

**Galyna KALDA**  
**Politechnika Rzeszowska**  
**Marcin WAWRYCA**  
**Firma „Wind Energia”, Rzeszów**

## **ZAGROŻENIE ELEKTROMAGNETYCZNE ŚRODOWISKA W POLSCE**

Artykuł zawiera wyniki badań zanieczyszczenia elektromagnetycznego środowiska, wpływ częstotliwości pola elektromagnetycznego, źródeł sztucznych pola elektromagnetycznego, promieniowania optycznego i jonizującego na człowieka.

### **1. Wstęp**

Promieniowanie elektromagnetyczne jest w naszym środowisku zjawiskiem bardzo powszechnym i naturalnym. Źródłem promieniowania są: Słońce, Ziemia, oraz ich pola wzajemnie na siebie oddziałujące. Promieniowanie to zjawisko polegające na wysyłaniu i przekazywaniu energii na odległość. Energia ta może być przekazywana w postaci cząstek, światła, ciepła i fal elektromagnetycznych. Źródła promieniowania powstają wraz z rozwijającą się cywilizacją, wokół nas codziennie pojawiają się nowe dodatkowe źródła promieniowania elektromagnetycznego. Inaczej mówiąc, promieniowanie elektromagnetyczne jest to mieszanka promieniowania elektrycznego i magnetycznego. Z promieniowaniem elektrycznym mamy do czynienia w żarówkach lub błyskawicach, natomiast z promieniowaniem magnetycznym spotykamy się w ziemskim polu magnetycznym, czyli kompasie, a z magnetyzmem w magnesie.

W praktyce nie można wyznaczyć granic widma fal elektromagnetycznych. Rozciąga się ono od wartości bliskich zeru do nieskończoności. Najprostszym podziałem fal ze względu na oddziaływanie ich na życie człowieka jest wyznaczenie następujących zakresów: bardzo niskie i niskie częstotliwości (do 100 kHz), fale radiowe, mikrofae, promieniowanie optyczne, promieniowanie jonizujące (X,  $\gamma$ ) [8].

### **2. Klasyfikacja sztucznych źródeł pola elektromagnetycznego**

Do głównych sztucznych źródeł wytwarzających pola elektromagnetyczne, znacząco oddziałujących na środowisko zalicza się:

- obiekty elektroenergetyczne (linie i stacje elektroenergetyczne, elektrociepłownie i elektrownie),

- obiekty radiokomunikacyjne (stacje nadawcze radiowe i telewizyjne, stacje bazowe telefonii komórkowej),
- obiekty radiolokacyjne (radary na lotniskach, urządzenia naprowadzające na pokładach samolotów i statków),
- sprzęt gospodarstwa domowego (kuchenki gazowe, lodówki, telewizory, elektryczne maszynki do golenia, żelazka, kuchenki mikrofalowe itp.),
- sprzęt biurowy (komputery, monitory, drukarki, skanery),
- urządzenia medyczne (tomografia).

Naturalne procesy elektromagnetyczne rozwijają się w środowisku od początku i stanowią zasadniczy składnik środowiska Ziemi. Człowiek stosunkowo niedawno zaczął wprowadzać do środowiska naturalnego urządzenia emitujące energię elektromagnetyczną w szerokim zakresie częstotliwości. Ostatnie lata są związane z dużym wzrostem liczby i mocy źródeł wytwarzających pole elektromagnetyczne. Wynika z tego, że naturalne środowisko elektromagnetyczne Ziemi jest zakłócanie przez pole elektromagnetyczne, którego źródło stanowią przede wszystkim: duża liczba stacji radiowych, telewizyjnych, łączności satelitarnej, stacji radiolokacyjnych, radionawigacyjnych, CB-radia, radiotelefonii ruchomej i telefonii komórkowej. Zgodnie z ustaleniami Międzynarodowej Unii Telekomunikacji widmo elektromagnetyczne do 3 THz zostało podzielone na 12 pasm częstotliwości. W zakresie małych częstotliwości (150-285 kHz) w Europie zarejestrowanych jest 90 stacji o łącznej mocy 54 MW. W zakresie średnich częstotliwości (525-1605 kHz) moce wyjściowe nadajników zawierają się w przedziale od 0,1 do 2000 kW. W tym zakresie częstotliwości liczba stacji nadawczych zarejestrowanych w Europie jest znacznie większa, np. we Włoszech jest ich ponad 380. Najwięcej stacji radiowych zarejestrowanych jest w byłym RFN i liczba ta przekracza 6700 stacji. Przy dużej liczbie źródeł wytwarzających pole elektromagnetyczne w szerokim zakresie częstotliwości i działających jednocześnie uzyskuje się widmo wypadkowe zawierające dominujące dyskretne składowe o szczególnie dużej intensywności oraz tło lub tzw. smog elektromagnetyczny zbliżony do szumu. Z pomiarów, jak i z rozważań teoretycznych wynika, że stacje nadawcze nie powinny być źródłami ekspozycji o wysokich poziomach, należy uwzględnić możliwość występowania w ich otoczeniu ograniczonych obszarów o względnie wysokim napromieniowaniu. Mogą się one znajdować w najbliższej odległości bardzo silnych nadajników naziemnych. Występują miasta, w których obszar zabudowy występuje w pobliżu miejskich przemienników małej mocy, umieszczane są one na dachach wysokich budynków. Typowy nadajnik o dużej mocy, np. 100 kW, powoduje, że w jego obszarze mogą występować wysokie natężenia pola elektromagnetycznego. Stacje nadawcze są zazwyczaj ogrodzone, jednak ludzie mogą przebywać nawet w odległości do kilkudziesięciu metrów od anteny, gdyż ogrodzenia obejmują podstawę wieży. Zazwyczaj anteny emitują fale o dużej długości, może wystąpić sytuacja ekspozycji na pole bliskie, w których natężenia pól mogą przekraczać wartości przewidywalne dla fali powierzchniowej. Intensywność

pól elektromagnetycznych, które pochodzą od stacji nadawczych, można oszacowywać na podstawie ich rozmieszczenia w przestrzeni oraz analizy czasowo-częstotliwościowej, uwzględniając moc promieniowania oraz parametry urządzeń nadawczych. Należy brać pod uwagę również pola elektromagnetyczne pochodzące od urządzeń promieniujących energię elektromagnetyczną w sposób niezamierzony. Zalicza się do nich urządzenia przemysłowe (piece hartownicze, zgrzewarki, elektrodrażarki), urządzenia elektryczne, maszyny i urządzenia elektrotechniczne, urządzenia medyczne (diatermie krótkofalowe), domowe urządzenia powszechnego użytku posiadające silnik elektryczny, linie elektroenergetyczne wysokiego napięcia, samochody (promieniowanie układu zapłonowego). Promieniowanie tych urządzeń może mieć charakter losowy, mogą zawierać szerokie pasma częstotliwości i dyskretne linie widmowe. Zróżnicowane mogą być również moce promieniowania od pikowatów do megawatów. Liczba urządzeń emitujących promieniowanie niezamierzone jest trudna do ustalenia ze względu na brak odpowiednich danych. Liczbę oraz przyrost tych urządzeń próbuje się oszacować wskaźnikiem przyrostu dochodu narodowego przypadającego na jednego mieszkańca, bierze się również pod uwagę zużycie energii elektrycznej w gospodarstwach domowych. Przypuszcza się, że liczba takich urządzeń w Polsce podwaja się co ok. 10 lat [1].

Sprzęt biurowy, do którego można zaliczyć komputery, drukarki, kopiarki i skanery, dawno przekroczył granice biur i coraz więcej osób korzysta z niego w domach prywatnych. Używamy go nawet po kilka godzin dziennie, dlatego warto wiedzieć, jaki ma wpływ na nasze zdrowie. Lata osiemdziesiąte i dziewięćdziesiąte doprowadziły do szybkiego rozwoju sprzętu komputerowego, dla niektórych ludzi komputery stały się narzędziem pracy, dla innych formą rozrywki. Szeroki dostęp do internetu sprawia, że bardzo dużo ludzi spędza wolny czas przy komputerze, korzystając z niego. Jesteśmy więc cały czas narażeni na promieniowanie elektromagnetyczne, które pochodzi od sprzętu biurowego.

Monitory i komputery emitują w swoim otoczeniu dużą ilość ciepła. Wskutek tego zwiększa się temperatura powietrza i jednocześnie zmniejsza wilgotność wokół sprzętu. Pole elektromagnetyczne powoduje polaryzację napięcia elektrostatycznego pomiędzy człowiekiem a ekranem. Zjawisko to jest szczególnie związane z pracą starych kineskopowych monitorów. Praca przy takim monitorze powoduje, że nasza twarz przyciąga naładowane cząsteczki kurzu w takim samym stopniu jak naładowany elektrycznie ekran. Może to prowadzić do zjawisk alergicznych, podrażnienia oczu lub pogorszenia oddychania.

Monitory LCD (Liquid Crystal Display) wśród wielu użytkowników cieszą się lepszą opinią niż starsze monitory kineskopowe CRT (Cathode Ray Tube). Monitory ciekłokrystaliczne wyświetlają obraz o większej jasności, o lepszym kontraście i wyróżniają się brakiem efektu migotania obrazu. Jakość obrazu na monitorze wpływa na zmęczenie naszych oczu i bóle głowy, ważny jest również poziom promieniowania elektromagnetycznego emitowany przez podzespoły wyświetlacza. Im większy jest wyświetlacz, tym bardziej pole elektromagne-

tyczne wpływa na nasze zdrowie i samopoczucie. Monitory LCD są źródłem promieniowania elektromagnetycznego, za jego emisję odpowiedzialne są lampy fluorescencyjne podświetlające ekran, transformator sieciowy oraz elektronika sterująca. Minimalizując koszty produkcji monitorów LCD, producenci decydują się na ograniczanie elementów, które niwelują emisję pola elektromagnetycznego, są to metalowe ekrany i uszczelki zapobiegające przedostawaniu się promieniowania na zewnątrz. Są to elementy zbędne do działania sprzętu. Monitory takie spełniają normy TCO99, ponieważ specyfikacja ustala dopuszczalny poziom promieniowania elektromagnetycznego na niezbyt wysokim poziomie.

W produkcji monitorów CRT wykorzystuje się kineskop, który do działania wymaga wysokiego napięcia i silnego pola magnetycznego, dlatego spełnienie norm TCO99 nie jest w tym przypadku takie proste. Monitory takie emitują dużą dawkę silnego promieniowania elektromagnetycznego, dlatego też należało stosować specjalne osłony na monitor. Bez tego monitory CRT mogły w ogóle nie otrzymać certyfikatu TCO99 oraz mogły być niedopuszczone do sprzedaży.

Z badań przeprowadzonych na monitorach LCD i CRT wynika, że w niektórych przypadkach poziom emisji elektromagnetycznej jest większy w przypadku urządzenia LCD. Są to jednak przypadki, które mieszczą się w przedziałach normowych, nawet znacznie poniżej dopuszczalnej wartości.

Regulacją dotyczącą emisji promieniowania elektromagnetycznego z monitorów zajmuje się szwedzka firma TCO.

Norma TCO wyznacza następujące parametry:

- czytelność obrazu,
- wpływ zakłóceń zewnętrznych,
- emisję promieniowania elektromagnetycznego,
- oszczędność energii,
- bezpieczeństwo elektryczne.

Szwedzka firma wprowadza kolejne wersje norm, np. TCO03. Są one coraz bardziej rygorystyczne pod względem ergonomii pracy (jasność i kontrast obrazu), coraz większy nacisk kładzie się też na ochronę środowiska (recykling podzespołów). Nie zmienia się wartość natężenia pola elektromagnetycznego emitowanego przez wyświetlacz. Obie normy dopuszczają te same wartości natężenia pola elektromagnetycznego, np. dla częstotliwości od 5 Hz do 2 kHz może ono wynosić 10 V/m, dla zakresu 2-400 kHz wynosi 1 V/m. Dla pola magnetycznego jest to odpowiednio 200 i 25 nT (nanotesli) [4].

### 3. Komputer a zdrowie człowieka

Samopoczucie człowieka pracującego przy komputerze zależy od warunków, w jakich pracuje. Wbrew pozorom ważne jest zadbanie o właściwe rozmieszczenie elementów sprzętu komputerowego oraz uwzględnienie pól elektromagnetycznych wytwarzanych przez sprzęt komputerowy. Organizm człowieka za pomocą różnych bodźców może informować, że nie radzi sobie

w niesprzyjających warunkach, w jakich zmuszony jest przebywać. Praca przy komputerze jest uciążliwa z wielu powodów. Jeden z nich to oddziaływanie promieniowania elektromagnetycznego.

Promieniowanie elektromagnetyczne o niskich i bardzo niskich częstotliwościach wpływa na zaburzenia wzroku. Promieniowanie powoduje rozkładanie rodopsyny, związku chemicznego odpowiedzialnego za odróżnianie odcieni szarości, obecnego w pręcikach, które znajdują się na siatkówce oka. W normalnych warunkach fala świetlna wywołuje rozkład rodopsyny i w ten sposób przesyła impuls nerwowy z oka do mózgu. Promieniowanie elektromagnetyczne zwiększa liczbę bodźców docierających do mózgu, w rezultacie zjawisko to wywołuje objawy zmęczenia narządu wzroku. Promieniowanie ze sprzętu komputerowego wywołuje również bóle głowy. Ból głowy powodowany jest zmęczeniem oczu, a także monotonią w pracy z komputerem.

Ciągła praca z komputerem przez ok. 8-10 godzin zwiększa prawdopodobieństwo powstania tzw. „choroby radiofalowej”, zwłaszcza gdy praca odbywa się bez przerwy i blisko monitora. Choroba ta charakteryzuje się następującymi objawami: nerwowością i apatią, mogą też występować bóle głowy, zaburzenia snu oraz równowagi, pogorszenie wzroku. Z poważniejszych dolegliwości mogą się pojawić zaburzenia rytmu serca. Wystąpienie choroby zależy od indywidualnych predyspozycji i odporności organizmu oraz od rodzaju i mocy promieniowania.

Z wielu przeprowadzanych badań wynika, że niebezpieczeństwo występowania chorób u ludzi pracujących przy komputerach maleje, gdy w pobliżu monitorów znajdują się rośliny. Rośliny powodują, że człowiek się uspokaja, oraz oczyszczają pomieszczenie z wielu szkodliwych substancji chemicznych i promieniowania elektromagnetycznego.

Nasze zdrowie możemy narazić przez nową technologię, którą jest internet z gniazdka elektrycznego. Działanie takiego internetu polega na tym, że informacja przesyłana jest za pomocą modemu przez zwykłą sieć elektryczną z prądem o częstotliwości 50 Hz. Niebezpieczeństwo pojawia się dopiero wtedy, gdy chcemy przesyłać dane, ponieważ częstotliwość będzie się zwiększała w takim momencie nawet do wartości 3-30 MHz. W takiej sytuacji instalacja elektryczna staje się silnym źródłem promieniowania elektromagnetycznego. Może ona zakłócać pracę komputera. Promieniowanie takie o wysokiej częstotliwości będzie oddziaływać na użytkowników internetu z gniazdka, ale będzie również miało wpływ na wszystkie gospodarstwa podłączone do danej sieci. Taki sposób przesyłania danych powoduje duże problemy u ludzi nadwrażliwych na promieniowanie elektromagnetyczne. Promieniowanie może potęgować objawy elektroalergii u ludzi wrażliwych oraz wywoływać je u ludzi zdrowych. Dlatego przed wprowadzaniem takich nowoczesnych technologii powinny być przeprowadzane badania, jak takie nowe technologie będą wpływać na zdrowie człowieka. Można również szukać rozwiązań alternatywnych (np. transmisja sieciami telewizji kablowych). Rozwój internetu bezprzewodowego również może niekorzystnie

wpływać na nasze zdrowie, ponieważ technologia ta wymaga stawiania dodatkowych masztów czy nadajników wytwarzających pole elektromagnetyczne, które będzie oddziaływać na ludzi.

Pole elektromagnetyczne wytwarzają kserokopiarki, wydzielają one również ozon. Pomieszczenia, w których znajdują się takie urządzenia, powinny być często wentylowane, a jeśli sprzęt ten przez dłuższy czas nie będzie używany, należy odłączyć go od prądu.

#### 4. Zanieczyszczenia elektromagnetyczne w domu

Wszystkie urządzenia elektryczne są źródłem promieniowania elektromagnetycznego. Indukcję magnetyczną urządzeń domowych przedstawia tab. 1.

Tabela 1. Indukcja magnetyczna wybranych urządzeń gospodarstwa domowego, na podstawie [6]

Nazwa urządzenia	Indukcja magnetyczna, $\mu\text{T}$ (mikrotesle) w odległości		
	3 cm	30 cm	100 cm
Suszarka	6-2000	0,01-7	0,01-0,3
Maszynka do golenia	15-1500	0,08-9	0,01-0,3
Mikser	60-700	0,6-10	0,02-0,25
Kuchnia mikrofalowa	75-2000	4-8	0,025-0,6
Kuchnia elektryczna	6-200	0,35-0,4	0,01-0,1
Grzałka nurkowa	10-1800	0,15-05	0,01-0,25
Telewizor	2,5-50	0,04-2	0,01-0,15
Żelazko	8-30	0,12-0,3	0,01-0,025
Toster	7-18	0,06-0,7	< 0,017

Zwraca uwagę szkodliwy wpływ kuchenki mikrofalowej, która charakteryzuje się znacznym oddziaływaniem na najbliższe otoczenie, ale również wpływa ujemnie na jakość przyrządzanych potraw. Na negatywne oddziaływanie sprzętu gospodarstwa domowego jesteśmy narażeni tylko podczas jego używania. Większy wpływ na nasze zdrowie mają urządzenia elektryczne używane przez cały czas. Zamontowany na dachu budynku transformator przetwarza dopływający prąd o napięciu 15 kV na prąd zmienny o napięciu 220 V.

Indukcja magnetyczna powstająca wokół transformatora może wynosić nawet 10-15  $\mu\text{T}$ . O wystąpieniu takiego zjawiska poinformuje przykładowo drgający obraz w telewizorze lub monitorze komputera. W takich przypadkach można zaobserwować występowanie np.: bólu głowy, bezsenności, nadciśnienia i ogólnego osłabienia organizmu. Niebezpieczne jest również coraz częściej stosowane u nas ogrzewanie podłogowe. Na wysokości łóżka może ono oddziaływać na człowieka z indukcją magnetyczną rzędu 1-6  $\mu\text{T}$ , a na bawiące się na podłodze dziecko może oddziaływać z siłą 15  $\mu\text{T}$ . Takie zagrożenie można jed-

nak w prosty sposób wyeliminować poprzez zastosowanie kabla dwużyłowego, w którym prąd zasilający i powrotny przepływają obok siebie. Zjawisko to zmniejsza indukcję magnetyczną [6].

## 5. Wpływ telefonu komórkowego na organizm człowieka

Badania nad wpływem promieniowania elektromagnetycznego na organizm człowieka można podzielić na kilka grup. Do pierwszej grupy mogą należeć analizy statystyczne badające relacje pomiędzy liczbą zachorowań na raka a przebywaniem człowieka w polu elektromagnetycznym.

Badaniami tymi objęci są przedstawiciele firm energetycznych, radioamatorzy oraz ludzie, którzy pracują przy obsłudze urządzeń radiolokacyjnych na lotniskach i radarów w jednostkach wojskowych. Wyniki przeprowadzonych badań jednoznacznie nie potwierdzają szkodliwego wpływu promieniowania elektromagnetycznego na organizm człowieka, istnieją jednak dowody, które potwierdzają szkodliwy wpływ pola elektrycznego na człowieka. Drugą grupę stanowią badania przeprowadzane na zwierzętach. Dzięki tym badaniom naukowcy mogą stwierdzić, jak wzmożona dawka promieniowania elektromagnetycznego będzie wpływała na długość życia zwierząt laboratoryjnych. Najczęściej do eksperymentów wykorzystywane są szczury i myszy. W wyniku tych badań poznaje się choroby wywoływane promieniowaniem u zwierząt. Moc promieniowania, jaka była dawkowana zwierzętom, sięgała nawet wartości SAR rzędu 50 W/kg. Także w tym przypadku wyniki badań nie stwierdzają jednoznacznie, że promieniowanie elektromagnetyczne szkodliwie wpływa na organizm zwierzęcy. Bywały nawet przypadki, że zwierzęta poddane silnemu promieniowaniu żyły dłużej niż pozostałe osobniki. Trzecią grupę stanowią badania przeprowadzane na komórkach. Nasze komórki poddawane są promieniowaniu tylko przez pewien czas, następnie sprawdzana jest ich struktura oraz to, czy zostały one uszkodzone, a jeśli tak, to w jakim stopniu. Określane są również zmiany genetyczne. Podobnie jak w wymienionych wcześniej przypadkach badania te nie stwierdzają jednoznacznie, jak promieniowanie elektromagnetyczne wpływa na nasze zdrowie.

Telefony komórkowe, a raczej promieniowanie elektromagnetyczne, którego są źródłem, wywołuje w organizmie człowieka różne zaburzenia. Najczęściej są to efekty krótkotrwałe mające charakter biologiczny, ale istnieją również zaburzenia, które prowadzą do poważniejszych dolegliwości, i mogą być przyczyną chorób. Do najczęściej spotykanych efektów, które dało się zaobserwować u ludzi korzystających z aparatów telefonicznych, można zaliczyć: bóle i zawroty głowy, bezsenność, brak możliwości skupiania się, odczuwanie ciężkości, stan ogólnego zmęczenia organizmu, pocenie się, swędzenie skóry, wzrost ciśnienia krwi, zmianę poziomu hormonów, zaburzenia pamięci (krótkotrwała utrata pamięci), zaburzenie funkcjonowania układu odpornościowego, zaburzenia wzroku (zmiany barw widzenia, drżenie powiek), zaburzenia słuchu.

Kolejność następujących objawów i ich nasilenie jest przypadkowe. Każdy człowiek reaguje inaczej na zadawane bodźce, w tym przypadku na promieniowanie, i każdy organizm ma różną odporność na wytwarzane promieniowanie. Z przeprowadzanych badań wynika, że promieniowanie elektromagnetyczne wytwarzane przez telefony komórkowe ma większy wpływ na dzieci niż na osoby dorosłe, które mają bardziej rozwinięty układ odpornościowy. Na zdrowie człowieka wpływ ma nie tyle samo promieniowanie pochodzące od telefonów, co efekty termiczne związane z tym promieniowaniem. Na szybkość reakcji chemicznych i biologicznych w naszym organizmie ma wpływ temperatura. Przyrost temperatury zależy od wielu czynników, np. intensywności pola, częstotliwości, parametrów elektrycznych tkanek. Organizmy żywe, pochłaniając energię, przyczyniają się do wzrostu temperatury tkanek, czego skutkiem mogą być powstałe reakcje fizjologiczne, które prowadzą do osłabienia organizmu oraz ograniczają zdolności psychofizyczne. Badania wykazały, że efekty termiczne spowodowane promieniowaniem powodują wzrost temperatury tkanek w mózgu, nie przekraczając  $1^{\circ}\text{C}$ . Inne negatywne skutki, jakie wywołuje w naszym organizmie promieniowanie z telefonów, to zakłócanie reakcji biochemicznych oraz możliwość indukowania się w tkankach prądów elektrycznych. Każdej reakcji biochemicznej w naszym organizmie towarzyszą prądy elektryczne o gęstości ok.  $10\text{ mA/m}^2$ . Przekroczenie wartości ok.  $100\text{ mA/m}^2$  może powodować zakłócenia normalnego funkcjonowania organizmu i skurcze mięśni. Oprócz tego silne napromieniowanie tkanek falami radiowymi może doprowadzić do rozwoju w organizmie człowieka protein stresu. W normalnych warunkach proteiny stresu wydzielane są w momentach podwyższonej temperatury ciała, jednak naukowcy dowiedli, że proteiny stresu mogą się rozwijać podczas działania fal radiowych, nawet gdy temperatura ciała jest w normie. Stwierdzono, że promieniowanie z telefonów komórkowych nawet o zwiększonym natężeniu nie będzie wywoływać procesu jonizacji w systemach biologicznych (komórkach, tkankach roślinnych i zwierzęcych). Z analizy przeprowadzanych badań wynika, że promieniowanie z telefonów komórkowych zasadniczo wpływa na przyspieszanie reakcji chemicznych i fizjologicznych, które zachodzą w naszym mózgu. Niestety, nie tylko mózg człowieka jest zagrożony promieniowaniem elektromagnetycznym, zagrożone są również narządy rozrodcze męskie i żeńskie. Promieniowanie negatywnie wpływa na oczy człowieka. Oczy zbudowane są bowiem w ten sposób, że mają zdolność kumulowania energii elektrycznej. Szczególnie niebezpiecznym zjawiskiem jest rezonans fal, które pojawiają się w oku. Przyczyną powstawania rezonansu są metalowe przedmioty, najczęściej oprawki okularów, które przyczyniają się do wzrostu natężenia pola elektrycznego. Telefony komórkowe wpływają negatywnie nie tylko na pracę organów wewnętrznych człowieka, zakłócają one również pracę urządzeń elektrycznych. Ograniczać kontakt z telefonem komórkowym powinny osoby, które mają wszczepiony stymulator pracy serca. Istnieją modele telefonów, które zakłócają pracę rozrusznika serca w miarę zbliżania do niego anteny telefonu.



Lekarze opowiadają się również za tym, aby nie nosić aparatów blisko serca oraz nie przeprowadzać długotrwałych rozmów, ponieważ może to prowadzić do bólu głowy, uczucia ciężkości oraz ogólnego przemęczenia organizmu. Aby unikać tego typu schorzeń, należy właściwie dobierać czas rozmów, jak również zwracać uwagę na to, aby antena telefoniczna znajdowała się jak najdalej od głowy. Jednym ze sposobów na zmniejszenie promieniowania elektromagnetycznego jest rozmowa w obszarze dobrego zasięgu sieci, telefon używa wtedy mniejszej mocy, a co za tym idzie, emituje mniejsze promieniowanie. Istnieją materiały, z których wynika, że podczas korzystania z telefonów komórkowych możliwe jest przekraczanie dopuszczalnych natężeń pola elektromagnetycznego, a więc wiąże się to z występowaniem szkodliwych stref ochronnych bardzo blisko naszej głowy, jak również w głowie. Związane jest to z występowaniem warunków brzegowych powstawania pól rezonansowych. Powodują one wtórną generację pola elektromagnetycznego przez złożone układy promieniotwórcze. Z badań przeprowadzonych na modelach głowy wynika, że wtórne częstotliwości rezonansowe powstają w konkretnych przypadkach podczas pracy i mogą one zwiększać poziom promieniowania. Najwięcej zastrzeżeń w dalszym ciągu budzą emocje związane z przyczynianiem się telefonii komórkowej do rozwoju choroby nowotworowej.

Wyniki wielu przeprowadzonych badań potwierdzały obumieranie komórek pod wpływem promieniowania z telefonów w taki sposób, jak w przypadku choroby nowotworowej. Jednak do stwierdzenia oczywistych i jednoznacznych wniosków dotychczasowa wiedza nie wystarcza. Najczęściej spotykamy się ze stwierdzeniem, że związek pomiędzy wpływem pola elektrycznego a występowaniem chorób nowotworowych nie wydaje się prawdopodobny [2, 5].

#### **Zauważalny wzrost dotyczący rozwoju telefonii komórkowej z punktu widzenia ograniczania negatywnego działania na człowieka**

Badania, które potwierdzają negatywny wpływ nadajników telefonii komórkowej na zdrowie człowieka, zmuszają projektantów systemów komórkowych do działań zmniejszających negatywne skutki promieniowania elektromagnetycznego. Zmiany dotyczą w szczególności modyfikacji w systemie przekazu pola elektromagnetycznego, a także konstrukcji aparatów telefonów komórkowych. W tym momencie rozwija się system przekazu, który wykorzystuje fale o częstotliwości ponad 1 GHz. Prowadzone są prace nad zmniejszaniem mocy stacji bazowych i aparatów telefonicznych przy jednoczesnym zachowaniu jakości połączeń. Jest to możliwe dzięki zagęszczaniu sieci stacji bazowych. Nieprzerwanie prowadzone są prace nad modernizacją aparatów telefonicznych (zmienia się konstrukcje anten). Nowoczesne telefony mają mieć tak skierowane anteny, aby promieniowanie w kierunku głowy było jak najmniejsze. Bardzo często stosuje się urządzenia, które zmniejszają pole elektromagnetyczne – są to najczęściej zestawy słuchawkowe i głośnomówiące. Pozwalają one na oddalenie

nadajników podczas rozmowy telefonicznej od wrażliwych części organizmu. Stosowane są także ekrany elektromagnetyczne i absorbenty. Nie jest to jednak do końca dobre rozwiązanie – gdy podczas rozmowy osoba ustawiona jest w ten sposób, że sygnał radiowy musi przechodzić przez ekran i głowę rozmawiającego, aby mógł dotrzeć do stacji bazowej, to nadajnik telefonu oraz stacja bazowa muszą zwiększyć moc w celu uzyskania odpowiedniej jakości połączenia. W takich warunkach człowiek korzystający z telefonu komórkowego wchłania znacznie większą dawkę promieniowania elektromagnetycznego niż w przypadku, gdy nie stosuje się takich urządzeń.

### **Zalecenia dotyczące sposobu używania telefonów komórkowych w celu minimalizacji ich negatywnego działania na organizm człowieka**

W tym punkcie zebrano niektóre zalecenia eksploatacyjne, które w pewnym stopniu przyczyniają się do ograniczenia szkodliwego wpływu telefonu komórkowego na nasz organizm:

- skracanie czasu rozmowy telefonicznej,
- przeprowadzanie rozmowy w miejscach o silnym zasięgu. W przypadku przeprowadzania rozmowy w budynku lub samochodzie zasięg sieci może być słaby, telefon w takich warunkach zwiększa swoją moc nadawania i zarazem emituje większe promieniowanie elektromagnetyczne. W takim przypadku należy opuścić budynek lub podejść do okna, aby nadajnik i telefon zmniejszały moc nadawania sygnału,
- zwiększanie odległości pomiędzy wrażliwymi częściami człowieka a aparatami telefonii komórkowej, stosowanie zestawów słuchawkowych i głośnomówiących. Szczególnie sprawdza się to podczas jazdy samochodem, ponieważ karoseria samochodu tłumi fale, które są emitowane przez telefon, i moc nadawania sygnału się zwiększa. A więc dokupienie dodatkowej zewnętrznej anteny powoduje polepszenie jakości sygnału i dodatkowo zmniejsza moc nadawania. Dobrym rozwiązaniem jest stosowanie zestawów słuchawkowych, a także zestawów Bluetooth. Istnieje bowiem opinia, że kabel łączący telefon ze słuchawkami może bezpośrednio przenosić sygnał z anteny telefonu do ucha rozmawiającego. Problem ten nie istnieje w przypadku zestawu Bluetooth, ponieważ działa on na zasadzie łączności bezprzewodowej,
- krótka przerwa przed przyłożeniem aparatu do ucha. Kiedy nawiązujemy połączenie, telefon przez krótką chwilę generuje promieniowanie o mocy zbliżonej do maksymalnej, po nawiązaniu połączenia moc spada do optymalnych parametrów,
- wybranie telefonu o małym współczynniku SAR,
- niestosowanie ekranów elektromagnetycznych,
- wyłączanie telefonu w miejscach, gdzie nie ma zasięgu sieci (telefon, próbując łączyć się ze stacją bazową, działa z pełną mocą nadajnika),

- używanie telefonów z antenami kierunkowymi, które zmniejszają emisję promieniowania w stronę głowy,
- zdejmowanie okularów podczas rozmowy telefonicznej, mogą one bowiem stanowić dodatkową antenę, która niekorzystnie będzie wpływała na rozkład pola elektromagnetycznego wokół głowy [2].

### **Ekologiczne problemy dotyczące telefonii komórkowej**

Obecnie stwierdza się, że promieniowanie elektromagnetyczne pochodzące z urządzeń telefonii komórkowej prowadzi do zanieczyszczania środowiska. Wyniki badań potwierdzają, że promieniowanie powoduje zwiększanie się w powietrzu cząstek zwanych aerozolami, które mogą zawierać związki przyczyniające się do rozwoju różnych chorób, np. nowotworowych. Innym zagrożeniem dla środowiska jest problem związany z odpadami w postaci zużytych telefonów komórkowych i ich baterii. Każdego roku ludzie zmieniają telefony na nowsze albo zmieniają w nich baterie. Z badań wynika, że co roku powstaje około 1,5 tys. ton odpadów trudnych do bezpiecznego zagospodarowania. Pojawiła się nowa metoda recyklingu telefonów komórkowych polegająca na zastosowaniu dwóch metod: podgrzania indukcyjnego i demontażu mechanicznego. Ważne jest w tym procesie, że utylizacja baterii i akumulatorów prowadzona jest oddzielnie. Duża część demontowanych części może trafić na wtórny rynek. Podgrzanie indukcyjne polega na zastosowaniu dwóch procesów podgrzania oraz uderzenia mechanicznego. W procesie używana jest indukcja magnetyczna, która zwiększa temperaturę metalowych śrub łączących części budowy telefonu. Aparat telefoniczny podgrzewany jest do temperatury 400°C. Plastik wokół śrub się topi i w tym momencie wykonuje się szybkie mechaniczne uderzenie, dzięki któremu telefon rozbity zostaje na kilka części [3].

## **6. Podsumowanie**

Jak można zatem unikać promieniowania elektromagnetycznego przy pracy na komputerze? Należy:

- używać do pracy monitorów o niskiej emisji promieniowania (monitory LCD),
- zachowywać odległość od monitora 50-70 cm (tył i boki monitora emitują więcej promieniowania niż sam ekran),
- w miejscu pracy zachowywać 2,5-metrowy odstęp od dużych urządzeń na prąd,
- nie spędzać długiego czasu przy nieuziemionym monitorze (dotyczy szczególnie kobiet w ciąży),
- wyłączać komputer w czasie przerwy (nie narażamy na promieniowanie innych osób pracujących z nami),

- starać się być „uziemiałym”, czyli nosić ubranie z naturalnych tkanin i buty na skórzanych podeszwach,
- pracując przy monitorze, stosować wkładki magnetyczne (siedzisko krzesła, podeszwy),
- po dłuższej pracy z komputerem odprężyć się, np. krótki spacer [7].

Z przeprowadzonych badań i wniosków teoretycznych dotyczących promieniowania elektromagnetycznego z telefonów komórkowych można stwierdzić, że:

- promieniowanie, jakie pochodzi od telefonów komórkowych i stacji bazowych nie jest obojętne na nasze zdrowie. Jego wpływ na organizm zależy od wartości energii elektromagnetycznej, jaką pochłania, a także od właściwości odpornościowych organizmu,
- liczba źródeł promieniowania ciągle rośnie, zwiększa się w ten sposób pole promieniowania, co ma niekorzystny wpływ na nasze zdrowie,
- kładzie się większy nacisk na prace mające na celu ograniczenie szkodliwego promieniowania telefonów komórkowych,
- w celu zmniejszenia szkodliwości promieniowania pomocne okażą się uwagi zawarte w tym artykule,
- w tym momencie nie można jednak jednoznacznie stwierdzić, jakie dokładnie skutki (i w jakich warunkach) wywołuje promieniowanie elektromagnetyczne na człowieka. Jest to młoda dziedzina telekomunikacji i w dalszym ciągu wymagająca badań.

## Literatura

1. Aniołczyk H., Pachocki S., Różycki S.: *Pola elektromagnetyczne wielkiego miasta z punktu widzenia ochrony środowiska*. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa 1996.
2. [http://www.pie.edu.pl/eko\\_2002/pdf/A9\\_Referat.pdf](http://www.pie.edu.pl/eko_2002/pdf/A9_Referat.pdf).
3. <http://www.tremolo.elektroda.net>.
4. [http://www.zdrowebiuro.pl/jak\\_sprzet\\_biurowy\\_wplywa\\_na\\_zdrowie.php](http://www.zdrowebiuro.pl/jak_sprzet_biurowy_wplywa_na_zdrowie.php).
5. [http://74.125.39.104/search?q=cache:g9WorsST\\_5sJ:student.prz.rzeszow.pl](http://74.125.39.104/search?q=cache:g9WorsST_5sJ:student.prz.rzeszow.pl).
6. Matela L.: *Skażeni elektrosmogiem*. Nieznany Świat, 1998.
7. Sangen Y., Tazelaar K.: *Promieniowanie elektromagnetyczne*, Klub dla Ciebie, Warszawa 2006.
8. Śliwińska E.: *Środowisko fizyczne człowieka*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2006.

## **ELECTROMAGNETIC CONTAMINATION OF ENVIRONMENT IN POLAND**

### **S u m m a r y**

The paper studies sources of electromagnetic contamination of environment, offers classification of artificial sources generating electromagnetic fields, researches exposure to office and domestic technique and also to cell-phones.

*Złożono w Oficynie Wydawniczej w październiku 2009 r.*