NOI ABORDĂRI ASUPRA IMPACTULUI RADIAŢIILOR DE MICROUNDE DIN TELEFONIA MOBILĂ

Drd. ing. **Iulian OLEŞ**

Universitatea „Politehnica“ – Bucureşti

REZUMAT. Limitele de expunere la radiaţii, stabilite de organismele internaţionale de reglementare sunt periculos de largi. În acest interval, chiar şi la valori de 9000 de ori mai mici, există cazuri de afectare sau îmbolnăvire. Noile abordări se referă la necesitatea reconsiderării acestor limite şi la o abordare precaută.

Cuvinte cheie: impactul radiaţiilor GSM, radiaţiile microundelor, pericolul radiaţiilor.

ABSTRACT. The limits of radiation exposure set by the international regulating organizations are dangerously broad. Within these limits, even when the values are 9000 times lower, there are cases of disease. The new approach refers to the need for reconsideration of these limits and the respect of caution principle.

Keywords: GSM radiation impact, microwaves radiations, radiations danger.

1. INTRODUCERE

Obiectivul principal al acestei lucrări este conştientizarea impactului noilor tehnologii din telefonia mobilă asupra sănătăţii, calităţii mediului, precum şi asupra altor aspecte conexe. Premisele de la care am pornit se referă la starea de vulnerabilitate a populaţiei faţă de noul tip de agresiune – radiaţia electromagnetică la frecvenţe înalte.

Nivelul de expunere stabilit prin reglementările internaţionale şi transpus şi în legile din România nu este unul precaut şi nu ţine cont de ultimile cercetări în domeniu. Lipsa transparenţei cu privire la nivelul radiaţiilor a determinat studii de impact independente, care au evidenţiat potenţialul de pericol asupra sănătăţii. Aceste elemente au impus o atitudine de reconsiderare asupra limitelor de expunere, în prezent existând mai multe niveluri de reglementare. În plan metodologic au fost măsurate valorile de expunere în mediul urban pentru 100 de locaţii sau configuraţii de amplasare ale antenelor GSM. Studiul are la bază legislaţia internaţională, legislaţia din România, rezoluţii şi reglementări locale, studii ştiinţifice, lucrări şi studii de caz.

2. ASPECTE TEHNICE PRIVIND RADIAŢIA NEIONIZANTĂ ÎN SISTEMELE GSM

2.1. Principiul tehnologiei GSM

Sistemul GSM de telefonie mobilă presupune existenţa unor staţii de bază cu generatoare de microunde (transceivere) capabile să transmită semnale la distanţă. Principalii parametrii utilizaţi în sistemele GSM sunt: S [W/m^2] – densitatea de putere, E [V/m] – intensitatea câmpului electric, f [MHz] – frecvenţa utilizată, SAR [W/kg] – rata specifică de absorbţie. Unităţile de măsură ale parametrilor sunt precizate în paranteză.

Radiaţia în sistemele GSM se numeşte radiaţie neionizantă şi este specifică surselor generatoare de microunde. Această radiaţie nu trebuie confundată cu radiaţia ionizantă, produsă de surse radioactive. Ambele tipuri de radiaţie sunt la fel de periculoase, dar modalitatea de acţiune este total diferită.

2.2. Reglementări internaţionale

Organismul internaţional responsabil cu reglementarea în domeniul radiaţiilor neionizante este ICNIRP (International Commision on Non-Ionizing Radiation Protection) **[1]**. ICNIRP a întocmit un ghid, care reprezintă recomandări cu privire la limitele maxime de expunere. Pentru frecvenţa de 900 Mhz, valoarea maximă a densităţii de putere este de 4,5 W/m^2, iar pentru frecvenţa de 1800 MHz este de 9 W/m^2. Trebuie precizat faptul că normele ICNIRP au caracter de recomandare, orice ţară putând să îşi stabilească propriile norme, sub aceste valori.

2.3. Reglementări în România

Varianta românească a recomandării ICNIRP este Legea 1193/2006 **[2]**. Practic, aceasta reprezintă copia reglementărilor ICNIRP şi se referă la ex-

punerea ambientală. Expunerea ocupaţională este reglementată de Legea 1136/2006 **[3]**, care se referă la riscurile de expunere la radiaţii pentru operatorii din diferite domenii industriale. Pentru aceştia este reglementat aşa-numitul „spor de antenă", care confirmă oficial riscul de expunere la radiaţie.

2.4. Valori de expunere reglementate

Principalele valori reglementate de expunere măsurate în W/m^2 sunt **[4]**: 9 W/m^2 – ICNIRP; 2 W/m^2 – Belgia; 0,1 W/m^2 – Rusia; 0,06 W/m^2 – Elveţia; 0,024 W/m^2 – Ucraina; 0,01 W/m^2 – Ecolog; 0,001 W/m^2 – BioInitiative; 0,0001 W/m^2 – STOA (European Parliament); 0,00001 W/m^2 – Salzburg outdoor; 0,000001 W/m^2 – Salzburg indoor.

Pentru a asigura acoperirea cu semnal este suficientă o densitate de putere de 0,000000001 W/m^2, adică $1 \cdot 10^{-9}$ W/m^2 (1 nW/m^2)**[5]**.

Ca urmare a cercetărilor s-au diferenţiat trei categorii de expunere, măsurate în W/m^2: a) expunere inacceptabilă, cu valoare > 0,1; b) expunere acceptabilă, cu valoare cuprinsă între 0,0001 şi 0,001; c) expunere precaută, cu valoarea cuprinsă între 0,00001 şi 0,0001.

2.5. Rezoluţia Salzburg

Această rezoluţie **[6]** a fost semnată de 19 experţi în domeniul sănătăţii publice şi stabileşte valori în acord cu principiile ALARA (As Low As Reasonably Achievable), adică un nivel cât mai scăzut posibil, principii aplicate iniţial radiaţiei ionizante.

Rezoluţia Salzburg reprezintă un pas important în demonstrarea faptului că se pot stabili norme rezonabile de expunere. Chiar dacă această Rezoluţie se aplică doar în cazul unei regiuni, aceasta reprezintă un exemplu de urmat.

2.6. Rezoluţia Adunării Parlamentare a Consiliului Europei [7]

Rezoluţia 1815/2011 confirmă punctul de vedere al experţilor cu privire la riscurile semificative determinate de nivelul tot mai mare al radiaţiei. Paragraful 8.2.1. din Rezoluţie recomandă principiul precauţiei şi o intensitate a câmpului electric la valoarea de 0,6 V/m într-o primă etapă, urmând ca pe termen mediu să se poată ajunge la 0,2 V/m. Aceste două valori transformate în densitate de putere sunt egale respectiv cu 0,001 W/m şi 0,0001 W/m^2. Valorile se aliniază la cerinţele stabilite în studiile independente cu privire la radiaţii.

2.7. Rapoarte şi expertize ale parametrilor

Un raport asupra mărimii radiaţiilor în diferite zone este realizat de NESA (National Employment Services Association) **[8]**. Raportul utilizează şi datele sintetizate de Arthur Firstenberg în 2001. Din analiza datelor reiese că reglementările ICNIRP nu protejează populaţia de efectele radiaţiilor şi nu reprezintă o reglementare precaută.

În România există o expertiză în domeniul efectelor sistemelor de telefonie mobilă **[9]**. Aceasta nu este însă luată în considerare de autorităţile de reglementare. Cercetările au scos în evidenţă faptul că există un impact semnificativ al radiaţiilor asupra copiilor. S-a remarcat că legislaţia din România este mult mai permisivă comparativ cu alte state.

Poluarea de tip electromagnetic rezultată din amplasarea necontrolată a antenelor pentru semnal GSM este mult mai periculoasă decât poluarea convenţională, pentru că nu poate fi percepută prin simţuri. Pătrunderea microundelor depinde de distanţă, densitatea de putere şi de vârstă. În cazul copiilor pătrunderea radiaţiilor este mult mai profundă, creierul fiind în formare.

Valorile densităţii de putere au fost studiate şi măsurate în cadrul unei cercetări **[10]** cu privire la nivelul de expunere în oraşe şi în câmp deschis, realizată în anul 2006. Rezultatele măsurătorilor la acea dată erau cu mult sub maxima admisă. Odată cu creşterea cerinţelor de semnal mai puternic pentru generaţia a treia de telefoane mobile (3G) şi generaţia a patra (4G), este de aşteptat ca nivelul expunerii să crească considerabil. Acesta este motivul pentru care ar fi de preferat o monitorizare permanentă a nivelului de expunere.

În cazul expunerilor ocupaţionale, nivelul de risc creşte considerabil. Peter Gajsek **[11]**, expert în studiul radiaţiilor neionizante pe domeniul de protecţie a muncii, aduce precizări asupra caracterului direcţional al radiaţiilor şi asupra faptului că valoarea expunerii creşte exponenţial cu apropierea de antenă, până la valori extrem de periculoase de 80÷100 W/m^2. Din acest motiv, intervenţiile asupra sistemelor GSM se fac numai cu instalaţiile deconectate.

Doctorul Barrie Trower **[12]**, specialist în armele cu microunde, atrage atenţia asupra faptului că iradierea cu microunde este foarte periculoasă, extinderea necontrolată a sistemelor de telefonie mobilă fiind cel mai grav genocid pe care această planetă l-a cunoscut vreodată.

Pentru elucidarea dilemei cu privire la pericolul de iradiere cu microunde au fost iniţiate mai multe proiecte. Unele dintre acestea sunt proiecte europene oficiale, iar altele sunt proiecte independente.

2.8. Proiecte europene în domeniul Electromagnetic Field (EMF)

Activităţile de cercetare desfăşurate în cadrul unor proiecte europene au contribuit la descoperirea efectelor radiaţiilor şi a cauzelor acestora, dar nu au oferit soluţii. Principalele proiecte sunt: Interphone, Reflex, Cemfec, Perform-A, Ramp-2001. S-a remarcat proiectul Reflex **[13]**, care a realizat cercetări in vitro cu privire la schimbările produse în celule umane şi animale, ca urmare a expunerii la câmpuri de microunde.

2.9. Proiecte independente

Cea mai mare parte a dovezilor ştiinţifice care demonstrează pericolul radiaţiilor şi oferă şi soluţii, provin din studii independente. Acestea s-au detaşat de studiile oficiale şi s-au remarcat printr-o profunzime a expertizei, prin pasiune, dăruire, dar mai ales prin lipsa oricăror suspiciuni de conflict de interese. Principalele grupuri independente de lucru sunt: Oeko Test **[14]**, Ecolog **[15]**, Building Biology **[5]**, Buergerwelle **[16]**, Baubiology **[17]**, BioInitiative **[18]**, Kompetenzinitiative **[19]**.

În pofida adevărurilor scoase la iveală, organismele de reglementare ICNIRP şi SCENIHR **[20]** (Scientific Committee of Emerging Newly Identified Health Risks) s-au remarcat prin ignorarea dovezilor rezultate din studiile independente şi aprecierea celor oficiale. ICNIRP, ca organism principal de reglementare, nu a revizuit încă limitele de expunere, deşi au existat numeroase dovezi medicale.

În prezent, nivelul maxim de expunere reglementat de ICNIRP este de 9.000.000 de ori mai mare decât valoarea considerată nepericuloasă, adică 0,000001 W/m^2.

2.10. Evaluarea nivelului de expunere pentru o antenă clasică tridirecţională

S-a realizat o evaluare teoretică a nivelului densităţii de putere [W/m^2], pentru distanţe de la 1 la 500 metri, prezentată în tabelul 1.

3. MĂSURĂTORI ŞI EVALUĂRI

3.1. Măsurarea nivelului de expunere pentru antene amplasate în spaţiul urban

S-au efectuat 100 de măsurători cu ajutorul unui sistem Rohde Schwarz (TS-EMF) în spaţii publice şi private din vecinătatea unor antene GSM amplasate pe blocuri sau clădiri publice. Rezultatele măsurătorilor sunt prezentate în tabelul 2.

Se observă că rezultatele măsurătorilor, notate cu „*x*“, se încadrează în şase categorii:

$1<x<10$ W/m^2, expunere extremă

$0{,}1<x<1$ W/m^2, expunere foarte mare

$0{,}01<x<0{,}1$ W/m^2, expunere mare

$0{,}001<x<0{,}01$ W/m^2, expunere medie

$0{,}0001<x<0{,}001$ W/m^2, expunere mică

$0{,}00001<x<0{,}0001$ W/m^2, expunere foarte mică

În figura 2 sunt evidenţiate cele şase categorii de expunere şi sunt marcate procentele de apariţie ale valorilor rezultate în urma măsurătorilor.

Tabelul 1. **Densitatea de putere în funcţie de distanţă**

Distanţa faţă de antenă [m]	**Densitatea de putere** [W/m^2]
1	79,76
2	19,94
3	8,86
4	4,98
5	3,19
6	2,21
7	1,62
8	1,24
9	0,98
10	0,79
20	0,19
30	0,088
40	0,049
50	0,031
100	0,0079
200	0,0019
300	0,00088
400	0,00049
500	0,00031

3.2. Reglementări, niveluri de expunere şi efecte ale radiaţiei GSM

Doctorul A. Firstenberg **[37]** a sintetizat în figura 3 , cele mai întâlnite niveluri de expunere, măsurate în μW/cm^2, precum şi efectele asupra sănătăţii. Figura marchează şi diversitatea reglementărilor internaţionale privind nivelul maxim de expunere.

Pentru a transforma valorile densităţii de putere din μW/cm^2 în W/m^2, se aplică împărţirea acestora la 100. Astfel, valorile 10000; 1000; 100; 10; 1; 0,1 şi 0,01 μW/cm^2 devin respectiv 100; 10; 1; 0,1; 0,01; 0,001 şi 0,0001 W/m^2. Valorile obţinute în urma măsurătorilor, prezentate în tabelul 2, se încadrează în normele ICNIRP. Dacă aceastea se raportează la rezultatele din figura 3, se observă că primele două categorii marcate în figura 2 sunt inacceptabile, pentru că pot conduce la efecte grave asupra sănătăţii.

Tabelul 2. **Valorile obţinute pentru densitatea de putere**

Numărul măsurătorii	Densitatea de putere x [W/m²]	
1	3,23	1<x<10 11 %
2	3,11	
3	3,09	
4	3,03	
5	2,75	
6	2,62	
7	2,14	
8	1,85	
9	1,47	
10	1,18	
11	1,05	
12	0,98	0,1<x<1 14 %
13	0,87	
14	0,75	
15	0,62	
16	0,54	
17	0,47	
18	0,41	
19	0,33	
20	0,29	
21	0,27	
22	0,25	
23	0,18	
24	0,13	
25	0,11	
26	0,097	0,01<x<0,1 13 %
27	0,092	
28	0,087	
29	0,083	
30	0,072	
31	0,066	
32	0,054	
33	0,047	
34	0,041	
35	0,038	
36	0,033	
37	0,025	
38	0,012	
39	0,0098	0,001<x<0,01 12 %
40	0,0095	
41	0,0083	
42	0,0074	
43	0,0062	
44	0,0057	
45	0,0052	
46	0,0049	
47	0,0041	
48	0,0033	
49	0,0028	
50	0,0014	

Numărul măsurătorii	Densitatea de putere x [W/m²]	
51	0,00099	0,0001<x<0,001 23%
52	0,00094	
53	0,00091	
54	0,00089	
55	0,00087	
56	0,00082	
57	0,00077	
58	0,00073	
59	0,00069	
60	0,00062	
61	0,00059	
62	0,00056	
63	0,00051	
64	0,00049	
65	0,00046	
66	0,00044	
67	0,00038	
68	0,00033	
69	0,00029	
70	0,00025	
71	0,00022	
72	0,00017	
73	0,00011	
74	0,000098	0,00001<x<0,0001 27 %
75	0,000095	
76	0,000091	
77	0,000088	
78	0,000084	
79	0,000081	
80	0,000078	
81	0,000074	
82	0,000072	
83	0,000068	
84	0,000066	
85	0,000062	
86	0,000058	
87	0,000053	
88	0,000051	
89	0,000049	
90	0,000046	
91	0,000042	
92	0,000038	
93	0,000034	
94	0,000032	
95	0,000029	
96	0,000026	
97	0,000021	
98	0,000018	
99	0,000015	
100	0,000013	

Echipamentele vizate pentru depăşirea nivelului de expunere sunt în principal antenele GSM. O variantă de antenă GSM este prezentată în figura 1 şi este numită în mod curent staţie de bază (Base Station). Aceasta cuprinde grupuri de antene dispuse pentru emisie tridirecţională, pe una sau mai multe frecvenţe. Din evaluarea prezentată în tabelul 1, rezultă că densitatea de putere are o scădere exponenţială până la valori apropiate de zero la distanţa de 500 m.

Un alt aspect în ceea ce priveşte pericolul de expunere este şi nivelul de pătrundere al radiaţiilor GSM în cutia craniană. În figura 4 se observă că acest nivel diferă în funcţie de vârstă, materia cerebrală la vârste mici nefiind complet structurată şi având alte caracteristici privind comportarea la câmp electromagnetic.

În ceea ce priveşte echipamentele mobile utilizate (telefon, smartphone, tabletă) este definit un parametru numit SAR (*Specific Absorbtion Rate*) ale cărui valori trebuie să fie cât mai mici, pentru ca absorbţia radiaţiilor de către corpul uman să fie minimă. Valorile pentru acest parametru diferă de la un producător la altul şi se situează între 0,14 şi 1,6 W/kg.

Fig. 1. Antenă GSM tridirecţională **[36]**.

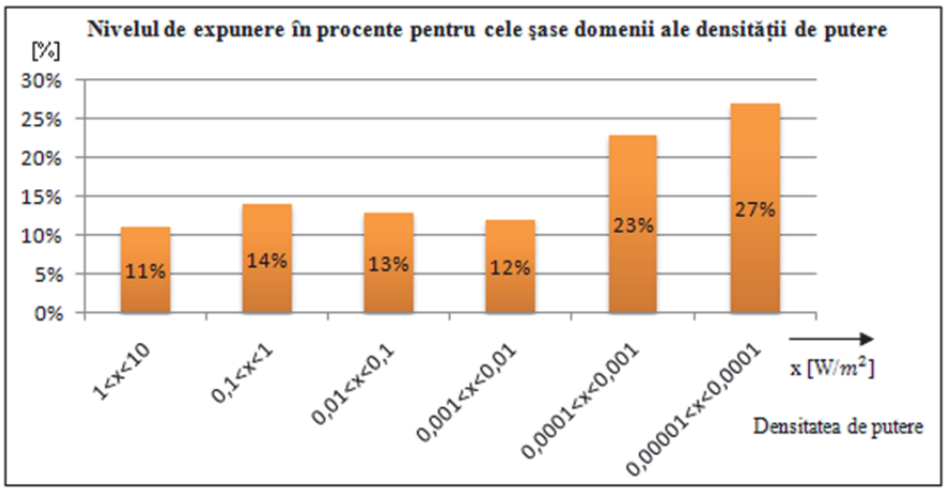

Fig. 2. Nivelul de expunere în procente pentru valorile obţinute la măsurare conform tabelului.

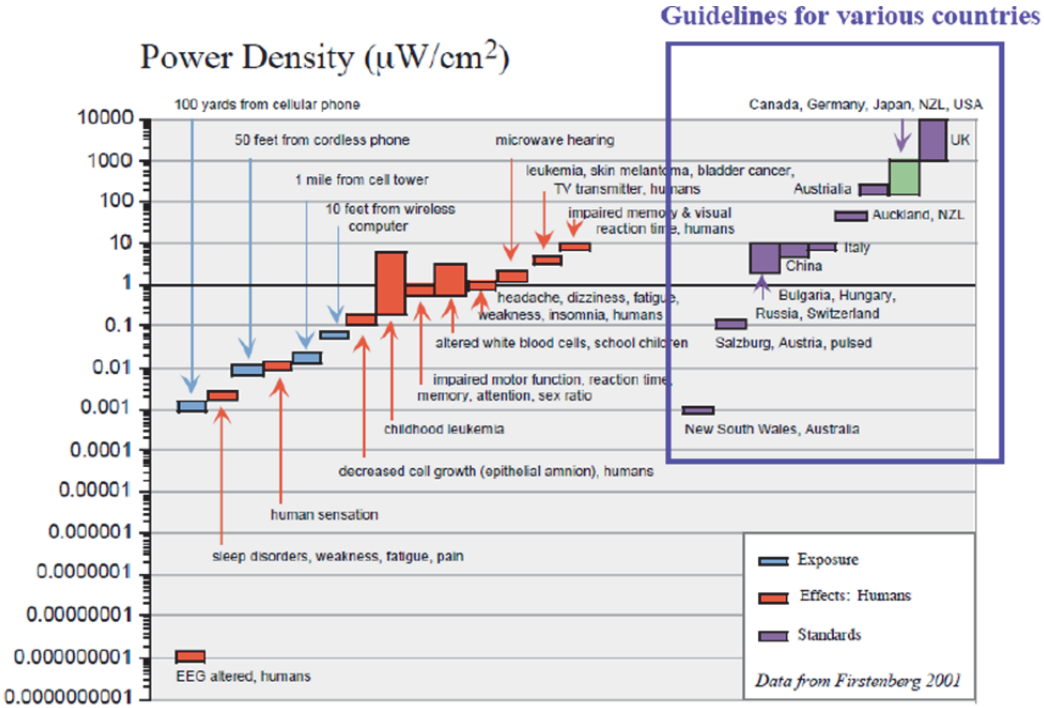

Fig. 3. Valori, efecte şi reglementări pentru radiaţia GSM **[37]**.

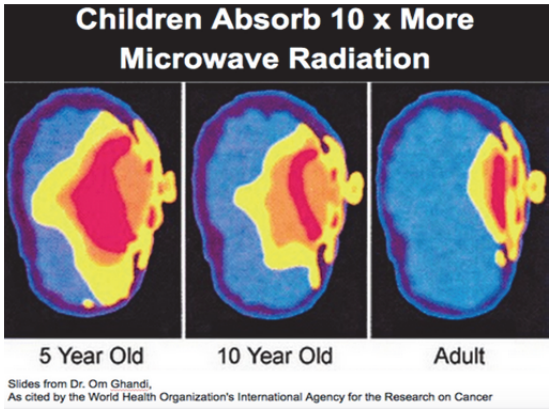

Fig. 4. Nivelul de pătrundere al radiaţiilor GSM în cutia craniană, în funcţie de vârstă **[38]**.

4. CONCLUZII

În urma măsurătorilor se evidenţiază următoarele concluzii:

– reglementările ICNIRP nu sunt suficient de precaute pentru a asigura un nivel de expunere acceptabil;

– există un fond natural de radiaţie de valoarea 1 pW/m^2;

– nivelul de expunere (densitatea de putere) creşte exponenţial cu apropierea de sursă;

– la distanţe de peste 500 m, nivelul de expunere se consideră a fi nepericulos;

– efectul expunerii este cumulativ;

– nivelul expunerii prezintă variaţii în funcţie de utilizarea semnalului pe antena respectivă, mai intens ziua şi mai slab noaptea.

În ultimii ani s-au impus noi abordări în domeniul impactului radiaţiilor şi acestea se referă la:

– necesitatea aplicării unor reglementări naţionale mai stricte referitoare la nivelul de expunere;

– importanţa cercetărilor independente, libere de orice influenţă, inclusiv sponsorizări sau sisteme de lobby;

– o nouă atitudine a cercetătorilor prin care radiaţiile GSM să fie incluse în conceptul de dezvoltare durabilă;

– abordarea integrată în ceea ce priveşte măsurarea şi monitorizarea atât a radiaţiilor ionizante (de natură nucleară), cât şi a celor neionizante (generate de sistemele cu microunde);

– importanţa unor studii comparative despre utilizarea microundelor şi în alte domenii, cum ar fi cel militar sau industrial;

– abordări multidisciplinare care să cuprindă aspecte tehnice, medicale, de arhitectură şi urbanism, de mediu şi de natură etică;

– necesitatea ca SRPRNI (Societatea Română de Protecţie împotriva Radiaţiilor Ne-Ionizante) să poată stabili cu autorităţile competente în domeniu un program de implementare, pentru limite de expunere mai precaute pentru România.

BIBLIOGRAFIE

[1] ICNIRP Guidelines, www.incirp.de, site accesat la: 17.06.2015.
[2] Legea 1193/2006.
[3] Legea 1136/2006.
[4] Electromagnetic Radiation Exposure Guidelines, www.ehscb.ca/exposure_Guidelines.pdf, site accesat la: 22.07.2015.
[5] Haumann Thomas et al, *HF-Radiation Levels of GSM Cellular Phone Towers in residential Areas*, www.hbelc.org, site accesat la: 19.07.2015.
[6] Salzburg Resolution on Mobile Telecommunication Base Stations, www.salzburg.gv.at/salzburg_resolution_e.htm, site accesat la: 3.07.2015.
[7] Council of Europe – Resolution 1815/2011 Parliamentary Assembly, Council of Europe, http://electromagnetichealth.org, site accesat la: 5.07.2015.
[8] Nesa, Radiation Measurement Report, www.nesaglobal.com, site accesat la: 22.07.2015.
[9] Andrei Drăgulinescu, Idolii fără fir. Telefonia mobilă şi poluarea electromagnetică, Ed. Christiana, 2010.
[10] Miclăuş S et al, Estimated and measured values of the radiofrequency radiation power density around cellular base station, Romania Journal of Physics, 2007.
[11] Peter Gajsek et al., Occupational Exposure to Base Stations – Compliance with EU Directive 2004/40/EC – www.archivum.ciop.pl/17475, site accesat la: 13.06.2015.
[12] Dr. Barrie Trower, The Cooking of Humanity - http://e-h-s.wikidot.com/research:cooking-humanity-dr-barrie-trower, site accesat la: 15.06.2015.
[13] http://www.itis.ethz.ch/assets/Downloads/Papers-Reports/Reports/REFLEXFinal-Report171104.pdf, site accesat la: 19.06.2015.
[14] http://www.oekotest.de/, site accesat la: 22.06.2015.
[15] http://www.ecolog-institut.de/index.php?id=42, site accesat la: 15.06.2015.
[16] http://www.buergerwelle.de/en/, site accesat la: 14.07.2015.
[17] http://www.bau-biology.com/index.php?option=com_content&view=article&id=13&Itemid=36&lang=en, site accesat la: 14.06.2015.
[18] BioInitiative 2012, www.bioinitiative.org, site accesat la: 12.06.2015.
[19] http://www.kompetenzinitiative.de/, site accesat la: 19.06.2015.
[20] http://ec.europa.eu/health/scientific_committees/emerging/docs/scenihr_o_041.pdf, site accesat la: 13.07.2015.
[21] www.iarc.fr/, site accesat la: 5.07.2015.
[22] http://www.handywerte.de/index.php, site accesat la: 16.07.2015.
[23] Yury Grigoriev, *Mobile communications and health of population: the risk assessment, social and ethical problems* – www.electromagnetic-health.org, site accesat la: 18.06.2015.
[24] Dr. Neil Cherry, *Evidence that Electromagnetic Radiation is Genotoxic: The implications for the epidemiology of cancer and cardiac, neurological and reproductive effects* – www.princegeorge.ca/cityhall, site accesat la: 5.06.2015.
[25] Franz Adlkofer and Karl Richter, *Radiation Protection in Conflict eith Science*, www.kompetenzinitiative.net, site accesat la: 7.07.2015.
[26] Karen J.Rogers, *Health Effects from Phone Tower Radiation*, www.mountshastaecology.org, site accesat la: 17.06.2015.

[27] Allan H. Frey, *Effects of Microwavesand Radio Frequency Energy on the central nervous system* – www.wirelesswatchblog.org, site accesat la: 22.06.2015.
[28] Bertil R.R. Persson, Leif G. Salford and Arne Brun, *Blood brain barrier permeability in rats exposed to electromagnetic fields used in wirreless communication*, Lund University Sweden.
[29] Olle Johansson, *Screen dermatitis, the effect of computer work in human skin*, Karolinska Institute, Stockholm, Sweden.
[30] Orjan Hallberg and Gerd Oberfeld, *Letter to the Editor: Will We All Become Electrosensitive?* – www.next-up.org, site accesat la: 22.06.2015.
[31] Ronni Wolf and Donny Wolf, *Icreased Incidence of cancer near a cell-phone transmitter station*, Kaplan Medical Center, Israel.
[32] Roger Santini et al, *Survey Study of People Living in the Vicinity of Cellular Phone Base Stations*, Electromagnetic Biology and Medicine, vol. 22, nr. 1, 2003.
[33] Dr. George Carlo – SWI (Safe Wireless Initiative) www.safewireless.org, site accesat la: 25.06.2015.
[34] Arthur Firstenberg, *Microwaves* 2011, www.cellphonetaskforce.org, site accesat la: 27.06.2015.
[35] World Health Organization, http://www.who.int/peh-emf/en/, site accesat la: 14.06.2015.
[36] www.emfnews.org/articles/, site accesat la: 19.06.2015.
[37] Girish Kumar, *Report on cell tower radiation*, Electrical Engineering Department, Delhi, 2010.
[38] http://safetechforschoolsmaryland.blogspot.ro/2015_ 05_ 01_archive.html, site accesat la: 24.06.2015.

Despre autor

Drd. ing. **Iulian OLEŞ**
Universitatea „Politehnica“ – Bucureşti

Inginer electrotehnist cu expertiză în proiectarea aparatelor şi echipamentelor electrice, tehnici de comutaţie în vid, sisteme de microunde, sisteme pentru transportul energiei electrice în curent continuu la înaltă tensiune (tip HVDC), sisteme de comutaţie în curent continuu. În prezent este profesor în cadrul Colegiului Tehnic „Elie Radu“ din Ploieşti. E-mail: iulian.oles@yahoo.com