

10 laboratorinis darbas

MOBILIŲŲ TELEFONŲ ELEKROMAGNETINIO LAUKO TYRIMAS

Darbo tikslas

1. Išmatuoti mobilaus telefono elektromagnetinio lauko energijos srauto tankį.
2. Susipažinti su elektromagnetinio lauko intensyvumo parametru leidžiamomis poveikio žmogui vertėmis.

Teorinė dalis

Elektromagnetinę spinduliuotę gali skleisti:

- Gamtiniai arba natūralūs, esantys gamtoje (žemės atmosferos elektrinis ir magnetinis laukai, atmosferos iškrovos kuriamos elektromagnetinės bangos, saulės ir kito dangaus kūno sklaidžiama elektromagnetinė spinduliuotė);
- Technogeniniai arba dirbtiniai, sukurti žmogaus. Juos galima suskirstyti į tris grupes:

I) *įvairiose gamybos ir buities srityse atsirandantys EML* (konvejerio juostos, plastmasinės plėvelės įsielektrinimas, sintetinės medžiagos, popieriaus juostos ir pan.);

II) *įvairaus dažnio neradiotechninės paskirties EML šaltiniai*, t.y. neradiotechninės paskirties elektriniai įrenginiai, kurie yra stiprūs EML šaltiniai. Stipriausi nuotoliniai elektriniai laukai būna ties nuolatinės aukštos įtampos įrenginiais (televizoriaus kineskopais, rentgeno lempomis ir pan.). Nuolatiniai stiprūs magnetiniai laukai sukuriama ten, kur vartojamos stiprios nuolatinės srovės (elektriniame transporte, elektrogalvaniniuose cechuose, prie suvirinimo nuolatinė srove aparato ir t.t.). Šie magnetiniai laukai nestiprūs, tačiau srovės įjungimo ar išjungimo metu laukas staigiai kinta ir arti esančiose elektrinėse grandinėse bei biologiniuose audiniuose gali indukuoti stiprias antrines sroves.

III) *radiotechninės ir ryšio paskirties EML šaltiniai*. Buityje plačiausiai naudojami pramoninio 50 Hz dažnio elektriniai įrenginiai. Jo aplinkoje visada yra silpnesni ar stipresni elektriniai ir magnetiniai laukai, kurių intensyvumas priklauso nuo įrenginio galingumo, savybių ir būklės. Stiprių elektromagnetinių laukų šaltiniais buityje yra mikrobangų krosnelės, elektrinės viryklės, televizoriai, kompiuteriai, mobilūs telefonai. Spinduliuote pasižymi kai kurio tipo apšildomos grindys, signalizacijos sistemos, elektros skirstymo skydeliai ir maitinimo kabeliai, transformatorinės pastotės ir kt. Lauko stipriai sparčiai silpnėja tostant nuo spinduliuotės šaltinio.

Elektromagnetinis laukas (EML) – tai judančių elektrinių krūvių sukurtas fizinis laukas, susidedantis iš susijusių ir laike besikeičiančių elektrinio ir magnetinio laukų.

EML energijos srauto tankis (S) – EML energijos kiekis, kertantis paviršiaus, statmeno energijos sklaidimo kryptiai, ploto vienetą per laiko vienetą. EML energijos srauto tankio SI vienetas yra vatas arba mikrovatas kvadratiniam metrui (W/m^2 arba $\mu W/cm^2$).

Elektromagnetinės spinduliuotės dažnis – elektromagnetinės spinduliuotės ciklo skaičius per sekundę. Elektromagnetinės spinduliuotės dažnio SI vienetas yra hercas (Hz).

Leidžiamas EML energijos srauto tankis – elektromagnetinio lauko, kuris veikdamas neribotą laiką nesukelia žmogaus sveikatos sutrikimų ar ligos ir neturi įtakos paveldimumui, energijos srauto tankio vertė.

Elektromagnetinė spinduliuotė charakterizuojama bangos ilgiu λ ir dažniu f :

$$\lambda = c / f , \quad (10.1)$$

čia: c – bangų sklaidimo greitis, m/s (ore c apytiksliai lygus šviesos greičiui $c \approx 3 \cdot 10^8$ m/s).
 f – svyravimo dažnis, Hz.

Elektromagnetinį lauką galima apibūdinti elektrinio (E) ir magnetinio laukų (H) stipriu:

$$E = U / l, \text{ V/m} \quad (10.2)$$

$$H = I / 2\pi r, \text{ A/m} \quad (10.3)$$

čia: U – įtampa, V;
 l – atstumas, m;
 I – srovės stiprumas, A;
 r – magnetinio lauko aplink laidininką, kuriuo teka srovė, veikimo spindulys.

Savitosios energijos absorbcijos rodiklis (SAR)

Kiekvienas mobilusis telefonas parduodamas su norma atitinkančiu savitosios energijos absorbcijos rodikliu (SAR). SAR yra apskaičiuojamas vidutiniškai visam kūnui ar kūno dalims ir apibrėžiamas kaip audinio masės vieneto energijos absorbcijos dydis, išreiškiamas vatais kilogramui (W/kg). Šis rodiklis sukurtas pasitelkus 1,90 m žmogaus modelį su labai didele galva ir modeliavus su šiuo modeliu trumpo trukmės pokalbį telefonu. Tačiau tokių mobiliųjų vartotojų yra ne dauguma. Be to, šis rodiklis yra sukurtas, norint išsiaiškinti, koks SAR kiekis reikalingas telefone ir per kiek laiko jis nesusildytų galvos audinių. Vidutinis savitosios energijos absorbcijos rodiklis (SAR) žmogui pagal HN 81:2009 „Viešųjų belaidės prieigos tinklų centrinės (bazinės) stotys“ pateiktas 11.1 lentelėje.

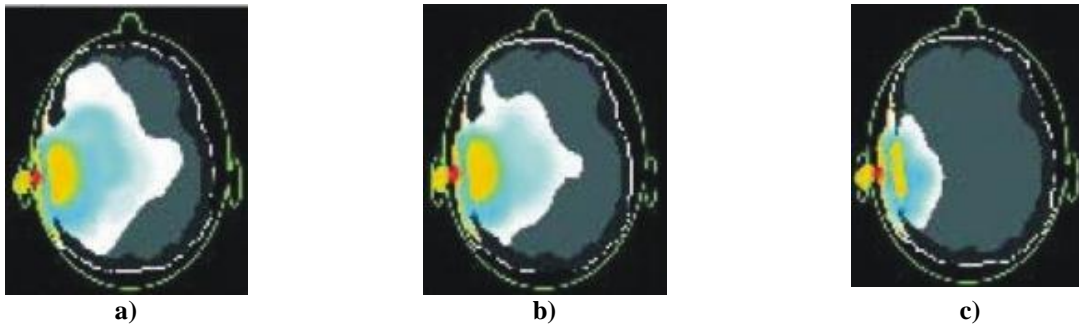
11.1 lentelė. Vidutinis savitosios energijos absorbcijos rodiklis (SAR) žmogui pagal HN 81:2009 „Viešųjų belaidės prieigos tinklų centrinės (bazinės) stotys“

	Vidutinis SAR visam kūnui	Lokaluotas SAR (galvai ir liemeniui)	Lokaluotas SAR (galūnėms)
SAR	Ne daugiau 0,08 W/kg	Ne daugiau 2 W/kg	Ne daugiau 4 W/kg

EML poveikis žmogaus organizmui

Šios spinduliuotės keliamą pavojų įvertinti sunku – žmogaus jutimo organai nereaguoja į elektromagnetinį lauką 20 – 300 MHz dažnio diapazonu. Natūralūs elektromagnetiniai laukai pastoviai veikia žmones. Jų poveikis nėra žymus ir sustiprėja tik vykstant magnetinėms audroms, kai žymiai padidėja žemės magnetinio lauko įtampa. Kur kas pavojingesnė yra žemo dažnio elektromagnetinė spinduliuotė. Žemo dažnio elektromagnetinės bangos pasižymi sava specifika: mažėjant intensyvumui jų poveikis organizmui nemažėja. Labai skvarbus 50 Hz magnetinis laukas, sukuriantis organizme sūkurines sroves. Nustatyta, kad nervinis audinys itin jautrus 6 – 20 Hz dažnio EML. Audiniams sugeriant elektromagnetinę spinduliuotę, molekulės įsielektrina. Spinduliuotei perėjus į šiluminę energiją, pasireiškia terminis poveikis.

Lyginant su kitais buitinais elektroniniais prietaisais (televizoriais, kompiuteriais), mobilusis ryšio priemonės generuoja žymiai galingesnes elektromagnetines bangas. Mokslininkai įrodė, kad mobilusis telefonas – žalingiausias sveikatai. Mobiliojo ryšio telefone esanti antena, priimdama ir siųsdama elektromagnetines bangas labai stipriai spinduliuoja, taip apšvitindama. Mobilųjų telefonų spinduliuojamos bangos įsiskverbia giliai į kūną, veikdamos odą, kraujagysles, smegenis – jautriausias kūno vietas. Ypač pavojingas mobiliųjų telefonų poveikis vaikams, kurių kaukolė daug plonesnė, smegenys intensyviai vystosi (10.1 pav.).



10.1 pav. Elektromagnetinės spinduliuotės poveikis penkiamečiui (a), dešimtmečiui (b) ir suaugusiajam žmogui (c)

Jei pokalbis trunka iki 3 – 4 min., simptomai paprastai išnyksta po kelių ar keliolikos valandų. Jei tenka kasdien telefonu kalbėti ilgiau nei 10 min., gali iškilti rimtas pavojus sveikatai: sutrikti skydliaukės veikla, padidėti streso lygis, o dėl to laikui bėgant gali išsivystyti tokios nervinės ligos, kaip psichozė, neurozė. Įrodyta, kad pakalbėjus mobiliuoju telefonu 10 min., kraujo temperatūra tose vietose, kur buvo laikytas telefonas, pakyla maždaug 4 laipsniais. Po pokalbio vėl nukrinta. Tokiu būdu organizmas patiria didžiulį šoką. Laukiant sujungimo su abonentu elektromagnetiniai spinduliai būna ypač intensyvūs, todėl tuo metu telefono prie ausies geriau nelaikyti. Kalbant telefonu elektromagnetinės bangos prasiskverbia iki 2 cm į odą, o erdvėje veikia net 30 – 40 cm atstumu. Kai telefonas yra budėjimo režime, sklaidžiami spinduliuotės lygiai yra labai maži ir praktiškai nepastebimi.

Elektromagnetinių spindulių poveikis sveikatai gali būti juntamas ne iš karto. Pastovaus EML poveikio rezultatas yra nuovargis, irzlumas, galvos skausmas, svaigimas, miego sutrikimai, kūno temperatūros pokyčiai, kraujotakos sutrikimai, imuninės sistemos nusilpimas, klausos, regėjimo pakitimai, atminties susilpnėjimas, kaklo ir veido odos paraudimai bei niežėjimas, karščio jausmas ausų, veido, kaklo srityje, leukemija, smegenų augliai. Ilgalaiškės mobiliųjų telefonų spinduliuotės poveikis yra tas, kad jis sutrikdo angliavandenių apytaką organizme, net 75 proc. padidina cukraus kiekį kraujyje.

Apsauga nuo elektromagnetinių laukų

Apsaugos nuo elektromagnetinės spinduliuotės priemonės gali būti:

Organizacinės:

- pirminis instruktažas darbo vietoje;
- privalomi išankstiniai ir periodiniai sveikatos tikrinimai;
- gyvenamojoje aplinkoje ir darbo vietose išpėjamieji ženklai, užrašai: „Atsargiai. Elektromagnetinė spinduliuotė“ (10.2 pav.);



10.2 pav. Išpėjamasis ženklas „Elektromagnetinė spinduliuotė“

- tinkamas darbų organizavimas, leidžiantis mažinti EML darbo vietose srautus ir poveikio laiką;
- informacijos pateikimas apie elektromagnetinės spinduliuotės parametrų matavimo rezultatus.

Techninės:

- EML spinduliuotės srautų nukreipimas nuo žmonių;
- įrenginių, darbo vietų, pastatų ekranavimas;

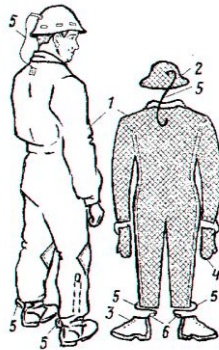
- saugus atstumas iki spinduliuotės šaltinių;
- siūstuvų galios mažinimas;
- antenų konstrukcijos ir spinduliavimo krypties keitimas;
- antenų aukščio virš žemės paviršiaus didinimas;
- radiotechninio objekto iškėlimas iš gyvenamosios teritorijos arba gyvenamųjų ir visuomeninių pastatų iškėlimas iš sanitarinių apsaugos zonų;
- asmeninės apsauginės priemonės (asmeniniai apsauginiai kostiumai, akiniai ir t. t.)

Už priemonių elektromagnetinės spinduliuotės poveikio mažinimo priemonių taikymą gyvenamojoje aplinkoje atsakingas radiotechninio objekto savininkas, o darbo aplinkoje – darbdavys.

Efektyviausias ir dažniausiai naudojamas metodas yra darbo vietos ar spinduliuotės šaltinio ekranavimas. Ekranai būna sugeriantys ir atspindintys elektromagnetines bangas. Atspindintys ekranai gaminami iš elektros srovei laidžių metalų – vario, aliuminio, plieno. Paprastai ekranai gaminami ne mažesnio kaip 0,5 mm storio. Ekranai turi būti įžeminti.

Patalpas, kuriose eksploatuojami elektromagnetinės spinduliuotės šaltiniai, reikia įrengti taip, kad elektromagnetinės bangos neprasiskverbtų per duris, sienas ar langus. Statybinės medžiagos yra skirtingai laidžios aukšto dažnio spinduliavimui. Dalis spindulių yra atspindima arba sugerama.

Asmeninės apsauginės priemonės – tai apsauginiai drabužiai (10.3 pav.), gaminami iš elektros srovei laidžių metalų. Juos sudaro šalmas, kostiumas, batai ir pirštinės. Visos šios dalys tarpusavyje sujungtos laidininkais. Batų padai turi būti laidūs elektros srovei.



10.3 pav. Apsauginiai drabužiai:

1 – kostiumas iš metalizuoto audinio; 2 – metalinis ar metalizuotas šalmas; 3 – batai su elektros srovei laidžiais padais; 4 – metalizuoto audinio pirštinės; 5 – laidininkai jungiantys atskiras dalis; 6 – batų padų jungtis

Akių apsaugai naudojami akiniai, kurių stiklas padengtas alavo dioksidu (SnO_2). Tokia danga sumažina elektromagnetinę energiją 30 dB ir užtikrina ne mažesnę kaip 74 proc. šviesos pralaidumą.

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.

Darbdavys privalo informuoti darbuotojus apie elektromagnetinės spinduliuotės poveikį sveikatai, technines ir organizacines priemones. Darbuotojai 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 imamasi padėtų taisančių priemonių. Darbdavys privalo informuoti darbuotojus darbovietėse apie tai, kuriose darbo vietose viršytos elektromagnetinio lauko intensyvumo parametrų leidžiamos vertės ir kokių priemonių imtasi ar turi būti imtasi padėčiai ištaisyti.

Apsauga nuo mobiliųjų telefonų, sklaidžiamų elektromagnetinių laukų

Kadangi mobiliojo ryšio telefonų įtaka sveikatai yra įrodyta, reikėtų stengtis visais įmanomais būdais apsisaugoti nuo galimo elektromagnetinės spinduliuotės poveikio. Pokalbių trukmė turėtų būti kiek įmanoma trumpesnė, nes tai mažina simptomų ir susirgimų vystymosi riziką. Laukiant sujungimo su abonentu, mobiliojo telefono nereikia laikyti prie ausies apie 2–3 s, nes tuo metu vyksta reikalingo abonento paieška ir elektromagnetinė spinduliuotė yra ypač intensyvi. Telefoną prie ausies reikia dėti tik po sujungimo ir pokalbio metu atitraukti 2–5 cm atstumu nuo ausies, nes tuo metu aparatas sklaidžia didžiausią spinduliuojimą. Reikia stengtis kalbėti ne ilgiau 3 min., o laikas tarp pokalbių turi būti daugiau nei 15 min. Nerekomenduojama ilgai kalbėti mobiliuoju telefonu vaikams ir paaugliams, nes jų organizmas itin jautriai reaguoja į elektromagnetinę spinduliuotę (10.1 pav.).

Mobilieji telefonai turėtų būti laikomi kuo toliau nuo kūno. Geriausia jį laikyti rankinėje, portfelyje, daugiau nei pusę metro nuo darbo vietos, o jei nesinaudojama juo, tai reikia jį išjungti. Net jei nekalbame telefonu, elektromagnetinės bangos vis tiek veikia, tik pasyviuoju režimu. Naktį telefono nereikia laikyti prie savęs, nes per naktį nepailsima, netenkama daug energijos. Asmenims, kuriems yra implantuoti širdies veiklos stimulatoriai, mobiliųjų telefonų naudojimas turi būti suderintas su gydančiu gydytoju bei nerekomenduojama jų nešiotis vidinėje švarko kišenėje. Jų naudojimas turi būti apribotas ir ligoninių intensyvios slaugos skyriuose, taip pat patalpose, kuriose sumontuota elektroninė medicininė įranga.

Silpniausias poveikis yra esant geram ryšiui. Reikia stengtis vengti pokalbių važiuojant mašina ar traukiniu, nes tuomet telefonas pastoviai persijunginėja tarp bazinių mobilaus ryšio stočių, kurių metu signalai būna labai stiprūs. Kuo dažniau reikia naudotis SMS. Specifinis magnetinio lauko poveikis priklauso nuo poliarizacijos ir kūno padėties. Jis pavojingiausias, kai bangų sklaidimo kryptis sutampa su ašimi krūtinė–nugara ir dar labiau sustiprėja, jei organizme yra metalinių svetimkūnių, ypač jei jų matmenys yra artimi bangos ilgiui.

Rekomenduojama vartoti mažiau galingus telefonus, nes jų generuojami elektromagnetiniai laukai yra silpnesni. Telefoniniams pokalbiams naudoti „laisvų rankų“ įrangą. Ją naudojant, mobilusis telefonas yra ne prie galvos, o kitoje vartotojo pasirinktoje vietoje.

Elektromagnetinio lauko intensyvumo parametrų matavimas ir vertinimas

EML poveikis žmogaus organizmui yra normuojamas pagal elektrinio ir magnetinio lauko stiprį bei energijos srauto tankį ir priklauso nuo dažnio bei poveikio laiko (11.4 ir 11.5 lentelės). Lietuvos higienos norma HN 80:2000 „*Elektromagnetinis laukas darbo vietose ir gyvenamojoje aplinkoje. Parametrų leidžiamos vertės ir matavimo reikalavimai 10 kHz – 300 GHz dažnių juostose*“ reglamentuoja leidžiamas elektromagnetinės spinduliuotės intensyvumo parametrų vertes gyvenamojoje aplinkoje ir darbo vietose, kuriose įrengti elektromagnetinės spinduliuotės šaltiniai, nustato šių šaltinių įrengimo ir naudojimo, darbo vietų ir gyvenamosios aplinkos elektromagnetinės spinduliuotės intensyvumo parametrų matavimo reikalavimus bei nurodo apsaugos priemonės šios spinduliuotės poveikiui mažinti.

EML intensyvumo parametrų faktiškos vertės matuojamos matuokliais, kurių matavimo diapazonas turi atitikti radiotechninio objekto darbinių dažnių juostą:

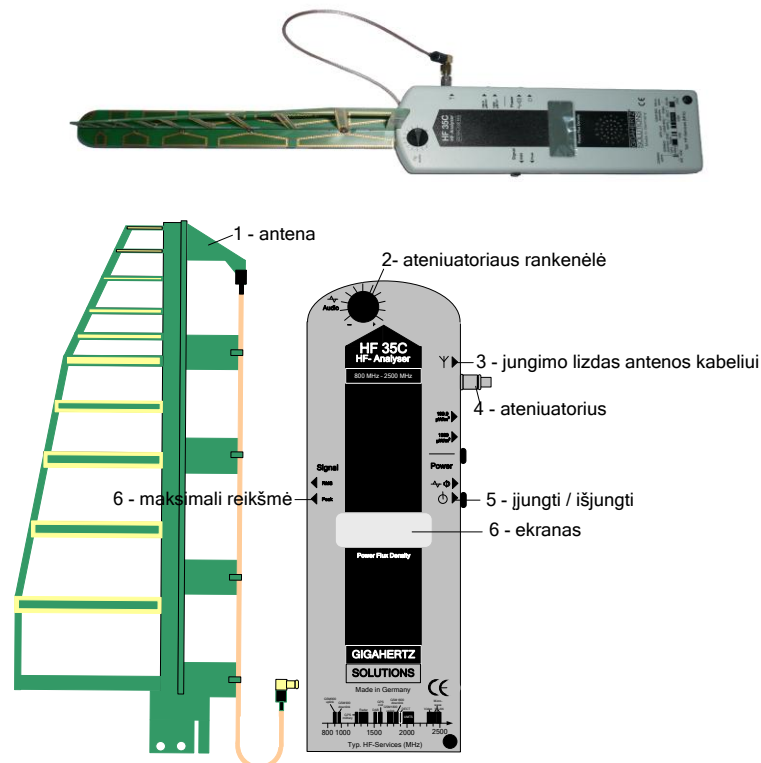
- 0,01 – 300 MHz dažnių juostose matuojamos prietaisais, skirtais elektrinio ir magnetinio laukų stipriui matuoti;
- 0,3 – 300 GHz dažnių juostose matuojamos prietaisais, skirtais EML energijos srauto tankiui matuoti.

Elektrinio ir magnetinio laukų stiprių, EML energijos srauto tankio matavimo paklaida neturi būti didesnė kaip ± 10 proc.

Mobilieji telefonai spinduliuoja labai skirtingą energiją dienos eigoje ir ilgu laikotarpiu priklausomai nuo vietinio priėmimo ir apkrovos. Todėl reikia kartoti matavimus skirtingu laiku.

Naudojami prietaisai

Atliekant laboratorinį darbą, ELM matavimams atlikti naudojamas matuoklis HF 35C, kurio matavimo diapazonas yra 800 MHz – 2,5 GHz dažnių juostose (10.4 pav.). Prietaisas yra skirtas EML energijos srauto tankiui matuoti.



10.4 pav. EML matuoklis HF 35C (matavimo diapazonas 800 MHz – 2,5 GHz dažnių juostose)

Darbo atlikimo tvarka

1 užduotis. Matuoklio HF 35C paruošimas darbui ir matavimas:

- Prietaisą darbui paruošia dėstytojas.
- Įjungti prietaisą jungikliu [5].
- Išmatuoti tris kartus *budėjimo režime, skambinimo, naudojant laisvų rankų įrangą* (atstumas nuo antenos 50 cm) ir *bevielę laisvų rankų įrangą* (skambinant), *pokalbio telefonu, SMS siuntimo metu*.
- Matavimo rezultatai rodomi ekrane [6].
- Įrašyti didžiausius prietaiso parodymus į atsakaitos lentelę.
- Išjungti prietaisą jungikliu [5].
- Suskaičiuoti visų matavimų aritmetinį vidurkį:

$$S_{sum} = \frac{S_1 + S_2 + S_3}{3} \quad (10.4)$$

h) Kadangi matavimai atliekami, naudojant atenuatorių, darantį prietaisą mažiau jautrų, skaičiavimo rezultatą reikia padalinti iš 100. Matavimai yra dauginami iš 4 ir gautas rezultatas naudojamas kaip bazinis dydis palyginimui. Gaunamos didesnės vertės, įvertinant saugą.

$$S_v = \frac{S_{sum}}{100} \times 4 \quad (10.5)$$

i) Gautus elektromagnetinio lauko intensyvumo parametrų rezultatus palyginti su ribinėmis vertėmis, remiantis standartu SBM–2008 (10.2 lentelė).

j) Nupiešti ar nufotografuoti savo mobilųjį telefoną ir jame pažymėti anteną.

Darbo ataskaita

Mobilaus telefono tyrimo ir skaičiavimo rezultatai:

Telefono modelis ir pagaminimo metai	Bandymai	Atstumas nuo prietaiso antenos iki mob. telefono, cm	Parodymai	Bandymų skaičius	Vidurkis (S_{sum})	S_v	Poveikis žmogui pagal SBM–2008, $\mu W/m^2$
	Budėjimo režime	50	min.				
	Skambinimo metu	0	max.				
	Pokalbis telefonu	0	max.				
	SMS siuntimo metu	50	max.				
	Naudojant laisvą rankų įrangą (skambinant)	50	max.				
	Naudojant bevielę laisvą rankų įrangą (skambinant)	50	max.				

Išvados. (Gauti mobiliojo telefono ELM rezultatai lyginami su poveikio žmogui vertėmis, remiantis standartu SBM–2008 (10.2 lentelė) ir, jei būtina, pateikti pasiūlymus, kaip apsaugoti nuo mobiliųjų telefonų EML poveikio).

10.2 lentelė. Poveikio žmogui vertės pagal standartą „Pastatų biologiniai testavimo metodai“ SBM – 2008

Poveikis žmogui, $\mu W/m^2$	Nežymus	Vidutiniškai pastebimas	Labai pastebimas	Ypač žymus
	< 0,1	0,1 – 10	10 – 1000	> 1000

Pastaba. Mobiliesiems telefonams net žemiau 0,01 $\mu W/m^2$ komunikacija yra visiškai nesuspėjusi.

Kontroliniai klausimai

1. Kas gali skleisti elektromagnetinę spinduliuotę?
2. Kaip charakterizuojamas elektromagnetinis laukas?
3. Kas yra elektromagnetinio lauko energijos srauto tankis?
4. Kas yra SAR?
5. Kas yra leidžiamas elektromagnetinio lauko energijos srauto tankis?
6. Koks yra elektromagnetinis poveikis žmogaus organizmui?
7. Kaip apsaugoti nuo elektromagnetinių laukų?
8. Kaip apsaugoti nuo mobiliųjų telefonų, sklaidžiamų elektromagnetinių laukų?