

Badania terenowe wpływu pola elektromagnetycznego na wyniki pomiaru aktywności elektrodermalnej

Streszczenie Prezentowana praca jest kontynuacją wcześniej prowadzonych badań oceny wpływu PEM o częstotliwości 50Hz na organizm dokonywanych w oparciu o wyniki pomiaru aktywności elektrodermalnej (ang. *electrodermal activity* - EDA). W prowadzonych obecnie badaniach terenowych dokonano wstępnych pomiarów EDA w biologicznie aktywnych punktach zlokalizowanych na dłoniach i stopach, w warunkach narażenia na środowiskowy wpływ PEM.

Abstract. The presented work is a continuation of the previously conducted research to assess the impact of EMF with a frequency of 50 Hz on the body based on the results of electrodermal activity (EDA) measurements. Initial EDA measurements were made in the currently conducted field studies at biologically active points located on the hands and feet under conditions of exposure to the environmental impact of EMF. (*Field testing of influence of the EMF exposure on the results of electrodermal activity measurements*).

Słowa kluczowe: aktywność elektrodermalna, metoda Ryodoraku, pole elektromagnetyczne 50 Hz

Keywords: electrodermal activity, Ryodoraku methods, 50 Hz electromagnetic field

Wstęp

Wytyczne zawarte w sprawozdaniu z projektu European Academy for Environmental Medicine, EUROPAEM EMF z 2016 roku dotyczące pól elektromagnetycznych (PEM) obejmują szereg zaleceń w zakresie działań prewencyjnych, leczniczych oraz zasad tworzenia strategii profilaktycznych w celu ochrony ludzkiego organizmu przed sztucznie wytworzonym PEM (polem elektromagnetycznym).

Wzrasta liczba schorzeń przewlekłych i chorób związanych z niespecyficznymi objawami, dlatego za jeden z kluczowych elementów przyjętej strategii uznano konieczność tworzenia wyspecjalizowanych narzędzi diagnostycznych służących identyfikacji stopnia zagrożenia poszczególnymi stresorami środowiskowymi. Autorzy projektu EUROPAEM EMF podkreślają, że zalecane normy obciążenia PEM mają charakter ogólny. Nie uwzględniają one populacji osób potencjalnie bardziej wrażliwych tj. osób z obniżoną odpornością, płodów, dzieci w okresie rozwoju, osób starszych, pacjentów przyjmujących leki czy osób ze zwiększoną podatnością na PEM - (ang. *electromagnetic hypersensitivity* – EHS) [1]. Jednocześnie bardzo ważne jest, aby prowadzić badania i analizować problematykę wpływu pola elektromagnetycznego na organizmy żywe z uwzględnieniem znanych praw fizyki [2].

Poszukiwanie obiektywnych metod, które mogłyby informować o, zagrażającym zdrowiu, stanie naruszenia homeostazy ustroju, powinno być istotnym elementem prowadzonych w tym zakresie badań naukowych. Zdolność organizmu do zachowania homeostazy jest istotnym czynnikiem zachowania zdrowia człowieka. Metody oceny potencjalnie bodźcowych oddziaływań na organizm powinny więc być na tyle czułe, by mierzyły te wpływy, i na tyle stabilne, aby mieć pewność co do ich powtarzalności w warunkach nieustannie zmieniającego się stanu względnej równowagi czynnościowej ludzkiego organizmu [3]. Należy pamiętać, że rozwój gatunku ludzkiego odbywał się w obecności naturalnego widma elektromagnetycznego występującego na Ziemi. Jego źródłem są pola geomagnetyczne Ziemi, pola elektryczne występujące na Ziemi, które są efektem różnicy potencjałów pomiędzy jonosferą a ujemnie naładowaną powierzchnią Ziemi, zjawiska atmosferyczne (np. wyładowania elektryczne w trakcie burzy), fale elektromagnetyczne pochodzące z przestrzeni kosmicznej. Wpływy te od zawsze były częścią

naszej biosfery i zostały ewolucyjnie zintegrowane z funkcjami biologicznymi oraz wytworzyły adekwatne do tego oddziaływania mechanizmy adaptacyjne, kompensacyjne i naprawcze [4-7].

Dostępne badania naukowe oraz praktyka wskazują na to, że te naturalne mechanizmy mogą być jednak niewystarczające dla ochrony organizmu przed sztucznie wytworzonym PEM, które człowiek wprowadza do środowiska od ponad 100 lat. Stopień ekspozycji organizmu człowieka na PEM jest jednak w praktyce trudny do oszacowania. Zależć on może bowiem od nakładania się wielu innych, poza PEM, złożonych, stresogennych dla organizmu czynników (bodźców), które potencjalnie mogą zagrażać stałości środowiska wewnętrznego organizmu. Względnie trwałe naruszenie homeostazy ustroju zależć też będzie od intensywności bodźca zakłócającego, czasu jego trwania, indywidualnych właściwości organizmu oraz jego podatności na te wpływy. Badania epidemiologiczne sugerują, że częstość i nasilenie objawów świadczących o naruszeniu dobrostanu organizmu mogą być odwracalne, jeśli narażenie zostanie tymczasowo lub na stałe przerwane, a także u osób mieszkających z dala od źródła narażenia na PEM [8].

Skutki neurologiczne i behawioralne były jednymi z najwcześniejszych tematów badań nad potencjalnie negatywnymi skutkami PEM [1]. System nerwowy jest jednym z najpotężniejszych systemów, który odpowiada za szereg funkcji sterowania organizmem. Jego badanie może więc dostarczać szereg istotnych informacji o stanie organizmu.

Uznaną i nieustannie rozwijaną metodą badania aktywności autonomicznego systemu nerwowego (ang. *autonomic nervous system* – ANS) jest pomiar aktywności elektrodermalnej (ang. *electrodermal activity* – EDA) [9]. Pomiar EDA biologicznie aktywnych receptorów zlokalizowanych na skórze w warunkach obciążenia organizmu sztucznie wytworzonym PEM jest zasadniczym celem przedstawionych badań.

Aktywność elektrodermalną tworzą zjawiska elektryczne generowane przez skórę. Mierząc różnice potencjałów na powierzchni skóry można uzyskać wiele istotnych informacji na temat badanego organizmu.

Przykładem znanej tego typu metody, wykorzystywanej w badaniach EKG i EEG, jest pomiar różnicy potencjałów w

oddalonych punktach. Aktywność elektrodermalną można podzielić na:

- aktywność toniczną – występuje w przypadku stałego poziomu lub nieznacznej aktywności elektrodermalnej
- aktywność fazową – w przypadku szybko występujących zmian w odpowiedzi organizmu poddanego oddziaływaniu określonego czynnika.

Najczęściej badanymi parametrami w pomiarze aktywności elektrodermalnej to amplituda, fluktuacje różnicy potencjałów w czasie oraz habituacja odpowiedzi na czynnik zewnętrzny działający na badany organizm [10].

Urządzenia wchodzące w niżej wymieniony zakres Dyrektywy Nowego Podejścia podlegają procesowi oceny zgodności i po przeprowadzonych analizach oceny zgodności oraz stworzeniu dokumentacji technicznych, wystawieniu deklaracji zgodności muszą zostać oznakowane znakiem CE, który potwierdza zgodność z omawianymi przepisami, a wprowadzający bierze za wprowadzany przedmiot pełną odpowiedzialność.



Rys.1. Miejsce przeprowadzenia badań terenowych obok stacji elektroenergetycznej w Pasikurowicach, woj. dolnośląskie

Materiały i metody

Do pomiaru EDA wykorzystano urządzenie firmy Kolmio-Kielkowscy, które jest wyrobem medycznym i posiada certyfikat zgodności z Dyrektywą 93/42/EEC dla wyrobów medycznych. Firma Kolmio-Kielkowscy od 1 września 2003 roku posiada certyfikowany System Zarządzania Jakością zgodny z normą EN ISO 13485. [11].

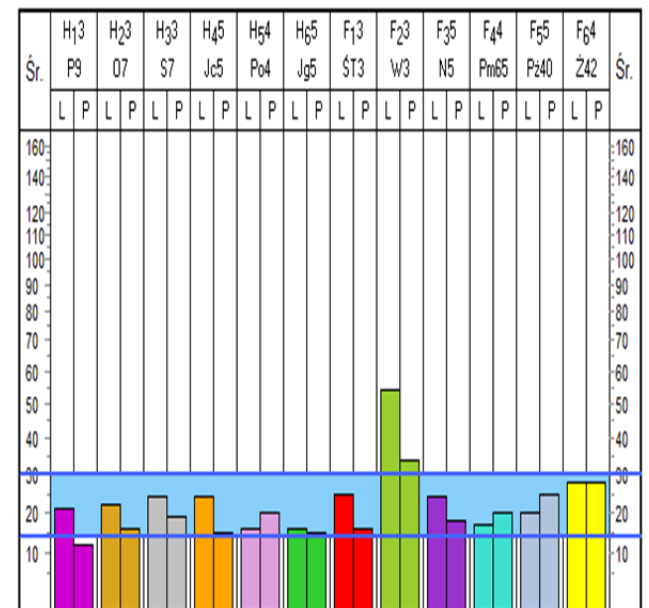
Składowe elektryczną oraz magnetyczną pola elektromagnetycznego 50 Hz mierzone były miernikiem pola elektromagnetycznego firmy Maschek ESM 100. Miernik przed jego użyciem do badań został sprawdzony na stanowiskach wzorcowych generujących poszczególne składowe, elektryczną oraz magnetyczną.

W badaniu uczestniczył mężczyzna w wieku 55 lat, który poddany został jednorazowej, 60 minutowej ekspozycji na pole elektromagnetyczne 50 Hz. Wartość składowej elektrycznej podczas ekspozycji wynosiła 4,5 kV/m, a wartości składowej magnetycznej mieściły się w przedziale od 1,5 do 2 μ T. Eksperyment wykonano na terenach sąsiadujących ze stacją elektroenergetyczną w Pasikurowicach pod linią 400kV (Rys.1) U badanego wykonano łącznie 6 pomiarów EDA tj. 60 minut przed ekspozycją na PEM, w trakcie ekspozycji oraz 60 minut po ekspozycji na PEM. Badania wykonywane

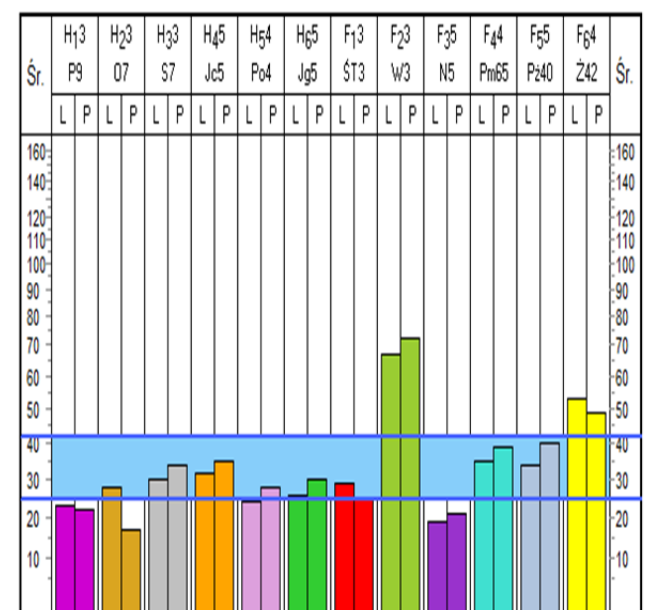
były w 24 punktach biologicznie aktywnych (punktach akupunkturowych Ryodoraku) na stopach i dłoniach. Pomiary przeprowadzono zgodnie z instrukcją użycia urządzenia pomiarowego dostarczoną przez jego producenta [4].

Wyniki przeprowadzonych badań

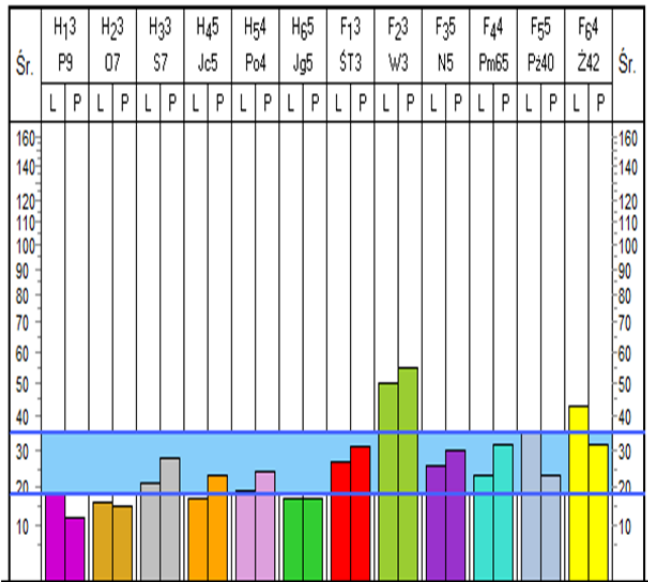
Przeprowadzona analiza EDA pod wpływem ekspozycji na PEM w warunkach terenowych wskazała na podwyższenie średnich wartości pomiarowych oraz zwiększenie odchylenia standardowego danych w trakcie ekspozycji na PEM. Uśredniona wartość powtarzanych dwukrotnie pomiarów EDA wynosiła: przed ekspozycją na PEM - 21,7 mA, w trakcie ekspozycji - 33,3 mA, 60 minut po zakończeniu badań odnotowano wartość 25,9 mA. (Rys. 2,3,4).



Rys.2. Graficzne przedstawienie uśrednionych wyników pomiaru EDA przed ekspozycją na PEM (wydruk z programu Ryodoraku)



Rys.3. Graficzne przedstawienie uśrednionych wyników pomiaru EDA w trakcie ekspozycji na PEM (wydruk z programu Ryodoraku-mini)



Rys.4. Graficzne przedstawienie uśrednionych wyników pomiaru EDA po ekspozycji na PEM (wydruk z programu Ryodoraku-mini)

Podsumowanie

Odnotowane w badaniach podwyższenie średnich wartości pomiarowych EDA w warunkach ekspozycji na PEM wskazuje na przewagę aktywności części współczulnej ANS. Wartości trzeciego pomiaru (po zakończeniu ekspozycji PEM) były niższe niż w trakcie ekspozycji, co może być związane z dążeniem organizmu do przywrócenia stanu zaburzonej homeostazy.

Stresory zewnętrzne destabilizujące stan homeostazy są dla organizmu zawsze impulsem do działań, których ostatecznym celem jest niedopuszczenie do względnie trwałego przesterowania funkcji organizmu. Zawsze należy jednak brać pod uwagę fakt, że indywidualna reakcja lub podatność na PEM może rozwijać się z czasem, zwłaszcza w przypadku długotrwałej ekspozycji na PEM. Efektem tego może być nietolerancja na PEM, która rozciąga się wówczas w szerokim zakresie warunków ekspozycji.

Zastosowana w eksperymencie formuła badania w postaci opisu przypadku nie odzwierciedla oczywiście wszystkich możliwych reakcji, które zazwyczaj obserwuje się w szerszej populacji, po zadaniu określonego bodźca [12]. Z drugiej strony badania tego rodzaju są potrzebne, aby móc obserwować indywidualne reakcje na zadany bodziec. Na tej podstawie można tworzyć spersonalizowane, specyficzne dla rodzaju bodźca protokoły oceny potencjalnego stopnia narażenia reakcji na PEM. Pozwala to też obserwować długoterminowe skutki jego oddziaływania. Autorami tego rodzaju protokołu są m.in. Belayev i wsp.[1]. Opracowana przez nich koncepcja diagnostyczna obejmuje obszerny wywiad medyczny, który analizuje wszystkie istotne aspekty oceny stanu zdrowia, także w kontekście ekspozycji na PEM. W badaniu podmiotowym oceniane są nie tylko rodzaje ekspozycji na PEM, ale także sytuacje, które mogą zwiększać podatność na PEM. Należą do nich: porażenie prądem, uderzenie pioruna, narażenie na związki chemiczne, ocena zespołu chemicznej nadwrażliwości, obciążenia mikrobiologiczne (pasożyty, grzyby, bakterie, wirusy). Analizowane są ponadto: urazy i uszkodzenia fizyczne (np. problemy z kręgosłupem), zaburzenia immunologiczne, niespecyficzne objawy takie jak np. zaburzenia snu, zespoły przewlekłego zmęczenia. Badane są też okoliczności pojawiania się i ustępowania objawów oraz ekspozycja na różne źródła PEM. W opinii autorów niezbędne w tego

rodzaju analizach jest także przeprowadzenie podstawowych testów fizjologicznych i testów laboratoryjnych w celu oceny np. poziomu stresu oksydacyjnego [1].

Pomiar EDA może być też przydatnym narzędziem uzupełniającym tego rodzaju protokoły. Tym bardziej, że na skutek intensywnego w ostatniej dekadzie rozwoju technologicznego, metody pomiarowe wykorzystujące EDA stają się coraz bardziej zaawansowane. Umożliwia to jeszcze głębsze zrozumienie fizjologicznych reakcji organizmu na bodziec [13]. Rozwój nowoczesnych technologii opartych na tej metodzie idzie w kierunku wytyczenia standardów przetwarzania EDA w różnych obszarach badań oraz tworzenia urządzeń pomiarowych umożliwiających całodobowe i długofalowe obserwacje [9].

Tego rodzaju pomiary okazują się być szczególnie istotne w przypadku ciągłego narażenia na oddziaływanie stresorów środowiskowych oraz w stanach chorobowych. Dobrym przykładem zastosowania EDA w praktyce klinicznej jest możliwość wykorzystania pomiarów EDA w padaczkę. Najnowsza metaanaliza badań w tym zakresie w sposób jednoznaczny wykazała, że napady padaczkowe wywołują reakcję elektrodermalną. Autorzy podkreślają, że potrzebne są jednak dalsze badania w tym zakresie, aby móc lepiej zrozumieć reakcje elektrodermalne oraz skuteczniej identyfikować czynniki mogące wpływać na te reakcje. Według M.van Dooren i wsp. najwyższe reakcje elektrodermalne uzyskuje się z twarzy, dłoni i podeszwy stopy. Znaczące reakcje wykazują także nadgarstki dłoni co uzasadnia tworzenie zaawansowanych urządzeń rejestrujących, które mogłyby być umieszczane w tej okolicy. W przeprowadzonych badaniach mierzono punkty zlokalizowane na dłoniach i stopach.

Warto podkreślić, że w problematyce związanej z oceną ryzyka narażenia na PEM zwraca się także uwagę na konieczność prowadzenia działań edukacyjnych w zakresie ochrony przed PEM oraz prowadzenie prac nad tworzeniem metod pomiarowych w odniesieniu do konkretnych źródeł, w różnych grupach zawodowych i środowiskach. Dotychczas istniejące ustawodawstwo opiera się na ocenie ryzyka krótkoterminowego, choć to przecież potencjalnie negatywne skutki długoterminowe leżą w obszarze zainteresowań epidemiologów czy organów publicznych zajmujących się zdrowiem społeczeństwa.

Przykładem dobrych praktyk w tym zakresie jest Bułgaria, która w ramach realizowanych projektów prowadzi działania edukacyjne wykorzystując różne kanały i formy przekazu, takie m.in. jak: komunikaty prasowe, arkusze informacyjne dostępne w prasie i internecie, szerzenie informacji w społeczeństwie o postępach w badaniach naukowych, broszury i biuletyny dla ludności, materiały video, organizacja ośrodków szkoleniowych dla różnych specjalistów w zakresie pomiarów, oceny skutków i zagrożeń PEM. Organizowane są szkolenia na uniwersytetach o profilu inżynierskim, biologicznym i medycznym. Prowadzone są zajęcia o tematyce PEM szkołach oraz specjalistycznych kursach dokształcających w ramach przedmiotów „ekologia”, „fizyka medyczna” i „higiena”, inicjowanie dyskusji, spotkań i forów naukowych w środowiskach lokalnych w celu rozwiązywania regionalnych problemów związanych z PEM [12].

Autorzy:

Dr hab. Dariusz Szafrowski prof. PWr. Politechnika Wroclawska, Katedra Energoelektryki, ul. Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław, E-mail: dariusz.szafrowski@pwr.edu.pl

Dr Edyta Szczuka Akademia Wychowania Fizycznego we Wrocławiu, Zakład Sportu Paraolimpijskiego, al. Ignacego Jana Paderewskiego 35, 51-612 Wrocław E-mail: edyta.szczuka@awf.wroc.pl

LITERATURA

- [1] Belayev I. i wsp., EUROPAEM EMF Guideline 2016 for the prevention, diagnosis and treatment of EMF-related health problems and illnesses, *Environ Health*, 31 (2016), No. 3, 363-97.
- [2] Krawczyk A., Korzeniewska E.: Kontrowersje wokół skutków oddziaływania pola elektromagnetycznego na obiekty biologiczne w świetle postnormalnej nauki, 2020, *Przegląd Elektrotechniczny* 96 (12) pp. 243-245 doi: 10.15199/48.2020.12.53
- [3] Szafrowski D., Szczuka E., Badania wpływu pola magnetycznego 50 Hz na wyniki pomiaru aktywności elektrodermalnej, *Przegląd Elektrotechniczny*, 98 (2022), Nr. 1, 119-122.
- [4] Nadolny Z., Oddziaływanie pola elektrycznego i magnetycznego na organizmy żywe. *Zeszyty Naukowe Wyższej Szkoły Bankowej w Poznaniu*, 65 (2015), Nr. 8, 92.
- [5] Szufliłowska B., Wpływ pola magnetycznego i komórek glejowych na funkcje poznawcze, partnerstwo czy rywalizacja?, *Neurokognitywistyka w patologii i zdrowiu*, (2011-2012), Pomorski Uniwersytet Medyczny w Szczecinie, 182-194.
- [6] Pawlak R., Pola elektromagnetyczne – źródła, regulacje, pomiary, *Telekomunikacja i techniki informacyjne*, (2018), 1-2, 26-37.
- [7] Sikora, R.; Markiewicz, P.; Pabjańczyk, W. The Active Power Losses in the Road Lighting Installation with Dimmable LED Luminaires. *Sustainability* 2018, 10, 4742. <https://doi.org/10.3390/su10124742>
- [8] Singh S., Kapoor N., Health implications of electromagnetic fields, mechanisms of action, and research needs, *Advances in Biology*, (2014), doi.org/10.1155/2014/198609.
- [9] Posada – Quintero H.F., Chon KH., Innovations in electrodermal activity data collection and signal processing: a systematic review, *Sensors* 15 (2020), 20, No. 2, 479.
- [10] Rybakowski J., Pużyński S., Wciórka J.: *Psychiatria. Podstawy psychiatrii*. T. 1. Wrocław: Elsevier, Urban & Parner, 2010. ISBN 978-83-7609-102-0 Bohuń B., Jarosiński W., Kiełkowski M., *Metoda Ryodoraku*. Gdańsk: KOLMIO Kielkowsky; 2003.
- [11] Szczuka E., Typy reakcji na zabieg masażu w badaniu aktywności elektrodermalnej, *Medycyna Sportowa* 36 (2020), Nr. 4, 175-1888.
- [12] Horvers A., Tombeng N., Bosse T., Lazonder A.W., Molenaar I., Detecting emotions through electrodermal activity in learning contexts; a systematic review, *Sensors (Basel)* 26 (2021), No. 21(23), 7869.
- [13] Israel M., (2015) An historical overview of the activities in the field of exposure and risk assessment of non-ionizing radiation in Bulgaria, *Electromagnetic Biology and Medicine* 34 (2015), No. 3, 183-189.