

# **Kontynuacja badań „Wpływ pól elektromagnetycznych (PEM) na organizm człowieka”**

## **RAPORT**

Rozwinięcie/kontynuacja badań związku pomiędzy częstotliwością występowania nadwrażliwości na pole elektromagnetyczne, a wybranymi czynnikami środowiskowymi, w szczególności zanieczyszczeniem powietrza (smogiem) i średnim poziomem natężenia pola elektromagnetycznego (PEM) pochodzącego od źródeł związanych z telekomunikacją

**Kraków, 2022**

Zakład Biofizyki, Katedra Fizjologii, Wydział Lekarski, Collegium Medicum Uniwersytetu Jagiellońskiego

## ZAKRES ZADANIA

**ZADANIE 1: Rozwinięcie/kontynuacja badań związku pomiędzy częstotliwością występowania nadwrażliwości na pole elektromagnetyczne, a wybranymi czynnikami środowiskowymi, w szczególności zanieczyszczeniem powietrza (smogiem) i średnim poziomem natężenia pola elektromagnetycznego (PEM) pochodzącego od źródeł związanych z telekomunikacją, obejmowało:**

1. Przeprowadzenie badania ankietowego w wybranych 5-10 miejscowościach kraju, z zaangażowaniem profesjonalnej firmy zajmującej się badaniami ankietowymi, z udziałem odpowiednio dużej populacji mieszkańców, pozwalających na uzyskanie odpowiedniej statystyki i reprezentatywności badanej populacji, w celu precyzyjnego określenia liczby osób potencjalnie nadwrażliwych na działanie PEM;
2. Zestawienie zebranych danych z ogólnie dostępnymi danymi na temat zanieczyszczenia powietrza oraz ze średnim poziomem natężenia pola elektromagnetycznego, oszacowanym z wykorzystaniem systemu SI2PEM;
3. Analiza powiązania częstotliwości zgłaszanej nadwrażliwości na PEM z zanieczyszczeniem powietrza i średnim poziomem tła PEM pochodzącego ze stacji bazowych telefonii komórkowej.

## WYKAZ ZASTOSOWANYCH SKRÓTÓW

- EHS: Nadwrażliwość elektromagnetyczna (ang. Electromagnetic HyperSensitivity) potoczne określenie idiopatycznej nadwrażliwości środowiskowej przypisywanej działaniu pola elektromagnetycznego IEI-EMF.
- EHS+: Osoba, która na podstawie określonego kryterium została zakwalifikowana do grupy osób potencjalnie nadwrażliwych na działanie pól elektromagnetycznych.
- EHS-: Osoba, która na podstawie określonego kryterium nie została zakwalifikowana do grupy osób potencjalnie nadwrażliwych na działanie pól elektromagnetycznych.
- GIOŚ: Główny Inspektorat Ochrony Środowiska.
- IEI-EMF: Idiopatyczna nietolerancja środowiskowa przypisywana działaniu pola elektromagnetycznego (ang. Idiopathic Environmental Intolerance attributed to ElectroMagnetic Fields), właściwa i pełna nazwa nadwrażliwości elektromagnetycznej.
- IŁ-PIB: Instytut Łączności – Państwowy Instytut Badawczy.
- K01-K08: Kryteria, które na podstawie przeprowadzonej ankiety posłużyły do zakwalifikowania ankietowanych do grupy osób nadwrażliwych na działanie pól elektromagnetycznych.
- MCS: Wieloczynnikowa nadwrażliwość na środki chemiczne (ang. Multiple Chemical Sensitivity).
- PEM: Pole elektromagnetyczne, zwykle w niniejszym opracowaniu w znaczeniu: pole elektromagnetyczne stosowane w telekomunikacji bezprzewodowej.
- SI2PEM: System Informacyjny o Instalacjach wytwarzających Promieniowanie ElektroMagnetyczne, publiczna baza danych zawierająca informacje o polu elektromagnetycznym w środowisku, prowadzona przez ministra właściwego do spraw informatyzacji.
- WHO: Światowa Organizacja Zdrowia (ang. World Health Organization).
- ZB: Zakład Biofizyki, Katedra Fizjologii, Wydział Lekarski, Collegium Medicum Uniwersytetu Jagiellońskiego.

## WSTĘP

Od kilku lat w Zakładzie Biofizyki, Katedry Fizjologii, Wydziału Lekarskiego, Collegium Medicum Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie (ZB) prowadzone są badania związane z wpływem pola elektromagnetycznego na zdrowie ludzi. Realizowane przez ZB prace badawcze są m.in. efektem podpisanej w 2016 roku umowy o współpracy pomiędzy Collegium Medicum Uniwersytetu Jagiellońskiego i Instytutem Łączności – Państwowym Instytutem Badawczym w Warszawie (IŁ-PIB). Działania podejmowane w ciągu ostatnich trzech lat koncentrują się głównie na badaniach problemu tzw. nadwrażliwości elektromagnetycznej EHS (ang. Electromagnetic HyperSensitivity) w Polsce.

Zjawisko potocznie określane, jako „nadwrażliwość na pole elektromagnetyczne”, „nadwrażliwość elektromagnetyczna” albo „elektrowrażliwość” wg zaleceń Światowej Organizacji Zdrowia WHO (ang. World Health Organization) powinno być prawidłowo opisywane jako idiopatyczna nietolerancja środowiskowa przypisywana działaniu pola elektromagnetycznego IEI-EMF (ang. Idiopathic Environmental Intolerance attributed to ElectroMagnetic Field) [3]. Istnieją dwa potencjalne wytłumaczenia powstawania EHS. Jednym z nich jest istnienie nieznanych zjawisk biofizycznych związanych z oddziaływaniem PEM na organizm, prowadzących do rozwinięcia objawów zgłaszanych przez osoby nadwrażliwe. Druga teoria zakłada, że u podstaw EHS leżą mechanizmy psychofizjologiczne. Stres związany z obawą o negatywne działanie PEM na zdrowie prowadzi do wystąpienia objawów psychosomatycznych i stąd część populacji uważa się za osoby wrażliwe na działanie pola emitowanego przez urządzenia elektrotechniczne.

**W niniejszym opracowaniu osoby zakwalifikowane do grupy osób nadwrażliwych na PEM oznaczono przez EHS+. Pozostałe osoby (których nie można zakwalifikować do tej grupy) oznaczono przez EHS-.**

Określenie proponowane przez WHO (tj. IEI-EMF) – uwzględnia wszystkie najistotniejsze cechy tego zespołu, tj. (1) nieznaną etiologię, (2) fakt, że nie istnieją obiektywne metody pozwalające na klasyfikację osób dotkniętych tym zjawiskiem poza ich samookreśleniem się jako nadwrażliwe oraz (3) powiązanie go z czynnikami środowiskowymi. Kwestie związane z drugim i trzecim z wymienionych powyżej aspektów charakteryzujących EHS były przedmiotem badań prowadzonych w ZB.

Pod koniec 2020 roku przeprowadzono badania ankietowe mające na celu oszacowanie częstotliwości występowania EHS w Polsce oraz ustalenie kryteriów pozwalających w sposób jednoznaczny i wiarygodny identyfikować osoby, które można uznać za nadwrażliwe na PEM. Raport z przeprowadzonych w roku 2020 badań został opublikowany na stronach IŁ-PIB oraz na stronach gov.pl na początku 2021 roku [1]. Zdefiniowano i przetestowano w formie pytań zadawanych respondentom kilka kryteriów, które mogą być zastosowane w celu klasyfikacji badanych do grupy osób nadwrażliwych na pole. Kryteria te zostały opisane w **TABELI 1**. Problem definicji i doboru kryteriów klasyfikacji osób nadwrażliwych został przedyskutowany w [4]. Z jedenastu zaproponowanych w cytowanej pracy kryteriów ostatecznie stosowanych jest jedynie osiem prostych kryteriów oznaczanych K01-K08.

**Tabela 1. Kryteria klasyfikacji ankietowanych do grupy osób nadwrażliwych na działanie pola elektromagnetycznego (EHS+) stosowane w badaniach. Kryteria te zostały zastosowane jako pytania ankietowe kierowane do respondentów (wzór ankiety został zaprezentowany w ZAŁĄCZNIKU 1).**

Ozn.	Nr pytania w ankiecie	Pytanie
K01	P1e	Czy na Pana(i) samopoczucie lub zdrowie wpływa: ..., (e) Pole elektromagnetyczne?
K02	P2h	Na które z czynników, które za chwilę odczytam jest Pan(i) nadwrażliwy(a) lub reaguje alergicznie? ..., (h) pola magnetyczne lub elektryczne, ... .
K03	P3	Czy uważa Pan(i), że jest Pan(i) elektrowrażliwy(a) lub nadwrażliwy(a) na pola elektromagnetyczne?
K04	P4a	Czy uważa Pan(i), że urządzenia emitujące pole elektromagnetyczne wpływają negatywnie na Pana(i): a) samopoczucie?
K05	P4b	Czy uważa Pan(i), że urządzenia emitujące pole elektromagnetyczne wpływają negatywnie na Pana(i): b) zdrowie?
K06	P4a i P4b	Czy uważa Pan(i), że urządzenia emitujące pole elektromagnetyczne wpływają negatywnie na Pan(i) samopoczucie i zdrowie?
K07	P8	Czy odczuwa Pan(i) jakiegokolwiek objawy zdrowotne związane z używaniem urządzeń elektrycznych, których Pana(i) zdaniem nie odczuwają inni?
K08	P8 i P10	Czy odczuwa Pan(i) jakiegokolwiek objawy zdrowotne związane z używaniem urządzeń elektrycznych, których Pana(i) zdaniem nie odczuwają inni? A jeżeli tak, to czy odczuwane dolegliwości były na tyle dotkliwe, że wpływały na Pana(i) życie codzienne lub z ich powodu konsultował/a się Pan(i) z lekarzem?

Najbardziej rygorystyczne i w ocenie autorów niniejszego opracowania również najbardziej wiarygodne z proponowanych kryteriów kwalifikacji do grupy EHS+ zakłada, że osoby nadwrażliwe na PEM odczuwają objawy związane z działaniem pola w sytuacjach, gdy objawów takich nie odczuwa ogół społeczeństwa (kryterium K07). Równocześnie objawy powinny być na tyle silne i uciążliwe, że osoba nimi dotknięta poszukuje aktywnie pomocy w ich wyjaśnieniu, zapobieganiu lub leczeniu (kryterium K08). Ostatnie kryterium pozwoliło w badaniu ankietowym z roku 2020 na oszacowanie częstości występowania EHS w naszym kraju na poziomie maksymalnie 1,8%.

Rok później dokonano ponownej analizy danych uzyskanych w badaniu ankietowym z roku 2020. Analizowano je pod kątem powiązania częstotliwości występowania EHS z zanieczyszczeniem powietrza i środowiskowymi poziomami natężenia PEM generowanego przez urządzenia infrastruktury telekomunikacyjnej [2].

Uzasadnieniem podjęcia kwestii powiązania częstotliwości występowania EHS z zanieczyszczeniem powietrza jest m.in. podobieństwo pomiędzy EHS, a nietolerancją środowiskową na czynniki chemiczne MCS (ang. Multiple Chemical Sensitivity) [3]. Podobieństwa pomiędzy EHS i MCS polegają na tym, że w obydwu przypadkach mechanizmy oddziaływania nie zostały wyjaśnione,

a nadwrażliwość ujawnia się w przypadku bardzo niskich poziomów czynnika środowiskowego związanego z objawami. Objawy są najczęściej subiektywne i niespecyficzne, a ich wachlarz jest bardzo szeroki.

Istnieje możliwość, że osoby wrażliwe bardziej niż ogół społeczeństwa na pewne substancje chemiczne, w tym również obserwowane w zanieczyszczonym powietrzu, są równocześnie bardziej wrażliwe na działanie PEM. Powiązanie takie może wynikać z realnych oddziaływań obydwu czynników na organizm, ale może być związane z konstrukcją psychiczną osób nadwrażliwych. Osoby bardziej uwrażliwione na swój stan zdrowia albo o wyższej składowej depresyjnej i lękowej, mogą w jednakowym stopniu obawiać się różnych czynników środowiskowych mających potencjalnie negatywny wpływ na ich organizmy. W konsekwencji osoby takie mogą wiązać postrzegane u siebie objawy równocześnie z różnego rodzaju czynnikami fizycznymi i chemicznymi.

Drugą istotną kwestią, która była brana pod uwagę w projekcie realizowanym w roku 2021 [2] było badanie związku pomiędzy częstotliwością EHS, a parametrami opisującymi środowiskowe poziomy PEM pochodzącego od infrastruktury telekomunikacyjnej. Hipoteza mówiąca, że liczba osób nadwrażliwych na PEM powinna być powiązana z ekspozycją na ten czynnik w środowisku wydaje się logiczna i uzasadniona. Jest tak nawet wówczas, gdy weźmiemy pod uwagę fakt, że infrastruktura telekomunikacyjna jest tylko jednym z dwóch istotnych źródeł PEM w środowisku człowieka. Drugim takim źródłem, być może nawet związanym z większą ekspozycją indywidualną, są urządzenia mobilne. Ekspozycja środowiskowa na PEM pochodzące od infrastruktury telekomunikacyjnej powinna być powiązana z częstotliwością występowania EHS zarówno w przypadku realnych biofizycznych oddziaływań PEM z organizmami ludzi, jak i w przypadku drugiego mechanizmu, o którym była mowa wyżej. Większy poziom PEM w środowisku jest bowiem powiązany z częstszą obserwacją urządzeń telekomunikacyjnych wokół nas, a tym samym może się wiązać ze zwiększonym poziomem obaw przed PEM, prowadzącym z kolei do objawów psychosomatycznych.

Przeprowadzone do tej pory analizy wykazały, że istnieją pewne podstawy, aby rozpatrywać i badać potencjalne związki przyczynowo skutkowe pomiędzy liczbą osób elektrowrażliwych, a niektórymi parametrami opisującymi zanieczyszczenie powietrza. Na podstawie dostępnych wówczas danych najbardziej prawdopodobny wydawał się związek przyczynowy ze stężeniem pyłu zawieszonego PM<sub>10</sub>. Pozostałe parametry opisujące zanieczyszczenie powietrza brane pod uwagę (stężenie pyłu zawieszonego PM<sub>2,5</sub>, SO<sub>2</sub> i NO<sub>2</sub> oraz klasyfikacja jakościowa zanieczyszczenia powietrza w ocenie pięcioletniej) korelowały z częstotliwością EHS słabo, albo wcale. Nie wykazano również istotnej korelacji pomiędzy częstotliwością występowania EHS, a parametrami opisującymi narażenie na realną ekspozycję na PEM.

Istotnym ograniczeniem badań i analiz opisanych w nowszym raporcie z 2021 roku [2] był fakt, że bazowano na wynikach badań ankietowych, które zostały zaplanowane i przeprowadzone w innym celu [1] niż badanie powiązań EHS z czynnikami środowiskowymi w miejscu zamieszkania. Przeprowadzając ankietę nie zakładano konieczności precyzyjnego ustalania miejscowości pochodzenia respondentów, określali oni jedynie województwo zamieszkania i wielkość miejscowości, w której mieszkają. Analiza danych demograficznych populacji Polski publikowanych przez Główny Urząd Statystyczny w Roczniku Demograficznym 2021 [5] pozwoliła stwierdzić, ile miast i jakiej wielkości znajduje się na terenie poszczególnych województw. Na bazie tych informacji udało się jednoznacznie zidentyfikować mieszkańców 12-stu miejscowości, które uwzględniono w dalszych analizach. Lista wybranych miast wraz z liczbą mieszkańców, którzy wzięli udział w ankiecie została

pokazana w **TABELI 2**. W tabeli pokazano również odsetek osób, które zostały zakwalifikowane jako EHS+ we wstępnej analizie powiązań częstotliwości występowania EHS z czynnikami środowiskowymi [2]. Przyjęta metodyka zakładała, że respondenci znają wielkość miasta, w którym mieszkają, co stanowiło potencjalne źródło błędu. Ponadto, konieczność zawężenia liczby osób ankietowanych jedynie do miejscowości, których mieszkańców udało się zidentyfikować na podstawie pytania o województwo i wielkość miasta zamieszkania spowodowała, że liczebność populacji ostatecznie branej pod uwagę w analizie znacząco się obniżyła. Z 2000 przeprowadzonych wywiadów ostatecznie uwzględniono jedynie 378.

Na skutek ograniczenia liczebności grupy badanej w przypadku najmocniejszych, ale zarazem najbardziej wiarygodnych kryteriów kwalifikacji do grupy EHS+ (K07 i K08) w analizowanych miejscowościach obserwujemy jedynie pojedyncze osoby nadwrażliwe, a przykładowo w Wałbrzychu nie stwierdzono w ogóle osób EHS+ bez względu na to, jakie kryterium zostało zastosowane. Przykłady te jasno pokazują, że ograniczona liczebność grupy badanej pozwoliła na wyciągnięcie jedynie wstępnych wniosków, które łatwo można podać w wątpliwość.

Aby uzyskać bardziej wiarygodne wnioski niż te zaprezentowane w poprzednim raporcie [2], zaplanowano i przeprowadzono kolejne badanie ankietowe, które pozwoliło w sposób bardziej wiarygodny dokonać analizy powiązań pomiędzy częstotliwością występowania EHS, a wybranymi czynnikami środowiskowymi. Wyniki tych badań opisano w niniejszym raporcie.

**Tabela 2. Miejscowości wybrane do analizy w projekcie realizowanym w roku 2021 wraz z liczbą wywiadów przeprowadzonych w poszczególnych miejscowościach. W kolumnach K01-K08 podano procentowy udział osób uznanych za EHS+ według wszystkich zastosowanych kryteriów. Kryteria te opisano w TABELI 1.**

Miasto	Liczba ankiet	K01 [%]	K02 [%]	K03 [%]	K04 [%]	K05 [%]	K06 [%]	K07 [%]	K08 [%]
Białystok	17	17,6	5,9	–	11,8	11,8	5,9	–	–
Kielce	15	40,0	20,0	20,0	33,3	40,0	33,3	20	13,3
Kraków	50	20,0	6,0	2,0	16,0	16,0	6,0	–	–
Lublin	30	20,0	13,3	6,7	23,3	20,0	20,0	3,3	–
Łódź	57	28,1	14,0	14,0	24,6	31,6	19,3	3,5	–
Opole	7	57,1	28,6	42,9	28,6	28,6	14,3	–	–
Poznań	40	20,0	12,5	2,5	17,5	30,0	15,0	–	–
Rzeszów	19	26,3	10,5	5,3	21,1	31,6	21,1	5,3	5,3
Tarnów	9	33,3	11,1	11,1	22,2	22,2	22,2	–	–
Wałbrzych	21	–	–	–	–	–	–	–	–
Warszawa	67	19,4	13,4	7,5	22,4	29,9	20,9	4,5	1,5
Wrocław	46	23,9	8,7	10,9	21,7	23,9	17,4	–	–

## MATERIAŁ I METODY

### Ankieta i dobór respondentów

Badanie ankietowe zostało przeprowadzone na grupie 2200 osób. Dobór respondentów był dokonany w taki sposób, aby badana populacja jak najwierniej odzwierciedlała polskie społeczeństwo pod względem płci, poziomu wykształcenia i struktury wieku. Równocześnie dobór osób ankietowanych był ograniczony ich miejscem zamieszkania. Do badania zaproszono jedynie mieszkańców dwunastu miast, które zostały uwzględnione w poprzednim projekcie [2]. Lista tych miast została przedstawiona w **TABELI 2**. Należy zwrócić uwagę na drobny aspekt techniczny odróżniający niniejsze opracowanie od poprzedniego raportu. W obecnym dokumencie miasta zostały posortowane w porządku alfabetycznym, podczas gdy w poprzednim raporcie stosowano sortowanie według kodów województw, w których się one znajdowały.

Badana grupa nie stanowi grupy reprezentatywnej dla naszego kraju pod względem struktury zamieszkania, zarówno pod względem procentowego udziału poszczególnych regionów w grupie badanej, jak stopnia zurbanizowania miejsca zamieszkania. Badana grupa obejmuje jedynie mieszkańców wybranych miast o liczbie ludności od 100 tys. do 500 tys. mieszkańców (Białystok, Kielce, Lublin, Opole, Rzeszów, Tarnów i Wałbrzych) oraz mieszkańców dużych aglomeracji o liczbie mieszkańców powyżej 500 tys. (Kraków, Łódź, Poznań, Warszawa i Wrocław). Ograniczenie zakresu badania do tych samych miast, które były uwzględnione w poprzednim projekcie pozwala odnieść obecne wyniki do wyników poprzednich, a ponadto pozwala wykorzystać te same dane dotyczące czynników środowiskowych, które były wykorzystane wcześniej. Liczebność osób ankietowanych w poszczególnych ośrodkach miejskich została określona w przybliżeniu proporcjonalnie do liczby mieszkańców, ale w taki sposób, żeby równocześnie w każdym z miast przeprowadzono nie mniej niż 100 wywiadów. Lista miast wybranych do badania wraz z liczbą przeprowadzonych w nich ankiet i określeniem liczebności osób wrażliwych na PEM z uwzględnieniem ośmiu kryteriów (K01-K08) została przedstawiona w **TABELI 3**.



**Tabela 3. Miejscowości wybrane do analizy wraz z liczbą ich mieszkańców, którzy wzięli udział w badaniu ankietowym przeprowadzonym w ramach bieżącego projektu (2022). W kolumnach K01-K08 podano procentowy udział osób uznanych za EHS+ według poszczególnych kryteriów.**

Miasto	Liczba ankiet	K01 [%]	K02 [%]	K03 [%]	K04 [%]	K05 [%]	K06 [%]	K07 [%]	K08 [%]
Białystok	100	20,0	12,0	11,0	21,0	24,0	19,0	7,0	3,0
Kielce	100	30,0	18,0	13,0	27,0	28,0	22,0	10,0	3,0
Kraków	270	17,4	4,8	4,4	14,8	19,3	11,1	3,3	1,1
Lublin	120	25,8	13,3	12,5	16,7	24,2	15,0	6,7	0,8
Łódź	230	21,3	7,4	4,8	15,2	23,0	11,7	3,5	1,7
Opole	100	23,0	7,0	8,0	17,0	29,0	14,0	5,0	0,0
Poznań	180	20,6	6,7	9,4	16,7	21,1	14,4	6,1	2,8
Rzeszów	100	25,0	8,0	8,0	25,0	35,0	24,0	7,0	1,0
Tarnów	100	18,0	6,0	8,0	14,0	25,0	12,0	3,0	1,0
Wałbrzych	100	17,0	9,0	7,0	19,0	24,0	14,0	2,0	1,0
Warszawa	600	20,2	8,7	7,0	16,5	23,5	13,7	4,3	1,7
Wrocław	200	26,5	11,0	9,0	14,5	17,0	9,0	4,0	2,0

Ankieta składała się z czternastu pytań i poza pytaniami dotyczącymi danych demograficznych była identyczna z kwestionariuszem stosowanym w sondażu z roku 2020. Pytania ankietowe zostały dołączone do niniejszego opracowania w **Załączniku 1**. W zależności od badanych cech populacji zastosowano pytania zamknięte lub pytania otwarte. Cztery pierwsze pytania miały na celu określenie cech demograficznych osób ankietowanych (miasto zamieszkania, płeć, kategoria wiekowa oraz wykształcenie). Pozostałe pytania dotyczyły kwestii związanych z oddziaływaniem PEM i kilku innych czynników na samopoczucie osoby badanej. Pytano również o objawy i urządzenia, które stanowią potencjalne źródła tych objawów. Pytanie o to, czy respondent uważa się za osobę nadwrażliwą na PEM (EHS+) zadawano na różne sposoby (różne kryteria kwalifikacji). Przypominamy, że osoby, które nie postrzegają się jako nadwrażliwe na PEM są w niniejszym opracowaniu oznaczane skrótem EHS-.

#### **Dane na temat zanieczyszczenia powietrza**

Wykorzystano te same zestawienia danych określających zanieczyszczenia powietrza, które zostały przygotowane w trakcie realizacji projektu w roku 2021. Założono, że zestawienia te nie zmieniły się znacząco od poprzedniego roku, gdyż analizowane zmienne stanowią podsumowanie dłuższych okresów. Dodatkowym argumentem sankcjonującym takie podejście jest fakt, że ewentualne zmiany parametrów zanieczyszczenia powietrza obserwowane w ostatnim roku nie odzwierciedlają ogólnych trendów, gdyż są obciążone wpływem pandemii i światowego kryzysu gospodarczego związanego z wojną w Ukrainie. Ponadto wydaje się, że potencjalny związek pomiędzy częstotliwością występowania EHS, a parametrami środowiskowymi charakteryzuje się pewną bezwładnością czasową. O ile ten związek w ogóle istnieje, to zmiany częstości występowania EHS powinny się

objawiać z pewnym opóźnieniem w stosunku do zmian parametrów stężenia zanieczyszczeń w powietrzu.

Opis metodyki pozyskiwania danych o zanieczyszczeniu powietrza jest tutaj ograniczony do niezbędnego minimum ułatwiającego zapoznanie się z raportem. Czytelników zainteresowanych szczegółami odsyłamy do opracowania z poprzedniego roku [2], gdzie można znaleźć bardziej szczegółowy opis, jak również pełne zestawienia analizowanych parametrów.

Dane na temat zanieczyszczeń powietrza pozyskano z wyników analiz publikowanych przez Główny Inspektorat Ochrony Środowiska (GIOŚ) w Banku Danych Pomiarowych [6]. W Polsce prowadzi się pomiary stężenia 12-stu czynników związanych z zanieczyszczeniem powietrza. Są to: (1) dwutlenek siarki SO<sub>2</sub>, (2) dwutlenek azotu NO<sub>2</sub>, (3) tlenek węgla CO, (4) benzen C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>, (5) ozon O<sub>3</sub>, (6) pył zawieszony PM<sub>10</sub>, (7) ołów Pb, (8) arsen As, (9) kadm Cd, (10) nikiel Ni, (11) benzo(a)piren B(a)P oraz (12) pył zawieszony PM<sub>2,5</sub>. Stężenie czynników 7-11 określa się w pyłe zawieszonym PM<sub>10</sub> [7]. Pomiary takie prowadzone są w Polsce od około 2000 roku, a ich metodyka ulega ciągłej ewolucji w celu zapewnienia coraz doskonalszego systemu monitoringu. W konsekwencji ilość i rodzaj dostępnych danych z poszczególnych lat są znacząco zróżnicowane. Zdecydowano się wziąć pod uwagę w analizie ilościowej wyniki pomiarów czterech czynników, które badane są najdłużej i w najbardziej usystematyzowany sposób. Są to: (1) SO<sub>2</sub>, (2) NO<sub>2</sub>, (3) PM<sub>2.5</sub> oraz (4) PM<sub>10</sub>. Wyniki pomiaru poziomu stężeń PM<sub>2.5</sub> i PM<sub>10</sub> uśredniane są w okresach 24 godzinnych, a pomiary poziomu stężeń SO<sub>2</sub> i NO<sub>2</sub> – w okresach godzinnych. Wykorzystano dane GIOŚ stanowiące podsumowanie wyników pomiarów za lata 2000-2020 [6], ale ostatecznie analizowano wyniki pomiarów jedynie za okres 2011-2020 ze względu na niekompletność danych w poprzednich latach. W wybranym okresie dysponowano pełnymi danymi dla wybranych czynników środowiskowych we wszystkich analizowanych miastach.

Założono, że potencjalna nadwrażliwość na czynniki zanieczyszczające powietrze w powiązaniu z nadwrażliwością na PEM jest efektem przebywania w skażonym środowisku przez dłuższy okres. Z tego powodu w analizie brano pod uwagę wartość średnią, maksymalną i minimalną dla stężeń poszczególnych czynników w całym analizowanym okresie. Poza w/w parametrami brano również pod uwagę trendy jakimi te parametry podlegały w latach 2011-2020. Za miarę trendów poszczególnych parametrów przyjęto współczynnik nachylenia prostej (a) dopasowanej do danych reprezentujących stężenia wybranego czynnika (x) w czasie:  $c_x = a \cdot t + b$ ,

gdzie:

$c_x$  oznacza stężenie wybranego rodzaju zanieczyszczeń,

$t$  oznacza czas wyrażony w latach.

Przyjęto, że analizowane dla poszczególnych czynników parametry zostaną oznaczane następującym skrótem: CZYNNIK\_Par,

gdzie: „CZYNNIK” przyjmuje jedną z czterech możliwych wartości (PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub>, lub NO<sub>2</sub>),

„Par” przyjmuje jedną z trzech możliwych wartości: Av, Min i Max, odpowiednio dla wartości średniej, minimalnej i maksymalnej stężenia danego czynnika środowiskowego.

W przypadku trendu dodawana jest litera „T”. Analizowane rodzaje zanieczyszczeń i oznaczenia parametrów podlegających analizie podsumowano w **Tabeli 4**.

**Tabela 4. Zanieczyszczenia powietrza brane pod uwagę w opracowaniu i parametry opisujące te zanieczyszczenia.**

<b>Czynnik</b>	<b>Parametry</b>	<b>Opis parametrów</b>
Pył zawieszony PM2.5	PM2.5_Av, PM2.5_Min, PM2.5_Max	Średnie/minimalne/maksymalne stężenie pyłu PM2,5 wyrażone w $\mu\text{g}/\text{m}^3$ wyznaczone w okresie 2011-2020
	PM2.5_AvT, PM2.5_MinT, PM2.5_MaxT	Trend obserwowany w analizowanym okresie w przypadku średniej, minimalnej i maksymalnej wartości stężenia pyłu PM2,5
Pył zawieszony PM10	PM10_Av, PM10_Min, PM10_Max	Średnie, minimalne i maksymalne stężenie pyłu PM10 wyrażone w $\mu\text{g}/\text{m}^3$ wyznaczone w okresie 2011-2020
	PM10_AvT, PM10_MinT, PM10_MaxT	Trend obserwowany w analizowanym okresie w przypadku średniej, minimalnej i maksymalnej wartości stężenia pyłu PM10
Dwutlenek siarki SO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub> _Av, SO <sub>2</sub> _Min, SO <sub>2</sub> _Max	Średnie, minimalne i maksymalne stężenie pyłu SO <sub>2</sub> wyrażone w $\mu\text{g}/\text{m}^3$ wyznaczone w okresie 2011-2020
	SO <sub>2</sub> _AvT, SO <sub>2</sub> _MinT, SO <sub>2</sub> _MaxT	Trend obserwowany w analizowanym okresie w przypadku średniej, minimalnej i maksymalnej wartości stężenia pyłu SO <sub>2</sub>
Dwutlenek azotu NO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub> _Av, NO <sub>2</sub> _Min, NO <sub>2</sub> _Max	Średnie, minimalne i maksymalne stężenie pyłu NO <sub>2</sub> wyrażone w $\mu\text{g}/\text{m}^3$ wyznaczone w okresie 2011-2020
	NO <sub>2</sub> _AvT, NO <sub>2</sub> _MinT, NO <sub>2</sub> _MaxT	Trend obserwowany w analizowanym okresie w przypadku średniej, minimalnej i maksymalnej wartości stężenia pyłu NO <sub>2</sub>

Ocena jakości powietrza przeprowadzana przez GIOŚ wykonywana jest w odniesieniu do tzw. stref, czyli obszarów, na jakie został podzielony nasz kraj. W ramach poszczególnych stref pomiary zanieczyszczeń mogą być wykonywane w oparciu o kilka stacji pomiarowych umieszczonych w różnych lokalizacjach. W takim przypadku GIOŚ raportuje wyniki pomiarów z każdej stacji. Dla potrzeb niniejszego opracowania przyjęto, że wartością średnią dla każdej strefy w poszczególnych latach jest średnia wartość ze wszystkich pomiarów przeprowadzonych z wykorzystaniem wszystkich stacji obecnych w strefie w całym roku kalendarzowym. Podobnie wartość minimalna (i odpowiednio maksymalna) jest minimalną (i odpowiednio maksymalną) wartością stężenia obserwowanego z udziałem wszystkich stacji należących do strefy. W analizie trendów również uwzględniano wszystkie stacje pomiarowe przynależne do poszczególnych stref. Przypisanie stref zdefiniowanych przez GIOŚ do listy miast wybranych do analizy przedstawia Tabela 5.

**Tabela 5. Przypisanie stref zdefiniowanych w systemie monitoringu powietrza prowadzonym przez GIOŚ do analizowanych w raporcie miejscowości.**

<b>Strefa zdefiniowania w systemie monitoringu jakości powietrza</b>	<b>Miasto wybrane do analizy zależności częstotliwości występowania EHS od zanieczyszczenia powietrza</b>
Aglomeracja Białostocka	Białystok
Miasto Kielce	Kielce
Aglomeracja Krakowska	Kraków
Aglomeracja Lubelska	Lublin
Aglomeracja Łódzka	Łódź
Miasto Opole	Opole
Aglomeracja Poznańska	Poznań
Miasto Rzeszów	Rzeszów
Miasto Tarnów	Tarnów
Miasto Wałbrzych	Wałbrzych
Aglomeracja Warszawska	Warszawa
Aglomeracja Wrocławska	Wrocław

Poza danymi ilościowymi opisanymi powyżej wykorzystano również dane jakościowe publikowane przez GIOŚ. Klasyfikacja jakościowa bazuje na wynikach pomiarów ilościowych i jest dokonywana przez GIOŚ co pięć lat. Ostatnie podsumowanie zostało opublikowane w roku 2019 i dotyczy okresu 2014-2018 [7]. Kolejny raport pięcioletni spodziewany jest w roku 2024. Klasyfikacja taka polega na tym, że na podstawie analizy poziomów zanieczyszczenia PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub> i NO<sub>2</sub> przypisuje poszczególnym strefom jedną z czterech klas jakości powietrza: 1, 2, 3a, lub 3b. Kryteria klasyfikacji zostały zdefiniowane w Tabeli 6 [7].

**Tabela 6. Klasyfikacja stosowana przez GIOŚ do jakościowej oceny skażenia powietrza. Dolny próg oszacowania, górny próg oszacowania i poziom dopuszczalny określone są dla poszczególnych czynników środowiskowych na różnych poziomach i niekiedy dla różnych sposobów uśredniania wyników pomiarów ilościowych. Definicje tych parametrów oraz ich wartości można znaleźć w [7].**

<b>KLASA 1</b>	Stężenia zanieczyszczenia wybranym czynnikiem na terenie strefy nie przekraczały wartości dolnego progu oszacowania
<b>KLASA 2</b>	Na terenie strefy występowały stężenia czynnika powyżej wartości dolnego progu oszacowania, lecz nieprzekraczające wartości górnego progu oszacowania
<b>KLASA 3a</b>	Na terenie strefy występowały stężenia zanieczyszczenia powyżej wartości górnego progu oszacowania, lecz nieprzekraczające wartości poziomów dopuszczalnych lub docelowych
<b>KLASA 3b</b>	Na terenie strefy rejestrowane były stężenia zanieczyszczenia powyżej wartości górnego progu oszacowania i jednocześnie powyżej wartości poziomów dopuszczalnych lub docelowych

Wartości średnie, minimalne i maksymalne oraz trendy tych wartości obliczone z publikowanych przez GIOŚ danych ilościowych, jak również wyniki klasyfikacji stref do poszczególnych klas (dane jakościowe) zostały skorelowane z liczbą osób określonych jako EHS+ w poszczególnych miastach. Brano pod uwagę wszystkie przedstawione wcześniej kryteria klasyfikacji K01-K08.

### **Dane na temat poziomów ekspozycji na PEM**

Dane na temat ekspozycji na pole elektromagnetyczne generowane przez instalacje infrastruktury telekomunikacyjnej, podobnie jak dane dotyczące zanieczyszczenia powietrza, zostały zaczerpnięte z zestawień przygotowanych w ramach ubiegłorocznego projektu. Parametry charakteryzujące natężenia składowej elektrycznej PEM w obszarach wybranych miast pochodzą z Systemu Informacyjnego o Instalacjach wytwarzających Promieniowanie ElektroMagnetyczne (SI2PEM) [8].

IŁ-PIB przygotował i udostępnił dane z symulacji rozkładu PEM w obszarach administracyjnych miast wybranych do analizy. Rozkład PEM wyznaczono z zastosowaniem siatki elementów o rozmiarach  $1 \times 1 \text{ m}^2$ . Dla każdego punktu siatki wyznaczono wartość zagregowaną, tj. najwyższą wartość obserwowaną w zakresie wysokości od 0,3 m do 2 m nad poziomem terenu. Nie brano pod uwagę tych punktów, które znajdowały się w obrysie zabudowy. Symulacja została zrealizowana dla stacji bazowych pracujących z maksymalnymi mocami równocześnie, biorąc pod uwagę wszystkie stacje bazowe aktywne na początku grudnia 2021 r.

Dla dwunastu miast obliczono w aplikacji R (The R Project for Statistical Computing, Licencja wolnego i otwartego oprogramowania – General Public License – GNU): średnią wartość natężenia składowej elektrycznej PEM (PEM\_Av), odchylenie standardowe (PEM\_SD), medianę (PEM\_Med), oraz wartości 10-tego (PEM\_10c) centyla i 90-tego (PEM\_90c) centyla rozkładu wartości PEM w analizowanych obszarach.

### **Analiza statystyczna wyników**

Parametry opisujące zanieczyszczenie powietrza pochodzące z baz danych GIOŚ (Tabela 4), dane jakościowe publikowane w raporcie GIOŚ z pięcioletniej oceny jakości powietrza i wartości opisujące natężenia składowej elektrycznej PEM dostarczone przez IŁ-PIB oraz dane dotyczące częstotliwości występowania EHS uzyskane w tegorocznym badaniu ankietowym (**TABELI 3**) zostały poddane analizie statystycznej w programie Statgraphics Centurion 19 (Statgraphics Technologies Inc.).

Badano korelację wszystkich parametrów zanieczyszczenia powietrza i opisujących rozkład PEM z liczbą osób EHS+ dla poszczególnych miast wyznaczaną według wszystkich branych pod uwagę kryteriów kwalifikacji do grupy EHS+ (K01-K08). Zastosowano metodę rang Spearmana. Metoda ta pozwala na badanie zależności pomiędzy zmiennymi parametrycznymi i nieparametrycznymi również w przypadkach, kiedy liczebność prób jest niewielka. Metoda korelacji rang Spearmana pozwala, w odróżnieniu do metody Pearsona, określać zależności również w przypadkach, gdy są one opisane funkcjami nieliniowymi. Pod warunkiem, wszakże, że są to funkcje monotoniczne. W wyniku zastosowania metody rang Spearmana otrzymuje się współczynnik  $r_s$ , którego interpretację opisano w Tabeli 7.

Współczynniki  $r_s$  mieszczą się w zakresie od  $-1$  do  $+1$  i mierzą siłę związku między zmiennymi. W przeciwieństwie do bardziej powszechnych korelacji Pearsona, współczynniki Spearmana są obliczane na podstawie rang wartości danych, a nie na podstawie samych wartości. Dodatnie współczynniki  $r_s$  oznaczają, że obydwie badane zmienne równocześnie rosną, podczas gdy ujemne oznaczają, że gdy jedna rośnie, to wartość drugiej maleje. Poza obliczaniem wartości rang obliczany jest również współczynnik  $p$  określający istotność statystyczną. Współczynnik  $p$  mówi, czy przypisanie konkretnej jakościowej oceny siły korelacji (tj. słaba, niska, umiarkowana, wysoka, bardzo wysoka, pełna) zostało dokonane z odpowiednio dużym prawdopodobieństwem pewności. Kategoryzację rang przyjmujemy za istotną statystycznie dla  $p < 0,05$ . Wartości  $p$  poniżej  $0,05$  wskazują statystycznie istotne niezerowe korelacje na poziomie ufności  $95,0\%$ . Do porównywania zmiennych zastosowano test nieparametryczny Kołmogorowa-Smirnowa dla dwóch prób niezależnych.

**Tabela 7. Interpretacja współczynnika korelacji rang Spearmana ( $r_s$ ).**

$ r_s $	Interpretacja korelacji
$< 0,2$	słaba, brak związku
$0,2 - 0,4$	niska, zależność wyraźna
$0,4 - 0,6$	umiarkowana, zależność istotna
$0,6 - 0,8$	wysoka, zależność znaczna
$0,8 - 0,9$	bardzo wysoka, zależność bardzo duża
$0,9 - 1,0$	zależność pełna

## WYNIKI

Liczebność osób, które można zakwalifikować jako osoby nadwrażliwe na działanie pól elektromagnetycznych dla poszczególnych miast podlegających analizie przedstawiono w Tabeli 3. Wyniki zawarte w tabeli były korelowane kolejno dla wszystkich stosowanych kryteriów kwalifikacji osób badanych do grupy EHS+ metodą rang Spearmana. Wyniki tych analiz zostały przedstawione w **TABELACH 8-13**.

Korelacje pomiędzy badanymi zmiennymi określamy jako znaczącą w niniejszym opracowaniu tylko w przypadkach, gdy  $|rs| > 0,6$  oraz  $p < 0,05$ . Obejmuje to kategorie rang Spearmana z zakresu co najmniej korelacji wysokiej, które są istotne statystycznie. Przyjęto pod tym względem inne podejście niż w poprzednim raporcie ze względu na wyższą jakość analizowanych danych.

Tabela 8. Współczynniki korelacji obliczane metodą rang Spearmana  $r_s$  dla zależności pomiędzy liczbą osób nadwrażliwych zakwalifikowanych na podstawie różnych kryteriów (K01-K08) (TABELA 3), a parametrami opisującymi zanieczyszczenie powietrza pyłem zawieszonym PM2,5. Szczegółowe zestawienie parametrów opisujących stężenia PM2,5 można znaleźć w [2]. Opis kryteriów znajduje się w TABELI 1, a opis oznaczeń parametrów w Tabeli 4. Współczynniki, które mogą wskazywać na statystyczną istotność i mogą być przesłanką do rozpatrywania związków przyczynowo skutkowych pomiędzy zmiennymi wyróżniono kolorem niebieskim ( $|r_s| > 0,6$  i  $p < 0,05$ ).

Parametr	K01	K02	K03	K04	K05	K06	K07	K08
PM2.5_Av	0,0490	-0,5035	-0,3139	-0,4343	-0,1471	-0,4343	-0,2872	0,1164
PM2.5_Min 3	-0,413	-0,5873	-0,2377	-0,4649	-0,3305	-0,3051	-0,2651	0,3548
PM2.5_Max 9	-0,062	-0,3846	-0,2893	-0,1051	0,4553	-0,0911	-0,2592	-0,5185
PM2.5_AvT 2	-0,231	0,2907	-0,0919	0,2965	0,3018	0,1789	-0,0947	-0,3233
PM2.5_Min T	0,1821	-0,3468	0,0424	0,0333	0,4526	0,1579	0,0877	<b>-0,6520</b>
PM2.5_Max xT	0,3503	0,3257	0,1378	0,2333	0,1088	0,1404	0,4035	0,0159

Tabela 9. Współczynniki korelacji obliczane metodą rang Spearmana  $r_s$  dla zależności pomiędzy liczbą osób nadwrażliwych zakwalifikowanych na podstawie różnych kryteriów (K01-K08) (TABELA 3), a parametrami opisującymi zanieczyszczenie powietrza pyłem zawieszonym PM10. Szczegółowe zestawienie parametrów opisujących stężenia PM10 można znaleźć w [2]. Opis kryteriów znajduje się w TABELI 1, a opis oznaczeń parametrów w Tabeli 4.

Parametr	K01	K02	K03	K04	K05	K06	K07	K08
PM10_Av	0,1329	-0,3846	-0,4339	-0,4483	-0,2592	-0,5884	-0,3152	0,1235
PM10_Min	-0,0280	-0,2168	-0,1129	-0,4343	-0,0595	-0,3958	-0,3363	-0,3351
PM10_Max	-0,0490	-0,5664	-0,4550	-0,3678	0,1751	-0,3608	-0,4063	-0,3598
PM10_AvT	-0,2168	0,2308	0,1870	0,2907	0,0035	0,3222	0,1716	0,1305
PM10_MinT	0,1049	-0,2867	-0,1094	-0,0350	0,1226	0,1506	0,0841	-0,0071
PM10_MaxT	0,1888	0,5315	0,4021	0,4553	-0,0525	0,3958	0,5499	0,5715

Tabela 10. Współczynniki korelacji obliczane metodą rang Spearmana  $r_s$  dla zależności pomiędzy liczbą osób nadwrażliwych zakwalifikowanych na podstawie różnych kryteriów (K01-K08) (TABELA 3), a parametrami opisującymi zanieczyszczenie powietrza pyłem zawieszonym  $SO_2$ . Szczegółowe zestawienie parametrów opisujących stężenia  $SO_2$  można znaleźć w [2]. Opis kryteriów znajduje się w TABELI 1, a opis oznaczeń parametrów w Tabeli 4. Współczynniki, które mogą wskazywać na statystyczną istotność i mogą być przesłanką do rozpatrywania związków przyczynowo skutkowych pomiędzy zmiennymi wyróżniono kolorem niebieskim ( $|r_s| > 0,6$  i  $p < 0,05$ ).

Parametr	K01	K02	K03	K04	K05	K06	K07	K08
SO2_Av	-0,0350	-0,2098	-0,4268	-0,0525	0,1786	-0,2032	-0,3082	-0,0741
SO2_Min	-0,4852	<b>-0,7689</b>	<b>-0,642</b>	-0,5889	-0,2954	-0,4487	-0,4468	-0,0339
SO2_Max	-0,3846	-0,1329	<b>-0,7302</b>	-0,0105	-0,0175	-0,2172	-0,3818	-0,0071
SO2_AvT	0,0420	0,2098	<b>0,6103</b>	0,0245	-0,0455	0,2732	0,2032	0,0176
SO2_MinT	-0,0559	-0,4406	0,1023	0,0245	0,3292	0,2697	0,1821	-0,5009
SO2_MaxT	<b>0,6923</b>	0,3706	0,5891	-0,0105	-0,0315	0,1331	0,4869	0,3139

Tabela 11. Współczynniki korelacji obliczane metodą rang Spearmana  $r_s$  dla zależności pomiędzy liczbą osób nadwrażliwych zakwalifikowanych na podstawie różnych kryteriów (K01-K08) (TABELA 3), a parametrami opisującymi zanieczyszczenie powietrza pyłem zawieszonym  $NO_2$ . Szczegółowe zestawienie parametrów opisujących stężenia  $NO_2$  można znaleźć w [2]. Opis kryteriów znajduje się w TABELI 1, a opis oznaczeń parametrów w Tabeli 4. Współczynniki, które mogą wskazywać na statystyczną istotność i mogą być przesłanką do rozpatrywania związków przyczynowo skutkowych pomiędzy zmiennymi wyróżniono kolorem niebieskim ( $|r_s| > 0,6$  i  $p < 0,05$ ).

Parametr	K01	K02	K03	K04	K05	K06	K07	K08
NO2_Av	0,1049	-0,2378	-0,2716	<b>-0,5919</b>	-0,4869	-0,5779	-0,2417	0,2258
NO2_Min	-0,5385	<b>-0,6881</b>	-0,4452	<b>-0,7024</b>	-0,5395	<b>-0,6069</b>	-0,5488	0,1207
NO2_Max	0,0070	-0,1958	-0,0459	-0,5184	-0,5324	-0,2837	-0,1471	0,0388
NO2_AvT	0,0140	0,3147	0,5362	0,5779	0,4904	<b>0,7776</b>	0,5534	0,3422
NO2_MinT	0,3287	0,3427	0,582	0,6095	0,4238	<b>0,7356</b>	<b>0,6865</b>	0,1199
NO2_MaxT	-0,5524	-0,0699	-0,5573	0,1576	0,0911	-0,028	-0,3398	0,0035



Tabela 12. Współczynniki korelacji metodą rang Spearmana  $r_s$  dla zależności pomiędzy liczbą osób nadwrażliwych zakwalifikowanych na podstawie różnych kryteriów (K01-K08) (TABELA 3), a pięcioletnią (2014-2018) oceną jakości powietrza. Szczegółowe zestawienie klasyfikacji analizowanych obszarów do klas zanieczyszczenia powietrza w ocenie pięcioletniej i opis sposobu jego przygotowania można znaleźć w [2]. Opis kryteriów znajduje się w TABELI 1. Współczynniki, które mogą wskazywać na statystyczną istotność i mogą być przesłanką do rozpatrywania związków przyczynowo skutkowych pomiędzy zmiennymi wyróżniono kolorem niebieskim ( $|r_s| > 0,6$  i  $p < 0,05$ ).

Parametr	K01	K02	K03	K04	K05	K06	K07	K08
PM2,5	0,2048	-0,1024	0,0258	-0,6156	-0,5130	-0,4617	-0,1539	0,2841
NO <sub>2</sub>	-0,0223	-0,2831	-0,3194	-0,6511	-0,6866	-0,6866	-0,3284	0,4040

Tabela 13. Współczynniki korelacji metodą rang Spearmana  $r_s$  dla zależności pomiędzy liczbą osób nadwrażliwych zakwalifikowanych na podstawie różnych kryteriów (K01-K08) (TABELA 3), a parametrami opisującymi ekspozycję na PEM w miejscu zamieszkania. Szczegółowe zestawienie parametrów opisujących ekspozycję oraz opis metodyki jego przygotowania można znaleźć w [2]. Opis kryteriów znajduje się w TABELI 1. Współczynniki, które mogą wskazywać na statystyczną istotność i mogą być przesłanką do rozpatrywania związków przyczynowo skutkowych pomiędzy zmiennymi wyróżniono kolorem niebieskim ( $|r_s| > 0,6$  i  $p < 0,05$ ).

Parametr	K01	K02	K03	K04	K05	K06	K07	K08
PEM_Av	-0,0876	-0,1541	-0,1767	-0,4632	-0,7649	-0,393	-0,0632	0,5389
PEM_SD	0,1649	-0,0421	-0,0584	-0,3076	-0,6907	-0,2865	0,123	0,4283
PEM_Med	-0,2460	-0,1476	-0,2323	-0,4454	-0,7306	-0,3644	-0,1356	0,4681
PEM_10c	-0,4696	-0,3504	-0,2970	-0,2099	-0,1574	-0,0995	-0,2081	0,3917
PEM_90c	0,1016	-0,0841	-0,0707	-0,4105	-0,7368	-0,3439	0,0702	0,4806

Podobnie jak w ubiegłorocznym raporcie zanalizowano liczbę osób, które deklarują się jako wrażliwe na działanie PEM i równocześnie postrzegają zanieczyszczenie powietrza, jako zagrożenie dla swojego samopoczucia i zdrowia. W Tabeli 14 przedstawiono wyniki analizy odpowiedzi respondentów na pytanie P1 ankiety (ZAŁĄCZNIK 1). Dotyczyło ono czynników, które osoby ankietowane uznają za mające wpływ na ich samopoczucie i zdrowie. Było to pytanie zamknięte wielokrotnego wyboru, w którym respondent wskazywał, czy pogoda, zanieczyszczenie powietrza, hałas, stres i pole elektromagnetyczne wpływają na jego samopoczucie lub zdrowie. Jak należało się spodziewać, większość ankietowanych uważa, że wpływ taki ma zanieczyszczenie powietrza. Okazuje się jednak, że odsetek osób myślących w ten sposób jest w sposób istotny statystycznie wyższy ( $p < 0,05$ ) wśród tych, którzy równocześnie określali się jako osoby wrażliwe na PEM według wszystkich kryteriów branych pod uwagę w niniejszym opracowaniu. Zależność tę zaobserwowano w obydwu badaniach ankietowych, obecnym i tym sprzed dwóch lat. Dla porównania zamieszczone zostały wyniki obydwu badań.

Tabela 14. Odsetek respondentów uznających zanieczyszczenie środowiska za czynnik wpływający na ich zdrowie i samopoczucie wśród osób deklarujących się jako wrażliwe na pole elektromagnetyczne. Wyniki badań ankietowych przeprowadzonych w roku 2020 i 2022. K01-K08:

zastosowane kryterium kwalifikacji do grupy osób nadwrażliwych na działanie PEM (kryteria zostały opisane w Tabeli 1); EHS+: osoby, które mogą być uznane za nadwrażliwe na PEM po zastosowaniu poszczególnych kryteriów, EHS-: osoby, które nie mogą być zakwalifikowane do grupy cechującej się nadwrażliwością na PEM.

Zastosowane kryterium EHS+	Wyniki ankiety z 2020 roku		Wyniki ankiety z 2022 roku	
	Odsetek wśród EHS+ [%]	Odsetek wśród EHS- [%]	Odsetek wśród EHS+ [%]	Odsetek wśród EHS- [%]
K01	89,7	60,2	92,4	69,2
K02	85,8	65,8	88,0	74,3
K03	80,6	67,1	87,6	74,6
K04	82,1	64,4	85,4	73,9
K05	84,0	63,6	86,3	72,2
K06	84,6	62,8	87,9	72,2
K07	83,0	68,0	85,6	76,0
K08	94,7	79,6	91,7	82,4

## DYSKUSJA I WNIOSKI

Wyniki pokazane w **TABELI 14** pokazują, że można spodziewać się pewnych zależności pomiędzy częstotliwością występowania EHS, a zanieczyszczeniem powietrza. Osoby postrzegające się jako wrażliwe na PEM istotnie częściej (niż osoby nie uznające się za wrażliwe) deklarują zanieczyszczenie powietrza jako czynnik zagrażający ich zdrowiu i samopoczuciu. Czy obserwacja ta oznacza również, że osoby wrażliwe na zanieczyszczenie powietrza są równocześnie wrażliwe na PEM? Korelacja taka nie oznacza związku przyczynowego, ale może go jedynie sugerować. Wykazanie takiego związku wymaga dodatkowych badań w celu rozstrzygnięcia, jaki mechanizm stoi za obserwowaną korelacją.

Może to być argument przemawiający za realnym oddziaływaniem jednego z tych czynników (PEM lub zanieczyszczenie) na organizm, które powoduje, że staje się on równocześnie bardziej czuły na drugi z czynników. Można również rozpatrywać realne synergistyczne oddziaływanie PEM i zanieczyszczenia powietrza na ludzi, czyli takie, w którym obydwa czynniki działając równocześnie prowadzą do niekorzystnych skutków zdrowotnych. Obserwacja w/w korelacji nie zaprzecza również mechanizmowi polegającemu na oddziaływaniu zagrożeń środowiskowych poprzez psychikę. Osoby o podwyższonym poziomie lęku, bardziej depresyjne czy obawiające się w większym stopniu o swoje zdrowie i życie mogą w równym stopniu obawiać się różnych zagrożeń środowiskowych, co prowadzić może to objawów psychosomatycznych albo do przypisywania obserwowanych u siebie objawów czynnikom, których się one obawiają.

Przy czym podkreślimy istotną różnicę pomiędzy wpływem zanieczyszczenia powietrza, a wpływem PEM na zdrowie. Negatywny wpływ PEM na poziomach niższych niż uznawane za bezpieczne jest jedynie postulowany, podczas gdy negatywny wpływ zanieczyszczenia powietrza na nasze organizmy jest realny i potwierdzony. Zwróćmy jednak równocześnie uwagę, że pomimo tego, że zanieczyszczenie bezsprzecznie wpływa negatywnie na zdrowie ludzi, to nadal nie wszystkie objawy, które zgłaszają i przypisują oni temu czynnikowi są z nim istotnie związane.

Analiza korelacji rang Spearmana w przypadku badania powiązań pomiędzy czynnikami opisującymi zanieczyszczenie powietrza a częstotliwością występowania EHS również pokazała, że można rozpatrywać i badać związki przyczynowo skutkowe pomiędzy tymi zmiennymi.

Uzyskanie większych liczebności grup badanych w miastach wybranych do analizy w aktualnym projekcie poprawiło jakość danych, a to z kolei wpłynęło na widoczną poprawę istotności statystycznej obserwowanych korelacji i ich siłę. Korelacje obliczane z danych uzyskanych w roku 2020 ze względu na mocno ograniczoną liczebność grupy badanej były znacznie słabsze i jedynie w dwóch przypadkach istotne statystycznie. Obserwowano wtedy istotną korelację na poziomie wysokim jedynie pomiędzy dwoma parametrami opisującymi stężenia PM10, a częstotliwością występowania EHS. W przypadku pozostałych czynników branych pod uwagę zależności były słabe i nieistotne statystycznie. Sytuacja taka dotyczyła również parametrów opisujących poziomy PEM pochodzącego od infrastruktury telekomunikacyjnej.

Ponieważ jedynym czynnikiem, dla którego uzyskano wysokie korelacje o dużej istotności statystycznej było stężenie PM10, to postawiono roboczą hipotezę, że jedynie czynnik środowiskowy, który ma bezpośredni związek z częstotliwością występowania smogu (czyli społeczną percepcją zagrożenia) koreluje z częstotliwością postrzegania się osób badanych jako wrażliwe na PEM. Taki widoczny i ogólnie dostępny wskaźnik zanieczyszczenia powietrza, jakim jest gęsta mgła, w większym stopniu niż czynniki, które nie dają tak widocznych efektów, uczula ludzi na problem skażenia środowiska, w którym przebywamy. Powiązanie to mogło tłumaczyć wyższe korelacje w przypadku zależności pomiędzy PM10 i EHS+ i gdyby się dało je udowodnić, to wskazywałoby raczej na psychologiczny mechanizm powstawania EHS.

Hipotezy tej nie da się do końca utrzymać w świetle wyników uzyskanych w tegorocznym badaniu. Jedynie w przypadku jednego parametru opisującego stężenia pyłu zawieszzonego współczynnik Spearmana przekroczył wartość 0,6 i wykazał istotność statystyczną dla korelacji pomiędzy badanymi zmiennymi. Ma to miejsce dla trendu wartości minimalnej stężenia PM2,5. Współczynnik jest ujemny, co wskazuje, że przy malejącej w czasie wartości minimalnego obserwowanego stężenia PM2,5 rośnie liczba osób opisujących się jako EHS+ i to dla najmocniejszego kryterium kwalifikacji do grupy EHS+, czyli K08. Obserwacji tej nie da się w żaden logiczny sposób wyjaśnić poza przypadkową korelacją, więc nie wskazuje ona raczej na realny związek przyczynowy.

W przeciwieństwie do ubiegłorocznych wyników zaobserwowano natomiast sporo istotnych statystycznie korelacji dla pozostałych czynników branych pod uwagę, czyli dla SO<sub>2</sub> i NO<sub>2</sub>. Podobnie było w przypadku jakościowej oceny jakości powietrza w okresie pięcioletnim. Przy czym większość istotnych korelacji było ujemnych, co można podsumować jednym stwierdzeniem, że przy poprawiającej się jakości powietrza zwiększa się liczba osób wrażliwych na PEM. Identyczna sytuacja ma miejsce w odniesieniu do parametrów opisujących natężenie PEM w środowisku. Zaobserwowano wysokie i istotne statystycznie korelacje pomiędzy liczbą osób wrażliwych na PEM klasyfikowanych na podstawie K05, a natężeniem PEM w środowisku. Ponownie można więc dojść do wniosku, że gdyby korelacja wskazywała na związek przyczynowy, to liczba osób EHS+ zwiększa się wraz z obniżeniem się natężenia pola od urządzeń telekomunikacyjnych, a relacja taka jest mało prawdopodobna.

Biorąc pod uwagę wszystkie analizowane czynniki i wszystkie analizowane parametry, wysokie i istotnie statystyczne negatywne korelacje obserwowano 16 razy, podczas gdy dodatnie tylko 5 razy.

Wydaje się, że jedynie dodatnie współczynniki Spearmana mogą wskazywać na realne powiązanie częstotliwości występowania EHS, do analizowanych parametrów i tym samym na fizyczny mechanizm oddziaływania PEM na organizmy ludzi. Wyższe wartości stężeń zanieczyszczeń i wyższe wartości natężenia pola powinny zwiększać liczbę osób wrażliwych również na PEM. Ujemne współczynniki Spearmana można tłumaczyć jedynie tym, że w mniej zanieczyszczonym środowisku percepcja zagrożenia zanieczyszczeniami jest większa, a przez to rośnie również liczna osób wrażliwych. To z kolei raczej skłania to przyjęcia hipotezy o psychologicznych mechanizmach leżących u podstaw EHS na niekorzyść hipotezy o realnym oddziaływaniu PEM na organizm człowieka.

Należy zwrócić również uwagę na fakt, że istotne statystycznie korelacje pomiędzy parametrami opisującymi zanieczyszczenie powietrza i poziomy PEM w środowisku a częstotliwością występowania EHS właściwie nie występują dla najmocniejszego kryterium klasyfikacji do grupy EHS+, czyli dla K08 (poza jednym wspomnianym wcześniej negatywnym przypadkiem zależności pomiędzy EHS+, a trendem minimalnej wartości PM<sub>2,5</sub>). Innymi słowy, nie można się spodziewać związku przyczynowego pomiędzy badanymi parametrami środowiskowymi, a liczebnością populacji osób uznanych za nadwrażliwe na PEM z największym prawdopodobieństwem. Gdyby tak było, to można byłoby ewentualnie rozważyć istnienie realnego związku pomiędzy wrażliwością na PEM, a poziomem zanieczyszczeń powietrza.

Z kolei fakt, że obserwujemy dość przypadkowe korelacje dla mniej obiektywnych kryteriów sugeruje, że wrażliwość na PEM jest efektem indywidualnego postrzegania zagrożenia dla życia i zdrowia ze strony różnego rodzaju czynników środowiskowych takich właśnie jak PEM i zanieczyszczenie powietrza.

## MATERIAŁY ŹRÓDŁOWE

- [1] Zakład Biofizyki WL CM UJ, „[RAPORT: Sprawozdanie z badań klinicznych. Kontynuacja badań wpływu PEM na zdrowie człowieka - 2020 r. - 5G: sieci telekomunikacyjne nowej generacji](#) - Portal Gov.pl”, 2021. (dostęp grudz. 10, 2022).
- [2] Zakład Biofizyki WL CM UJ, „[RAPORT: Kontynuacja badań wpływu pól elektromagnetycznych \(PEM\) na organizm człowieka - 5G: sieci telekomunikacyjne nowej generacji](#) - Portal Gov.pl”, 2022. (dostęp grudz. 10, 2022).
- [3] WHO, „[WHO | Electromagnetic fields and public health: Electromagnetic hypersensitivity](#)”, 2005. (dostęp grudz. 10, 2019).
- [4] G. Tatoń, A. Kacprzyk, T. Rok, M. Pytlarz, R. Pawlak, i E. Rokita, „A survey on electromagnetic hypersensitivity: the example from Poland”, *Electromagn Biol Med*, t. 00, nr 00, s. 1–8, 2021, doi: 10.1080/15368378.2021.1995873.
- [5] Główny Urząd Statystyczny, „Główny Urząd Statystyczny / Obszary tematyczne / Roczniki statystyczne / Roczniki Statystyczne / Rocznik Demograficzny 2021”, *Rocznik Demograficzny 2021*, 2021. <https://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/roczniki-statystyczne/roczniki-statystyczne/rocznik-demograficzny-2021,3,15.html> (dostęp grudz. 11, 2022).
- [6] Główny Inspektorat Ochrony Środowiska, „[Bank Danych Pomiarowych](#)”, 2021.
- [7] Główny Inspektorat Ochrony Środowiska, „[Pięcioletnia ocena jakości powietrza w strefach w Polsce wykonana za lata 2014-2018 według zasad określonych w art. 88 ust. 2 ustawy – Prawo ochrony środowiska. Zbiorczy raport krajowy z wynikami oceny](#)”, 2019.
- [8] SI2PEM, „[Mapa pola elektromagnetycznego](#)”.

## **ZAŁĄCZNIK 1: ANKIETA**

### **S.0a Ankieter upewnia się co do miejscowości zamieszkania:**

(Pytanie z jednym wariantem odpowiedzi)

1. Białystok
2. Kielce
3. Kraków
4. Lublin
5. Łódź
6. Opole
7. Poznań
8. Rzeszów
9. Tarnów
10. Wałbrzych
11. Warszawa
12. Wrocław

### **S.0b Ankieter zaznacza płeć osoby ankietowanej:**

(Pytanie z jednym wariantem odpowiedzi)

1. Kobieta
2. Mężczyzna

### **S.1 Proszę wskazać, do którego przedziału wiekowego Pan(i) należy:**

(Pytanie z jednym wariantem odpowiedzi)

1. 18 – 29
2. 30 – 39
3. 40 – 49
4. 50 – 59
5. 60 +

### **S.s Jakie jest Pana(i) wykształcenie:**

(Pytanie z jednym wariantem odpowiedzi)

1. Podstawowe
2. Zawodowe
3. Średnie
4. Wyższe
5. Odmowa

**P1. Odczytam Panu(i) różne czynniki, które mogą wpływać na samopoczucie lub zdrowie. Czy na Pana(i) samopoczucie lub zdrowie wpływa:**

(Pytanie z możliwością wyboru wielokrotnego)

- a) Pogoda
- b) Zanieczyszczenie powietrza
- c) Hałas
- d) Stres
- e) Pola elektromagnetyczne

(Odpowiedzi do wyboru)

- 1. Tak
- 2. Nie
- 3. Nie wiem / trudno powiedzieć

**P2. Na które z czynników, które za chwilę odczytam jest Pan(i) nadwrażliwy(a) lub reaguje alergicznie:**

(Pytanie z możliwością wyboru wielokrotnego)

- a) Futro zwierząt
- b) Pyłki
- c) Kurz
- d) Pleśń
- e) Roztocza
- f) Gluten
- g) Wypełnienia dentystyczne
- h) Pola magnetyczne lub elektryczne
- i) Nikiel
- j) Kosmetyki

(Odpowiedzi do wyboru)

- 1. Tak
- 2. Nie
- 3. Nie wiem / trudno powiedzieć

**P3. Czy uważa Pan(i), że jest Pan(i) elektrowrażliwy(a) lub nadwrażliwy(a) na pola elektromagnetyczne?**

(Pytanie z jednym wariantem odpowiedzi)

1. Tak
2. Nie
3. Nie wiem / trudno powiedzieć

**P4. Czy uważa Pan(i), że urządzenia emitujące pole elektromagnetyczne wpływają negatywnie na Pana(i):**

(Pytanie z możliwością wyboru wielokrotnego)

- a) Samopoczucie
- b) Zdrowie

(Odpowiedzi do wyboru)

1. Tak
2. Nie
3. Nie wiem / trudno powiedzieć

**P5. Które urządzenia wpływają negatywnie na Pana(i) zdrowie lub samopoczucie?**

(Pytanie z możliwością wyboru wielokrotnego, było zadawane w przypadku, gdy ankietowany udzielił odpowiedzi twierdzącej na pytanie 4a i/lub 4b)

- a) Telefon komórkowy
- b) Laptop
- c) Komputer
- d) Router WiFi
- e) Odbiornik telewizyjny
- f) Kuchenka mikrofalowa
- g) Linie energetyczne wysokiego napięcia
- h) Stacje bazowe telefonii komórkowej
- i) Tablet
- j) Żarówka energooszczędna
- k) Monitory / ekrany / wyświetlacze
- l) Kuchnia indukcyjna
- m) Telefon bezprzewodowy (stacjonarny)
- n) Żarówki LED
- o) Inne (jakie?) .....



**P6. Czy obawia się Pan(i) pól elektromagnetycznych pochodzących z sieci telefonii komórkowej, telefonów komórkowych bądź stacjonarnych?**

(Pytanie z jednym wariantem odpowiedzi)

1. Tak
2. Nie
3. Nie wiem / trudno powiedzieć

**P7. Odczytam teraz kilka źródeł promieniowania elektromagnetycznego. Proszę powiedzieć, czy gdy będąc w pobliżu któregoś z nich odczuwa Pan(i) objawy nadwrażliwości lub alergii?**

(Pytanie z możliwością wyboru wielokrotnego)

- a) Telefon komórkowy
- b) Komputer
- c) Linie wysokiego napięcia
- d) Stacje bazowe telefonii komórkowej
- e) Jakiegokolwiek urządzenie elektryczne

(Odpowiedzi do wyboru)

1. Tak
2. Nie
3. Nie wiem / trudno powiedzieć

**P8. Czy odczuwa Pan(i) jakiegokolwiek objawy zdrowotne związane z używaniem urządzeń elektrycznych, których Pana(i) zdaniem nie odczuwają inni?**

(Pytanie z jednym wariantem odpowiedzi)

1. Tak
2. Nie
3. Nie wiem / trudno powiedzieć

**P9. Jakie objawy występują u Pana(i) w związku z taką ekspozycją na źródła promieniowania elektromagnetycznego?**

(Pytanie z możliwością wyboru wielokrotnego, było zadawane w przypadku, gdy ankietowany udzielił odpowiedzi twierdzącej w pytaniu 8)

- |               |              |
|---------------|--------------|
| 1. Arytmia    | 6. Ból ucha  |
| 2. Bezsenność | 7. Chrypka   |
| 3. Ból głowy  | 8. Duszności |
| 4. Ból oczu   | 9. Kaszel    |
| 5. Ból stawów | 10. Katar    |

- |                                    |                                 |
|------------------------------------|---------------------------------|
| 11. Kłopoty z uczeniem się         | 23. Rozdrażnienie               |
| 12. Kołatanie serca                | 24. Senność                     |
| 13. Łzawienie                      | 25. Suchość w ustach            |
| 14. Niepokój                       | 26. Swędzenie                   |
| 15. Nieprzyjemne wrażenia słuchowe | 27. Trudności w wystawianiu się |
| 16. Nieprzyjemne wrażenie wzrokowe | 28. Trudności z koncentracją    |
| 17. Obniżone ciśnienie             | 29. Wybudzenia nocne            |
| 18. Obniżone tętno                 | 30. Wysypka                     |
| 19. Obrzęk                         | 31. Zaczerwienie skóry          |
| 20. Podwyższone ciśnienie          | 32. Zmęczenie                   |
| 21. Podwyższone tętno              | 33. Inne (jakie?) .....         |
| 22. Problemy z zasypianiem         |                                 |

**P10. Czy odczuwane dolegliwości były na tyle dotkliwe, że wpływały na Pana(i) życie codzienne lub z ich powodu konsultował/a się Pan(i) z lekarzem?**

(Pytanie z jednym wariantem odpowiedzi, było zadawane w przypadku, gdy ankietowany udzielił odpowiedzi twierdzącej w pytaniu 8)

1. Tak
2. Nie
3. Nie wiem / trudno powiedzieć