nevargintų akių.

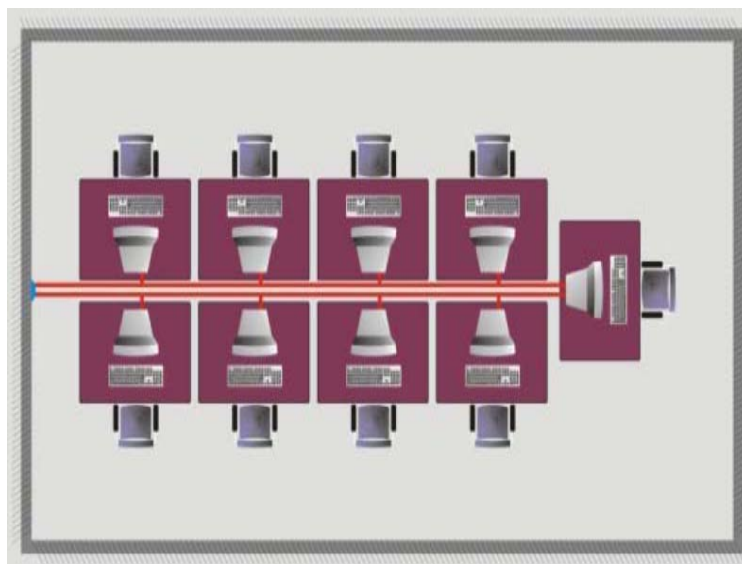
Vienai darbo vietai rekomenduojama skirti ne mažiau 6 m<sup>2</sup> ploto ir 24 m<sup>3</sup> erdvės. Kompiuterių patalpa turi būti gerai vadinama, bei nuolat valoma drėgnu būdu. (Smolskienė, 2006)

Vienu iš dviejų rekomenduojamų darbo vietų išdėstymų, kuomet displejai išdėstyti pagal sienas ir atsukti į jas nugaromis (1.5 pav). Šiuo atveju galima atskirti darbo vietų tinklo maitinimus juos išlygiagretinant, o tuo pačiu sumažinant sroves linijose ir magnetinius laukus. Vartotojų maksimaliai nutolinant nuo tinklo elementų.

([http://www.kompirsveikata.lt/4\\_skyrius/index.html](http://www.kompirsveikata.lt/4_skyrius/index.html))



1.5 pav. Perimetrinis darbo vietų išdėstymas (pagal [www.kompirsveikata.lt](http://www.kompirsveikata.lt))



1.6 pav. Centrinis darbo vietų išdėstymas (pagal [www.kompirsveikata.lt](http://www.kompirsveikata.lt))

Dar vienas būdas, kada vartotojas mažiausiai veikiamas laukų (skleidžiamų tiek savo darbo vietos kompiuterinės technikos, tiek ir gretimų darbo vietų), jeigu darbo vietos išdėstytos kaip

parodyta 1.6 paveiksle. Tinklo maitinimo kabeliai, išvedžioti tarp dviejų stalo eilių, gali padidinti pramoninio dažnio lauką, todėl kablius reikia ekranuoti.

Elektromagnetinės apšvitos poveikį galime sumažinti dar keliais būdais:

1. Optimalus atstumas tarp dirbančiojo akių ir ekrano turi būti 50 – 70 cm. Darbo vieta turi būti įrengta taip, kad kampas tarp horizontalios linijos ir linijos, susidarancios tarp dirbančiojo kompiuteriu akių ir ekrano centro būtų ne mažiau 10°. Optimalus šio kampo dydis turi būti nuo 20 iki 30°. Tai užtikrins geresnes regėjimo sąlygas, sumažins kaklo, pečių lanko ir stuburo raumenų įtampą bei stuburo kaklinės dalies skausmus.
2. Kompiuterizuotose darbo vietose apšvietimas turi būti mišrus – natūralus ir dirbtinis. Natūralus apšvietimas turi būti šoninis, optimali langų orientacija – į šiaurę, šiaurės rytus, šiaurės vakarus.
3. Akių nuovargiui pašalinti ir regėjimo sutrikimų profilaktikai pertraukų metu rekomenduojama daryti specialius pratimus akims. Jie gali būti atliekami stovint arba sėdint, nukreipus akis nuo ekrano, žiūrint į tolį, ramiai kvėpuojant.

([http://distance.ktu.lt/kursai/buitis/etb\\_2\\_9.htm](http://distance.ktu.lt/kursai/buitis/etb_2_9.htm))

HN 80:2000 Elektromagnetinis laukas darbo vietose ir gyvenamojoje aplinkoje, taikoma stacionariems radiotechniniams objektams bei jų sistemoms, spinduliuojantiems elektromagnetinius laukus (EML) į gyvenamąją ir darbo aplinką 10 kHz - 300 GHz dažnių juostose. Norma reglamentuoja leidžiamas elektromagnetinės spinduliuotės intensyvumo parametrų vertes gyvenamojoje aplinkoje ir darbo vietose, kuriose įrengti elektromagnetinės spinduliuotės šaltiniai; nustato elektromagnetinės spinduliuotės šaltinių įrengimo ir naudojimo, darbo vietų ir gyvenamosios aplinkos elektromagnetinės spinduliuotės intensyvumo parametrų matavimo reikalavimus bei nurodo apsaugos priemones elektromagnetinės spinduliuotės poveikiui mažinti. Ši higienos norma privaloma visiems Lietuvos Respublikos fiziniams ir juridiniams asmenims, kurie projektuoja, įrengia bei eksploatuoja radiotechninius objektus, taip pat vykdo elektromagnetinės spinduliuotės kontrolę nepriklausomai nuo jų pavaldumo ar nuosavybės formos. Į šios higienos normos reikalavimus turi būti atsižvelgta, rengiant normatyvinius dokumentus. Ši higienos norma netaikoma vertinant buities prietaisų, medicinos įrangos bei video terminalų displejų išspinduliuojamų elektromagnetinės spinduliuotės intensyvumo parametrus ([www.sam.lt](http://www.sam.lt), HN 80:2000 Elektromagnetinis laukas darbo vietose ir gyvenamojoje aplinkoje).

Gyvenamųjų namų ir viešosios paskirties pastatų teritorijoje - 1 kV/m - buvimo trukmė neribojama. Urbanizuotose (užstatytose) teritorijose, įskaitant jų perspektyvinę 10 metų plėtrą, ir priemiestinėje žaliajoje zonoje, daržų ir sodų teritorijose - 5 kV/m - buvimo trukmė neribojama. Negyvenamoje vietovėje, transporto priemonėmis prieinamoje ir žemėnaudos vietovėse - 15 kV/m -

buvimo trukmė - ne ilgiau kaip 90 min. (Likusį laiką asmuo gali būti aplinkoje, kur elektrinio lauko stipris neviršija 5 kV/m). Transportu ir žemės ūkio mašinomis neprieinamose vietovėse, kur draudžiama gyventojams būti, - 20 kV/m - buvimo trukmė - neilgiau kaip 10 min. (Likusį laiką asmuo gali būti aplinkoje, kur elektrinio lauko stipris neviršija 5 kV/m).

([http://www.sam.lt/lt/main/teisine\\_informacija/higienos\\_normos?id=24213](http://www.sam.lt/lt/main/teisine_informacija/higienos_normos?id=24213))

Šioje higienos normoje yra nustatyta elektromagnetinio lauko intensyvumo parametru leidžiamos vertės darbo vietose ir gyvenamojoje aplinkoje. Elektromagnetinio lauko intensyvumo parametru faktiškos vertės neturi būti didesnės kaip pavaizduota 1.10 ir 1.11 lentelėse.

**1.10. lentelė. Elektromagnetinio lauko intensyvumo parametru didžiausios leidžiamos vertės darbo vietose.**

Poveikio trukmė per darbo pamainą (T), min.	Elektrinio lauko stiprio leidžiama vertė ( $E_{LV}$ ), V/m, ne didesnė kaip			Magnetinio lauko stiprio leidžiama vertė ( $H_{LV}$ ), A/m, ne didesnė kaip			EML energijos srauto tankio leidžiama vertė ( $S_{LV}$ ), $\mu W/cm^2$ , ne didesnė kaip
	esant	esant	esant	esant	esant	esant	
	0,01 -	3,0 -	30 -	0,01 -	3,0 -	30 -	0,3 -
	2,99 MHz	29,9 MHz	300 MHz	29,9 MHz	29,9 MHz	50 MHz	300 GHz
> 480	50,0	30,0	10,0	5,0	1,6	0,30	25,0
479-450	52,0	31,0	10,0	5,0	1,6	0,31	27,0
449-420	53,0	32,0	11,0	5,3	1,7	0,32	29,0
419-390	55,0	33,0	11,0	5,5	1,8	0,33	31,0
389-360	58,0	34,0	12,0	5,8	1,9	0,34	33,0
359-330	60,0	36,0	12,0	6,0	2,0	0,36	36,0
329-300	63,0	37,0	13,0	6,3	2,1	0,38	40,0
299-270	67,0	39,0	13,0	6,7	2,2	0,40	44,0
269-240	71,0	42,0	14,0	7,1	2,4	0,42	50,0
239-210	76,0	45,0	15,0	7,6	2,5	0,45	57,0
209-180	82,0	48,0	16,0	8,2	2,7	0,49	67,0
179-150	89,0	52,0	18,0	8,9	3,0	0,54	80,0
149-120	100,0	59,0	20,0	10,0	3,3	0,60	100,0
119-90	115,0	68,0	23,0	11,5	3,8	0,69	133,0
89-60	141,0	84,0	28,0	14,2	4,7	0,85	200,0
59-30	200,0	118,0	40,0	20,0	6,7	1,20	400,0
29-15	283,0	168,0	57,0	28,3	9,4	1,70	800,0
14-6	400,0	236,0	80,0	40,0	13,3	2,40	1000,0
< 5	500,0	296,0	80,0	50,0	16,6	3,00	1000,0

Magnetinio lauko stipris darbo vietose 50 MHz – 0,3 GHz dažnių juostose yra nematuojamas.

**1.11. lentelė. Elektromagnetinio lauko intensyvumo parametru didžiausios leidžiamos vertės gyvenamojoje aplinkoje.**

Elektrinio lauko stiprio leidžiama vertė ( $E_{LV}$ ), V/m, ne didesnė kaip				EML energijos srauto tankio leidžiama vertė ( $S_{LV}$ ), $\mu W/cm^2$ , ne didesnė kaip
esant	esant	esant	esant	
0,01 - 0,29 MHz	0,3 - 2,9 MHz	3,0 - 29,9 MHz	30 - 299 MHz	0,3 - 300 GHz
25,0	15,0	10,0	5,0	10,0

([http://www.sam.lt/lt/main/teisine\\_informacija/higienos\\_normos?id=23984](http://www.sam.lt/lt/main/teisine_informacija/higienos_normos?id=23984))



Draudžiama dirbti darbovietėje, kurioje pramoninio dažnio (50 Hz) elektrinio lauko stipris viršija 25 kV/m ir magnetinio lauko stipris viršija 5,1 kA/m. Pramoninio dažnio elektromagnetinio lauko intensyvumo parametrai turi būti matuojami nuolatinėse darbovietėse: darbuotojui sėdint – apie 0,5 m ir apie 1 m aukščiauose (dubens ir galvos lygyje) virš grindų arba darbo plokštumos, darbuotojui stovint – apie 0,5 m, apie 1 m ir apie 1,8 m aukščiauose (kelių, dubens ir galvos lygyje). Kiekviename matavimo taške atliekami nemažiau kaip trys matavimai ir išskaičiuojamas matavimų aritmetinis vidurkis. Gauti elektromagnetinio lauko intensyvumo parametrų rezultatai lyginami su leidžiamomis skaitinėmis vertėmis, pateiktomis higienos normos lentelėse.

Šiose lentelėse pavaizduota kokia yra leidžiama elektromagnetinė apšvita įvairiuose dažniuose. Spinduliuotės leistinas lygis priklauso nuo veikimo trukmės jei veikiama darbe ar namuose. Tuo tarpu jei apšvita veikia gyvenamojoje aplinkoje jos intensyvumas ir poveikis žmogui priklauso nuo atstumo elektros laidų iki gyvenamų namų.

Pramoninio dažnio (50 Hz) dažnių ruože gyvenamojoje aplinkoje elektromagnetinė spinduliuotė Lietuvos teisės aktuose nenormuojama, tačiau kitose šalyse sutinkama, kad šiame diapazonų ruože gyvenamojoje aplinkoje leidžiamas elektrinis laukas 10 kV/m, o magnetinis laukas 60 A/m.

Lietuvos higieninėse normose yra nurodyta viena ribinių poveikio verčių lentelė, o Direktyvoje 2004/40/EB nurodytos dvi lentelės. Pirmoje iš jų nurodytos ekspozicijos ribinės vertės, antroje – veikimo vertės. Ekspozicijos vertės negali būti matuojamos tiesiogiai, nes reikėtų atlikti tyrimus su žmogumi. Direktyvos antro straipsnio c) punkte nurodyta: veikimo „verčių laikymasis užtikrina, kad laikomasi atitinkamų ekspozicijos ribinių verčių“. Todėl pakanka matuoti elektromagnetinių laukų veikimo vertes nurodytas Direktyvos 2004/40/EB antroje lentelėje. Higienos normose numatytos skirtingos veikimo vertės priklausomai nuo laiko, tačiau Direktyvoje to nėra, todėl joje nurodytų ribinių verčių privaloma laikytis nepriklausomai nuo veikimo trukmės.

Sukurti pavojingą sveikatai elektromagnetinį lauką tose darbo vietose, kuriose nėra elektromagnetinio lauko šaltinių, galėtų elektros tiekimo linijos ir įvairių dažnių elektromagnetinių bangų siūstuvai.

#### **Pramoninio dažnio negamtinio fono atsiradimo priežastys:**

- Nepateisinamai didelis erdvinis atstumas tarp nulinio ir fazinio laidų (fazinis ir nulinis laidai yra nutolę erdvėje). Magnetinis laukas, sukurtas šių laidininkų didėja proporcingai atstumui tarp jų.
- Energijos vartotojų metalinių korpusų įžeminimo nebuvimas.
- Nekokybiškai atlikti energijos vartotojų įžeminimai.
- Prailgintųjų ir pernešėjų naudojimas.

- Montažinės klaidos ir gedimai nutiestuose elektros laiduose, vedantys prie kintamo elektros potencialo atsiradimo ant nulinių laidų, ar laidų skirtų įžeminimui.
- Klajojančios srovės, esančios ant šiluminių vamzdžių, vamzdžių antikorozinės apsaugos srovės.
- Magnetinis fonas padidėja, kai srovės nėra subalansuotos pagal fazes trifazėje elektros maitinimo sistemoje erdvinio atstumo tarp nulinio ir fazinio laidų atveju.
- Jėgos transformatoriai ir paskirstymo skydai.
- Tinklo filtrų panaudojimas kovojant su tinklo trukdžiais, kai naudojamos dvejų laidų elektros maitinimo grandinės su įžeminimū. Nes dėl srovių nesimetriškumo efekto tarp nulinio ir fazinio laidu, atsiranda magnetinių laukų disbalansas, ko neįvyksta naudojant trijų laidų maitinimo tinklą.

#### **Sumažinimo priemonės:**

- Vengti erdvinio nutolimo tarp fazinio ir nulinio klaidų. Jie turi būti išdėstyti šalia vienas kito.
- Pašalinti galimus papildomus kelius srovei tekėti nuliniiais laidais kai jie yra nutolę nuo fazinio laido. Atjungti pastate esančius rezerviniu kabelius ne tik pagal fazę, bet ir pagal nulinį laidą.
- Energijos vartotojų įžeminimas turi būti atliktas pagal spindulio schemą, o ne pagal žiedo (uždara)
- Nepamiršti, kad papildomą magnetinį foną gali kurti dviejų laidų energijos vartotojų maitinimo laidai su įmontuotais tinklo filtrais. Tam rekomenduojama naudoti tinklo filtrus, dirbančius be įžeminimo.
- Darbo vietos turi būti išdėstytos galimai kuo toliau nuo jėgos skydu, transformatorių ir tranzitinių jėgos elektros kabelių. Darbo vietoje esančių techninių prietaisų laidai turi būti kuo trumpesni ir ne turi būti išdėstyti darbuotojo buvimo zonoje. Ilgi laidai turi būti sudėti gyvatėle.
- Periodiškai būtina vykdyti pastatuose tolygaus apkrovimo pagal fazes kontrolę. Stengtis suvesti į minimumą laikinus netolygumus teisingai išdėstant apkrovimus.
- Kokybiška elektros maitinimo instaliacija ir patikimas įžeminimas.

(<http://rtslab.ktu.lt/BustoPortalas/Ateitiesb%C5%ABstoprojektas/Elektromagnetin%C4%97saugagyvenamojojeaplinkoje/tabid/74/Default.aspx>)

Nustatyta tvarka turi būti naudojami išpėjamieji ženklai darbo vietose pagal saugos ir sveikatos apsaugos ženklų naudojimo darbovietėse nuostatus.

Darbdavys privalo informuoti darbuotojus apie elektromagnetinės spinduliuotės poveikį sveikatai, technines ir organizacines priemones, kurių ėmėsi darbdavys ir kurių turėtų imtis

darbuotojai. Darbuotojai ir jų atstovai darbovietėse turi teisę gauti informaciją apie elektromagnetinės spinduliuotės parametrų matavimo rezultatus.

Darbdavys privalo numatyti darbuotojus apsaugančias priemones, kai darbo aplinkoje viršijamos elektromagnetinio lauko intensyvumo parametrų leidžiamos vertės. Šiais atvejais turi būti nedelsiant nustatytos viršijimo priežastys ir nedelsiant imamasi padėtų taisančių priemonių. Darbdavys privalo informuoti darbuotojus ir jų atstovus darbovietėse apie tai, kuriose darbo vietose viršytos elektromagnetinio lauko intensyvumo parametrų leidžiamos vertės ir kokių priemonių imtasi ar turi būti imtasi padėčiai ištaisyti.

Dirbantiesiems su elektromagnetinės spinduliuotės šaltiniais privalomi išankstiniai ir periodiški (per atitinkamus laiko intervalus) sveikatos tikrinimai.

([http://www.sam.lt/lt/main/teisine\\_informacija/higienos\\_normos?id=23984](http://www.sam.lt/lt/main/teisine_informacija/higienos_normos?id=23984))

Apibendrinus galima pasakyti, kad elektromagnetinių laukų stiprumą gali sumažinti tvarkinga elektros instaliacija, ekranuoti laidai, tvarkinga prietaisų įžeminimo sistema. Laidai ekranuojami įvelkant juos į metalinį vamzdelį, tarsi į šarvą (jų galima įsigyti parduotuvėse). Monitoriaus ekraną būtina įžeminti.

Svarbu ir darbo vietos įrengimas, instaliavimas į maitinimo tinklą. Laidai neturėtų driektis už dirbančiojo kompiuteriu nugaros ar gretimai.

Didėjant atstumui nuo prietaiso, elektromagnetiniai laukai silpsta kvadratine priklausomybe. Svarbi ir buvimo elektromagnetinių laukų apsuptyje trukmė. (Andrijauskaitė, 2001)

#### **1.4. Elektromagnetinės spinduliuotės poveikio žmonių sveikatai tyrimo metodai.**

Analizuojant pirmojo miokardo infarkto rizikos darbe faktorius bei jo vystymosi priežastis yra naudojami tokie metodai:

1. Atvejo – kontrolės tyrimas (retrospektyvinis),
2. Kohortinis (prospektyvinis).

Šie tyrimai naudojami priežastiniams ryšiams nustatyti, tačiau atvejo – kontrolės studijos atliekamos dažniau.

**Atvejo ir kontrolės tyrimas** (angl. *case-control study*) – tai analitinis tyrimas, kurio tikslas – nustatyti galimas ligų priežastis, lyginant tam tikra liga sergančius (atvejais) ir nesergančius žmones (kontrolė). Toks tyrimas yra gana nebrangus, reikalaujantis sąlyginai nedaug tiriamųjų, tačiau nustatytas ryšys tarp spėjamo rizikos veiksnio ir susirgimo gali būti tik statistinis, bet ne priežastinis.

Šios studijos metu tiriami iš populiacijos pasirinkti asmenys ir stebima, ar tam tikra liga sergantys asmenys buvo veikiami ligą skatinančio veiksnio dažniau nei ta liga nesergantys. Tuo

tarpu kontrolinė grupė padeda nustatyti santykinę ekspozicijos paveiktą ir nepaveiktą dalį populiacijos. Kadangi kontrolinės grupės ekspozicija turi reprezentuoti esamą situaciją populiacijoje, ypač svarbu taikyti atsitiktinę atranką. Tokiu būdu surinkta kontrolinė grupė tinkamai reprezentuos populiacijos ekspoziciją (Gražulevičienė, 2005).

**Kohortinis tyrimas** (angl. *cohort study* arba *follow-up study*) – tai analitinis epidemiologinis stebėjimo tyrimas, kurį atliekant stebima sveikų žmonių grupė, sudaryta iš rizikos veiksnio veikiamų bei neveikiamų individų. Tiriamųjų grupė vadinama *kohorta*.

Siekiant nustatyti priežastinį ryšį tarp rizikos veiksnio ir ligos, renkami duomenys apie visus naujus ligos atvejus (sergamumą).

Kohortinis tyrimas gali būti:

- perspektyvinis (angl. *prospective study*), kai tyrimas pradedamas atlikti, o liga ar kita su sveikata susijusi baigtis pasireiškia po tyrimo pradžios,
- retrospektyvusis (angl. *retrospective study*), kai tyrimas pradedamas atlikti jau pasireiškus ligai. ([http://lt.wikipedia.org/wiki/Kohortinis\\_tyrimas](http://lt.wikipedia.org/wiki/Kohortinis_tyrimas))

Analitiniai tyrimai – tai epidemiologiniai stebėjimo tyrimai, kurių tikslas – nustatyti ryšį tarp ligų ir tam tikrų veiksnių. Aprašomieji tyrimai – tai epidemiologiniai stebėjimo tyrimai, kurių tikslas yra nustatyti ligų ir arba kitų veiksnių dažnumą populiacijoje. Priešingai nei analitiniuose tyrimuose, atliekant aprašomuosius tyrimus siekiama ne įvertinti ryšį tarp ligos ir rizikos veiksnio, bet tiesiog įvertinti situaciją dominančių požymių atžvilgiu. Aprašomieji tyrimai tinka nustatant hipotezes analitiniams tyrimams.

Analitiniai tyrimai gali būti naudojami vienu metu kelioms hipotezėms tirti, tačiau tiksliausia yra tirti vieną hipotezę ir nagrinėti svarbiausių veiksnių įtaką. Šių tyrimų metu nustatomas ligos atsiradimas populiacijose ir nagrinėjamos priežastys, sukėlusios ligos pasireiškimą. Todėl yra labai svarbu pasirinkti tinkamą studijos tipą, nes tai įtakoja rezultatų tikslumą. Tik tinkamai suplanuoti studijos rezultatai iškelia naujas hipotezes ir skatina naujų rizikos veiksnių išnagrinėjimą.

Elektromagnetinio lauko intensyvumo parametrų matavimai darbo patalpose turi būti atliekami nuolatinėse ir nenuolatinėse darbo vietose ne mažesniu kaip 0,5m atstumu nuo elektromagnetinės spinduliuotės šaltinio. Gyvenamojoje aplinkoje elektromagnetinės spinduliuotės matavimai atliekami apie 2 m aukštyje virš žemės paviršiaus, taip pat priklausomai nuo esančių arba planuojamų statyti pastatų aukščio - apie 3 m, 6 m, 9 m ir t.t. aukštyje nuo žemės paviršiaus, pasinaudojant keltuvais.

Elektromagnetinės spinduliuotės šaltinius aptarnaujančiam personalui draudžiama būti zonoje, kurioje atliekami matavimai. Asmenys, atliekantys matavimus, neturi būti tarp elektromagnetinės spinduliuotės šaltinio ir matavimo prietaiso daviklio.

Kai elektromagnetinės spinduliuotės šaltiniai gyvenamojoje ir darbo aplinkoje spinduliuoja kelių dažnių juostose, kuriose nustatytos tos pačios elektromagnetinio lauko intensyvumo parametrų leidžiamos vertės (LV), elektromagnetinio lauko intensyvumo parametrų suma nustatoma prietaisais su izotropiniais davikliais arba atskirai matuojant kiekvieno šaltinio sukuriamo elektromagnetinio lauko intensyvumo parametrus ir apskaičiuojant elektromagnetinio lauko intensyvumo parametrų sumines vertes.

Darbovietė, kurioje eksploatuojami radiotechniniai įrenginiai, turi atitikti nustatytus reikalavimus. Darbai turi būti organizuoti taip bei naudojamos tokios darbo priemonės ir technologiniai procesai, kad darbo vietose sklindančios elektromagnetinės spinduliuotės srautas, poveikio laikas, elektromagnetinės spinduliuotės veikiamų ar galinčių būti paveiktais darbuotojų skaičius būtų kuo mažesnis.

Turi būti įvertinta poveikio darbuotojams rizika saugai ir sveikatai pagal norminį teisės aktą, kad būtų galima parinkti reikalingas kolektyvinės ir asmeninės apsauginės priemonės ([http://www.sam.lt/lt/main/teisine\\_informacija/higienos\\_normos?id=23984](http://www.sam.lt/lt/main/teisine_informacija/higienos_normos?id=23984)).

Norint išsiaiškinti kokie veiksniai turi įtakos ligai atsirasti, nagrinėjamas priežastinis ryšys ir matuojama atskirų veiksnių keliama rizika. Gauti duomenys naudojami ligų profilaktikai, aplinkos skatinamų ligų rizikai mažinti, prevencinėms programoms planuoti (Gražulevičienė, 2005).

Tyrimo metu turi būti nustatomos ekonominės veiklos rūšys, kuriose šiuo metu egzistuoja didžiausia tikimybė susirgti elektromagnetinio lauko (spinduliavimo) sukeliamomis profesinėmis ligomis ar kitais profesiniais pakenkimais, kartu nustatant šiose ekonominės veiklos srityse darbus, įrenginius ar kitas darbui naudojamas darbo priemones, kurių skleidžiamas elektromagnetinis spinduliavimas neatitinka reikalavimų nustatytą direktyva.

Išanalizuojama įmonių galimybė pritaikyti tyrimų, atliktų taikant **HN 110:2001** “Pramoninio dažnio (50 Hz) elektromagnetinis laukas darbo vietose. Parametrų leidžiamos skaitinės vertės ir matavimo reikalavimai” bei **HN 80 : 2000** “Elektromagnetinis laukas darbo vietose ir gyvenamojoje aplinkoje. Parametrų normuojamos vertės ir matavimo reikalavimai 10 KHz – 300 GHz dažnių juostose” **reikalavimus**, duomenis nustatant darbo vietų atitikimą direktyvos **2004/40EB** reikalavimams. Šios analizės pagrindu pateikiamos rekomendacijos įmonėms dėl tyrimų, atliktų pagal higienos normas **HN 110:2001** bei **HN 80 : 2000**, duomenų taikymo vertinant darbo vietas ir darbo priemones pagal direktyvą **2004/40EB** (Virbalis, Daunoras, 2005)

Atlikus įvairius matavimus galime pagal gautus duomenis lyginti su leistinom normom ir tokiu būdu nustatyti ar darbovietėje, ar gyvenamojoje aplinkoje elektromagnetinė spinduliuotė neviršija nustatytų higienos normų. Jei normos yra viršijamos reikia imtis įvairių prevencijos priemonių, kad poveikį sumažinti. Tuo tarpu, kad nustatyti priklausomybę tarp elektromagnetinės apšvitos ir susirgimų reikia atlikti analitinius tyrimus. Šiuos tyrimus galime atlikti klausimyno

pagalba ir elektromagnetinių laukų matavimais. Atsiradus susirgimams susijusiems su elektromagnetine spinduliuote, kur yra viršijamos normos atliekami tyrimai šiai priklostomybei išsiaiškinti, bei imtis priemonių jei sumažinti.

## 2. DARBO TIKSLAS IR UŽDAVINIAI

**Darbo hipotezė:** elektromagnetinė spinduliuotė darbe turi įtakos miokardo infarkto rizikai, EML spinduliuotė slopsta tolstant nuo aukštos įtampos linijos laidų.

**Darbo tikslas** - nustatyti darbuotojų profesijas, kurias veikia padidinta EML apšvita darbe, iširti spinduliuotės įtaka miokardo infarkto rizikai ir spinduliuotės stiprio kitimą tolstant nuo spinduliuotės šaltinio.

### **Tyrimo uždaviniai:**

1. Nustatyti darbuotojų profesija, kurias veikia padidinta apšvita darbe ir jų ryšį su miokardo infarktu.
2. Nustatyti kompiuterizuotoje darbo vietoje EML apšvitos dydį.
3. Nustatyti aukštos įtampos elektros energijos linijų skleidžiamą EML apšvitos kitimą priklausomai nuo nuotolio.

### 3. TYRIMŲ METODIKA

Darbas yra trijų dalių:

1. Profesijų su padidinta EML apšvita darbe išaiškinimas ir jų ryšio su miokardo infarktu tyrimas;
2. Kompiuterizuotoje darbo vietoje EML apšvitos dydžio nustatymas;
3. Aukštos įtampos elektros energijos linijų skleidžiamas EML apšvitos nustatymas.

Nustatyti profesijų rizika naudoti 1997 – 2005 m. sveikatos monitoringo duomenų bazę, sukaupia KMU Kardiologijos institute. Tirta elektromagnetinių laukų keliamą rizika susirgti pirmuoju miokardo infarktu tarp darbuotojų, kurie buvo veikiami elektromagnetinių laukų darbe ir kurie jais nebuvo veikiami.

Atvejų grupę sudarė 1042 ligoniai, kurių klinikinė diagnozė buvo koduojama remiantis dešimtosios peržiūros tarptautinės ligų klasifikacijos I21 kodu (ūmus miokardo infarktas). Kiekvienam užregistruotam sergančiajam buvo priskirti du trys kontroliniai asmenys, kurių klinikinėje diagnozėje nebuvo paminėta išemine širdies liga. Kontrolinę grupę sudarė 2341 vyras.

Duomenims apie miokardo infarkto rizikos veiksnius išaiškinti atliktas atvejų ir kontrolinės grupės asmenų duomenų palyginimas. Naudojant SPSS paketą, buvo lyginti duomenys apie galimus miokardo infarkto rizikos veiksnius, tarp jų socialinius – demografinius (amžius, šeimos padėtis, išsilavinimas, ekonominė būklė, darbo pobūdis), elgsenos (rūkymas, fizinis aktyvumas, alkoholio vartojimas), aplinkos (kenksminga gyvenamoji ir darbo aplinka) veiksnius.

Duomenų analizei buvo naudoti EPI – info 6 versijos analizės paketas. Buvo nustatyta kai kurių potencialių miokardo infarkto rizikos veiksnių paplitimas procentais tarp miokardo infarkto atvejų ir kontrolinės grupės asmenų ir apskaičiuoti šansų santykiai bei jų pasikliautinieji intervalai. Vertinant elektromagnetinių laukų, veikusių darbo aplinkoje, įtaką miokardo infarkto rizikai, veiksnio (EML) dydis buvo klasifikuotas pagal darbo EML aplinkoje trukmę: trumpiau kaip 20 metų ir ilgiau kaip 20 metų. Norėdami nustatyti elektromagnetinių laukų įtaką miokardo infarkto rizikai, kontroliuota ryšį iškreipiančiųjų veiksnių įtaka, naudojant logistinės regresijos daugiaveiksne analizę. Į modelį buvo įtraukiami rizikos veiksniai, kurių paplitimas tarp sergančiųjų miokardo infarktu buvo dažnesnis negu tarp kontrolinės grupės asmenų ir kurie reikšmingai didino riziką susirgti miokardo infarktu. Apskaičiuotas sustandartintas (standartizuotas) šansų santykis (SŠS) tarp sergančiųjų miokardo infarktu, veiktų elektromagnetinių laukų darbo aplinkoje trumpiau kaip 20 metų ir ilgiau kaip 20 metų, ir neveiktų EML asmenų.

Antroje darbo dalyje, nustatant kompiuterizuotoje darbo vietoje EML dydį, naudoti duomenys UAB „SDG“, *Profesinės rizikos vertinimo departamento, UAB „SDG“, Rizikų*



*departamento* ir atlikau Vytauto Didžiojo universiteto Gamtos mokslų fakulteto kompiuterių klasėje matavimus, kai buvo naudojami senos kartos kompiuteriai, ir pakeitus kompiuterius į naujus.

Elektromagnetinė apšvita buvo matuota Vytauto Didžiojo universiteto Gamtos mokslų fakulteto Aplinkotyros katedros kompiuterių klasėje. Matavimus atlikau Maschek firmos elektrinio ir magnetinio laukų stiprio matuokliu ESM – 100, Lietuvos matavimo priemonių registro Nr. 2-2024:2005 (3.1 pav.)



3.1 paveikslas. **Elektrinio ir magnetinio laukų stiprio matuoklis ESM – 100**

Prietaisu buvo išmatuota elektrinio lauko stipris ir magnetinio srauto tankis 5 Hz – 2 kHz ir 2 – 400 kHz dažnių ruožuose. Magnetinio lauko stipris buvo apskaičiuotas pagal formulę:

$$H = \frac{B}{\mu_0} = \frac{B[\text{T}]}{4\pi \cdot 10^{-7}} = \frac{B[\text{nT}]}{1257}, \text{ A/m}$$

$\mu_0$  – magnetinio lauko konstanta,  $1,257 \cdot 10^{-6} \text{ V} \cdot \text{s} \cdot \text{A}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$

Matavimai buvo atliekami darbo vietose 0,5 m atstumu nuo elektromagnetinės apšvitos šaltinio (kompiuterio) ir 1 m aukštyje. Elektromagnetinio lauko parametrai buvo matuojami kompiuterizuotose darbo vietose įjungus kompiuterius bei juos išjungus. Tokiu būdu buvo siekiama nustatyti foninę EML taršą.

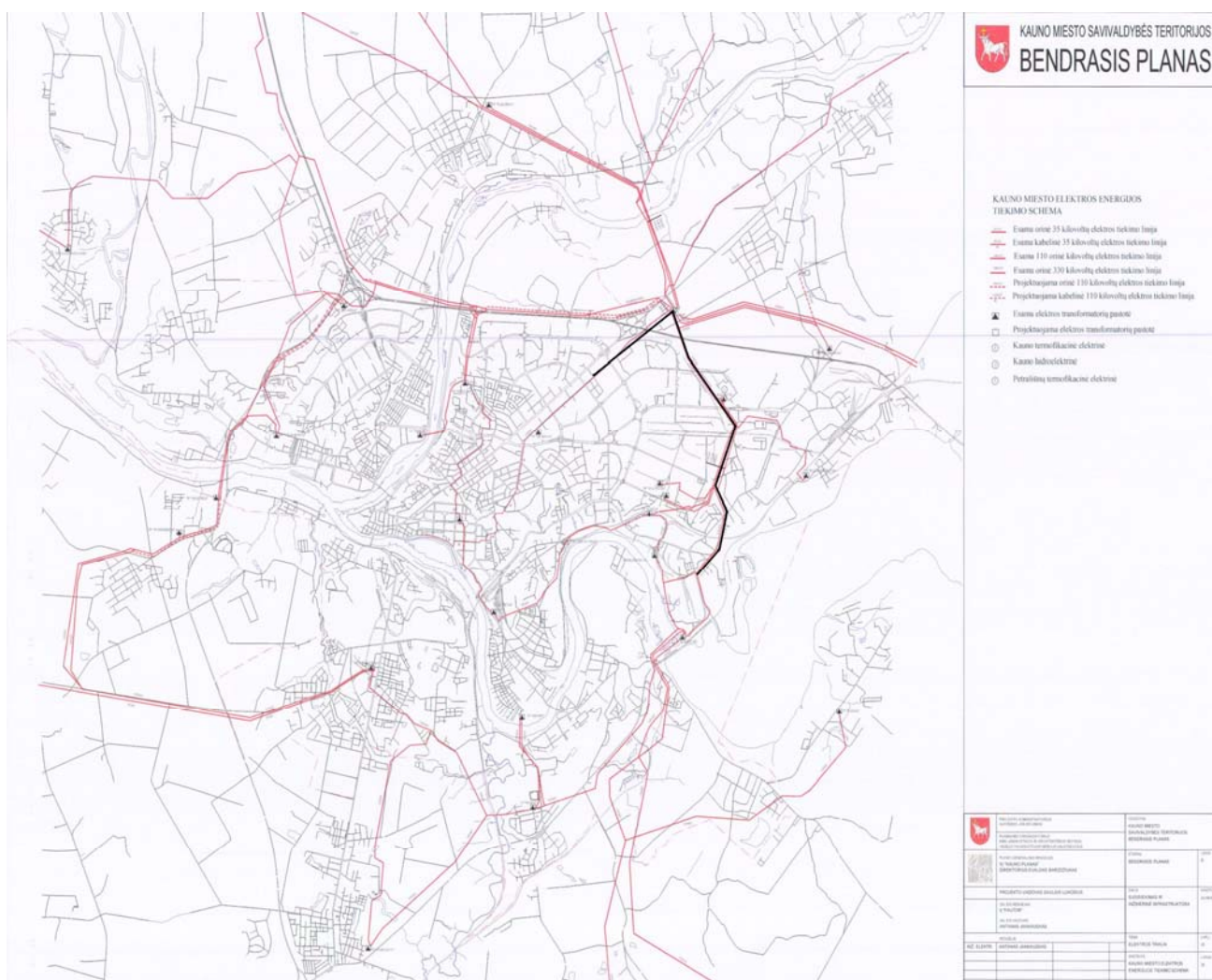
Išmatuotos reikšmės atvaizduojamos skaitine reikšme ir stulpelių pavidalu. Elektrinio lauko intensyvumo ir magnetinio lauko tankio matavimai atliekami vienu metu. ESM-100 matuoja nepriklausomai nuo antenos krypties, t.y visomis trimis kryptimis arba izotropiniu būdu. Tai svarbu norint dirbti be klaidų, todėl, kad elektrinis ir magnetiniai ir magnetiniai laukai sklinda iš skirtingų krypčių ir jų reikšmės gali pastoviai svyruoti.

Vienu metu viename sferinės antenos taške matuojamas elektrinis ir magnetiniai laukai leidžia įvertinti visą apšvitą, nes abi komponentės yra susijusios su elektromagnetine spinduliuote.

Tai, kas priklauso plačios dažnių juostos laukų matavimams (ribos 5 Hz – 400 kHz), yra žemo dažnio laukai, kuriuos sukuria pramonė ar buityje naudojami prietaisai. Jie gali būti įvertinti vieno matavimo ciklu. Išmatuotų laukų rezultatai atvaizduojami suvidurkinti.

Darbo vietos sąlygos buvo vertinamos pagal tai kaip kompiuterizuota darbo vieta, atitinka darbuotojų saugos ir sveikatos teisės aktų nustatytus reikalavimus.

Trečioje darbo dalyje tiriant aukštos įtampos elektros linijų EML apšvitos dydį, su tuo pačiu prietaisu ESM-100 buvo išmatuoti aukštos įtampos laidų skleidžiama spinduliuotė (110 kilovoltų orinė elektros tiekimo linija) nuo Kauno marių iki Partizanų gatvės (3.2 pav.).



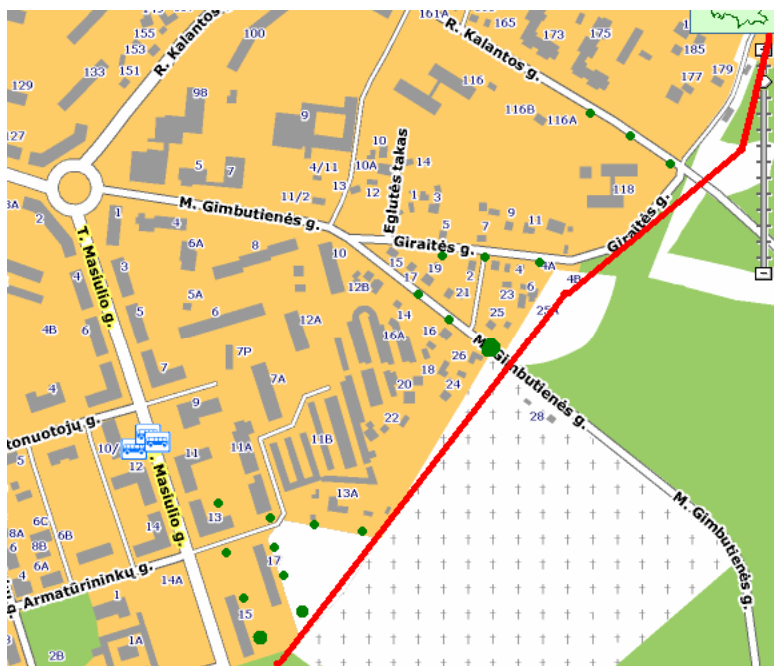
3.2 paveikslas. **Kauno miesto elektros energijos tiekimo schema.**

Oro linijos sukuriama elektrinio lauko faktiškos vertės matuojamos matuokliais, skirtais 50 Hz dažnio elektrinio lauko stipriui matuoti. Elektromagnetinį lauką sudaro dvi komponentės: elektrinis ir magnetinis laukai. 50 Hz dažnio atvirųjų elektros oro linijų sukeltų elektromagnetinių laukų magnetinio lauko komponentė nenormuojama. Elektrinio lauko stipris prie žemės priklauso

nuo elektros oro linijos įtampos, nuo laidų tvirtinimo aukščio ir nuo atstumo tarp jų. Elektrinio lauko stipris sparčiai silpnėja, tolstant nuo elektros oro linijų ir kitų įrenginių.

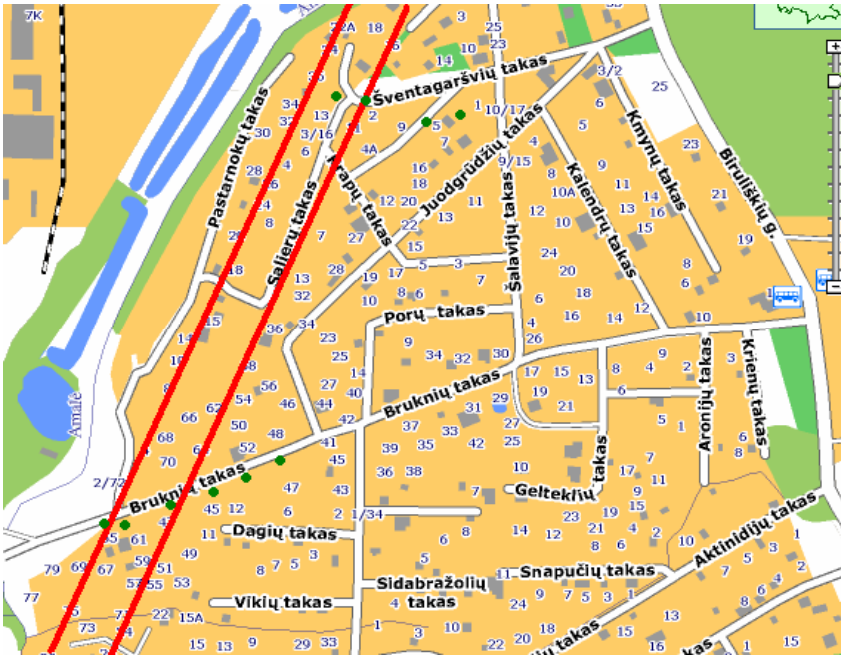
Atliekant matavimas buvo naudotasi EML matavimų metodikos aprašymu. Elektrinio lauko stiprio matavimai gyvenamuosiuose ir viešosios paskirties pastatuose atliekami esant įprastiniam elektros oro linijų darbo režimui. Matavimo maršrutas turi būti nustatomas prieš tai išanalizavus teritorijos schemą (įvertinus reljefą, užstatymo pastatais pobūdį, augmeniją ir t.t.). Matavimo maršrutas turi būti atviras (neužstatytas, be didelių medžių). Išilgai matavimo maršruto neturi būti metalinių konstrukcijų, įrenginių. Vietovė, kur numatoma matuoti, turi būti atvira ir joje tiesiogiai matoma elektros oro linija. Matavimo maršruto nuolydis turi būti minimalus ([www.sam.lt](http://www.sam.lt)).

Tyrimo metu buvo matuojama EML spinduliuotė šalia gyvenamųjų namų. Matavimai buvo atliekami trijuose Kauno rajonuose (Petrašiūnų, Amalių ir Dainavos) prie pat elektros laidų, 50, 100 ir 150 metrų atstumu nuo jų. Priklausomai nuo gyvenamosios vietos išdėstymo, matavimai buvo atliekami aukštos įtampos linijos toje pusėje, kur vyravo gyvenamieji namai. Petrašiūnų rajone matavimai apėmė tokias gatves: T. Masiulio g., T. Gimbutienės g., Giraitės g. ir R. Kalantos g. (3.3 pav.).



3.3 paveikslas. Petrašiūnų rajono elektromagnetinių laukų matavimo taškai.

Kiti matavimai buvo atliekami Amalės rajone - dvejose gatvėse: Bruknių takas ir Salierų takas. Šiame rajone aukštos įtampos laidai eina virš privačių gyvenamųjų namų (3.4 pav.)



3.4 paveikslas. Amalės rajono elektromagnetinių laukų matavimo taškai

Dainavos rajone aukštos įtampos (110 kV) laidai nutiesti virš Partizanų gatvės (3.5 pav.).



3.5 paveikslas. Dainavos rajono elektromagnetinių laukų matavimo taškai.

Atlikus matavimus gauti duomenys bus palyginti su leistinomis normomis pagal Lietuvos higienos normą: HN 104:2000 „Gyventojų sauga nuo elektros oro linijų sukuriamų elektrinių laukų“.

## 4. DARBO REZULTATAI IR JŲ APTARIMAS

### 4.1. Elektromagnetinės spinduliuotės įtaka miokardo infarkto rizikai

Epidemiologiniais tyrimais nustatyta, kad nuolat veikiant elektromagnetiniams laukams darbuotojai dažniau mirdavo nuo įvairių širdies ligų (miokardo infarkto, artimųjų ir kt.), lyginant su tais darbuotojais, kurie nesusiduria su elektromagnetiniais laukais. Taip pat šie tyrimai rodo, kad elektromagnetiniai laukai gali sukelti įvairius negalavimus, prastą savijautą, kraujo sudėties pakitimas, biocheminių procesų pakitimus ir kt. (Ahlbom ir kt., 2001).

Elektromagnetinių laukų poveikis žmogaus organizmui priklauso nuo elektromagnetinio srauto galios tankio, elektromagnetinių bangų dažnio, ekspozicijos laiko, elektromagnetinės energijos sugėrimo paviršiaus ploto, individualių organizmo savybių bei aplinkos sąlygų (temperatūros, oro taršos ir kt.) (Mickūnas, 1997).

Pastaraisiais metais paskelbtų elektromagnetinių laukų publikacijų bei poveikio sveikatai tyrimų duomenys byloja, kad gyvenamosios aplinkos ir profesinė ekspozicija gali turėti įtakos kraujagyslių ir širdies sistemai.  $1 \text{ A m}^{-2}$  stiprumo magnetinis laukas kintantis laike, audiniuose gali sukelti negrįžtamas biologines pasekmes, tokias kaip skilvelių virpėjimas (Tenforde et al., 1987).

Elektromagnetinė spinduliuotė turi įvairių poveikį atskiriems organams ir organizmo sistemoms, nes poveikis priklauso nuo individualių organizmo savybių. Elektromagnetinės spinduliuotės sukeltos pasekmės priklauso nuo apšvitintų organų kraujagyslių tinklo bei ląstelių diferenciacijos lygio (Urbonas ir kt., 1998)

Žmogaus organizmą dažniausia vienu metu veikia keli veiksniai, o jų bendras poveikis gali stipriai didinti miokardo infarkto riziką.

Norint išsiaiškinti kokią įtaką miokardo infarkto sergamumui turi įvairūs veiksniai (rūkymas, amžius, arterinis kraujospūdis, stresas, kūno masės indeksas ir elektromagnetiniai laukai), buvo atliktas atvejis – kontrolės tyrimas. Siekiant nustatyti kiek minėti veiksniai padidina miokardo infarkto riziką, buvo palygintas tiriamų veiksnių paplitimas procentais tarp atvejų ir kontrolinės grupės ir apskaičiuotas šansų santykis tarp turinčiųjų tiriamąjį rizikos veiksnių ir jo neturinčiųjų, bei jo 95 proc. pasikliautinieji intervalai (4.1 lentelė).

4.1 lentelė. Ryšinę priklausomybę iškreipiančiųjų veiksnių paplitimas tarp miokardo infarkto atvejų ir kontrolės, šansų santykiai (ŠS) ir jų 95 proc. pasikliautinieji intervalai (PI)

Rizikos veiksniai	Atvejai (1042)		Kontrolė (2341)		Šansų santykis	
	Sk.	Proc.	Sk.	Proc.	ŠS	95 proc. PI
Amžiaus grupės						
Lyginamoji - 25-44 m.	160	15,4	492	21,0		
45-54 m.	370	35,5	849	36,3	1,34	1,08-1,66

55-64 m.	512	49,1	1000	42,7	1,57	1,28-1,94
Rūkymas						
Lyginamoji - nerūko	189	18,1	741	31,7		
Rūko	853	81,9	1600	68,3	2,09	1,75-2,50
Arterinis kraujospūdis						
Lyginamoji - < 140/90 mm Hg	533	51,2	1826	78,0		
140/90 - 159/99 mm Hg	349	33,5	414	17,7	2,89	2,43-3,43
≥ 160/100 mm Hg	160	15,4	101	4,3	5,43	4,16-7,09
Kūno masės indeksas						
Lyginamoji - normalus ( 20,1-25,0 kg/m <sup>2</sup> )	385	36,9	1209	51,6		
Padidėjęs (25,1-30,0 kg/m <sup>2</sup> )	383	36,8	744	31,8	1,62	1,37-1,91
Nutukimas (>30,0kg/m <sup>2</sup> )	274	26,3	388	16,6	2,22	1,83-2,69
Stresinė būseną						
Lyginamoji – streso nėra	275	26,4	1076	46,0		
Tarpinė būseną	565	54,2	1017	43,4	2,17	1,84-2,57
Stresas	202	18,4	248	10,6	3,19	2,54-4,00
Elektromagnetiniai laukai						
Lyginamoji – nėra jokio kenks. veiksnio	370	88,5	942	93,7		
< 20 m.	11	2,6	21	2,1	1,33	0,64-2,79
> 20 m.	37	8,9	42	4,2	2,24	1,42-3,55

Tyrimo metu nustatyta, kad miokardo infarkto atvejų grupėje buvo daugiau rūkančių (81%) lyginant su kontroline grupe (68%). Rūkančių rizika susirgti miokardu infarktu buvo 2 kartus didesnė nei nerūkančiųjų (ŠS = 2,09, 95 % PI 1,75-2,50). 45 – 54 metų amžiaus vyrų rizika susirgti miokardo infarktu yra 34% didesnė nei 25- 44 metų amžiaus vyrų, o 55 – 64 metų amžiaus grupėje rizika yra 57% didesnė. Padidėjęs kraujospūdis (140/90 – 159/99 mmHg) riziką susirgti miokardo infarktu didino 2,9 karto, o labai aukštas kraujospūdis (>160/100 mmHg) – net 5,4 karto. Dažna stresinė būseną darbe susirgimą miokardo infarktu didino 3 kartus. Nutukusių darbuotojų rizika padidėja daugiau nei 2 kartus. Lyginant darbuotojus, kuriuos darbe elektromagnetiniai laukai veikia trumpiau nei 20 metų ir darbuotojus, kurių darbe neveikė kenksmingi veiksniai, paaiškėjo, kad elektromagnetiniai laukai turėjo tendenciją miokardo infarkto riziką didinti daugiau kaip 1,3 karto (ŠS = 1,33, 95 % PI 0,64 - 2,79), tuo tarpu jei elektromagnetiniai laukai darbe veikia ilgiau nei 20 metų, miokardo infarkto rizika padidėjo daugiau nei 2 kartus (ŠS = 2,24, 95 % PI 1,42 - 3,55). Nustatyta, kad vyresnis amžius, rūkymas, padidėjęs kraujospūdis, nuolatinė stresinė būseną ir ilgalaikis darbas elektromagnetinių laukų aplinkoje miokardo infarkto riziką didino nuo 34% iki 5,43 kartų.

Aptarti miokardo infarkto rizikos veiksniai iškreipia tiriamą priklausomybę tarp darbo elektromagnetinių laukų aplinkoje ir miokardo infarkto rizikos. Siekiant sumažinti ryšį iškreipiančiųjų veiksnių įtaką, buvo atliktas matematinis modeliavimas. Į daugiaveiksmės logistinės regresijos modelį buvo įtraukti amžius, arterinis kraujospūdis, rūkymas, antsvoris, stresinė būseną,

bei elektromagnetiniai laukai darbo aplinkoje. Kontroliuojant ryšį iškreipiančių veiksnių nustatytas standartinis šansų santykis (4.2 lent.)

**4.2 lentelė. 25-64 metų vyrų miokardo infarkto riziką didinančių veiksnių sustandartinti šansų santykiai (ŠŠS) ir jų 95 proc. pasikliautiniai intervalai (PI) daugiaveiksnių analizės duomenimis**

Rizikos veiksniai	Sustandartintas šansų santykis	
	ŠŠS*	95 proc. PI
Amžiaus grupės		
Lyginamoji - 25-44 m.		
45-54 m.	1,35	0,94-1,94
55-64 m.	1,57	1,10-2,25
Rūkymas		
Lyginamoji - nerūko		
Rūko	2,28	1,72-3,02
Arterinis kraujospūdis		
Lyginamoji - < 140/90 mm Hg		
140/90 - 160/100 mm Hg	2,47	1,85-3,30
≥ 160/100 mm Hg	5,52	3,42-8,92
Kūno masės indeksas		
Lyginamoji - normalus ( 20,1-25,0 kg/m <sup>2</sup> )		
Padidėjęs (25,1-30,0 kg/m <sup>2</sup> )	1,35	1,02-1,80
Nutukimas (>30,0kg/m <sup>2</sup> )	1,75	1,25-2,46
Stresinė būseną		
Lyginamoji – streso nėra		
Tarpinė būseną	1,45	1,10-1,91
Stresas	2,98	2,10-4,26
Elektromagnetiniai laukai		
Lyginamoji – nėra jokio veiksnio		
EML < 20 m.	1,56	0,69-3,50
EML > 20 m.	2,43	1,44-3,82

*\*Į daugiaveiksnių logistinės regresijos modelį įtraukta amžius, rūkymas, arterinis kraujospūdis, kūno masės indeksas, stresinė būseną ir elektromagnetinių laukų apšvita*

Įvertinus ryšį iškreipiančių veiksnių įtaką, nustatyta, kad darbas mažiau kaip 20 metų elektromagnetinių laukų aplinkoje turėjo tendenciją 25-64 metų vyrų miokardo infarkto riziką didinti 56%, lyginant su dirbančiais elektromagnetinių laukų neveikiamoje aplinkoje. Dirbusių ilgiau nei 20 metų elektromagnetinių laukų darbo aplinkoje rizika buvo 2,43 karto didesnė (ŠŠS = 2,43, 95 % PI 1,44-3,82). Nustatytas statistiškai reikšmingas miokardo infarkto rizikos padidėjimas, kai darbo stažas elektromagnetinių laukų aplinkoje didesnis nei 20 metų.

#### 4.1.1. Profesinių kategorijų, patiriančių elektromagnetinių laukų įtaka miokardo infarkto rizikos tyrimas

Tyrėme ar atskirų profesijų darbuotojų, dažniau patiriančių elektromagnetinę apšvitą darbe padidėja miokardo infarkto rizika. Buvo palyginti atskirų profesinių kategorijų asmenys sergantieji MI (atvejai) ir nesergantieji (kontrolė). Profesijų grupes buvo sudarytos remiantis Tarptautine profesijų klasifikacija. (4.3 lentelė)

4.3 lentelė. Elektromagnetinės spinduliuotės dažnis tarp įvairių profesinių kategorijų, nustatytų remiantis tarptautine profesijų klasifikacija (ISCO), darbuotojų

Profesinės kategorijos grupė	MI atvejai (139)		Kontrolė (225)	
	Sk.	Proc.	Sk.	Proc.
<i>2. Profesionalai 2143, 2144</i>				
Elektros ir telekomunikacijos inžinieriai	15	10,8	25	11,1
<i>3. Technikai</i>				
Elektros ir telekomunikacijos technikai 3113, 3114	26	18,7	29	12,9
Telekomunikacijos operatoriai 3132	0	0	3	1,3
Aviacijos technikai 3143	5	3,6	2	0,9
<i>7. Kvalifikuoti darbininkai</i>				
Suvirintojai, tekintojai 7210, 7211, 7212	67	48,2	130	57,8
Elektros linijų prižiūrėtojai 7245	9	6,5	13	5,8
Kepėjai 7412	1	0,7	3	1,3
Siuvėjai 7433	2	1,4	6	2,7
<i>8. Įrengimų ir mašinų operatoriai</i>				
Energijos gamybos operatoriai 8161	1	0,7	1	0,4
Lokomotyvų vairuotojai 8310, 8311	12	8,6	11	4,9
Liftų operatoriai 8334	1	0,7	2	0,9

Lyginant įvairių profesinių kategorijų darbuotojus sergančius miokardo infarktu, elektromagnetinių laukų ekspozicijos dažnius su lyginamąja grupe, buvo apskaičiuota santykinė rizika.

Tarp visų tirtų profesijų, susijusių su EML, sergančiųjų miokardo infarktu didžiausią dalį sudarė kvalifikuoti darbininkai dirbantys elektros pramonėje (tekintojai, suvirintojai, elektros linijų prižiūrėtojai, siuvėjai, kepėjai 48,2%) sergantieji MI. Elektros ir telekomunikacijos technikai (elektros ir telekomunikacijos technikai, telekomunikacijos operatoriai, aviacijos technikai) tarp tirtųjų sudarė 18,7%. 4.4 lentelėje pateikti duomenys apie darbo stažo įtaką miokardo infarkto rizikai. Tarp darbuotojų, kurie dirbo ilgiau nei 20 metų EML veikiami, reikšmingai padidėja miokardo infarkto rizika.



**4.4 lentelė. Darbuotojų, veiktų ir neveiktų elektromagnetiniais laukais, amžiaus vidurkis pirmojo miokardo infarkto pasireiškimo metu, priklausomai nuo darbo stažo**

Rizikos veiksniai	Atvejai (487)		Kontrolė (1107)		Šansų santykis	
	Sk.	Proc.	Sk.	Proc.	ŠS	95 proc. PI
Elektromagnetiniai laukai						
Lyginamoji – nėra jokio veiksnio	348	71,5	882	79,7		
EML < 10 m.	6	1,2	19	1,7	0,80	0,32-2,02
EML 10-20 m.	37	7,6	82	7,4	1,14	0,76-1,72
EML > 20 m.	96	19,7	124	11,2	1,96	1,46-2,63

Šią prielaidą patvirtina ligos tikimybės didėjimas, didėjant elektromagnetinės apšvitos trukmei (4.4. lent.). Lyginant darbuotojų, kuriuos darbe elektromagnetiniai laukai veikė trumpiau negu 10 metų riziką ir darbuotojus, kurie nesusidūrė su kenksmingais veiksniais darbe, paaiškėjo, kad elektromagnetiniai laukai nedidino miokardo infarkto rizikos (ŠS = 0,80, 95 proc. PI (0,32-2,02)). Darbuotojus, kurie išdirbo elektromagnetinių laukų apšvitoje 10 – 20 metų miokardo infarkto rizika padidėjo 14% (ŠS = 1,14 95 proc. PI (0,76-1,72)). Tačiau kai elektromagnetiniai laukai darbo aplinkoje veikė ilgiau kaip 20 metų, miokardo infarkto rizika padidėjo beveik 2 kartus (ŠS = 1,96, 95 proc. PI (1,46-2,63)). Tyrimai parodė, kad tam tikrų profesijų darbuotojų miokardo infarkto rizika yra didesnė negu kitų darbuotojų, todėl su EML apšvita susijusių darbuotojų profesiją galima vertinti kaip veiksnį, didinantį miokardo infarkto riziką.

Norėdami gauti tikslus duomenis apie darbo trukmės įtaką miokardo infarkto rizikai darbuotojų, kurie buvo veikiami darbe elektromagnetinės apšvitos, tiriamuosius darbuotojus suskirstome į keturias kategorijas – profesionalus, technikus, kvalifikuotus darbininkus bei įrengimų ir mašinų operatorius, ir apskaičiavome šansų santykio, bei jo pasikliautinių intervalų kitimą didėjant darbo trukmei (4.5. lent.).

**4.5 lentelė. Įvairių profesinių kategorijų darbuotojų elektromagnetinės spinduliuotės ryšys su miokardo infarkto, šansų santykiu (ŠS) ir jo 95 proc. pasikliautiniais intervalais (PI)**

Profesinės kategorijos grupė	MI atvejai		Kontrolė		Šansų santykiai	
	Sk.	Proc.	Sk.	Proc.	ŠS	PI
Lyginamoji grupė – nėra jokio profesinio veiksnio	348	95,9	882	97,2		Lyginamoji
<i>2. Profesionalai 4143, 4144</i> Elektros ir telekomunikacijos inžinieriai						
EML darbe ≤ 20 metų	6	1,7	13	1,4	1,17	0,44-3,10
> 20 metų	9	2,5	12	1,3	1,90	0,79-4,55
<i>3. Elektros ir telekomunikacijos technikai 3113, 3114, 3132, 3143</i>						
EML darbe ≤ 20 metų	13	3,4	14	1,5	2,35	1,09-5,06
> 20 metų	18	4,7	20	2,2	2,28	1,19-4,36

<i>7. Kvalifikuoti darbininkai 7210, 7211, 7212, 7245, 7412, 7433</i>						
EML darbe ≤ 20 metų	20	4,7	68	6,6	0,75	0,45-1,25
> 20 metų	59	13,8	84	8,1	1,78	1,25-2,54
<i>8. Įrengimų ir mašinų operatoriai 8161, 8310, 8311, 8334</i>						
EML darbe ≤ 20 metų	4	1,1	5	0,6	2,03	0,54-7,60
> 20 metų	9	2,5	8	0,9	2,85	1,09-7,45

Apskaičiavus šansų santykį tarp skirtingų profesijų žmonių, paaiškėjo, kad tarp darbuotojų, kurie dirba daugiau kaip 20 metų, didžiausią riziką susirgti miokardo infarktu turi įrengimų ir mašinų operatoriai (8-ta profesinės kategorijos grupė), kurią sudarė: energijos gamybos operatoriai, lokomotyvų vairuotojai, liftų operatoriai (ŠS = 2,85, 95 proc. PI (1,09-7,45)). Toliau seka technikai (3 grupė), kurią sudarė: elektros ir telekomunikacijos technikai, telekomunikacijos operatoriai, aviacijos technikai (ŠS = 2,28, 95 proc. PI (1,19-4,36)). Antros profesinės kategorijos darbuotojai, kurie dirba daugiau kaip 20 metų, didžiausią riziką susirgti turi profesionalai, kuriuos sudarė: elektros ir telekomunikacijos inžinieriai (ŠS = 1,90, 95 proc. PI (0,79-4,55)). Septintos grupės darbuotojai, kurie elektromagnetiniai laukai veikdami daugiau kaip 20 metų padarė mažiausią įtaką – tai kvalifikuoti darbininkai, tokie kaip suvirintojai, tekintojai, elektros linijų prižiūrėtojai, kepečiai, siuvėjau (ŠS = 1,78, 95 proc. PI (1,25-2,54)).

Galime teigti, kad įrengimų ir mašinų operatorių bei technikų rizika susirgti miokardo infarktu yra daugiau kaip 2 kartus didesnė, nei asmenų, neveiktų elektromagnetine spinduliuote. Analizės rezultatai parodė, kad tokios profesijos kaip tam tikri profesionalai, kvalifikuoti darbininkai, dirbantys elektros pramonėje, taip pat yra susijusios su miokardo infarkto rizikos padidėjimu, tačiau dėl mažo atvejų skaičiaus apatinė pasikliautinojo intervalo riba buvo mažiau už vieną.

Siekiant išsiaiškinti kokią įtaką miokardo infarkto sergamumui kiekvienai iš tirtų keturių grupių (2 - elektros ir telekomunikacijos profesionalai, 3 - technikai, 7 - kvalifikuoti darbininkai, 8 - įrenginių ir mašinų operatoriai) turi įvairūs veiksniai, kurie gali iškreipti ryšį tarp MI rizikos ir EML, (rūkymas, amžius, arterinis kraujospūdis, stresas, kūno masės indeksas ir elektromagnetiniai laukai), buvo atliktas atvejis – kontrolės tyrimas. Norint nustatyti kaip minėti veiksniai turi įtakos miokardo infarktui, naudojant daugiaveiksme analizę, reikia apskaičiuoti sustandartintą šansų santykį tarp turinčiųjų tiriamąją rizikos veiksni ir jo neturinčiųjų, bei jo 95 proc. pasikliautinuosius intervalus (4.6 lent.)

**4.6 lentelė. Atskitių grupių miokardo infarkto riziką didinančių veiksnių sustandartinti šansų santykiai (ŠSS) ir jų 95 proc. pasikliautiniai intervalai (PI) daugiaveiksnės analizės duomenimis**

Profesijų grupės	Profesionalai		Technikai		Kvalifikuoti darbuotojai		Įrengimų ir mašinų operatoriai	
	Sustandartintas šansų santykis		Sustandartintas šansų santykis		Sustandartintas šansų santykis		Sustandartintas šansų santykis	
Rizikos veiksniai	ŠSS*	95 proc. PI	ŠSS*	95 proc. PI	ŠSS*	95 proc. PI	ŠSS*	95 proc. PI
Amžiaus grupės								
Lyginamoji - 25-44 m.								
45-54 m.	1,50	1,02-2,21	1,50	1,02-2,19	1,35	0,94-1,95	1,53	1,03-2,26
55-64 m.	1,67	1,14-2,45	1,59	1,09-2,32	1,66	1,16-2,38	1,79	1,22-2,63
Rūkymas								
Lyginamoji - nerūko								
Rūko	2,34	1,73-3,16	2,11	1,57-2,83	2,30	1,73-3,06	2,228	1,69-3,08
Arterinis kraujospūdis								
Lyginamoji - < 140/90 mm Hg								
140/90 - 160/100 mm Hg	2,44	1,80-3,30	2,56	1,90-3,47	2,45	1,84-3,26	2,54	1,87-3,45
≥ 160/100 mm Hg	6,23	3,71-10,48	6,35	3,83-10,50	5,00	3,16-7,91	6,51	3,85-11,00
Kūno masės indeksas								
Lyginamoji - normalus ( 20,1-25,0 kg/m <sup>2</sup> )								
Padidėjęs (25,1-30,0 kg/m <sup>2</sup> )	1,50	1,11-2,03	1,40	1,04-1,89	1,39	1,05-1,84	1,43	1,05-1,94
Nutukimas (>30,0kg/m <sup>2</sup> )	1,95	1,36-2,80	1,89	1,33-2,70	1,93	1,38-2,70	1,88	1,31-2,70
Stresinė būseną								
Lyginamoji – streso nėra								
Tarpinė būseną	1,48	1,110-2,00	1,5	1,15-2,07	1,46	1,11-1,93	1,49	1,10-2,01
Stresas	3,25	2,22-4,76	3,30	2,25-4,82	3,22	2,26-4,60	3,26	2,22-4,78
Elektromagnetiniai laukai								
Lyginamoji – nėra jokio veiksnio								
EML darbe ≤ 20 metų	1,22	0,44-3,43	2,64	1,14-6,09	0,67	0,39-1,17	2,16	0,54-86,8
> 20 metų	2,16	0,84-5,61	2,67	1,32-5,37	1,58	1,07-2,34	3,47	1,27-9,50

\*Į daugiaveiksnės logistinės regresijos modelį įtraukta amžius, rūkymas, arterinis kraujospūdis, kūno masės indeksas, stresinė būseną ir elektromagnetinių laukų apšvita

Iš gautų rezultatų matome, kad visų keturių profesijų grupių aukštas arterinis kraujospūdis  $\geq 160/100$  mm Hg miokardo infarkto riziką didino daugiau kaip 6 kartus ir labiausiai pasireiškė įrenginių ir mašinų operatoriams - 6,5 karto, tuo tarpu mažiausiai - 5 kartus didino riziką kvalifikuotiems darbuotojams. Stresas darbe, rizika didino daugiau kaip 3 kartus. Rūkymas ir elektromagnetiniai laukai riziką susirgti miokardo infarktu didino maždaug vienodai. Tačiau verta pastebėti, kad įrenginių ir mašinų operatoriams elektromagnetiniai laukai miokardo infarkto riziką didino daugiau kaip 3 kartus, o mažiausiai kvalifikuotiems darbuotojams - 1,5 karto. Visų keturių grupių darbuotojams rūkymas riziką susirgti didino daugiau kaip 2 kartus. Nutukimas ir amžiaus grupė susirgti miokardo infarktu kiekvienai iš keturių grupių riziką didino beveik 2 kartus. Taip pat verta pastebėti, kad elektromagnetiniai laukai elektros telekomunikacijų technikų, išdirbusių daugiau kaip 20 metų, ir tų, kurie išdirbo trumpiau didelio skirtumo susirgti miokardo infarktu nepastebėta, rizika buvo didesnė - 2,6 karto. Visų keturių profesinių grupių darbuotojų, dirbančių ilgiau kaip 20 metų, rizika susirgti MI yra žymiai didesnė nei tų, kurie išdirbo trumpiau veikiami elektromagnetinės spinduliuotės darbo aplinkoje.

## **4.2. Elektromagnetinės spinduliuotės stipris kompiuterizuotose darbo vietose**

Kompiuterius vis plačiau naudoja įvairiausių profesijų specialistai, darbuotojai, o taip pat ir jaunoji karta, vaikai ir jaunimas. Kiekviena profesija siejama su tam tikrais profesinės rizikos susirgimais, todėl skirtingų specialybių atstovams kartu su kompiuteriu darbo vietoje gali atsirasti nauji rizikos veiksniai sveikatai.

Mokslininkai atlieka bandymus kompiuterinės technikos bandymų laboratorijoje bei matavimus įvairių mokslo, mokymo ir verslo institucijų konkrečiose darbo vietose, nes tai palyginti nauja mokslo šaka. Pastaruoju metu elektromagnetiniai laukai yra tiriami, nes mokslininkai bando įrodyti priklausomybę tarp EML ir sveikatos pakenkimų.

### **4.2.1. Elektromagnetinės spinduliuotės poveikis naudojant senus kompiuterius**

Pastaruoju metu suprojektuotos elektros instaliacijos kompiuterių klasėse yra tvarkingos, deja, seniau įrengtose kompiuterių klasėse elektros tinklo laidai praversti patalpos perimetru einančiame plastmasiniame lovelyje, todėl susidaro kontūro formos pramoninio tinklo dažnį spinduliuojanti antena.

Norėdamas išsiaiškinti elektromagnetinės apšvitos lygį kompiuterizuotose darbo vietose, Vytauto Didžiojo universiteto Gamtos mokslų fakulteto Aplinkotyros katedros dėstytojų vietose ir kompiuterių klasėje buvo išmatuoti magnetinio lauko tankis ir elektrinio lauko stipris 5 Hz – 2 kHz ir 2 – 400 kHz dažnių ruožuose (4.7 lentelė).

**4.7 lentelė. Elektromagnetinių laukų parametrų matavimai kompiuterizuotose darbo vietose 5 Hz – 2 kHz dažnių ruože**

Nr.	Elektrinio lauko stipris, V/m	Magnetinio srauto tankis, nT	Magnetinio lauko stipris, A/m
1	3,1	75	0,060
2	4,8	83	0,066
3	9,5	38	0,030
4	4,3	50	0,040
5	3,5	110	0,088
6	4,5	80	0,064
7	3,7	80	0,064
8	3,4	85	0,068
9	3,3	45	0,036

**4.8 lentelė. Elektromagnetinių laukų parametrų matavimai kompiuterizuotose darbo vietose 2 – 400 kHz dažnių ruože**

Nr.	Elektrinio lauko stipris, V/m	Magnetinio srauto tankis, nT	Magnetinio lauko stipris, A/m
1	0,2	13	0,010
2	0,2	14	0,011
3	0,3	14	0,011
4	0,2	17	0,014
5	0,5	22	0,018
6	0,5	23	0,018
7	0,2	20	0,016
8	0,2	22	0,018
9	0,2	15	0,012

Elektrinio lauko stipris 5 Hz – 2 kHz (4.7 lentelė.) dažnių ruože didžiausias buvo prie trečio kompiuterio 9,5 V/m ir svyravo nuo 3,1 iki 9,5 V/m, tačiau neviršijo maksimalios leidžiamos – 25 V/m vertės. Taip pat išmatuotas magnetinio lauko tankis svyravo nuo 38 iki 110 nT, neviršijo maksimalios leidžiamos vertės, kuri yra 250 nT. Prie šio dažnių ruožo apskaičiavus magnetinio lauko stipris kito nuo 0,036 iki 0,088 A/m.

Magnetinio srauto tankis 2 – 400 kHz dažnių ruože svyravo nuo 13 iki 23 nT. Taip pat iš lentelės (4.8 lentelė) matome, kad prie penkto, šešto ir aštunto kompiuterio magnetinio srauto tankis buvo artimas maksimaliai leistinai vertei – 25 nT. Elektrinio lauko stipris šiame dažnių ruože visose darbo vietose buvo labai panašus ir nesiekė maksimalios leistinos vertės 2,5 V/m. Šiame dažnių ruože magnetinio lauko stipris svyravo nuo 0,010 iki 0,018 A/m.

**4.9 lentelė. Foninė tarša elektromagnetiniais laukais kompiuterizuotose darbo vietose (išjungus kompiuterius) 5 Hz – 2 kHz dažnių ruože**

Nr.	Elektrinio lauko stipris, V/m	Magnetinio srauto tankis, nT	Magnetinio lauko stipris, A/m
1	3,4	45	0,036
2	3,4	45	0,036
3	3,7	27	0,021
4	3,8	28	0,022
5-8	3,5	47	0,037
9	3,3	30	0,024

**4.10 lentelė. Foninė tarša elektromagnetiniais laukais kompiuterizuotose darbo vietose (išjungus kompiuterius) 2 – 400 kHz dažnių ruože**

Nr.	Elektrinio lauko stipris, V/m	Magnetinio srauto tankis, nT	Magnetinio lauko stipris, A/m
1	0,2	11	0,009
2	0,2	11	0,009
3	0,2	11	0,009
4	0,2	12	0,010
5-8	0,2	14	0,011
9	0,2	11	0,009

Foninė tarša (išjungus kompiuterius) elektromagnetiniais laukais kompiuterizuotose darbo vietose kaip ir prie įjungtų kompiuterių buvo nedidelė (4.9 lentelė.). Elektromagnetinio lauko stipris 5 Hz – 2 kHz dažnių ruože svyravo nuo 3,3 iki 3,8 V/m, o magnetinio lauko tankis kito nuo 27 iki 47 nT. Tuo tarpu magnetinio lauko stipris svyravo nuo 0,021 iki 0,037 A/m.

Elektrinio lauko stipris 2 – 400 kHz dažnių ruože (4.10 lentelė.) visose išmatuotose darbo vietose buvo vienodas ir neviršijo – 0,2 V/m, o magnetinio lauko tankis labai nežymiai tarp

kompiuteriu skyrėsi ir svyravo nuo 11 iki 14 nT. Prie išjungtų kompiuterių šiame dažnių ruože apskaičiuavus magnetinio lauko stipris buvo mažas ir kito nuo 0,009 iki 0,011 A/m.

#### 4.2.2. Elektromagnetinės spinduliuotės poveikis naudojant naujus kompiuterius

Siekiant palyginti ar pasikeitė elektromagnetinės apšvitos lygis pakeitus senus kompiuterius į naujus, buvo išmatuoti magnetinio lauko tankis ir elektrinio lauko stipris 5 Hz – 2 kHz ir 2 – 400 kHz dažnių ruožuose kompiuterizuotose darbo vietose Vytauto Didžiojo universiteto Gamtos mokslų fakulteto Aplinkotyros katedros kompiuterių klasėje.

4.11 lentelė. Elektromagnetinių laukų parametrų matavimai kompiuterizuotose darbo vietose 5 Hz – 2 kHz dažnių ruože

Nr.	Elektrinio lauko stipris, V/m	Magnetinio srauto tankis, nT	Magnetinio lauko stipris, A/m
1	0,7	50	0,040
2	1,3	35	0,029
3	1,6	30	0,024
4	2,0	38	0,030
5	1,5	95	0,075
6	1,0	90	0,071
7	0,7	85	0,068
8	1,3	65	0,052
9	0,8	70	0,056
10	4,0	60	0,048
11	5,1	30	0,024
12	3,0	150	0,083

4.12 lentelė. Elektromagnetinių laukų parametrų matavimai kompiuterizuotose darbo vietose 2 – 400 kHz dažnių ruože

Nr.	Elektrinio lauko stipris, V/m	Magnetinio srauto tankis, nT	Magnetinio lauko stipris, A/m
1	0	6	0,004
2	0,1	6	0,004
3	0	6	0,004
4	0,1	6	0,004
5	0	7	0,005
6	0,1	7	0,005
7	0	7	0,005
8	0	7	0,005
9	0,1	6	0,004
10	0,1	6	0,004
11	0,1	6	0,004
12	0,1	8	0,006

Elektrinio lauko stipris 5 Hz – 2 kHz (4.11 lentelė.) dažnių ruože prie įjungtų kompiuterių didžiausias buvo prie vienuolikto kompiuterio 5,1 V/m ir svyravo nuo 0,7 iki 5,1 V/m ir neviršijo maksimalios leidžiamos – 25 V/m vertės. Taip pat išmatuotas magnetinio lauko tankis kuris svyravo nuo 30 iki 150 nT, neviršijo maksimalios leidžiamos vertės, kuri yra 250 nT, tačiau prie dvylikto kompiuterio magnetinio srauto tankis siekė 150 nT, tai galėjo įtakoti dėl netaisyklingai išdėstytų monitorių kompiuterių klasėje, kadangi tiek iš vienos, tiek iš kitos puses prie dvylikto kompiuterio stovėjo pirmas ir vienuoliktas, o kadangi prietaisas elektromagnetinius laukus matuoja į visas tris antenos kryptis. Todėl kiti kompiuteriai galėjo turėti tam įtakos, kad būtent prie šio kompiuterio reikšmės buvo padidėjusios. Prie šio dažnių ruožo apskaičiuotus magnetinio lauko stipris kito nuo 0,024 iki 0,083 A/m.

Magnetinio srauto tankis 2 – 400 kHz dažnių ruože svyravo tarp 6 ir 8 nT, tačiau ir šį kartą prie dvylikto kompiuterio buvo didesnė reikšmė ir siekė 8 nT. Taip pat iš lentelės (4.12 lentelė.) matome, kad nei prie vieno iš kompiuterio magnetinio srauto tankis nebuvo artimas maksimaliai leistinai vertei – 25 nT. Elektrinio lauko stipris šiame dažnių ruože visose darbo vietose buvo labai panašus, kai kuriuose atvėjuose buvo 0 ir nesieki maksimalios leistinos vertės 2,5 V/m. Šiame dažnių ruože magnetinio lauko stipris svyravo nuo 0,004 iki 0,006 A/m.

**4.13 lentelė. Foninė tarša elektromagnetiniais laukais kompiuterizuotose darbo vietose (išjungus kompiuterius) 5 Hz – 2 kHz dažnių ruože**

Nr.	Elektrinio lauko stipris, V/m	Magnetinio srauto tankis, nT	Magnetinio lauko stipris, A/m
1	0,6	35	0,029
2	0,8	25	0,020
3	0,5	40	0,032
4	2,2	55	0,044
5	0,4	80	0,064
6	1,5	70	0,056
7	0,4	65	0,052
8	1,0	60	0,048
9	1,0	50	0,040
10	4,4	40	0,032
11	5,0	25	0,020
12	1,3	90	0,071

**4.14 lentelė. Foninė tarša elektromagnetiniais laukais kompiuterizuotose darbo vietose (išjungus kompiuterius) 2 – 400 kHz dažnių ruože**

Nr.	Elektrinio lauko stipris, V/m	Magnetinio srauto tankis, nT	Magnetinio lauko stipris, A/m
1	0	6	0,004
2	0	6	0,004
3	0	6	0,004
4	0	6	0,004



5	0	7	0,005
6	0	7	0,005
7	0	6	0,004
8	0	6	0,004
9	0	6	0,004
10	0	6	0,004
11	0	6	0,004
12	0	7	0,005

Lyginant matavimus, kurie buvo atlikti prie įjungtų ir išjungtų kompiuterių buvo gana panašios, bet kaip matome iš duomenų prie išjungtų kompiuterių elektrinis laukas ir magnetinio srauto tankis buvo mažesnis. Galime pastebėti, kad prie 4, 5 ir 6 kompiuterio magnetinio srauto tankis yra didesnis nei prie kitų kompiuterių. Tam įtakos galėjo turėti netoli jų esantis serveris, kurio magnetinio srauto tankis siekė iki 160 nT, nors leistinų ribų neviršijo, tačiau turėto reikšmės padidėjusiai foninei taršai prie kitų kompiuterių.

Foninė tarša (išjungus kompiuterius) elektromagnetiniais laukais kompiuterizuotose darbo vietose, kaip ir prie įjungtų kompiuterių buvo nedidelė (4.13 lent.). Elektromagnetinio lauko stipris 5 Hz – 2 kHz dažnių ruože svyravo nuo 5,0 iki 0,4 V/m, o magnetinio lauko tankis kito nuo 25 iki 90 nT. Tuo tarpu magnetinio lauko stipris svyravo nuo 0,020 iki 0,071 A/m. Tiek elektrinis laukas, tiek magnetinio srauto tankis neviršijo leistinių ribų.

Elektrinio lauko stipris 2 – 400 kHz dažnių ruože (4.14 lent.) visose išmatuotose darbo vietose buvo vienodas – 0 V/m, o magnetinio lauko tankis labai nežymiai tarp kompiuteriu skyrėsi ir svyravo tarp 6 ir 7 nT. Prie išjungtų kompiuterių šiame dažnių ruože apskaičiuavus magnetinio lauko stipris buvo mažas ir kito nuo 0,004 iki 0,005 A/m.

### **4.3. Aukštos įtampos elektros perdavimo linijų sukuriamas elektromagnetinis laukas**

Didelę įtaką gyventojų elektromagnetinei apšvitai, gali turėti netoli gyvenamųjų namų praeinančios elektros perdavimo linijos, o ypač aukštos įtampos linijos. Naujausių tyrinėjimų, kuriuos atliko Švedijos mokslininkas Alhbom (2001), duomenimis, vaikai, gyvenantys netoli, elektros linijų, 2-3 kartus dažniau suserga leukemija. Anglų mokslininkė Geen Philips, kuri elektromagnetinių laukų srityje dirba nuo 1995 metų, įrodė, kad spinduliavimas, kurį sukelia buitiniai elektros prietaisai, gali sukelti nenormalų ląstelių augimą žmoguje ir net sukelti vėžinius susirgimus. Labai pavojingi aukštos įtampos laidų sukuriama elektromagnetiniai laukai. Jų žalingo veikimo spindulys nuo linijos į abi puses yra iki 400 metrų. Reikia pažymėti, kad patys didžiausi elektromagnetiniai laukai yra ne prie atramų, bet tarp jų.

Sienos, medžiai ir aukštos tvoros tarp namo ir elektros linijų neapsaugo gyventojų nuo žalingų elektromagnetinių srautų. EML dalinai sumažėja tinkamai įžeminus elektromagnetinius prietaisus.

(<http://www.radiostezija.lt/straipsniai/051-zalingieji-busto-elektromagnetiniai-saltiniai.php>)

Pasak R. Žebrausko (2003) 110 kilovoltų oro linija nesukuria didelio magnetinio lauko, todėl nėra kenksminga. Leidžiama statyti gyvenamuosius namus už 6 metrų nuo tokios linijos kraštinio laido. Visai kas kita yra 330 kilovoltų oro linijos, kurios yra pavojingos sveikatai, sukuria didelius elektromagnetinius laukus. Jis teigė, kad iki šiol nebuvo svarstoma galimybė oro linijas pakloti po žeme. Kauno visuomenės sveikatos centro gyvenamosios aplinkos higienos vyriausiasis specialistas J. Tartėnas (2003) tvirtina, kad sveikatos normose, susijusiose su elektros linijomis, gyvenamieji namai gali būti statomi 20 metrų atstumu nuo kraštinio 110 kilovoltų oro linijos laido. Naudoti prietaisai rodė, kad tokios oro linijos nesukuria elektromagnetinio lauko. Tokia linija kartais trukdo žiūrėti televizorių, bet sveikatai nėra kenksminga. Linija gali kelti tik tiesioginį pavojų pvz.; nukritus laidui, gali įvykti nelaimė (<http://www.kf.lt/?id=13&nid=1058>).

Tiesioginis elektrinio lauko poveikis sveikatai priklauso nuo elektrinio lauko stiprio ir poveikio žmogui trukmės (ekspozicijos). Gauti elektrinio lauko ir magnetinio srauto tankio matavimų rezultatai yra lyginami su leidžiamomis vertėmis.

Mūsų pirmi EML matavimai buvo atliekami Petrašiūnų rajone. Duomenys buvo užfiksuojami po pačiais aukštos įtampos oro linijų laidais, 50, 100 ir 150 metrų atstumu nuo jų. Tik išskirtiniais atvejais duomenys buvo matuoti kitokiuose atstumuose, dažniausiai dėl padidėjusių reikšmių. Buvo atvejų, kad elektrinis laukas ir magnetinio srauto tankis buvo didesnis 100 metrų atstumu nei penkiasdešimt metrų nuotolyje nuo linijos. Visi elektromagnetinių laukų matavimų duomenys Petrašiūnų rajone ir gyvenamųjų namų numeriai pateikti 4.15 lentelėje.

4.15 lentelė. Petrašiūnų rajono aukštos įtampos elektros laidų matavimo duomenys

Atstumas nuo aukštos įtampos laidų (m)	Elektrinis laukas (V/m)	Magnetinio srauto tankis (nT)	Namo nr.
<b>T. Masiulio g.</b>			
0	706	275	-
50	2,9	142	15
100	1,1	55	15
150	1	28	13
0	921	350	-
50	1,2	160	17
100	0,6	64	17
150	0	130	11A
0	724	235	-
50	1,2	38	13A
70	2,1	262	11A-13A
100	0,3	70	11A

150	3,1	130	13
<b>T. Gimbutienės g.</b>			
0	173	200	-
50	10,9	105	26
100	2,8	70	16
150	1,7	46	14
<b>Giraitės g.</b>			
0	1060	301	-
50	4,0	64	44
100	0,6	40	2
150	0	81	5
<b>R. Kalantos g. (Kauno lopšelis-darželis „Šilelis“)</b>			
0	1400	350	-
50	12,8	101	118
100	4,0	40	118
150	2,1	67	116A

Gauti rezultatai parodė, kad magnetinis laukas visais matavimo atvejais neviršijo leistinų ribų, tik tais atvejais, kada matavimai buvo atliekami po pačiais aukštos įtampos laidais, rastos padidėjusios reikšmės. Tačiau yra išskirtinis atvejis kai apie 70 metrų nuo oro linijos laidų magnetinio srauto tankis buvo panašius (262 nT) kaip po pačiais laidais (235 nT). Tam galėjo turėti įtakos kliūčių ir medžių nebuvimas, o netoli to namo, kur pasireiškė didesnis magnetinis laukas buvo žemos įtampos laidai, kurių įtaka galėjo padidinti reikšmes. T. Masiulio gatvėje prie 17 namo numerio, po aukštos įtampos laidais elektrinis laukas buvo 921 V/m. Leistinoje normoje jei neviršijama 1000 V/m, buvimo trukmė nėra ribojama. Tuo tarpu Giraitės ir R. Kalantos gatvėse po pačiais laidais elektrinis laukas viršija leistinas ribas, atitinkamai 1060 V/m ir 1400 V/m. Dauguma gyvenamųjų namų stovi pakankamu atstumu, kad nekenktų žmogaus sveikatai. Tačiau prie 15 namo, aukštos įtampos laidai eina virš pačio stogo kampo. Taip pat žmonės vaikščioja tose vietose, kur nutiesti oro linijos laidai. Magnetinio srauto tankis neviršijo leistinos normos - 60 A/m. Artimiausia vertė buvo prie 13 namo ir palyginus su leistina riba ji buvo labai maža - 0,27 A/m. Iš gautų matavimų rezultatų matome, kad beveik visais atvejais didėjant atstumui nuo aukštos įtampos oro linijos, elektrinis laukas ir magnetinio srauto tankis mažėja. Išskirtiniais atvejais už 150 metrų pasireiškia didesnės reikšmės nei už 100 ar 50 dėl to, kad elektromagnetinės bangos aplinkoje dažnai sklinda netolygiai, nes gali įtakoti medžiai, gyvenamieji namai, įvairūs metaliniai daiktai, bei besikeičiančios vėjo kryptys.

Kiti EML matavimai buvo atliekami Amalių rajone, pagrindinai šalia privačių gyvenamųjų namų. Aukštos įtampos laidai šiame rajone daugumoje atvejų eina prie pat arba virš gyvenamojo namo. Elektrinio lauko ir magnetinio srauto tankio rezultatai šiame rajone pateikti 4.16 lentelėje.

4.16 lentelė. Amalių rajono aukštos įtampos elektros laidų matavimo duomenys

Atstumas nuo aukštos įtampos laidų (m)	Elektrinis laukas (V/m)	Magnetinio srauto tankis (nT)	Namo nr.
<b>Broknių takas</b>			
0	677	460	65
50	5,7	155	61
60	11,3	183	47
90	960	305	45
100	548	284	42
150	19,6	160	48
<b>Salierų takas</b>			
0	562	600	13
50	9	140	2
Prieš namą	4	160	5
Už namo	1	120	5

Šių matavimų metu atsitiktinai buvo pasirinktos dvi gatvės. Amalių rajone eina dviguba aukštos įtampos laidų linija, vieną nuo kitos skiria apie 80 metrų. Tokiu atveju vieną iš matavimų pasirinkau nuo vienos elektros oro linijos kraštinės iki kitos. Matome, kad po pačiais laidais Broknių take gaunamos aukštos vertės, tačiau leistinos vertės neviršija. Tarp vieno ir kito aukštos įtampos laido, skirtingai nei Petrašiūnų rajone, kur tolstant nuo elektros laidų vertės ženkliai mažėjo, šiuo atveju vertės mažėjo, bet nežymiai. Matome, kad už 90 metrų nuo pirmo laido, priartėjus prie antrojo elektrinio lauko reikšmė beveik siekia leistina ribą - 960 V/m. Esant leistinai ribai, buvimo laikas yra ribojamas dėl galimo poveikio sveikatai. Broknių take tose vietose, kur buvo atliekami matavimai netoli buvo žemos įtampos laidai, kurie galėjo sukelti padidėjusias elektrinio ir magnetinio laukų reikšmes. Tuo tarpu Salierų take elektrinio ir magnetinio srauto tankis buvo maždaug vienodas ir neviršijo leistinos vertės. Tačiau matome, kad prieš namą ir už jo, kur netoli eina aukštos įtampos laidai matavimo duomenys skiriasi nedaug, bet galime pasakyti, kad namas dalį elektromagnetinių laukų sulaiko. Magnetinio srauto tankis neviršijo leistinos normos (60 A/m), artimiausia vertė buvo tik prie 13 namo ir palyginus su leistina riba ji buvo labai maža - 0,48 A/m. Taigi šis gyvenamasis rajonas, ypač tie namai, virš kurių eina elektros oro linijos priskiriami pavojingai EML spinduliuotės zoni.

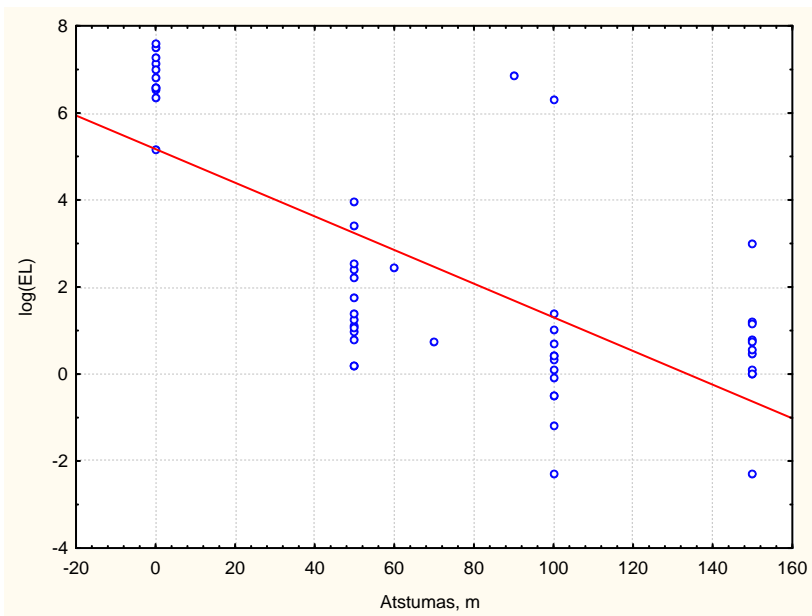
Matavimus atlikome tarp Dainavos ir Muravos rajonų Partizanų gatvėje. Šių matavimų duomenys buvo fiksuojami vienoje ir kitoje aukštos įtampos laidų pusėje, dėl to, kad abejose pusėse buvo gyvenamieji namai. Gauti duomenys apie elektrinį ir magnetinį laukus Partizanų gatvėje pateikti 4.17 lentelėje.

4.17 lentelė. Dainavos rajono aukštos įtampos elektros laidų matavimo duomenys

Atstumas nuo aukštos įtampos laidų (m)	Elektrinis laukas (V/m)	Magnetinio srauto tankis (nT)	Namo nr.
<b>Partizanų g.</b>			
0	1811	407	-
50	51,4	121	63M
100	1,5	60	63M
150	1,0	45	63M
50	3,0	287	112
100	0,9	112	112
150	2,2	64	120
0	1960	405	-
50	3,4	255	46A
100	2,0	265	46A
150	1,6	150	-
50	2,2	37	98
100	0,1	355	94
150	0,1	140	88
0	1259	285	-
50	2,6	145	61A
100	1,4	118	101
150	1,1	181	103
50	29,6	53	76
100	1,5	25	78
150	3,3	109	78

Aukštos įtampos elektros laidai Partizanų gatvėje nutiesti virš šaligatvio, o iš matavimų matome, kad elektrinis laukas dvejose vietose beveik 2 kartus viršija leistiną normą (1000 V/m). Pirmuoju atveju po laidais elektrinis laukas siekia 1811 V/m, o antruoju - 1960 V/m, trečiuoju atveju, nors 2 kartus normos ribų neviršija, tačiau yra aukštas 1259 V/m ir leistina vertė yra viršijama. Partizanų gatvėje po laidais, kur viršijamos leistinos normos, yra šaligatvis ir judėjimas vyksta visą laiką. Kiekvieną dieną žmonės turi eiti į darbą ir iš jo grįžti tuo pačiu keliu. Elektrinis laukas ir magnetinio srauto tankis tostant nuo elektros laidų kraštinės linijos dažniausiai mažėja, ir tik dvejais atvejais 150 metrų nuotolyje yra didesnis nei 100 metrų. Tai pastebima prie 78 namo numerio, kur šalia namo yra metalinė tvora, kuri gali įtakoti elektromagnetinių laukų dydį. Magnetinio srauto tankis neviršijo leistinos normos (60 A/m). Artimiausia vertė buvo tik prie 13 namo ir palyginus su leistina riba ji buvo labai maža - 0,32 A/m. Taip pat matome, kad prie 94 namo už 150 metrų reikšmės buvo didesnės (355 nT) nei prie 98 namo už 50 metrų – 37 nT. Gali būti, kad medžiai, kurie auga prie taško, kuriame buvo atliktas matavimas, sulaukė magnetinį lauką, o tuo tarpu paėjus toliau, atsiveria daugiau laisvos erdvės kur EML bangos lengviau sklinda aplinkoje.

Taip pat šio tyrimo metu sudarėme  $\ln(EL)$  tiesinės regresijos modelį priklausomai nuo atstumo. 4.1 paveikslas mums parodo elektrinio lauko tiesinės regresijos priklausomybę nuo atstumo.

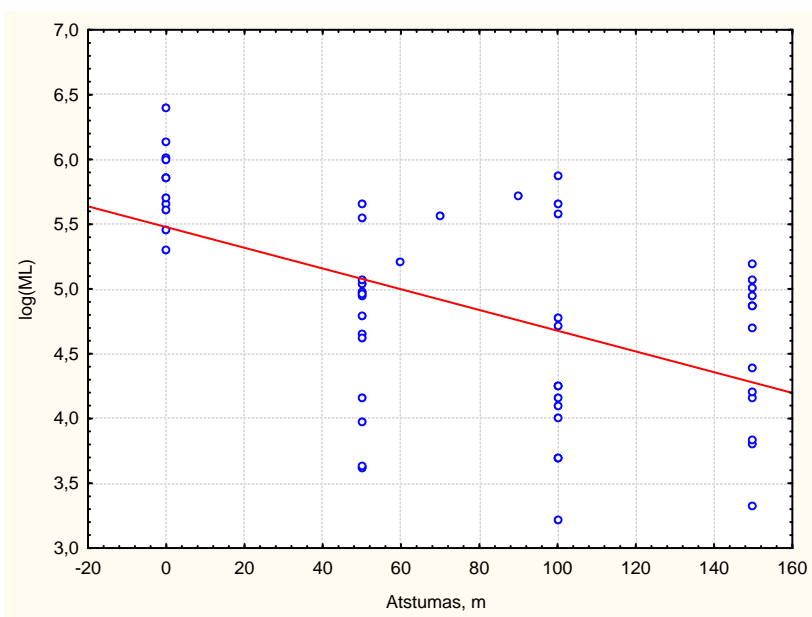


$$\text{Log}(EL) = 0,17 - 0,0387 \text{ atst.}$$

#### 4.1. pav. Elektrinio lauko regresijos tiesės diagrama

Elektrinio lauko  $R^2 = 0,51$ , todėl galime teigti, kad 51% variacijos yra nepriklausomai kintamas. Pastebima maža determinacijos koeficiento reikšmė, nes dauguma duomenų yra nutolę mažiausių kvadratų metodo gautos tiesės. Kad koeficientas būtų lygus 1 visi duomenys turi būti patekę ant kreivės.

Sekantį grafiką sudarėme  $\ln(ML)$  (4.2 pav.), kuris parodo mums tiesinės regresijos modelį magnetinių laukų, kurie tolstant nuo aukštos įtampos elektros laidų atitinkamai mažėja.

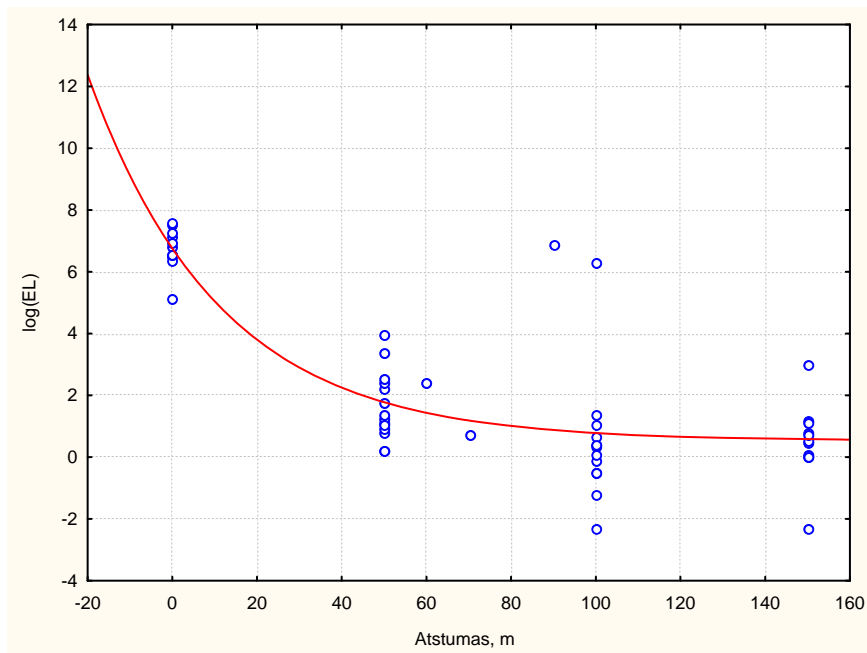


$$\text{Log}(ML) = 5,48 - 0,008 \text{ atst.}$$

#### 4.2. pav. Magnetinių laukų tiesinės regresijos diagrama

Tuo tarpu magnetinio srauto tankis  $R^2 = 0,29$ , todėl 29% variacijos yra nepriklausomas. Kadangi magnetinių laukų  $R^2$  yra labai arti 0,25 tiesinės regresijos modelis yra labai abejotinas.

Daugelyje uždavinių tiesinės regresijos modelis, jei ir ne visai tiksliai, tai pakankamai gerai aprašo tikrąją statistinio ryšio formą. Tačiau kartais pagal sklaidos diagramą arba remiantis žinomomis teorinėmis prielaidomis tenka pripažinti, kad ryšio forma yra aiškiai netiesinė. Nagrinėdami duomenis retai kada išsidėsto tiksliai tiesiąją linija ar kreive. Netiesinės regresijos modelis geriausia atsispindėjo prie elektrinių laukų (4.3. pav.).



$$\text{Log(EL)} = 0,53 + 6,23 e^{-3,26/100}$$

#### 4.3. pav. Elektrinių laukų netiesinės regresijos modelis

Netiesinės regresijos determinacijos koeficientas  $R^2 = 0,70$  tai rodo, kad yra arti 1 ir tai reiškia, kad dauguma duomenų pateko ant kreivės ir atitinka regresijos tiesės lygtį. Todėl galima pasakyti, kad elektriniai laukai geriausia atspindėjo ryšio priklausomybę tarp duomenų ir atstumo. Kadangi toliant nuo aukštos įtampos laidų, vertės atitinkamai mažėjo.

Determinacijos koeficientas geriausia atsispindėjo elektrinio lauko ir magnetinio srauto tankio įvertinus juos kartu  $R^2 = 0,67$ , todėl yra arčiausia vieneto ir galime teigti, kad 67% eksperimento duomenų kito pagal Micherlich'o augimo kreivę, t.y. šio tipo kreive statistiškai patikimai aproksimuoja EML dydį ir atstumą kas 50 metrų.

#### 4.4. Rezultatų aptarimas

Literatūros duomenimis, nuolat elektromagnetinių laukų veikiamiems darbuotojams yra būdingi dažnesni širdies ir kraujagyslių sistemos funkciniai pakitimai: hipotonija, brahikardija, skilvelių laidumo pakitimai ir dėl to kylantis skilvelių virpėjimas. Dirbantieji elektromagnetinių laukų aplinkoje dažniau sirgo širdies ir kraujagyslių ligomis nei darbuotojai, kurių darbe neveikė elektromagnetiniai laukai, dažniau būna nustatoma padidėjusi miokardo infarkto rizika.

Epidemiologiniais tyrimais nustatyta, kad elektrikai, kuriuos darbe ilgą laiką nuolatos veikia elektromagnetiniai laukai, dažniau miršta nuo širdies ir kraujagyslių ligų (aritmijos ir miokardo infarkto) (Savitz, 2001).

Norėdami išsiaiškinti miokardo infarkto priklausomybę nuo elektromagnetinių laukų poveikio buvo atlikta epidemiologinė atvejis – kontrolė studija. Kaip žinome, elektromagnetiniai laukai yra vienas iš daugelio veiksnių, turinčių įtakos miokardo infarkto rizikai, o veikiant kompleksiskai su kitais veiksniais rizika susirgti šia liga padidėja.

Tyrimo metu atvejų grupę sudarė 25 – 64 metų Kauno miesto vyrai, sergantys pirmuoju miokardo infarktu ir gydyti ligoninėse. Į šią studiją nebuvo įtraukti ligoniai, kurie nuo pirmojo miokardo infarkto mirė staiga. Todėl nagrinėti atvejai negalėjo pilni reprezentuoti visų pirmojo miokardo infarkto atvejų. Kontrolinę grupę sudarė hospitalizuoti tiriamieji, kurių klinikinėje diagnozėje nebuvo paminėti išeminės širdies liga ir jie nebuvo gydomi ligoninėse nuo šios ligos.

Apibendrinus galime pasakyti, kad didžiausia įtaką miokardo infarkto rizikai turėjo labai aukštas arterinis kraujospūdis ( $\geq 160/100$  mm Hg), kuris rizika susirgti MI didino daugiau kaip 5 kartus. Tuo tarpu dažna stresinė būseną darbe taip pat buvo vienas iš pagrindinių veiksnių didinusių susirgimo miokardo infarktu riziką beveik 3 kartus. Didelę įtaką ligai pasireikšti turėjo rūkymas – 2,2 karto ir nutukimas beveik 2 kartus didino rizika susirgti miokardo infarktu. Elektromagnetiniai laukai darbe didino miokardo infarkto riziką daugiau kaip 2 kartus. Tam tikrų profesinių grupių nustatytą pagal Tarptautinę profesijų klasifikaciją, darbuotojų rizika buvo padidėjusi.

Įrenginių ir mašinų operatorių, kuriuos sudarė: energijos gamybos operatoriai, lokomotyvų vairuotojai, liftų operatoriai rizika susirgti miokardo infarktu buvo beveik 3 kartus didesnė nei darbuotojų, kurie nesusidūrė darbe su elektromagnetiniais laukais. Elektros ir telekomunikacijos technikų rizika susirgti miokardo infarktu buvo daugiau kaip 2 kartus didesnė, nei darbuotojų, kurie kasdien darbe nesusidūrė su elektromagnetine spinduliuote. Profesionalų ir kvalifikuotų darbuotojų rizika susirgti MI buvo, atitinkamai 1,9 ir 1,8 kartus didesnė lyginant su žmonėmis, kurie darbe nesusiduria su elektromagnetiniais laukais.

Gautų rezultatų statistiniam reikšmingumui turėjo įtakos palyginti nedidelis susirgusiųjų miokardo infarktu skaičius, kurie buvo veikiami darbe elektromagnetinės spinduliuotės. Sukaupus



daugiau duomenų ir nustačius elektromagnetinių laukų poveikį daugiaveiksmės analizės metu, bus galima sukurti mokslškai pagrįstą rizikos darbe mažinimo modelį bei pasiūlyti objektyvias priemones aplinkos kokybei darbe gerinti ir miokardo infarkto rizikai mažinti.

Lyginant tyrimo, kuris buvo atliktas naudojant senus kompiuterius duomenis su naujų kompiuterių duomenimis galima pastebėti kelis svarbus skirtumus. Matavimai parodė, kad prie naujų kompiuterių magnetinio srauto tankis didesnis nei prie senų. Vienas iš faktorių, kuris turėjo tam įtakos yra tai, kad prie senų monitorių, kurie skleidžia 20000 V įtampą, visą laiką būna stipresnis elektrinis laukas. Kaip matome iš mūsų matavimų, kada buvo seni kompiuteriai elektrinis laukas buvo didesnis nei juos pakeitus į naujus plokščiuosius monitorius. Nauji monitoriai skleidžia 5 V įtampą ir išskiria stipresnį magnetinį srauto tankį, todėl kai kuriais atvejais prie naujų kompiuterių magnetinio srauto tankis didesnis lyginant su senais. Kitas faktorius, kodėl kai kuriais atvejais prie naujų kompiuterių magnetinio srauto tankis buvo didesnis gali būti tas, kad naujoje klasėje kompiuterių skaičius yra didesnis lyginant prieš tai buvusią seną įrangą. Taip pat įtakos galėjo turėti tai, kad elektromagnetiniai laukai sklinda per sienas, todėl šalia kompiuterių auditorijos esančios Aplinkotyros katedros kompiuterių ir kitų aparatų elektromagnetiniai laukai galėjo sumuotis su kompiuterinės klasės EML laukais.

Apibendrinus šį tyrimą, kuris buvo atliktas kompiuterizuotose darbo vietose, galima pasakyti, kad prie įjungtų kompiuterių elektromagnetinė apšvita yra didesnė nei juos išjungus. Elektromagnetinė tarša neviršija maksimalių leistinų verčių, nes kad yra geras prietaisų (šiuo atveju kompiuterių) įžeminimas, tinkamai suprojektuotos darbo vietos ir tinkamas jų išdėstymas.

VDU Gamtos mokslų fakulteto Aplinkotyros katedros kompiuterizuotose darbo vietose tiek naudojant seną įrangą ir ją pakeitus į naujus kompiuterius, elektrinio lauko stipris ir magnetinio lauko tankis 5 Hz – 2 kHz ir 2 – 400 kHz dažnių ruožuose neviršijo Lietuvos techninėje normoje TN 01:1998 nustatytų verčių.

Tose zonose, kuriose leistinos elektrinio ir magnetinio lauko stiprio vertės gali būti viršijamos reikia atlikti matavimus ir išskirti pavojingiausias zonas. Elektromagnetinių laukų žalingas poveikis padidinto jautrumo žmonėms gali būti sumažinamas naudojant technines ir organizacines priemones.

Dažniausiai siūlomos prevencinės priemonės žalingam elektromagnetinių laukų poveikiui sumažinti:

- elektrinių prietaisų įžeminimas;
- organizacinius metodus, leidžiančius sumažinti elektromagnetinių laukų veikimą, taikymas;
- elektromagnetinį spinduliavimą mažinančių priemonių (blokuojančių ekranų, arba panašių sveikatos apsaugos mechanizmų) naudojimas;

- tinkamas darbo vietų projektavimas ir išdėstymas;
- tinkamas darbuotojo darbo laiko planavimas (periodiškai daromos pertraukos).

Siekiant apsaugoti gyventojus nuo kenksmingo elektromagnetinės spinduliuotės poveikio, yra taikomos įvairios apsaugos priemonės, kurias reglamentuoja teisės aktai. Viena priemonių - racionalus teritorijų planavimas, parenkant tinkamą vietą radijo ryšio bazinei stočiai, aukštos įtampos linijoms nustatant apsaugos zonas, į kurias negali patekti gyvenamieji namai. Remiantis higienos norma savininkai stebėsenos tikslais turi ne rečiau kaip kartą per dvejus metus gyvenamųjų namų teritorijose atlikti privalomus elektromagnetinės spinduliuotės matavimus. Nesant tokių matavimų specialistai komentuoti elektromagnetinio lauko energijos srauto tankio pasiskirstymo teritorijose negali dėl duomenų stokos ([http://www.l sveikata.lt/index.php?page\\_id=263&s=2840](http://www.l sveikata.lt/index.php?page_id=263&s=2840))

Siekiant apsisaugoti nuo elektros oro linijų sukuriama elektrinio lauko poveikio yra taikoma įvairių priemonių. Pagrindinė apsaugos priemonė - tai sanitarinės apsaugos zonos (SAZ) nustatymas ir griežtas visų jos naudojimą reglamentuojančių reikalavimų vykdymas. Jeigu elektrinio lauko stipris viršija leidžiamą ribinį elektrinio lauko stiprį, būtina panaudoti jį mažinančias priemones:

- Atitolinant gyvenamųjų namų statybos teritorijas nuo elektros oro linijų;
- Naudojant ekranuojančius įrengimus ir kitas elektrinio lauko stiprį mažinančias priemones.

Gyvenamųjų namų, esančių 330-400 kV įtampos elektros oro linijų SAZ, metalinės stogų dangos turi būti įžemintos ne mažiau kaip dviejose vietose. Įžeminimo varža nenormuojama. Elektrinio lauko stipris atvirose teritorijose, esančiose SAZ, gali būti sumažintas statant ekranines užtvaras (gelžbetonines tvoras, lyninius ekraninius įrenginius) arba sodinant medžius ir krūmus, aukštesnius nei 2 m. Vykdamas statybos montavimo darbus oro linijų SAZ būtina ilgus metalinius objektus (vamzdžius, kabelius, ryšių linijų laidus) įžeminti ne mažiau kaip 2 taškuose, taip pat darbų vykdymo vietoje.

Apibendrinant visas tris atlikto tyrimo dalis (elektromagnetinių laukų įtaką miokardo infarktui, elektromagnetiniai laukai kompiuterizuotose darbo vietose ir elektromagnetiniai laukai gyvenamojoje aplinkoje), matome, kad sveikatos pakenkimo rizika gali didėti tiek dėl poveikio darbe tiek gyvenamojoje aplinkoje. Aplink žmogų visą laiką veikia elektromagnetiniai laukai, dirbdamas mašinų operatorium, ar tai darbas prie kompiuterio, taip pat namuose įvairūs prietaisai (televizorius, siurblys ir kt.), neigiamai veikia žmogaus organizmą. Laiku įvertinus galimą neigimą poveikį, reikia imtis saugos organizacinių priemonių. Atliekant matavimus teko susidurti su žmonėmis, kurie žino, kad šalia jų praeina aukštos įtampos laidai, ir supranta, kad tai kenkia sveikatai, tačiau nežino kas ir kam yra pavojinga. Todėl manau visuomenės informavimas apie EML spinduliuotę gyvenamojoje vietoje ir elektros perdavimo linijų skleidžiamą elektromagnetinę spinduliuotę yra būtinas. Nuolatinis elektros oro linijų būklės tikrinimas, galimybė oro linijas pakloti po žeme sumažintų gyventojų nervinę įtampą ir sveikatos riziką. Tyrimas daugeliu atvejų

parodė, kad elektromagnetiniai laukai neviršija leistinų normų, tačiau veikiant kartu su nepalankiais veiksniais (amžius, stresas, arterinis kraujospūdis, padidėjęs kūno masės indeksas, rūkymas) didina riziką susirgti miokardo infarktu.

## IŠVADOS

1. Elektros ir telekomunikacijos inžinieriai, technikai, kvalifikuoti darbininkai, įrenginių ir mašinų operatoriai yra dažniau profesijos susijusios su elektra darbe. Šių profesijų darbuotojams 25 – 64 metų amžiaus vyrams pirmojo miokardo infarkto riziką patikimai didino elektromagnetiniai laukai darbe, veikiantieji 20 metų ir ilgiau.
2. Tarp profesijų kategorijų didžiausia rizika susirgti miokardo infarktu dėl elektromagnetinių laukų poveikio yra darbuotojų, kurie dirbo ilgiau kaip 20 metų nustatyta įrengimų ir mašinų operatoriai ( $\text{ŠS} = 2,85$ , 95 proc. PI (1,09-7,45)).
3. Senos laidos kompiuterių lyginant su naujos elektrinis laukas buvo stipresnis, o naujų kompiuterių magnetinis srauto tankis buvo didesnis nei senų. Seni kompiuteriai skleidžia 20000 V įtampa, kuri sukelia didesnę elektrinį lauką, o nauji kompiuteriai skleidžia 5 V įtampą, kuriai būdinga didesnis magnetinis srautas.
4. VDU Gamtos mokslų fakulteto Aplinkotyros katedros kompiuterizuotose vietose tiek naudojant senus kiek ir naujus kompiuterius elektrinio lauko stipris ir magnetinio srauto tankis 5 Hz – 2 kHz ir 2 – 400 kHz dažnių ruožuose neviršijo Lietuvos techninėje normoje TN 01:1998 nustatytų verčių.
5. Aukštos įtampos elektros perdavimo oro linijų elektromagnetiniai laukai mažėja tolstant nuo linijos. Elektrinis laukas Partizanų gatvėje kai kuriose vietose iki 2 kartų viršija leistinas normas. Amalių rajone, nors elektros laidai eina virš gyvenamųjų namų, leistinų normų neviršijo. Magnetinis laukas neviršijo leistinių ribų.
6. Darbuotojus dirbančius ir gyvenančius elektromagnetinės apšvitos sąlygomis reikia priskirti padidintos rizikos grupei. Rizikai mažinti siūlomos organizacinės, inžinierinės-techninės, individualios bei kolektyvinės saugos ir profilaktinės priemonės. Tokiu būdu gali būti sudarytos priemonės sveikatos pakenkimams mažinti bei jiems išvengti.

## LITERATŪROS ŠALTINIAI

1. AHLBOM, A., ELISABETH, C., GREEN, A., LINET, M., SAVITZ, D., SWERDLOW, A. 2001. Review of the epidemiologic literature on EMF and health. *Environmental Health Perspectives*, Vol. 109, Iss. 6, p. 911-933.
2. AMBROZAITIS K. 2000. Elektromagnetinė spinduliuotė. Sveikata 2, p. 10-11.
3. ANDRIJAUSKAITĖ D., 2001. Sveikas žmogus. Nr. 12.
4. BIENKOWSKI T., 1998. Wpływ pól elektromagnetycznych wysokich częstotliwości na ludzi. p. 1-9.
5. DAUNORAS J., VIRBALIS A., 2005. Mokslo tyrimo sutarties Europos parlamento ir tarybos direktyvos 2004/20/EB įgyvendinimo galimybių ir pasiekimų tyrimas.
6. GRAŽULEVIČIENĖ R., 2002. Žmogaus ekologija. VDU leidykla. p. 94 – 113
7. GRAŽULEVIČIENĖ R., 2005. Aplinkos epidemiologija ir rizikos sveikatai įvertinimas. Kaunas: VDU leidykla. 291 p.
8. GRAŽULEVIČIENĖ R., BAKANAITĖ E. 2000. Darbo aplinkos fizinės taršos įtaka miokardo infarkto rizikai. Žmogaus ir gamtos sauga. Respublikinės konferencijos medžiaga. p. 29-31.
9. GRAŽULEVIČIENĖ R., MALINAUSKAITĖ V. 1999. Vibracija darbo aplinkoje ir jos įtaka miokardo infarkto rizikai. Aplinkos tyrimai, inžinerija ir vadyba. 1, p. 41-46.
10. GRAŽULEVIČIENĖ R., RADZEVIČIŪTĖ A. 2005. Elektromagnetinių laukų įtaka miokardo infarkto rizikai. Aplinkos tyrimai, inžinerija ir vadyba. p. 1 – 4
11. GRIGAS J., 2004. Kaip žmogų veikia veikia elektromagnetiniai laukai. Mokslas ir gyvenimas. 10, p. 15-17.
12. KASPERIŪNIENĖ J, BALBIERIS S, ADOMAVIČIUS K, 2000. Elektromagnetinių bangų įtaka sveikatai. KTU.
13. KNAVE B., NILAND J., ZENZ C. 1994. Nonionizing Radiation Infrared, Laser, Microwave, Ultraviolet and Low-Frequency Magnetic Fields. *Occupational Medicine*. p. 388-392
14. MICKŪNAS S., 1994. Žmogus elektromagnetiniame lauke. Mokslas ir gyvenimas 5, p. 6-7.
15. MICKŪNAS S. Apsauga nuo elektromagnetinės spinduliuotės. Kaunas, 1997. p.160.
16. MINDER, C. E., PFLUGER, D. H. 2001. Leukemija, brain tumours, and exposure to extremely low frequency electromagnetic fields in Swiss railway employees. *American Journal of Epidemiology*, Vol. 153, Iss. 9, p. 825–835.
17. NEDVECKAITĖ T. 2004. Radiacinė sauga Lietuvoje. Vilnius, 240 p.
18. SAVITZ, D. A. LIAO, D., SASTRE, A., KLECKNER, R. C., KAVET, R. 1999. Magnetic field exposure and cardiovascular disease mortality among electric utility workers. *American Journal of Epidemiology*, Vol. 149, p. 135–42.

19. SAVITZ, D. A. 2001. Electromagnetic fields and cancer in railway workers. *American Journal of Epidemiology*, Vol. 153, Iss. 9, p. 836–847.
20. SMOLSKIENE, R., 2006 Kaip įrengri darbo vietą prie kompiuterio. Kauno Visumenės Sveikatos centras.
21. STAVROLAUKIS, P. 2003. Biological effects of electromagnetic fields. Mechanisms, modelling, biological effects, therapeutic effects, international standards, exposure criteria. Springer, p. 4–737.
22. TENFORDE, T. S., KAUNE, W. T. Interaction of extremely low frequency electric and magnetic fields with humans. *Health physics*, 1987, Vol. 53, p. 585–606.
23. URBONAS M., 1998. Elektromagnetinių laukų įtaka žmogaus sveikatai. Valstybinės visuomenės sveikatos centras. Sveikas žmogus. Nr. 7.
24. URBONAS R., MAČIŪNAS E., 2004. Elektromagnetinio lauko poveikis sveikatai. Vilnius: Valstybinis aplinkos sveikatos centras. p. 40
25. URBONAS M., MAČIŪNAS E., RAMZIENĖ A. 1998. Elektromagnetinio lauko poveikis sveikatai, Vilnius, p. 51.
26. USTINAVIČIENĖ R., OBELINIS V., EREMINAS D., 2004. Dirbančiųjų sveikata ir šiuolaikinės darbo sąlygos. KMU Aplinkos ir darbo medicinos katedra, VGTU Aviacijos technologijų katedra. p. 897-904.
27. ŽIUGŽDA A., 1995. Vidaus ligų propedeutika. Vilnius: Mokslo ir enciklopedijų leidykla. 588 p.
28. <http://distance.ktu.lt/kursai/buitis/etb.htm>
29. <http://www.nac.mf.vu.lt/atsisiusti/mokslai/paskaitos/visuomenes%20sveikata/Higiena.doc>
30. [http://www.kompirsveikata.lt/4\\_skyrius/index.html](http://www.kompirsveikata.lt/4_skyrius/index.html)
31. [www.bazinestotis.lt/templates/files/tiny\\_mce/Konferencijos\\_pranesimai/Elektromagnetines%20bangos%202008%2009%2005.ppt](http://www.bazinestotis.lt/templates/files/tiny_mce/Konferencijos_pranesimai/Elektromagnetines%20bangos%202008%2009%2005.ppt)
32. <http://kauno.diena.lt/dienrastis/kita/gyventojai-piktinasi-medziu-naikinimu-12689>
33. [http://www.biotronika.lt/straipsniai/elektromagnetines\\_bangos\\_ir\\_ju\\_poveikiai.php](http://www.biotronika.lt/straipsniai/elektromagnetines_bangos_ir_ju_poveikiai.php)
34. <http://rtn.elektronika.lt/rtn/0301/mobilieji.html>
35. [http://www.vsv.lt/mokymas/Aplinka\\_ir\\_sveikata/606.html](http://www.vsv.lt/mokymas/Aplinka_ir_sveikata/606.html)
36. <http://www.lzuu.lt/file.doc?id=18341>
37. <http://www.sveikaszmogus.lt/index.php?pagrid=gyvensena&lid=2&rodyti=str&strid=3126&subtema=55>
38. [http://rtslab.ktu.lt/BustoPortalas/Ateitiesb%C5%ABstoprojektas/Elektromagnetin%C4%97s\\_augagyvenamojojeaplinkoje/tabid/74/Default.aspx](http://rtslab.ktu.lt/BustoPortalas/Ateitiesb%C5%ABstoprojektas/Elektromagnetin%C4%97s_augagyvenamojojeaplinkoje/tabid/74/Default.aspx)
39. <http://www.ik.ku.lt/lessons/konspekt/ergo/tema6dest.htm>

40. <http://www.sam.lt/lt/sam/teisine-informacija/hn/>
41. [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)
42. <http://www.medicine.lt/index.php?pagrid=leidiniai&subid=gm&strid=77>
43. <http://www.radiostezija.lt/straipsniai/051-zalingieji-busto-elektromagnetiniai-saltiniai.php>
44. [http://www.lsveikata.lt/index.php?page\\_id=263&s=2840](http://www.lsveikata.lt/index.php?page_id=263&s=2840)
45. <http://www.kf.lt/?id=13&nid=1058>