

MOBILIŲŲ TELEFONŲ SKLEIDŽIAMOS ELEKTROMAGNETINĖS SPINDULIUOTĖS SRAUTO TANKIS BEI SAVITOJI SUGERTIS

Vaida Batulevičienė, Skirmantė Mockevičienė, Darius Stukas

Kauno kolegija

Anotacija. Mobilieji telefonai yra neatsiejami nuo mūsų kasdienybės. Vis intensyvesnis tampa jų naudojimas dėl tobulėjančių technologijų ir platesnių mobiliųjų telefonų naudojimo galimybių. Kartu jaunėja ir mobiliųjų telefonų naudotojų amžius. Yra nemažai mokslinių tyrimų, įrodančių neigiamą mobiliųjų telefonų ir jų skleidžiamos elektromagnetinės spinduliuotės poveikį žmogaus sveikatai. Mobilųjų telefonų skleidžiamą elektromagnetinę spinduliuotę sugeria galvos audiniai ir tokiu būdu gali pakelti kūno audinių temperatūrą bei sutrikdyti organizmo antioksidacines sistemas. Elektromagnetinės spinduliuotės intensyvumas ir poveikis gali priklausyti nuo antenos pozicijos mobiliojo telefono aparate, nuo mobiliojo telefono gamintojo ar darbo režimo. Mobilusis telefono išmanumas taip pat gali turėti įtakos jo skleidžiamai elektromagnetinei spinduliuotei ir kartu savitajai sugerčiai. Tyrimo metu elektromagnetinės spinduliuotės srauto tankis buvo matuotas elektromagnetinio lauko stiprio matuokliu „Extech 480836: RF EMF Strength Meter“. Buvo išmatuoti 49 išmanieji mobilieji telefonai ir 51 neišmanusis mobilusis telefonas. Mobilusis telefono elektromagnetinio lauko energijos srauto tankis matuojamas, kai niekas nevyksta (ramybės būklė), gaunant ir siunčiant trumpąsias žinutes (sms), skambinant ir priimant skambutį, pokalbio metu ir internetinio ryšio naudojimo metu (įjungus wi-fi). Savitoji sugertis (SAR) buvo matematiškai perskaičiuota pagal elektromagnetinio lauko energijos srauto tankį. Mobilųjų telefonų elektromagnetinė spinduliuotė skirtingų darbo režimų metu nedaug skiriasi, tačiau ramybės metu elektromagnetinė spinduliuotė statistiškai patikimai mažesnė ($p < 0,05$) nei siunčiant ar priimant trumpąją žinutę, skambinat ar priimant skambutį, pokalbio metu ar naudojant internetą. Siunčiant ir priimant trumpąją žinutę išmanieji telefonai skleidžia patikimai didesnę elektromagnetinę spinduliuotę nei neišmanieji ($p < 0,05$). Didžiausias SAR vertės gaunamos priimant skambutį ir skambinimo atveju. Didžiausiomis SAR vertėmis pasižymėjo tel1 grupė, o telA1 grupės telefonų skleidžiamos spinduliuotės SAR vertės galvos audiniams buvo ne tik mažiausios iš visų išmaniųjų telefonų, bet, ir už kai kurių gamintojų neišmaniuosius telefonus.

Raktiniai žodžiai: mobilieji telefonai, elektromagnetinis laukas, elektromagnetinio lauko srauto tankis, savitoji sugertis, SAR.

Įvadas

Mobilieji telefonai yra neatsiejami nuo mūsų kasdienybės. Daugelis net kelias valandas per dieną praleidžia kalbėdamas telefonu ar rašydamas trumpąsias žinutes. Įprantame naudotis mobiliuoju telefonu ne tik namuose ar darbe, bet ir išvykoje į gamtą, miškuose. Tobulėjant technologijoms dažno mobiliajame telefone būna įjungta internetinė prieiga ar kitos programos, nuolat palaikančios ryšį tarp telefono ir signalo siųstuvo ar imtuvo. Bazinių stočių imtuvai priima elektromagnetines bangas, siųstas iš mobilusio telefono, o siųstuvai jas apdoroję siunčia į telefoną, kuriuo bandoma susisiekti. Bazinės stotys miestuose dažniausiai būna silpno galingumo ir tvirtinamos ant vandens bokštų ar aukštų pastatų. Jų miestuose būna labai daug, kad signalas būtų perduotas tiksliai ir dėl didelio vartotojų kiekio. Kaimo vietovėse dažniausiai statomi aukšti, didelio galingumo bokštai, stengiantis aprėpti didesnę teritoriją ir patenkinti atskirų vartotojų dideliame plote poreikius. Mažesni atstumai tarp mobiliųjų telefonų ir bazinių stočių gerina ryšio kokybę ir sumažina mobiliųjų telefonų skleidžiamas elektromagnetines bangas. Kuo didesnis atstumas tarp mobiliojo telefono ir bazinės stoties, tuo galingesnes radijo bangas siunčia siųstuvai, tuo

stipresnės mobilusio telefono skleidžiamos elektromagnetinės bangos.

Ilgai kalbant telefonu ar naršant internete, būna, kad pajuntame, kaip įkaista ir telefono aparatas, ir ausis, ir ranka. Nuolat šnekant telefonu apie 50 minučių, ausies temperatūra pakyla 0,22-0,43 laipsniais Celsijaus, o išorinės smegenų dalies temperatūra pakyla 0,10-0,16 laipsnių Celsijaus (P. Bernardi et al., 2000). Pakilus galvos audinių temperatūrai, gali imti skaudėti galvą, susilpnėja dėmesio koncentracija (S. Kassimi et al., 2012). Kenksmingas mobiliojo telefono poveikis pasireiškia, kai žmogaus galvos ar viso kūno audinius veikia mobiliojo telefono skleidžiamas elektromagnetinis laukas. Pagal Lietuvos standartizacijos departamento standartą LST EN 62209-1:2006, tempas, kuriuo žmogaus kūnas sugeria mobiliųjų telefonų skleidžiamas elektromagnetines bangas matuojamas savitąja sugertimi (angl. SAR – *specific absorption rate*). Šis dydis nurodo, kokia bangų galia buvo absorbuota tam tikro kiekio žmogaus audinių ir dažniausiai išreiškiamas vatais kilogramui (W/kg). Absorbuotas elektromagnetinis laukas sutrikdo antioksidacines sistemas, taip sukeldamas stresą ir padidindamas riziką susiformuoti vėžinėms ląstelėms (M. Havas, 2017). Intensyviai naudojantis mobiliuoju telefonu

stipriai didėja rizika išsivystyti piktybiniais navikams smilkininėje smegenų dalyje (F. de Vocht, 2016; F. de Vocht et al., 2014; S. Yoon et al., 2015; L. Hardell et al., 2003). Pagal Europos reikalavimus SAR negali viršyti 2 W/kg, o pagal HN:80 elektromagnetinio lauko srauto tankio maksimali leistina vertė yra 440-1085 mW/m².

Darbe pateikiamas mobiliųjų telefonų sklaidžiamos spinduliuotės srauto tankis bei galvos audinių savitoji sugertis (SAR), priklausomai nuo telefono darbo režimo.

Tyrimo metodai ir sąlygos. Buvo išmatuoti 49 išmaniųjų bei 51 neišmaniojo mobiliųjų telefonų (telefonų gamintojų pavadinimai darbe neskelbiami) sklaidžiamos elektromagnetinės spinduliuotės srauto tankiai, skirtingų režimų metu. Kai kurių telefonų elektromagnetinė spinduliuotė buvo vertinama ne visų darbo režimų metu.

Matavimai buvo atlikti elektromagnetinio lauko stiprio matuokliu „Extech 480836: RF EMF Strength Meter“. Buvo matuojama 50 MHz – 3,5 GHz diapozone, kuriame veikia mobiliojo ryšio operatoriai Lietuvoje.

Tyrimų rezultatai buvo vertinami pagal Lietuvos higienos normą HN 80:2015 „Elektromagnetinis laukas darbo vietose ir gyvenamojoje aplinkoje. Parametrų normuojamos vertės ir matavimo reikalavimai 10 kHz–300 GHz radijo dažnių juostoje“. Matavimai atlikti pagal LST EN 50413 „Žmogaus kūno apšvitos nuo 0 Hz iki 300 GHz elektriniame magnetiniame ir elektromagnetiniame laukuose matavimo ir skaičiavimo procedūrų pagrindinis standartas“ reikalavimus. Mobilųjų telefonų elektromagnetinio lauko stipris matuotas matavimo prietaisą pridėjus prie mobilaus telefono 1 cm atstumu, kadangi bendraujant telefonu jis glaudžiamas prie pat ausies ar rankų. Visi matavimai buvo atliekami ant medinės, elektrai nelaidžios lentelės (36cmx14cmx1cm) padėjus matavimo prietaisą ir mobilųjį telefoną. Matavimai atlikti nesant metalinių paviršių ir kitų elektroninių prietaisų 2 metrų atstumu. Matuotas maksimalus vidurkis x, y, z ašimis.

Mobilaus telefono sklaidžiamų elektromagnetinių bangų srauto tankis išmatuotas keliais režimais: kai niekas nevyksta (ramybės būklė), gaunant ir siunčiant trumpąsias žinutes (sms), skambinant ir priimant skambutį, pokalbio metu ir internetinio ryšio naudojimo metu (įjungus wi-fi). Esant ramybės būsenai, pokalbio metu ir įjungtu wi-fi buvo matuojama po 6 minutes. Gaunant ir siunčiant SMS buvo matuojama po 3 sekundes, kadangi siuntimas ir gavimas užtrunka labai trumpai. Priimant skambutį ir skambinimo metu, telefonas buvo matuojama 30

sekundžių, kadangi yra laiko limitas, per kurį galima skambinti. Kai kurių telefonų elektromagnetinių bangų srauto tankis buvo matuotas ne visų mobiliojo telefono veikimo režimo metu. Matavimų kiekis nurodytas diagramose.

Galvos audinių savitoji sugertis (SAR) buvo apskaičiuota matematiškai pagal formulę:

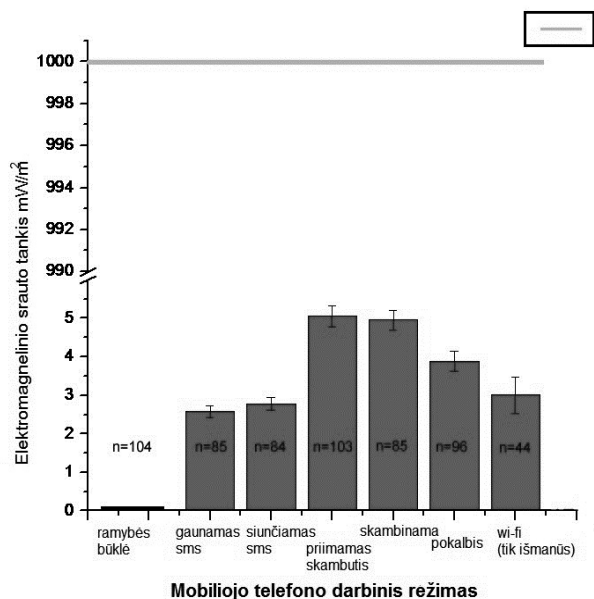
$$SAR = \frac{\sigma E^2}{2\rho},$$

kur σ yra galvos audinių laidumas (S/m), E – elektrinio lauko stipris (V/m) ir ρ – galvos audinių vidutinė tankio vertė.

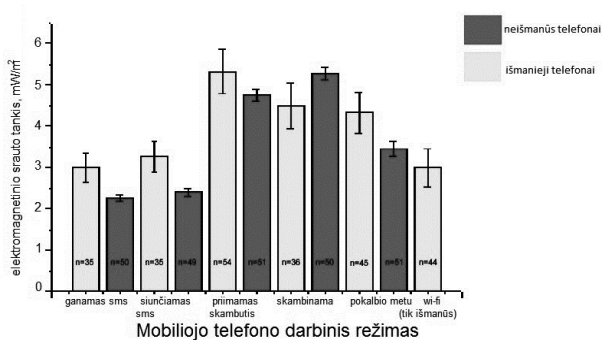
Tyrimų rezultatai susisteminti naudojantis Microsoft Office Excel 2003 programa. Statistiniai skaičiavimai (rezultatų paklaidos SE reikšmingumo lygmuo) atlikti Origin 6.1 programa. Vidurkiai buvo laikomi statistiškai skirtingais, kai $P < 0,05$. Diagramose rezultatų vidurkiai pateikiami esant standartiniai paklaidai.

Rezultatai

Įvertinus 100 mobiliųjų telefonų elektromagnetinės spinduliuotės dydį skirtingo darbo režimo ir ramybės metu nustatyta, kad visų mobiliųjų telefonų elektromagnetinė spinduliuotė neviršija Lietuvos normatyviniuose dokumentuose nustatytų ribinių dydžių - 0,2 ir 1 W/m² radijo dažnio juostose atitinkamai 10 MHz–400 MHz ir 400 MHz – 300 GHz (kuriame veikia mobiliojo ryšio operatoriai Lietuvoje) (1 pav.). Mobilųjų telefonų elektromagnetinė spinduliuotė skirtingų darbo režimų metu nedaug skiriasi, tačiau ramybės metu elektromagnetinė spinduliuotė statistiškai patikimai mažesnė ($p < 0,05$) nei siunčiant ar priimant trumpąją žinutę, skambinat ar priimant skambutį, pokalbio metu ar naudojant internetą (1 pav.). Priimant skambutį ar skambinimo metu elektromagnetinė spinduliuotė statistiškai patikimai didesnė ($p < 0,05$) nei siunčiant ar priimant trumpąją žinutę, pokalbio metu ar naudojant internetą (1 pav.). Vertinant atskirai išmaniųjų ir neišmaniųjų mobiliųjų telefonų elektromagnetinę spinduliuotę darbo režimų metu visais atvejais, išskyrus, skambinimo metu, išmanieji telefonai sklaidžia stipresnę elektromagnetinę spinduliuotę nei neišmanieji telefonai (2 pav.). Siunčiant ir priimant trumpąją žinutę išmanieji telefonai sklaidžia patikimai didesnę elektromagnetinę spinduliuotę nei neišmanieji ($p < 0,05$). Įvairios išmaniųjų telefonų galimybės palaiko stipresnę elektromagnetinį lauką. Vien internetinio ryšio naudojimas dėl skirtingų mobiliųjų telefonų ar operatorių gali skirtis iki 95 proc. (W. Joseph et al., 2008).



1 pav. Vidutinis mobiliųjų telefonų elektromagnetinio šrauto tankis (mW/m²) ramybės ir darbinio režimo metu HN 80 ribinio dydžio atžvilgiu (pilka linija).



2 pav. Vidutinis išmaniųjų ir neišmaniųjų telefonų elektromagnetinio šrauto tankis (mW/m²) skirtingų darbo režimų metu

Vertinant mobiliųjų telefonų elektromagnetinės spinduliuotės šrauto tankį pagal gamintoją, buvo nustatyta, jog telA1 gamintojo telefonų skleidžiama elektromagnetinė spinduliuotė itin maža. Kitų gamintojų telefonų skleidžiamos spinduliuotės buvo gana panašios. Vieno gamintojo (telS1) telefonų skleidžiamos elektromagnetinės spinduliuotės apskaičiuota standartinė paklaida yra gana didelė, nes labai skyrėsi elektromagnetinės spinduliuotės šrauto tankis matuojant skirtingus telefonus to paties darbo režimo metu (1 lentelė).

Patalpose matuojant elektromagnetinį lauką, vienoje erdvėje dydžiai gali skirtis nuo 0,1mW/m² iki kelių šimtų mW/m², neviršijant Lietuvos normatyviniuose dokumentuose nustatytų ribinių dydžių (duomenys nepaskelbti). Tad ir matuojant mobiliojo telefono elektromagnetinę spinduliuotę gali turėti įtakos aplinkos elektromagnetinė spinduliuotė. Taip pat gali turėti įtakos atstumas iki signalą siunčiančios antenos (W. Joseph et al., 2010). Todėl tikslesniam įvertinimui reikėtų didesnio kiekio mobiliųjų telefonų, matavimus atlikti vienoje vietoje bei vertinti operatorių, nes skirtingų operatorių antenos – siųstuvai gali būti skirtingu atstumu nuo matavimo taško.

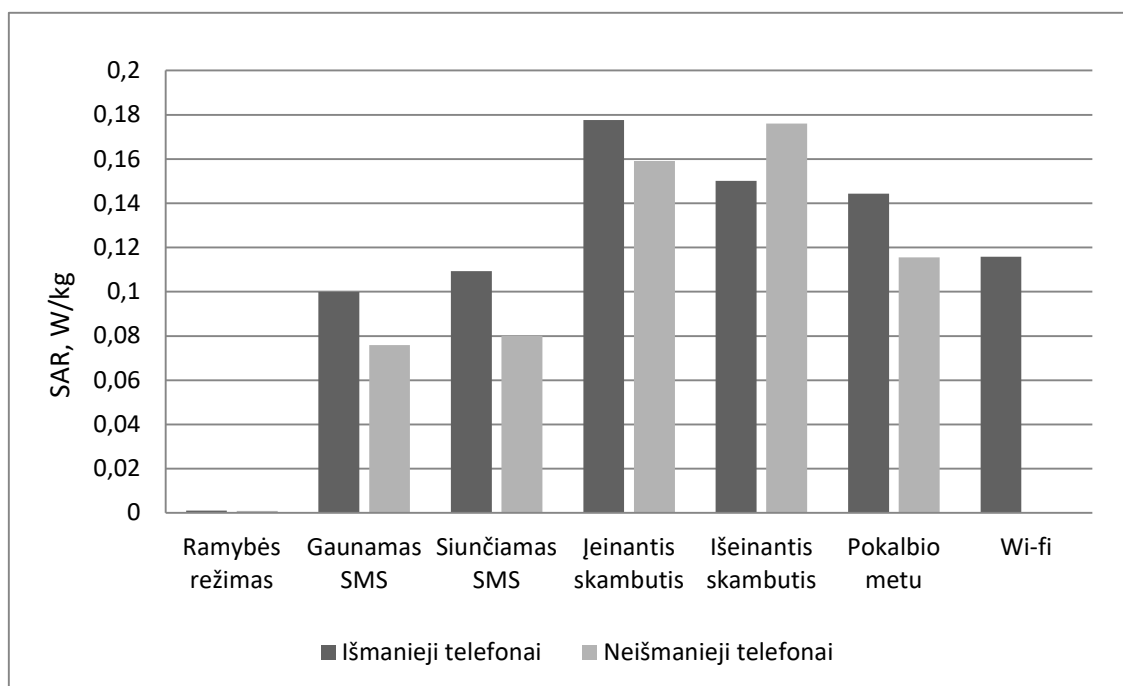
1 lentelė. telS1 gamintojo išmaniųjų telefonų elektromagnetinė spinduliuotė siunčiant trumpąją žinutę ir priimant skambutį

Telefono modelis	Elektromagnetinio šrauto tankis darbo režimo metu (mW/m ²)	
	wi-fi	Priimamas skambutis
telS1-1	1.984	1.64
telS1-2	0.375	2.442
telS1-3	2.242	6.587
telS1-4	2.315	2.449
telS1-5	2.751	3.363
telS1-6	1.589	3.986
telS1-7	1.988	4.587
telS1-8	12	11.5
telS1-9	-	3.3
telS1-10	-	1.5
telS1-11	-	8
telS1-12	1.1	6.1
telS1-13	6.5	10.4
telS1-14	3.8	5
telS1-15	-	2.5

Savitosios sugerties reikšmė labai priklauso nuo mobilusio telefono modelio, jo charakteristikų, antenos ir jos padėties bei spinduliuotės šrauto tankio (M. Islam, et al, 2016). Žmogaus audinių elektrinės savybės taip pat įtakoja lemia sugerties vertę - padidėjęs žmogaus galvos audinių laidumas ir sumažėjusi dielektrinė skvarba padidina SAR. Spinduliuotės sugertis priklauso ne tik nuo laidumo, bet ir nuo elektromagnetinių bangų dažnio. 3 lentelėje pateikta galvos audinių savitoji sugertis, apskaičiuota pagal mobiliųjų telefonų skleidžiamą elektromagnetinę spinduliuotę. Nei vienu atveju ji neviršija rekomenduojamų normų.

3 lentelė. Išmaniųjų (I) ir neišmaniųjų (N) mobiliųjų telefonų savitoji sugerties galia (W/kg)

		SAR, W/kg					
		Gaunamas SMS	Siunčiamas SMS	Priimamas skambutis	Skambinama	Pokalbio metu	Wi-fi
telS1	I	0,138± 0.024	0,145± 0.032	0,163±0.038	0,177±0.029	0,151±0.034	0,111± 0.027
	N	0,065± 0.011	0,075±0.011	0,199± 0.014	0,205± 0.011	0,132±0.023	-
telL	I	0,080± 0.024	0,078± 0.032	0,248± 0.038	0,133± 0.029	0,138± 0.034	0,257± 0.027
	N	0,074± 0.004	0,078± 0.008	0,146± 0.008	0,174± 0.016	0,116± 0.013	-
telN	I	0,066± 0.014	0,077± 0.007	0,146± 0.021	0,208± 0.045	0,143± 0.023	0,025± 0.005
	N	0,080± 0.004	0,083± 0.005	0,150± 0.006	0,172± 0.009	0,107± 0.008	-
telS2	I	0,103±0.022	0,118±0.026	0,147±0.031	0,165±0.040	0,145±0.033	0,089±0.021
	N	0,070±0.002	0,064± 0.013	0,140± 0.006	0,154± 0.019	0,129± 0.007	-
telA1	I	0,072± 0.004	0,080± 0.009	0,083± 0.013	0,094± 0.009	0,068± 0.027	0,060±0.027
telH	I	0,072± 0.005	0,096± 0.021	0,131± 0.019	0,183± 0.069	0,140± 0.037	0,058± 0.006
telI	I	0,156±0.034	0,158±0.032	0,243±0.048	0,171±0.035	0,208±0.047	0,113±0.031
telA	N	0,078± 0.006	0,083± 0.005	0,192± 0.011	0,188±0.006	0,142±0.013	-



5 pav. Galvos audinių sugertoji sugertis, skirtingų mobiliųjų telefonų veikimo režimais

Priklausomai nuo režimo bei mobiliojo telefono tipo, išmaniesiems telefonams SAR gali kisti nuo $0,058 \pm 0,006$ iki $0,248 \pm 0,038$ W/kg (5 pav.), kai neišmaniesiems telefonams – nuo $0,064 \pm 0,013$ iki $0,205 \pm 0,011$ W/kg. Didžiausios SAR vertės gaunamos priimant skambutį ir skambinimo atveju, jos siekia atitinkamai $0,177 \pm 0,029$ ir $0,150 \pm 0,036$ W/kg išmaniesiems ir $0,159 \pm 0,028$ bei $0,175 \pm 0,031$

W/kg neišmaniesiems telefonams (3 lentelė). Labiausiai išsiskyrė telA1 grupės telefonų skleidžiamos spinduliuotės SAR vertės galvos audiniams. Jos buvo ne tik mažiausios iš visų išmaniųjų telefonų, bet ir už kai kurių gamintojų neišmaniuosius telefonus. Didžiausiomis SAR vertėmis pasižymėjo telI grupė.

Išvados

Išmanieji telefonai skleidė stipresnes elektromagnetines bangas už neišmaniuosius telefonus. Silpniausias elektromagnetines bangas skleidė telefonai esant ramybės režimui, stipriausias – priimant skambutį. Didžiausia elektromagnetinė spinduliuote ir SAR pasižymėjo išmanieji telefonai, mažiausia – išmanieji telA1. Nei vieno mobiliojo telefono skleidžiama elektromagnetinė spinduliuotė neviršijo HN 80:2015 leistinių normų, o SAR – Europos reikalavimų.

Literatūra

1. Bernardi, P., Cavagnaro, M., Pisa, S., & Piuze, E. (2000). Specific absorption rate and temperature increases in the head of a cellular-phone user. *IEEE transactions on microwave theory and techniques*, 48(7), 1118-1126.
2. Islam, M. M., Islam, M. T., Faruque, M. R. I., Misran, N., Samsuzzaman, M., Hossain, M. I., & Alam, T. (2016). A compact disc-shaped super wideband patch antenna with a structure of parasitic element. *International Journal of Applied Electromagnetics and Mechanics*, 50(1), 11-28.
3. Hardell, L., Mild, K. H., & Carlberg, M. (2003). Further aspects on cellular and cordless telephones and brain tumours. *International journal of oncology*, 22(2), 399-408.
4. Havas, M. (2017). When theory and observation collide: Can non-ionizing radiation cause cancer?. *Environmental Pollution*, 221, 501-505.
5. Joseph, W., Frei, P., Roösl, M., Thuróczy, G., Gajsek, P., Trcek, T., ... & Finta, V. (2010). Comparison of personal radio frequency electromagnetic field exposure in different urban areas across Europe. *Environmental research*, 110(7), 658-663.
6. Joseph, W., Vermeeren, G., Verloock, L., Heredia, M. M., & Martens, L. (2008). Characterization of personal RF electromagnetic field exposure and actual absorption for the general public. *Health physics*, 95(3), 317-330.
7. Kassimi, S., ELfadl, A., Bri, S., Nakheli, A., Habibi, M., & Ahmed, M. B. (2012) Thermal Effects of Mobile Phones. *Skin, International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, 2 (9) 10-16.
8. de Vocht, F. (2016). Inferring the 1985–2014 impact of mobile phone use on selected brain cancer subtypes using Bayesian structural time series and synthetic controls. *Environment international*, 97, 100-107.
9. de Vocht, F., Hannam, K., Baker, P., & Agius, R. (2014). Maternal residential proximity to sources of extremely low frequency electromagnetic fields and adverse birth outcomes in a UK cohort. *Bioelectromagnetics*, 35(3), 201-209.
10. Yoon, S., Choi, J. W., Lee, E., An, H., Do Choi, H., & Kim, N. (2015). Mobile phone use and risk of glioma: a case-control study in Korea for 2002-2007. *Environmental health and toxicology*, 30.

ELECTROMAGNETIC RADIATION POWER DENSITY AND SPECIFIC ABSORPTION RATE OF MOBILE PHONES

Summary

Mobile phones are inseparable from our everyday life. Due to the development of advanced technology and wider use of mobile phones, they are used more intensively. There are more and more young mobile users. However, the research proves the negative impact of mobile phones and their emission of electromagnetic radiation on human health. Electromagnetic radiation emitted by mobile phones is absorbed by the head tissue and thus can raise the temperature of the body tissues and exhaust the body's antioxidant systems. The intensity or effect of electromagnetic radiation may depend on the position of the antenna in the mobile phone, the manufacturer or the operating mode of the mobile phone. The smart abilities of a phone can also affect the emission of electromagnetic radiation and, at the same time, its specific absorption. During the study, the electromagnetic radiation power density was measured using the electromagnetic field strength meter Extech 480836: RF EMF Strength Meter. The total amount of 49 smart mobile phones and 51 feature mobile phones were measured. The energy density of an electromagnetic field in a mobile phone is measured when nothing happens (in a state of inactivity), receiving and sending short messages (sms), making and receiving a call, during a call, and during an Internet connection (Wi-Fi connection). Specific absorption (SAR) was mathematically recalculated according to the electromagnetic field energy flow density. Electromagnetic radiation from mobile phones differs slightly depending on operating modes, but during inactivity, electromagnetic radiation is statistically significantly lower ($p < 0.05$) than when sending or receiving instant messages, making or receiving calls, while chatting or using the Internet. When sending and receiving instant messages, smartphones emit a significantly higher electromagnetic radiation than feature phones ($p < 0.05$). The highest SAR values are obtained when making a call and during a call. The highest SAR values were for the telS1 group, and the SAR values of the telA1 cell phones for head tissue were not only the smallest of all smartphones, but also smaller than some feature phones.

Keywords: mobile phones, electromagnetic field, electromagnetic field flow density, specific absorption rate, SAR

Informacija apie autorius:

Dr Vaida Batulevičienė. Kauno kolegija, lektorė, tyrimų kryptis - aplinkos fizikiniai-cheminiai tyrimai.
El. pašto adresas: vaida.batuleviciene@go.kauko.lt

Skirmantė Mockevičienė. Kauno kolegija, asistentė, tyrimų kryptis – biofizika.
El. pašto adresas: skirmante.mockeviciene@go.kauko.lt

Darius Stukas. Kauno kolegija, studentas, tyrimų kryptis - aplinkos fizikiniai-cheminiai tyrimai
El. pašto adresas: darius.stuk@gmail.com