

## ŠALDYTUVŲ ELEKTROMAGNETINIŲ LAUKŲ TYRIMAI IR VERTINIMAS

Pranas Baltrėnas<sup>1</sup>, Kęstutis Mačaitis<sup>2</sup>, Vytautas Mačaitis<sup>3</sup>*Vilniaus Gedimino technikos universitetas**El. paštas: <sup>1</sup>pbalt@vgtu.lt; <sup>2</sup>k.macaitis@inbox.lt; <sup>3</sup>vymacaitis@gmail.com*

**Santrauka.** Naudojant buitinę techniką susidaro elektromagnetiniai laukai. Elektromagnetiniai laukai yra nematomi ir neįtampa, tad nuo jų sunku apsaugoti. Šaldytuvas – nepamainomas daiktas namų ūkyje, be kurio neįsivaizduojama šiuolaikinio žmogaus butis. Kad būtų išsaugotos šaldytuve laikomų produktų savybės, šaldytuvas privalo veikti nuolatos (24 val./parą) nepriklausomai nuo metų laiko. Dėl to esti gana didelis elektros energijos suvartojimas, ir tai lemia su energijos vartojimu susijusią aplinkos taršą CO<sub>2</sub> dujomis. Taip pat šie buitiniai prietaisai skleidžia elektromagnetinius laukus. Juos svarbu įvertinti ir palyginti su leidžiamomis higienos normų. Šaldytuvų elektromagnetinių laukų tyrimai atlikti buitinėse patalpose, kur nemažą dienos dalį praleidžia žmonės. Matavimams pasirinkti 5 skirtingo galingumo šaldytuvai (1 – 0,20 kW; 2 – 0,25 kW; 3 – 0,30 kW; 4 – 0,35 kW; 5 – 0,40 kW). Siekiant palyginti, elektromagnetinių laukų, susidarančių veikiant šaldytuvams, parametrai pateikiami diagramomis bei grafikais. Tyrimo metu nustatytos šaldytuvų elektrinio ir magnetinio stiprio reikšmės įvairiais atstumais bei jų priklausomybė nuo šaldytuvo galingumo.

**Reikšminiai žodžiai:** elektrinio lauko stipris, magnetinio lauko stipris, galingumas, atstumas nuo šaltinio.

## Įvadas

Sparčiai vystantis ekonomikai ir kylant gyvenimo lygiui, žmonės, siekdami patogiau ir jaukiau gyventi, naudoja vis daugiau buitinių prietaisų. Buityje šaldytuvai yra būtini. Kadangi šaldytuvai veikia be perstojo nepriklausomai nuo sezoniškumo, jų elektros vartojimas yra didžiulis. Tai kelia rimtų su energija susijusių aplinkosauginių problemų (Wei 2006).

Šaldytuvai yra pagrindiniai gyvenamajame sektoriuje elektros energiją vartojantys buitiniai prietaisai (17 % gyvenamojo sektoriaus naudojamos elektros energijos) (Wen-Long *et al.* 2011).

Nors praėjusiame dešimtmetyje akivaizdus šaldytuvų produktyvumo progresas, neefektyvių, pasenusių šaldytuvų buityje vis dar pasitaiko. Dažniausiai šie šaldytuvai vartoja daugiau nei dvigubai elektros energijos per metus, palyginti su šiuolaikiniais, efektyviais modeliais. Siekiant sumažinti elektros energijos suvartojimą ir šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisiją galėtų būti naudinga politika keisti senus šaldytuvus anksčiau, nei nustatyta jų eksploataavimo trukmė, (Hyung *et al.* 2006).

Darbo vietose ir namų aplinkoje naudojamų elektrinių prietaisų bei įrenginių – kompiuterių, kopijavimo aparatų, televizorių ir kitos buitinės technikos dažnio komponentės yra 5–400 kHz diapazono, ir aplink save šie prietaisai sukuria elektromagnetinį lauką (Baltrėnas, Buckus 2009). Tolstant nuo šaltinio elektromagnetinių laukų energijos srauto tankis mažėja (Baltrėnas, Mačaitis

2012). Taip pat elektromagnetinių laukų stipris gerokai sumažėja didėjant nuotoliui nuo dispičaus ekrano (Baltrėnas, Buckus 2008).

Pagal spinduliuojamą galingumą elektromagnetinės apšvitos šaltinius galima suskirstyti į didelio, vidutinio ir mažo galingumo šaltinius (Urbonas, Mačiūnas 2005). Beveik visų buitinių prietaisų – elektrinės viryklės, tostero, elektrinio lygintuvo, šaldytuvo, plaukų džiovintuvo, oro kondicionieriaus ir kt., veikimo dažnis 50 Hz. Reikia atkreipti dėmesį, kad buitinių elektros prietaisų elektromagnetiniai laukai dėl nedidelio atstumo tarp buitinio prietaiso ir žmogaus yra stiprūs (Electro-Magnetic... 2008).

Prietaiso elektros maitinimo laidas, įjungtas į kištukinį lizdą, veikia kaip antena ir sukuria elektromagnetinį lauką, net jei prietaiso jungiklis neįjungtas. Todėl buitiniai prietaisai yra priskiriami veiksmų, lemiančių aplinkos taršą elektromagnetiniais laukais, grupei. Mokslinėje literatūroje toks reiškinys vadinamas elektriniu smogu (Barnes, Greenbaum 2006).

Elektromagnetinis laukas, kaip ir triukšmas, yra ypatinga materijos forma (Vaišis, Januševičius 2008).

Elektromagnetinio lauko įtaka priklauso nuo dažnio, lauko stiprio ir jo poveikio laiko. Laikoma, kad silpno intensyvumo elektromagnetiniai laukai stimuliuoja centrinę nervų sistemą, o stipraus intensyvumo – slopina (Polk, Rostow 1999). Elektromagnetinis laukas gali pažeisti akis, sukelti neurasteniją, galvos skausmus, nerimą, impotenciją,

leukemija, lemia smegenų auglius, reprodukcinės sistemos, širdies kraujagyslių ir imuninės sistemos bei kvėpavimo organų ūminius ar lėtinius funkcinius pakitimus (Ahlborn *et al.* 2001).

Elektringosios dalelės sudaro kiekvieną mūsų ląstelę. O ji veikia kaip sudėtinga gamykla, kurioje tos dalelės nuolat juda pagal griežtą tvarką. Elektriniai laukai dėl sukeltų srovių ir poliarizacijos ląstelių daleles verčia judėti pagal laukų dažnį ir kryptį. Taip dėl poliarizacijos elektriniai laukai sutrikdo mūsų organizmą, raumenis, smegenis, širdį ir kitus organus sudarančių ląstelių veiklą (EMF... 2007). Poliarizacija sutrikdo normalią mikropasaulio dalelių veiklą: dalelės, užuot vykdžiusios savo funkcijas, priverčiamos judėti elektromagnetinio lauko kryptimi ir dažniu (Mercola 2008).

Šių matavimų tikslas yra iširti bei įvertinti buitinėje aplinkoje naudojamų šaldytuvų skleidžiamus elektromagnetinius laukus priklausomai nuo atstumų bei panagrinėti šaldytuvų galingumo priklausomybę nuo elektromagnetinio stiprio.

### Tyrimo metodika

Šaldytuvų elektromagnetinių laukų tyrimai atlikti buitinėse patalpose, kur nemažą dienos dalį praleidžia žmonės. Išmatuota penkių skirtingų galingumų šaldytuvų elektromagnetiniai laukai (1 – 0,20 kW; 2 – 0,25 kW; 3 – 0,30 kW; 4 – 0,35 kW; 5 – 0,40 kW).

Matuojant šaldytuvų elektromagnetinių laukų reikšmes vadovautasi Lietuvos higienos norma HN 110:2001 „Pramoninio dažnio (50 Hz) elektromagnetinis laukas darbo vietose. Parametrų leidžiamos skaitinės vertės ir matavimo reikalavimai“. Norma reglamentuoja skaitines leidžiamąsias elektromagnetinio lauko parametrų vertes darbo vietose, kuriose yra pramoninio – žemojo dažnio (50 Hz) elektromagnetinis laukas; nustato elektromagnetinio lauko intensyvumo parametrų matavimo reikalavimus, įvertinimo tvarką bei nurodo poveikio mažinimo darbo aplinkoje organizacines priemones (HN 110:2001). Ši higienos norma taikoma tik pramoninio – žemojo dažnio (50 Hz) elektriniams buitiniams prietaisams.

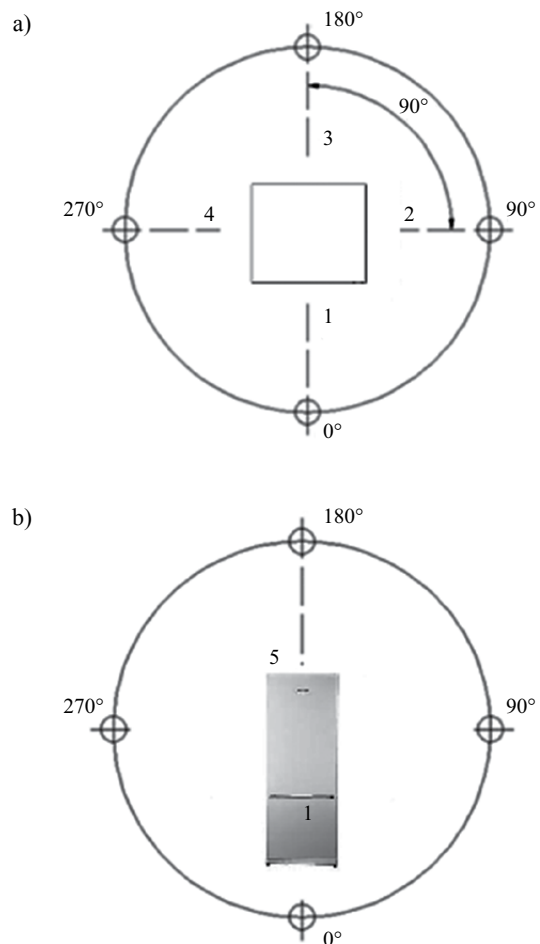
Matavimo prietaisai pastatomi 5, 10, 15, 20, 25 ir 30 cm atstumu nuo tiriamo prietaiso. Matavimai atliekami esant maksimaliai prietaiso veikimo galiai, nes daugumos žemojo dažnio buitinių prietaisų veikimo galia nėra reguliuojama.

Atlikus pirmąjį matavimą, matavimo prietaisai pasukami aplink matuojamą buitinį prietaisą. Matavimo prie-

taiso rodmenys fiksuojami kas 90°, matuojant magnetinio lauko ir elektrinio lauko stiprį. Kiekviename matavimo taške atliekama ne mažiau kaip trys matavimai. Nustatomas šių rodmenų aritmetinis vidurkis. Rezultatai lyginami su leidžiamosiomis normomis.

Elektromagnetinio lauko parametrų matuoti turi būti naudojami prietaisai, užtikrinantys pramoninio 50 Hz diapazono dažnio prietaisų elektromagnetinius matavimus. Matavimai atliekami normaliomis klimatinėmis sąlygomis. Pramoninio dažnio (50 Hz) buitinių prietaisų elektromagnetiniai parametrai neturi viršyti šių skaitinių reikšmių: 25 kV/m elektrinio lauko stiprio ir 5,1 kA/m – magnetinio lauko stiprio.

Šaldytuvų elektromagnetinių parametrų matavimai atliekami pagal 1 pav. pateiktą schemą.



1 pav. Elektromagnetinių parametrų matavimo schema: a) vaizdas iš viršaus; b) vaizdas iš priekio. 1–5 skaitmenimis pažymėtos matavimo padėties

Fig. 1. Measurement scheme for electric and magnetic fields: a) top view, b) view from the front. 1–5 numerals marking measuring positions



2 pav. Elektrinio ir magnetinio lauko matuoklis *ESM-100*  
Fig. 2. Meter *ESM-100* for measuring the strength of electric and magnetic fields

Pramoninio dažnio (50 Hz) elektromagnetinio lauko intensyvumo parametrų skaitinės vertės matuojamos matuokliais, skirtais elektrinio lauko ir magnetinio lauko stipriams matuoti. Šių prietaisų matavimo diapazonas turi atitikti 50 Hz dažnį.

Matavimams atlikti naudojamas *ESM-100* elektrinio ir magnetinio lauko matuoklis (2 pav.). *ESM-100* prietaisas matuoja nepriklausomai nuo antenos krypties, t. y. visomis trimis kryptimis arba izotropiniu būdu. Tai svarbu norint dirbti be klaidų, nes elektriniai ir magnetiniai laukai sklinda iš skirtingų krypčių, ir jų reikšmės gali nuolat svyruoti.

Prietaiso, fiksuojančio didžiausią lauką, padėtis dar vadinama „rezultatyviaja“ padėtimi. Staigūs judesiai turi įtakos prietaiso rodmenims, taip gaunami „pseudo rodmenys“. Jų nereikėtų paisyti. Po staigaus judesio rodmenys per 2 sekundes grįžta į objektyvius.

Kai matavimai atliekami prietaisą laikant rankoje, nuotėkio srovė yra elektriškai kompensuota. Jei spinduliavimo šaltinis žinomas, ir matuojantis asmuo nestovi tarp šaltinio ir prietaiso, 1–10 % paklaida yra normali.

Kiekvieną kartą matuojant gaunami šiek tiek skirtingi duomenys, tad, norint gauti tikslesnius eksperimentinio tyrimo rezultatus, įvertinamos atsitiktinės paklaidos. Gautą matavimo rezultato tikslumas vertinamas pagal atsitiktinių paklaidų skaičiavimo teoriją.

Tikrajai matuojamojo dydžio vertei artimiausias yra visų matavimo duomenų aritmetinis vidurkis:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}, \quad (1)$$

čia  $x_i$  –  $i$ -tojo matavimo rezultatas;  $n$  – matavimų skaičius, esant vienodoms sąlygoms.

Matavimo duomenų aritmetinio vidurkio kvadratinis nuokrypis apskaičiuojamas pagal formulę

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n \cdot (n-1)}}. \quad (2)$$

Tikroji matuojamo dydžio reikšmė ( $X$ ) įvertinama taip:

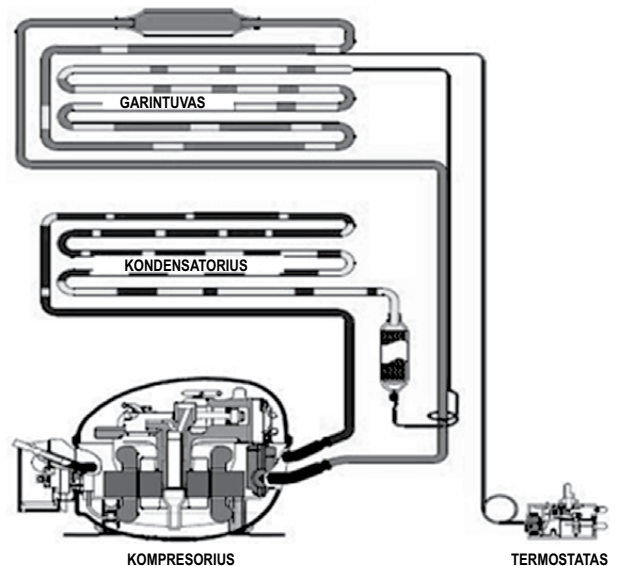
$$X = \bar{x} \pm s \cdot t, \quad (3)$$

čia  $t$  – Stjudento koeficientas, dydis priklauso nuo atliktų matavimų skaičiaus ir patikimumo lygio;  $s$  – standartinis nuokrypis.

### Šaldytuvo veikimo principas

Pirmieji elektriniai buitiniai šaldytuvai pagaminti 1920 m. Buityje tai buvo retas prietaisas. Dabar šaldytuvą rasime beveik kiekvienoje virtuvėje. Iš šaldytuvo vidaus šiluma yra ištraukiama ir nukreipiama į išorę. Tam būtinas šaldymo agentas, pavyzdžiui, amoniakas ar freonas. Pastaruoju metu vietoje freono dažniausiai naudojamos nekenksmingos aplinkai izobutano dujos. Šaldymo agentui būdinga tai, kad kambario temperatūros sąlygomis jis nuolat pereina iš skystosios būsenos į dujinę ir atvirkščiai.

Skystas šaldymo agentas patenka į garintuvą, įtaisyta prietaiso viduje, čia virsta dujomis. Garindamas skystą šaldymo agentą, garintuvas naudoja šaldytuvo viduje esančią šilumą. Kadangi šaldytuvo vidus gerai izoliuotas nuo aplinkos, tai garintuvui paėmus šilumą temperatūra šaldytuve nukrinta. Dujinis šaldymo agentas vamzdžiais keliauja į kompresorių, ten yra suslegiamas, tada patenka į kondensatorių ir ten vėl ima kondensuotis. Skystas šaldymo agentas vėl teka į garintuvą, ir procesas prasideda iš naujo. Šaldytuvo veikimo schema pateikta 3 paveiksle.



3 pav. Principinė šaldytuvo veikimo schema  
Fig. 3. Scheme for the basic rule of refrigerator operation

## Tyrimo rezultatai

### Elektrinio lauko stipris

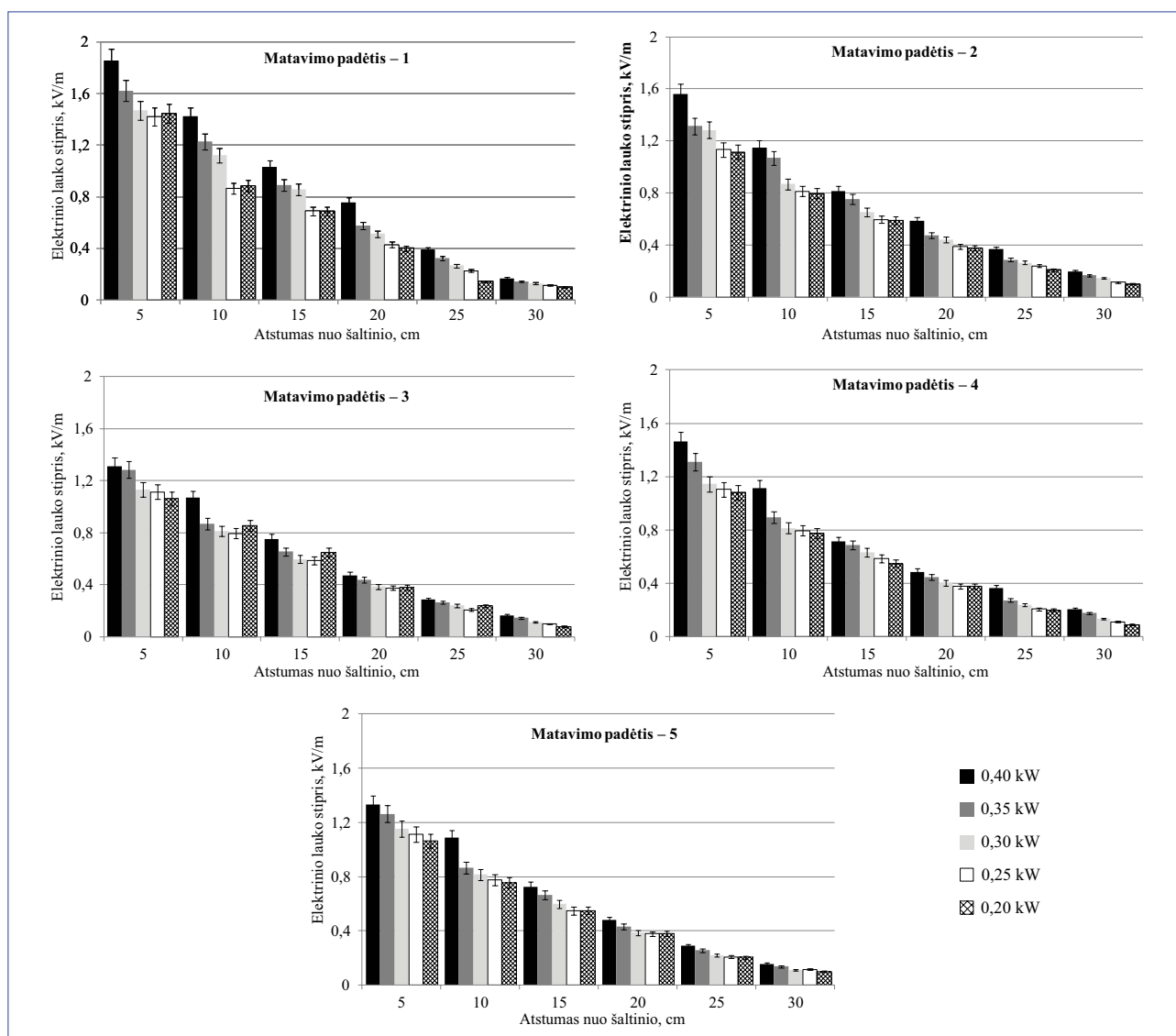
Iš 4 pav. matyti, kad nė vieno galingumo šaldytuvas neviršijo leidžiamosios elektrinio lauko stiprio (25,0 kV/m) normos. Didžiausios šaldytuvų elektrinio lauko stiprio vertės buvo užfiksuotos 1-oje matavimo padėtyje – 5 cm atstumu nuo šaltinio, kur yra priekinė šaldytuvo dalis, ir jos atitinkamai lygios: 1) 0,20 kW – 1,437 kV/m; 2) 0,25 kW – 1,423 kV/m; 3) 0,30 kW – 1,469 kV/m; 4) 0,35 kW – 1,622 kV/m; 5) 0,40 kW – 1,855 kV/m.

Mažiausios šaldytuvų elektrinio lauko stiprio vertės buvo užfiksuotos 3-oje matavimo padėtyje 30 cm atstumu nuo šaltinio, kur yra galinė šaldytuvo dalis, jos atitinkamai lygios: 1) 0,20 kW – 0,08 kV/m; 2) 0,25 kW – 0,10 kV/m; 3) 0,30 kW – 0,113 kV/m; 4) 0,35 kW – 0,146 kV/m; 5) 0,40 kW – 0,155 kV/m.

Artimiausia leidžiamajai elektrinio lauko (25,0 kV/m) normai elektrinio lauko stiprio reikšmė 1,855 kV/m buvo užfiksuota 0,4 kW galingumo šaldytuvo 5 cm atstumu, pirmoje matavimo padėtyje.

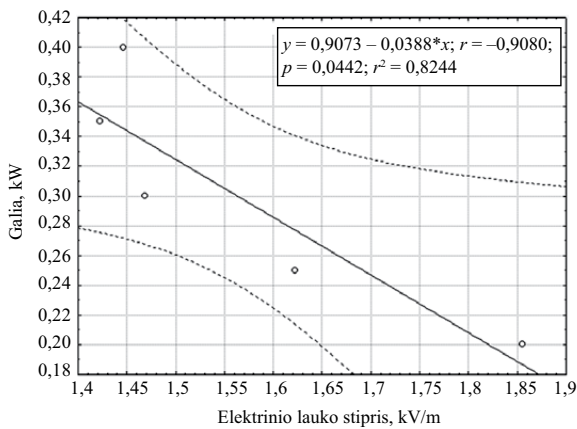
Procentais elektrinio lauko stipris tarp artimiausio (5 cm) ir tolimiausio (30 cm) matuoto atstumo nuo šaltinio vidutiniškai sumažėjo 89 %. Tai akivaizdu iš 4 paveikslo. Kaip matyti iš 4 pav., galingiausias šaldytuvas (0,40 kW) visose matavimo padėtyse skleidė didžiausio stiprio elektrinį lauką. Lyginant 0,4 kW ir 0,35 kW galingumo šaldytuvus, pirmasis skleidė vidutiniškai 13 % didesnio stiprio elektrinį lauką.

5 pav. pateiktame grafike parodytas koreliacinis ryšys tarp šaldytuvo elektrinio lauko stiprio (kV/m) ir galingumo (kW) 1-oje matavimo padėtyje 5 cm atstumu nuo šaltinio.



4 pav. Šaldytuvų elektrinio lauko stiprio priklausomybė nuo atstumų. Higienos norma (HN 110:2001) – 25,0 kV/m

Fig. 4. The dependence of the strength of the electric field of refrigerators at different distances under a permissible hygiene rate (HN 110:2001) – 25,0 kV/m

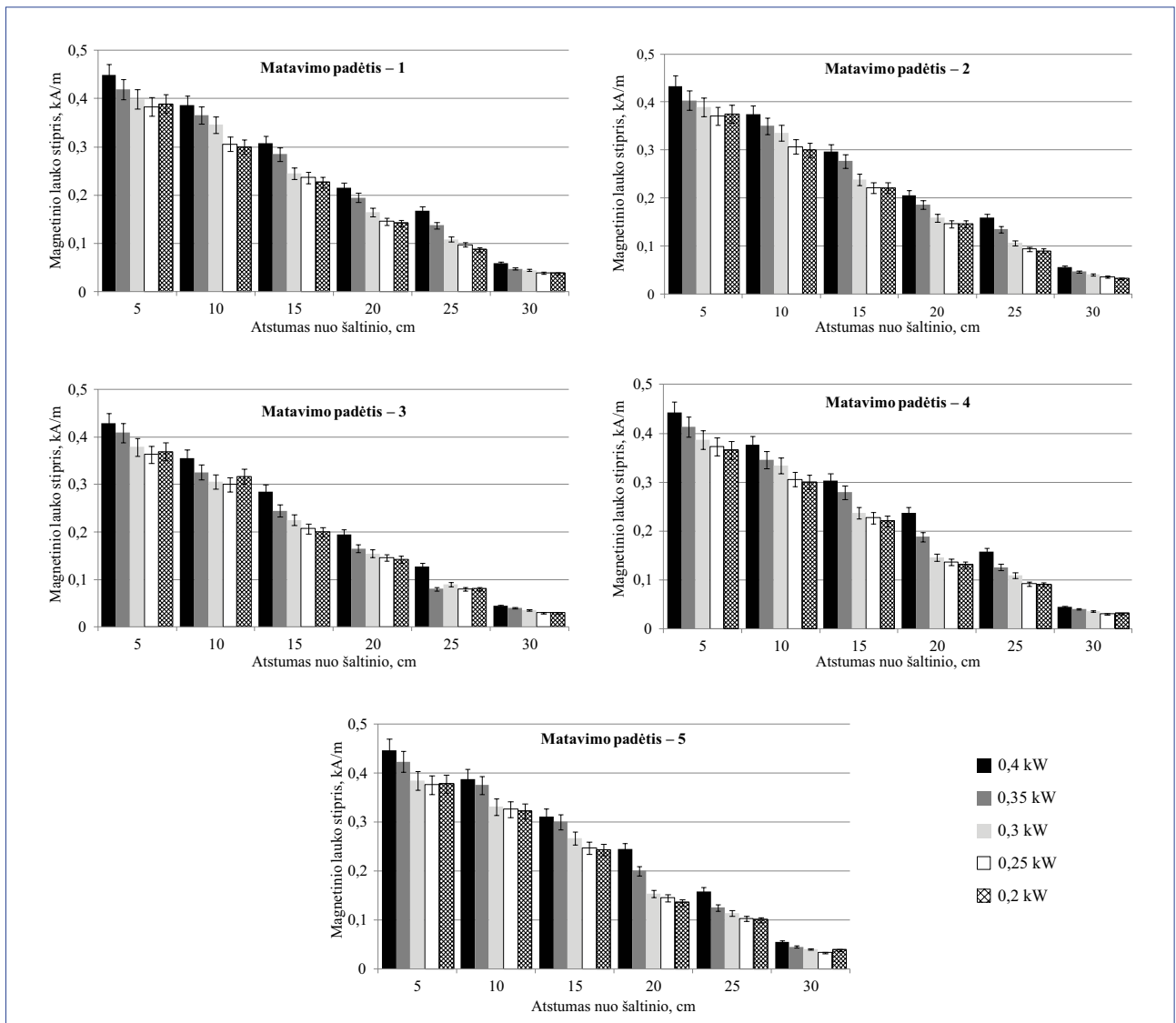


5 pav. Šaldytuvų elektrinio lauko stiprio priklausomybė nuo galingumo. 1-oji matavimo padėtis – 5 cm atstumu nuo šaltinio  
 Fig. 5. The dependence of the strength of the electric field of refrigerators on power. The 1st measurement position is placed at a distance of 5 cm from the source

Kaip matyti iš 5 pav., didėjant šaldytuvo galingumui didėja ir elektrinio lauko stipris. Koreliacijos koeficientas  $r = 0,9080$ . Tai rodo, kad koreliacinis ryšys tarp šaldytuvo galingumo ir elektrinio lauko stiprio yra labai stiprus, ir šie parametrai tiesiogiai priklauso vienas nuo kito. Grafike pavaizduotas tik 1-oje padėtyje 5 cm atstumu nustatytas šaldytuvų galingumo ir elektrinio lauko stiprio koreliacinis ryšys. Ši tendencija taip pat išlieka ir kitose matavimo padėtyse bei kitais atstumais nuo šaltinio.

### Magnetinio lauko stipris

Iš 6 pav. matyti, kad nė vieno galingumo šaldytuvus neviršijo magnetinio lauko stiprio (5,1 kA/m) normos. Didžiausios šaldytuvų magnetinio lauko stiprio vertės buvo užfiksuotos 1-oje matavimo padėtyje – 5 cm atstumu nuo šaltinio,



6 pav. Šaldytuvų magnetinio lauko stiprio priklausomybė nuo atstumų. Higienos norma (HN 110:2001) – 5,1 kA/m  
 Fig. 6. The dependence of the strength of the magnetic field of refrigerators on distances under a permissible hygiene rate (HN 110:2001) – 5,1 kA/m

kur yra priekinė šaldytuvo dalis: 1) 0,20 kW – 0,389 kA/m; 2) 0,25 kW – 0,383 kA/m; 3) 0,30 kW – 0,399 kA/m; 4) 0,35 kW – 0,419 kA/m; 5) 0,40 kW – 0,449 kA/m.

Mažiausios šaldytuvų magnetinio lauko stiprio vertės nustatytos 3-oje matavimo padėtyje, t. y. 30 cm atstumu nuo šaltinio, ten, kur yra galinė šaldytuvo dalis: 1) 0,20 kW – 0,030 kA/m; 2) 0,25 kW – 0,033 kA/m; 3) 0,30 kW – 0,036 kA/m; 4) 0,35 kW – 0,040 kA/m; 5) 0,40 kW – 0,044 kA/m.

Procentais magnetinio lauko stipris tarp artimiausio (5 cm) ir tolimiausio (30 cm) matuoto atstumo nuo šaltinio vidutiniškai sumažėjo 86 %. Tai puikiai matyti 6 paveiksle.

Kaip matyti iš 6 pav., galingiausias šaldytuvas (0,40 kW) visose matavimo padėtyse skleidė stipriausią magnetinį lauką. Lyginant 0,4 kW ir 0,35 kW galingumo šaldytuvus, pirmasis vidutiniškai skleidė 11 % didesnio stiprio elektrinį lauką.

Didžiausia reikšmė 0,449 kV/m (0,4 kW) užfiksuota galingiausio šaldytuvo.

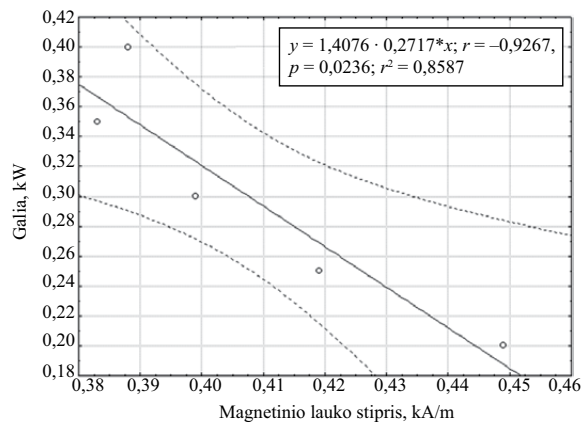
Mažiausioji reikšmė 0,030 kA/m nustatyta mažiausio galingumo šaldytuvo (0,2 kW).

Kadangi leidžiamųjų 25,0 kV/m ir 5,1 kA/m normų viršijimai nėra užfiksuoti nė vieno tirtu šaldytuvo, galima teigti, kad šių prietaisų elektromagnetinė spinduliuotė nedaro žalos sveikatai, tačiau patartina vengti artimo kontakto būnant šalia šių prietaisų.

Artimiausios leidžiamajai magnetinio lauko stiprio (5,1 kA/m) normai reikšmės buvo užfiksuotos 0,4 kW galingumo šaldytuvo – 5 cm atstumu 1-oje ir 5-oje matavimo padėtyje – 0,447 kA/m ir 0,449 kA/m.

7 pav. pateiktame grafike parodytas koreliacinis ryšys tarp šaldytuvo magnetinio lauko stiprio (kA/m) ir galingumo (kW) 1-oje matavimo padėtyje 5 cm atstumu nuo šaltinio.

Kaip matyti iš 7 pav., didėjant šaldytuvų galingumui, didėja ir magnetinio lauko stipris. Koreliacijos koeficientas yra  $r = 0,926$ . Jis labai artimas kaip ir elektrinio lauko priklausomybės nuo galingumo ( $r = 0,904$ ). Matyti, kad koreliacinis ryšys tarp šaldytuvo galingumo ir magnetinio lauko stiprio labai stiprus, taip pat kaip ir tarp galingumo ir elektrinio lauko stiprio. Šie parametrai tiesiogiai priklauso vienas nuo kito. Šiame grafike pavaizduotas tik 1-oje padėtyje 5 cm atstumu nustatytas šaldytuvų galingumo ir magnetinio lauko stiprio koreliacinis ryšys. Ši tendencija taip pat išlieka ir kitose matavimo padėtyse bei kitais atstumais nuo tiriamųjų šaltinių.



7 pav. Šaldytuvų magnetinio lauko stiprio priklausomybė nuo galingumo. 1-oji matavimo padėtis 5 cm atstumu nuo šaltinio  
Fig. 7. The dependence of the strength of the magnetic field of refrigerators on power. The 1st measurement position is placed at a distance of 5 cm from the source

## Išvados

1. Šaldytuvų elektrinio (25,0 kV/m) ir magnetinio (5,1 kA/m) lauko stiprio leidžiamosios vertės nebuvo viršytos nė vieno iš tirtų šaldytuvų.
2. Didžiausioji šaldytuvų elektrinio lauko stiprio vertė užfiksuota galingiausio šaldytuvo (0,4 kW) 1-oje matavimo padėtyje – 5 cm atstumu nuo šaltinio, priekinėje šaldytuvo dalyje. Ji siekė 1,855 kV/m.
3. Didžiausia šaldytuvų magnetinio lauko stiprio vertė 0,449 kA/m buvo užfiksuota galingiausio (0,4 kW) šaldytuvo 1-oje matavimo padėtyje 5 cm atstumu nuo šaltinio (priekinė šaldytuvo dalis).
5. Procentais šaldytuvų elektromagnetinių laukų stipris tarp artimiausio (5 cm) ir tolimiausio (30 cm) matuoto atstumo nuo šaltinio vidutiniškai sumažėjo 88 %.
6. Didėjant šaldytuvų galingumui didėja tiek magnetinio, tiek elektrinio lauko stipris. Koreliacijos koeficientas, palyginti elektrinio ir magnetinio lauko stiprio priklausomybę nuo galingumo, abiem atvejais buvo didesnis nei 0,9. Tai rodo, kad koreliacinis ryšys yra labai stiprus, ir šie parametrai tiesiogiai priklauso vienas nuo kito.
7. Normų viršijimai nebuvo užfiksuoti, ir elektromagnetinė spinduliuotė neturėtų daryti žalos žmogaus sveikatai, tačiau patartina vengti artimo (5–10 cm) kontakto būnant šalia žemojo dažnio buitinių prietaisų.
8. Renkantis šaldytuvą patartina, atsižvelgiant į poreikius, rinktis kuo mažesnio galingumo, tuomet sumažėtų rizika būti paveiktam elektromagnetinių laukų bei sumažėtų su energijos vartojimu susijusi aplinkos tarša CO<sub>2</sub> dujomis.

## Literatūra

- Ahlborn, A.; Cardis, E.; Green, A. 2001. Review of epidemiologic literature on EMF and health, *Environmental Health Perspectives* 109(14): 911–933.
- Baltrėnas, P.; Buckus, R. 2008. Biuro ir vaizdo įrangos elektromagnetinių laukų tyrimai ir įvertinimai [Electromagnetic fields research and evaluation of bureau and video equipment], iš *Aplinkos apsaugos inžinerija* [Environmental protection engineering]: 11-osios Lietuvos jaunujų mokslininkų konferencijos „Mokslas – Lietuvos ateitis“ [11 th Conference of Junior Researchers Science – Future of Lithuania], *įvykusios Vilniuje 2008 m. balandžio 3 d., pranešimų medžiaga*. Vilnius: Technika, 75–81.
- Baltrėnas, P.; Buckus, R. 2009. Kopijavimo aparatų elektromagnetinių laukų tyrimai ir įvertinimai [Investigation and assessment of electromagnetic fields of duplicators], *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management* 17(2): 89–96.  
<http://dx.doi.org/10.3846/1648-6897.2009.17.89-96>
- Baltrėnas, P.; Mačaitis, K. 2012. Mikrobangų krosnelių elektromagnetinių laukų energijos srauto tankio tyrimai ir vertinimas [Investigation and assessment of electromagnetic fields energy flux density of microwave ovens], iš *Aplinkos apsaugos inžinerija* [Environmental protection engineering]: 15-osios Lietuvos jaunujų mokslininkų konferencijos „Mokslas – Lietuvos ateitis“ [15 th Conference of Junior Researchers Science – Future of Lithuania], *įvykusios Vilniuje 2012 m. balandžio 12 d., pranešimų medžiaga*. Vilnius: Technika, 250–256.
- Barnes, F. S.; Greebaum, B. 2006. Biological and Medical Aspects of Electromagnetic Fields, *CRC Magazine* 12(3): 45–53.
- Electro-Magnetic Pollution and Health in the Workplace*. 2008 [interaktyvus], [žiūrėta 2013 m. sausio 6]. Prieiga per internetą: <http://www.powerdome.ie/research/The%20Facts%20in%20the%20Workplace.html>
- EMF Exposure Standards & Guidelines*. 2007 [interaktyvus], [žiūrėta 2013 m. sausio 22]. Prieiga per internetą: <http://www.lessemf.com/standard.html>
- Hyung, C. K.; Gregory, A. K.; Yutha, A. H. 2006. Optimal household refrigerator replacement policy for life cycle energy, greenhouse gas emissions, and cost, *Energy Policy* 34(15): 2310–2323. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2005.04.004>
- HN 110:2001. 2001. Pramoninio dažnio (50 Hz) elektromagnetinis laukas darbo vietose. Parametrų leidžiamos skaitinės vertės ir matavimo reikalavimai, *Valstybės žinios*, Nr. 660/174.
- Mercola, J. *Are EMFs Hazardous to Our Health?* 2008 [interaktyvus], [žiūrėta 2013 m. sausio 10]. Prieiga per internetą: [http://www.mercola.com/article/emf/emf\\_dangers.html](http://www.mercola.com/article/emf/emf_dangers.html)
- Polk, C.; Rostow, E. 1999. Handbook of biological effects of electromagnetic fields, *CRS Press* 13(4): 139–142.
- Urbonas, M.; Mačiūnas, E. 2005. *Elektromagnetinio lauko poveikis sveikatai*. Vilnius: Avicena.
- Vaišis, V.; Januševičius, T. 2008. Investigation and evaluation of noise level in the Northern part of Klaipėda city, *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management* 16(2): 89–96.  
<http://dx.doi.org/10.3846/1648-6897.2008.16.89-96>
- Wei, L. 2006. Potential energy savings and environmental impact by implementing energy efficiency standard for household refrigerators in China, *Energy Policy* 34(15): 1583–1589.
- Wen-Long, C.; Bao-Jun M.; Yi-Ning, L.; Yong-Hua, H.; Xu-Dong, Y. 2011. A novel household refrigerator with shape-stabilized PCM (Phase Change Material) heat storage condensers: An experimental investigation, *Energy* 36: 5797–5804. <http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2011.08.050>

## RESEARCH AND EVALUATION OF ELECTROMAGNETIC FIELDS OF REFRIGERATORS

P. Baltrėnas, K. Mačaitis, V. Mačaitis

### Abstract

The use of refrigerators causes the occurrence of electromagnetic fields that are invisible and intangible, which therefore makes difficulties in protecting ourselves from them. A refrigerator is an irreplaceable item in domestic household and thus can be hardly ignored by a modern way of human life. In order to preserve the characteristics of products, the refrigerator must operate continuously (24 hrs a day), regardless of the time of the year. This results in a huge increase in electricity consumption, which leads to energy consumption related pollution of the environment emitting CO<sub>2</sub> gas. On these grounds, it is necessary to assess electromagnetic fields created by the refrigerator. Studies on electromagnetic fields produced by refrigerators were conducted in domestic premises where people spent a significant part of the day. For comparison purposes, five different power refrigerators were chosen (1 – 0.20 kW; 2 – 0.25 kW; 3 – 0.30 kW; 4 – 0.35 kW; 5 – 0.40 kW). The obtained results, according to the parameters of their electromagnetic fields, were presented in graphs and charts and showed that the values of electric and magnetic intensity of refrigerators depended on the distance and the power of the refrigerator. The conducted research also disclosed that none of tested refrigerators exceeded the permissible limits of electromagnetic fields.

**Keywords:** electric field strength, magnetic field strength, power, distance from the source.