

**Opinia na temat Raportu p.t.:**  
**"Oddziaływanie elektromagnetycznych fal milimetro-**  
**wych na zdrowie pracowników projektowanych sieci**  
**5G i populacji generalnej" przygotowanego przez**  
**Instytut Medycyny Pracy w Łodzi**

Gdańsk, Kraków, Warszawa, Wrocław

---

2019

Przygotował zespół:

Instytutu Łączności – Państwowego Instytutu Badawczego  
Collegium Medicum Uniwersytetu Jagiellońskiego

## Spis treści

**Opinia na temat Raportu p.t.: "Oddziaływanie elektromagnetycznych fal milimetrowych na zdrowie pracowników projektowanych sieci 5G i populacji generalnej" przygotowanego przez Instytut Medycyny Pracy w Łodzi..... 1**

1. Wstęp .....	4
2. Analiza wybranych zagadnień Raportu IMP .....	4
2.1. Uwagi do Rozdziału 2 .....	5
2.2. Uwagi do Rozdziału 3 .....	8
2.3. Uwagi do Rozdziału 4 .....	10
3. Analizy wykonane przez Instytut Łączności – PIB .....	11
4. Podsumowanie .....	13
5. Literatura .....	14

## 1. Wstęp

Niniejsza opinia została wykonana na zlecenie Ministerstwa Cyfryzacji w ramach realizacji Umowy Dotacji celowej nr 1/DT/2019 z dnia 13.05.2019 r., Podzadanie 1: Pomiary poziomów pól elektromagnetycznych (PEM) wytwarzanych przez stacje bazowe telefonii komórkowej – kontynuacja prac z lat 2016 – 2018.

Opiniowaniu podlegała zawartość oraz tezy przedstawione w opracowanym przez Instytut Medycyny Pracy w Łodzi dokumencie pt.: "Oddziaływanie elektromagnetycznych fal milimetrowych na zdrowie pracowników projektowanych sieci 5G i populacji generalnej", zwanym dalej Raportem IMP. Powyższy Raport IMP został przygotowany przez zespół pracowników Instytutu Medycyny Pracy w Łodzi (IMP), Politechniki Wrocławskiej (PWR), Centralnego Instytutu Ochrony Pracy – PIB (CIOP) oraz Wojskowego Instytutu Higieny i Epidemiologii (WIHiE).

Omawiany Raport IMP porusza problemy związane z oddziaływaniem pól elektromagnetycznych (PEM) w zakresie częstotliwości mikrofalowych (ze szczególnym uwzględnieniem fal milimetrowych od 15 GHz do 100 GHz), które mają być stosowane w Polsce w planowanych sieciach telekomunikacyjnych piątej generacji (5G). Zagadnienie zostało potraktowane przez Autorów Raportu IMP szeroko i uwzględnia: aspekty fizyczne PEM z omawianego zakresu częstotliwości, aspekty techniczne związane z emisją takich pól w środowisku, problemy związane z oddziaływaniem PEM na układy biologiczne (w tym również na zdrowie człowieka), jak również aspekty związane z uregulowaniami prawnymi koniecznymi dla zapewnienia ochrony życia i zdrowia ludności przed ewentualnymi skutkami zdrowotnymi spowodowanymi oddziaływaniem PEM.

Autorzy Raportu IMP podejmują również próbę oceny, czy zapewnienie efektywnego funkcjonowania sieci 5G będzie wymagało zwiększenia dopuszczalnych poziomów emisji PEM w Polsce. Wydaje się, że to dodatkowe zadanie, jakiego podjęli się Autorzy Raportu IMP wykracza poza tematykę zdefiniowaną tytułem. Należy przy tym podkreślić, że tego rodzaju szacowanie, aby było miarodajne, wymaga uwzględnienia wielu czynników wpływających na funkcjonowanie sieci telekomunikacyjnych, w tym np. rosnącego zapotrzebowania na pojemność sieci i szybkość transferu danych, czy aspektów technicznych sieci 5G.

## 2. Analiza wybranych zagadnień Raportu IMP

Główna analiza techniczna została przedstawiona w Rozdziale 2 Raportu IMP. W rozdziale tym Autorzy poruszyli zagadnienia cech fizycznych fali elektromagnetycznej, dokonali identyfikacji źródeł promieniowania mikrofalowego, przeprowadzili analizę uwarunkowań propagacyjnych związanych z sieciami 5G oraz ocenę wielkości spodziewanej ekspozycji PEM od stacji bazowej 5G.

Autorzy trafnie – i z uwzględnieniem szerokiego zakresu literatury, w szczególności standardów, zaleceń i raportów 3GPP, FCC, i innych – scharakteryzowali najważniejsze założenia sieci 5G, wyszczególnili rozważane dla nich zakresy częstotliwości, czy też typy komórek. Omówiono zagadnienia stricte propagacyjne, takie jak moc EIRP czy też tłumienie fali radiowej dla jednego ze scenariuszy przewidywanych do wykorzystania w sieciach 5G, tj. techniki massive MIMO, uruchamianej w pasmach milimetrowych. Nie pominięto również istotnych, przy tak wysokich częstotliwościach, kwestii związanych np. z tłumieniem fali radiowej powodowanym przez roślinność, ciało ludzkie, deszcz czy materiały budowlane. Autorzy przeanalizowali kwestię spodziewanej ekspozycji PEM od stacji bazowej 5G – w tym celu przyjęto

wykorzystanie techniki massive MIMO (szerokość wiązki 6°) oraz model fali kulistej dla swobodnej przestrzeni (bez uwzględniania tłumień) i przy założeniu, że analizowany punkt leży na kierunku maksymalnej emisji od anteny. Na tej podstawie – dla dwóch typów komórek: makrokomórki UMa i mikrokomórki UMi – wyznaczono maksymalne wartości mocy EIRP pozwalające na spełnienie kryterium, że wartość PEM w środowisku dla wysokości 2 m nad poziomem terenu (maksymalna wysokość w miejscach dostępnych dla ludności) nie będzie przekraczała wartości dopuszczalnej 7 V/m (dla częstotliwości powyżej 300 MHz). W formie konkluzji Autorzy stwierdzili, że cyt. „Podsumowując przeprowadzone analizy, można stwierdzić, że przy racjonalnym sterowaniu mocą sygnału dla wiązek śledzących użytkowników w pasmach do 40 GHz istnieje możliwość zachowania standardów ochrony środowiska obowiązujących w Polsce” i nawet w najgorszym przypadku, w pasmach powyżej 40 GHz, dostępne będą marginesy (10 dB lub więcej), stanowiące zapas na pola pochodzące od innych źródeł PEM. Można zatem domniemywać, iż w opinii Autorów – i w świetle uzyskanych wyników – nie ma przesłanek, aby zmieniać aktualnie obowiązującą w Polsce wartość dopuszczalną PEM (7 V/m).

W tym miejscu warto podkreślić, iż co do zasady, poszczególne opisy i pojedyncze analizy zawarte w Rozdziale 2 są poprawne merytorycznie, wskazano wiele wiarygodnych i miarodajnych źródeł (m.in. wykorzystywanych w trwającej obecnie standaryzacji systemów 5G), a w samym wywodzie trudno wskazać błędy formalne czy rzeczowe. Tym niemniej należy jednak zaznaczyć, że w przeprowadzonych analizach dokonano szeregu uproszczeń i skrótów, które pozwoliły na wyciągnięcie zbyt daleko idących wniosków końcowych zamieszczonych w Podsumowaniu Raportu IMP. Najważniejsze kwestie dostrzeżonych w Raporcie IMP uproszczeń i uogólnień, mających istotny wpływ na konkluzje końcowe, zostały omówione w p. 2.1 niniejszej opinii.

Część Raportu IMP poświęcona oddziaływaniom PEM na układy biologiczne i zdrowie, przedstawiona w Rozdziale 3, została przygotowana bardzo obszernie. Zacytowano wiele prac i Autorom udało się dzięki temu pokazać złożoność problemu i celowość dyskusji prowadzonej w świecie naukowym na temat wpływu PEM na zdrowie. Najistotniejsze uwagi do Rozdziału 3 Raportu IMP zostały omówione w p. 2.2 niniejszej opinii.

Sformułowano również spostrzeżenia odnośnie stwierdzeń Autorów w zakresie kompatybilności elektromagnetycznej medycznych urządzeń elektrycznych, które przedstawiono w p. 2.3 niniejszej opinii.

## 2.1. Uwagi do Rozdziału 2

### 2.1.1. Analiza pojedynczej stacji bazowej

Kluczowa analiza przedstawiona w p. 2.4 Raportu IMP została zrealizowana dla pojedynczej, wyizolowanej ze środowiska, stacji bazowej stanowiącej źródło PEM. Inaczej ujmując – przeanalizowano pojedynczą stację bazową umieszczoną w teoretycznym środowisku, w którym nie występują żadne inne źródła PEM, w tym również stacje bazowe. Autorzy nie odwołali się do stanu faktycznego, np. do danych pozyskanych od operatorów komórkowych, informacji o liczbie stacji bazowych, ich konfiguracji, parametrach pracy, gęstości rozmieszczenia w poszczególnych środowiskach, itp. Pokazana w p. 2.4.4 analiza odległości dotyczy właśnie takiej czysto teoretycznej sytuacji pojedynczej stacji bazowej w oderwaniu od uwarunkowań środowiskowych i konfiguracji sieci, jako całości – brak jest odniesienia do realnych sieci, które funkcjonują w kraju, a które będą musiały być utrzymywane i rozbudowywane. Niestety na

podstawie takiej uproszczonej analizy odnoszącej się do wyizolowanej ze środowiska stacji bazowej formułowane są zbyt daleko idące wnioski.

Chociaż same obliczenia zostały wykonane zgodnie z regułami sztuki, a przyjęte założenia odnośnie stacji były również zgodne z obecnym stanem wiedzy, jednakże nie przeanalizowano podstawowej kwestii: systemy komórkowe pracują w sieciach. W Raporcie IMP nie uwzględniono konsekwencji tego faktu. Do przeprowadzenia poprawnej analizy poziomów PEM konieczne jest uwzględnienie wartości wypadkowych od wielu źródeł – w tym pochodzących od instalacji różnych operatorów i funkcjonujących różnych systemów (2G, 3G, 4G, a nie tylko 5G). Najistotniejszy w tym przypadku problem, jakim jest efekt kumulacji PEM pochodzącego od różnych stacji bazowych / sieci / systemów pracujących z różnymi poziomami mocy i w różnych zakresach częstotliwościowych wielu operatorów – w Raporcie IMP nie został *de facto* przeanalizowany. A kwestia ta jest o tyle istotna i spójna metodologicznie, że dopuszczalne poziomy PEM w środowisku określone w polskim prawie nie odnoszą się do konkretnych systemów (bądź specyficznych zakresów częstotliwości radiowych, w których te systemy pracują) tylko do bardzo szerokiego zakresu częstotliwości radiowych od 300 MHz do 300 GHz.

Trudno zatem mówić o poprawnej analizie PEM w przypadku pojedynczej stacji, umieszczonej w środowisku, w którym nie występują inne stacje bazowe i inne źródła PEM. Uzyskany w ten sposób wynik analizy, choć formalnie poprawny, nie powinien w żadnym wypadku stanowić przyczynku do dyskusji o poziomach PEM w warunkach rzeczywistych, w których to dla danego punktu konieczne jest uwzględnienie wartości wypadkowej, reprezentującej wiele różnych źródeł PEM. Takiej skomplikowanej analizy nie da się zastąpić prostym modelem z pojedynczym źródłem emisji PEM o założonej charakterystyce.

Autorzy, wyłącznie w Podsumowaniu, delikatnie sygnalizują zasadnicze problemy wynikające z efektu kumulacji PEM, zauważając, że w przypadku braku wiązek śledzących można zachować cyt. "*standardy ochrony środowiska obowiązujące w Polsce (7 V/m) w pasmach do 40 GHz*", ale tylko dla pojedynczej stacji bazowej. Jednocześnie Autorzy zwracają uwagę, że cyt. "*może się zdarzyć, że będą miejsca, w których nastąpi kumulacja pól różnych systemów/operatorów*". Jak wynika jednakże z opracowania Instytutu Łączności – PIB [3], kumulacja PEM pochodzącego od różnych instalacji / systemów nastąpi nie tylko w pojedynczych miejscach, ale w większości miast, w których będą na początku budowane sieci 5G. To zjawisko w analizowanym Raporcie IMP nie zostało przeanalizowane i uwzględnione.

Warto tu także zauważyć, że doskonałą ilustracją efektu kumulacji jest szerokopasmowy pomiar PEM, umożliwiający określenie wypadkowego natężenia PEM pochodzącego od wielu źródeł, mierzonych w zakresie pracy sondy pomiarowej. Wyniki pomiarów PEM, uzyskane w związku z realizacją przez Instytut Łączności – PIB kampanii pomiarowych PEM w latach 2016-2018, wskazują na to, że biorąc pod uwagę rozbudowaną infrastrukturę telekomunikacyjną, planowane wdrożenie sieci 5G przy obecnie obowiązującej wartości dopuszczalnej w środowisku (7 V/m), może być istotnie utrudnione. Wyniki przeprowadzonych pomiarów selektywnych wskazują, że w wielu lokalizacjach nie będzie możliwe skuteczne zgłoszenie nowych instalacji, zgodnie z obowiązującymi przepisami Prawa ochrony środowiska.

### 2.1.2. Dobór modelu

Analiza PEM przedstawiona w Raporcie IMP została przeprowadzona w oparciu o przyjęty cyt. "*model fali kulistej dla swobodnej przestrzeni, bez uwzględniania żadnych tłumień*". Jest to faktycznie model reprezentujący w pewnym sensie najgorszy przypadek i również Instytut

łączności – PIB w swoim opracowaniu [3] wykorzystywał go w początkowej części swoich rozważań. Jednakże logicznym kolejnym krokiem byłoby kontynuowanie tej analizy poprzez uwzględnienie coraz bardziej złożonych przypadków wynikających z dodawania nowych stacji i w konsekwencji wzrostu wypadkowego poziomu PEM. Niestety w przedmiotowym Raporcie IMP tego "kolejnego kroku" zabrakło, przez co cała analiza – ograniczona do jednej tylko stacji bazowej w hipotetycznym środowisku – jest znacząco uproszczona i nie do końca miarodajna.

### 2.1.3. Analizowane zakresy częstotliwości

W p. 2.4.2 Raportu IMP zawarto wyczerpujące omówienie pasm częstotliwości, które będą wykorzystywane – lub które są rozważane do wykorzystania – w sieciach 5G.

W szczególności są to: pasmo 700 MHz, pasmo 3,4 – 3,8 GHz oraz pasmo (lub pasma) powyżej 24 GHz (ta kwestia będzie przedmiotem dyskusji w ramach punktu 1.13 agendy Światowej Konferencji Radiokomunikacyjnej WRC-19, która odbędzie się jesienią 2019 r.). Autorzy zawarli tu krótką dyskusję przebiegu prac m.in. na forum CEPT czy FCC, która wiąże się z tym bardzo złożonym zagadnieniem, jakim jest alokacja zasobów widmowych na potrzeby sieci 5G. Niestety w dalszej – analitycznej – części opracowania, ograniczono się do zakresu częstotliwości 15 – 100 GHz. Oczywiście autorzy mieli prawo przyjąć takie założenie, tym bardziej, że już we wprowadzeniu zaznaczają, że jest to pierwszy w polskiej literaturze przegląd uwarunkowań PEM w tym konkretnym zakresie częstotliwości. Z drugiej jednak strony zakres częstotliwości 15 – 100 GHz, chociaż niewątpliwie bardzo istotny z punktu widzenia przyszłych systemów 5G (warstwa pojemnościowa, możliwość uzyskiwania bardzo szerokich kanałów pozwalających na uzyskiwanie olbrzymich przepływności, itp.), w żadnym wypadku nie będzie jedynym elementem "ekosystemu" radiowego wpływającym na poziom PEM w środowisku po uruchomieniu sieci 5G.

Ponadto szacowanie tłumienia fali elektromagnetycznej zostały dokonane dokładnie dla częstotliwości skrajnych podanego zakresu, tj. dla 15 GHz i 100 GHz. Nie są to częstotliwości, które planuje się zastosować w sieciach 5G; jednakże przeprowadzone szacowania dają podstawowe pojęcie o propagacji i tłumieniu fal elektromagnetycznych w interesującym zakresie częstotliwości – w sensie rzędów wielkości obserwowanych tłumień i głębokości wnikania fali np. do organizmu człowieka.

Jak wiadomo, sieci 5G będą wykorzystywały również inne – dużo niższe – zakresy częstotliwości, co zresztą jednoznacznie zostało stwierdzone w samym Raporcie IMP, jednak nie przełożyło się na wykonane analizy. Analiza została ograniczona do częstotliwości powyżej 15 GHz i dla takich właśnie częstotliwości autorzy zdefiniowali swoje założenia. Założenia przyjęte przez Autorów, adekwatne do fal milimetrowych, mogą jednakże zupełnie nie przystawać do sieci 5G pracujących w pasmach 700 MHz czy 3,4 – 3,8 GHz. Przykładowo w pasmach tych inaczej przedstawiają się uwarunkowania dotyczące wpływu środowiska na tłumienia fal radiowych (tłumienie powodowane przez roślinność czy deszcz), a sterowanie antenowych wiązek śledzących w sieci 5G w paśmie 700 MHz – nie będzie realizowane. Uproszczenie polegające na założeniu sterowanych wąskich wiązek dotyczy wyłącznie sieci 5G i to wyłącznie w pasmach powyżej 15 GHz. Stąd też sformułowania, że "*anten systemu 5G będą charakteryzować się bardzo wąskimi wiązkami promieniowania*", nie można uznać ogólnie za prawdziwe, bo na pewno w przypadku sieci 5G pracujących w paśmie 700 MHz prawdziwe nie będzie. Podobnie, sformułowanie zawarte we wniosku cyt. "*przy racjonalnym sterowaniu mocą sygnału dla wiązek śledzących użytkowników istnieje możliwość zachowania standar-*

*dów ochrony środowiska obowiązujących w Polsce (7 V/m) w pasmach do 40 GHz" jest nieuprawnione, nawet w odniesieniu wyłącznie do sieci 5G, gdyż w paśmie 700 MHz antenowe wiązki śledzące nie będą stosowane.*

Wszystkie przedstawiona powyżej uwagi prowadzą po raz kolejny do stwierdzenia, że na poziomy PEM po uruchomieniu sieci 5G wpływ będą miały nie tylko stacje bazowe sieci 5G, ale również stacje bazowe sieci 2G (GSM), 3G (UMTS) oraz 4G (LTE), które przecież cały czas działają i po "włączeniu" sieci 5G nie zostaną nagle dezaktywowane (przynajmniej w dającej się przewidzieć przyszłości). Systemy te wykorzystują odpowiednie zakresy częstotliwości i również powinny być uwzględnione w analizie wypadkowego PEM w kontekście potencjalnych przekroczeń wartości dopuszczalnej 7 V/m. Natomiast przedstawiona w Raporcie IMP analiza nie uwzględnia obecnie wykorzystywanych w Polsce konfiguracji i faktycznego rozmieszczenia stacji bazowych systemów od 2G do 4G.

#### 2.1.4. Analiza PEM, a wzrost zapotrzebowania na usługi mobilne

W swojej analizie Autorzy nie uwzględnili nie tylko konieczności utrzymania sieci starszych generacji po uruchomieniu sieci 5G, ale także trendów dotyczących zapotrzebowania na usługi mobilne i pojemności sieci komórkowych oraz wpływu tych czynników na wymaganą gęstość rozmieszczenia i konfigurację stacji bazowych, które to elementy będą się wiązały z rozbudową infrastruktury radiokomunikacyjnej, stanowiącej kolejne źródła emisji wpływające na wypadkową wartość PEM w środowisku.

Jak pokazano w opracowaniu Instytutu Łączności – PIB [3], prognozy firm Cisco i Ericsson wskazują na to, że w 2025 r. zapotrzebowanie na transmisję danych w usługach mobilnych będzie się wahało w przedziale od 81,04 GB/SIM (w przypadku modelu liniowego) do 132,92 GB (w przypadku modelu wykładniczego). Do spełnienia takiego zapotrzebowania konieczny będzie właśnie rozwój infrastruktury radiokomunikacyjnej. Kwestie powyższe należy oczywiście uwzględniać w analizie przewidywanych poziomów PEM, jednakże nie da się tego wykonać w sposób prawidłowy, jeśli analiza zostanie ograniczona wyłącznie do przypadku stacji bazowej wyizolowanej w wolnej przestrzeni.

Autorzy Raportu IMP, w konkluzji zawartej w p. 2.4, stwierdzają, że w przypadku, dla którego wykonali analizę, do przekroczenia wartości dopuszczalnej PEM w środowisku (7 V/m) uzyskano marginesy (10 dB i 30 dB – zależnie od przypadku), które mogą stanowić zapas na PEM pochodzące od innych źródeł, np. w razie konieczności zagęszczenia infrastruktury radiokomunikacyjnej. Abstrahując od wcześniej przedstawionych uwag odnośnie przeprowadzonych analiz, tak ogólne informacje w żaden sposób nie dają odpowiedzi na pytanie, czy rzeczywiście będzie to margines wystarczający w kontekście skali przewidywanego rozwoju infrastruktury radiokomunikacyjnej, a co za tym idzie – nieuniknionego wzrostu poziomów PEM.

Poważnym mankamentem przedstawionej analizy jest fakt, że – co przyznają sami Autorzy Raportu IMP – marginesy te dotyczą wyłącznie zakresów częstotliwości powyżej 40 GHz, a więc nie mają zastosowania do zdecydowanej większości funkcjonujących obecnie systemów radiokomunikacyjnych, a także nawet dla części planowanych zakresów dla 5G (np. pasmo 26 GHz).

## 2.2. Uwagi do Rozdziału 3

Zgodnie z powszechnie przyjętym schematem, Rozdział 3 rozpoczyna przypomnienie elementarnego opisu oddziaływania PEM na układy biologiczne, opartego na pojęciu głębokości



penetracji (wnikania). W kolejnych częściach rozdziału zostają omówione termiczne i nietermiczne skutki działania PEM w zakresie fal milimetrowych na układy biologiczne, w oparciu o dane literaturowe.

Merytorycznie, Rozdział 3 jest w istocie przeglądem literatury, w wielu przypadkach prac opublikowanych kilkadziesiąt lat temu, dotyczącym działania na układy biologiczne pól elektromagnetycznych o częstotliwościach w zakresie 15 – 100 GHz i bardzo dużych gęstościach mocy ( $\sim 1000 \text{ W/m}^2$ ) – dla przypomnienia obowiązująca aktualnie w Polsce wartość dopuszczalna gęstości mocy w zakresie częstotliwości powyżej 300 MHz wynosi  $0,1 \text{ W/m}^2$ . Zagadnienia mechanizmów działania PEM, wyszczególnione w tytule Rozdziału 3 w tekście Raportu IMP praktycznie nie są omawiane. Z kolei większość cytowanych prac opisuje eksperymenty wykonane dla bardzo dużych gęstości mocy PEM, co istotnie ogranicza ich znaczenie dla opisu działania PEM na "populację generalną".

Omówienie skutków działania PEM na organizm człowieka ograniczono w Rozdziale 3 w zasadzie głównie do efektów wywołanych w skórze i rogówce oka, co wydaje się naturalne z racji głębokości penetracji PEM w zakresie fal milimetrowych w tkankach. Najobszerniej w Rozdziale 3 omówiono nietermiczne działanie PEM na różnych poziomach organizacji ustroju człowieka. W wielu przypadkach cytowane są wyniki eksperymentów na zwierzętach lub dane uzyskane z zastosowaniem hodowli komórkowych z racji braku danych dla człowieka. W zasadzie jest to usystematyzowane wyliczanie opublikowanych prac, które dotyczą potencjalnych efektów działania PEM zarówno w perspektywie krótko-czasowej (na układ krążenia, układ nerwowy, błony komórkowe,) jak i długo-czasowej (działanie kancerogenne, geno-toksyczność, proliferacja komórek). W tekście ograniczono się do kilkudziesięciu przedstawienia wyników poszczególnych prac. Brakuje natomiast syntetycznego podsumowania dokonanego przeglądu literatury, w postaci jasno sprecyzowanych wniosków.

Opis efektów nietermicznych, przedstawiony na str. 42 – 45 jest niejasny, a wiele sformułowań jest bardzo dyskusyjnych. Przykład ze str. 42, cyt. "*Synchroniczny skumulowany wpływ spójnego mikrofalowego pola elektrycznego umożliwi efekt wywołany polem, mimo że natężenia pola są znacznie słabsze niż pola międzycząsteczkowe*". Autorzy przytaczają także pracę [4], w której rotacja cząstek polarnych na skutek oddziaływania PEM prowadząca do reorganizacji wiązań wodorowych, a w efekcie do zmiany własności fizycznych ośrodka (np. współczynniki dyfuzji), traktowana jest jako nietermiczny sposób oddziaływania na materię. W każdych warunkach wiązania wodorowe w rozpuszczalniku, jakim jest woda, podlegają ciągłym rekonfiguracjom na skutek ruchów termicznych cząstek rozpuszczalnika. Efekty te są tym silniejsze im wyższa jest temperatura. Dodatkowa energia pozyskiwana przez cząsteczki polarne od pola zwiększa energię wewnętrzną ośrodka, której miarą jest temperatura. Nawet jeśli poziomy natężenia pola są niskie i nie prowadzi to do mierzalnego podniesienia temperatury, to nadal jest to efekt termodynamiczny i trudno się zgodzić, z Autorami cytowanej pracy [4], jak i z Autorami Raportu IMP, że jest to efekt nietermiczny. Należy dodać, że efekty biologiczne zwiększenia energii wewnętrznej układu, związanej z ruchami termicznymi cząsteczek ośrodka, zależą od tego przyrostu, a nie zależą od jego źródła. Innymi słowy nie ma znaczenia, czy cząsteczki wody poruszają się szybciej na skutek naświetlenia tkanki falami milimetroowymi, czy też na przykład promieniowaniem podczerwonym pochodzącym od nagrzonej żarówki, piecyka, czy promieniowania słonecznego. Chociaż niewątpliwie w przypadku tych ostatnich działanie będzie bardziej powierzchniowe, niż w przypadku fal milimetrowych.

Wątpliwym wydaje się zastosowanie analogii cząsteczek DNA do anten fraktalnych, opisywane w cytowanej przez Autorów pracy [5]. Założeniem tej pracy jest fakt, że nić DNA jest gęsto upakowaną poskręcaną strukturą, której długość można porównywać do długości fal elektromagnetycznych z zakresu milimetrowego. Powszechnie wiadomo, że rozmiar i geometria anteny powinny być związane z parametrami fizycznymi odbieranej przez nie fali, aby absorpcja energii w antenie była jak największa. Analogia ta byłaby prawdziwa, gdyby nić DNA była przewodnikiem, a nie jest. Co prawda autorzy piszą, że cyt. *"niemal ciągła chmura wolnych elektronów wzdłuż obu stron spirali utworzonej przez pary zasad zapewnia ścieżkę przewodzenia"*, ale zaraz potem, że cyt. *"zmiany chemiczne wywołane przez reakcję przeniesienia elektronu mogą być związane z uszkodzeniami DNA"*. W efekcie nie wiadomo, czy mówimy o wolnych elektronach, które mogą się swobodnie przemieszczać wzdłuż nici DNA, aby mogła ona działać jak antena fraktalna, czy też o elektronach związanych w cząsteczce, które nie mogą się jednak swobodnie przemieszczać.

Do wymienionych na początku niniejszego rozdziału uwag natury bardziej ogólnej warto również poczynić kilka mniej znaczących spostrzeżeń. Wielkość "C" znajdująca się we wzorze (3.1.2) to masowa właściwa pojemność cieplna, zwana potocznie ciepłem właściwym, a nie, jak podają Autorzy, "pojemność cieplna". Gdyby to była "pojemność cieplna", to we wzorze 3.1.2 nie dałoby się uzgodnić jednostek. Cel umieszczenia w Raporcie IMP p. 3.2.4, dotyczącego terapeutycznego wykorzystania PEM w zakresie fal milimetrowych, jest niejasny. Wykorzystanie terapeutyczne dowolnego czynnika fizyko-chemicznego wcale nie świadczy o jego nieszkodliwości. Problem tkwi w stosowanych dawkach / stężeniach / natężeniach / intensywnościach, co zostało w Raporcie IMP zupełnie pominięte. Zakończenie Rozdziału 3 zawiera cytowanie dwóch apeli dotyczących potencjalnego negatywnego wpływu promieniowania niejonizującego na zdrowie człowieka. Informacje zawarte w Rozdziale 3 nie korelują z tezami cytowanych apeli, czyli nie mają jednoznacznego potwierdzenia w przywoływanych w Raporcie IMP badaniach i eksperymentach.

### 2.3. Uwagi do Rozdziału 4

Autorzy w p. 4.1.3 podnieśli problem, który dość rzadko jest artykułowany, a mianowicie problem kompatybilności elektromagnetycznej odnośnie odporności na promieniowane PEM z zakresu radiowych medycznych urządzeń elektrycznych stosowanych często dla podtrzymywania i ratowania życia (rozzruszniki serca, kardioinwertery, automatyczne pompy insulinowe itp.) w kontekście zwiększenia w Polsce wartości dopuszczalnej PEM w środowisku. W przywołanej w Raporcie IMP normie PN-EN 60601-1-2:2015-11 (Medyczne urządzenia elektryczne – Część 1-2: Wymagania ogólne dotyczące bezpieczeństwa podstawowego oraz funkcjonowania zasadniczego – Norma uzupełniająca: Zakłócenia elektromagnetyczne – Wymagania i badania), co słusznie zauważają Autorzy, w Tab. 4 zdefiniowano wymaganą odporność portu obudowy urządzeń na promieniowane PEM w zakresie od 80 MHz do 2,7 GHz (sygnał modulujący 1 kHz, modulacja AM 80%) na poziomie 3 V/m w przypadku urządzeń przeznaczonych do stosowania w środowisku medycznym oraz na poziomie 10 V/m w przypadku urządzeń przeznaczonych do stosowania w środowisku domowym. Nie jest to jednak jedyne wymaganie odnośnie odporności na promieniowane PEM z zakresu częstotliwości radiowych określone w PN-EN 60601-1-2:2015-11. W Raporcie IMP pominięto wymagania zapisane w Tab. 9, tj. odporność portu obudowy urządzeń na promieniowane PEM o częstotliwościach pracy urządzeń radiokomunikacyjnych na poziomie kilkukrotnie przewyższającym wartość dopuszczalną PEM, np. 28 V/m na częstotliwościach 810 MHz, 870 MHz,

930 MHz, 1720 MHz, 1845 MHz, 1970 MHz (częstotliwości dyskretne z zakresu pracy systemów GSM, UMTS, LTE) oraz o częstotliwościach powyżej 2,7 GHz (częstotliwości dyskretne 5240 MHz, 5500 MHz oraz 5787 MHz z zakresu pracy WLAN 802.11a/n). Ponadto warto zauważyć, że wiele urządzeń medycznych jest wyposażonych w interfejs (lub interfejsy radiowe) i jako takie muszą spełniać wymagania zasadnicze przedstawione w dyrektywie 2014/53/UE (tzw. RED). Normy stosowane do oceny zgodności wykonania urządzeń radiowych z wymaganiami dyrektywy RED odnośnie kompatybilności elektromagnetycznej od kilku lat już definiują badanie odporności portu obudowy urządzeń na promieniowane PEM RF w zakresie od 80 MHz do 6 GHz. Zatem stwierdzenie Autorów cyt. "*Obecnie nie istnieją wymagania dotyczące badań odporności na promieniowania o częstotliwościach przekraczających 2,7 GHz*" wydaje się nieuprawnione.

Należy także wyjaśnić, że polska norma PN-EN 60601-1-2:2015-11 wprowadza normę europejską EN 60601-1-2:2015 i jest z nią w pełni zgodna na zasadzie identyczności [IDT]. Polska wersja normy polega bowiem jedynie na tzw. tłumaczeniu okładkowym, co oznacza, że na język polski tłumaczona jest wyłącznie okładka normy, a zawartość merytoryczna jest kopią w języku oryginalnym (angielskim) bez jakichkolwiek zmian. Zatem stosując normę PN-EN 60601-1-2:2015-11 w praktyce stosuje się normę EN 60601-1-2:2015 na zasadzie [IDT].

Warto się zastanowić zatem, czy sygnalizowany przez Autorów problem potencjalnego braku odporności urządzeń na promieniowane PEM w przypadku PEM o wartościach granicznych zdefiniowanych w zaleceniu 1999/519/WE jest w ogóle realny wobec faktu, że te same urządzenia pracują zarówno w Polsce, jak i w krajach, w których obecnie obowiązujące wartości graniczne PEM są od wielu lat zgodne z zaleceniem 1999/519/WE, a wymagania normy PN-EN 60601-1-2:2015-11 są przecież identyczne z wymaganiami normy EN 60601-1-2:2015.

### 3. Analizy wykonane przez Instytut Łączności – PIB

Instytut Łączności – PIB w 2018 r. przeprowadził szczegółową analizę aspektów rozwoju sieci 5G z uwzględnieniem rzeczywistych konfiguracji sieci komórkowych w Polsce oraz związanego z tym wzrostu wypadkowego PEM w środowisku. Wyniki zostały przedstawione w formie dwóch, tworzących całość [3], opracowań (Raport Ił – Zadanie A oraz Raport Ił – Zadanie B), które są dostępne publicznie pod adresem: <https://www.itl.waw.pl/pl/aktualnosci/biezace-wydarzenia/1559-mobilny-internet-raport>.

Jednym z głównych zadań postawionych przed Instytutem Łączności – PIB, w pierwszym etapie analizy, było przeprowadzenie analizy pojemnościowej w celu weryfikacji czy obecnie wykorzystywane zasoby będą wystarczające, aby do 2025 r. zapewnić obsługę założonego poziomu ruchu (biorąc pod uwagę trendy dotyczące jego wzrostu). Analizę przeprowadzono zarówno dla Polski jako całości, jak i dla wybranych aglomeracji – w każdym przypadku dzieląc je na środowiska wielkomiejskie, miejskie i podmiejskie. Zgodnie z przyjętymi założeniami, analiza pojemnościowa została przeprowadzona dla następujących scenariuszy:

- Utrzymanie obecnego stanu w zakresie częstotliwości.
- Dołożenie warstwy nośnej 700 MHz.
- Dołożenie potencjalnych nowych warstw nośnych 700 MHz; 2,6 GHz; 3,4 – 3,8 GHz.
- Umożliwienie budowy sieci mikro-komórek oraz piko-komórek.

Dla przypadku Polski jako całości, rozmieszczenie stacji bazowych w poszczególnych środowiskach propagacyjnych zostało przyjęte na podstawie danych przekazanych przez operatorów sieci komórkowych i wynika ono z podzielenia obszaru w środowisku danego typu przez liczbę stacji bazowych wszystkich operatorów w tym środowisku, przy założeniu ok. 20% wspólnych lokalizacji. Z kolei w przypadku poszczególnych miast, rozmieszczenie stacji bazowych ustalono na podstawie rzeczywistej siatki stacji bazowych wszystkich operatorów.

Wyniki analizy pojemnościowej jednoznacznie wskazały, że zarówno w przypadku ogólnym Polski jako całości, jak i dla poszczególnych miast, obecnie wykorzystywane zasoby pozwolą na obsługę założonego poziomu ruchu w sieci w poszczególnych środowiskach tylko w perspektywie najbliższych dwóch lub trzech lat, a najgorsza pod tym względem sytuacja występuje w środowisku wielkomiejskim. Sprawdzono również, iż przejście na bardziej "wysokowartościową" modulację 256QAM oraz zastosowanie MIMO 4x4 jest jedynie półśrodkiem, który co najwyżej przesunie w czasie moment wyczerpania zasobów o rok czy dwa. Dopiero dołożenie nowych warstw nośnych 700 MHz; 2,6 GHz i 3,4 – 3,8 GHz pozwoli zapewnić możliwość obsługi ruchu w perspektywie 2025 r., jednakże oczywiście wiąże się to ze zwiększeniem liczby stacji bazowych.

Wyznaczona w ten sposób docelowa liczba stacji bazowych stała się punktem wyjścia do drugiego etapu analizy, w którym dokonano symulacji poziomów PEM dla wybranych, reprezentatywnych, lokalizacji w Polsce w różnych środowiskach: wielkomiejskim, miejskim, podmiejskim i wiejskim. Głównym celem było zamodelowanie bieżących (na 2018 r.) poziomów PEM, z wykorzystaniem pozyskanych od operatorów aktualnych danych o obiektach nadawczych sieci wszystkich operatorów w wytypowanych obszarach, a następnie wykonanie analogicznej analizy na 2025 r., symulując rozbudowę infrastruktury na podstawie wyników analizy pojemnościowej uzyskanej w pierwszym etapie pracy. Należy podkreślić, że w analizach wykorzystano numeryczne modele terenu i numeryczne modele pokrycia terenu.

Nie sposób tu rzecz jasna omawiać szczegółowych wyników symulacji zawartych w opracowaniu [3]. Warto jednak przykładowo wskazać, iż np. dla okolic Pałacu Kultury i Nauki w Warszawie, w 2025 r. w wyniku budowy sieci 5G, a więc po uwzględnieniu nowych źródeł emisji 5G (wymaganych do obsłużenia rosnącego ruchu) i podwojeniu liczby istniejących stacji bazowych, przekroczenie aktualnie obowiązującej wartości dopuszczalnej PEM 7 V/m wystąpiłoby na ok. 70% powierzchni analizowanego obszaru 1 km<sup>2</sup> (1 km × 1 km). Bardzo podobny wynik analizy uzyskano dla okolic Starego Miasta w Krakowie. W środowisku miejskim i podmiejskim przekroczenia wartości dopuszczalnej PEM 7 V/m również byłyby nieuniknione, aczkolwiek obszar z przekroczeniami byłby wyraźnie mniejszy.

Generalnie, jak pokazały wyniki analizy zawartej w opracowaniu [3], w wielu miejscach w Polsce już obecnie wypadkowe wartości PEM mogą być bliskie obowiązującej wartości dopuszczalnej. W związku z tym dołożenie jakiegokolwiek nowego źródła emisji PEM niepowodującej przekroczenia wypadkowych wartości PEM nie będzie możliwe. Wskazuje to na istnienie realnego problemu kumulacji PEM (o której Autorzy Raportu IMP zaledwie wspominają), prowadzącej w wielu miejscach do przekroczenia aktualnie obowiązującej wartości dopuszczalnej.

Dla spełnienia wymagań związanych ze wzrostem ruchu w sieciach radiokomunikacyjnych, konieczne będzie rozbudowywanie istniejącej już infrastruktury, bądź instalacja nowych stacji bazowych, przy jednoczesnym wymogu utrzymywania obecnych emisji związanym z zapotrzebowaniem na przepustowość sieci. W praktyce brak jest zatem możliwości faktycznej

implementacji w Polsce sieci 5G, spełniającej wymagania przenoszenia odpowiedniego ruchu w 2025 r., przy utrzymaniu aktualnie obowiązującej wartości dopuszczalnej. Wnioski te stoją w sprzeczności z konkluzjami Raportu IMP.

Warto zauważyć, iż powyższe obserwacje poczynione przez Instytut Łączności – PIB, a przedstawione w opracowaniu [3], dotyczą sytuacji, w której w ogóle póki co nie analizowano jeszcze wpływu sieci 5G w pasmach powyżej 15 GHz, a które przecież też będą w istotny sposób oddziaływać na poziomy PEM – i to nawet uwzględniając korzystne czynniki, o których była mowa w Raporcie IMP.

Reasumując zatem, kwestia dopuszczalnego poziomu PEM w kontekście nieuniknionego rozwoju współczesnych systemów oraz generalnie wzrostu wolumenu ruchu w sieciach radiowych jest sprawą bardzo istotną i wymagającą rzetelnych i gruntownych analiz wszystkich znanych uwarunkowań. Wyciąganie pochopnych wniosków w oparciu o niepełne – lub nie-trafnie poczynione – założenia początkowe jest w tym kontekście działaniem, którego za wszelką cenę należy unikać.

#### 4. Podsumowanie

Przeprowadzone przez Autorów Raportu IMP analizy techniczne są poprawne jednak niepełne i uproszczone. W analizach brakuje np. uwzględnienia efektów sieciowych i kumulacji pól już istniejących w sieciach komórkowych (2G, 3G, 4G). Poczynione przez Autorów założenia skutkują tym, iż Raport IMP obejmuje jedynie dość wąski wycinek całego, znacznie szerszego zagadnienia i jako taki – nie ma charakteru uniwersalnego. W analizach nie uwzględnia się też szczegółowych prognoz rozwoju ruchu w sieci komórkowej i konieczności rozbudowy istniejącej sieci. O ile więc np. oszacowanie tłumienia, czułości urządzeń, zysków anten i pokazana analiza odległości występowania wartości PEM 7 V/m wg wskazanego scenariusza są poprawne, o tyle przyjęte w analizie założenia upraszczające i przeprowadzone oszacowania, nie pozwalają na potwierdzenie sformułowanych wniosków.

W Raporcie IMP pojawiają się niefortunne sformułowania, mówiące o sterowaniu wiązkami w sieciach 5G – choć dotyczy to tylko fal milimetrowych, a nie pasma 700 MHz. Brakuje też odniesień do istniejącej praktycznej sytuacji sieci w Polsce i osiągniętych już dziś poziomów PEM. Raport IMP zwraca wprawdzie uwagę, że w niektórych terenach w Polsce wystąpić mogą miejsca "*w których nastąpi kumulacja pól różnych systemów/operatorów*" jednakże w opinii Instytut Łączności – PIB, na bazie wcześniejszych analiz [3], o których mowa w p. 3 niniejszej opinii, tych miejsc będzie zapewne bardzo wiele, a problem będzie dotyczył *de facto* wszystkich dużych miast w Polsce.

Wyciągnięte w Raporcie IMP wnioski o możliwości budowy sieci 5G w Polsce bez konieczności zwiększenia dopuszczalnych poziomów emisji PEM – biorąc pod uwagę istniejące środowisko elektromagnetyczne kształtowane m.in. przez emisje stacji bazowych, a zwłaszcza oczekiwany rozwój sieci 5G z wykorzystaniem dodatkowych emisji w nowych pasmach radiowych 5G – wydają się nieuzasadnione technicznie. W związku z tym, w opinii Instytutu Łączności – PIB, Raport IMP nie może stanowić podstawy do całościowej analizy kwestii poziomów PEM w kontekście zbliżającego się uruchomienia sieci 5G.

Ogólne wnioski płynące z Raportu IMP, odnośnie biologicznych efektów działania PEM i mechanizmów tego działania, pokrywają się z wnioskami, jakie zawarte zostały w przygotowywanych przez Zakład Biofizyki CM UJ opracowaniach nt. wpływu PEM z zakresu

częstotliwości od 0,5 GHz do 5 GHz na zdrowie człowieka, chociaż faktycznie opracowania te dotyczą innego zakresu częstotliwości [1, 2].

## 5. Literatura

- [1] Rokita E, Tatoń G. Aspekty medyczne i biofizyczne promieniowania elektromagnetycznego o częstotliwości radiowej. 2016.
- [2] Rokita E, Tatoń G. Aktualizacja Raportu „Aspekty medyczne i biofizyczne promieniowania elektromagnetycznego o częstotliwości radiowej”. 2018.
- [3] Instytut Łączności – PIB. Analiza wykonalności wdrożenia usług w technologii 5G przy obecnych oraz zwiększonych normach dopuszczalnych poziomów promieniowania elektromagnetycznego. 2018.
- [4] Hinrikus H, Bachmann M, Lass J. Understanding physical mechanism of low-level microwave radiation effect. *Int J Radiat Biol.* 2018 Oct 3;94(10):877–82.
- [5] Blank M, Goodman R. DNA is a fractal antenna in electromagnetic fields. *Int J Radiat Biol.* 2011 Apr 28;87(4):409–15.

## 1. Uwagi wstępne do Opinii Instytutu Łączności – Państwowego Instytutu Badawczego (IŁ-PIB)

W związku z pojawiającymi się kilkakrotnie w Opinii IŁ-PIB uwagami dotyczącymi zawężenia omawianego w Raporcie zakresu częstotliwości wyłącznie do fal milimetrowych, pragniemy zwrócić uwagę, że dokładnie tego zakresu dotyczyło zamówienie Ministerstwa Zdrowia, co zostało ujęte w tytule Raportu: „**Oddziaływanie elektromagnetycznych fal milimetrowych na zdrowie pracowników projektowanych sieci 5G i populacji generalnej**”. W związku z tym wszelkie analizy dotyczyły jedynie źródeł promieniowania milimetrowego w odniesieniu do obowiązujących standardów środowiskowych, bez uwzględniania innych systemów - dlatego również nie uwzględniono ewentualnego oddziaływania wynikającego z implementacji warstw sieci 5G funkcjonujących w niższych pasmach częstotliwości (700 MHz, czy 3,4 – 3,8 GHz). Autorzy Raportu chcą zapewnić anonimowych autorów Opinii IŁ-PIB, iż zdają sobie sprawę, że „*na poziomy PEM po uruchomieniu sieci 5G wpływ będą miały nie tylko stacje bazowe sieci 5G, ale również stacje bazowe sieci 2G (GSM), 3G (UMTS) oraz 4G (LTE)*”. Jak pokazano w dalszej części odpowiedzi, prezentowana w raporcie metodyka jest możliwa również do analizy wszystkich źródeł PEM, niezależnie od częstotliwości. Pragniemy również nadmienić, że w pierwotnej wersji Raportu, mimo iż wykraczało to poza zakres tematu raportu, częściowo je uwzględniliśmy, analizując obecne poziomy PEM w środowisku, ale na żądanie anonimowych recenzentów („Poza zakresem opracowania – do usunięcia.”) fragment ten został usunięty z Raportu. Podobnie ustalony z Ministerstwem Zdrowia zakres opracowania przekraczała analiza prognoz rosnącego zapotrzebowania na usługi mobilne.

Należy również zwrócić uwagę, że wbrew słowom Autorów Opinii IŁ-PIB w całym raporcie nie ma próby oceny, „*czy zapewnienie efektywnego funkcjonowania sieci 5G będzie wymagało zwiększenia dopuszczalnych poziomów emisji PEM w Polsce*” – co najwyżej przeprowadzono analizę jakie warunki powinny być spełnione, żeby dotrzymanie obowiązującego dopuszczalnego poziomu PEM w środowisku było możliwe.

## 2. Odniesienie do Uwag do Rozdziału 2:

### 2.1. Analiza pojedynczej stacji bazowej.

Jednym z celów raportu było oszacowanie możliwości emisji PEM z systemów 5G w pasmach fal milimetrowych (o czym świadczy już tytuł raportu) przy założeniach dotyczących proponowanych w dokumentach standaryzujących maksymalnych EIRP stacji bazowych i w odniesieniu do polskich przepisów ochrony środowiska i strefy pośredniej w BHP. Przyjęte do analizy parametry stacji bazowej odpowiadają założeniom systemu 5G w pasmach fal milimetrowych. Wyznaczono maksymalną EIRP kierowaną w zadany obszar zapewniającą zachowanie standardów środowiska oraz określono obszar „oświetlenia” taką wiązką przy spadku poziomu o 3dB.. Zarzut o nieadekwatności wszystkich analiz wynikający jakoby z przyjętych założeniach „*wyzolowanej ze środowiska stacji bazowej*” jest nieuzasadniony, ponieważ w tekście wyraźnie określono warunki symulacji, co więcej bezpośrednio pod wynikami napisano, co należy zrobić, jeżeli dany punkt ma być oświetlony kilkoma wiązkami – np. z różnych systemów – podano tam uproszczony – bardzo zachowawczy wzór na ograniczenie maksymalnej EIRP dla każdej wiązki składowej - aby wypadkowe lub jak wolą autorzy Opinii IŁ-PIB – skumulowane PEM nie przekroczyło wartości dopuszczalnej. Przy okazji dla bardziej dociekliwych poniżej podano bardziej restrykcyjną i dokładną zależność na wymagania dla skumulowanego PEM od wielu systemów o tej samej mocy każdy:

$$EIRP_n [dBm] = (EIRP_{max} - 10 \cdot \log_{10}(n)) [dBm]$$

Zauważono również, że wzajemne przesunięcie kierunków maksymalnego promieniowania wiązek antenowych poszczególnych systemów czy różnych anten o odległość równą chociaż wyznaczonemu promieniowi „oświetlenia” obszaru  $D_{-3dB}$  pozwala na wiele emisji o wyznaczonej w analizach maksymalnej EIRP. Jest to zresztą wniosek uniwersalny pozwalający w wielu przypadkach uniknąć

kumulacji PEM w jednym małym obszarze, gdzie mogą wystąpić przekroczenia wartości dopuszczalnych – niezależnie od systemu – także dla systemów bez sterowanych wiązek. Przykład z tabeli 2.4.8 Raportu IMP – przyjmijmy, że mamy do czynienia z typowymi antenami sektorowymi o kącie połowy mocy w płaszczyźnie pionowej  $6^\circ$ . Anteny zawieszono na wys. 25m – i jedna z nich (lub jedno z pasm częstotliwości) ma tilt  $6^\circ$  stopni i „wyczerpuje” zasoby środowiska na poziomie np. 6,8V/m. W takiej sytuacji wystarczy druga antenę o EIRP również „wyczerpującej” 6,8V/m (lub drugie pasmo tej samej anteny) ustawić z tiltem  $5^\circ$  lub  $7^\circ$  i w żadnym punkcie nie wystąpi przekroczenie wartości dopuszczalnej 7V/m. Właśnie takie podejście podsumowano w raporcie wnioskiem, „*że przy racjonalnym sterowaniu mocą sygnału dla wiązek śledzących użytkowników w pasmach do 40 GHz istnieje możliwość zachowania standardów ochrony środowiska obowiązujących w Polsce*” [Raport IMP s. 34] Uwagi, że pojedyncza stacja bazowa jest niereprezentatywna, ponieważ systemy komórkowe pracują w sieci nie można uznać za zbyt trafną w kontekście analiz związanych z ekspozycją na środowisko, ponieważ jak powszechnie wiadomo, podział na komórki ma właśnie na celu rozgraniczenie przestrzenne oddziaływania poszczególnych elementów systemu i dla zapewnienia kompatybilności wewnętrznej oraz optymalizacji zasobów radiowych, sieci projektuje się tak, żeby poszczególne komórki zachodziły na siebie na stosunkowo małym obszarze a tym samym z punktu widzenia pola skumulowanego zjawisko to nie ma praktycznie żadnego znaczenia – pola od komórek sąsiadnych są tak małe w porównaniu od PEM w obszarze największego promieniowania komórki analizowanej, że ich wpływ można pominąć – co będzie pokazane w dalszej części odpowiedzi na uwagi Autorów Opinii IŁ-PIB. Jednocześnie przypadek sumarycznej mocy różnych systemów tej samej stacji rozwiązuje wzór 2.4.4. w Raporcie IMP.

## 2.2. Dobór modelu

Autorzy Opinii IŁ-PIB uznali, że przyjęty model fali kulistej jest dopuszczalny i był nawet stosowany w początkowej części opracowań IŁ – szkoda, że nie rozwinęli myśli i nie przedstawili jakie inne bardziej skomplikowane modele do oceny natężenia pola w otoczeniu źródła proponują zastosować. Model fali cylindrycznej zastosowany również przez IŁ-PIB jest modelem adekwatnym tylko w stosunkowo małej odległości od anteny i w tych obszarach daje wyniki niższe od modelu fali kulistej – więc model fali kulistej w tym obszarze jest bardziej „prośrodowiskowy” – zawyżający w bezpośrednim otoczeniu anteny rzeczywiste natężenia pola. Nie jest prawdą, że w raporcie nie sygnalizowano efektów kumulacji – po raz kolejny przywołać należy wzór 2.4.4 [Raport IMP s. 22] na ograniczenia maksymalnej EIRP przy występowaniu w danym obszarze więcej niż PEM od jednej wiązki anteny (czy też od jednego systemu – co jest zamienne bo interesujące są poziomy PEM a nie rodzaje systemów).

## 2.3. Analizowane zakresy częstotliwości

Autorzy Opinii IŁ-PIB zauważyli, że raport omawia całościowo planowane do wykorzystania w systemach 5G zakresy częstotliwości, jednak jak już podkreśliliśmy, uwaga krytyczna o ograniczeniu części analitycznej tylko do zakresu 15-100GHz jest niezbyt fortunna w kontekście zakresu raportu IMP zatytułowanego: „Oddziaływanie elektromagnetycznych **fal milimetrych** na zdrowie pracowników projektowanych sieci 5g i populacji generalnej”.

Uwaga/zarzut, że analizy tłumienia zostały przeprowadzone tylko dla skrajnych częstotliwości jest zdecydowanie nietrafiona. Przedstawienie dwóch skrajnych parametrów pozwala na określenie zmienności tłumienia w całym paśmie – a to głównie chodziło. Analogicznie można się odnieść do uwagi Autorów Opinii IŁ-PIB, że przyjęte do analiz założenia dla fal milimetrych nie są adekwatne dla niższych częstotliwości. Autorzy Opinii IŁ-PIB mają oczywiście rację – praktycznie wszystkie składowe tłumienia fal radiowych w środowisku dla fal milimetrych są znacznie większe niż dla częstotliwości poniżej 6GHz – ale to oznacza, że uzyskanie tych samych efektów w postaci poziomu sygnału w miejscu odbioru będą dla pasm <6GHz możliwe przy znacznie niższych mocach promieniowanych, czyli wykorzystanie analiz EIRP vs poziom sygnału przeprowadzonych dla fal milimetrych z pewnością będzie też poprawne z dużym zapasem dla częstotliwości niższych. Oczywiście nie dotyczy to wielkości obszarów „oświetlenia” polem zbliżonym do wartości



dopuszczalnej (choć w płaszczyźnie pionowej kąt połowy mocy na poziomie 6° jest stosowany w antenach dla pasm już powyżej 1800 MHz). Zarzutów co do stosowania uogólnień typu: „sformułowania, że *„anten systemu 5G będą charakteryzować się bardzo wąskimi wiązkami promieniowania”*, nie można uznać ogólnie za prawdziwe, bo na pewno w przypadku sieci 5G pracujących w paśmie 700 MHz prawdziwe nie będzie” [Opinia IŁ s. 7] nie można uznać za zasadne w kontekście zakresu raportu IMP podkreślonego jego już przywoływanym tutaj tytułem: **„Oddziaływanie elektromagnetycznych fal milimetrowych na zdrowie pracowników projektowanych sieci 5g i populacji generalnej”**.

Ostatnia uwaga Autorów Opinii IŁ-PIB: „Podobnie, sformułowanie zawarte we wniosku cyt. *«przy racjonalnym sterowaniu mocą sygnału dla wiązek śledzących użytkowników istnieje możliwość zachowania standardów ochrony środowiska obowiązujących w Polsce (7 V/m) w pasmach do 40 GHz» jest nieuprawnione, nawet w odniesieniu wyłącznie do sieci 5G, gdyż w paśmie 700 MHz antenowe wiązki śledzące nie będą stosowane*” [Opinia IŁ-PIB s. 7-8] jest niespójna sama w sobie, ponieważ przytoczony cytat z raportu jednoznacznie odnosi się do wiązek śledzących, więc wniosek Autorów Opinii IŁ-PIB, że *„stwierdzenie jest nieuprawnione nawet w odniesieniu wyłącznie do sieci 5G, gdyż w paśmie 700 MHz antenowe wiązki śledzące nie będą stosowane”* wskazuje na niedokładne przeczytanie zacytowanego przez tychże Autorów zdania.

Autorzy Opinii IŁ-PIB zwrócili także uwagę na efekt kumulacji PEM od różnych źródeł, ilustrując ten efekt pomiarami szerokopasmowymi i stwierdzając jednocześnie: *„Wyniki pomiarów PEM, uzyskane w związku z realizacją przez Instytut Łączności – PIB kampanii pomiarowych PEM w latach 2016-2018, wskazują na to, że biorąc pod uwagę rozbudowaną infrastrukturę telekomunikacyjną, planowane wdrożenie sieci 5G przy obecnie obowiązującej wartości dopuszczalnej w środowisku (7 V/m), może być istotnie utrudnione. Wyniki przeprowadzonych pomiarów selektywnych wskazują, że w wielu lokalizacjach nie będzie możliwe skuteczne zgłoszenie nowych instalacji, zgodnie z obowiązującymi przepisami Prawa ochrony środowiska”* [Opinia IŁ-PIB s. 6, tożsame z Raport z pomiarów PEM 2018 IŁ-PIB, s.19 – dostęp: <https://pem.itl.waw.pl/raporty/raport-pomiary-p%C3%B3l-elektromagnetycznych-pem-wytwarzanych-przez-stacje-bazowe-telefonii-kom%C3%B3rkowej-2018/> ]. Analiza raportów z pomiarów IŁ-PIB [dostęp: <https://pem.itl.waw.pl/raporty/raport-pomiary-p%C3%B3l-elektromagnetycznych-pem-wytwarzanych-przez-stacje-bazowe-telefonii-kom%C3%B3rkowej/> oraz <https://pem.itl.waw.pl/raporty/raport-pomiary-p%C3%B3l-elektromagnetycznych-pem-wytwarzanych-przez-stacje-bazowe-telefonii-kom%C3%B3rkowej-2018/>] pozwala nieco inaczej spojrzeć na uzyskane wyniki – na ponad 4,8 tysiąca pionów pomiarowych stwierdzono 1 przekroczenie wartości dopuszczalnej z pomiarów szerokopasmowych i 25 potencjalnych przekroczeń z ekstrapolacji wyników pomiarów selektywnych. Poza dyskusją pozostawiamy miarodajność przyjętej metodyki wyznaczenia współczynnika ekstrapolacji jako sugerowanego przez producenta miernika – a nie na podstawie rzeczywistych danych od operatorów, ponieważ nie zmienia to znacząco całościowej analizy wyników. Daje to wynik na poziomie ok. 0,5% potencjalnych przekroczeń, a przekroczeń rzeczywiście stwierdzonych – poniżej 1 promila. Autorzy raportu z pomiarów piszą, że do pomiarów typowano miejsca, gdzie spodziewano się możliwie dużych natężeń PEM – można więc uznać że te szacunki są co najmniej reprezentatywne, jeśli nawet nie zawyżone względem średniej w środowisku. Nie ma, co prawda, w raportach zestawiania liczby punktów vs zmierzone natężenie pola poniżej wartości dopuszczalnej, ale krótki przegląd wyników pozwala przyjąć, że w ok. 100 punktach na 4880 przekroczone została połowa dopuszczalnego w środowisku natężenia pola - 3,5V/m.

Przyjmijmy więc tę wartość jako poziom PEM, przy którym „startuje” system 5G. Korzystając ze znanej zależności na wartość skuteczną wypadkowego natężenia pola:

$$E_{wyp} = \sqrt{\sum_n E_n^2}$$

i z jej przekształcenia mamy:

$$E_{max\_5G} = \sqrt{7^2 - 3,5^2} = \sqrt{49 - 12,25} \approx 6V/m$$

Oznacza to, że jeżeli obecnie w środowisku występuje natężenie PEM  $E_{\text{przed}_5G}=3,5$  V/m, to można jeszcze dołożyć 6V/m zachowując standardy środowiskowe. Oznacza to też, że projektując system 5G na maksymalne natężenie w miejscach dostępnych dla ludności na  $E_{\text{max}_5G}=6$  V/m zamiast 7 V/m – zapewni się w większości przypadków spełnienie wymagań prawa ochrony środowiska przy istniejących już systemach komórkowych. W praktyce oznacza to, że wszystkie moce maksymalne EIRP wyliczone dla 7 V/m należy zmniejszyć o 27% lub odjąć od poziomu mocy wyznaczonej w dBm 1,35dB. Oczywiście każdy taki projekt będzie wymagał analizy „pola zastanego” – ale w praktyce tak to powinno odbywać się również teraz przy projektowaniu każdej stacji bazowej.

#### **2.4. Analiza PEM, a wzrost zapotrzebowania na usługi mobilne**

Wydaje się, że ten rozdział Opinii IŁ-PIB nie ma odniesienia do opiniowanego Raportu – celem tego Raportu nie była w żadnej mierze analiza zapotrzebowania na usługi mobilne czy pojemności ani nawet projektowanie nowych czy modernizacji istniejących sieci. Jest to zadanie dla operatorów – zresztą jak piszą Autorzy Opinii IŁ-PIB – już częściowo zrealizowane przez Instytut Łączności.

Konieczne jest jednak ustosunkowanie się do uwag z dwóch ostatnich akapitów Opinii IŁ-PIB. Jej Autorzy zarzucili, że przedstawione w konkluzji do p. 2.4 raportu informacje są zbyt ogólne, a dodatkowo „*Poważnym mankamentem przedstawionej analizy jest fakt, że – co przyznają sami Autorzy Raportu IMP – marginesy te dotyczą wyłącznie zakresów częstotliwości powyżej 40 GHz, a więc nie mają zastosowania do zdecydowanej większości funkcjonujących obecnie systemów radiokomunikacyjnych, a także nawet dla części planowanych zakresów dla 5G (np. pasmo 26 GHz)*” [Opinia IŁ-PIB s. 8]

Przytoczmy właściwy fragment raportu IMP: „*Podsumowując przeprowadzone analizy, można stwierdzić, że przy racjonalnym sterowaniu mocą sygnału dla wiązek śledzących użytkowników w pasmach do 40 GHz istnieje możliwość zachowania standardów ochrony środowiska obowiązujących w Polsce. Powyżej 40 GHz – nawet w najgorszym przypadku – przy pełnej dopuszczalnej mocy i dla punktu obserwacji odległego o 5 m od podstawy anteny, do przekroczenia obowiązującego limitu dopuszczalnego natężenia pola w środowisku będzie zapas ok. 10 dB – będzie to np. margines na pola pochodzące od innych źródeł PEM. Jeżeli przyjmie się, że wiązki nie będą sterowane, a jedynie ustawione tak, żeby maksimum energii trafiało na granicę komórki UMa, to nawet przy maksymalnych wartościach EIRP według FCC [2016] standardy środowiska będą spełnione dla kanału o  $B = 400$  MHz dla częstotliwości poniżej 40 GHz. Dla komórek UMi (przyjmując, że mikrokomórki pracować będą w pasmach powyżej 40 GHz) do przekroczenia obowiązującego limitu dopuszczalnego natężenia pola w środowisku będzie zapas ok. 30 dB. W praktyce oznacza to możliwość znacznego zagęszczenia sieci w razie potrzeby.*”

Jak wynika z przytoczonego kompletnego fragmentu Raportu, zapis o rezerwie 10 do 30 dB dotyczy sytuacji, kiedy wykorzystana zostanie maksymalna dopuszczalna EIRP zgodnie ze standardem FCC na stacjach pracujących powyżej 40 GHz. Dla częstotliwości niższych faktycznie mogą wystąpić przekroczenia, jeżeli wykorzystana zostanie maksymalna moc dopuszczalna przez standardy – to właśnie w celu oszacowania mocy niepowodujących przekroczeń przeprowadzono analizy. Dla stacji pracujących poniżej 40GHz – w zależności od tiltu anten – punktu „w który „wycelowana” jest wiązka anteny – dopuszczalne EIRP podano w tabelach [Raport IMP ss. 33-34]. Jeżeli wyniki z Raportu obniży się np. o 10dB – to zapewni się w takiej sytuacji – analogicznie jak powyżej 40GHz – zapas 10dB.

Jednocześnie, być może warto wyjaśnić, co w praktyce oznacza 10dB zapasu do wartości dopuszczalnej. Oznacza to tyle, że wykorzystanie jest 10% „zasobów” energetycznych PEM, a tym samym w obszarze działania tej stacji może działać jeszcze 9 innych stacji bazowych z taką samą EIRP każda. Zapas 30dB, to wykorzystanie 1/1000 zasobów, czyli w tym obszarze może się jeszcze „zmieścić” 999 identycznych co do EIRP stacji bazowych –niezależnie od systemu – 2G, 3G, 4G czy 5G. Czy to wystarczy? Być może nie jest to wprost odpowiedź na obawy Autorów Opinii IŁ-PIB: „*do przekroczenia wartości dopuszczalnej PEM w środowisku (7 V/m) uzyskano marginesy 10 dB i 30 dB, zależnie od przypadku, które mogą stanowić zapas na PEM pochodzące od innych źródeł, np. w razie konieczności zagęszczenia infrastruktury radiokomunikacyjnej. Abstrahując od wcześniej przedstawionych uwag odnośnie przeprowadzonych analiz, tak ogólne informacje w żaden sposób nie*

dają odpowiedzi na pytanie, czy rzeczywiście będzie to margines wystarczający w kontekście skali przewidywanego rozwoju infrastruktury radiokomunikacyjnej, a co za tym idzie – nieuniknionego wzrostu poziomów PEM” [Opinia IŁ-PIB s. 8], ale pozwala to na oszacowanie „zapasów”.

### **3. Odniesienie do Uwag do Rozdziału 3:**

Uwzględnienie w przeglądzie literatury większej liczby prac nowszych było niemożliwe ze względu na brak takich prac. Wszystkie najnowsze prace zostały wykorzystane. Analogicznie niewiele jest prac, które analizują oddziaływanie słabych pól o częstotliwościach fal milimetrycznych.

Mechanizmy oddziaływania elektromagnetycznych fal milimetrycznych (EFM) zostały wyczerpująco omówione w rozdziałach 3.1.2 i 3.1.3. Dokładne zaznajomienie się z treścią tych rozdziałów wyjaśniłoby znaczenie zacytowanych, wyjętych z kontekstu zdań, które budzą wątpliwości anonimowych Autorów Opinii IŁ-PIB. Zarzut dotyczący błędnej klasyfikacji mechanizmu opisanego w pracy Hinrikus i wsp. jest niesłuszny, ponieważ mechanizm ten polega przede wszystkim na zmianie uporządkowania struktury rozpuszczalnika, a nie na zmianie jego energii. Co więcej, jak zaznaczono w Raporcie: „Opisany mechanizm oddziaływania PEM potwierdza, że charakter efektu różni się od efektu cieplnego.”

Nie można się również zgodzić z tezą autorów Opinii IŁ-PIB, jakoby „nie miało znaczenia, czy cząsteczki wody poruszają się szybciej na skutek naświetlania tkanki falami milimetrycznymi, czy też na przykład promieniowaniem podczerwonym”, gdyż w Raporcie omówiono prace, z których wynika, że inne efekty biologiczne obserwowano na skutek ogrzewania przy pomocy EFM, niż przy ogrzewaniu promieniowaniem podczerwonym.,

Omówienie oddziaływań terapeutycznych miało na celu wykazanie, że oddziaływanie EFM na skórę powoduje zmiany różnych funkcji organizmu.

Celem autorów Raportu było przedstawienie publikacji zamieszczonych głównie w recenzowanych czasopiśmie z listy filadelfijskiej. Jeśli anonimowi autorzy Opinii IŁ-PIB mają wątpliwości co do mechanizmów opisanych w pracy Blank i Goodman, być może powinni skonfrontować się z autorami tej pracy zamieszczając swoje krytyczne uwagi na łamach International Journal of Radiation Biology.

W opinii autorów Raportu tezy cytowanych apeli, zwłaszcza dotyczącej konieczności zintensyfikowania badań dotyczących działania biologicznego PEM (w tym EFM), są uzasadnione dokonany dla potrzeb Rozdziału 3 Raportu przeglądem literatury.

### **4. Odniesienie do analiz wykonanych przez Instytut Łączności – PIB**

Autorzy Raportu nie do końca rozumieją pojawienie się w opinii na temat tego Raportu rozdziału opisującego opracowanie Instytutu Łączności PIB, ponieważ opracowanie te w ogóle nie dotyczy pasma powyżej 6GHz.

Odnosząc się jednak merytorycznie do opracowania IŁ-PIB w zakresie analizy wymaganej pojemności sieci [Raport A IŁ-PIB dostęp: <https://www.il-pib.pl/images/stories/raporty/pdf/PIIT/Raport-IL-Zadanie-A-Analiza-wykonalnosci-wdrozenia-uslug-w-technologie-5G.pdf> nie sposób się nie zgodzić, że przy przyjętych założeniach obecne sieci nie podążają temu zadaniu. Co więcej, przyjęte założenie dołożenia nowych systemów do istniejących stacji bazowych również nie jest rozwiązaniem optymalnym z jednego prostego powodu – obecna sieć stacji bazowych operuje na komórkach o zbyt dużym zasięgu. Dla uzyskania odpowiednio dużej pojemności sieci niezbędne jest zagęszczenie stacji bazowych – co jest jedną z podstawowych idei sieci 5G. Co więcej jest to rozwiązanie jak najbardziej prośrodowiskowe, bo dla stacji o mniejszym zasięgu wystarczają mniejsze moce promieniowane. Można wręcz powiedzieć, że będziemy mieć do czynienia z energią skierowaną do mniejszej grupy użytkowników na mniejszej przestrzeni (nawet pomijając wiązki śledzące abonentów), a tym samym będą mniejsze straty energii generowanej do środowiska. Dla przykładu: jeden sektor obecnej stacji bazowej UMTS o zasięgu użytkowym 600 m i sektorze 120 stopni pokrywa obszar ok. 360 000 m<sup>2</sup> i nawet, jeżeli okaże się, że większość abonentów przebywa w jednym, stosunkowo małym obszarze komórki, to energia niezbędna do prowadzenia transmisji musi być wypromieniowana w przestrzeń obejmująca całą komórkę. Dla komórek mniejszych – ta sama moc była by wypromieniowana w mniejszym obszarze. Z drugiej strony, jeżeli

abonenci są rozrzućeni po całej komórce, to i tak dla ich obsługi potrzeba wyemitować określoną energię reprezentowaną przez EIRP w całym obszarze komórki. Jeżeli przyjmiemy, że dla każdego abonenta potrzeba „100 W EIRP” a abonentów jest 20, to całkowita moc EIRP wyniesie 2kW. Podział takiej dużej komórki na kilka mniejszych – tak że w każdej znajdzie się np. 5 abonentów - będzie skutkowało koniecznością wyemitowania tylko 500 W EIRP dla każdej komórki. Mimo tego, że sumaryczna moc EIRP będzie taka sama – to dzięki przestrzennemu rozdzielaniu energii - natężenie pola w całym obszarze będzie znacznie mniejsze. Nie dziwi więc, że przyjmując niezmienną sieć stacji bazowych i próbując uzyskać zwiększenie pojemności tylko przez dołożenie nowych systemów uzyskuje się znaczne obciążenie środowiska emitowanym PEM. Przy okazji warto zauważyć, że w analizach IŁ-PIB bierze się pod uwagę kanały szerokości 10 do 20 MHz (i prawidłowo, ponieważ zasoby w proponowanych pasmach poniżej 6GHz nie pozwalają na więcej), to w pasmach EFM jako jednostka podstawowa rozważany jest kanał o szerokości 100 MHz i jego wielokrotności do 400 MHz. Pojedynczy kanał 100MHz w zakresie fal milimetrycznych zastępuje praktycznie całe dostępne zasoby pasma 700 MHz. To jednoznacznie pokazuje dlaczego w 5G przewiduje się stosowanie zakresu fal milimetrycznych i jakie to daje możliwości uzyskania wymaganej pojemności sieci przy rozsądnym obciążeniu środowiska emitowanym PEM. Jednocześnie zmniejszanie komórek wymaga stosowania anten o większych kierunkowościach, a takie znacznie łatwiej uzyskać przy wyższych częstotliwościach, gdzie anteny mają mniejsze wymiary geometryczne. Jest to jeden z przyczynków do wykorzystania w systemach 5G pasm fal milimetrycznych – o czym IŁ-PIB nie wspomina w swoich opracowaniach.

Analizy w Raporcie B IŁ-PIB [dostęp: <https://www.il-pib.pl/images/stories/raporty/pdf/PIIT/Raport-IL-Zadanie-B-Analiza-wykonalnosci-wdrozenia-uslug-w-technologie-5G.pdf>] wykazały, że przy przyjętych założeniach na wymagania pojemności sieci, nie będzie możliwa instalacja stacji bazowych umieszczonych na wysokości 6-25 m [Raport IŁ-PIB zadanie B, Tabela 1, s.11, dostęp: <https://www.il-pib.pl/images/stories/raporty/pdf/PIIT/Raport-IL-Zadanie-B-Analiza-wykonalnosci-wdrozenia-uslug-w-technologie-5G.pdf>]. Pomijając fakt, że aktualne standardy 5G sugerują minimalną wysokość zawieszenia anten mikrokomórek zewnętrznych na wys. 10m, być może warto przyjąć w analizach filozofię „ile można?” (takie podejście przyjęto w Raporcie IMP określając dopuszczalne EIRP dla określonych założeń), a nie „czy można?” – dla przyjętych z góry wymagań (podejście IŁ-PIB).

Przyjmując założenia IŁ-PIB zgodne z danymi z Tabeli 1, s.11 Raportu B IŁ-PIB niżej przeliczone zostaną maksymalne dopuszczalne EIRP zapewniające spełnienie standardów środowiskowych dla proponowanych przez IŁ-PIB scenariuszy instalacji stacji bazowych. Z analizy opracowania IŁ-PIB wynika, że dla każdej stacji bazowej przyjęto system o całkowitej EIRP= 9 x 10W = 90W. Czyli np. oznaczeniu w kolumnie pierwszej Tabeli 1 „40DBM” odpowiada moc 90W – czyli w przybliżeniu 49 dBm (dB względem mW). Przy okazji warto zauważyć że w analizie IŁ-PIB przyjęto, że anteny stacji bazowych promieniują pełną mocą bezpośrednio w dół, co jest raczej przypadkiem niespotykanym w praktyce. W poniższej analizie przyjęto dwa podejścia: podejście IŁ-PIB, czyli punkt dostępny dla ludności na wys. 2 m bezpośrednio pod anteną (zakładając jak IŁ-PIB, że antena promieniuje bezpośrednio w dół) oraz przypadek praktyczny anteny o możliwie szerokiej wiązce w płaszczyźnie pionowej (jako antenę nadawczą wybrano dipol półfalowy o kącie połowy mocy 90° ustawiony pionowo) i wyznaczono jako minimalną odległość miejsca dostępnego dla ludności na wys. 2 m nad poziomem terenu, nad którym zawieszono antenę na kierunku 45 stopni – kącie połowy mocy z uwzględnieniem 3dB spadku mocy na tym kierunku). Dodatkowo wyznaczono ograniczone EIRP, przyjmując, że instalację 5G buduje się w miejscu, gdzie już działają inne systemy i zastane natężenie pola wynosi 3,5 V/m jak przyjęto w p. 2.3. niniejszego opracowania.

h - wysokość zawieszenia anteny	r - odległość do punktu dostępnego dla ludności	dopuszczalne EIRP na wys. 2mmpt dla Emax=7V/m		dopuszczalne EIRP na wys. 2mmpt dla Emax=6V/m		r45 stopni - odległość do punktu dostępnego dla ludności przy kącie promieniowania 45	dopuszczalne EIRP na wys. 2mmpt dla Emax=7V/m		dopuszczalne EIRP na wys. 2mmpt dla Emax=6V/m	
[m]	[m]	EIRP [W]	EIRP dBm	EIRP [W]	EIRP dBm	r45 stopni	EIRP	EIRP dBm	EIRP [W]	EIRP dBm
6	4,0	26	44,2	19	42,8	5,7	53	47,2	39	45,9
6,5	4,5	33	45,2	24	43,9	6,4	67	48,3	49	46,9
7	5,0	41	46,1	30	44,8	7,1	83	49,2	61	47,8
7,5	5,5	49	46,9	36	45,6	7,8	100	50,0	74	48,7
8	6,0	59	47,7	43	46,4	8,5	119	50,8	88	49,4
8,5	6,5	69	48,4	51	47,1	9,3	140	51,5	103	50,1
9	7,0	80	49,0	59	47,7	10,0	162	52,1	119	50,8
9,5	7,5	92	49,6	68	48,3	10,7	186	52,7	137	51,4
10	8,0	105	50,2	77	48,9	11,4	212	53,3	156	51,9
10,5	8,5	118	50,7	87	49,4	12,1	239	53,8	176	52,5
11	9,0	132	51,2	97	49,9	12,8	268	54,3	197	52,9
11,5	9,5	147	51,7	108	50,3	13,5	299	54,8	220	53,4
12	10,0	163	52,1	120	50,8	14,2	331	55,2	243	53,9
12,5	10,5	180	52,6	132	51,2	15,0	365	55,6	268	54,3
13	11,0	198	53,0	145	51,6	15,7	401	56,0	294	54,7
13,5	11,5	216	53,3	159	52,0	16,4	438	56,4	322	55,1
14	12,0	235	53,7	173	52,4	17,1	477	56,8	350	55,4
14,5	12,5	255	54,1	188	52,7	17,8	517	57,1	380	55,8
15	13,0	276	54,4	203	53,1	18,5	560	57,5	411	56,1
15,5	13,5	298	54,7	219	53,4	19,2	603	57,8	443	56,5
16	14,0	320	55,1	235	53,7	19,9	649	58,1	477	56,8
16,5	14,5	343	55,4	252	54,0	20,6	696	58,4	512	57,1
17	15,0	367	55,7	270	54,3	21,4	745	58,7	547	57,4
17,5	15,5	392	55,9	288	54,6	22,1	796	59,0	585	57,7
18	16,0	418	56,2	307	54,9	22,8	848	59,3	623	57,9
18,5	16,5	445	56,5	327	55,1	23,5	902	59,5	662	58,2
19	17,0	472	56,7	347	55,4	24,2	957	59,8	703	58,5
19,5	17,5	500	57,0	368	55,7	24,9	1014	60,1	745	58,7
20	18,0	529	57,2	389	55,9	25,6	1073	60,3	788	59,0
20,5	18,5	559	57,5	411	56,1	26,3	1133	60,5	833	59,2
21	19,0	590	57,7	433	56,4	27,1	1195	60,8	878	59,4
21,5	19,5	621	57,9	456	56,6	27,8	1259	61,0	925	59,7
22	20,0	653	58,2	480	56,8	28,5	1325	61,2	973	59,9
22,5	20,5	686	58,4	504	57,0	29,2	1392	61,4	1023	60,1
23	21,0	720	58,6	529	57,2	29,9	1460	61,6	1073	60,3
23,5	21,5	755	58,8	555	57,4	30,6	1531	61,8	1125	60,5
24	22,0	790	59,0	581	57,6	31,3	1603	62,0	1178	60,7
24,5	22,5	827	59,2	608	57,8	32,0	1676	62,2	1232	60,9
25	23,0	864	59,4	635	58,0	32,8	1752	62,4	1287	61,1
27,5	25,5	1062	60,3	780	58,9	36,3	2153	63,3	1582	62,0
30	28,0	1280	61,1	941	59,7	39,9	2596	64,1	1908	62,8
32,5	30,5	1519	61,8	1116	60,5	43,4	3080	64,9	2264	63,5
35	33,0	1778	62,5	1307	61,2	47,0	3606	65,6	2650	64,2
37,5	35,5	2058	63,1	1512	61,8	50,6	4173	66,2	3067	64,9
40	38,0	2358	63,7	1733	62,4	54,1	4782	66,8	3514	65,5
42,5	40,5	2679	64,3	1968	62,9	57,7	5431	67,3	3991	66,0
45	43,0	3019	64,8	2219	63,5	61,2	6123	67,9	4499	66,5
47,5	45,5	3381	65,3	2484	64,0	64,8	6855	68,4	5038	67,0
50	48,0	3762	65,8	2765	64,4	68,4	7629	68,8	5606	67,5

Jak wynika z powyższej tabeli – albo instalując antenę na wys. 6m można ją zasilić od 19 do 53 W EIRP zależnie od przyjętego wariantu, albo dla przyjętej przez IŁ-PIB mocy 90 W EIRP antena powinna być zawieszona między 7,5 a 10,5 m również w zależności od przyjętego wariantu.

Podsumowując, Autorzy Raportu IMP, zgodnie z życzeniem zleceniodawcy, w żadnym miejscu tegoż nie sformułowali wniosku o bezwzględnej możliwości, lub niemożności, wdrożenia systemu 5G przy obecnie obowiązujących standardach środowiskowych. Przeanalizowali jednak wybrane scenariusze na podstawie proponowanych standardów i określili graniczne wartości EIRP, dla których obowiązujące standardy środowiskowe zostaną zachowane.

## **5. Odniesienie do uwag zawartych w Podsumowaniu**

Jeszcze raz zwracamy uwagę na fakt, że Raport zgodnie z zakresem zawartym w umowie z Ministerstwem Zdrowia, dotyczył jedynie zakresu fal milimetrowych. W związku z tym oczekiwanie np. uwzględnienia czy analizy PEM emitowanych przez sieci 2G, 3G, czy 4G jest nieuzasadnione. W świetle powyższego użycie w Opinii IŁ-PIB określenia „*niefortunne sformułowania, mówiące o sterowaniu wiązkami w sieciach 5G – choć dotyczy to tylko fal milimetrowych*” jest wyjątkowo niefortunne. Zgadzamy się z wnioskiem, że „*Raport IMP nie może stanowić podstawy do całościowej analizy kwestii poziomów PEM w kontekście zbliżającego się uruchomienia sieci 5G*”, bo nie taki był cel tego opracowania. Jesteśmy jednocześnie otwarci na możliwość przeprowadzenia analiz uwzględniających PEM innych, wciąż działających generacji, w ewentualnym nowym opracowaniu.

Nie zgadzamy się natomiast z tezą, że wnioski płynące z naszego Raportu są zgodne z wnioskami z opracowań Collegium Medicum Uniwersytetu Jagiellońskiego. Stoimy na stanowisku, że ze względu na dane z badań *in vitro* i *in vivo*, a przede wszystkim wyniki badań klinicznych i epidemiologicznych nie można negować nietermicznego działania słabych PEM. Stąd wynika nasz postulat stosowania zasady ostrożności i zasady ALARA.