

**Małgorzata Lewicka, Maria Dziedziczak-Buczyńska, Andrzej Buczyński**

prof. dr hab. n. med. Andrzej Buczyński  
dr n. med. Maria Dziedziczak-Buczyńska  
mgr Małgorzata Lewicka  
Zakład Edukacji Zdrowotnej i Promocji Zdrowia Uniwersytetu Medycznego w Łodzi  
Łódź, ul. Żeligowskiego 7/9  
tel. 0 42 639 32 60, [promzdr@achilles.wam.lodz.pl](mailto:promzdr@achilles.wam.lodz.pl)

## **W PŁY W PROMIENIOWANIA ELEKTROMAGNETYCZNEGO NA ORGANIZMY ŻYWE**

*Ogromny rozwój technologiczny, który nastąpił w ostatnim czasie sprawił, że pojawiły się wokół człowieka liczne sztuczne emitery pól elektromagnetycznych o różnej częstotliwości fal. Fakt ten zwrócił uwagę nie tylko naukowców, ale również mediów a w konsekwencji wszystkich ludzi. Promieniowanie elektromagnetyczne jako czynnik środowiskowy oddziałuje na organizmy żywe w sposób wielotorowy. Różnorodne efekty biologiczne i zdrowotne nie zostały jeszcze w pełni poznane.*

*W artykule przedstawiono podstawowe informacje na temat pól elektromagnetycznych oraz efektów biologicznych i zdrowotnych, jakie wywołują.*

**Słowa kluczowe:** promieniowanie elektromagnetyczne, efekty biologiczne, efekty zdrowotne

## **ELECTROMAGNETIC RADIATION INFLUENCE ON LIVING ORGANISMS**

*Huge technological development which has taken place recently, has made numerous artificial emitters of various wave frequency electromagnetic fields appear around us. This fact attracted the attention of not only scientists but also mass media and consequently, all people's attention. Electromagnetic radiation, being an environmental factor, has an impact on living organisms in multiple way. Various biological and health effects are not known completely yet. This article presents some basic information about electromagnetic fields and biological and health effects, caused by them.*

**Keywords:** electromagnetic radiation, biological effects, health effects

## WSTĘP

Pole elektromagnetyczne (PEM) jest to stan energetyczny przestrzeni otaczającej poruszające się ładunki elektryczne. Energia ta rozprzestrzenia się za pomocą promieniowania elektromagnetycznego. Głównym parametrem opisującym PEM jest częstotliwość ( $f$ ), czyli jego zmienność w czasie. Ze względu na nią PEM można podzielić na:

1. pola stałe, gdzie  $f=0$ ;
2. pola ekstremalnie niskich częstotliwości PEM ELF, gdzie  $0 < f \leq 300\text{Hz}$ ;
3. pola częstotliwości pośrednich PEM IF, gdzie  $300\text{Hz} < f \leq 100\text{kHz}$ ;
4. pola częstotliwości radiowych PEM RF, gdzie  $100\text{kHz} < f \leq 300\text{GHz}$ .

Kolejną wielkością charakteryzującą PEM jest długość fali, która wyraża się wzorem  $\lambda = c/f$ , gdzie  $c$  to szybkość światła równa w przybliżeniu  $300000 \text{ km/s}$ .

Istnienie pola elektromagnetycznego ma związek z istnieniem w przyrodzie ładunków elektrycznych. Obecność przeciwstawnych ładunków, czyli różnicy potencjałów wywołuje pole elektryczne [22].

Natomiast ruch ładunków powoduje pole magnetyczne, linie tego pola są zamknięte.

Na pole elektromagnetyczne składają się wzajemnie przenikające się pola elektryczne i magnetyczne. Składowa elektryczna opisywana jest przez wektor natężenia pola elektrycznego  $E$  (jednostką jest  $\text{V/m}$ ). Siła elektryczna  $F = qE$  działa na cząstki materialne obdarzone ładunkiem elektrycznym  $q$  znajdujące się w polu elektrycznym  $E$ .

Składową magnetyczną opisuje wektor natężenia pola magnetycznego  $H$  (jednostką jest  $\text{A/m}$ ) lub wektor indukcji magnetycznej  $B$  (jednostką jest tesla  $\text{T}$ ).

Na cząsteczki obdarzone ładunkiem elektrycznym  $q$  działa siła magnetyczna

$F = q [v \times B]$ , gdzie  $v$  oznacza prędkość cząsteczki, a  $\times$  iloczyn wektorowy. Energię zgromadzoną w PEM opisuje wektor Poyntinga  $S = E \times H$  (w przypadku promieniowania elektromagnetycznego nazywa się go gęstością mocy padającej), a jednostką jest  $\text{W/m}^2$ .

W wyniku przekazywania energii elektromagnetycznej cząstkom obdarzonym ładunkami elektrycznymi, energia promieniowania jest pochłaniana przez napromieniowywany obiekt. Pochłanianie energii jest opisywane przez współczynnik SAR (Specific Absorption Rate – swoiste tempo pochłaniania energii elektromagnetycznej), którego jednostką jest  $\text{W/kg}$ . SAR jest podstawową wielkością dozymetryczną, którą rekomendują międzynarodowe zalecenia i zagraniczne przepisy ochronne do oceny zagrożenia powodowanego przez PEM wielkiej częstotliwości i określa ilość energii absorbowanej lokalnie w jednostce czasu na jednostkę masy tkanki [11].

Dla danego obiektu SAR zależy od jego właściwości - gęstości i przewodności a także od natężenia pola elektrycznego wewnątrz niego.

Pole elektromagnetyczne (PEM) występuje w całym Wszechświecie. Począwszy od częstotliwości drgań własnych atomu wodoru o częstotliwości  $4,5 \text{ Hz}$  a skończywszy na niewyobrażalnie silnym źródle promieniowania gamma, jakimi są gwiazdy, których cykl „życia” zbliża się ku końcowi.

Do ochrony przed naturalnym promieniowaniem występującym na Ziemi organizm ludzki jest genetycznie zaadaptowany. Ponadto jest chroniony przez osłony ziemskie, takie jak: jonosfera i magnetosfera.

W zależności od energii promieniowania można wyróżnić promieniowanie jonizujące i niejonizujące. Pierwsze z wymienionych ma na tyle dużą energię, że może wywołać jonizację cząsteczek materii. Głównym naturalnym źródłem tego

promieniowania jest promieniowanie kosmiczne, promieniowanie emitowane przez Słońce, a także złoża pierwiastków promieniotwórczych. Natomiast najczęstszymi źródłami sztucznymi promieniowania jonizującego są aparaty rentgenowskie, izotopy, lampy UV (promieniowanie z zakresu nadfioletu) oraz eksplozje atomowe. Pola te wywołują zmiany kumulujące się, co oznacza, że każda następna dawka, proporcjonalnie do czasu i natężenia ekspozycji, powiększa efekt działania poprzedniej. Promieniowanie niejonizujące to wszystkie pozostałe zmienne pola o energii niewystarczającej do jonizacji (tab. 1).

Tabela 1.

Spektrum elektromagnetyczne		
Rodzaj	Częstotliwość	Rodzaj promieniowania
niejonizujące	0 Hz	DC (pola stałe)
	50 Hz-300 Hz	ELF (krańcowo mała częstotliwość)
	3 kHz	VLF (bardzo mała częstotliwość)
	>100 kHz	HF (duża częstotliwość)
	100 MHz	VHF (bardzo duża częstotliwość)
	1 GHz	UHF (ultra wielka częstotliwość)
		<b>Mikrofale</b>
	10 GHz	SHF (super wielka częstotliwość)
	100 GHz	EHF (ekstremalnie wielka częstotliwość)
		Podczerwień
	Światło widzialne	
	Nadfiolet	
jonizujące	$10^{20}$	Promieniowanie X
	$10^{21}$	Promieniowanie $\gamma$
	$10^{25}$	Promieniowanie kosmiczne

Problemem dzisiejszych czasów jest ogromny postęp technologiczny a wraz z nim nowo powstałe źródła promieniowania szerokiego zakresu częstotliwości i natężeń. Wprowadzenie w życie nowych emiterów sztucznego promieniowania elektromagnetycznego powoduje ich zagęszczenie, szczególnie na obszarach miejskich. Wśród nich należy wymienić między innymi: systemy łączności bezprzewodowej (np. sieci komputerowe), radiolokacji, telekomunikacji i czujniki wykorzystujące fale radiowe (mikrofalowe czujniki ruchu, systemy kontroli dostępu). Ponadto dochodzą do tego urządzenia przemysłowe, medyczne i gospodarstwa domowego (np. kuchenki mikrofalowe, komputery, radia, suszarki itp.). Wynikiem działania tych wszystkich źródeł jest wzrost średniego natężenia pola elektromagnetycznego w miastach, co prowadzi do zjawiska zwanego smogiem elektromagnetycznym.

Wzrost ilości urządzeń elektrycznych oznacza z jednej strony łatwiejsze, bardziej komfortowe życie, ale z drugiej strony niesie za sobą liczne zagrożenia, także zdrowotne wynikające ze szkodliwych właściwości tych urządzeń. W wyniku występowania w nich napięcia wytwarzają one pola. Głównie są to pola zmienne o małej częstotliwości do 50 Hz (pola bliskie), ich przykładem są sieci zasilające nasze domy. Do silniejszych pól elektromagnetycznych można zaliczyć pola wytwarzane przez monitory komputerowe bądź telewizory, których częstotliwość dochodzi do 100 Hz. Jedne z silniejszych pól to te wytwarzane przez nadajniki telewizyjne, radiowe, telefonii komórkowej lub mikrofalówki. Częstotliwość pola pochodzącego z telefonu komórkowego

to 900 MHz dla GSM oraz 1800 MHz dla systemu DCS. Należą one do tzw. źródeł działających blisko ciała ludzkiego. Szacuje się, że na całym świecie ponad 2 miliardy ludzi korzysta z telefonów komórkowych, a w Europie liczba użytkowników może sięgać ponad 80% ludności.

Najsilniejsze pola elektromagnetyczne wytwarzane są we wnętrzach kuchенок mikrofalowych oraz w pobliżu nadawczych anten mikrofalowych. Ich częstotliwość przekracza 2 GHz.

## **EFEKTY BIOLOGICZNE I ZDROWOTNE**

Fale elektromagnetyczne o rozmaitych częstotliwościach tworzą różne zagrożenie dla ludzi i środowiska.

Efekt działania pola elektromagnetycznego na organizmy zależy od widmowej charakterystyki emitowanego promieniowania. Przyjęcie nawet niewielkich dawek promieniowania jonizującego (powyżej  $3 \times 10^6$  GHz) może być niebezpieczne dla zdrowia, a nawet życia. Działanie biologiczne fal promieniowania niejonizującego (do 300 GHz) zależy od wielu czynników związanych zarówno z właściwościami fizycznymi samej fali, a także i ośrodka, przez który przechodzi. Przechodząc przez ciało fala elektromagnetyczna oddaje mu część swojej energii, ulega załamaniu oraz jej część jest odbijana przez tkanki. Fale długie, o niskiej częstotliwości wnikają głęboko do wnętrza organizmu, zanim ich energia zostanie pochłonięta. Natomiast mikrofae większość swojej energii wytrącają na tkankach powierzchniowych. Woda, która stanowi około 70% masy ciała powoduje silne tłumienie rozchodzącej się fali. Z tego powodu tkanki o dużym uwodnieniu, np. mięśnie lub krew przejmują energię znacznie silniej niż tkanki o niskiej zawartości wody.

Mimo iż temat wpływu pól elektromagnetycznych na człowieka od pewnego czasu skupia uwagę badaczy, ekspertów oraz mediów a badania w tym zakresie prowadzone są od kilkudziesięciu lat, nadal ten problem jest daleki od rozwiązania i wiele pytań pozostaje bez jednoznacznych odpowiedzi.

Interpretacja obserwowanych zjawisk nasuwa wiele trudności, gdyż efekty działania pól elektromagnetycznych są zazwyczaj słabe, przemijające, trudne do odtworzenia i powtórzenia [13]. Z tego powodu wynika trudność badań i wyciągnięcie z nich jednoznacznych wniosków dotyczących wpływu pól elektromagnetycznych na człowieka.

Co roku w międzynarodowych czasopismach ukazuje się około 1000 publikacji dotyczących mechanizmów działania pól elektromagnetycznych oraz efektów zdrowotnych, biologicznych jakie wywołują. Najwięcej z nich skupia się na nowotworach mózgu i białaczkach. Badania związane z oceną zagrożeń ze strony pól elektromagnetycznych dla zdrowia można podzielić na szeroko pojęte sektory, jak badania epidemiologiczne, badania eksperymentalne na ludziach, badania eksperymentalne na zwierzętach oraz badania kultur komórkowych.

Obecnie na podstawie obserwacji, badań i wiedzy medycznej wiadomo, że pola elektromagnetyczne wywołują następujące symptomy:

- zaburzenia snu,
- bóle głowy,
- zmiany ciśnienia krwi,
- pogorszenie wzroku,
- zmiany w morfologii,
- zaburzenia koncentracji.

Wiadome jest również, że wpływ PEM można podzielić na efekty termiczne i nietermiczne. Efekty termiczne powodują podwyższenie temperatury komórek. Znaczny wzrost temperatury komórek powoduje nieodwracalne uszkodzenia związane z koagulacją białek. Najbardziej podatne komórki na efekty termiczne to te ze słabą cyrkulacją krwi, jak soczewki, pęcherz moczowy, jądra oraz niektóre części przewodu pokarmowego. Eksperymenty przeprowadzone na zwierzętach dowiodły, że wzrost temperatury prowadzi do zniszczenia komórek i w następstwie powoduje śmierć. Efekty termiczne są łatwe do zmierzenia. Wiele więcej kontrowersji i problemów skupia się wokół efektów nietermicznych. Przeprowadzane badania na całym świecie potwierdzają, że pola elektromagnetyczne 50 Hz mogą mieć wpływ na ryzyko pojawienia się takich chorób jak nowotwory [4].

Początek badaniom nad wpływem pola elektromagnetycznego na karcinogenezę dały niepokojące dane na temat zwiększonej zachorowalności na białaczki i guzy mózgu u dzieci mieszkających w pobliżu linii wysokiego napięcia [1].

Opublikowanie kolejnych niepokojących danych przez Wertheimera i Leepera w 1979 r. dotyczących wzrostu zachorowalności na białaczki i guzy mózgu u dzieci mieszkających w pobliżu linii przesyłowych prądu elektrycznego, zapoczątkowało lawinę podobnych badań [23].

W przeprowadzonych badaniach w 1993 r. Olsen stwierdził, że u dzieci narażonych na działanie pola o natężeniu większym niż 0,4  $\mu\text{T}$ , mieszkających w pobliżu linii przesyłowych znamienne wzrasta liczba nowotworów [15]. Ostatnie badania kliniczno - kontrolne przeprowadzone na terenie Niemiec dotyczyły wpływu pól elektromagnetycznych o częstotliwościach radiowych (RF) na występowanie białaczek u dzieci mieszkających w odległości nie większej niż 2 km od radiowych i telewizyjnych nadajników dużej mocy. Wyniki tych badań nie ukazały związku pomiędzy wzrostem ryzyka zachorowalności na białaczki a narażeniem na pola zakresu RF [12].

Rodzaj, nasilenie oraz długotrwałość zmian biologicznych, jakie powoduje fala elektromagnetyczna zależą od natężenia, częstotliwości i czasu ekspozycji.

Pola elektromagnetyczne krańcowo małej częstotliwości zostały zakwalifikowane jako przypuszczalnie kancerogenne dla ludzi, głównie na podstawie badań epidemiologicznych konsekwentnie ukazujących powiązanie pomiędzy przeciętną długoterminową ekspozycją na pola magnetyczne powyżej 0,3/0,4  $\mu\text{T}$  i ryzykiem białaczki u dzieci. Jednak, według Schuz i wsp. żaden mechanizm wyjaśniający te rezultaty nie został ustalony oraz nie pojawił się żaden dowód na istnienie takich związków w badaniach eksperymentalnych [20].

Natomiast badania *in vitro* nad wpływem pola elektromagnetycznego (o częstotliwości 50 Hz i indukcji 10mT) na generację wolnych rodników wykazały znaczny ich wzrost po ekspozycji w stosunku do wartości początkowych [10]. Ponadto te same badania wykazały, że pole elektromagnetyczne o podanych wyżej parametrach powoduje uszkodzenie błony komórkowej poprzez peroksydację lipidów. Jako markera tego zjawiska użyto oznaczenia poziomu dialdehydu malonowego. Wzrost jego poziomu w połączeniu ze zwiększoną generacją wolnych rodników, świadczy o uszkodzeniu błon komórkowych przez te ostatnie [9]. Większość badaczy uważa, że pola elektromagnetyczne nie stanowią czynnika wywołującego chorobę nowotworową, a umożliwiają lub przyspieszają wzrost nowotworu zainicjowanego przez inny czynnik. Baum i wsp. wykazali szybszy rozwój nowotworu sutka u szczurów, wywołanego przez dimetylobenzantracen, po zastosowaniu pola o częstotliwości 50 Hz i indukcji 100  $\mu\text{T}$  [2].

Wiele prac koncentruje się również na skutkach genotoksycznych wpływu pól elektromagnetycznych. W badaniach REFLEX, prowadzonych przez dwanaście grup

badawczych w siedmiu krajach europejskich zaobserwowano zerwania nici DNA, wzrost liczby mikrojąder i aberracji chromosomalnych w wyniku ekspozycji na pole RF (1800 MHz) [8].

Również Nordensen i wsp. wykazali dwukrotnie częstsze występowanie aberracji chromosomowych w ludzkich komórkach amniotycznych, które były poddane ekspozycji na pole o częstotliwości 50 Hz i indukcji magnetycznej 30  $\mu$ T w porównaniu z komórkami nieekspozowanymi [14]. Jednak w innych badaniach podobnych efektów nie zaobserwowano. Chang i wsp. zależności pomiędzy wpływem pól o częstotliwościach od 835 do 2450 MHz a występowaniem skutków genotoksycznych nie wykazali [7].

Ponadto w doniesieniach naukowych można znaleźć informacje określające wpływ pól na układ krążenia. Przykładem mogą być badania, w których stwierdzono zwiększone ryzyko zgonu z powodu zawału serca i zaburzeń rytmu u osób pracujących w warunkach podwyższonej ekspozycji na promieniowanie elektromagnetyczne [19].

Dostępne dane pozwalają na stwierdzenie, że pole elektromagnetyczne nie pozostaje bez wpływu również na inne układy organizmu ludzkiego. W badaniach potwierdzono zaburzenia funkcji ośrodkowego układu nerwowego. Wśród populacji ekspozowanej zaobserwowano zwiększoną częstość zaburzeń psychicznych [3], wzrost zachorowań na chorobę Alzheimera [17], stwardnienie zanikowe boczne [18], czy wystąpienie demencji [16].

Do najbardziej prawdopodobnych efektów biologicznych oddziaływania pól elektromagnetycznych obserwowanych w badaniach doświadczalnych przeprowadzanych na komórkach zalicza się zaburzenia czynności transportu jonów sodu i potasu przez błony komórkowe, które są szczególnie wrażliwe na działanie pól oraz towarzyszące tym zaburzeniom efekty wtórne w postaci zmian aktywności enzymu syntezy kwasów nukleinowych czy białek. Inne prawdopodobne komórkowe efekty biologiczne obserwowane w określonych warunkach ekspozycji to: pobudzenie proliferacji komórek, wzrost zawartości kwasów nukleinowych, zwiększony wypływ jonów wapnia z komórek, zmiana przestrzennego rozłożenia receptorów komórkowych oraz ich kształtów, co wpływa prawdopodobnie na skuteczność układu odpornościowego, który uaktywnia się wtedy, gdy receptory na komórkach immunologicznie kompetentnych rozpoznają antygeny.

Problematyka wpływu promieniowania elektromagnetycznego na układy biologiczne dotyczy także ich wpływu na wzrost generacji wolnych rodników.

Canseven i wsp. w swoich badaniach prześledzili wpływ pól elektromagnetycznych niskich częstotliwości (ELF) na poziom wolnych rodników, naturalny system obrony antyoksydacyjnej oraz aktywność wybuchu oddechowego w tkankach serca i wątroby świnek morskich ekspozowanych na pola o parametrach 50 Hz i 1, 2 oraz 3 mT. Rezultaty tych badań ukazały, że natężenie i długość ekspozycji mają wpływ na powstawanie wolnych rodników oraz zachowanie enzymów antyoksydacyjnych [6].

Z badań nad wpływem pola elektromagnetycznego na metabolizm tlenowy komórki wynika, że PEM o częstotliwości 1000 Hz i indukcji 0,5 mT (odwzorowanie równoważne z parametrami panującymi w pojazdach samochodowych) jest przyczyną tzw. wybuchu tlenowego (jest to gwałtowny wzrost liczby wolnych rodników tlenowych niszczących między innymi błonę komórek człowieka)[5].

Badania naukowe stwierdzają również, że promieniowanie elektromagnetyczne generowane przez telefon komórkowy o częstotliwości 900 MHz i mocy 4 W wpływa na metabolizm tlenowy komórek. Stres oksydacyjny wywołany tym promieniowaniem może być przyczyną niekorzystnych zmian w aktywności enzymów obrony antyoksydacyjnej (obniżenie aktywności dysmutazy ponadtlenkowej) oraz uszkodzenia komórkowych

blonowych struktur lipidowych (wzrost stężenia dialdehydu malonowego)[21].

### **PODSUMOWANIE**

Wielokrotne doniesienia naukowe o wpływie pól elektromagnetycznych są ze sobą sprzeczne. Nasuwa się tu pytanie: skąd bierze się ten problem? Problemem mogą być błędy metodologiczne oraz fakt, że zmiana parametrów oddziałującego czynnika na badany materiał już o nieznaczone wartości, determinuje uzyskanie często całkiem odmiennych wyników.

Mimo że do chwili obecnej, w dostępnej literaturze, brak jest dostatecznego udokumentowania skutków zdrowotnych oddziaływania pól elektromagnetycznych zalecane jest jednak stosowanie indywidualnych metod ograniczania ryzyka, sprowadzające się do zasady świadomego unikania zbędnego narażenia (prudent avoidance).

Nie ulega wątpliwości, że dalsze badania nad wpływem tego czynnika są w pełni uzasadnione.

### **LITERATURA**

1. Asanowi T., Rakov A., "The state of health of persons working in electric fields of outdoor 400 and 500 kV switch-yards"; *Gin. Tr. Prof. Zabol.*, 10, 50-52, 1966,
2. Baum A., Merisson M., Kaminko K., Mohr U., Löscher W. "A histopathological study on alternation in DMBA-induced mammary carcinogenesis in rats with 50Hz, 100  $\mu$ T magnetic field exposure"; *Carcinogenesis*, 16, 19, 1995,
3. Beale I., Pearce N., Conroy D., Henning M., Murrell K. "Physiological effects of chronic exposure to 50 Hz magnetic fields in human living near extra-high-voltage transmission lines"; *Bioelectromagnetics*, 18, 8, 584-594, 1997,
4. Bukowicki R., Sanchez A., "Protection against electromagnetic field and radiation at low frequency 50Hz"; *International Conference on Electromagnetic Fields and Environment*, 2007,
5. Buczyński A., Cader A., Pacholski K., Dziedziczak-Buczyńska M., Jerominko A.: "The effect of electromagnetic field occurring in vehicles on reactive oxygen species (ROS) generation in blond platelets"; *Polish Journal of Environmental Studies*, Vol. 15, No. 2B, Part IV, 2006,
6. Canseven AG, Coskun S., Sevhan N. "Effects of various extremely low frequency magnetic fields on the free radical processes, natural antioxidant system and respiratory burst system activities in the heart and liver tissues"; *Indian J. Biochem. Biophys.* (5):326-31, 2008,
7. Chang S.K., Choi J.S., Gil H.W., Yang J.O., Lee E.Y., Jeon Y.S., Lee Z.W., Lee M., Hong M.Y., Ho Son T. i inni. "Genotoxicity evaluation of electromagnetic fields generated by 835-MHz mobile phone frequency band"; *Eur J Cancer Prev*, 14(2):175-9, 2005,
8. Diem E., Schwarz C., Adlkofer F., Jahn O., Rudiger H. "Non-thermal DNA breakage by mobile-phone radiation (1800 MHz) in human fibroblasts and in

- transformed GFSH-R17 rat granulosa cells in vitro”; *Mutat Res.*, 583(2):178-183, 2005,
9. Jankowski W., Henrykowska G., Dziedziczak-Buczyńska M., Pacholski K., Buczyński A., „Aktywność enzymatyczna katalazy oraz stężenie dialdehydu malonowego (TBARS) w krwinkach płytkowych ekspozowanych na promieniowanie elektromagnetyczne o różnym kształcie”, *Polish Hyperbaric Research*, nr 2 (23), 15-24, 2008,
  10. Jankowski W., Henrykowska G., Śmigielski J., Pacholski K., Dziedziczak-Buczyńska M., Kałka K., Buczyński A. „Wpływ kształtu pola elektromagnetycznego na wybrane parametry metabolizmu tlenowego krwinek płytkowych – badania *in vitro*”, *Pol. Merk. Lek.*, XXIV, 144, 529-532, 2008,
  11. Karwowski A., „Ochrona ludzi i środowiska przed promieniowaniem urządzeń radiokomunikacji ruchomej – stan prac normalizacyjnych”, *Przegląd Telekomunikacyjny*, rocznik LXXVIII, nr 6/2005,
  12. Merzenich H, Schmiedel S, Bennack S, Brüggemeyer H, Philipp J, Blettner M, Schüz J. „Childhood leukemia in relation to radio frequency electromagnetic fields in the vicinity of TV and radio broadcast transmitters”; *Am. J. Epidemiol.*, 168(10): 1169-78, 2008,
  13. Mosińska F., Wira A., „Reakcje społeczne na ryzyko związane z wpływem pola elektromagnetycznego na zdrowie”; *ISE.pl* 2001,
  14. Nordensen I., Mild KH., Andersson G., Sandstrom M. “Chromosomal aberrations in human amniotic cells after intermittent exposure to fifty hertz magnetic fields”; *Bioelectromagnetics*, 15, 293, 1994,
  15. Olsen J., Nielsen A., Schulgen G. “Residence near high voltage facilities and risk of cancer in children”; *Br. Med. J.*, 307, 891-894, 1993,
  16. Park R.M., Schulte P.A., Bowman J.D., Walker J.T., Bondy S.C., Yost M.G. i wsp. “Potential risks for neurodegenerative diseases”; *Am. J. Ind. Med.*, 48(1):63-77, 2005,
  17. Qiu C., Fratigilioni L., Karp A., Winblad B., Bellander T. “Occupational exposure to electromagnetic fields and risk of Alzheimer’s disease”; *Epidemiology*, 15(6):687-694, 2004,
  18. Savitz D., Checkoway H., Loomis D. “Magnetic field exposure and neurodegenerative disease mortality among electric utility workers”; *Epidemiology*, 9(4), 398-404, 1998,
  19. Savitz D., Liao D., Sastre A., Kleckner R., Kavet R. “Magnetic field exposure and cardiovascular disease mortality among electric utility workers”; *Am. J. Epidemiol.*, 149(2), 135-142, 1999,
  20. Schuz J., Ahlbom A., “Exposure to electromagnetic fields and the risk of childhood leukaemia: a review”; *Radiat. Prot. Dosimetry*, 132(2), 202-211, 2008,
  21. Stopczyk D., Gnitecki W., Buczyński A., Markuszewski L., Buczyński J. „Zmiany aktywności dysmutazy ponadtlenkowej (SOD-1) oraz stężenia dialdehydu malonowego w krwinkach płytkowych poddanych działaniu promieniowania elektromagnetycznego wysokiej częstotliwości generowanego przez telefon komórkowy – badania *in vitro*”; *Medycyna Pr.*, 53, 4, 311-314, 2002,
  22. Śliwińska-Kowalska M. „Ekspozycja środowiskowa na pola elektromagnetyczne a ryzyko rozwoju chorób nowotworowych”; *Medycyna Pr.*, 50(6) 581-591, 1999,
  23. Wertheimer N., Leeper E., “Electrical wiring configurations and childhood cancer”; *Am. J. Epidemiol.*, 109, 273-284, 1979,



Autorzy:

**prof. dr hab. n. med. Andrzej Buczyński** – jest Kierownikiem Zakładu Edukacji Zdrowotnej i Promocji Zdrowia Uniwersytetu Medycznego w Łodzi. Specjalista m.in. z zakresu higieny i epidemiologii, zdrowia publicznego oraz medycyny morskiej i tropikalnej. Aktualnie zajmuje się badaniami nad wpływem pola elektromagnetycznego na metabolizm tlenowy krwinek płytkowych

**dr n. med. Maria Dzedziczak-Buczyńska** – jest adiunktem Zakładu Edukacji Zdrowotnej i Promocji Zdrowia Uniwersytetu Medycznego w Łodzi. Działalność dydaktyczną prowadzi z zakresu epidemiologii oraz medycyny pracy. Zajmuje się również badaniem układów antyoksydacyjnych w komórkach organizmu ludzkiego.

**mgr Małgorzata Lewicka** – jest magistrem Zdrowia Publicznego, doktorantką w Zakładzie Edukacji Zdrowotnej i Promocji Zdrowia Uniwersytetu Medycznego w Łodzi. Zajmuje się badaniami nad wpływem promieniowania elektromagnetycznego na komórki organizmu ludzkiego.

**Dotychczas nakładem Wydawnictwa PTMiTH ukazały się następujące monografie:**

1. Olszański R., Siermontowski P.: ABC zdrowia nurka: PTMiTH Gdynia 2000 rok, str. 110,  
ISBN 83-88327-21-6
2. Olszański R.: Ocena zagrożenia chorobą dekompresyjną u nurków: PTMiTH Gdynia 2006 rok, str. 125,  
ISBN 83-88327-75-5
3. Kłos R.: Zastosowania metod statystycznych w technice nurkowej: PTMiTH Gdynia 2007 rok, str. 318  
ISBN 978-83-924989-2-6
4. Olejnik A.: Wentylacja komory dekompresyjnej podczas powietrznych ekspozycji hiperbarycznych: PTMiTH Gdynia 2007 rok, str. 128,  
ISBN 978-83-924989-3-3
5. Kłos R.: Mathematical modelling of the normobaric and hyperbaric facilities ventilation: PTMiTH Gdynia 2007 rok, str. 183  
ISBN 978-83-924989-0-2
6. Kłos R.: Systemy podtrzymania życia na okręcie podwodnym: PTMiTH Gdynia 2008 rok, str. 163,  
ISBN 978-83-924989-4-0