

26.-27. Mart/March 2021.

PETA GENERACIJA MOBILNIH MREŽA I NJEN UTICAJ NA ZDRAVLJE LJUDI

(Pozivni referat)

Prof. dr Mladen Radivojević, e-mail: radivojevicmladen60@gmail.com

Internacionalni univerzitet Travnik u Travniku, Bosna i Hercegovina

Nehad Gaši, MA, email: nehad.gasi@iu-travnik.com

Internacionalni univerzitet Travnik u Travniku, Bosna i Hercegovina

Dina Vrebac, BA, e-mail:dina.vrebac@iu-travnik.com

Internacionalni univerzitet Travnik u Travniku, Bosna i Hercegovina

Pregledni članak

Sažetak: U ovom radu bavimo se uticajem pete generacije mobilnih mreža (5G) na zdravlje ljudi. Navešćemo neka provedena istraživanja koja pokazuju da je njihov uticaj na zdravlje ljudi beznačajan, kao i onih koji smatraju da je njihov uticaj značajan posebno ako se radi o frekvencijama koje su u rasponu od 30 do 100 GHz milimetarskih valova. Iako su u svijetu, a posebno u institutima i zdravstvenim laboratorijama istraživački naponi započeti, uticaj 5G mreža na stanovništvo nije još uvijek istražen do kraja. Ovdje navodimo i neke mogućnosti primjene 5G mreža i efekte do kojih može doći njihovom još masovnijom primjenom. Posebo se to odnosi na sve značajnije povezivanje stvari i uređaja, gdje se 5G može iskoristiti kao efikasna infrastruktura. Naveli smo i tvrdnje pojedinih skeptika da se pomoću ovih mreža može prenijeti virus COVID-19.

Ključne riječi: COVID-19, online, internet, 5G, mobilna mreža, zdravlje

FIFTH GENERATION OF MOBILE NETWORKS AND ITS IMPACT ON HUMAN HEALTH

Abstract: In this paper, we deal with the impact of the fifth generation of mobile networks (5G) on human health. We will list some conducted research that shows that their impact on human health is insignificant, as well as those that believe that their impact is significant, especially if the frequencies are in the range of 30 to 100 GHz millimeter waves. Although worldwide, and especially in institutes and health laboratories, research efforts have begun, the impact of 5G networks on the population has not yet been fully explored. Here are some possibilities for the application of 5G networks and the effects that can occur with their even more widespread application. This is especially true for the increasingly important connection of things and devices, where 5G can be used as an efficient infrastructure. We have also mentioned the claims of some skeptics that the COVID-19 virus can be transmitted using these networks.

Keywords: COVID-19, online, internet, 5G, mobile network, health

1. UVOD

U posljednjih pedesetak godina došlo je do veoma brzog razvoja informaciono komunikacionih tehnologija (ICT), a tu je uključena i bežična komunikacija koja se koristi kod mobilnih telefona. Prva generacija mobilnih telefona bila je dostupna u nekoliko zemalja krajem 1980-ih. Nakon toga su druga (2G), treća (3G) i četvrta (4G) generacija dramatično povećale stopu prodiranja u društvo, tako da danas ima više uređaja nego stanovnika na zemaljskoj kugli. Wi-Fi i drugi oblici bežičnog prenosa podataka postali su dostupni širom svijeta. Posljednjih četrdesetak godina razvoj bežične komunikacione mreže je značajno promijenio svaki aspekt našeg života, društvo, kulturu, politiku i ekonomiju. Od komercijalne primjene prve generacije (1G) mobilne mreže sa početka 1980-ih pa do danas, desile su se značajne promjene u pogledu mrežne arhitekture, ključnih tehnologija, pokrivenosti, mobilnosti, sigurnosti i privatnosti, efikasnosti, optimalnosti troškova i slično. Trenutno se radi na uvođenju pete generacije mobilnih mreža (5G). Ovdje treba imati u vidu da 5G nije nova tehnologija, već je to nastavak razvoja počev od prve generacije mobilnih mreža (1G) pa sve do 5G tehnologija. Uvođenje 5G mobilne mreže osigurat će puno veće brzine prenosa i sve veće korištenje mobilnih podataka. To omogućava upotrebom dodatnih opsega viših frekvencija. 5G bi trebao biti osnova za komunikaciju, od virtualne stvarnosti do autonomnih vozila, od industrijskog Interneta stvari do pametnih gradova. Smatra se da će 5G mobilna mreža biti osnovna tehnologija za Internet stvari (IoT), gdje mašine komuniciraju sa mašinama (M2M komunikacija).

2. NEKE MOGUĆNOSTI I PREDNOSTI KORIŠTENJA PETE GENERACIJE MOBILNIH MREŽA

Nije prošlo dugo vremena od toga da smo koristeći mobilni telefon mogli razgovarati ili eventualno poslati SMS poruku. U nekoliko zadnjih godina mobilne tehnologije koristimo za prepoznavanja lica, proširenu stvarnost, vještačku inteligenciju, i gdje sve još ne. Ono što dolazi od 2019. godine je 5G mobilna mreža. Sada se ulažu ogromni napor da se ona standardizuje i značajnije komercijalizuje.

Smatra se da će 5G mreža omogućiti brzinu bežične konekcije od 10 do 100 puta veću od onoga što nam omogućava 4G mreža. Da bi se ostvarila obećana brzina, neophodno je korišćenje određenog raspona frekvencija koje se kreću od 24 do 100 gigaherca – milimetarskih valova.

Peta generacija mobilnih mreža donosi:

- veću brzinu prenosa – prenos puno više podataka u određenoj jedinici vremena,
- nižu latenciju – puno brži odziv,
- pouzdanu komunikaciju i isporuku sadržaja,
- internetski video nadzor,
- veliku propusnost,
- paralelni prenos podataka,
- sposobnost da se puno više uređaja međusobno poveže – senzora i internet stvari.

Bez obzira na hardverske mogućnosti i uspjeh u razvoju i proizvodnji, treba se razmišljati o aplikacijama koje trebaju obraditi i pohraniti ogromnu količinu podataka, a zahtijevaju značajne računarske resurse.

26.-27. Mart/March 2021.

Treba voditi računa o mnogim problemima koji mogu da nastanu, a ovdje navodimo samo neke: zagušenje mreže, politika privatnosti, mobilno računanje u oblaku, mobilno računanje i bežične komunikacione mreže, podržane aplikacije premještanjem računarstva u oblak.

Prvi rezultati primjene pete generacije mobilnih mreža (5G mreža) pokazuju neviđeno povećanje brzine prenosa i količine prenijetih podataka u veoma kratkom vremenu. Sada se javlja problem jer krajnji korisnici uglavnom imaju ograničene memoriske kapacitete i za ove uslove slabe mogućnosti obrade podataka.

Na slici 1 prikazan je veoma sažet razvoj bežične komunikacije. Mogu se pratiti brzine prenosa i količina prenešenih podataka u periodima po 10 godina počev od 1980. godine.

1980	1990	2000	2010	2020
G1	G2	G3	G4	G5
				
2,4 kbps	64 kbps	2000 kbps	100 Mbps	Više od 1Gbps

Slika 1. Razvoj mobilnih mreža

Internet of Things (IoT) zasnovan na 5G mobilnoj mreži može obezbjediti bolju infrastrukturu zahvaljujući 5G mrežama koje obezbjeđuju brz prenos, visoku pouzdanost, neophodnu sigurnost i malu potrošnju energije, nuđenjem velikog broja odgovarajućih veza. Internet stvari je osnova četvrte industrijske revolucije, a 5G mreža će biti osnovna infrastruktura te revolucije.

Uvođenje novih tehnologija i napredne funkcije u 5G mreži postavljaju nove izazove mrežnim operaterima, a spajanje 5G i poslovne inteligencije je jedna od dobrih ideja za rješavanje ovih izazova. 5G mobilne inteligentne mreže kod operatera izazivaju zabrinutost za sigurnost, te zahtijevaju poboljšanje kako bi se zadovoljili određeni standardi nove generacije mreže. Da bi smanjile ove dileme neophodno je blockchain tehnologije integrisati u njih. Blockchain tehnologija je decentralizirana, a osigurava sigurnu razmjenu informacija i resursa između različitih čvorova 5G okruženja. Blockchain može podržati 5G mobilnu mrežu da to bude pametna, efikasna i sigurna mobilna mreža.

3. RAZVOJ 5G MOBILE MREŽE

Smatra se da će se 5G mreža razvijati kroz nekoliko različitih frekvencijskih opsega (Tabela 1), a niže frekvencije će se koristiti u prvoj fazi korištenja 5G mreža. Nekoliko od ovih frekvencija (ispod 1 GHz) su se koristile ili se trenutno koriste u 4G mobilnih komunikacije. U narednim fazama razvoja koristiće se mnogo više frekvencije.

26.-27. Mart/March 2021.

Tabela 1. Spektra frekvencije 5G mobilne mreže

Frekvencijski rang	Oblast korištenja	Napomena
< 1 GHz	Manja pokrivenost, IoT	Već se dijelom koristi za ranije generacije mobilnih mreža, pokrivenost dužeg dometa, jeftinija infrastruktura
1– 6 GHz	Manja pokrivenost, IoT, kapacitet za prenos podataka	Dostupan veći spektar, kraći domet, smanjene performanse u poređenju sa višim frekvencijama
> 6 GHz	Obezbjeden kapacitet za prenos velike količine podataka	Kratak domet, omogućava brz prenos podataka i kratko vrijeme kašnjenja

Korištenje uređaja za bežičnu komunikaciju koji rade u visokofrekventnim dijelovima elektromagnetskog spektra, privukli su veliki broj naučnika da se bave njihovim uticajem na zdravstvene probleme. Proučavao se uticaj visokofrekventnim dijelovima elektromagnetskog spektra na ljude, životinje i ostale žive sistem. Sažetke i dobijena saznanja takvih studija redovito objavljuju i nacionalni i međunarodni komiteti koji imaju odgovarajuće stručnjake iz tih oblasti³⁵. Zaključci skoro svih ovih komiteta, agencija i odbora su da mala izloženost visokim frekvencijama ne uzrokuje nikakve promjene ili neke simptome na ljude i životinje³⁶.

Nova generacija povezivanja u mreže, poboljšava mobilni širokopojasni pristup, podržava masovne komunikacije između mašina i uređaja, obezbjeđuje izuzetno pouzdanu komunikaciju sa veoma malim kašnjenjem³⁷.

5G donosi velike tehnološke promjene, brojne izazove, te veliki broj prednosti. U segmentu zdravstvene zaštite, ove tehnologije će obezbjediti povezivanje velikog broja senzora i uređaja: za mjerenje temperature kod čovjeka, pritiska, potrošnje kalorija, nivo šećera, protoka krvi, broju otkucaja srca i tako dalje. Ova tehnologija sa većom brzinom preuzimanja, većim propusnim opsegom, manjim kašnjenjem, će korisnicima obezbjediti stalnu povezanost sa zdravstvenim sistemom i korištenje neophodnih funkcionalnosti u realnom vremenu. 5G tehnologija može registrovati, prenositi i upravljati podacima u trenutku njihovog nastanka. Smatra se da će to dovesti do efikasnijeg liječenja posebno kod hroničnih bolesnika i starijeg naraštaja.

³⁵ International Agency for Research on Cancer . *Non-Ionizing Radiation, Part. 2: Radiofrequency Electromagnetic Fields*. Volume 102. International Agency for Research on Cancer; Lyon, France: 2013. pp. 1–460.

³⁶ Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks (SCENIHR) Opinion on: Potential health effects of exposure to electromagnetic fields. *Bioelectromagnetics*. 2015;**36**:480–484. doi: 10.1002/bem.21930.

³⁷ Cisco, “Global Mobile Data Traffic Forecast Update,” 2010–2015 White Paper, February 2011

26.-27. Mart/March 2021.

4. PROCJENA POTENCIJALNIH BIOLOŠKIH I ZDRAVSTVENIH EFEKATA IZLAGANJA MILIMETARSKIM VALOVIMA

Bioološki efekti 5G mobilnih mreža veoma malo su istraženi. Neka od istraživanja su pokazala da milimetarski valovi na kojim se zasniva 5G mreža, povećavaju temperaturu kože, imaju uticaj na gene i sintezu proteina. Dalje studije pokazuju da dugotrajna upotreba 5G može dovesti do upalnih procesa, oštećenja oka, te utjecati na neuro-mišićnu dinamiku. Ipak se čini da su dostupni nalazi dovoljni da se ukaže na postojanje biomedicinskih efekata, te više pozivaju na princip predostrožnosti.

U septembru 2016. godine Evropska komisija je objavila dokument pod nazivom „5G za Evropu: akcioni plan“, a cilj je bio opisati „akcioni plan za pravovremeno i koordinirano postavljanje 5G mreža u Evropi³⁸. Ovaj dokument je takođe imao za cilj naznaku za uvođenje pete generacije mobilne mreže (5G) do 2018. godine³⁹. Poslije pojave ovog dokumenta države članice su na nacionalnom nivou preko telefonskih operatera počele testiranje mreže na frekvencijama preko 6 GHz pa sve do uvođenja tipičnih 5G frekvencija (preko 30 GHz, milimetarski valovi).

Razvoj 5G mobilnih mreža i povezivanje srvari (IoT) će enormno povećati broj bežičnih uređaja u poređenju sa trenutnom situacijom, a to će zahtijevati veliku gustoću baznih stanica i značajnu infrastrukturu. Nastajće puno veće količina mobilnih podataka na određenim geografskom području. Trebaće postaviti veći broj baznih stanica zbog toga što više frekvencije imaju kraći dolet.

Pitanje na koje se traži odgovor je: Da li upotreba viših frekvencija može prouzrokovati zdravstvene probleme?

Za sada je prerano prognozirati efekte od potpune izloženost 5G mrežama. Antene koje se planiraju za korištenje kod 5G će imati uske antenske zrake sa direktnim prostiranjem prema prijemnom uređaju. To bi moglo značajno smanjiti izloženost okoline u poređenju sa trenutnom situacijom izloženosti⁴⁰. Tvrdi se da će instaliranje veoma velikog broja 5G mrežnih komponenti povećati ukupnu izloženost elektromagnetnih valova, a da veća izloženost višim frekvencijama može dovesti do štetnih zdravstvenih efekata.

Niže frekvencije značajno su istražene i njihovo korištenje u već postojećim bežičnim komunikacionim mrežama. Izloženost živih organizama višim frekvencijskim opsega od 6 do 100 GHz, treba još značajnije proučiti i ispitati da bi se ova vrhunska tehnologija sa velikim potencijalom mogla sigurno implementirati. Do sada provedena istraživanje ne pokazuju značajniji uticaj viših frekvencijskih opsega od 6 do 100 GHz na zdravlje ljudi i životinja⁴¹.

³⁸ Bortkiewicz, A., Gadzicka, E., Szymczak, W., 2017. Mobile phone use and risk for intracranial tumors and salivary gland tumors - A meta-analysis. *International journal of occupational medicine and environmental health* 30, 27-43.

³⁹ AGCOM, 2017. Indagine conoscitiva concernente le prospettive di sviluppo dei sistemi wireless e mobili verso la quinta generazione (5G) e l'utilizzo di nuove porzioni di spettro al di sopra dei 6 GHz ai sensi della delibera n.557/16/cons. Autorità per le Garanzie nelle Comunicazioni (AGCOM), Rome.

⁴⁰ Zeni O., Scarfi M.R. *Microwave Materials Characterization*. InTech; Rijeka, Croatia: 2012. Experimental requirements for in vitro studies aimed to evaluate the biological effects of radiofrequency radiation; pp. 121–138.

⁴¹ Frei M.R., Ryan K.L., Berger R.E., Jauchem J.R. Sustained 35-GHz radiofrequency irradiation induces circulatory failure. *Shock*. 1995;4:289–293. doi: 10.1097/00024382-199510000-00010.

26.-27. Mart/March 2021.

Visoke frekvencije već se koriste kod radara i kod nekih medicinskih uređaja. Provedena istraživanja pokazuju da izloženost radarima ne predstavlja opasnost po zdravlje izloženih radnika koji rade na njima. Međutim, dalja istraživanja se smatraju neophodnim u vezi sa mogućim rizikom od raka kod izloženih radnika duži niz godina⁴².

Ima i onih koji tvrde da se pomoću 5G mobilnih mreža prenosi virus COVID-19 što nije tačno i ne postoji ni jedna ozbiljna studija koja to dokazuje.

4.1. Uticaj na zdravlje ljudi i životinja od baznih stanica

Istraživanja koja su provedena pokazuju da uticaj baznih stanica na zdravlje ljudi i životinja gotovo da ne postoji⁴³. Smatra se da se to vjerovatno neće promijeniti kada se instaliraju 5G sistemi⁴⁴. Uvijek treba imati u vidu da izloženost može biti veća u blizini antena (baznih stanica), ali da su bežični operateri i dalje zakonski dužni osigurati da predajni uređaji budu u skladu s regulatornim ograničenjima.

Povećanje broja baznih stanica kod 5G neće uticati na zdravlje jer su za njih potrebna niža polja za efikasno i pravilno funkcionisanje, pa će i uticaj polja biti niži⁴⁵. 5G antene mogu biti konfigurirane za prenos više zraka koji su usmjereni prema pojedinačnom korisniku dok se kreće unutar područja pokrivanja bazne stanice. To su antene koje oblikuju snop, a pojedini autori ih nazivaju "pametnim" antenama. Efekat je taj da će 5G sistemi za oblikovanje zraka imati kapacitet za pružanje kvalitetne komunikacije efikasnijom upotrebom snage predajnika koja može usmjeriti signale prema određenim korisnicima.

Izloženost okoline dolazi uglavnom iz tri izvora:

- signali koji dolaze sa baznih stanica,
- odlazni signali sa mobilnih telefona koji rade u blizini tijela i
- signali odašiljača u tom području.

Ostali izvori kao što su Wi-Fi, drugi komunikacijski sistemi, te neki kućanski uređaji, doprinose u većoj ili manjoj količini ukupnoj izloženosti milimetarskim valovima, što sve zavisi od lokalnih okolnosti.

Izloženost stanovništva se mijenja tokom vremena, a zavisi od faktora uključujući gustinu bežičnih uređaja, te da li se izloženost događa u urbanom ili ruralnom okruženju. Pri tome treba imati na umu da je izloženost širokopojasnim mrežama puno veća u urbanim područjima.

⁴² Mattsson M.O., Zeni O., Simkó M. Is there a Biological Basis for Therapeutic Applications of Millimetre Waves and THz Waves? *J. Infrared Millim. Terahertz Waves*. 2018;**39**:863–878. doi: 10.1007/s10762-018-0483-5.

⁴³ Chiamello E, Bonato M, Focchi S, Tognola G, Parazzini M, Ravazzani P, Wiart J. Radio frequency electromagnetic fields exposure assessment in indoor environments: a review. *Int J Environ Res Public Health* 16: 955; 2019.

⁴⁴ Jalilian H, Eftens M, Ziaei M, Roosli M. Public exposure to radiofrequency electromagnetic fields in everyday microenvironments: an updated systematic review for Europe. *Environ Res* 176:108517; 2019.

⁴⁵ Chiaraviglio L, Fiore M, Rossi E. 5G technology: which risks from the health perspective? In: Marsan MA, Melazzi NB, Buzzi S, Palazzos S, eds. *The 5G Italy Book 2019: a multiperspective view of 5G*. Parma, Italy: Consorzio Nazionale Interuniversitario per le Telecomunicazioni; 2019.

26.-27. Mart/March 2021.

Nedavno je razvijen model izloženosti za procjenu lične izloženosti povezane s novoinstaliranim čelijskim sistemom od 3,6 GHz u Švicarskoj⁴⁶. Ovaj sistem radi prema 5G protokolu i služio je u ovoj analizi izloženosti kao surogat za buduće 5G mreže, za koje se očekuje da rade na višim frekvencijama milimetarskih valova. Studija je uzela u obzir različite uslove, dužina korištenja mobitela, lokacije (urbane, prigradske ili ruralne), područja pokrivanja bazne stanice i opsega unutarnjeg pokrivanja. Ključni nalaz je bio da u ukupnoj izloženosti dominira vlastiti mobilni uređaj svake osobe i da se povećava sa količinom prenesenih podataka.

4. 2. Ozljede kože i oka

Iako su mnoga ispitivanja bioefekata izvedena sa milimetarskim valovima frekvencijskog spektra (3 kHz – 300 GHz), a sva ona pokazuju da ona nisu jonizujuća jer fotoni nemaju dovoljno energije za izbacivanje orbitalnog elektrona. To neće uticati na razbijanje hemijskih veza i stvaranje slobodnih radikala, kao moćnog izvora oštećenja bioloških molekula, uključujući i DNK⁴⁷.

Pri dovoljno visokim intenzitetima, milimetarski valovi mogu biti posebno štetni za sočivo oka i rožnjaču, jer imaju ograničenu sposobnost rasipanja toplotne energije. Duga izloženost može dovesti do porasta temperature rožnjače. Međutim, ti se efekti javljaju kod gustoće snage koja je puno veća od trenutnih sigurnosnih standarda⁴⁸.

5. ZAKLJUČAK

Iako su istraživački napor započeti, učinak 5G mreža na izloženost stanovništva signalima nije još uvijek istražen do kraja. Predviđa se da će u svim slučajevima nivo izloženosti ostati znatno ispod glavnih međunarodnih ograničenja. Mrežni operateri će biti svjesni svoje obaveze da održavaju svoje sisteme u skladu s operativnim parametrima. Kada se nivoi izloženosti održavaju ispod trenutnih granica izloženosti, niti zdravstvene agencije niti organizacije za utvrđivanje standarda nisu identifikirale opasnosti od izloženosti milimetarskim valovima.

Nema dovoljno dobro urađenih studija o zdravstvenim efektima milimetarskih valova. Rezultati većine studija u literature su nesigurni. Mnogi imaju male uzorke ispitanika, a mnogima nedostaju osnovne mjere predostrožnosti kako bi se osigurala pouzdanost⁴⁹. 5G sistemi rade na visokim frekvencijama milimetarskih valova, pa bi trebalo ispitati da li zagrijavanje kože od takvog izlaganja na dovoljno visokim nivoima rezultira nepovoljnim biološkim efektima koji se razlikuju od onih zbog infracrvenog grijanja.

⁴⁶ Kuehn S, Pfeifer S, Kochali B, Kuster N. *Foundation for Research on Information Technologies in Society (IT²S); Modelling of total exposure in hypothetical 5G mobile networks for varied topologies and user scenarios: a report on behalf of the swiss Federal Office for the Environment (FOEN)*. Zurich, Switzerland: FOEN; 2019.

⁴⁷ Kopacz T, Heberling D. Impact of the elevation scanning angle on the vertical compliance distance of 5G massive MIMO antennas. In: *2019 IEEE 13th European Conference on Antennas and Propagation (EuCAP)*, Krakow, Poland: 1–5; 2019.

⁴⁸ Kues HA, D'Anna SA, Osiander R, Green WR, Monahan JC. Absence of ocular effects after either single or repeated exposure to 10 mW/cm(2) from a 60 GHz CW source. *Bioelectromagnet* 20:463–473;

⁴⁹ Simkó M, Mattsson M-O. 5G wireless communication and health effects—a pragmatic review based on available studies regarding 6 to 100 GHz. *Int J Environ Res Public Health* 16:3406; 2019.

26.-27. Mart/March 2021.

Potrebna su dalja usavršavanja metodologije kako bi se procijenila izloženost 5G predajnika, kako izloženosti okoline baznih stanica, tako i lokalne izloženosti predajnika koji se koriste u blizini tijela.

Telekom operateri koji žele da prate brzi tehnološki napredak, moraju da nude 5G mobilne mreže, a da razmišljaju o 6G. Planovi na kojima se radi, predviđaju da se 6G mreža implementira već od 2030. godine. Radne grupe koje prate standarde trebale bi ih javnosti predstaviti najkasnije do 2025. godine. Predpostavlja se da bi 6G mreža trebala da obezbjedi:

- autonomnu vožnju dronova u roju,
- „neograničen“ kapacitet baterije (putem samopunjivih sistema),
- direktnu komunikaciju između ljudskog tijela i računara.

Želje koje se prezentuju nisu nimalo skromne ni naivne.

6. Literatura

1. Bortkiewicz, A., Gadzicka, E., Szymczak, W., 2017. Mobile phone use and risk for intracranial tumors and salivary gland tumors - A meta-analysis. *International journal of occupational medicine and environmental health* 30, 27-43.
2. Chiamello E, Bonato M, Focchi S, Tognola G, Parazzini M, Ravazzani P, Wiart J. Radio frequency electromagnetic fields exposure assessment in indoor environments: a review. *Int J Environ Res Public Health* 16: 955; 2019.
3. Chiaraviglio L, Fiore M, Rossi E. 5G technology: which risks from the health perspective? In: Marsan MA, Melazzi NB, Buzzi S, Palazzos S, eds. *The 5G Italy Book 2019: a multiperspective view of 5G*. Parma, Italy: Consorzio Nazionale Interuniversitario per le Telecomunicazioni; 2019.
4. Frei M.R., Ryan K.L., Berger R.E., Jauchem J.R. Sustained 35-GHz radiofrequency irradiation induces circulatory failure. *Shock*. 1995;4:289–293. doi: 10.1097/00024382-199510000-00010.
5. Jalilian H, Eeftens M, Ziaei M, Roosli M. Public exposure to radiofrequency electromagnetic fields in everyday microenvironments: an updated systematic review for Europe. *Environ Res* 176:108517; 2019.
6. Kopacz T, Heberling D. Impact of the elevation scanning angle on the vertical compliance distance of 5G massive MIMO antennas. In: *2019 IEEE 13th European Conference on Antennas and Propagation (EuCAP)*, Krakow, Poland: 1–5; 2019.
7. Kuehn S, Pfeifer S, Kochali B, Kuster N. *Foundation for Research on Information Technologies in Society (IT'IS); Modelling of total exposure in hypothetical 5G mobile networks for varied topologies and user scenarios: a report on behalf of the swiss Federal Office for the Environment (FOEN)*. Zurich, Switzerland: FOEN; 2019.
8. Kues HA, D'Anna SA, Osiander R, Green WR, Monahan JC. Absence of ocular effects after either single or repeated exposure to 10 mW/cm(2) from a 60 GHz CW source. *Bioelectromagnet* 20:463–473;
9. Mattsson M.O., Zeni O., Simkó M. Is there a Biological Basis for Therapeutic Applications of Millimetre Waves and THz Waves? *J. Infrared Millim. Terahertz Waves*. 2018;39:863–878. doi: 10.1007/s10762-018-0483-5.
10. Simkó M, Mattsson M-O. 5G wireless communication and health effects—a pragmatic review based on available studies regarding 6 to 100 GHz. *Int J Environ Res Public Health* 16:3406; 2019.
11. Zeni O., Scarfi M.R. *Microwave Materials Characterization*. InTech; Rijeka, Croatia: 2012. Experimental requirements for in vitro studies aimed to evaluate the biological effects of radiofrequency radiation; pp. 121–138.