

Aleksandra KŁOS-WITKOWSKA¹, Vasył MARTSENYUK¹

**BADANIA ODDZIAŁYWAŃ PROMIENIOWANIA
NIEJONIZUJĄCEGO Z ROZTWORAMI POPRZEZ ANALIZĘ
SKANÓW DYSTRYBUCJI POLA ELEKTROMAGNETYCZNEGO W
ZAKRESIE FAL RADIOWYCH**

Streszczenie: W pracy zostały zaprezentowane skany dystrybucji pola elektromagnetycznego o częstotliwości 180, 195, 240 MHz po przejściu przez roztwory Fe^{+2} o stężeniu (0,1;1;10mg/ml). Zaobserwowano zmiany w amplitudzie sygnału wywołane: różną częstotliwości pola elektromagnetycznego, wzrastającym stężeniem badanych substancji (efekt Maxwella-Wagnera oraz dipolarna relaksacja) oraz zmianami strukturalnymi roztworów postępującymi wraz z czasem.

Słowa kluczowe: pole elektromagnetyczne, skany, dystrybucja pola

**RESEARCH ON THE IMPACT OF NON-IONIZING RADIATION
WITH SOLUTIONS THROUGH THE ANALYSIS OF
ELECTROMAGNETIC FIELD DISTRIBUTION SCANS IN THE
RADIO WAVES RANGES**

Summary: The paper presents electromagnetic field distribution scans of 180, 195, 240 MHz after passing through Fe^{+2} solutions with concentration (0.1; 1; 10mg / ml). Changes in signal amplitude were observed after applications: different frequency of electromagnetic field, increasing concentration of test substances (Maxwell-Wagner effect and dipolar relaxation) and structural changes of solutions progressing with time.

Keywords: electromagnetic field, scans, field distribution

1. Wprowadzenie

We współczesnym świecie pola elektromagnetyczne towarzyszą człowiekowi niemalże wszędzie. Ziemskie pole magnetyczne wykorzystywane jest przez większość ptaków, ryb w celu orientacji czy znalezienia właściwego kierunku [1]. Gwiazdy emitują promieniowanie o częstotliwości radiowej [2], systemy telekomunikacyjne i radarowe oraz linie wysokiego napięcia również emitują fale

¹ Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej, Wydział Budowy Maszyn i Informatyki, awitkowska@ath.bielsko.pl

elektromagnetyczne [3]. Istnieją również liczne źródła wewnątrz organizmu żywego począwszy od elektrycznej aktywności mózgu, poprzez pola elektryczne generowane przez ryby i morskie organizmy (używane do rozpoznawania odległości w ciemności). W medycynie standardowo wykorzystuje się istnienie wewnętrznych pól elektromagnetycznych celach diagnostycznych: elektrokardiografia (EKG), elektromiografia (EMG), elektroencefalografia EEG)[4].

Bieżące doniesienia naukowe na temat efektów wywołanych przez promieniowanie elektromagnetyczne rozwijają się obecnie w dwóch równoległych i uzupełniających się nurtach: teoretycznym i eksperymentalnym. Teoretyczne badania koncentrują się na analizie i tworzeniu modeli [2], podczas gdy eksperymentalne pomiary skupiają się na pomiarze wewnętrznych pól oraz współczynników absorpcji (SAR) w zależności od warunków ekspozycji [5].

Organizm może być eksponowany na pole elektromagnetyczne zarówno w polu dalekim promieniowania elektromagnetycznego jak i bliskim. Istnieje duża ilość doniesień naukowych skupiających się na szkodliwych skutkach promieniowania elektromagnetycznego, aczkolwiek istnieje również bogaty obszar literatury fachowej dotyczący pozytywnego, a nawet leczniczego wpływu promieniowania niejonizującego na organizmy. Jako spojrzenie ze względu na przeznaczenie terapeutyczne, wykorzystuje się pola do elektromagnetycznych symulacji ostenogenezy oraz przy wspomaganiu leczenia[6].

Badania mechanizmów wyjaśniających wpływ promieniowania niejonizującego na substancje biologiczne dopiero zaczynają się rozwijać i do tej pory są słabo poznane oraz niedostatecznie wytłumaczone ze względu na ich skomplikowaną naturę. Bieżące doniesienia skoncentrowane są raczej wokół opisywanych obserwowanych efektów, znacznie mniej jest tych skupiających się na wyjaśnieniu mechanizmu działania. Kontrowersje budzą rozważania istnienia komórkowych odpowiedzi na słabe pola elektromagnetyczne z dwóch powodów: po pierwsze, że rezultaty wielu eksperymentów są trudne do udowodnienia [7], po drugie, teoretyczne zarzuty zbyt małej energii pól w stosunku do energii tła, w której badania są prowadzone. W rzeczywistości efekty powstałe w wyniku oddziaływania pola elektromagnetycznego z substancjami biologicznymi zależą od: intensywności aplikowanego pola, częstotliwości, czasu trwania ekspozycji a także od rodzaju badanej substancji [7].

Fala elektromagnetyczna może być przez ośrodek materialny: przepuszczana, odbita, ugięta lub pochłonięta. W przypadku organizmów żywych (ale nie tylko) można obserwować efekty termiczne i nietermiczne. W pierwszym przypadku następuje zamiana energii pola elektromagnetycznego na energię cieplną (np. lokalne podgrzanie). Największy efekt grzejny występuje przy częstotliwościach bliskich naturalnym częstotliwościom rezonansowym ciała, ponieważ wtedy energia absorbowana jest najefektywniej. Dla przykładu częstotliwość rezonansowa głowy wynosi 400 MHz, a dla ciała człowieka stojącego na płaszczyźnie przewodzącej ok.80 MHz [8], natomiast efekt nietermiczny może objawiać się różnie. Wysokie natężenia pól e-m połączone z długim czasem przebywania w ich zasięgu zwiększa ryzyko zachorowania na pewne typy nowotworów[9].

Do tej pory brakuje badań stwierdzających niekorzystny wpływ pola elektromagnetycznego o niskim i średnim natężeniu, aczkolwiek lekarze nie zalecają długiego przebywania w rejonach objętych działaniem takiego pola.

Aby poznać lepiej mechanizmy oddziaływania pól elektromagnetycznych z materią w prezentowanej pracy wykonano analizę skanów pól w zakresie RF (częstotliwości radiowej) oraz zaproponowano interpretację otrzymanych efektów.

2. Materiały i metody

Badaniom zostały podane roztwory wodne Fe^{+2} o stężeniach 0,1mg/ml, 1 mg/ml, 10mg/ml . Iron (II) sulfate heptahydrate w postaci ciała stałego; skryształizowany i liofilizowany proszek (Lot: SLBL6319V) otrzymano z firmy Sigma Aldrich. Skany dystrybucji pola elektromagnetycznego wykonano dla częstotliwości: 180, 195, 240 MHz.

Badania wykonano dla roztworów bezpośrednio po przygotowaniu, dla roztworów 2 dniowych oraz 20 dniowych.

Zmiany dystrybucji pola elektromagnetycznego były badane po przejściu przez substancję biologiczną oraz dla porównania przez warstwy wody i powietrza.

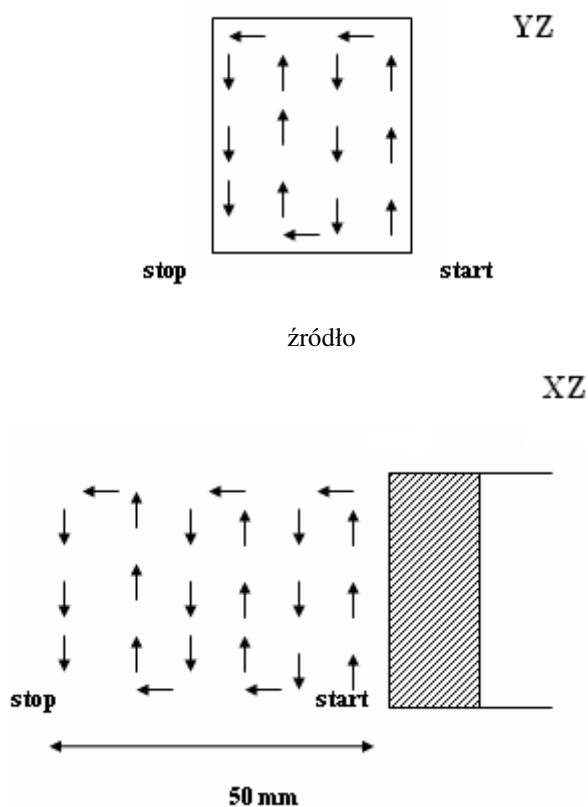
Badane substancje były umieszczone w specjalnych pojemnikach wykonanych z plexi-glasu o wymiarach 25x15x60 mm.

Specjalnie skonstruowane stanowisko pomiarowe zawierało 4 główne komponenty: Źródło pola elektromagnetycznego, analizator widma z sondą pola bliskiego oraz skaner model RSE321 wyposażony w robota z możliwością wykonywania ruchów w płaszczyźnie XYZ oraz komputer. Podczas wykonywania eksperymentu sonda pola bliskiego była przesuwana przez robota do określonych punktów pomiarowych z krokiem co 2 mm, gdzie odbywał się punktowy pomiar amplitudy oraz częstotliwości. Na tej podstawie za pomocą specjalistycznego oprogramowania utworzono skany pola elektromagnetycznego. Skany były wykonywane w płaszczyźnie YZ oraz w płaszczyźnie XZ w odległości 0-50 mm od próbki. Zdjęcie stanowiska pomiarowego przedstawia rys 1.



Rysunek 1. Stanowisko pomiarowe

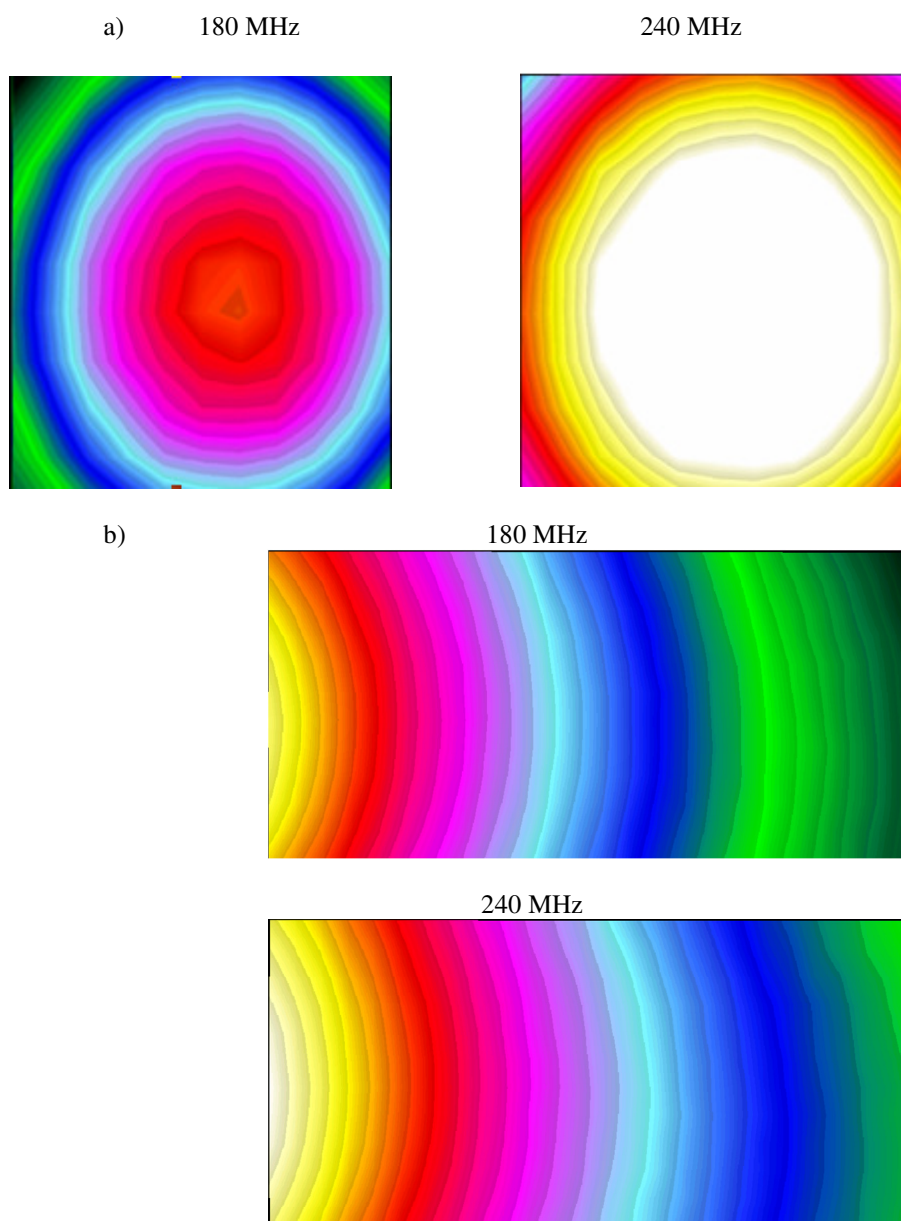
Ruchy robota w płaszczyźnie YZ oraz w płaszczyźnie XZ przedstawia rys 2.



Rysunek 2. Schemat ruchów robota w płaszczyźnie :YZ (a) oraz w płaszczyźnie XZ(b)

3. Rezultaty i dyskusja

Rysunek 3 przedstawia różnice w dystrybucji pola elektromagnetycznego o częstotliwościach 180 oraz 240 MHz po przejściu przez porównywalne warstwy roztworu Fe^{+2} (1mg/ml) bezpośrednio po jego przygotowaniu. Skany (rys.3a) przedstawiają dystrybucje pola w płaszczyźnie YZ natomiast rys.3b obrazuje dystrybucje pola w płaszczyźnie XZ w odległości 5cm od próbki.



Rysunek 3. Różnice w dystrybucji pola elektromagnetycznego o częstotliwościach 180, 240 MHz po przejściu przez porównywalne warstwy roztworu Fe^{+2} (1mg/ml) bezpośrednio po jego przygotowaniu: a) w płaszczyźnie YZ, b) w płaszczyźnie XZ

Kolor biały odpowiada najwyższej wartości amplitudy pola (43,90-43,80) dBuV podczas gdy kolor żółty i kolor pomarańczowy odpowiadają sygnałom o wartościach (43,79-43,39) dBuV oraz (43,38-43,08) dBuV. Pozostałe kolory obejmują

następujące zakresy: czerwony (43,07-42,78) dBuV, różowy (42,77-42,06) dBuV, niebieski (42,057-40,84) dBuV oraz zielony (40,83-40,23) dBuV.

Porównując skany o częstotliwości 180, 240 MHz można dostrzec różną dystrybucję pola ze względu na aplikowaną częstotliwość.

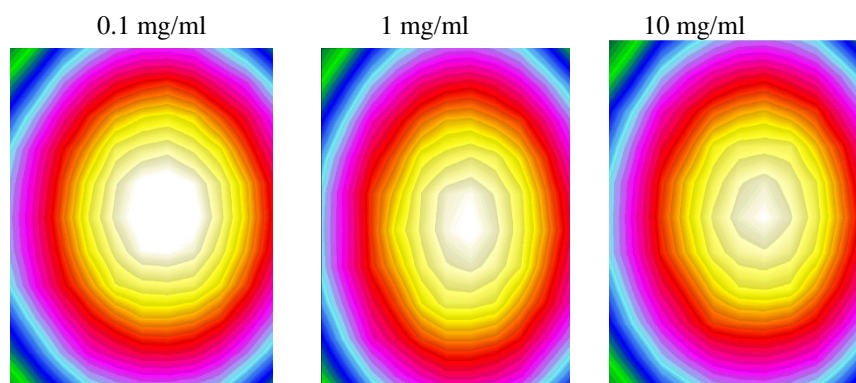
Fakt ten można również dostrzec analizując pozostałe otrzymane skany. Obrazy dystrybucyjne pola dla próbek 2 dniowych i 20 dniowych również potwierdzają to zjawisko.

Analizując skany wykonane w płaszczyźnie YZ (Rys.3a) można zauważyć zmianę amplitudy sygnału po przejściu przez porównywalne warstwy roztworu dla różnych częstotliwości. Wzrost amplitudy sygnału wraz z częstotliwością ilustruje „efekt radioecha”, który powstaje w wyniku oddziaływania pola elektromagnetycznego o częstotliwości radiowej z materią. Wywołany on jest rotacją spinów zmieniających fazę i amplitudę oscylujących dipoli [2].

Obserwowana zmiana w intensywności jest konsekwencją radio-szumów wytwarzanych przez same obiekty a także przez radioecha tych obiektów.

Efekt ten jest zwiany bezpośrednio z intensywnością aplikowanej fali elektromagnetycznej [10]

Skany wykonane w płaszczyźnie XZ (Rys.3b) pokazują zmianę amplitudy sygnału wraz z odległością. Widać na nich, że wraz ze wzrostem odległości od źródła amplituda sygnału maleje, co również pozostaje w zgodności z rozważaniami teoretycznymi [2,10], mówiącymi, że amplituda sygnału maleje wraz z kwadratem odległości od źródła.



Rysunek 4. Zestawienie skanów dystrybucji pola elektromagnetycznego(190 MHz) po przejściu przez roztwory Fe^{+2} o stężeniach odpowiednio: 0,1;1;10 mg/ml.

Rysunek 4 przedstawia zestawienie skanów dystrybucji pola elektromagnetycznego po przejściu przez roztwory Fe^{+2} o stężeniach odpowiednio: 0,1;1;10 mg/ml.

Widać na nich zmianę amplitudy sygnału w zależności od stężenia roztworu.

Efekt ten może być interpretowany jako Efekt Maxwella-Wagnera, który dotyczy dyspersji w koloidach i emulsjach.

Wynika on z odmiennych właściwości dielektrycznych medium oraz substancji rozpuszczonej.

Ze względu na to, że badane roztwory są heterogeniczne obserwowana dyspersja najprawdopodobniej pochodzi od ładunku oddziałującego wewnątrz materiału. Zjawisko to jest konsekwencją zmian fazy pola w wyniku oddziaływania z zawiesiną. Innym zjawiskiem, które mogłoby przyczynić się do obserwowanej zmiany dystrybucji pola jest mechanizm dipolarnej relaksacji.

Jest on drugim możliwym mechanizmem związanym z częściową zmianą orientacji dipoli.

Po aplikacji pola elektromagnetycznego badana substancja zbliża się do osiągnięcia równowagi z polem, a co za tym idzie do osiągnięcia dielektrycznej relaksacji typu Debye.

Czas relaksacji charakteryzuje rotacyjną dyfuzję, która związana jest ze stężeniem badanych substancji.

Obserwowane zmiany dystrybucji pola elektromagnetycznego po przejściu przez roztwory o różnym stężeniu mogą być również wytłumaczone za pomocą modelu Grossa, który stanowi częściowe wytłumaczenie zmian właściwości dielektrycznych. Sprowadza się on do wyjaśnienia przenikalności elektrycznej (ϵ) oraz przewodności (σ) roztworu w oparciu o asymetryczne rozmieszczenie ładunku w pobliżu cząsteczek i na ich powierzchni.

Ruch pojedynczego jonu w medium w pobliżu cząsteczki zależy od znaku jonu na powierzchni cząsteczki. Jeżeli jony są tego samego znaku, wtedy ładunek z medium swobodnie dyfunduje do cząsteczki.

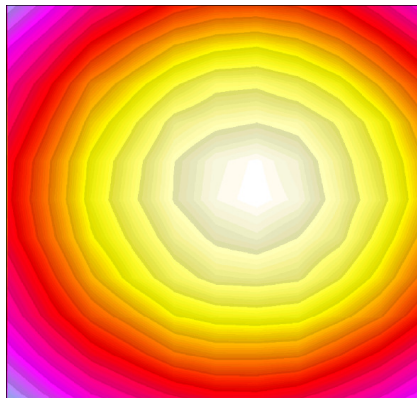
Jeżeli natomiast ładunki jonów są przeciwne, wtedy jony medium muszą „podróżować” dookoła cząsteczki, tworzą się wtedy chmury ładunku elektrycznego, które kumulują się blisko siebie dając wzrost do indukowanych momentów dipolowych, stąd duża przenikalność dielektryczna zawiesin.

W badanym roztworze (podobnie jak w przypadku białek) powierzchnia cząsteczki jest wysoko-ładunkowa, dlatego też efekt przedkłada się na zmianę parametrów dielektrycznych co w konsekwencji prowadzi do obserwowanych zmian w dystrybucji pola elektromagnetycznego.

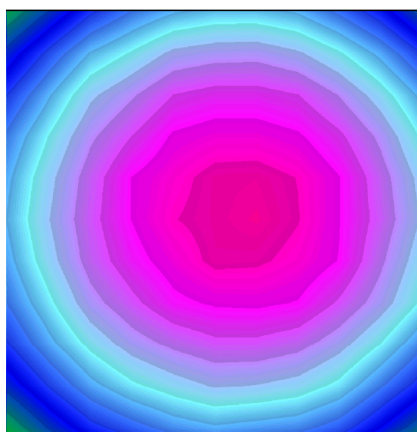
Rysunek 5 przedstawia skany dystrybucji pola elektromagnetycznego dla częstotliwości 240 MHz i stężenia 10 mg/ml.

Zestawienie wykonano dla próbek świeżych badanych bezpośrednio po przygotowaniu (a), dla próbek dwu-dniowych (b) oraz dla próbek 20 dniowych (c). Skany dystrybucji pokazują wyraźną różnicę w rozkładzie pola pomiędzy badanymi próbkami wraz z czasem. Efekt ten jest związany ze zmianami strukturalnymi badanych roztworów, które przebiegają wraz z upływem czasu. Powszechnie wiadomo [11], że wraz z czasem następuje utlenienie żelaza oraz jego zmiana do formy Fe^{+3} . Efekt ten również można dostrzec przypatrując się prezentowanym na Rys 5 skanom.

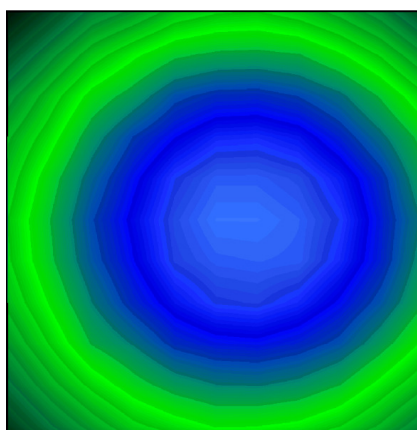
a) bezpośrednio



b) 2-dniowe



c) 20-dniowe



Rysunek 5. Skany dystrybucji pola elektromagnetycznego dla częstotliwości 240 MHz i stężenia 10 mg/ml, dla próbek badanych bezpośrednio po przygotowaniu (a), dla próbek dwu-dniowych (b) oraz dla próbek 20 dniowych (c).

4. Podsumowanie

W prezentowanej pracy zostały zaprezentowane skany dystrybucji pola elektromagnetycznego o częstotliwości 180, 195, 240 MHz po przejściu przez porównywalne warstwy roztworów Fe^{+2} o stężeniach odpowiednio: 0,1;1;10mg/ml. Zaobserwowano zmiany w amplitudzie sygnału pod wpływem różnej częstotliwości. Na podstawie analizy skanów dostrzeżono efekt radioecha.

Wykonano zestawienie skanów pola ze względu na badane stężenie. Zaobserwowano zmianę amplitudy sygnału w zależności od stężenia roztworu. Otrzymany efekt zinterpretowano jako Efekt Maxwella-Wagnera oraz wytłumaczono za pomocą mechanizmu dipolarnej relaksacji.

Badając dystrybucje pola elektromagnetycznego dla próbek świeżych, dwudniowych i dwudziesto-dniowych dostrzeżono wyraźną różnicę w skanach dystrybucji pola związaną ze zmianami strukturalnymi postępującymi w roztworach wraz z upływem czasu.

Szczegółowe teoretyczne analizy prezentowanych rezultatów są bardzo skomplikowane ze względu na wiele różnych zjawisk mogących mieć miejsce podczas transmisji pola elektromagnetycznego przez próbkę: mogą to być odbicia, załamania, lokalne rezonanse. Warto również zwrócić uwagę na fakt, że eksperyment prowadzony był w polu bliskim, gdzie składowe pola elektrycznego (E) i magnetycznego (H) fluktuują.

Przyszłe eksperymentalne i teoretyczne badania są bardzo potrzebne aby pogłębić i poszerzyć prezentowane efekty.

LITERATURA

1. WILTSCHKO R., STAPPUT K., RITZ T., THALAU P., WILTSCHKO W: Magnetoreception in birds: different physical processes for two types of directional responses, HFSP J. 1(2007), 41–48.
2. POLK E., POSTOW: Handbook of biological effects of electromagnetic fields. Praca zbiorowa, Wyd 2. CRC Press, 1996.
3. BIENKOWSKI P: Pole elektromagnetyczne emitowane przez urządzenia w zakresie radio- i mikrofal- aparatura i metodyka, Medycyna Pracy 59(2008)6, 513-519.
4. KŁOS-WITKOWSKA A: Sensory do detekcji biopotencjałów, Blisko człowieka (red. H, Zięba, P. Lizis), Kraków : K&K reklama poligrafia, 2014:211-221
5. KARWOWSKI A: Czy promieniowanie stacji bazowych telefonii komórkowej stanowi zagrożenie Cz. II, Przegląd Telekomunikacyjny Rocznik LXXV i Wiadomości Telekomunikacyjne LXXXI 2002, 101-118.
6. RUBIN C., LEOD K: Prevention of osteoporosis by puls electromagnetic fields, J. Bone Joint Surg 71(1989), 411-417.
7. SZÓSTKA J: Fale i anteny, Wyd 3, Wydawnictwo Komunikacji i Łączności 2001
8. KORZEC P: Wpływ promieniowania elektromagnetycznego na człowieka w sieci GSM Telecom, Forum 9(1998).

9. HOMBERG B: Magnetic fields and cancer animal and cellular evidence an overview, *Environ .Health Perspect.* 103(1995), 63-67
10. SZÓSTKA J: *Fale i anteny*, Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa 2016.
11. MILLERO F., YAO W., AICHER J: The speciation of Fe(II) and Fe(III) in natural waters, *Marine Chemistry* 50(1995), 21-39.