



Ministerstwo
Cyfryzacji

STRATEGIA

5G dla Polski

Spis treści

Diagnoza stanu obecnego	2
Cele wdrożenia sieci 5G.....	11
Sieć piątej generacji (5G).....	17
Architektura i standardy sieci 5G	20
Standardy i ich wpływ na implementację sieci	25
Plan wdrożenia sieci 5G w Polsce.....	27
Narzędzia wdrożenia Strategii.....	27
Działania legislacyjne w zakresie sieci 5G (bariery inwestycyjne)	28
Widmo radiowe dla sieci 5G	35
Bezpieczeństwo sieci 5G.....	41
Testy i pilotaże sieci 5G.....	45
System koordynacji i realizacji Strategii	49
Oczekiwane rezultaty i harmonogram realizacji Strategii (kamienie milowe)	51
Koszty wsparcia wdrożenia sieci 5G w Polsce oraz źródła finansowania.	53
Ewaluacja Strategii.	55
Powiązania Strategii z międzynarodowymi i krajowymi dokumentami strategicznymi.....	56
Korzyści z wdrożenia sieci 5G	62



Diagnoza stanu obecnego

Technologie Informacyjno – Komunikacyjne (dalej TIK) są we współczesnej gospodarce obecne praktycznie w każdym sektorze. Towarzyszą zarówno sferze zawodowej, jak i prywatnej coraz większej rzeszy ludzi. Tak, jak wielkim skokiem cywilizacyjnym było pojawienie się w XVIII w. maszyny parowej, tak dziś bodźcem do wszelkiego rodzaju przemian przemysłowych są nowe technologie. Znaczenia nabiera szczególnie silny, obserwowany od kilku lat, trend mobilności usług elektronicznych. Stają się one elementem codziennego życia „cyfrowego społeczeństwa” i bardzo szybko znajdują zastosowanie w procesie produkcji, w mediach, w logistyce, transporcie, zdrowiu, bankowości, czy wreszcie w sektorze publicznym. Zjawisko to jest na tyle wyraźne, a pozytywny wpływ TIK na gospodarkę stał się na tyle oczywisty, że całość tych przemian zaczęto określać mianem ery Industry 4.0. W Polsce Minister Cyfryzacji zaproponował własną, dostosowaną do krajowej specyfiki i wyzwań międzynarodowych koncepcję transformacji cyfrowej gospodarki - „Przemysł+” - polegającą na budowie gospodarki opartej o dane.

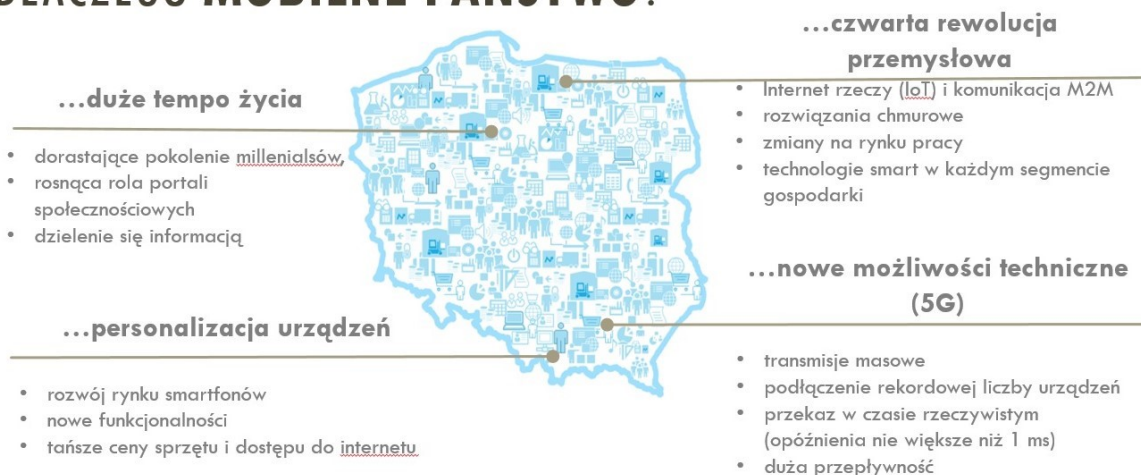
W Polsce w ostatnich latach zaobserwować można dynamicznie postępujący proces informatyzacji gospodarki. Jest on następstwem rozwoju technik TIK, w tym coraz bardziej efektywnych technik obliczeniowych, operujących na dużych zbiorach danych, ciągłej miniaturyzacji sprawiającej, że TIK znajdują coraz szersze zastosowanie we wszystkich gałęziach życia społeczno-gospodarczego. Wchodzące na rynek rozwiązania TIK, dokonują przemian m.in. w kontaktach międzyludzkich, sposobie prowadzenia biznesu, edukacji, medycynie, a także w administracji państwowej. Usługi oparte na technikach TIK tworzą nową przestrzeń nie tylko informacyjną, ale przede wszystkim w obszarze produkcji oraz dystrybucji towarów i usług.

W najbliższych latach należy spodziewać się dalszych zmian nie tylko w sposobie korzystania z Internetu, jednocześnie nowego wymiaru nabierze sama treść przesyłu (przestanie mieć ona charakter czysto informacyjny, a coraz częściej będzie to interakcja obustronna). Już teraz operatorzy „kuszają” kolejnymi usługami i ofertami, za które będzie można płacić SMS-em lub kartą kredytową przez Internet.

Wraz z pojawieniem się coraz większej liczby bardziej dostępnych cenowo smartfonów, a także tabletek oraz rozwojem mobilnego dostępu do Internetu, dynamicznie pojawiających się aplikacji, zwiększonej dostępności techniki LTE, a wkrótce także 5G, polski rynek TIK wejdzie w fazę znaczących przemian, stając się istotnym elementem rozwoju „Przemysłu+”.

Strategia „5G dla Polski” jest narzędziem umożliwiającym efektywne wdrożenie sieci 5G w Polsce, zapewniając obywatelom dostęp do nowych technologii, a przedsiębiorcom, działającym na naszym rynku, skuteczną przewagę konkurencyjną.

DLACZEGO MOBILNE PAŃSTWO?

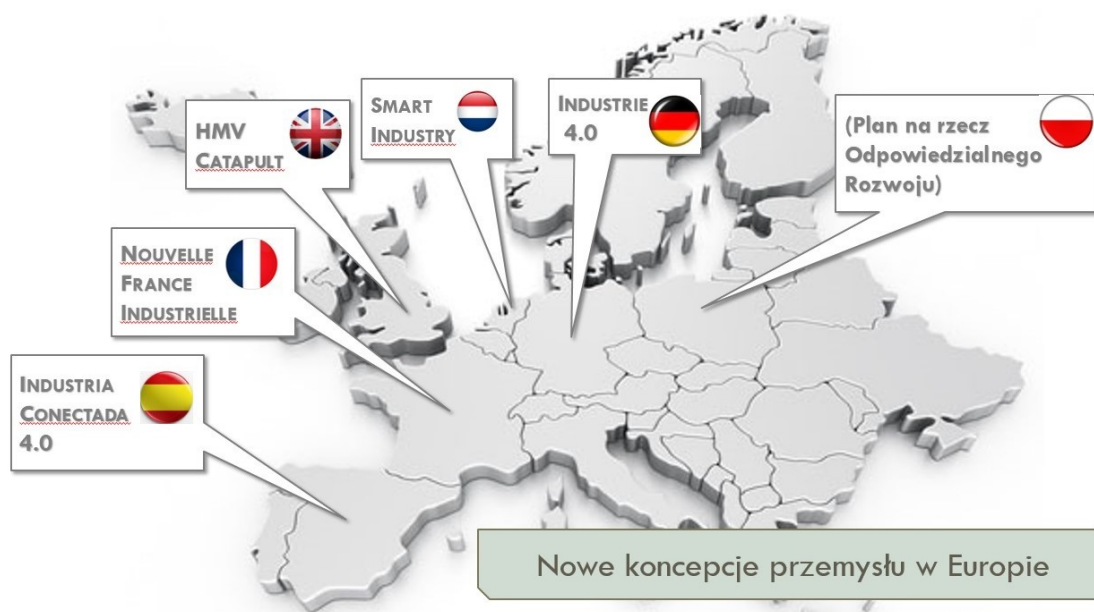


Mobilne państwo pełnić będzie istotną rolę w różnych segmentach gospodarki. Mówiąc o usługach mobilnych, powinniśmy mieć zawsze na uwadze dwa konteksty tej mobilności.

Po pierwsze, mobilny kojarzy się przede wszystkim z sieciami łączności ruchomej, widzianej dzisiaj poprzez pryzmat smartfonów, multimediiów i transmisji danych. Dzięki temu, użytkownicy będąc w ruchu, mogą korzystać z całej gamy zaawansowanych usług, dostępnych bądź to przez przeglądarkę internetową, bądź poprzez dedykowaną aplikację zainstalowaną w telefonie. Ale są też mobilne komputery, łączące się poprzez sieci WiFi czy też LTE z odpowiednimi usługami dostępnymi w sieci.

Drugi kontekst, czyli zastosowanie różnych rozwiązań mobilnych, gdzie mobilny staje się synonimem rozwiązań bezprzewodowych, stosowanych bezpośrednio m.in. w różnych procesach produkcyjnych. Mówimy tu o łączności pomiędzy czujnikami, rejestratorami, znacznikami, urządzeniami przemysłowymi a systemami zbierania informacji, nadzoru itd. W obu przypadkach wykorzystuje się te same techniczne rozwiązania transmisyjne, zaliczane ogólnie do kategorii szeroko rozumianej mobilności.

Wraz z coraz szerszym rozwojem technik cyfrowych, opracowywane są nowe koncepcje rozwoju, organizacji i realizacji produkcji przemysłowej. Najbardziej znane są: koncepcja niemiecka, określana jako *Industrie 4.0*, we Francji opracowano *Nouvelle France Industrielle*, w Holandii - *Smart Industry*, w Wielkiej Brytanii – *High Value Manufacturing Catapult (HMV Catapult)*, w Hiszpanii – *Industria Conectada 4.0*. Odmienne podejście do czwartej rewolucji przemysłowej dotyczą reprezentują: Dania, Szwecja, Finlandia, Irlandia czy Holandia. W Polsce dokumentem nawiązującym do czwartej rewolucji przemysłowej jest rządowa **Strategia na Rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju (SOR)**, będąca aktualizacją średniookresowej strategii rozwoju kraju, tj. Strategii Rozwoju Kraju 2020 oraz dokument Ministra Cyfryzacji „**Przemysł +. Gospodarka Oparta o Dane**”.



Mimo różnych nazw, koncepcje te mają ze sobą wiele wspólnego. Wszystkie mówią o nowym podejściu do produkcji przemysłowej, opartej na autonomicznych, elastycznych systemach produkcji wyrobów pod konkretne wymagania konsumentów. W SOR czytamy m.in. o automatyzacji, robotyzacji oraz informatyzacji procesów gospodarczych. W bardziej praktycznym języku oznacza to szerokie wykorzystanie sensorów, Internetu Rzeczy (Internet of Things, dalej IoT), inteligentnych robotów, systemów analitycznych, wirtualnej czy rozszerzonej rzeczywistości, wszystko wspomagane przez ultra szybkie sieci wymiany informacji. Wyraźnie widać, jak ważne jest miejsce technologii mobilnych w kontekście *Strategii na rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju*, w której podane projekty flagowe (takie jak telemedycyna, elektromobilność, e-busy, inteligentne systemy transportowe, inteligentna sieć energetyczna, projekt Żwirko i Wigura, czy wreszcie Cyberpark Enigma) nie wydarzą się bez technologii 5G. Przemysł przyszłości będzie korzystać z różnorodnych technik i rozwiązań, w dużej mierze już istniejących, ale wymagających modyfikacji i rozwoju – takich jak:

- Zaawansowane metody symulacji,
- Autonomiczne roboty, stanowiska produkcyjne i systemy,
- Przekrojowa integracja systemów,
- Big Data i analityka wielokryterialna,
- Rozszerzona rzeczywistość (Augmented Reality, dalej AR),
- Rzeczywistość Wirtualna (Virtual Reality, dalej VR)
- Produkcja 3D (drukowanie 3D),
- Przemysłowy Internet rzeczy,
- Cyberbezpieczeństwo,
- Chmura komunikacyjno-usługowa.

Wagę rozwoju nowoczesnej infrastruktury cyfrowej dla rozwoju gospodarczego wykazała również ekspertyza zamówiona przez MC¹, której celem było oszacowanie wpływu przepływu danych na produktywność w różnych gałęziach gospodarki.

Ekspertyza wykazała, że dane i związane z nimi technologie informacyjno–komunikacyjne umożliwiają realizację określonych rodzajów modeli biznesowych (zarówno o charakterze produkcyjnym, jak i usługowym), lub też wspierają je w sposób pośredni, podnosząc poziom efektywności procesów operacyjnych leżących u podstaw działalności przedsiębiorstw je realizujących.

Wyniki badania posłużyły do wypracowania w MC koncepcji budowania w Polsce gospodarki opartej o dane tj. „Przemysł+” jako sposobu wykorzystania możliwości jakie stwarza cyfryzacja. Koncepcja ta prezentuje założenia modelu, którego realizacja pozwoli Polsce znaleźć nowe źródła wzrostu gospodarczego i zająć korzystne miejsce wśród gospodarek europejskich i światowych.

Polska, z uwagi na swój poziom rozwoju, potencjał ekonomiczny oraz wyzwania gospodarcze („pułapka średniego wzrostu”), potrzebuje samodzielnej, dostosowanej do swojej specyfiki strategii cyfryzacji gospodarki, która weźmie pod uwagę lokalne możliwości i uwarunkowania.

Gospodarka oparta o dane to kolejne, czwarte stadium rozwoju cyfryzacji (po rozwoju infrastruktury teleinformatycznej, jej usieciowieniu oraz aplikacyjnym wykorzystaniu przez przedsiębiorstwa i konsumentów). Bazuje ona na generowanych ogromnych wolumenach danych, które obecnie są w niewielkiej części ustrukturyzowane i wykorzystane. Świat nie wie jeszcze jak można je w pełni wykorzystać, ale wyścig, którego stawką jest przyszły kształt gospodarki opartej o dane nabiera tempa i angażuje zarówno wielkie firmy technologiczne, organizacje międzynarodowe, bloki gospodarcze, jak i pojedyncze państwa. Polska także podejmuje to wyzwanie poprzez aktywne monitorowanie nowych zjawisk w cyfryzacji, otoczenia międzynarodowego, a także badanie własnego potencjału.

Bycie liderem wdrażania technologii 5G jest bezwzględny warunkiem powodzenia realizacji koncepcji „Przemysł+” w Polsce.

Aby rozwój infrastruktury telekomunikacyjnej mógł nadążyć wobec potrzeb i wyzwań rozwoju Polskiej gospodarki i „Przemysłu+” niezbędne jest:

- usunięcie barier inwestycyjnych;
- stabilność prawa, która umożliwi osiągnięcie należnej stopy zwrotu z inwestycji oraz pozwoli na przewidywalność i planowanie prowadzonej działalności gospodarczej;

¹ Intensywność wykorzystania danych w gospodarce, a jej rozwój. Analiza diagnostyczna. Grzegorz Koloch, Karolina Grobelna, Karolina Zakrzewska-Szlichtyng, Bogumił Kamiński, Daniel Kaszyński. Analiza na zlecenie Ministerstwa Cyfryzacji. <https://mc.bip.gov.pl/rok-2017/analiza-diagnostyczna-intensywnosc-wykorzystania-danych-w-gospodarce-a-jej-rozwoj.html>



- zmiana otoczenia prawnego, które umożliwia świadczenie nowoczesnych, bezpiecznych i przystępnych usług;
- zbudowanie nowego ekosystemu opartego na sieci 5G;
- zbudowanie odpowiedniego otoczenia technicznego z punktu widzenia nowych technologii transmisji danych (w tym częstotliwości radiowe).

Strategia „5G dla Polski” jest dokumentem strategicznym, określającym działania oraz środki dla realizacji celu jakim jest terminowe, tj. najpóźniej do 2025 roku wdrożenie sieci 5G w Polsce w sposób efektywny kosztowo. Nadrzędnymi celami realizowanymi przez **Strategię** jest rozwój infrastruktury telekomunikacyjnej nowej generacji oraz wdrożenie usług opartych na sieci 5G i zbiorach danych. Cele **Strategii** są zgodne z celami europejskiej strategii Jednolitego Rynku Cyfrowego oraz celami przedstawionymi w Komunikacie Komisji Europejskiej *Łączność dla konkurencyjnego jednolitego rynku cyfrowego: w kierunku europejskiego społeczeństwa gigabitowego*.

Strategia „5G dla Polski” wpisuje się w strukturę krajowych dokumentów strategicznych. Zgodnie z ustawą z dnia 6 grudnia 2006 r. o zasadach prowadzenia polityki rozwoju jest programem rozwoju infrastruktury telekomunikacyjnej nowej generacji na rzecz osiągnięcia celów Jednolitego Rynku Cyfrowego oraz realizującym cele zawarte w Strategii na rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju. **Strategia „5G dla Polski”** obejmuje okres do 2025 r. i jest dokumentem o charakterze operacyjno-wdrożeniowym ustanawianym w celu realizacji średniookresowej strategii rozwoju kraju.

Skuteczne wdrożenie sieci 5G i wykorzystanie dostępnych usług wytworzy daleko idące korzyści ekonomiczne i społeczne i wspierać będzie skokowy rozwój gospodarki Polski. Osiągnięcie celów Strategii wspierane będzie realizacją Narodowego Planu Szerokopasmowego i Ogólnopolskiej Sieci Edukacyjnej, a także poprzez Porozumienie na rzecz Strategii „5G dla Polski”.

W ramach Strategii „5G dla Polski” Minister Cyfryzacji podejmie szereg działań, umożliwiających sektorowi telekomunikacyjnemu wdrożenie sieci 5G, będącej siecią komercyjną budowaną przez podmioty, działające na terenie Polski. Strategia nie przewiduje finansowania z budżetu państwa budowy sieci 5G. Strategia przewiduje działania administracji publicznej w celu stworzenia odpowiedniej polityki i otoczenia prawnego w celu wsparcia efektywnego wdrożenia sieci 5G w Polsce.

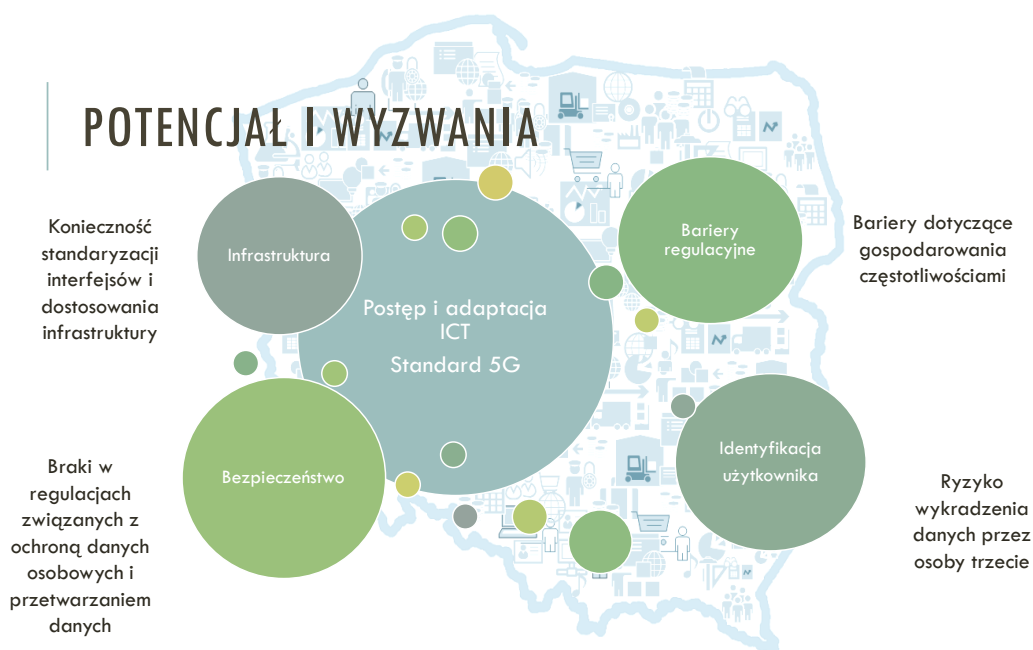
Sieć 5G nie będzie tylko kolejną generacją sieci telekomunikacyjnej, będzie to infrastruktura o kluczowym znaczeniu dla polskiej gospodarki i społeczeństwa, dlatego rozumiana jest jako innowacyjna infrastruktura państwa.

Minister Cyfryzacji będzie wspierać terminowe wdrożenie sieci 5G w Polsce, zgodnie z rozwojem międzynarodowym tej technologii, m.in. poprzez:

- przyspieszenie i usprawnienie procesu inwestycyjnego;

- obniżenie kosztów utrzymania wybudowanej infrastruktury;
- terminowe udostępnienie widma radiowego;
- aktywne uczestnictwo na arenie międzynarodowej w zakresie wdrożenia sieci 5G;
- przegląd obowiązujących rozwiązań regulacyjnych w zakresie telekomunikacji w celu zapewnienia, że są one przystosowane do nadchodzących potrzeb związanych z rozwojem technologii mobilnych.

W miarę rozwijania się sieci 5G występuje duże prawdopodobieństwo dalszych działań **Ministra Cyfryzacji** nieprzewidzianych niniejszą **Strategią**. W szczególności będzie to wymagać analizy sektorowych ram regulacyjnych. W tym celu Fundacja Platforma Przemysłu Przyszłości powinna współpracować z przemysłem w celu promowania ciągłego dialogu, dotyczącego sieci 5G, w celu zidentyfikowania i usunięcia barier sektorowych. Poprzez ten dialog możliwe będzie zdiagnozowanie innych działań Rządu, określonych m.in. w Strategii na rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju czy też Planu Rozwoju Elektromobilności w Polsce.



Strategia „5G dla Polski” ma na również na celu wypełnienie inicjatywy Komisji Europejskiej dotyczącej stworzenia planu działań w procesie wdrożenia i uruchamiania sieci 5G na terenie Unii Europejskiej. Dzięki powszechnemu dostępowi do sieci o wysokiej przepustowości oraz poprzez rozwój nowoczesnych usług i innowacyjnych ekosystemów, możemy wspólnie zwiększyć konkurencyjność Polski i Europy. W Polsce wdrożono czwartą na świecie sieć LTE. Była to jednocześnie pierwsza na świecie sieć LTE1800. To pokazuje, że polskie firmy i operatorzy mają bardzo duże doświadczenie we wdrażaniu innowacyjnych rozwiązań mobilnych. Wdrożenie **Strategii** umożliwi przedsiębiorcom telekomunikacyjnym pozostanie w awangardzie światowej we wdrażaniu najnowszych technologii.

W latach 2012-2015 zaobserwowano wzrost o 654 mln PLN nakładów poniesionych na działalność badawczą i rozwojową w sektorze TIK, z czego w każdym roku ponad 90% wartości nakładów ponosiły firmy świadczące usługi TIK.²

W segmencie usług dla biznesu większość rozwiązań, które niesie ze sobą kolejna rewolucja przemysłowa (cyfrowa) to rozwiązania realizowane wyłącznie za pomocą zaawansowanych technik mobilnych. Wymienione w **Strategii** działania to najczęściej usługi opierające się na IoT, polegające na komunikacji wielu urządzeń i maszyn między sobą (tzw. Machine To Machine – dalej M2M) i przekazywaniu szeregu informacji (zbieranych za pomocą różnego rodzaju czujników). Już dziś, w krajach lepiej rozwiniętych, znajdują one zastosowania w takich gałęziach jak przemysł, energetyka, transport, czy logistyka. Ważne jest tutaj szybkie przekazywanie danych, i masowe przetwarzanie informacji w czasie niemal rzeczywistym. Za taką potrzebą próbują nadążać możliwości w postaci nowych technik, jak chociażby LTE-Advanced czy 5G. Umożliwiają one o wiele lepsze parametry transmisji i podłączenie dużej liczby urządzeń, przy jednoczesnej dużej przepływności. Bardzo szybkie sieci łączności bezprzewodowej wymagają podłączenia do nowoczesnych sieci stacjonarnych (światłowodów), które umożliwią transmisję danych o ww. przepływnościach.

Polska branża teleinformatyczna była w minionych latach jedną z najdynamiczniej rozwijających się w Europie, notując w latach 2009-2014 średni roczny wzrost na poziomie 8,64% i rosnąc przez ostatnie pięć lat o 16,72%. Polska skutecznie goni największe europejskie gospodarki, zachowując jednocześnie przewagę wynikającą z niskich kosztów pracy i wsparcia funduszy europejskich. Wyjątkowa sytuacja Polski pozwala korzystać przedsiębiorstwom i inwestorom z dużego, rozwiniętego rynku przy możliwości wykorzystania wciąż występującego ponadprzeciętnego potencjału wzrostu. Duża dynamika sektora TIK znajduje odzwierciedlenie również w wartości generowanej produkcji, która wzrosła o 20,57% na przestrzeni lat 2010-2016. Jednocześnie udział sektora TIK w PKB Polski jest wciąż relatywnie niski. Świadczy to o dużym potencjale do zagospodarowania. W Polsce sektor ten odpowiada za 6,06% PKB, podczas gdy w wybranych, wiodących krajach takich, jak: Niemcy, Czechy i Francja jest to kolejno 8,15%, 8,43%, 7,33%. Oznacza to, iż polski sektor może urosnąć o około 12 mld USD w przypadku dorównania państwom o najwyższym udziale sektora w PKB. Polska branża TIK odnotowuje także wzrost znaczenia międzynarodowego, dzięki rosnącemu eksportowi. W minionych latach wartość eksportu stabilnie rosła, osiągając w 2014 roku wartość 51,8 mld PLN. Głównym segmentem jest sprzęt telekomunikacyjny i sprzęt elektroniczny powszechnego użytku.³

W Polsce bardzo dobrze rozwijają się startupy. Według raportu „Polskie Startupy 2017”⁴ najwięcej z nich działa w takich obszarach jak big data, analityka, narzędzia deweloperskie

² <https://www.mr.gov.pl/media/32965/RaportICT.pdf>

³ <https://www.mr.gov.pl/media/32965/RaportICT.pdf>

⁴ Polskie Startupy. Raport 2017., Warszawa 2017.



i nauki przyrodnicze. Ok. 14% startupów wytwarza technologie w obszarze IoT. Według International Data Corporation, wartość inwestycji IoT w wyniosła w Polsce w 2014 roku 2 mld USD, a w 2018 wyniesie już ponad 3,7 mld, więc prawie się podwoi. Natomiast do 2020 roku wydatki na Internet Rzeczy będą oscylowały w Polsce już na poziomie 5,4 mld USD. Dodatkową szansą dla młodych firm technologicznych jest dynamiczny wzrost platform wspierających ich rozwój, takich jak inkubatory, akceleratory, fundusze, fundacje.

Według danych opublikowanych przez Główny Urząd Statystyczny za 2017 rok⁵, w Polsce 95,6% przedsiębiorstw wykorzystywało w pracy komputery, przy czym 94,6% przedsiębiorstw posiadało dostęp do Internetu (stacjonarny i mobilny). W urzędnicy przenośne (komputer, tablet, telefon) z dostępem do mobilnego Internetu (3G lub 4G) swoich pracowników wyposaża 69,6% przedsiębiorców. W 2016 r. ze stałego łącza szerokopasmowego korzystało 86,9% przedsiębiorstw, przy czym jedynie 16,4% zapewniała transmisję danych przynajmniej 30 Mb/s ale mniej niż 100 Mb/s, a jedynie 10,6% posiadało łącze przynajmniej 100 Mb/s.

W 2016 r. 6,3% przedsiębiorstw prowadziło analizy big data⁶. Dane tworzące big data mogą być pozyskiwane z różnych źródeł. W 2016 r. dane pochodzące z czujników i urządzeń inteligentnych (np. z wykorzystaniem komunikacji między urządzeniami czy maszynami, czujników cyfrowych, etykiet RFID) wykorzystywało 1,7% przedsiębiorstw. Dane geolokalizacyjne, pozyskane z urządzeń przenośnych, wykorzystywało 4,2% przedsiębiorców, a dane generowane przez media społecznościowe (np. przez serwisy społecznościowe, blogi, strony służące do wymiany informacji multimedialnych) wykorzystywało 2,1% przedsiębiorstw.⁷

Popularność całego segmentu internetowego w dużej mierze zależy od tzw. megatrendów społecznych. Zmienia się tempo i styl życia współczesnych obywateli. Częściowo jest to wynik dorastania pokolenia milenium, które wychowało się w świecie pełnym rozwiązań IT. Pokolenie to chętnie korzysta z mediów społecznościowych, jest otwarte na nowości (także techniczne) i chce być zawsze na bieżąco z tym, co dzieje się w okolicy lub u najbliższych. Następuje wymiana informacji online i natychmiast – bo liczy się tu i teraz. Dziś to informacja jest towarem najcenniejszym, jednak w świecie tak szybkiego transferu wszelkiego rodzaju informacji, jej wartość utrzymuje się bardzo krótko.

Za zmieniającymi się potrzebami ludzkimi podąża rynek urządzeń, które wyposażane są w kolejne, nowe funkcjonalności. Współczesny telefon komórkowy (smartfon) pełni m.in. funkcję dostępu do Internetu, aparatu telefonicznego, odtwarzacza MP3, kamery, mini telewizora, konsoli do gier, radia, budzika, książki adresowej, kalendarza, kalkulatora, ale coraz częściej

⁵ http://stat.gov.pl/download/gfx/portalinformacyjny/pl/defaultaktualnosci/5497/1/11/1/spoleczenstwo_informacyjne_w_polsce_wyniki_badan_statystycznych_z_lat_2013-2017.pdf

⁶ big data – dane generowane przez czynności przeprowadzane elektronicznie lub w wyniku komunikacji między urządzeniami, np. na podstawie aktywności użytkowników mediów społecznościowych, aktywności użytkowników urządzeń przenośnych, aplikacji mobilnych oraz informacji z przebiegu procesów produkcyjnych

⁷ Tamże.



też pulpitu do sterowania poszczególnymi urządzeniami w inteligentnym domu, czy kontrolera „parametrów osobistych” (np. dotyczących wysiłku fizycznego, spalonych kalorii etc.). O tym, jak ważna jest mobilność dla współczesnego obywatela, świadczyć może także zestawienie pokazujące wykorzystanie sprzętu stacjonarnego i mobilnego, na którym rysuje się wyjątkowo wysoka dynamika urządzeń typu smartfon. Co więcej, ta dynamika może być zaniżona, bo duża część użytkowników smartfonów nie ma świadomości, że z nich korzysta. Wszystkie te zjawiska są charakterystyczne dla nowego zjawiska – gospodarki opartej o dane.



Cele wdrożenia sieci 5G

Technologie cyfrowe i ich wpływ na nasze społeczeństwo i gospodarkę jest nieunikniony. Sposób w jaki będą to robić w przyszłości zależeć będzie w dużym stopniu od decyzji użytkowników, przedsiębiorstw i władz publicznych odnośnie ich wykorzystania oraz tego jak będą kształtowane ramy prawne dla tych technologii.

Strategia „5G dla Polski” to suma działań podejmowanych na różnych szczeblach administracji państwowej, samorządowej i przedsiębiorców, które mają doprowadzić do osiągnięcia celu jakim jest szybkie wdrożenie w pełnym wymiarze sieci 5G w Polsce.

Strategia Komisji na rzecz Jednolitego Rynku Cyfrowego⁸, czyli główny dokument programujący politykę Unii Europejskiej w obszarze cyfrowym podkreśla znaczenie sieci o bardzo dużej przepustowości, takich jak sieć 5G, jako kluczowego zasobu, umożliwiającego Europie skuteczną konkurencję na rynku globalnym. Szacuje się, że światowe przychody generowane przez usługi powiązane z siecią 5G powinny osiągnąć równowartość 225 miliardów EUR w 2025 roku. Inne źródła wskazują, że korzyści z wprowadzenia 5G w czterech kluczowych sektorach przemysłu (przemysł samochodowy, zdrowie, transport i energia) mogą osiągnąć 114 miliardów EUR rocznie⁹. **Komisja Europejska przyjmuje, że w pełni funkcjonalny jednolity rynek cyfrowy mógłby wnieść wkład w wysokości 415 mld EUR rocznie i przyczynić się do powstania setek tysięcy nowych miejsc pracy.**

10 maja 2016 r. Komisja Europejska, opublikowała śródkokresowy przegląd strategii Jednolitego Rynku Cyfrowego¹⁰, który stanowi po części podsumowanie dotychczasowych prac podjętych w ramach wydanej dwa lata temu strategii jak i zapowiada podjęcie kolejnych działań w sprawach dotyczących m.in. platform internetowych, gospodarki opartej na danych i bezpieczeństwa cybernetycznego. W kontekście rozwoju sieci 5G, w pierwszej kolejności oczekuje się, że z początkiem 2020 roku Państwa członkowskie podejmą szereg skoordynowanych działań, mających na celu udostępnienie pasma 700 MHz na potrzeby bezprzewodowego dostępu szerokopasmowego. Udostępnienie na poziomie europejskim zasobów pasma 700 MHz do końca 2022 roku stanowi niezbędny element budowy sieci 5G i opartych o nią nowych usług.

Symultaniczny rozwój sieci 5G na poziomie krajowym jak i europejskim będzie katalizatorem nowych inwestycji i innowacji, zwiększających możliwość wykorzystania przez społeczeństwo

⁸ Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions A Digital Single Market Strategy for Europe {SWD(2015) 100 final}.

⁹ Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions 5G for Europe: An Action Plan {SWD(2016) 306 final}.

¹⁰ Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions on the Mid-Term Review on the implementation of the Digital Single Market Strategy A Connected Digital Single Market for All {SWD(2017) 155 final}.



nowych usług komunikacyjnych. Dzięki zapewnieniu każdemu obywatelowi i każdej firmie dostępu do nowoczesnych sieci o najwyższych parametrach technicznych, zwiększona zostanie konkurencyjność naszej gospodarki. Polska jako aktywny uczestnik procesu decyzyjnego Unii Europejskiej w pełni popiera działania, zmierzające do powszechnego wdrożenia 5G jako nowego standardu łączności ruchomej, który umożliwi rozwój nowych gałęzi gospodarki i przyczyni się do powstania nowych miejsc pracy. To szczególnie ważna szansa dla startupów oraz małych i średnich przedsiębiorstw, na tworzenie nowych i lepszych produktów i usług po niższych kosztach, z wykorzystaniem mniejszej liczby zasobów.

Sieć 5G dostępna od 2020 roku umożliwi powstanie nowych innowacyjnych usług, które przekształcą takie sektory, jak produkcja, energia, przemysł samochodowy i zdrowie, wprowadzając je w erę IoT. Aby wszyscy konsumenci i przedsiębiorstwa w Europie mogli czerpać korzyści z gigabitowego społeczeństwa należy zniwelować różnice pomiędzy obszarami miejskimi i wiejskimi oraz występującymi różnicami w rozwoju cyfrowym/technologicznym w krajach UE. Stąd **Minister Cyfryzacji zakłada realizację trzech celów szczegółowych:**

- I. Przyjęcie spójnej polityki wdrożenia 5G w Polsce.**
- II. Pokrycie do 2025 roku wszystkich obszarów miejskich i głównych szlaków transportowych zasięgiem nowej sieci.**
- III. Wyznaczenie jednego dużego miasta, w którym do końca 2020 roku na zasadach komercyjnych będzie funkcjonowała sieć 5G.**

Strategia „5G dla Polski” wyznacza również za cel pokrycie siecią 5G w 2025 roku określonego minimum siatki dróg publicznych, wynikających z ustaleń procesu rzymskiego. Drogi te zostały zobrazowane na poniższej ilustracji (w Polsce obejmują następujące główne szlaki transportowe: autostrady A2 i A1, oraz całość lub część dróg ekspresowych S3, S7, S8 i S61).



Rys. 1 MAP OF CROSS-BORDER SECTIONS "Rome Process" Group.

Wybór miasta na potrzeby wdrożenia komercyjnej sieci 5G w 2020 r.

Wybierając miasto pilotażowe 5G należy zwrócić uwagę na jego **istniejący potencjał**.

- 1) Wiele miast w Polsce od kilku lat przygotowuje się do **wdrożenia usług Smart City**: przeprowadzono już niezbędne analizy rynkowe, zaprojektowano konkretne usługi, a teraz powoli wdraża się kolejne rozwiązania; pilotaż 5G w takim miejscu to możliwość wykorzystania gotowych komponentów (aplikacji), sprawdzenia ich funkcjonowania w rzeczywistym świecie, nowoczesnej technologii, bez konieczności budowy od podstaw warstwy aplikacyjno-usługowej;
- 2) Miasto do wdrożenia sieci 5G powinno umożliwiać testowanie scenariuszy Inteligentnego Transportu, w szczególności w środowisku wysoce zurbanizowanym oraz w warunkach autostradowych.
- 3) Do uruchomienia instalacji sieci 5G powinny być wybrane lokalizacje w takich miastach, w których aktualna wartość składowej elektrycznej E natężenia pola elektromagnetycznego PEM jest na poziomie zapewniającym odpowiedni zapas w stosunku do wartości dopuszczalnej 7 V/m¹¹. Zapas taki jest niezbędny, aby po uruchomieniu pilotażowej instalacji sieci 5G wartość dopuszczalna 7 V/m nie została przekroczona.

¹¹ Wartość dopuszczalna 7 V/m w zakresie częstotliwości 300 MHz do 300 GHz jest ustalona w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 30 października 2003 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów pól elektromagnetycznych w środowisku oraz sposobów sprawdzania dotrzymania tych poziomów. (Dz. U. 2003, nr 192, poz. 1883)

- 4) Miasto wybrane do wdrożenia sieci 5G powinno mieć **atrakcyjną lokalizację** – m.in. powinno być położone w okolicy ważnego węzła komunikacyjnego, autostrady, lotniska, czy też na przecięciu szlaków handlowych – elementy te pozwolą bowiem na przeprowadzenie testów w zakresie nowoczesnych rozwiązań tzw. smart transportu i logistyki
- 5) Wskazane jest, żeby w wybranym mieście istniał rozwinięty **przemysł** (np. w postaci fabryk, przedsiębiorstw produkcyjnych), przy jednocześnie silnie rozwiniętym zapleczu biznesowym (tj. umiejscowienie siedzib wielu firm, organizacji ważnych wydarzeń)
- 6) Duże znaczenie ma **gotowość miasta do przeprowadzenia sprawnego pilotażu i wdrożenia** – chodzi tu nie tylko o otwartość władarzy miasta na nowinki technologiczne, ale też o dojrzałość organizacyjną samego urzędu miasta (np. istnienie specjalnej jednostki organizacyjnej dedykowanej prowadzeniu projektów innowacyjnych), istnienie strategii rozwoju uwzględniającego rozwój technologiczny.
- 7) **Potencjał naukowy** – możliwość zaangażowania uczelni, szczególnie prowadzących badania w dziedzinie sieci 5G oraz systemów bezprzewodowych, w testy pilotażowe 5G oraz testowanie rozwiązań prototypowych.
- 8) Jest pożądane, aby w mieście funkcjonowały podmioty gospodarcze (firmy komercyjne) biorące aktywny udział, również na poziomie międzynarodowym, w rozwoju standardów i nowych technologii wykorzystywanych w sieciach 5G.

Miasto Łódź spełnia powyższe przesłanki i dlatego jest rekomendowane przez Ministra Cyfryzacji jako pierwsze miasto do pilotażu i wdrożenia sieci 5G w Polsce.

Łódź planuje uruchomienie 25 usług Smart City – już teraz w Łodzi wdrożone zostały:

- Smart building
- system naprowadzania na miejsca parkingowe
- innowacyjny system oświetlenia
- lokalne aplikacje wspierające mieszkańców
- Elektroniczny System Sterowania Ruchem, unikalny na skalę krajową
- mapa jakości powietrza w czasie rzeczywistym.

Łódź ze względu na położenie w pobliżu skrzyżowania głównych szlaków komunikacyjnych (obok dwóch autostrad A1 i A2 i drogi ekspresowej S8) stanowi jeden z największych węzłów komunikacyjnych w Polsce, wydaje się być dobrym miejscem na realizację pilotażu usług z obszaru inteligentnego transportu. Jednocześnie, wielkość sieci dróg w tym mieście umożliwi relatywnie szybkie uruchomienie instalacji pilotażowej (powierzchnia miasta poniżej 300 km²). Oznacza to, że możliwe będzie zweryfikowanie scenariuszy pilotażowych zarówno na obszarach o różnym stopniu zurbanizowania. Zakładając, że w testach i badaniach będą mogły brać udział podmioty z całego kraju, zaletą jest centralne położenie Łodzi i jej bardzo dobre skomunikowanie z większością dużych miast Polski.

Lokalizacja przy najważniejszych ciągach komunikacyjnych będzie kluczowa dla testowania i wdrażania usług autonomicznych i zautomatyzowanych samochodów, dla których łączność 5G jest podstawą egzystencji i funkcjonowania.

W Łodzi zlokalizowany jest silny ośrodek akademicki. Na terenie miasta działa Uniwersytet Łódzki (potencjał badań socjologicznych na bazie 5G), Politechnika Łódzka (technologia) i Uniwersytet Medyczny (potencjał w zakresie usług *e-health*). W Łodzi zlokalizowana jest również Łódzka Specjalna Strefa Ekonomiczna.

Inicjatywy z zakresu Smart City są również w Łodzi znacząco rozwijane. Przykładem mogą być dwa poniższe dokumenty strategiczne:

- 1) **Strategię Zintegrowanego Rozwoju Łodzi 2020+ (z 2012 r.),** która położyła fundamenty pod świadomy i ukierunkowany rozwój miasta. Strategia w swoim zamyśle miała być odpowiedzią na długookresowe wyzwania rozwojowe, ale także narzędziem planowania działań i inwestycji miejskich oraz – co istotne – narzędziem komunikacji władz miasta z mieszkańcami. Określone w strategii najważniejsze wyzwania to przede wszystkim poprawa jakości życia mieszkańców, stworzenie zrównoważonej sieci transportowej w Łodzi i aglomeracji, a także rewitalizacja przestrzeni miejskiej. Strategię oparto na trzech filarach: gospodarka i infrastruktura, kultura i społeczeństwo oraz przestrzeń i środowisko. Wizja, która przyświecała strategii to stworzenie przyjaznego, twórczego i dynamicznego miasta zrównoważonego rozwoju o warunkach do życia, pracy i inwestowania, wykorzystującego jednocześnie historyczny, infrastrukturalny i kreatywny potencjał.
- 2) **Master Plan Realizacji Programu Nowe Centrum Łodzi (z 2015 r.),** gdzie podkreślono znaczenie innowacji jako jednego z czterech filarów rozwoju miasta, a także wpisano inicjatywę: *Implementacja inteligentnych rozwiązań z zakresu "Smart City" na terenie NCŁ*. Głównym celem realizacji inicjatywy jest stworzenie inteligentnej przestrzeni na obszarze NCŁ poprzez wdrażanie szeregu innowacyjnych rozwiązań z zakresu Smart City pozwalających władzom lokalnym czuwać nad porządkiem i bezpieczeństwem mieszkańców. Ponadto, mechanizmy te są również ukierunkowane na rozwój nowoczesnej infrastruktury energetycznej, ułatwienie poruszania się po mieście, jak również zwiększenie poziomu partycypacji społecznej w podejmowaniu kluczowych dla miasta decyzji.

Rolą **Ministra Cyfryzacji i Prezesa UKE** jest oprócz wskazania rekomendowanego miasta także współpraca z operatorami w wyznaczeniu innych najwłaściwszych miast do wdrożenia sieci 5G. Operatorzy telekomunikacyjni (w ramach swoich organizacji, podmiotu, który wdrażałaby jedną sieć 5G dla wszystkich operatorów lub innych modeli biznesowych) będą musieli w celu wyboru kolejnych miast do wdrożenia sieci 5G przeprowadzić analizy ekonomiczne, instytucjonalne, inwestycyjne uwzględniając mierzalne, obiektywne kryteria, a w szczególności:

- dostępność właściwych i wolnych zasobów częstotliwości radiowych.
- aktualny poziom pola elektromagnetycznego. Wdrożenie sieci (na dużą skalę) nie odbędą się w miejscu, w którym obecny poziom PEM jest wysoki – uniemożliwi to dostawienie kolejnych nadajników.

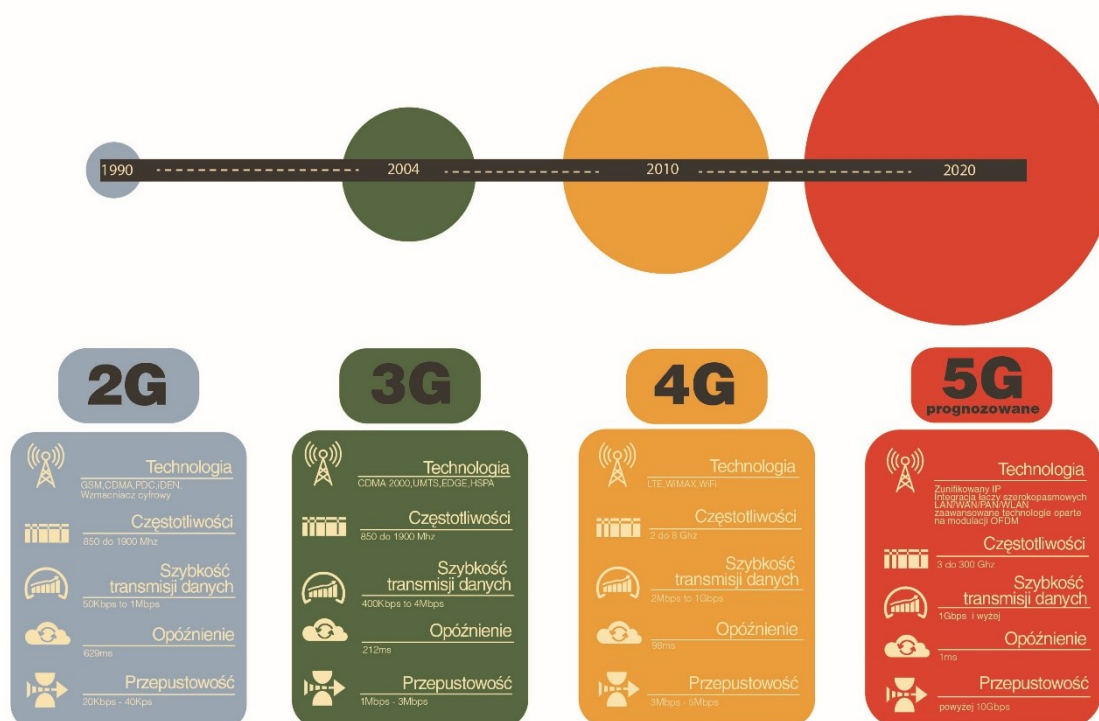
- dostępność rozwiniętej (lub mającej duży potencjał rozwoju) sieci backhaulowa opartej o światłowody i radiolinie o wysokiej przepustowości.
- wysoki poziom współpracy i zainteresowanie władz lokalnych (w szczególności w zakresie wdrażania rozwiązań inteligentnych miast opartych o sieć 5G).
- wysoki poziom popytu na usługi i produkty oparte na sieci 5G.



Sieć piątej generacji (5G).

Rozwój piątej generacji systemów bezprzewodowych, w skrócie 5G, bez wątpienia stanowi jedno z najważniejszych wyzwań współczesnej – jak najszerzej rozumianej – telekomunikacji. Systemy 5G mają oczywiście stanowić kolejny etap rozwoju standardów telekomunikacyjnych, znacznie przekraczający przewidywanymi funkcjonalnościami to, co oferuje obecnie obowiązujący standard 4G. Spodziewany zakres zmian będzie tu bardzo szeroki – migracja w kierunku systemów piątej generacji z całą pewnością nie ograniczy się jedynie do zdefiniowania nowych standardów wielodostępu, nowych algorytmów modulacji/kodowania, itp., lecz będzie wymagała zupełnie nowego spojrzenia na łączność bezprzewodową.

ROZWÓJ SIECI MOBILNYCH



Rys. 2. Rozwój sieci mobilnych. Opracowanie własne

Planowane rozwiązania 5G mają na celu zwiększenie pojemności w stosunku do obecnego standardu 4G, co pozwoli na obsługę znacznie większej liczby użytkowników łączy szerokopasmowych oraz umożliwi realizację wysoce niezawodnej, masowej komunikacji między urządzeniami. W ogólności systemy piątej generacji mają stanowić odpowiedź na zmieniające się – ale generalnie cały czas rosnące – oczekiwania użytkowników usług mobilnych w zakresie ich dostępności, jakości, przepływności i innych szeroko rozumianych parametrów jakościowych/usługowych. Z drugiej jednak strony sieci 5G będą również odzwierciedleniem zmienia-

jącego się podejścia do sieci bezprzewodowych, w których coraz większą rolę odgrywa łączność typu maszyna-maszyna (M2M), co skutkuje koniecznością obsługi ogromnych wolumenów danych i zapewnienia bardzo wysokich pojemności. Rodzi to określone wymagania odnośnie architektur sieciowych, protokołów czy infrastruktury, którym na etapie standaryzacji systemów piątej generacji trzeba będzie sprostać.

Oczekuje się, iż przyszły standard 5G ma również zapewnić niższe opóźnienia w porównaniu do urządzeń 4G i mniejsze zużycie baterii, co umożliwi pełniejszą obsługę Internetu rzeczy (IoT), czyli koncepcji, zgodnie z którą otaczające nas urządzenia połączone są ze sobą za pomocą bezprzewodowych sieci teleinformatycznych i mogą przysyłać między sobą dane. 5G znacząco ułatwi tworzenie i dostarczanie użytkownikom nowych usług mobilnych, a także umożliwi znaczące usprawnianie usług już istniejących; z tego punktu widzenia systemy piątej generacji mogą być istotnym czynnikiem stymulującym rozwój społeczeństwa cyfrowego oraz powiązanych gałęzi przemysłu i gospodarki.

Obecnie nie ma jeszcze kompletnego standardu technicznego 5G, aczkolwiek cały czas – i na forum wielu organizacji – trwają intensywne prace normalizacyjne.

Wśród najważniejszych korzyści, jakich można oczekiwać po pełnej implementacji rozwiązań 5G, wymienić należy przede wszystkim:

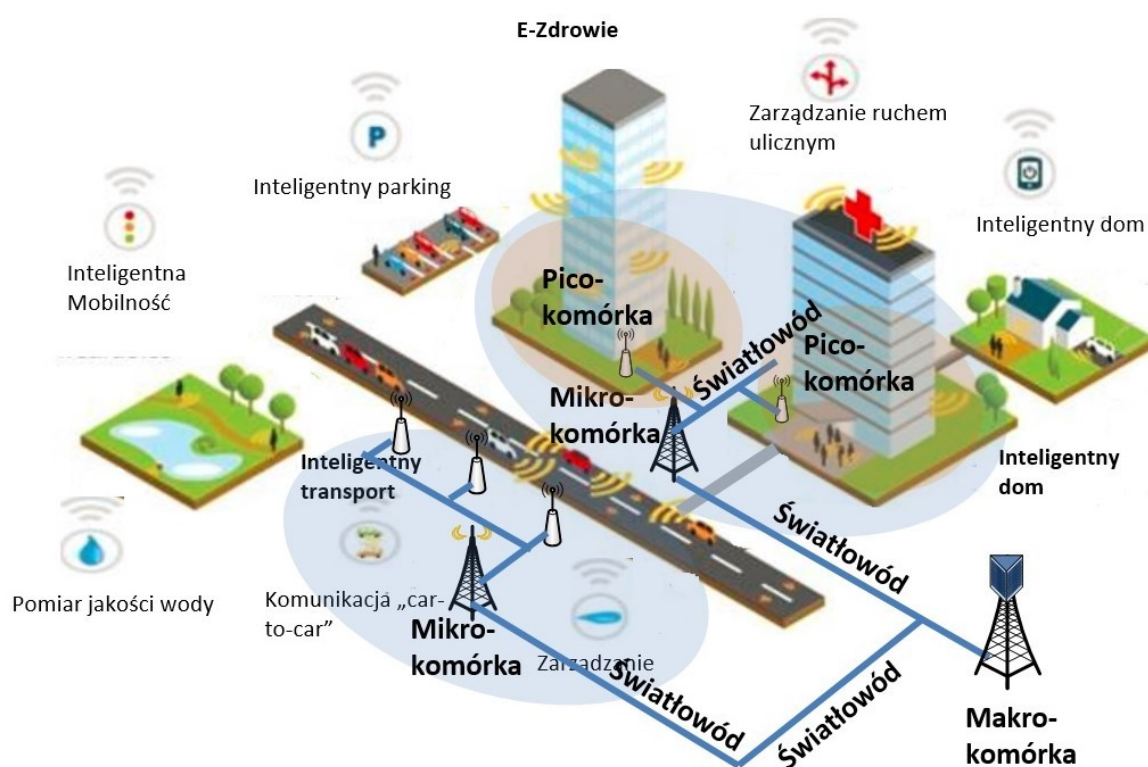
- Szybkość transmisji sięgająca 20 Gb/s w łączu w dół i 10 Gb/s w łączu w górę w przypadku wykorzystania pasma EHF (ang. Extremely High Frequency)
- Szybkość transmisji rzędu dziesiątek Mb/s przypadająca na dziesiątki tysięcy użytkowników,
- Szybkość transmisji danych rzędu 100 Mb/s dla obszarów metropolitalnych,
- Szybkość transmisji rzędu 1 Gb/s dla każdego pracownika na tym samym piętrze biura,
- Większa pojemność sieci – do 10000 razy większa niż obecnie (a w warunkach laboratoryjnych nawet 30000 razy większa),
- Nawet 1000-krotny wzrost wolumenu danych przypadających na jednostkowy obszar geograficzny, osiągający wartość docelową rzędu 10 Mb/s/m² (w przypadku hotspota w warunkach wewnątrzbudynkowych),
- Możliwość obsługi kilkuset tysięcy jednoczesnych połączeń czujników bezprzewodowych,
- Wydajność widmowa znacznie zwiększona w porównaniu z 4G (szczytowe wartości tego parametru to 30 bit/s/Hz w łączu w dół oraz 15 bit/s/Hz w łączu w górę),
- Zwiększony zasięg,
- Ulepszona efektywność sygnalizacji (signaling efficiency),
- Czas opóźnienia (latency) znacznie zmniejszony w porównaniu z LTE (nawet do 1 ms),
- Maksymalna mobilność: 500 km/h.

Poza większymi szybkościami transmisji, sieci 5G będą musiały również sprostać nowym scenariuszom zastosowań; oprócz Internetu rzeczy (urządzenia połączone za pośrednictwem Internetu) należy wymienić tu także inteligentne domy, bezpieczeństwo transportu, automatyzację przemysłu, ochronę zdrowia, czy wreszcie komunikacja w sytuacjach awaryjnych, np. w przypadku wystąpienia klęski żywiołowej. Spodziewane parametry jakościowe i ogólna specyfika rozwiązań opisywanych jako 5G sprawiają, iż mówiąc o sieciach piątej generacji, myślimy o prawdziwej rewolucji w rozwoju systemów bezprzewodowych.



Architektura i standardy sieci 5G

Sieć 5G w swoim założeniu wykorzystywać będzie wiele technik i rozwiązań, które są niezbędne dla zapewnienia funkcjonalności dotychczas nieosiągalnych w istniejących sieciach mobilnych i komórkowych. O szczegółach wielu z tych rozwiązań trudno obecnie mówić, jako że póki co nie są gotowe specyfikacje techniczne systemu 5G. Jednakże analiza obecnego stanu wiedzy pozwala na sformułowanie pewnych obserwacji i przewidywań w tym zakresie. W celu spełnienia wymagań IMT-2020¹² dla średnich i szczytowych gigabitowych szybkości transmisji danych dla szerokiej gamy użytkowników i urządzeń, a także niskiej latencji, nadajniki sieci 5G muszą być w pełni obsługiwane przez światłowody. Odnosi się to zarówno do makrokomórek (zasięg do kilku- kilkunastu km) na obszarach wiejskich i podmiejskich oraz dla mikrokomórek (zasięg do 2 km) w centrach miast. Ponadto małe komórki (pikokomórki), dla których zasięg będzie wynosił od kilkunastu do kilkudziesięciu metrów, będą wykorzystywane jako lokalne punkty dostępowe w takich miejscach jak stadiony czy przestrzeń publiczna.



Rys. 3. architektura sieci 5G wraz z możliwymi usługami. Opracowanie własne na podstawie <https://www.h2020.md/en/international-workshop-future-5g-standards-and-spectrum>

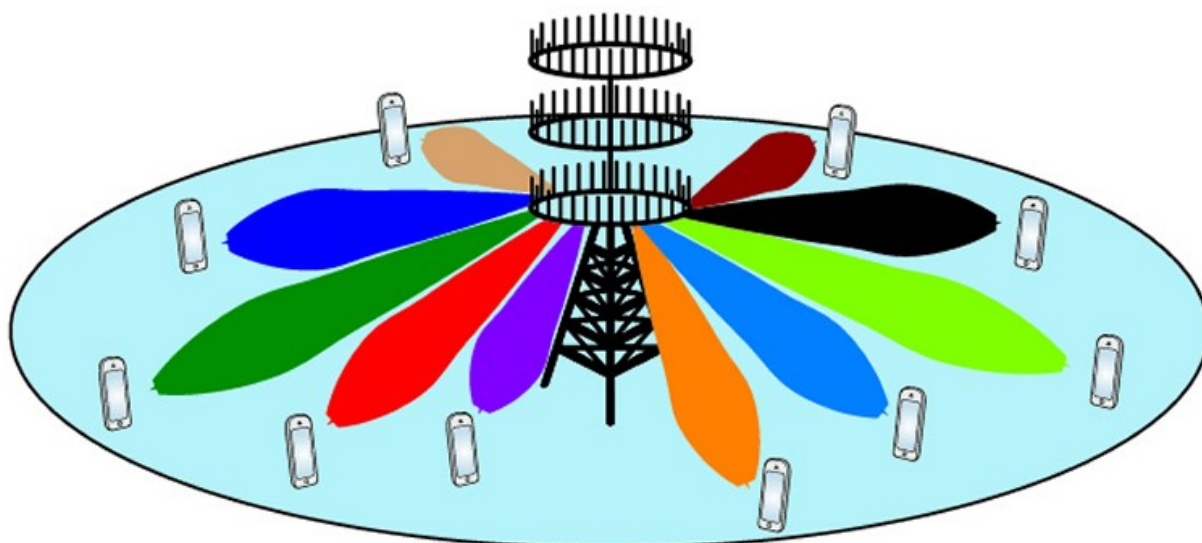
¹² Recommendation ITU-R M.2083-0. IMT Vision – Framework and overall objectives of the future development of IMT for 2020 and beyond. M Series. Mobile, radiodetermination, amateur and related satellite services, (09/2015).

Usługami (czy też scenariuszami zastosowań), które zgodnie będą miały szczególnie istotne znaczenie w kontekście sieci piątej generacji są:

- **Rozszerzony mobilny szerokopasmowy dostęp do internetu eMBB** (enhanced Mobile Broadband) - bardzo szybka transmisja danych i masowe przetwarzanie informacji w czasie niemal rzeczywistym. Wysokie szybkości transmisji (rzędu 1 Gb/s) będą osiągalne nawet przy większej liczbie użytkowników.
- **Masowa komunikacja pomiędzy maszynami mMTC** (massive Machine Type Communications), która umożliwi podłączenie blisko 100-krotnie większej liczby urządzeń niż dzisiaj przy większej przepływności, sięgającej 1 Gb/s, i minimalnych opóźnieniach. Usługa ważna m.in. z punktu widzenia implementacji i rozwoju miast inteligentnych, czy Internetu Rzeczy.
- **Ultra-niezawodna transmisja o niskich opóźnieniach URLLC** (Ultra-Reliable Low Latency Communications) – technologia, która dzięki minimalnym opóźnieniom na poziomie 1 milisekundy umożliwi połączenia w czasie rzeczywistym i wykorzystanie ich w zastosowaniach krytycznych. Potencjalne aplikacje: autonomiczne pojazdy, automatyzacja produkcji, medycyna, itp.

Dla osiągnięcia planowanych parametrów technicznych sieci 5G konieczne będzie w szczególności:

- Wykorzystanie techniki wieloantenowej MIMO (Multiple Input Multiple Output), w wariacie *massive MIMO* (rys. 3.2), tj. z dużo większą liczbą anten w porównaniu do obecnych technologii bezprzewodowych (nawet rzędu 256), dzięki czemu możliwe jest przesyłanie sygnałów na bardzo dużej częstotliwości. Massive MIMO może przełożyć się na trzykrotnie zwiększenie efektywności widmowej transmisji w porównaniu do technik wieloantenowych stosowanych w LTE. Dodatkowo przewiduje się wykorzystanie technik inteligentnego kształtowania charakterystyki/wiązki anteny (czyli tzw. beamformingu).



Rys. 4. Charakterystyka techniki wieloantenowej w wariacie massive MIMO. Źródło: www.5G.co.uk

- Wykorzystanie techniki CoMP (Coordinated Multipoint Transmission), czyli mechanizmu koordynacji transmisji, służącego do poprawienia niezawodności transmisji danych oraz zapewnienia stałej przepustowości podczas pracy systemu przy wysokim obciążeniu oraz na granicy komórek.
- Zastosowanie m.in. modulacji FQAM, która złożona jest z 4 wartościowej modulacji QAM oraz 4-wartościowej modulacji FSK. Dzięki zastosowaniu modulacji FQAM osiągalne szybkości transmisji mogą wzrosnąć o 300% w porównaniu z zastosowaniem modulacji QAM w połączeniu z technologią OFDM.
- Wykorzystanie tzw. „gęstych sieci” (z użyciem mikro-, piko- i femto-komórek), co przełoży się na znaczne zwiększenie efektywności widmowej. Ideą ma być odejście od koncepcji, wg której dominują komórki rozmiarach, na rzecz idei, w której sieci generalnie składają się z dużej liczby małych komórek.
- Wykorzystanie pełnego duplexu (full-duplex), dzięki czemu informacje mogą być przesyłane w obu kierunkach jednocześnie, bez spadku przepływności.
- Wykorzystanie różnorodnych technik wielodostępu, m.in.: OFDMA (Orthogonal Frequency-Division Multiple Access), PDMA (Pattern Division Multiple Access), MUSA (Multi-User Shared Access) oraz IDMA (Interleave Division Multiple Access). Przewiduje się wykorzystanie nieortogonalnych metod wielodostępu, w tym SCMA (Sparse Code Multiple Access) i NOMA (Non-orthogonal Multiple Access). Ortogonalność generalnie pomaga eliminować problem interferencji i zapewnia dużą pojemność, jednak za cenę złożonej sygnalizacji i większych opóźnień.
- Wykorzystanie agregacji pasma częstotliwości, co pozwala na eliminację przerw między pasmami i uzyskanie bloków widma o dużej szerokości.
- Istotnym mechanizmem wykorzystywanym w systemach 5G może być również radio kognitywne, a więc rozwiązanie, w którym transceiver jest w stanie w sposób inteligentny rozpoznawać zajętość kanałów i w wyniku tej analizy w sposób dynamiczny zajmować te zasoby, które nie są w danym momencie wykorzystywane.
- Wsparcie bezpośredniej komunikacji urządzenie-urządzenie (device-to-device D2D).
- Wykorzystanie jednoczesnego nadawania i odbioru, póki co nie realizowanego w obecnych systemach komórkowych. Potencjalna korzyść: podwojenie pojemności systemu.
- Zakłada się wykorzystanie technologii Multi-Radio Access Technology (Multi-RAT), czyli swoistej integracji sieci 5G, z innymi rozwiązaniami: Wi-Fi, 4G, 3G. Użytkownicy będą mogli automatycznie uzyskiwać połączenie z wykorzystaniem optymalnego w danym momencie interfejsu (w zależności od ich wymagań czy obciążenia sieci).

- Osiągnięcie planowanej wydajności, skalowalności oraz elastyczności systemów 5G ma zostać uzyskane poprzez zastosowanie szeregu technologii, w tym: Software Defined Networking (SDN), Network Functions Virtualization (NFV), Mobile Edge Computing (MEC), Fog Computing (FC), Cloud-RAN (C-RAN), Ultra Dense Network (UDN), oraz Self-organizing network (SON).

Rozwiązanie **Network Functions Virtualization** (NFV) umożliwia tworzenie sieci wirtualnych w sposób programowy. Rozwiązanie to wykorzystuje rozproszoną infrastrukturę chmurową (rozproszone centra danych) w celu dynamicznej instalacji takich sieci. Tworzenie sieci wirtualnych odbywa się na podstawie wcześniej przygotowanych wzorców (ang. *templates, blueprints*), które zawierają zestaw wirtualnych funkcji sieciowych, ich dane konfiguracyjne, jak również połączenia między nimi (topologię sieci).

Technika NFV jest podstawą innego rozwiązania, które jest kluczowe dla sieci 5G, a mianowicie techniki **Network Slicing** (NS). Technika ta wykorzystuje rozwiązanie NFV do budowy wielu równoległych, odizolowanych od siebie, fizycznie lub logicznie, sieci. Network Slice może być tworzony „na życzenie” w podobny sposób jak obecnie są tworzone sieci VPN, lecz w odróżnieniu od nich, może mieć znacznie bogatszą funkcjonalność (np. podział zasobów obliczeniowych). Network Slice umożliwia również tworzenie bezpiecznych (odizolowanych od innego ruchu) i odpowiednio dopasowanych rozwiązań dla klientów biznesowych, tzw. *verticals*. Mogą oni być częściowo zaangażowani w proces zarządzania ich siecią, o ile widzą w tym korzyści (np. poprzez rekonfigurację usług).

Technika **Software Defined Networking** (SDN) umożliwia bezpośrednie sterowanie przepływami danych w sposób programowy. Jest to rozwiązanie scentralizowane logicznie, w którym wydzielono płaszczyznę sterowania i płaszczyznę przekazywania danych. Wszystkie decyzje o kierowaniu ruchem danych w sieci podejmuje sterownik SDN (*SDN controller*) będący częścią płaszczyzny sterowania, który za pomocą protokołu OpenFlow steruje przełącznikami strumieni IP (*OpenFlow switches*). Cecha ta umożliwia łatwą integrację aplikacji z siecią (aplikacyjne sterowanie przepływami danych).

Powyższa lista nie jest oczywiście kompletna – ani tym bardziej zamknięta. Proces standaryzacji technicznej cały czas trwa i w miarę jego trwania niewątpliwie będą pojawiać się nowe koncepcje, algorytmy i rozwiązania, które docelowo pozwolą na realizację bardzo ambitnych celów, jakie postawiono przed sieciami 5G.

Architektura sieci radiowej 5G New Radio (NR) i techniki umożliwiające jej implementację

Nowa sieć radiowa 5G Radio Access Network (RAN) zostanie skonsolidowana z wieloma technologiami dostępu radiowego Radio Access Technology (RAT), przy czym kluczowa jest ścisła integracja z LTE w celu maksymalizacji istniejących inwestycji operatora. Z perspektywy sieci szkieletowej, New Radio (NR) i LTE to jedna radiowa sieć dostępowa (RAN), w której 5G

RAN wewnętrznie dystrybuje użytkowników i ruch przez inne techniki dostępu do zasobów radiowych (RAT). Aby uzyskać najlepsze parametry transmisji dla użytkownika końcowego, użytkownicy w pierwszej kolejności uzyskują dostęp poprzez NR, a jeśli nie jest to możliwe, wówczas poprzez LTE. Dzięki podwójnej łączności uzyskuje się płynność obsługi użytkownika przemieszczającego się między obszarami charakteryzującymi się brakiem jednej z technik RAT lub gdzie mają one nierówne pokrycie. Dodatkowo, wspierana jest interakcja z sieciami Wi-Fi, obsługującymi sporą część ruchu wewnątrzbudynkowego.

3GPP rozważa zarówno model ścisłej współpracy 5G z siecią LTE, jak i samodzielną sieć 5G. Architektura niesamodzielnego NR (*Non-standalone NR, NSA*) będzie oferowała usługi szerokopasmowego Internetu, niskie opóźnienia i wysoką niezawodność, i będzie realizowana poprzez podłączenie stacji bazowej NR do współczesnej sieci szkieletowej EPC poprzez istniejące stacje bazowe LTE (rozważane są również inne sposoby zapewnienia współpracy 4G-5G, ale ww. będzie podstawowym sposobem realizacji komercyjnej implementacji podłączenia NR do EPC). Planowana gotowość założeń standardu 3GPP dla architektury NSA przewidziana jest na grudzień 2017 r. Natomiast architektura samodzielnego NR (*Standalone NR, SA*) będzie cechowała się charakterystykami podobnymi do NSA, lecz z zapewnieniem jeszcze większej niezawodności. Zakłada ona podłączenie stacji bazowej NR bezpośrednio do sieci szkieletowej 5G (5GC), zaś planowana gotowość założeń standardu 3GPP dla SA przewidziana jest na czerwiec 2018 r.

Technikami umożliwiającymi implementację 5G NR są Cloud-RAN (C-RAN) oraz Software Defined Radio (SDR). C-RAN zakłada użycie wielu (nawet do 1200) anten *Remote Radio Head* (dalej RRH) połączonych z jednym Baseband Unit (dalej BBU) lub pulą BBU (realizowaną w oparciu o usługi chmurowe) szybkim łączem światłowodowym lub radiowym. Umieszczenie puli BBU blisko centrów danych hostujących aplikacje czy funkcje sieciowe, daje możliwość realizacji sieci o bardzo niskim parametrze opóźnienia oraz wysokiej elastyczności jeżeli chodzi o planowanie sieci, łatwość wymiany dostawcy (wzrost konkurencji) i optymalizacji zużycia energii. Urządzenie RRH jest prostą, sprzętową realizacją koncepcji SDR. Jego funkcjonalność sprowadza się do próbkowania wybranego pasma radiowego oraz przesyłania cyfrowych próbek do chmury obliczeniowej za pomocą transmisji synchronicznej. W chmurze zaimplementowane są w sposób programowy jednostki wirtualne BBU, które realizują większość funkcji podsystemu radiowego, w tym demodulację sygnału radiowego.

Obecne generacje sieci mobilnych cierpią z powodu niedostatecznych zasobów widmowych i ograniczeń pojemności, co powoduje, że z punktu widzenia niektórych użytkowników wciąż nie są one idealną alternatywą dla połączeń kablowych. Sieci 5G (i kolejne generacje) przełamują te ograniczenia, dzięki m.in. znaczącemu zmniejszeniu wielkości komórek, wykorzystaniu nowoczesnych metod i algorytmów transmisji w łączu radiowym (w tym MIMO), wykorzysta-

niu zarówno pasm licencjonowanych, jak i nielicencjonowanych w celu ograniczenia problemów z dostępnością widma i uzyskania bloków częstotliwości o szerokości nawet powyżej 1 GHz.

Standardy i ich wpływ na implementację sieci

Zanim sieć piątej generacji będzie mogła być faktycznie uruchomiona (obecnie najwcześniejsza przewidywana data to rok 2020), niezbędne jest opracowanie standardów technicznych systemu.

Mówiąc o standardach 5G, mamy na myśli szeroką gamę reguł, atrybutów i wspólnie zatwierdzonych technologii, które zdefiniują sieci 5G na całym świecie. Takie ustalenie w skali globalnej jest niezbędne w celu uniknięcia rozdrobnienia środowiska 5G.

Standardy te zapewnić mają określony poziom wydajności sieci 5G, jak również wysoki stopień zgodności między sieciami 5G zlokalizowanymi na różnych obszarach. Pozwolą one producentom układów scalonych (chipów) i smartfonów wytwarzać urządzenia odpowiednie do pracy w sieciach piątej generacji.

Harmonogram standaryzacji w odniesieniu do technologii 5G wydaje się pozostawać w ścisłej korelacji nie tylko z porządkiem ustalonym przez 3GPP, ale w szczególności z procesem IMT-2020 realizowanym przez ITU, w ramach którego można oczekiwać, że zgłoszenie 3GPP będzie obejmowało zarówno system 5G NR, jak i uzupełniające aspekty LTE. W szczególności należy zwrócić uwagę na wydanie specyfikacji 3GPP Release 15, znanej również jako „pierwsza faza 5G”, która powinna zostać zatwierdzona w drugiej połowie 2018 roku, jak i na specyfikację Release 16, powszechnie nazywaną „drugą fazą 5G”, która według oczekiwań powinna zostać opublikowana na początku 2020 r. Na ostatniej konferencji 3GPP w Lizbonie, która zakończyła się 21 grudnia 2017 roku, przedstawiciele branży telekomunikacyjnej na świecie ogłosili zakończenie prac na kluczowym dokumencie (specyfikacja 38.104) standaryzacyjnym dla systemów radiowych 5G (New Radio – NR). Dokumentacja precyzuje podstawowe wymagania techniczne, pozwalające na rozpoczęcie prac projektowych, testowych oraz wdrożeniowych dla nowych modułów radiowych NR. Prace nad dokumentacją będą kontynuowane w obszarach doprecyzowania szczegółów wykorzystania pasm częstotliwości w zakresie 24.25-52.6 GHz oraz co do wymagań dla wydajności systemów 5G NR.

Można optymistycznie zakładać, że przewidywana dostępność systemów do pierwszych wdrożeń sieciowych nastąpi na początku 2019 roku. Należy jednakże wziąć pod uwagę panujący konsensus co do tego, że nie wszystkie aspekty będą podlegać standaryzacji jednocześnie, otwierając tym samym przestrzeń dla wspomnianego LTE mającego obsługiwać specyficzne tryby działania tuż po uruchomieniu systemu 5G.

Pełna standaryzacja nie będzie konieczna do wdrożenia sieci 5G, przynajmniej w scenariuszu współpracy z istniejącymi sieciami (NSA). Stan ten wprowadzi pewne ograniczenia, jak geo-

graficzny zasięg sieci LTE wspierającej współdziałanie z technologią 5G czy brak kompatybilności pomiędzy dostawcami elementów sieci o tej samej funkcjonalności (np. stacji bazowych). Wybór takiego rozwiązania implikuje również konieczność znormalizowania zasad współpracy, architektury oraz odpowiednich procedur, jak synchronizacji na warstwie radiowej, wsparcia procedur alokacji zasobów dla transmisji danych użytkownika czy wsparcie mobilności. Warto jednak wskazać, że rozwiązanie NSA jest przewidziane jako pierwsza faza wdrożenia standardu 5G.

Z pewnością niezbędna będzie pełna standaryzacja części dostępowej w celu zachowania kompatybilności między urządzeniami (np. stacją bazową oraz terminalem) różnych producentów. Konieczność wprowadzenia ujednoliconej specyfikacji systemu jest również widoczna w przypadku scenariusza wprowadzającego poszczególne elementy systemu od różnych dostawców. Szeroko dyskutowane jest rozdzielenie w warstwie dostępowej centralnej jednostki sterującej Central Unit (CU) oraz elementu obsługującego protokoły warstwy fizycznej pracujące w czasie rzeczywistym Distributed Unit (DU). W tym wypadku protokoły oraz interfejs funkcjonalny łączące te dwa elementy muszą być spójne.



Plan wdrożenia sieci 5G w Polsce.

Wspólnym wysiłkiem Rządu, samorządów i przedsiębiorców telekomunikacyjnych podejmowane są obecnie znaczące inwestycje mające na celu poprawę dostępności infrastruktury telekomunikacyjnej w Polsce, m.in. w ramach POPC oraz w ramach Ogólnopolskiej Sieci Edukacyjnej (dalej OSE), a także poprzez inwestycje ze środków prywatnych. Organy administracji rządowej podejmują działania w zakresie stworzenia przyjaznej polityki inwestycyjnej i otoczenia prawnego, które wspierają konkurencyjny i innowacyjny rynek TIK.

Sieć 5G umożliwi innowacje i skokowy wzrost wydajności w kluczowych sektorach gospodarki. Dlatego **Minister Cyfryzacji** poprzez **Strategię „5G dla Polski”** skupia się na umożliwieniu wczesnego i efektywnego wdrożenia sieci piątej generacji i tym samym zachęca do ich wykorzystania w dostarczeniu nowych usług, aplikacji i produktów.

Minister Cyfryzacji będzie wspierać terminowe wdrożenie sieci 5G w Polsce, aby umożliwić transformację rodzimego przemysłu do poziomu „Przemysłu+” i rozwój polskiej gospodarki cyfrowej.

Narzędzia wdrożenia Strategii.

Wszystkie gałęzie gospodarki oczekują wdrożenia sieci piątej generacji. Administracja publiczna ma w tym swój udział poprzez unowocześnienie ram politycznych i regulacyjnych oraz usunięcie barier, które niepotrzebnie opóźniają wdrożenie i uruchomienie sieci 5G w Polsce.

Przejrzyste, wydajne i elastyczne ramy prawne, regulujące zagospodarowanie i dostęp do widma radiowego będą kluczowe dla wsparcia terminowego wdrożenia sieci 5G. Polska aktywnie angażuje się w międzynarodową działalność w zakresie harmonizacji widma radiowego.

Projektowanie i wdrażanie sieci piątej generacji będzie zupełnie inne niż wcześniejszych generacji technologii mobilnej. Sieci 5G wymagać będą dodatkowej infrastruktury w nowych formach, w tym mniejszych komórkach i gęściej zlokalizowanych stacjach dostępowych, w szczególności w zastosowaniu pasma wysokich częstotliwości.

Minister Cyfryzacji rozumie obawy dotyczące wpływu nowoczesnych sieci mobilnych na środowisko. Dostawcy usług telekomunikacyjnych powinni współpracować ze społecznościami lokalnymi, aby sprostać obawom dotyczącym planów wdrożenia sieci 5G, także poprzez ich publiczne konsultacje. **Minister Cyfryzacji** z kolei będzie podejmował działania informacyjno-edukacyjne mające na celu budowanie świadomości wśród obywateli na temat wpływu rozwoju technologii mobilnych na ich życie.

Planując zmiany legislacyjne **Minister Cyfryzacji** będzie dążyć do zwiększenia elastyczności przepisów, tak aby obejmowały one przyszłe technologie i modele biznesowe. W tym celu dalej będzie prowadzona współpraca na szczeblu rządowym oraz z samorządami i wszystkimi gałęziami przemysłu. Zapewni to wszechstronność niezbędną do oczekiwanego rozwoju technologii i usług 5G, a także zachęci do innowacji i pobudzi konkurencyjność.

Cyberbezpieczeństwo sieci 5G będzie kluczowym wyzwaniem, ponieważ niezawodność komunikacji będzie miała decydujące znaczenie dla dostarczania usług, szczególnie w przypadku komunikacji krytycznej. Sieci 5G będą generować coraz większą ilość danych i chociaż znacząca ich część będzie wymieniana między urządzeniami, to użytkownicy końcowi będą chcieli mieć zagwarantowaną ochronę ich danych osobowych. Zgoda użytkownika będzie obszarem rosnącej złożoności ze względu na połączenie autonomicznych systemów z osobami. Kwestie cyberbezpieczeństwa i prywatności w sieci będą ewoluowały wraz z rozwojem sieci 5G, tak aby budować zaufanie obywateli do sieci piątej generacji.

Działania legislacyjne w zakresie sieci 5G (bariery inwestycyjne)

Jeżeli chcemy dorównać innym krajom w zakresie wdrażania sieci 5G, a tym samym zapewnić Polsce odpowiednie miejsce w kolejnej rewolucji przemysłowej, to już teraz musimy się przygotować na to, co będzie się działo w najbliższych latach. W ten sposób Polska może stać się wzorem dla innych państw, analogicznie jak to było z megaustawą, która wyprzedziła unijną dyrektywę kosztową. Wymagać to będzie dużego zaangażowania sektora prywatnego oraz zrozumienia i pełnego poparcia strony rządowej i samorządowej.

Światłowód jest szczególnie ważnym elementem infrastruktury, ponieważ stanowi podstawę nie tylko stałego dostępu szerokopasmowego, ale także sieci mobilnych i WiFi. Ponieważ ruch danych w sieciach mobilnych wzrasta i oferowane są usługi szybszej transmisji, operatorzy sieci komórkowych będą coraz częściej potrzebować dostępu do wszechstronnej infrastruktury światłowodowej, aby jak najlepiej wykorzystać dostępne i cenne widmo radiowe. W tym celu zgodnie z zapisami Strategii na rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju, **Minister Cyfryzacji** będzie proponować ułatwienia realizacji inwestycji w infrastrukturę telekomunikacyjną. Dzięki temu uda się stworzyć sprzyjający i konkurencyjny klimat zachęcający firmy do opracowywania innowacyjnych usług. Jest to o tyle istotne, że zakres koniecznych inwestycji przekracza możliwości ich realizacji ze środków budżetu państwa.

Dla pełnego wykorzystania potencjału nowych technologii niezbędne są także zmiany tych przepisów obowiązującego prawa, które nie przystają do obecnych realiów i potrzeb nowoczesnej gospodarki opartej o dane i społeczeństwa. Równocześnie, biorąc pod uwagę dynamikę procesu prawodawczego, w ramach opracowywania nowych przepisów prawnych uwzględniane będą potrzeby w zakresie rozwoju nowych technik telekomunikacyjnych. Dotyczy to w szczególności kodeksu urbanistyczno-budowlanego, którego zapisy powinny

uwzględniać specyfikę inwestycji telekomunikacyjnych, wprowadzając realne ułatwienia dla budowy infrastruktury telekomunikacyjnej zarówno przewodowej jak radiowej, w tym dla wdrożenia sieci 5G.

W tym celu, realizacja **Strategii** będzie dążyć do zapewnienia inwestorom przyjaznego, stabilnego i przejrzystego otoczenia regulacyjnego. Niezależność i stabilność prawa są kluczowe dla przyciągnięcia prywatnych inwestycji niezbędnych do zapewnienia infrastruktury telekomunikacyjnej, na której opiera się realizacja części istotnych zadań przewidzianych w SOR. Z uwagi na charakter dokumentu jakim jest **Strategia** działania legislacyjne zostały podzielone jako działania Ministra Cyfryzacji i Prezesa UKE oraz postulowane działania do realizacji (we współpracy z Ministrem Cyfryzacji) przez inne właściwe resorty.

Nowoczesne technologie w polskim porządku prawnym

Krajowe przepisy prawa nie nadążają za zmianami technologicznymi. Jest to zresztą problem, z którym boryka się większość krajów rozwiniętych. Tempo rozwoju technologii prześcignęło tempo prac legislacyjnych, co jest jedną z kluczowych barier inwestycyjnych. Kolejna bariera wynika z niezrozumienia nowoczesnych technologii po stronie prawodawców oraz tych, którzy z norm prawnych korzystają. M.in. dlatego brak jest ciągle regulacji prawnych, odpowiadających nowej cyfrowej rzeczywistości w zakresie zadań instytucji publicznych m.in. w zakresie inteligentnych miast.

Działania Ministra Cyfryzacji w 2018 r. (dedykowana ustawa):

1. Wprowadzenie do polskiego porządku prawnego definicji pojęć związanych z infrastrukturą techniczną dla sieci 5G (np. mikrokomórki), inteligentnymi miastami, usługami opartymi na sieciach 5G, pojazdami autonomicznymi i mobilnością;
2. Wprowadzenie do polskiego porządku prawnego zadań dla instytucji publicznych związanych z wdrażaniem inteligentnych miast;
3. Wprowadzenie zakazu powielania infrastruktury telekomunikacyjnej przez instytucje publiczne, w szczególności jednostki samorządu terytorialnego. Taka infrastruktura z reguły jest zamknięta dla innych operatorów i przeznaczona na zadania własne instytucji publicznych, co powoduje zwiększenie liczby zamkniętych i niekompatybilnych systemów, które generują dodatkowe koszty, a przedsiębiorcy nie mogą świadczyć usług dla tych systemów;
4. Uznanie infrastruktury telekomunikacyjnej przeznaczonej dla sieci 5G jako innowacyjnej infrastruktury państwa kluczowej dla polskiej gospodarki i społeczeństwa;
5. Przegląd istniejących rozwiązań prawnych w celu zapewnienia, że są one przystosowane do potrzeb sieci 5G.

Działania Ministra Cyfryzacji do 2020 r.

1. Implementacja przepisów Europejskiego Kodeksu Łączności Elektronicznej w zakresie definicji pojęć;
2. Opracowanie i wprowadzenie warunków technicznych jakim powinna odpowiadać infrastruktura sieci 5G (w szczególności w zakresie mikrokomórek) i jej usytuowanie.

Działania Ministra Cyfryzacji do 2021 r.

1. Wprowadzenie regulacji w zakresie big data, oraz innych niezbędnych regulacji wynikających z rozwoju technologii i możliwości ich zastosowania.

Usprawnienie procesu inwestycyjnego

Zgodnie z raportem Banku Światowego „Doing Business 2017 Equal Opportunity for All”¹³ w Polsce aby uzyskać pozwolenie na budowę (np. stacji bazowej) trzeba przejść 12 procedur administracyjnych, które zajmują łącznie średnio 153 dni.

Dla infrastruktury niezbędnej dla osiągnięcia celów **Strategii** (backhaul, światłowody, stacje bazowe), proces inwestycyjny, obejmujący poza kwestiami budowlanymi także planistyczne i środowiskowe potrafi być kilkukrotnie dłuższy.

Dlatego proces inwestycyjny dla infrastruktury telekomunikacyjnej należy w maksymalnym stopniu skrócić i uprościć, co pozwoli na ograniczenie kosztów wdrożenia sieci 5G zarówno po stronie inwestorów (operatorów) jak i administracji publicznej.

Działania Ministra Cyfryzacji w 2018 r.

1. Implementacja kluczowych projektowanych przepisów Europejskiego Kodeksu Łączności Elektronicznej do polskiego porządku prawnego;
2. Wprowadzenie rozwiązań bazujących na dyrektywie Parlamentu Europejskiego i Rady 2014/61/UE z dnia 15 maja 2014 r. *w sprawie środków mających na celu zmniejszenie kosztów realizacji szybkich sieci łączności elektronicznej* w zakresie odpowiadającym sieciom mobilnym, w szczególności rozszerzenie dostępu do nieruchomości (w tym także drogi publiczne, tereny kolejowe i przestrzeń publiczną) i do innej infrastruktury technicznej;
3. Zniesienie istniejących w miejscowych planach zagospodarowania przestrzennego zakazów dla infrastruktury telekomunikacyjnej poprzez wzmocnienie przepisów art. 46 i 48 ustawy o wspieraniu rozwoju usług i sieci telekomunikacyjnych;
4. Doprecyzowanie pojęć w aktach prawnych z zakresu telekomunikacji i realizacji procesu inwestycyjnego pod kątem sieci 5G.

¹³ A World Bank Group Flagship Report. Doing Business 2017 Equal Opportunity for All, Washington DC 2017.

5. Wprowadzenie regulacji, dotyczących zapewnienia dostępu do infrastruktury komunalnej, ulicznej itp. w celu zainstalowania urządzeń radiowych małej mocy i doprowadzenie linii transmisyjnej.

Postulowane działania innych właściwych resortów we współpracy z MC w 2018 r.

1. Wprowadzenie kwalifikacji środowiskowej dla budowy i modernizacji stacji bazowych;
2. Uproszczenie i skrócenie terminów procesu administracyjnego dla budowy i modernizacji stacji bazowych oraz mikrokomórek;
3. Zniesienie zakazów i ograniczeń dla lokalizowania i użytkowania stacji bazowych i mikrokomórek na terenach parków i uzdrowisk;
4. Wzmocnienie konieczności koordynacji robót budowlanych w przestrzeni publicznej, w szczególności w drogach publicznych;
5. Usprawnienie procesu narad koordynacyjnych poprzez ich całkowitą elektronizację;
6. Obniżenie opłat za wpis do księgi wieczystej nieruchomości posiadanych praw do lokalizacji obiektu budowlanego, w szczególności sieci;
7. Nowelizacja warunków technicznych oraz przepisów techniczno-budowlanych, w szczególności dotyczących autostrad płatnych, które w obecnym brzmieniu uniemożliwiają lokalizację elementów sieci 5G, w tym także na potrzeby testów i pilotaży;
8. Uznanie, w świetle przepisów ustawy o drogach publicznych, infrastruktury telekomunikacyjnej dla sieci 5G jako urządzeń infrastruktury technicznej związanej z potrzebami zarządzania drogami lub potrzebami ruchu drogowego;
9. Obniżenie opłat za zajęcie pasa drogowego samorządowych dróg publicznych do poziomu przyjętych dla dróg krajowych, jako zachęta inwestycyjna, pobudzająca rozwój sieci światłowodowych niezbędnych dla funkcjonowania sieci 5G;
10. Zapewnienie zgodności projektowanego kodeksu urbanistyczno-budowlanego ze Strategią;
11. Zapewnienie zgodności ze Strategią projektowanej ustawy o zmianie niektórych ustaw w związku z uproszczeniem realizacji inwestycji, służących bezpieczeństwu i obronności Państwa.

Działania Ministra Cyfryzacji do 2020 r.

1. Pełna implementacja przepisów unijnych w zakresie infrastruktury telekomunikacyjnej, w szczególności Europejskiego Kodeksu Łączności Elektronicznej.

Działania Ministra Cyfryzacji do 2021 r.

1. Wdrożenie rekomendacji wynikających z przeprowadzonych testów i pilotaży sieci 5G.
2. Implementacja innych przepisów unijnych w zakresie sieci 5G.

Widmo radiowe

W związku ze zmianami Regulaminu Radiokomunikacyjnego, wynikającymi z konkluzji WRC-15 konieczna stała się nowelizacja rozporządzenia Rady Ministrów w sprawie Krajowej Tablicy Przeznaczeń Częstotliwości (rozporządzenie w sprawie KTPCz), które określa dolne i górne zakresy częstotliwości, ich przeznaczenie dla poszczególnych służb radiokomunikacyjnych oraz wskazuje rodzaj użytkowników mogących wykonywać daną służbę radiokomunikacyjną. Najważniejsze zmiany objęły:

- umożliwienie zmiany przeznaczenia pasma 694-790 MHz (tzw. pasmo 700 MHz) na rzecz międzynarodowych systemów łączności ruchomej (International Mobile Telecommunications – IMT) (poprzez dodanie w tym zakresie służby ruchomej na zasadzie pierwszej ważności);
- przeznaczenie zakresów 1429-1452 MHz i 1492-1518 MHz dla IMT;
- przyznanie dodatkowego pasma służbie radiokomunikacyjnej amatorskiej;
- rozszerzenie pasma dostępnego dla służb satelitarnych (m.in. dla systemów nawigacyjnych i morskiej komunikacji satelitarnej nowej generacji VDES);
- zwiększoną ochronę dla radia cyfrowego;
- udostępniono na potrzeby IMT zasób 2 x 1 GHz w zakresach 73–74 GHz i 83–84 GHz.

Dodatkowo należy wskazać, że w związku z wprowadzonymi przez Ministerstwo Cyfryzacji zmianami do ustawy Prawo Telekomunikacyjne przedsiębiorcy, którzy będą chcieli czasowo używać urządzenia radiowego nadawczego lub nadawczo-odbiorczego w celu przeprowadzenia badań, testów lub eksperymentów, związanych z wprowadzaniem nowych technologii, od 1 stycznia 2018 roku będą zwolnieni z obowiązku wnoszenia opłat za prawo do dysponowania częstotliwością.

Działania Ministra Cyfryzacji w 2018 r.

1. Nowelizacja przepisów prawa w celu zwiększenia efektywności gospodarowania widmem radiowym, usprawnienie sposobu rozdysponowania widma radiowego w drodze aukcji i przetargu i zapewnienia wzrostu zainteresowania wdrażaniem na rynku telekomunikacyjnym nowych technologii.
2. Nowelizacja przepisów w zakresie dopuszczenia używania urządzeń radiowych bez pełnej procedury oceny zgodności w uzasadnionych przypadkach prowadzonych testów i pilotaży.

Działania Ministra Cyfryzacji i Prezesa UKE do 2020 r.

1. Kontynuacja prac związanych ze zwolnieniem pasma 700 MHz na potrzeby służby ruchomej.
2. Przygotowanie i przeprowadzenie procesu selekcyjnego oraz dystrybucja częstotliwości zwolnionych pasm.

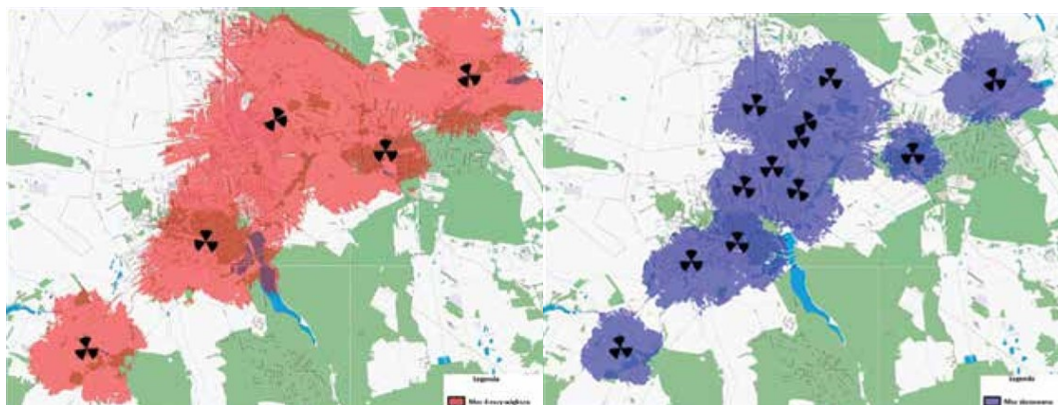
Działania Ministra Cyfryzacji i Prezesa UKE do 2021 r.

1. Prace nad zwolnieniem i dystrybucją nowych zasobów na potrzeby sieci 5G, zidentyfikowanych i zharmonizowanych w ramach prac Światowej Konferencji radiokomunikacyjnej 2019 (WRC-19).

Pole elektromagnetyczne

Regulacje w zakresie oddziaływania pola elektromagnetycznego są kluczowe dla planowania i użytkowania sieci mobilnych. W szczególności dotyczy to ustanowionych dopuszczalnych limitów pola elektromagnetycznego w środowisku. Zgodnie z ustawą z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska ochrona przed polami elektromagnetycznymi ma zapewnić najlepszy możliwy stan ochrony środowiska, utrzymując poziomy pól elektromagnetycznych poniżej dopuszczalnych lub co najmniej na tych poziomach i zmniejszając poziomy pól elektromagnetycznych do co najmniej dopuszczalnego, gdy poziomy te są nie spełnione. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 30 października 2003 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów pól elektromagnetycznych w środowisku oraz sposoby monitorowania zgodności z tymi poziomami dla zakresu częstotliwości pola elektromagnetycznego między 300 MHz a 300 GHz określa limit pola elektrycznego na poziomie 7 V/m, a gęstość mocy na poziomie 0,1 W/m² (podczas gdy w Zaleceniu 1999/519/EC, zgodnym z opinią International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection dopuszczalny poziom sięga 10 W/m²).

Obecnie najtrudniejszą sytuację ze względu na rygorystyczne limity narażenia na promieniowanie elektromagnetyczne mają operatorzy telefonii komórkowej w dużych miastach, gdzie w świetle rozwoju technologicznego i wykorzystania dodatkowych zakresów częstotliwości limit ekspozycji na pole elektromagnetyczne w miejscach dostępnych dla ludności nie pozwala na uruchomienie dodatkowych urządzeń radiowych pracujących w jednym miejscu. Na przykład, kiedy stacja bazowa wyposażona w sprzęt działający w zakresie 2100 MHz spełnia ograniczenia, dodanie urządzeń pracujących w zakresie pasma 1800 MHz dla 4G/LTE jest istotnie utrudnione w obecnych ramach regulacyjnych. Wynika to także z regulacji, dotyczących dopuszczenia instalacji do użytkowania, gdzie pomiary i estymacje pola elektromagnetycznego wykonuje się dla instalacji pracującej z pełną możliwą mocą, co w praktyce nie występuje (urządzenia radiokomunikacyjne pracują zwykle w zakresie 60-70% swojej maksymalnej mocy, ale dysponują odpowiednią mocą na wypadek teoretycznego 100% obciążenia, do którego nie dochodzi w praktyce). Dodatkowo ograniczenia w zakresie limitów pola elektromagnetycznego powodują zwiększoną liczbę instalacji niezbędnych do pokrycia zasięgiem sieci danego obszaru.



Rys.5. Wpływ limitów pola elektromagnetycznego na ilość stacji bazowych.¹⁴

Powyższa ilustracja obrazuje sytuację, w której ustanowienie limitu pola elektromagnetycznego na rozsądnym poziomie powoduje znaczne zmniejszenie liczby stacji bazowych (w tym systemów antenowych). Obecny bardzo niski limit emisji pola elektromagnetycznego zmusza operatorów do budowy sieci w sposób nieoptymalizowany, co powoduje wzrost nakładów inwestycyjnych. Zmniejsza to możliwości rozwoju, aby osiągnąć jak najszerszy zasięg nowoczesnych usług, wspierając w ten sposób cele agendy cyfrowej. Aby zachować zgodność z wymaganiami dotyczącymi pól elektromagnetycznych, operatorzy zmuszeni są do powielania infrastruktury, co doprowadza do znacznego zanieczyszczenia środowiska poprzez zwiększone wykorzystanie materiałów budowlanych i energii do zasilania większej liczby stacji. Polska w tym względzie powinna podążać za obecnymi trendami, polegającymi na dzieleniu się infrastrukturą i aktywnymi zasobami.

Działania Ministra Cyfryzacji w 2018 r.

1. Wzmocnienie uprawnień kontrolnych i monitoringu z zakresu oddziaływania pola elektromagnetycznego w środowisku.

Postulowane działania innych właściwych resortów we współpracy z MC w 2018 r.

1. Właściwe dopasowanie dopuszczalnych limitów pola elektromagnetycznego w środowisku do wymagań nowoczesnych sieci łączności ruchomej.
2. Elektronizacja procesu zgłoszeń instalacji, emitujących pole elektromagnetyczne do środowiska, przedkładanych organom ochrony środowiska.
3. Zastąpienie papierowych sprawozdań z pomiarów pola elektromagnetycznego ich wersjami cyfrowymi.
4. Doprecyzowanie pojęć zawartych w ustawie Prawo ochrony środowiska pod kątem sieci 5G.

Postulowane działania innych właściwych resortów we współpracy z MC do 2020 r.

1. Nowelizacja przepisów wykonawczych, dotyczących pomiarów pola elektromagnetycznego w środowisku, w zakresie odpowiadającym specyfice sieci 5G.

¹⁴ Arbitrary Radio Frequency exposure limits: Impact on 4G network deployment Case Studies Brussels, Italy, Lithuania, Paris and Poland, GSMA.

Działania Ministra Cyfryzacji do 2021 r.

1. Przygotowanie ram prawnych dla stałego monitoringu pola elektromagnetycznego pochodzącego z instalacji telekomunikacyjnych w największych miastach w kraju, a także systemu informatycznego do stałego i bieżącego podglądu emisji pola elektromagnetycznego w wybranych lokalizacjach za pomocą usługi internetowej.

Bezpieczeństwo sieci 5G

Kompleksowe podejście w zakresie bezpieczeństwa sieci jest niezbędne z uwagi na konieczność zapewnienia wysokiego poziomu niezawodności, dostępności, integralności i poufności w sieciach 5G nie tylko na poziomie zapewnienia usług sieciowych ale także w warstwach wyższych związanych ze świadczeniem konkretnych usług.

Działania Ministra Cyfryzacji do 2019 r.

1. Prace nad ewentualnymi zmianami w prawie telekomunikacyjnym, uwzględniające takie zagadnienia, jak podział odpowiedzialności między operatorów usług telekomunikacyjnych, dostawców wirtualnych prywatnych sieci 5G, usług chmurowych, dostawców usług wertykalnych oraz użytkownika końcowego za bezpieczeństwo jak i jego naruszenia.
2. Przegląd aktualnie obowiązujących aktów prawnych pod kątem usuwania możliwych barier (np. prawo energetyczne, ustawy o partnerstwie publiczno – prywatnym, regulacje związane z włączeniami jawności np. o działalności leczniczej, prawo bankowe, mogące mieć wpływ na zakres i ograniczenia realizowanych w sieciach 5G usług jak ich bezpieczeństwo czy przetwarzanych danych).

Widmo radiowe dla sieci 5G

W ramach prac Sektora Radiokomunikacji ITU (ITU-R) trwają badania nad potencjalnym wykorzystaniem na potrzeby sieci 5G fal milimetrowych, tj. pasm częstotliwości powyżej 24 GHz. Prace te zakończą się podczas WRC-19, gdzie zgodnie z punktem 1.13 Agendy konferencji oczekuje się, że pasma te finalnie zostaną wybrane, a następnie wpisane do Regulaminu Radiokomunikacyjnego z przeznaczeniem na usługi mobilne. Poza pasmami ujętymi w Rezolucji 238 ITU-R (WRC-15)¹⁵ Europejska Konferencja Administracji Poczty i Telekomunikacji (CEPT) aktualnie nie rozważa dodatkowych pasm kandydackich, jednakże proponuje rozważyć podział zakresu 66-76 GHz na dwa podzakresy: 66-71 GHz i 71-76 GHz. Zakres 66-71 GHz

¹⁵ Resolution No 238 (WRC-15). Studies on frequency-related matters for International Mobile Telecommunications identification including possible additional allocations to the mobile services on a primary basis in portion(s) of the frequency range between 24.25 and 86 GHz for the future development of International Mobile Telecommunications for 2020 and beyond.

jest praktycznie w wielu krajach niewykorzystywany. ITU-R w swoich badaniach przyjęło, że zakres ten może być wykorzystywany przez systemy MGWS (*ang. Multiple Gigabit Wireless Systems*). Sąsiaduje on z zakresem 57-66 GHz, który w wielu krajach został udostępniony na zasadach bezlicencyjnych właśnie dla systemów MGWS. Oznacza to, że urządzenia 5G mogą potencjalnie być dostępne w tym paśmie stosunkowo wcześniej.

Na poziomie europejskim **Strategia „5G dla Polski”** uwzględnia stanowisko Grupy ds. Polityki Widma Radiowego (RSPG), która w swojej opinii, dotyczącej sieci 5G zidentyfikowała następujące pasma do wykorzystania priorytetowo przez sieci piątej generacji: **700 MHz; 3,4-3,8 GHz i 26 GHz** jako tzw. pasmo "pionierskie"¹⁶. Poza wymienionymi trzema pasmami, RSPG wyróżniło także pasma 32 GHz (31,8 - 33,4 GHz) i 42 GHz (40,5 - 43,5 GHz) jako obiecujące i realne dla rozwoju sieci 5G.

Plan wykorzystania określonych zasobów widma radiowego na potrzeby sieci 5G w Polsce odwołuje się więc do ustalonych na poziomie międzynarodowym i europejskim pasm częstotliwości i uwzględnia m.in. aktualne, krajowe wykorzystanie wskazanych pasm, kierunki międzynarodowej polityki wykorzystania określonych zasobów widma radiowego w celu stworzenia efektu skali, stanowisk dostawców sprzętu, determinujących możliwą funkcjonalność urządzeń we wskazanych zakresach częstotliwości.

Minister Cyfryzacji na obecnym etapie nie będzie rozstrzygać czy koncepcja budowy sieci 5G w Polsce ma polegać na budowie kilku niezależnych sieci (np. każdego z operatorów) czy jako jednej sieci udostępnianej na zasadzie usługi „as-a-service”, lub też innych modeli współdzielenia (np. RAN Sharing). Będzie to wymagać dalszych prac i konsultacji.

Przeznaczenie określonych zakresów częstotliwości widma radiowego

W systemie 5. generacji sieci mobilnych, zakłada się użycie 3 zakresów częstotliwości:

- **Pasmo niskie** – *Low Frequency (LF)* - (<1 GHz),
- **Pasmo średnie** – *Medium Frequency (MF)* - (3-5 GHz),
- **Pasmo wysokie** – *High Frequency (HF)* - (>26 GHz).

W ramach prac prowadzonych przez grupę roboczą WP 5D ITU, określono scenariusze użycia, które można zaklasyfikować do 3 kategorii:

- **eMBB** (enhanced Mobile BroadBand) – zwiększone przepływności związane z dostępem do Internetu,

¹⁶ Radio Spectrum Policy Group Strategic Roadmap towards 5G for Europe. Opinion on spectrum related aspects for next-generation wireless systems (5G).

- **mMTC** (massive Machine Type Communication) – zastosowanie na masową skalę IoT i komunikacji **M2M** (machine to machine) oraz
- **cMTC/URLLC** (critical MTC/Ultra Reliable Low Latency Communication – komunikacja o zwiększonej niezawodności i niskim opóźnieniu do krytycznych zastosowań w łączności z maszynami.

O tym, które usługi mogą być użyte w danych zasobach częstotliwościowych decyduje charakterystyka danych pasm, uwzględniająca w szczególności: propagację radiową, pojemność zasobów widmowych, możliwość użycia technologii formowania charakterystyki antenowej (Beam Forming) oraz nadawania i odbioru zbiorczego dla dużej liczby jednoczesnych użytkowników (mMIMO - massive MIMO).

Pasmo niskie (LF) – umożliwia dobrą propagację jak i penetrację sygnału poprzez materiały tłumiące, a przez to może być użyte do budowy warstwy pokryciowej dla usług typu mMTC. Dodatkowo, ponieważ aspekty związane z zapewnieniem URLLC są realizowane w obszarach architektury i warstw logicznych, zakłada się, że tego typu komunikacja może być realizowana także w tym paśmie, o ile użyta zostanie warstwa mikrokomórkowa (wymóg ograniczonej ilości użytkowników) oraz, że w konkretnym zastosowaniu nie jest wymagana duża przepustowość łącza. Pasmo niskie z racji braku możliwości zastosowania mMIMO¹⁷, które pozwoliłoby na zwiększenie pojemności komórki, nie pozwoli na spełnienie założeń związanych z usługami eMBB. Usługi tego typu tylko częściowo mogłyby być realizowane jeżeli całe zasoby np. w paśmie 700MHz (2x30MHz UL/DL) byłyby dostępne dla użytkownika (przepływność do 225MHz w peaku), co wiąże się z budową jednej sieci dostępowej współdzielonej przez wielu operatorów.

Pasmo średnie (MF) – umożliwia zastosowanie massive MIMO a jednocześnie jest kompromisem pomiędzy propagacją a pojemnością, wynikającą z zasobów widmowych. Pasmo to posłużyłoby do budowy warstwy pokryciowej dla usług typu eMBB realizowanych w wersji outdoor i jedynie w obszarach gęstej populacji np. kilkanaście największych miast (z wyłączeniem szlaków komunikacyjnych je łączących). Pasmo to może także być użyte do implementacji usług cMTC/URLLC i to w zastosowaniach, wymagających przesyłania dużych ilości danych np. obrazu wysokiej rozdzielczości.

Pasmo wysokie (HF) – ograniczone co do obszaru użycia, zwłaszcza z racji spełnienia wymogów stawianych także na łącze w górę (UL). Może być użyte jedynie do hot spotów eMBB i pikokomórkowych zastosowań cMTC/URLLC.

W ramach 3rd Generation Partnership Project (3GPP) tj. wspólnego projektu kilku organizacji standaryzacyjnych, mającego na celu rozwój systemów telefonii komórkowej trzeciej generacji, opracowywane są aspekty techniczne warstwy fizycznej dla komunikacji komórkowej 5G

¹⁷ Wynika to z nierealizowalnie dużego rozmiaru anteny np. 64x64 elementy, a stąd braku możliwości formowania wiązki w strefie bliskiej anteny, która w takim przypadku rozciągałaby się na odległość kilkuset metrów.



(akronim NR – New Radio). Potencjalne koncepcje zostały udokumentowane w raporcie technicznym 3GPP TR 38.802 (Release 14)¹⁸. Należy jednak mieć na uwadze fakt, iż prace nad specyfikacją sieci 5G nie zostały jeszcze zakończone i finalnie zostaną opublikowane w kolejnym dokumencie dedykowanym sieciom piątej generacji tj. Release 15¹⁹. Na obecnym etapie należy więc zakładać, że sieci 5G będą opierać się na innych przedziałach kanałowych jakie obecnie znajdują zastosowanie w sieci 4G. Biorąc pod uwagę różnorodność spodziewanych zasobów częstotliwościowych i konieczność dopasowania kanału do realizacji specyficznych usług lub ich realizacji w specyficznej lokalizacji można spodziewać się jednak dużej rozpiętości w wyborze szerokości kanału. Na potrzeby Strategii 5G dla Polski proponuje się następujące wartości:

- **Dla pasm niskich (LF)** - (<1GHz) - kanały o szerokości rzędu 5 MHz
- **Dla pasm średnich (MF)** – (3-5 GHz) – kanały o szerokości rzędu 10 MHz i więcej
- **Dla pasm wysokich (HF)** – (>26 GHz) - kanały o szerokości rzędu 50, 100 MHz i więcej

Realizacja odpowiednich usług w ramach pojedynczego lub połączonych bloków, realizowana będzie dzięki opracowaniu w ramach standardów 5G elastycznego sposobu numeracji zasobów radiowych zarówno w dziedzinie częstotliwości jak i czasu. Należy jednak zaznaczyć, że wszystkie szczegóły dotyczące szerokości kanału będą określone w specyfikacji 3GPP Release 15, tak więc można zakładać, że wskazane wyżej wartości mogą w przyszłości ulec zmianie.

Ogólna charakterystyka warstwy fizycznej

Warstwa fizyczna 5G ma elastyczną i skalowalną konstrukcję, która wspiera różnorodne przypadki użycia oraz szeroki zakres dedykowanych częstotliwości i opcji wdrażania. Kluczowymi składnikami warstwy fizycznej 5G są²⁰:

- **schematy modulacji** – aktualnie LTE obsługuje formaty modulacji QPSK, 16QAM, 64QAM i 256QAM, a wszystkie z nich będą również obsługiwane przez 5G. Ponieważ 5G będzie obejmować szeroki zakres przypadków użycia, prawdopodobne jest, że zestaw obsługiwanych schematów modulacji może się rozszerzyć. Na przykład, 1024QAM może stać się częścią specyfikacji 5G, ponieważ stały punkt dosyłowy już używa protokołów modulacji wyższych niż 256QAM.
- **kształt fali** - 3GPP przyjęło rozwiązanie opierające się na cyklicznym prefixie OFDM (Cyclic Prefix - Orthogonal Frequency-Division Multiplexing) ze skalowalnym układem

¹⁸ 3rd Generation Partnership Project. Technical Specification Group Radio Access Network. Study on New Radio Access Technology. Physical Layer Aspects, (Release 14).

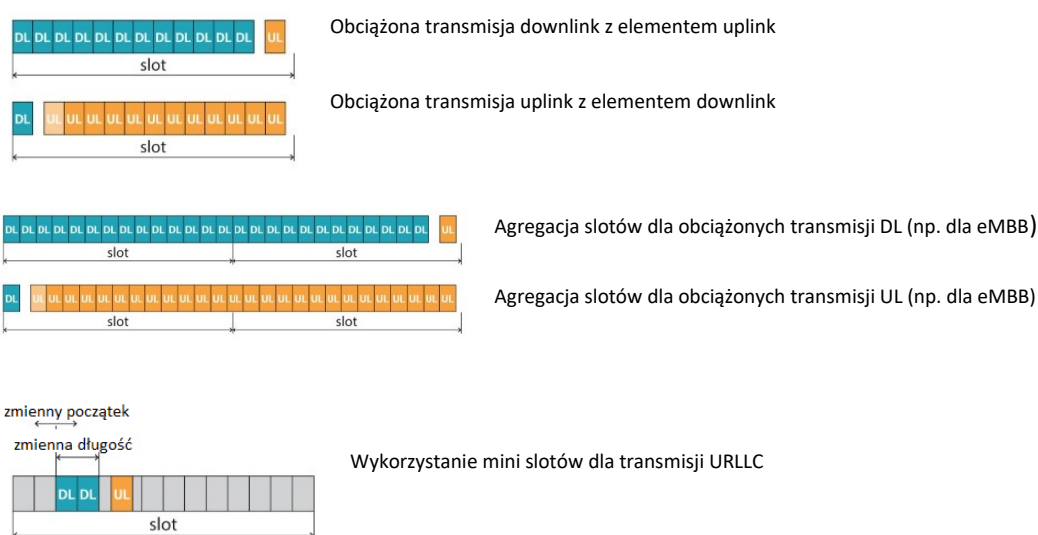
¹⁹ <http://www.3gpp.org/release-15>

²⁰ Ericsson Technology Review. 5G New Radio: Designing for the Future, June 27 2017.



numerycznym dla UL i DL do co najmniej 52,6 GHz. Ten sam kształt fali w obu kierunkach upraszcza ogólną konstrukcję, szczególnie w odniesieniu do bezprzewodowego backhaulingu i komunikacji pomiędzy urządzeniami (Device to Device). Skalowalna układ numeryczny OFDM jest niezbędny dla zapewnienia różnorodnych usług, wykorzystujących szeroki wachlarz dostępnych częstotliwości. Zoptymalizowany układ numeryczny ma fundamentalne znaczenie w projektowaniu systemu, ponieważ zapewnia efektywne wykorzystanie zasobów radiowych, przy jednoczesnym spełnieniu wymagań projektowych. Pod tym względem projekt układu numerycznego zależy od częstotliwości nośnej, a także od charakterystyki propagacji środowiska, w którym system ma działać.

- **struktura ramki** – 5G umożliwi obsługę transmisji TDD i FDD oraz działanie zarówno w licencjonowanych jak i nalicencjonowanych zakresach częstotliwości widma radiowego. Ponadto zapewnia niskie opóźnienia, szybki zwrot informacji w ramach protokołu HARQ, koegzystencję z sieciami LTE oraz transmisje o zmiennej długości (np. krótka dla URLLC i długa dla eMBB). Przykłady zastosowań:



- **sygnały referencyjne** – 5G ma konstrukcję, minimalizującą ciągłe transmisje w celu zwiększenia efektywności energetycznej sieci i zapewnienia kompatybilności w przód. W przeciwieństwie do LTE, sygnały referencyjne w 5G transmitowane będą tylko wtedy, gdy jest to konieczne. Cztery główne sygnały referencyjne to sygnał demodulacji (Demodulation Reference Signal), sygnał referencyjny śledzenia fazy (Phase-Tracking Reference Signal), referencyjny sygnał testowy (Sounding Reference Signal) i sygnał referencyjny informacji o stanie kanału (Channel-State Information Reference Signal).
- **transmisja z wieloma antenami** – 5G będzie wykorzystywało różne rozwiązania i techniki antenowe w zależności od tego, która część widma będzie wykorzystywana

do działania sieci. W przypadku niskich częstotliwości (LF) przyjmuje się małą liczbę aktywnych anten - do ok. 32 łańcuchów nadawczych. W przypadku wyższych częstotliwości (MF i HF) przewiduje się stosowanie większej liczby anten, co zwiększy możliwości formowania wiązki i Multi User-MIMO.

- **kodowanie kanałów** – 5G będzie stosowało kodowanie oparte o kontrolę parzystości o niskiej gęstości (low-density parity-check - LDPC) dla kanału danych i kodowanie biegunowe dla kanału kontrolnego. Kodowanie LDPC umożliwia transmisję przy niższych współczynnikach kodowania lub generowanie dodatkowych bitów parzystości, używanych np. do operacji HARQ przy użyciu przyrostowej redundancji podobnej do LTE. Ponieważ macierz kontroli parzystości dla wyższych współczynników kodowania jest mniejsza, opóźnienia dekodowania i złożoność maleją dla wysokich współczynników kodowania.

Działania Ministra Cyfryzacji i Prezesa UKE w 2018 r.

1. Przygotowanie i przyjęcie tzw. mapy drogowej zmiany przeznaczenia pasma 700 MHz
2. Przygotowanie technicznego planu migracji nadawców do pasma zakresów 470 – 694 MHz.
3. W miarę możliwości: udostępnienie do testów fragmentów pasm podstawowych tj.: 700 MHz, 3,4-3,8 GHz, i 26 GHz.²¹Wyznaczenie obszarów geograficznych, w których możliwe jest prowadzenie takich testów, jak również konkretnych zakresów częstotliwości – w związku z aktualnym wykorzystywaniem przynajmniej jednego spośród wspomnianych powyżej 3 pasm, zakresy te mogą być różne w zależności od obszaru.
4. Zmiana planu zagospodarowania częstotliwości 3,4-3,6 GHz.
5. Wypracowanie możliwości połączenia pasm 3,4-3,8 GHz i 3,8 – 4,2 GHz w jeden blok o łącznym zasobie 800 MHz.
6. Wypracowanie możliwości udostępnienia szerokich bloków częstotliwości w paśmie 24,25-27,5 GHz.

Działania Ministra Cyfryzacji i Prezesa UKE do 2020 r.

1. Zakończenie koordynacji transgranicznych z państwami spoza UE (tj. Ukrainą, Białorusią i Rosją) w związku ze zmianą przeznaczenia pasma 700 MHz.
2. Kontynuacja prac krajowych związanych ze zwolnieniem pasma 700 MHz na potrzeby służby ruchomej.
3. Zmiana planu zagospodarowania zakresów częstotliwości pasma 700 MHz (694-790 MHz).
4. Prace nad refarmingiem pasm 3,4-3,6 GHz i 3,6-3,8 GHz.

²¹ Należy przy tym zaznaczyć, że obecnie część podmiotów posiada już pozwolenia na wykorzystanie określonych zakresów częstotliwości np. 3,4-3,8 GHz, a wszystkie decyzje na użytkowanie są neutralne technologicznie, co oznacza, że przy publikacji standardów sieci 5G już dziś teoretycznie możliwe byłoby uruchomienie sieci piątej generacji przez część podmiotów.



5. Przygotowanie i przeprowadzenie procesu selekcyjnego oraz dystrybucja częstotliwości zwolnionych pasm.

Działania Ministra Cyfryzacji i Prezesa UKE do 2021 r.

1. Prace nad zwolnieniem i dystrybucją nowych zasobów na potrzeby sieci 5G, zidentyfikowanych i zharmonizowanych w ramach prac Światowej Konferencji radiokomunikacyjnej 2019 (WRC-19).
2. Udostępnienie na wniosek zainteresowanych pomiotów na potrzeby testów innych zakresów częstotliwości niż pasma podstawowe oraz pasm, które będą analizowane podczas WRC-19, w tym np. 1427-1518 MHz (tzw. pasmo L), 2350-2400 MHz czy 3,8-4,2 GHz.

Bezpieczeństwo sieci 5G

Sieci 5G w swoim założeniu mają zapewniać bezpieczną platformę komunikacyjną dla nowych zastosowań wymagających wymiany licznych informacji między wieloma ekosystemami istotnymi dla funkcjonowania zarówno jednostki jak i grup społecznych, wręcz coraz częściej się stwierdza, że sieci 5G staną się spoiwem globalnego nowoczesnego e-społeczeństwa. Dlatego też bezpieczeństwo ma wieloraki wymiar i dotyczy, zarówno aspektów technologicznych zapewnienia bezpiecznego połączenia, jak i środków technicznych i organizacyjnych budowy wielowarstwowych architektur bezpieczeństwa dla nowych modeli usług w szczególności związanych z mobilnością.

W warstwie sieciowej należy wskazać źródła wyzwań i ryzyk, znane już z funkcjonujących rozwiązań wykorzystujących sieci 3G i 4G, ale też zupełnie nowe. Przy czym, uwzględniając rolę podmiotów odpowiedzialnych za warstwę usług i ich bezpieczeństwo, należy opracować kompleksowy, zestandaryzowany model bezpieczeństwa i sposób jego stosowania. Podejście bazujące na modelu zapewnienia bezpieczeństwa przede wszystkim przez podmioty odpowiedzialne za warstwę sieciową, transportową przy celach jakie dziś są stawiane przed sieciami 5G na pewno się nie sprawdzi i będzie podejściem minimalistycznym, wręcz wprowadzającym nowe ryzyka.

Kompleksowe, podejście jest niezbędne z uwagi na konieczność zapewnienia wysokiego poziomu niezawodności, dostępności, integralności i poufności w sieciach 5G nie tylko na poziomie zapewnienia usług sieciowych ale także w warstwach wyższych związanych ze świadczeniem konkretnych usług.

W szczególności na uwagę zasługują obszary wprowadzania sieci 5G, wynikające z:

- otwartej architektury systemów 5G wykorzystujących protokoły komunikacji IP, w tym do budowy sieci wirtualnych w koncepcji SDN i NFV,
- różnorodnych technologii dostępowych możliwych w zastosowaniach 5G,
- dużej liczby komunikujących się ze sobą urządzeń, poruszających się w przestrzeni z dużą szybkością,

- heterogeniczności typów urządzeń o różnych możliwościach przetwarzania informacji, mocy obliczeniowej, wielkości pamięci oraz zasilania,
- otwartości systemów operacyjnych instalowanych w urządzeniach,
- wymiany informacji pochodzących z różnych warstw i urządzeń, pochodzących z różnych środowisk i o różnych politykach bezpieczeństwa.

W obszarach zastosowań należy wypracować nowe podejście do modeli bezpieczeństwa, ponieważ sieci 5G będą nie tylko służyć ludziom, realizując ich potrzeby osobiste i społeczne, ale będą miały wymiar ekonomiczny, zapewniając usługi połączeniowe dla gospodarki, w postaci zaawansowanego sterowania produkcją, inteligentnego transportu czy inteligentnego opomiarowania.

Architektury bezpieczeństwa wykorzystujące sieci 5G w warstwach aplikacyjnych będą musiały zmierzyć się z wyzwaniami, takimi jak:

- wypracowanie nowych modeli świadczenia usług,
- zastosowanie nowych modeli ustanawiania związków zaufania między poszczególnymi uczestnikami komunikacji w danym ekosystemie i między różnymi ekosystemami,
- zapewnienie użytkownikowi prawa do zachowania prywatności,
- wypracowanie zasad i modeli niezawodnej współpracy pomiędzy gestorami poszczególnych usług i systemów, a także użytkowników w sytuacji zagrożenia bezpieczeństwa czy zaistnienia incydentów.

Infrastruktura sieci 5G:

Działania w zakresie rozwoju infrastruktury sieci 5G w Polsce muszą uwzględniać aspekty bezpieczeństwa, niezawodności oraz odporności na uszkodzenia (resilience) od początkowego etapu projektowania rozwiązań. Także od początku musi być budowana świadomość zróżnicowanej roli podmiotów odpowiedzialnych za dostarczanie sieci, usług transmisji, szeroko pojętych usług telekomunikacyjnych od obowiązków, które dla zapewnienia kompleksowego bezpieczeństwa powinny być realizowane przez dostawców usług społeczeństwa informacyjnego (za dyrektywą 2009/140/WE).

Koncentrując się na infrastrukturze sieci 5G należy wskazać jako konieczne:

1. **Śledzenie prac i zapewnienie zastosowania rozwiązań przyjętych przez organizacje normalizacyjne, takie jak:**
 - 3GPP – w obszarze architektury sieci, uwierzytelniania, zarządzania kluczami kryptograficznymi, bezpieczeństwa sieci wirtualnych (network slicing), bezpieczeństwa i prywatności urządzeń abonenckich,
 - ETSI ISG NFV – w obszarze zarządzania bezpieczeństwem i monitorowania NFV, zarządzania zaufaniem, specyfikacjami technicznymi bezpiecznych komponentów,
 - IETF (Internet Engineering Task Force) – w obszarze protokołów komunikacyjnych,

- ONF (Open Network Foundation) – w zakresie sieci definiowanych programowo,
- ISO oraz IEC – w obszarze lekkiej kryptografii (lightweight cryptography), kryptografii kwantowej, bezpieczeństwa informacji, metod ewaluacji bezpieczeństwa, zarządzania tożsamością i prywatnością, Internetu Rzeczy, bezpieczeństwa pojazdów itd.
- ITU WTSA – ITU Telecommunication Standardization Sector (ITU-T Recommendations) w szczególności w obszarach standaryzacji dla rozwiązań IoT, sieci telekomunikacyjnych,
- GSMA – w zakresie rozwoju technologii mobilnych i ich bezpieczeństwa w obszarach takich jak Mobile IoT (LPWA), Remote SIM Provisioning for M2M, IoT Security, IoT Big Data, Smart Cities, Connected Vehicles, czy ustanowienia dobrych praktyk polityki regulacyjnej.

Ten kierunek działań obejmuje, zarówno aktywne uczestnictwo w pracach normalizacyjnych, jak i sprawne budowanie i wykorzystywanie kanałów informacyjnych dla wszystkich zainteresowanych rezultatami prac normalizacyjnych i powstającymi normami oraz standardami de facto. W tym zakresie **Minister Cyfryzacji** będzie dążyć do skoordynowanego wsparcia dla prac normalizacyjnych realizowanych na poziomie krajowym, europejskim i międzynarodowym przez grupy eksperckie, które mogą działać, także przy Porozumieniu na rzecz Strategii „5G dla Polski”. W prace powinni również zostać włączeni przedstawiciele Polskiego Komitetu Normalizacyjnego, tak aby skorzystać z ich doświadczenia dla uniknięcia powielania prac i tworzenia mnogości standardów.

2. Aktywne wspieranie inicjatyw i pomysłów oraz prac badawczo – rozwojowych mających na celu opracowywanie i wdrażanie nowych usług bazujących na infrastrukturze 5G

Ten kierunek działań obejmuje organizowanie i współfinansowanie przedsięwzięć inicjowanych przez różne podmioty (administrację rządową i samorządową, przemysł, jednostki badawczo – rozwojowe, uczelnie) oraz uczestnictwo w nich jako partner. Efektem współpracy powinno być jak najszersze zapewnienie bezpiecznej i niezawodnej infrastruktury sieci 5G a także budowa rozwiązań umożliwiających kompleksowe zarządzanie bezpieczeństwem niezależnie czy dotyczy ono warstwy usług telekomunikacyjnych czy usług społeczeństwa informacyjnego, w instalacjach eksperymentalnych i pilotażowych. Dzięki takim działaniom i tworzeniu sieci pilotażowych będzie możliwe także budowanie kompetencji i zaplecza eksperckiego na najwyższym poziomie.

Dla efektywnej realizacji celów **Minister Cyfryzacji** będzie dążyć do zapewnienia wsparcia podmiotów realizujących politykę rozwoju i innowacyjności, takich jak Narodowe Centrum

Badań i Rozwoju oraz Polska Agencja Rozwoju Przedsiębiorczości a także w ramach europejskich programów badawczych (takich, jak Horyzont 2020 oraz programy przewidywane do uruchomienia w latach następnych).

Nowe usługi i aplikacje wykorzystujące sieci 5G w warstwie komunikacji:

Plany wykorzystania sieci 5G z punktu widzenia ekonomicznej opłacalności będą musiały uwzględniać rozwiązania kwestii istotnych dla bezpieczeństwa i prywatności. Z uwagi na wspomnianą już wielowarstwowość poziomów świadczenia usług w sieciach 5G oraz mnogość gestorów zarówno usług jak infrastruktury **Minister Cyfryzacji** koncentrować się będzie na następujących kierunkach działań istotnych dla prawidłowego i efektywnego wprowadzenia sieci 5G:

1. Opracowanie i wdrażanie nowych modeli usług.

Minister Cyfryzacji będzie udzielać wsparcia dla modelowych kodeksów branżowych w zakresie przestrzegania zasad bezpieczeństwa i prywatności szczególnie w zastosowaniach krytycznych z punktu widzenia zarówno jednostki jak i grupy społecznej, w obszarach wysoce wrażliwych jak życie i zdrowie ludzi, a także istotnych dla prawidłowego funkcjonowania społeczeństwa (np. ochrona zdrowia, inteligentny transport, systemy płatności).

2. Opracowanie i wdrażanie komponentów sprzętowych i programowych.

Obszar ten będzie w znacznym stopniu wspierany przez inicjowane w ramach Strategii zaawansowane programy badawczo-rozwojowe mogące dać efektywne narzędzia z obszaru bezpieczeństwa sieci 5G. Kluczowe działania to:

- Opracowywanie rozwiązań sprzętowo – programowych zapewniających realizację zasady bezpieczeństwa E2E (end to end), w tym nowe komponenty z wbudowanymi elementami bezpieczeństwa, takie jak (U)SIM, urządzenia abonenckie, obsługowe i bezobsługowe, które będą zdolne do ochrony swojej tożsamości sieciowej w silnym odpornym na manipulacje systemie zarządzania tożsamością,
- Opracowywanie technik i metod przeciwdziałania nowym, zaawansowanym atakom na infrastrukturę dostępową i aplikacje, w tym na architekturę zaufania.

3. Uzasadnienie pewności (assurance).

W wypadku zastosowań krytycznych dla zdrowia lub życia lub mających znaczny wymiar ekonomiczny np. w infrastrukturze krytycznej, kluczowe staje się uzasadnienie pewności, że oferowane rozwiązanie spełnia wymagania bezpieczeństwa w obu znaczeniach tego terminu (safety oraz security), które często już się przenikają.

Z powyższego względu przyjęte kierunki działań to:

- Opracowywanie metod i technik efektywnego testowania nowych urządzeń oraz ciągłego sprawdzania integralności urządzeń będących w eksploatacji (zarówno komponentów sieci, jak i urządzeń końcowych)

Kierunek tych działań powinien być realizowany jako wspólne przedsięwzięcia przemysłu (dostawców), normalizatorów i legislatorów formujących prawny kontekst odpowiedzialności za bezpieczeństwo produktu i promujących takich producentów/dostawców, którzy będą sami dostarczać rozwiązania możliwe do prostego przetestowania. Niezbędnym jest także wypracowanie metod zapewniających stabilne aktualizowanie oprogramowania urządzeń końcowych, w szczególności z uwagi na luki bezpieczeństwa oraz wycofywania urządzeń z eksploatacji. Kolejnym istotnym obszarem jest zdefiniowanie i uzgodnienia możliwych działań w przypadku stwierdzenia działania urządzeń końcowych w sposób zagrażający bezpieczeństwu.

- Rozwój krajowych kompetencji systemu oceny i certyfikacji zgodnego z normą Common Criteria (ISO 15408) o zakresie ewaluacji komponentów sieci 5G oraz usług budowanych na takich sieciach i urządzeń tam stosowanych w niezbędnym zakresie.

Aktualnie prowadzone prace dotyczących budowy polskiego systemu oceny i certyfikacji bezpieczeństwa produktów IT należy znacznie rozszerzyć o metody i techniki ewaluacji bezpieczeństwa i prywatności:

- urządzeń IoT i Internetu Pojazdów (Internet of Vehicles, dalej IoV), telemedycyny, aplikacji mobilnych, nowych (U)SIM dedykowanych do sieci 5G,
- komponentów sieci 5G, w tym oprogramowania wirtualizacyjnego funkcji sieciowych.

Działania te należy prowadzić w sposób nie generujący dodatkowych procesów certyfikujących, a umożliwiającą podejmowanie części istotnych procesów oceny i certyfikacji bez konieczności korzystania z innych ośrodków zagranicznych.

Ten kierunek działania powinien być prowadzony lub koordynowany przez jednostki naukowo – badawcze realizujące projekt KSO3C, a także - w szerokim porozumieniu - z istniejącą siecią jednostek certyfikujących, laboratoriów dokonujących ocen i pomiarów, wzorcowania i kalibracji w obszarze telekomunikacji i automatyki przemysłowej, z udziałem Polskiego Centrum Akredytacji. Podjęte zostaną również działania zmierzające ku poszerzeniu programu badawczo -rozwojowego w NCBiR (CyberSecIdent) o zagadnienia związane z metodami i technikami ewaluacji bezpieczeństwa (i prywatności) dotyczące sieci 5G.

Testy i pilotaże sieci 5G

Testy i pilotaże sieci 5G w Polsce będą realizowane w różnych modelach i różnych konfiguracjach podmiotów w nich uczestniczących. Większość z nich będą przeprowadzali sygnatariu-

szere Porozumienia na rzecz „Strategii 5G dla Polski”, które skupia kluczowych graczy rynkowych i badawczych w zakresie sieci 5G. Dzięki temu efektywnie zostaną zaimplementowane wyniki testów i pilotaży oraz rekomendacje.

Fazy testów sieci 5G		
Warunki laboratoryjne	Klaster/kampus	Miasto
Powinny one obejmować funkcjonalne elementy uznawane za kluczowe dla sieci 5G i integrować poszczególne komponenty sieci 5G z istniejącymi systemami.	Rozszerzenie testów laboratoryjnych na środowisko oparte na istniejących na kampusach uniwersyteckich instalacjach pilotażowych.	Przeprowadzenie pilotażu sieci 5G na obszarze ograniczonym do jednego miasta (lub jego części), w którym możliwe będzie przetestowanie wielu scenariuszy – od testów szybkiego dostępu do Internetu przez uczestników końcowych, poprzez inteligentne zarządzanie systemami miejskimi, aż po testy urządzeń IoT znajdujących się w najróżniejszych warunkach (infrastruktura miejska, obiekty stacjonarne i mobilne) w różnych przypadkach aplikacyjnych. Sprawdzenia wymagają zarówno realne zasięgi radiowe, w tym komunikacja z urządzeniami znajdującymi się w trudnych radiowo lokalizacjach (takich jak piwnice, pomieszczenia z metalizowanymi szybami itp.), jak i parametry wydajnościowe oraz jakościowe. Wynikiem tej fazy testów powinna być weryfikacja przyjętej modelowej architektury sieci 5G do obowiązującego procesu inwestycyjnego i realiów użytkowania infrastruktury mobilnej w Polsce.



Widmo radiowe na potrzeby testów i pilotaży sieci 5G:

Komponenty sieci 5G będzie można testować, wykorzystując pasma częstotliwości, w których obecnie pracują komercyjne systemy LTE.
<p>Testy powinny objąć wszystkie zakresy częstotliwości przewidywane dla 5G:</p> <ul style="list-style-type: none"> - pasmo 700 MHz; - zakres 3,4-3,8 GHz; - powyżej 26 GHz. <p>Należy podkreślić, że Prezes UKE wydaje decyzje rezerwacyjne w oparciu o zasadę neutralności technologicznej, co oznacza, że operatorzy mogą korzystać z dowolnej technologii (3G, LTE a w przyszłości 5G) na wszystkich częstotliwościach, dla których mają rezerwacje.</p>
Biorąc pod uwagę dostępność zasobów widmowych w Polsce, przewidywane pasma do użytku w Unii Europejskiej oraz deklarowaną przez dostawców dostępność sprzętu sieciowego i terminali w pierwszym kroku testy powinny obejmować pasmo 3,4-3,8 GHz oraz pasmo 700 MHz. W następnej kolejności testy powinny odbywać się z uwzględnieniem pasma 26 GHz i wyższego.
Na potrzeby testów i pilotaży musi, w poszczególnych pasmach, zostać przewidziany odpowiednio duży zakres widma (właściwy dla danego pasma).
Testy z wykorzystaniem najwyższych częstotliwości powinny być przeprowadzone z uwzględnieniem wpływu zmiennych warunków środowiskowych, takich jak drzewa, opady deszczu czy śniegu.

Obecni na polskim rynku operatorzy telekomunikacyjni, jak również dostawcy sprzętu, planują testy kluczowych komponentów sieci 5G zarówno w laboratorium, jak i na wybranych stacjach bazowych oraz innych obiektach – w zależności od charakteru i zakresu poszczególnych badań i eksperymentów.

Przeprowadzenie pełnego pilotażu E2E (End-to-End) usług oferowanych przez sieć 5G jest uwarunkowane zakończeniem prac standaryzacyjnych, gotowością pasm testowych, gotowością infrastruktury oraz zaangażowaniem partnerów publicznych i przemysłowych.

Do efektywnego przeprowadzenia testów sieci 5G na terenie Polski niezbędne są:

1. Zdefiniowane standardy;
2. Dostępność sprzętu dla sieci szkieletowej CN i AN;
3. Dostępność terminali abonenckich i/lub modułów M2M;
4. Przeznaczenie dostępnych segmentów widmowych o odpowiednich szerokościach w pasmach częstotliwości przeznaczonych dla sieci 5G;
5. Przyjęcie modelu i zakresu programu testów;
6. Wspomaganie badań naukowo-rozwojowych, w szczególności zwiększających zaangażowanie partnerów przemysłowych (wertykali);
7. Zapewnienie udziału w testach podmiotów niezależnych, np. uczelni, instytutów badawczych, samorządów, co dodatkowo stworzy możliwość ich przeprowadzenia w formule partnerstwa publiczno-prywatnego.

Uzyskanie przez użytkowników pełnych korzyści jakie będą możliwe po wdrożeniu sieci 5G będzie wymagało ze strony samorządów lokalnych bardziej otwartego i elastycznego podejścia do procedur administracyjnych, w szczególności związanych z instalacją i eksploatacją

urządzeń radiokomunikacyjnych. W tym celu przeprowadzona będzie szeroka kampania informacyjna i promocyjna sieci następnej generacji (w czym dużą rolę odegra Porozumienie na rzecz Strategii „5G dla Polski”), która przyczyni się do lepszego zrozumienia, że w interesie społeczności lokalnych leży ułatwienie przez władze samorządowe prowadzenia na ich terenie jak największych inwestycji telekomunikacyjnych.

Realizacja kompletnych pilotaży sieci 5G, a następnie wprowadzenie i wykorzystanie potencjału 5G wymaga solidnego zaangażowania partnerów przemysłowych (wertykali). Dlatego, oprócz działań prowadzonych na szczeblu rządowym oraz przez Fundację Platforma Przemysłu Przyszłości, samorządy powinny realizować działania zorientowane na rozwój innowacji gospodarczych opartych o sieci 5G. Wspieranie przedsiębiorczości z ukierunkowaniem na inicjatywę z wykorzystaniem łączności elektronicznej opartej na sieci 5G przyczyni się do rozwoju ekosystemu 5G i jednocześnie do rozwoju lokalnego biznesu.

Usługa bezprzewodowego dostępu do Internetu dla gospodarstw domowych na terenach mniej zurbanizowanych oraz wiejskich, gdzie budowa sieci światłowodowej jest bardzo utrudniona, jak również wykorzystanie sieci 5G oraz technologii IoT w rolnictwie, zdalnej opiece medycznej, systemach powiadomień ratunkowych i ostrzegania oraz szeregu innych obszarów aplikacyjnych czyni zasadnymi testy sieci 5G w obszarach mniej zurbanizowanych. Rozwiązania oparte na możliwościach jakie daje 5G mogą być wykorzystane również w służbie monitoringu zanieczyszczeń powietrza (PM 2,5, PM 10). W związku z tym koncepcję „green communication” należy rozszerzyć o pojęcie „communication for green”, a testowanie tego typu rozwiązań może również dotyczyć obszarów niezurbanizowanych.

Model partnerstwa publiczno-prywatnego jest atrakcyjny zarówno dla operatorów telekomunikacyjnych, jak również dla uczelni i miast. Nowe rozwiązania w obszarze sieci 5G mogą być testowane we współpracy z uczelniami przez zaangażowanie w prowadzenie testów studentów i pracowników uczelni. Z kolei w wielu miastach są rozbudowywane inteligentne systemy transportowe (Intelligent Transportation Systems, dalej ITS) oraz sieci komunikacji miejskiej, co stwarza naturalną synergię dla rozwoju tych rozwiązań wraz z implementacją sieci 5G oraz systemów IoT.

Minister Cyfryzacji będzie wspierać prace badawcze w zakresie pomiarów pola elektromagnetycznego dla sieci 5G koncentrując się na częstotliwościach powyżej 6 GHz. Docelowo **Minister Cyfryzacji** będzie dążyć do stworzenia systemu monitoringu pola elektromagnetycznego pochodzącego z instalacji telekomunikacyjnych dla całej łączności ruchomej w największych miastach kraju, gwarantującego obywatelom dostęp online do bieżących danych.

Minister Cyfryzacji nie przewiduje bezpośredniego finansowania testów i pilotaży sieci 5G. W celu sfinansowania tego typu projektów funkcjonują dedykowane programy w ramach Narodowego Centrum Badań i Rozwoju.

Na poziomie europejskim badania sieci 5G odbywają się głównie w obrębie Partnerstwa Publiczno-Prywatnego 5G (5GPPP). Jest to wspólna inicjatywa Komisja Europejskiej i branży TIK, której celem jest dostarczanie rozwiązań architektury, technologii i standardów dla sieci 5G. Unia Europejska zobowiązała się do zainwestowania 700 mln EUR w trakcie tego programu, a sektor prywatny ponad pięciokrotnie więcej. W latach 2019-2020 5GPPP planuje przeprowadzić testy na dużą skalę.

Działania Ministra Cyfryzacji w 2018 r.

1. Prowadzenie akcji informacyjnych dot. korzyści z sieci 5G skierowanych do przemysłu (wertykali), samorządów oraz obywateli.
2. Uruchomienie rządowego portalu informacyjnego dot. oddziaływania pola elektromagnetycznego oraz przeprowadzenie kampanii informacyjnych.
3. Wsparcie w realizacji pierwszych testów i pilotaży sieci 5G w ramach Porozumienia „5G dla Polski” oraz opracowanie wyników i rekomendacji do wdrożenia.

Działania Ministra Cyfryzacji do 2020 r.

1. Wdrożenie rekomendacji z pierwszych testów sieci 5G w Polsce.
2. Wsparcie w realizacji pełnych testów i pilotaży sieci 5G w formule E2E w ramach Porozumienia „5G dla Polski” oraz opracowanie wyników i rekomendacji do wdrożenia.
3. Rozpoczęcie prac badawczych nad elementami stałego monitoringu pola elektromagnetycznego pochodzącego z instalacji telekomunikacyjnych.

Działania Ministra Cyfryzacji do 2021 r.

1. Pełna implementacja rekomendacji po przeprowadzonych testach w celu umożliwienia wdrożenia komercyjnej sieci 5G we wszystkich dużych miastach w Polsce oraz głównych szlakach transportowych.
2. Wdrożenie systemu stałego monitoringu pola elektromagnetycznego pochodzącego z instalacji telekomunikacyjnych w wybranych miastach w Polsce.

System koordynacji i realizacji Strategii

Minister Cyfryzacji inicjuje i wspiera działania na rzecz wdrożenia sieci 5G w Polsce.

Za realizację Strategii w obszarze regulacji i kontroli widma radiowego odpowiedzialny jest **Prezes Urzędu Komunikacji Elektronicznej**.

Minister Cyfryzacji proponuje powołanie **Komitetu Sterującego ds. Wdrożenia Sieci 5G w Polsce**, dzięki czemu każdy resort odpowiadałby za konkretne działania, wynikające ze Strategii. Prowadzona polityka musi ewoluować w czasie i dostosować się do przyszłych zmian w technologii i popycie. Aby upewnić się, że Polska nadąży za szybkim tempem zmian organ ten corocznie powinien dokonywać przeglądu postępów realizacji określonych działań oraz przedstawiać nowe zidentyfikowane działania do realizacji. Głównym zadaniem powinno być

wprowadzenie ramowych zasad polityki krajowej w celu wypromowania polityki wspierającej wysokiej jakości infrastrukturę telekomunikacyjną.

Działające od czerwca 2017 r. przy Ministrze Cyfryzacji **Porozumienie na rzecz Strategii „5G dla Polski”** skupia w swoich pracach nad efektywnym wdrożeniem sieci 5G w Polsce przedstawicieli operatorów telekomunikacyjnych, dostawców infrastruktury, sprzętu i rozwiązań w zakresie telekomunikacji, instytucji badawczo-rozwojowych, izb gospodarczych oraz uczelni technicznych. W ramach Porozumienia funkcjonują Zespoły Tematyczne:

- standardów i architektury sieci 5G;
- widma radiowego;
- testów i pilotaży;
- regulacji prawnych i współpracy (z administracją i innymi branżami);
- bezpieczeństwa sieci 5G;
- promocji sieci 5G,

które w pierwszej kolejności opracowały dokumenty merytoryczne, stanowiące materiał wyjściowy dla Strategii. W dalszej kolejności Porozumienie skupiać się będzie nad wspieraniem realizacji działań przewidzianych w Strategii, a także zebranie wniosków i rekomendacji po przeprowadzonych przez sygnatariuszy Porozumienia testach sieci 5G (pilotażach), które planowane są już na 2018 r.

Fundacja **Platforma Przemysłu Przyszłości**, która na podstawie ustawy ma zacząć funkcjonować w I kwartale 2018 r., będzie intensywnie rozpowszechniać wiedzę, umiejętności oraz standardy techniczne i zarządcze, które są fundamentem udanej transformacji nowoczesnego przemysłu, szczególnie wśród małych i średnich przedsiębiorstw poprzez sieć Centrów Kompetencyjnych, a także doradztwo w zakresie implementacji związanych z nim technik i technologii. Jednym z podstawowych działań Platformy, zwłaszcza w pierwszym etapie funkcjonowania, będzie integracja rozproszonych działań w jeden system wsparcia. Konieczne jest ułatwienie firmom dostępu do niezbędnych technologii oraz know-how oraz uświadczenie przedsiębiorców o konieczności włączenia się w proces transformacji technologicznej. Głównym wskaźnikiem jej efektywności będzie poziom cyfryzacji i robotyzacji polskiego przemysłu.

Komisja Wspólna Rządu i Samorządu Terytorialnego stanowi forum wypracowania wspólnego stanowiska rządu i samorządu terytorialnego. Jej zadaniem jest rozpatrywanie problemów związanych z funkcjonowaniem samorządu terytorialnego i z polityką państwa wobec samorządu. W ramach Zespołu ds. Społeczeństwa Informacyjnego powinna zostać powołana grupa robocza ds. współpracy w zakresie wdrażania sieci 5G w obszarach miejskich oraz inteligentnych rozwiązań (m.in. inteligentne miasta, inteligentne systemy transportowe).

Instytut Łączności – Państwowy Instytut Badawczy jako niezależna, krajowa instytucja badawczo-rozwojowa w dziedzinie telekomunikacji i technik informacyjnych odpowiedzialna

będzie za budowę, udostępnienie i utrzymanie Systemu Informacyjnego o instalacjach wytwarzających Promieniowanie Elektromagnetyczne, który:

- Zapewni jednoznaczność, kompletność i spójność danych o instalacjach wytwarzających pole elektromagnetyczne z radiowego zakresu częstotliwości;
- Zapewni skuteczne monitorowanie i badanie pól elektromagnetycznych z zakresu radiowego;
- Będzie zawierał narzędzia teleinformatyczne oraz modele obliczeniowe umożliwiające analizę, agregację i przetwarzanie danych pomiarowych z różnych dostępnych źródeł oraz precyzyjną estymację ciągłych rozkładów pola elektromagnetycznego w oparciu o pomiary i opracowane modele matematyczne;
- ułatwi dostęp obywatelom, administracji oraz biznesowi do istotnych danych środowiskowych dotyczących pola elektromagnetycznego.

Oczekiwane rezultaty i harmonogram realizacji Strategii (kamienie milowe)

Oczekiwany rezultatem realizacji Strategii jest umożliwienie wdrożenia w pełni funkcjonalnej sieci 5G w Polsce obejmującej jak największy obszar kraju, a także osiągnięcie nałożonych przez Komisję Europejską celów wynikających z Komunikatu „Connectivity for a Competitive Digital Single Market - Toward European Gigabit Society”.



Harmonogram realizacji Strategii:

2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Opublikowanie Strategii 5G dla Polski	Pierwsza ewaluacja realizacji Strategii	Uruchomienie komercyjnej sieci 5G we wskazanym mieście	Druga ewaluacja Strategii				5G w Polsce
Przyjęcie niezbędnych dla wdrożenia sieci 5G regulacji prawnych		Pełna implementacja Europejskiego Kodeksu łączności Elektronicznej oraz wdrożenie rekomendacji po przeprowadzonych testach i pilotażach					
Pierwsze Testy sieci		Rozdysponowanie zakresów pasma 700 MHz	Rozdysponowanie zakresów pasma 3,4-3,8 GHz. Rozdysponowanie zakresów pasma 26 GHz i/lub innych zharmonizowanych i zidentyfikowanych przez WRC-19				
		Budowa i rozwój w pełni funkcjonalnej sieci 5G w Polsce					
Rozpoczęcie prac nad Systemem Informacyjnym o instalacjach wytwarzających Promieniowanie Elektromagnetyczne	Rozpoczęcie prac badawczych nad elementami stałego monitoringu pola elektromagnetycznego pochodzącego z instalacji telekomunikacyjnych	Pełne wdrożenie Systemu Informacyjnego o instalacjach wytwarzających Promieniowanie Elektromagnetyczne. Rozpoczęcie prac nad systemem do stałego monitoringu pola elektromagnetycznego w wybranych miastach w Polsce.	Wdrożenie stałego monitoringu pola elektromagnetycznego w wybranych miastach w Polsce				

Koszty wsparcia wdrożenia sieci 5G w Polsce oraz źródła finansowania.

Wsparcie wdrożenia sieci 5G w Polsce będzie finansowane z publicznych funduszy krajowych a także z publicznych środków wspólnotowych.

Strategia w większości działań opiera się na rozwiązaniach systemowych oraz prawnych. Ministerstwo Cyfryzacji ma zapewnione finansowanie tych działań do 2023 roku w ramach Pomocy Technicznej Programu Operacyjnego Polska Cyfrowa oraz z budżetu państwa. Szacuje się, że koszty działań merytorycznych i systemowych wraz z wynagrodzeniami pracowników po stronie Ministerstwa Cyfryzacji w okresie do końca 2023 r. wyniosą ok. 10-15 mln PLN. W kolejnych latach działania te będą finansowane z budżetu państwa, w ramach budżetu resortu. Dopuszcza się możliwość pozyskania dodatkowego finansowania z innych publicznych funduszy krajowych oraz z publicznych środków wspólnotowych.

Budowa, udostępnienie i utrzymanie Systemu Informacyjnego o instalacjach wytwarzających Promieniowanie Elektromagnetyczne to koszt ok. 12,5 mln PLN. Na ten cel planowane jest pozyskanie finansowania z Programu Operacyjnego Polska Cyfrowa.

Strategia przewiduje prowadzenie badań nad elementami stałego monitoringu pola elektromagnetycznego pochodzącego z instalacji telekomunikacyjnych oraz budowę, udostępnienie i utrzymanie pełnego systemu monitoringu pola elektromagnetycznego pochodzącego z instalacji telekomunikacyjnych (wszystkie technologie) w wybranych miastach w kraju. Na to zadanie planowane jest pozyskanie finansowania z innych publicznych funduszy krajowych lub z publicznych środków wspólnotowych. Nie jest możliwe oszacowania kosztów realizacji zadania na obecnym etapie.

Testy i pilotaże sieci 5G w Polsce będą realizowane w ramach standardowej pracy operacyjnej i finansowane z budżetów operatorów telekomunikacyjnych. Możliwe jest ich współfinansowanie przez jednostki samorządu terytorialnego w ramach partnerstwa publiczno-prywatnego. Przedsiębiorcy na ten cel mogą również pozyskać finansowanie z publicznych funduszy krajowych oraz z publicznych środków wspólnotowych.

Budowa w pełni funkcjonalnej komercyjnej sieci 5G będzie się odbywać tylko i wyłącznie ze środków prywatnych przedsiębiorców.

Stworzenie przyjaznego otoczenia prawnego dla inwestycji w sieci 5G, w tym usunięcie wskazanych w Strategii barier, może generować znaczące koszty i docelowe korzyści po stronie publicznej. Na tym etapie nie jest możliwe ich oszacowanie z uwagi na brak projektu przepisów prawnych. Koszty i korzyści zostaną oszacowane w Ocenie Skutków Regulacji dla przygotowanego na bazie zapisów Strategii projektu aktów prawnych.

Źródła finansowania:

- Publiczne fundusze krajowe:
 - Budżet państwa;
 - Agencje wykonawcze (m.in. NCBiR);
 - Fundusze zarządzane w ramach Polskiego Funduszu Rozwoju;
 - Fundusze zarządzane w ramach Fundacji Platforma Przemysłu Przyszłości.
- Publiczne środki wspólnotowe:

- Unijne fundusze strukturalne i inwestycyjne, w szczególności pochodzące z Programu Operacyjnego Polska Cyfrowa;
- Programy i inicjatywy europejskie, inne niż EFSI, w tym:
 - *Connecting Europe Facility* – program w zakresie wsparcia inwestycji infrastrukturalnych,
 - *Horyzont 2020* – program w zakresie badań naukowych i innowacji, którego celem jest m.in. stworzenie spójnego systemu finansowania innowacyjnych rozwiązań,
 - *LIFE* – program dedykowany współfinansowaniu projektów z dziedziny ochrony środowiska i klimatu.

Minister Cyfryzacji będzie konsekwentnie kontynuował swoje działania na arenie europejskiej polegające na zapewnieniu, na etapie programowania kolejnej wieloletniej perspektywy finansowej, odpowiednich środków finansowych na realizację przedstawianych przez Komisję Europejską nowych celów w zakresie łączności, w tym 5G.



Ewaluacja Strategii.

Strategia „5G dla Polski” realizowana będzie na przestrzeni najbliższych 4 lat, co oznacza, że wymagać będzie okresowej ewaluacji i w razie zaistniałej konieczności odpowiedniej aktualizacji. Należy bowiem mieć na uwadze fakt, że Strategia odnosi się do bardzo dynamicznie zmieniającej się rzeczywistości świata technik komunikacyjnych, stąd właściwy mechanizm odpowiednich dostosowań musi być jej integralną częścią. Przewiduje się dwie okresowe ewaluacje Strategii, tj. w 2019 roku - po pierwszych kompleksowych testach sieci w Polsce, w 2021 roku po uruchomieniu pierwszej niekomercyjnej sieci 5G w wybranym mieście. Ewaluacja będzie uwzględniać stan realizacji zadań podejmowanych przez Ministerstwo Cyfryzacji, jak i inne podmioty np. Urząd Komunikacji Elektronicznej bez których realizacja celów Strategii, a tym samym implementacja sieci 5G w Polsce nie będzie możliwa.

Wyniki przeprowadzonych ewaluacji pozwolą uzyskać niezbędne informacje dla celu oceny stanu realizacji Strategii, umożliwiając dokonanie ewentualnej aktualizacji narzędzi niezbędnych dla prawidłowego wdrożenia sieci 5G w Polsce. Mechanizm ewaluacji pozwoli także dokonać analizy tych elementów, które składają się na całość koncepcji „Przemysłu+”, umożliwiając tym samym ocenę rozwoju polskiej gospodarki cyfrowej opartej o dane.



Powiązania Strategii z międzynarodowymi i krajowymi dokumentami strategicznymi.

Kluczowe dla realizacji **Strategii „5G dla Polski”** jest odniesienie do strategii i dokumentów, w ramach których będzie ona realizowana. Jednym z podstawowych dokumentów, kształtującym kierunki wykorzystania określonych zasobów widma radiowego jest **Regulamin Radio-komunikacyjny**, który jest międzynarodowym traktatem, regulującym zasady użytkowania łączności ruchomej jak i wszystkich innych zastosowań technik bezprzewodowych. Aktualny Regulamin (listopad 2016)²² zawiera wszystkie rozporządzenia radiowe zatwierdzone przez Światowe Konferencje Radiokomunikacyjne, począwszy od 1995 roku do dzisiaj, w tym wszystkie załączniki, rezolucje, zalecenia i zalecenia ITU-R. Z punktu widzenia realizacji Strategii 5G dla Polski, decydujące znaczenie ma **Rezolucja 238 Światowej Konferencji Radiokomunikacyjnej 2015 r. (dalej WRC-15)**²³, która w związku ze stale rosnącym zapotrzebowaniem na zasoby widma radiowego, nałożyła na administracje krajowe obowiązek identyfikacji - na poziomie międzynarodowym - dodatkowych zakresów pasm częstotliwości powyżej 6 GHz na potrzeby możliwych usług szerokopasmowych. Przedmiotem prac przygotowawczych do Światowej Konferencji Radiokomunikacyjnej (World Radiocommunication Conference, listopad 2019 r.) jest łącznie 11 zakresów częstotliwości, wszystkie powyżej 20 GHz (24.25-27.5 GHz, 31.8-33.4 GHz, 37-40.5 GHz, 40.5-42.5 GHz, 42.5-43.5 GHz, 45.5-47 GHz, 47-47.2 GHz, 47.2-50.2 GHz, 50.4-52.6 GHz, 66-76 GHz i 81-86 GHz). Tym samym dopiero kolejna Światowa Konferencja Radiokomunikacyjna (WRC-19) uzgodni i finalnie zharmonizuje dodatkowe pasma na potrzeby systemów 5G. Globalny konsensus w zakresie określonej technologii, zakresów widma radiowego i głównych zastosowań sieci 5G, wymaga koordynacji ponadregionalnej, stąd **Strategia „5G dla Polski”**, odwołuje się do przejrzystych i przewidywalnych ram regulacyjnych, które pozwolą zarówno operatorom sieci, jak i sektorom wertykalnym, dokonać odpowiednich inwestycji, aby w pełni wykorzystać potencjał nowych usług.

Na poziomie europejskim implementacja **Strategii „5G dla Polski”** wymaga odpowiednich dostosowań do strategii i dokumentów Komisji Europejskiej, która zaproponowała zestaw środków i celów do realizacji, mających zapewnić - w ramach Jednolitego Rynku Cyfrowego²⁴ - wszystkim obywatelom Unii Europejskiej równy dostęp do możliwie najlepszej łączności internetowej, aby mogli w pełni uczestniczyć w rozwijającej się gospodarce cyfrowej. W tym kontekście należy wymienić następujące dokumenty:

²² Radio Regulations, Edition 2016.

²³ Resolution No 238 (WRC-15). Studies on frequency-related matters for International Mobile Telecommunications identification including possible additional allocations to the mobile services on a primary basis in portion(s) of the frequency range between 24.25 and 86 GHz for the future development of International Mobile Telecommunications for 2020 and beyond.

²⁴ Jednolity Rynek Cyfrowy jest strategią Komisji Europejskiej, która ma zapewnić dostęp do usług online obywatelom UE i firmom w oparciu o przejrzyste warunki uczciwej konkurencji, ochrony konsumentów i danych, w celu usuwania przeszkód związanych z usytuowaniem geograficznym państw i prawami autorskimi.



- **Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council establishing the European Electronic Communications Code²⁵**. Europejski kodeks łączności elektronicznej definiuje ogólnoeuropejskie zasady i cele łączności elektronicznej oraz normuje sposób regulacji branży telekomunikacyjnej. Stanowi horyzontalne przekształcenie czterech dyrektyw (dyrektywy ramowej, dyrektywy o zezwoleniach, dyrektywy o dostępie i dyrektywy o usłudze powszechnej) i łączy je wszystkie w jednej dyrektywie, upraszczając obecną strukturę w celu zwiększenia jej spójności i dostępności. Dzięki proponowanym zmianom istnieje możliwość dostosowania regulacji do nowych realiów rynkowych i technologicznych.
- **Connectivity for a Competitive Digital Single Market - Toward European Gigabit Society²⁶**. Dokument wyznacza następujące cele dla Państw Członkowskich Unii Europejskiej:
 - Cel strategiczny na rok 2025: Wszystkie obszary miejskie i wszystkie główne szlaki transportu lądowego mają nieprzerwany dostęp do sieci 5G.
 - Cel strategiczny na rok 2025: Wszystkie europejskie gospodarstwa domowe, wiejskie lub miejskie, będą miały dostęp do Internetu oferującego łącze w dół o przepustowości co najmniej 100 Mb/s, z możliwością aktualizacji do szybkości Gigabit.
 - Cel strategiczny na rok 2020: łączność 5G będzie dostępna jako pełnoprawna usługa komercyjna w co najmniej jednym dużym mieście w każdym państwie członkowskim, wykorzystując komercyjne wprowadzenie w 2018 r.
- **5G for Europe: An Action Plan²⁷**. Dokument wyznacza następujące cele dla Państw Członkowskich Unii Europejskiej:
 - Przygotowanie do końca 2017 r. Strategii na rzecz wdrożenia 5G we wszystkich krajach członkowskich.
 - Określenie pełnego zestawu pasm częstotliwości (poniżej i powyżej 6 GHz), które mają zostać zharmonizowane w celu pierwszego wdrożenia komercyjnych sieci 5G w Europie.
 - Udostępnienie pasm na potrzeby testów i pilotaży i opracowanie zaleceń dla odpowiedniego wykorzystania pasm powyżej 6GHz na potrzeby 5G.
 - Promowanie ogólnoeuropejskich badań z udziałem wielu zainteresowanych stron jako katalizatorów, przekształcających innowacje technologiczne w pełne rozwiązania biznesowe.

²⁵ Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council establishing the European Electronic Communications Code (Recast) - COM(2016)590 and Annexes 1 to 11 - Impact Assessment - SWD(2016)303 - Executive Summary of the Impact Assessment - SWD(2016)304 - Evaluation and Executive Summary - SWD(2016)305.

²⁶ Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions Connectivity for a Competitive Digital Single Market - Towards a European Gigabit Society {SWD(2016) 300 final}.

²⁷ "5G for Europe: An Action Plan" - COM(2016)588 and Staff Working Document - SWD(2016)306.



- Przeprowadzenie testów i pilotaży sieci 5G.
- **WiFi4EU²⁸**. Projekt WiFi4EU, wprowadzając zmiany do regulacji CEF (1316/2013) i Wytycznych (283/2014) ma zachęcić instytucje publiczne (miejscowe władze, dostawców usług publicznych) do zapewnienia darmowego lokalnego dostępu do sieci WiFi w miejscach publicznych tj. bibliotekach, szpitalach, urzędach. Tym samym priorytetowo, wsparciem finansowym objęte zostaną centra życia publicznego, w tym szczególnie te o otwartej strukturze i łatwym dostępie. Sieci w ramach WiFi4EU nie mogą konkurować z podobnymi, istniejącymi już prywatnymi lub publicznymi sieciami WiFi.
- **Radio Spectrum Policy Group Strategic roadmap towards 5G for Europe. Opinion on spectrum related aspects for next-generation wireless systems (5G)²⁹**. Opinia Grupy ds. Polityki Widma Radiowego identyfikuje główne wyzwania przed jakimi staje Unia Europejska w zakresie pełnego komercyjnego uruchomienia standardu 5G. W celu ułatwienia wprowadzenia na rynek 5G na dużą skalę w Europie do 2020 r. RSPG opracowało strategiczny plan działania na rzecz 5G w celu oceny aspektów związanych z gospodarką widma radiowego. Analiza obejmuje kwestie prowadzonej polityki, konieczności wykorzystania określonych zasobów widma radiowego na potrzeby 5G, w szczególności pasm powyżej 6 GHz, rozważenia z jakich usług i aplikacji w pierwszej kolejności Europejczycy mogliby korzystać oraz możliwości zastosowania use cases w celu określenia rzeczywistego zapotrzebowania na te usługi.

Cele Strategii „5G dla Polski” odwołują się także do wyzwań ujętych w **Komunikacie Komisji Europejskiej do Parlamentu Europejskiego, Rady, Komitetu Ekonomiczno-społecznego i Komitetu Regionów³⁰** w zakresie mobilności niskoemisyjnej. Przyjęty 8 listopada 2017 r. w ramach inicjatywy „Europa w ruchu” pakiet wniosków koncentruje się na wspieraniu europejskiego przemysłu motoryzacyjnego i sektora mobilności poprzez tworzenie odpowiednich warunków i zachęt dla przemysłu, aby stał się on konkurencyjny w skali światowej, promował innowacje i wzrost gospodarczy oraz tworzył miejsca pracy. Proponowane środki mają na celu zapewnienie, aby w przyszłości mobilność była czysta, dostępna i przystępna cenowo dla wszystkich. Jest to szczególnie ważne w świetle kryzysu zaufania wywołanego przez przemysł motoryzacyjny w związku ze zmanipulowanymi emisjami z samochodów z silnikiem Diesla.

²⁸ Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council amending Regulations (EU) No 1316/2013 and (EU) No 283/2014 as regards the promotion of Internet connectivity in local communities - COM(2016)589

²⁹ Radio Spectrum Policy Group Strategic roadmap towards 5G for Europe. Opinion on spectrum related aspects for next-generation wireless systems (5G). RSPG16-032 FINAL

³⁰ Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Delivering on low-emission mobility. A European Union that protects the planet, empowers its consumers and defends its industry and workers. COM(2017) 675 final.



Strategia „5G dla Polski” uwzględnia także cele wskazane w procesie rzymskim zainicjowanym w marcu 2017 roku poprzez podpisanie przez Polskę Listu Intencyjnego w zakresie wielkoskalowych testów infrastruktury telekomunikacyjnej na potrzeby Connected and Automated Driving (CAD)³¹, będącej efektem Deklaracji Amsterdamskiej z kwietnia 2016 roku³² w sprawie współpracy w dziedzinie jazdy pojazdami połączonymi i zautomatyzowanymi podpisanej przez wszystkich unijnych ministrów ds. transportu oraz Komunikatu Komisji Europejskiej w sprawie *Europejskiej strategii na rzecz współpracujących inteligentnych systemów transportowych – ważny krok w kierunku mobilności pojazdów współpracujących, połączonych i zautomatyzowanych*³³. Wdrożenie 5G wymagać będzie dokonania oceny potencjalnych synergii między różnymi funkcjonalnościami automatyki i technologiami komunikacyjnymi, w tym technologiami takimi jak ITS-G5, LTE i 5G, i tym samym koniecznością przeprowadzenia odpowiednich testów i eksperymentów³⁴.

Odnosząc się do otoczenia krajowego należy wskazać przede wszystkim na **Strategię na rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju**³⁵, przyjętą przez Radę Ministrów 14 lutego 2017 roku, która jest kluczowym dokumentem państwa polskiego w obszarze średnio- i długofalowej polityki gospodarczej. Jednym z ważniejszych elementów Strategii na rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju (dalej SOR) jest rozwój szeroko pojętej cyfryzacji i wykorzystanie technologii cyfrowych, w szczególności łączności za pośrednictwem szybkich sieci telekomunikacyjnych. Oba te elementy identyfikowane są jako fundamentalne dla poprawy sytuacji w każdym obszarze SOR. W tym kontekście należy wskazać, że realizacja działań w zakresie:

- e-państwa (np. wprowadzenia w Polsce elektronicznego dowodu tożsamości udostępnionego w smartfonie),
- inteligentnego systemu transportowego (w tym np. rozwoju systemów autonomicznych pojazdów),
- inteligentnej sieci energetycznej,

³¹ Letter of Intent on the testing and large scale demonstrations of Connected and Automated Driving (CAD), Rome, March 23rd 2017.

³² Declaration of Amsterdam. Cooperation in the field of connected and automated driving, 14-15 April 2016.

³³ Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions A European strategy on Cooperative Intelligent Transport Systems, a milestone towards cooperative, connected and automated mobility. COM(2016) 766 final.

³⁴ Polska jest sygnatariuszem dwóch innych międzynarodowych dokumentów, dotyczących automatyzacji prowadzenia pojazdów: podpisanej przez ministrów ds. transportu krajów V4 w dniu 17 listopada 2016 r. w Budapeszcie, z inicjatywy węgierskiej, *Memorandum o współpracy w zakresie przeprowadzania testów transgranicznych na potrzeby pojazdów połączonych i autonomicznych*, a także podpisanej przez ministrów państw członkowskich UE odpowiedzialnych za sprawy telekomunikacji i konkurencyjności 18 lipca 2017 r. podczas nieformalnego spotkania w Tallinie Deklaracji dot. sieci 5G – *Ministerial Declaration: Making 5G a success for Europe* – która jedynie wspomina o wdrażaniu w pierwszej kolejności sieci 5G w miastach i wzdłuż kluczowej infrastruktury transportowej.

³⁵ Strategia na rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju Warszawa 2017 do roku 2020 (z perspektywą do 2030 r.), Warszawa 2017.

- niezawodnej komunikacji (np. w przypadku zagrożenia bezpieczeństwa państwa, klęsk żywiołowych czy aktów terroru),
- bezpieczeństwa finansów publicznych (w tym efektywnej administracji skarbowej, korzystającej z systemów informatycznych)
- efektywnego dialogu instytucji z obywatelami,
- polityki wyrównywania szans rozwojowych oraz rewitalizacji dotychczas marginalizowanych obszarów kraju, w szczególności poza dużymi ośrodkami miejskimi,
- poprawy konkurencyjności na rynkach globalnych i europejskich, w tym na tworzącym się wspólnym rynku cyfrowym,

jest niemożliwa bez wydajnej, niezawodnej i nowoczesnej sieci telekomunikacyjnej dostępnej w całym kraju. Komunikacja oparta na zaawansowanych rozwiązaniach cyfrowych ma bardzo duże znaczenie także dla włączenia osób niepełnosprawnych, ze względu na systematyczne wprowadzanie szeroko pojętych udogodnień np. w kontaktach z urzędami, dostawcami usług telekomunikacyjnych. Dobre pokrycie sieciami komórkowymi jest warunkiem niezawodności funkcjonowania aplikacji wspierających osoby niepełnosprawne. Aplikacje te, aby były w pełni skuteczne i wydajne wymagają dobrego i pewnego połączenia z siecią bezprzewodową – zarówno komórkową, jak i lokalną (5G/4G/LTE/LTE-Advanced, WiFi).

Kolejnym krajowym dokumentem powiązany z **Strategią „5G dla Polski”** jest **Narodowy Plan Szerokopasmowy**³⁶, który jest dokumentem strategicznym, określającym działania oraz środki dla realizacji celu jakim jest zapewnienie powszechnego szerokopasmowego dostępu do Internetu. Nadrzędnymi celami realizowanymi przez Narodowy Plan Szerokopasmowy (dalej NPS) są: rozwój sieci i infrastruktury telekomunikacyjnej oraz pobudzenie popytu na usługi dostępne o wysokich przepływnościach. NPS, poprzez implementację ww. dokumentów Komisji Europejskiej zakłada konieczność odpowiedniego wsparcia dla inwestycji w bezprzewodowe sieci telekomunikacyjne, dzięki czemu możliwy będzie rozwój szerokopasmowych sieci bezprzewodowych, działających w różnych technologiach, umożliwiających zapewnienie dostępu do Internetu w szczególności tam, gdzie budowanie sieci przewodowych, głównie światłowodowych nie będzie technicznie możliwe lub ekonomicznie uzasadnione.

Strategia „5G dla Polski” odwołuje się także do koncepcji Ministerstwa Cyfryzacji **„Przemysł. Gospodarka oparta o dane”**³⁷, której celem jest „uwolnienie” danych służących jako surowiec dla najnowocześniejszych gałęzi gospodarki. Stworzenie podwalin pod gospodarkę opartą o dane pozwoli także na uniknięcie ryzyka tzw. „długu innowacyjnego”.

Dokumentem, odpowiadającym na wyzwania wyrażone w Komunikacie Komisji Europejskiej do Parlamentu Europejskiego, Rady, Komitetu Ekonomiczno-społecznego i Komitetu Regionów w zakresie mobilności niskoemisyjnej jest krajowy **Plan Rozwoju Elektromobilności w**

³⁶ Narodowy Plan Szerokopasmowy, Ministerstwo Administracji i Cyfryzacji, styczeń 2014.

³⁷ <https://www.gov.pl/cyfryzacja/rynek-danych-oddech-dla-innowacji>

Polsce³⁸, przygotowany przez Ministerstwo Energii. Plan wpisuje się w cele **Strategii „5G dla Polski”** w zakresie rozwoju inteligentnych sieci (smart grid) i inteligentnych miast (smart cities) poprzez wyraźne wskazanie, że rozwój pojazdów elektrycznych będzie musiał być powiązany z budową inteligentnych sieci, stacji ładowania, które będą w stanie efektywnie integrować zachowania i działania wszystkich podłączonych do nich użytkowników – wytwórców, operatorów sieci i odbiorców. Inteligentne sieci dzięki swojej charakterystyce tj. niskiemu poziomowi strat, wysokiej jakości i bezpieczeństwie, umożliwią komunikację ze wszystkimi urządzeniami użytkowników.

³⁸ Plan Rozwoju Elektromobilności w Polsce. Ministerstwo Energii, wrzesień 2016.



Korzyści z wdrożenia sieci 5G

Zgodnie z diagnozą zawartą w SOR, dostęp do szybkiego Internetu jest czynnikiem napędzającym rozwój społeczno-gospodarczy i jedną z podstawowych potrzeb, zaspokojenie której umożliwi społeczeństwu korzystanie z usług i aplikacji ułatwiających życie codzienne. Ponadto, dzięki sieciom szerokopasmowym możliwe jest ograniczenie kosztów prowadzenia działalności gospodarczej, m.in. poprzez wdrożenie nowych modeli biznesowych, większe zautomatyzowanie produkcji czy zapewnienie dostępu do nowych narzędzi cyfrowych. Dlatego też rozwój sieci mobilnych w kierunku zbieżnym z założeniami przyjmowanymi dla sieci 5G, uznawany jest za koło zamachowe innowacji skutkujących wzrostem konkurencyjności gospodarki i poziomu życia obywateli. Przewiduje się, że tak jak sieci światłowodowe i bezprzewodowe czwartej generacji umożliwiły cyfryzację, tak sieci 5G pozwolą na „smartyzację”, czyli powszechne wdrażanie inteligentnych rozwiązań.

Wdrożenie sieci 5G wiąże się z szeregiem korzyści osiągniętych na różnych poziomach: począwszy od najłatwiej mierzalnych efektów, tj. skokowej poprawy parametrów wydajnościowych sieci telekomunikacyjnych, w tym znaczącej poprawy dostępności usług o wysokiej jakości, poprzez powstanie całkowicie nowych usług wykorzystujących technologię 5G, po oddziaływanie w skali całych obszarów gospodarczych i społecznych. W przeprowadzonej na zlecenie Komisji Europejskiej analizie³⁹ wykazano, że pomyślne wdrożenie sieci 5G może skutkować, w odniesieniu do całej UE, rocznymi przychodami w wysokości około 114 mld EUR, głównie w obrębie czterech gałęzi gospodarki: motoryzacyjnej, zdrowia, transportu i użyteczności publicznej. Powstałe korzyści obejmować będą zarówno sektor biznesowy, jak i konsumentów oraz ogół społeczeństwa. Zaprezentowane prognozy wskazują, iż „efekt 5G” mógłby stworzyć w UE – bezpośrednio i pośrednio – prawie 2,4 mln miejsc pracy.

SOR wskazuje, że cyfryzacja i innowacyjność potrzebują odpowiedniej infrastruktury telekomunikacyjnej, a coraz bardziej zaawansowane usługi cyfrowe wymagają coraz większych przepustowości. Aby sprostać temu wyzwaniu, uruchomiony został projekt strategiczny "Narodowy Plan Szerokopasmowy", którego celem jest zapewnienie wszystkim obywatelom dostępu do infrastruktury szerokopasmowej, w tym poprzez pokrycie obszarów miejskich oraz głównych szlaków komunikacyjnych niezakłóconym zasięgiem sieci 5G.

Podsumowując, wdrożenie sieci 5G w Polsce spełnia jeden z kluczowych postulatów SOR, jakim jest budowa sieci szerokopasmowej. Rozwój sieci 5G umożliwi osiągnięcie wielu z celów zdefiniowanych zarówno w SOR, jak i koncepcji czwartej rewolucji przemysłowej, oraz uzy-

³⁹ "Identification and quantification of key socio-economic data to support strategic planning for the introduction of 5G in Europe", Raport opracowany na zlecenie Komisji Europejskiej, 2016, https://connectcentre.ie/wp-content/uploads/2016/10/EC-Study_5G-in-Europe.pdf



skanie związanych z nimi korzyści społeczno-gospodarczych. W tym kontekście należy stwierdzić, że technika 5G stanowi niezbędne narzędzie dla realizacji krajowej strategii SOR, jak i idei „Przemysłu+”.

Technologia 5G ma kluczowe znaczenie dla budowy nowych rozwiązań technologicznych wspierających powstanie nowoczesnego społeczeństwa informacyjnego. Społeczeństwa, w którym obywatel w czasie rzeczywistym korzysta z interaktywnych e-usług administracji publicznej, zaawansowanych metod diagnostyki e-zdrowia, czy chociażby uczestniczy w masowych wydarzeniach kulturalnych za pośrednictwem wysokiej jakości mediów cyfrowych. 5G będzie miało zasadnicze znaczenie dla rozwoju nowych technologii wspierających przyszłe społeczeństwo cyfrowe, w którym będzie umieszczona duża część transakcji handlowych. Również znacząca liczba e-usług oferowanych przez administrację publiczną będzie oparta na nowej sieci cyfrowej. Zadaniem 5G będzie integracja ogromnych ilości danych wraz ze wszechobecnym i wydajnym dostępem do infrastruktury sieciowej, celem udostępnienia społeczeństwu szeregu nowych usług i procesów cyfrowych będących wyznacznikiem cyfrowej rewolucji. Wykorzystanie łączności komórkowej za pośrednictwem technologii 5G, zamiast samodzielnej konfiguracji domowej sieci WLAN i mechanizmów firewall, pozwoli na usprawnienie działań użytkowników i lepiej zabezpieczy urządzenia. Sieci 5G umożliwią efektywne ekonomicznie wdrożenie usługi szerokopasmowego, stacjonarnego dostępu bezprzewodowego na obszarach wykluczonych. Technologia 5G zostanie także zastosowana w Inteligentnych Miastach poprzez wykorzystanie możliwości jakie daje eMBB i Mobile Edge Computing (MEC), co obniży koszty, poprawi jakość oraz niezawodność usług oraz wprowadzi nowe standardy dla Smart Cities. 5G może być również wykorzystane dla realizacji łączy komunikacyjnych do obsługi dronów, gdzie zastosowanie kamer w jakości HD wymaga zwiększenia dostępu do szerokopasmowego mobilnego Internetu, zaś niskie opóźnienia w transmisji oraz wysoka dostępność umożliwi niezawodne i bezpieczne zdalne sterowanie pojazdem.

Jak wskazuje Ericsson Mobility Report⁴⁰, do 2022 r. 540 mln użytkowników będzie korzystał z technologii 5G, z czego dominującymi regionami staną się Ameryka Północna i Azja Wschodnia, gdzie odpowiednio 25% i 10% mieszkańców będzie korzystał z tej technologii. Podobne dane są prezentowane w raporcie Statista, który przewiduje, że do 2022 r. 545 mln osób będzie korzystało z technologii 5G, z czego prawie 390 mln w Azji Wschodniej, a ponad 110 mln w Ameryce Północnej⁴¹. Natomiast według raportu GSMA w 2025 r. z 5G ma korzystać 1,1 mld ludzi, zaś wykorzystanie tej technologii ma zwiększać skumulowany roczny wskaźnik wzrostu CAGR (*Compound Annual Growth Rate*) spółek telekomunikacyjnych o 2,5% rocznie z obecnej wartości 2,0%, choć analitycy GSMA zakładają, że może to być nawet 5,0%⁴².

Dlaczego 5G jest tak ważne dla polskiej gospodarki? Wynika to m.in. z faktu, że Polska ma wysokiej klasy specjalistów w dziedzinie tworzenia oprogramowania: w międzynarodowych rankingach najlepszych programistów (HackerRank), Polska zajmuje trzecie miejsce na świe-

⁴⁰ “Ericsson Mobility Report”, Ericsson, 2017, <https://www.ericsson.com/assets/local/mobility-report/documents/2017/ericsson-mobility-report-june-2017.pdf>

⁴¹ <https://www.statista.com/statistics/521598/5g-mobile-subscriptions-worldwide/>

⁴² <https://www.gsmainelligence.com/research/?file=0efdd9e7b6eb1c4ad9aa5d4c0c971e62&download>



cie – zaraz po Rosji i Chinach, a w programowaniu w Java (a więc języku dominującym w obszarze aplikacji biznesowych) nawet pierwsze⁴³. Potencjał ten należy wykorzystać i rozwijać, a 5G nadaje się do tego doskonale, bo nowoczesne usługi opierają się głównie na rozwiniętych aplikacjach przenoszących szereg naszych codziennych czynności do sieci. Co więcej, szacuje się że aż 48% korzyści płynących z 5G to przychody generowane właśnie przez kreację nowych usług⁴⁴. Poprzez właściwą popularyzację możliwości jakie niesie 5G (co jest jednym z zadań niniejszego projektu), polscy twórcy oprogramowania będą mogli skuteczniej zaadresować swój wysiłek – tak, by tworzyć usługi generujące faktyczne przychody dla polskiej gospodarki.

Ze względu na fakt, że technologia 5G dotyka niemal wszystkich dziedzin życia społeczno-gospodarczego, projekt istotnie przyczyni się do poprawy konkurencyjności gospodarki polskiej na arenie międzynarodowej. Przyjmując za punkt odniesienia prezentowany od wielu lat wskaźnik konkurencyjności gospodarki GCI (*Global Competitiveness Index*) oraz jego elementy składowe (subindeksy) należy zwrócić uwagę, że rozwój 5G, a tym samym i projekt, ma przełożenie praktycznie na wszystkie subindeksy wskaźnika GCI:

- 1) Środowisko instytucjonalne – wpływ bezpośredni poprzez stworzenie w ramach projektu przepisów i regulacji, potwierdzonych badaniami naukowymi, testami i wnioskami wypracowanymi z udziałem podmiotów rynkowych;
- 2) Infrastruktura – wpływ pośredni; mimo że w ramach projektu nie planuje się bezpośrednich inwestycji infrastrukturalnych, to działania podejmowane w projekcie w sposób realny wpływają na sam proces inwestycyjny tworząc przyjazne środowisko dla wdrożenia 5G;
- 3) Środowisko makroekonomiczne – wpływ pośredni, gdyż poprzez stymulację rozwoju 5G, wzrasta PKB oraz zmienia się rynek pracy;
- 4) Zdrowie i edukacja podstawowa – wpływ pośredni, gdyż poprzez stymulację rozwoju sieci 5G i realizowanych za ich pomocą usług e-zdrowia poprawie ulegnie diagnostyka (w szczególności zdalna) wielu chorób cywilizacyjnych;
- 5) Szkolnictwo wyższe i szkolenia – wpływ pośredni poprzez nowe możliwości, jakie niesie 5G w realizacji szkoleń i wymianie myśli naukowej (np. uczestniczenie on-line w zaawansowanych szkoleniach, z wykorzystaniem funkcjonalności wirtualnej/rozszerzonej rzeczywistości);
- 6) Rozwój sektora finansowego – wpływ pośredni;
- 7) Wielkość rynku – wpływ pośredni; rozszerzenie rynku przez nowe rozwiązania 5G w logistyce, marginalizacja kosztów wymiany handlowej z zagranicą;
- 8) Dojrzałość biznesu – wpływ pośredni;
- 9) Gotowość technologiczna – wpływ bezpośredni, poprzez przygotowanie do wdrożenia 5G w Polsce;

⁴³ <https://programistamag.pl/polscy-programisci-to-o-nich-mowi-caly-swiat/>

⁴⁴ Arthur D. Little and Ericsson, “The 5G business potential”, 2017



10) Innowacyjność – wpływ bezpośredni, poprzez prace na rzecz popularyzacji technologii 5G i innowacyjnych usług/aplikacji, które mogą być realizowane za jej pomocą.

Do roku 2020 r. państwa należące do Unii Europejskiej mają zainwestować około 56,6 mld EUR w 5G, co w 2025 r. przyniesie roczne przychody w głównych sektorach gospodarki w wysokości około 113,1 mld EUR, w tym 62,5 mld EUR z tytułu świadczeń pierwszego rzędu oraz 50,6 mld EUR w skutkach drugiego rzędu (przy czym 63% tych korzyści powstanie w sektorze biznesowym, zaś pozostałe 37% obejmie użytkowników i społeczeństwo). Szacuje się, że efekt 5G stworzy - bezpośrednio i pośrednio - prawie 2,4 mln miejsc pracy w całej UE⁴⁵.

Badania przeprowadzone na rzecz Komisji Europejskiej obejmowały cztery gałęzie gospodarki, które najprawdopodobniej znajdą się w czołówce 5G: motoryzacja, służba zdrowia, transport i sektor energetyczny. Korzyści pierwszego rzędu w tych branżach stanowią bezpośrednie korzyści dla producentów towarów i usług. Motoryzacja jest zdecydowanie najsilniejszą kategorią, która w 2025 r. powinna przynieść korzyść w wysokości 42,2 mld EUR przewyższając pozostałe sektory: opiekę zdrowotną (8,3 mld EUR), usługi komunalne (6,5 mld EUR) oraz transport (5,5 mld EUR).

Korzyści drugiego rzędu, to skutki wykorzystania towarów i usług adresowanych bezpośrednio dla społeczeństwa. Badanie⁴⁶ dotyczyło czterech odmiennych środowisk, na które wpływ będą miały sieci 5G: Inteligentne Miasta, obszary poza miastem, Inteligentne Domy i Inteligentne Miejsca Pracy. Największe korzyści pośrednie będą dotyczyły miejsc pracy - 30,6 mld EUR, które niemal równomiernie wynikają ze zwiększonej wydajności i zmniejszenia odpadów. Sektor obszaru pozamiejskiego przynosi korzyści pośrednie związane z wdrożeniem 5G większe niż Inteligentne Miasta, w wysokości 10,5 mld EUR, głównie z tytułu niższych kosztów łączy szerokopasmowych i wynikającego z tego tytułu swobodnego dostępu do zakupów online. Ograniczenie korków i mniejsza liczba wypadków będą stanowić główny wkład, w wysokości 8,1 mld EUR, do korzyści pośrednich w Inteligentnych Miastach. Korzyści drugiego rzędu w ramach Inteligentnych Domów osiągną 1,3 mld EUR.

Kolejnym segmentem, który zyska dzięki zapewnieniu powszechnego, szerokopasmowego mobilnego dostępu do Internetu poprzez sieć 5G, jest rynek e-commerce. W samej Polsce sprzedaż on-line w 2015 r. wzrosła o 21% w stosunku do roku poprzedniego⁴⁷. Jak prognozują eksperci z Sociomantic Labs⁴⁸, należy oczekiwać znaczącego wzrostu rynku e-commerce

⁴⁵ "Identification and quantification of key socio-economic data to support strategic planning for the introduction of 5G in Europe", Raport opracowany na zlecenie Komisji Europejskiej, 2016

⁴⁶ Tamże.

⁴⁷ <http://www.internetstandard.pl/news/Trendy-i-wyzwania-e-commerce-na-2016-i-2017-rok,406185.html>

⁴⁸ „Barometr e-commerce 2016”, Sociomantic Labs, https://assets.sociomantic.com/site_uploads/sites/4/2016/01/2016_Barometr_ecommerce2016.pdf



w Polsce w nadchodzących latach, który w roku 2020 ma przekroczyć 63 mld PLN (przy wartości 35,8 mld PLN w roku 2016), zaś jednym z najważniejszych stymulatorów jego rozwoju będzie tzw. m-commerce, czyli e-zakupy realizowane za pośrednictwem sieci mobilnych.

5G wpłynie także na zwiększenie wartości przychodów z mobilnych aplikacji biznesowych, poprzez zapewnienie im płynnej, niezawodnej usługi komunikacyjnej, przez co staną się one jedynie ikoną na ekranie, bez potrzeby fizycznej instalacji aplikacji na urządzeniach końcowych. W ten sposób znacząco zwiększy się zasób terminali, na których aplikacje te będą mogły zostać uruchomione (przez wzgląd na brak istotnych wymagań technicznych), gdyż cała logika umiejscowiona zostanie na zewnętrznych serwerach, do których sieć 5G zapewni natychmiastowy dostęp dzięki szybkim transferom danych.

Podsumowując, opracowane prognozy wskazują, że wdrożenie technologii 5G w Polsce wygeneruje do roku 2025 dodatkowy przychód w wysokości 13 mld euro i przyczyni się do powstania ok. 570 tyś. nowych miejsc pracy⁴⁹. 5G będzie stymulowało wzrost w wielu sektorach gospodarki: finanse (+10.3%), motoryzacja (+20.3%), media i rozrywka (+15.7%), transport publiczny (+16.9%), służba zdrowia (+10.9%), bezpieczeństwo publiczne (+16.1%), energia (+14.4%), produkcja (+11%).

Inteligentne miasta

Termin Smart City nie jest pojęciem nowym, ale ciągle jeszcze nie jest w pełni jednoznacznie zdefiniowanym. Według definicji podanej w standardzie ETSI TR 103 290 v1.1.1 (2015-04) miasto może być określone jako inteligentne jeśli inwestycje w kapitał ludzki i społeczny oraz tradycyjny transport i nowoczesną infrastrukturę komunikacyjną TIK podtrzymują rozwój ekonomiczny i wysoką jakość życia z rozsądnym zarządzaniem zasobami naturalnym poprzez rządzenie z udziałem obywateli.

Termin Inteligentne miasto podawany jest na różne sposoby:

1. Inteligentne miasto opiera się na inteligentnej wymianie informacji strumieni, które przepływają między wiele różnymi podsystemami. Strumień informacji jest analizowany i przetłumaczony dla obywateli i usług komercyjnych (ETSI).
2. Miasto będzie działać na przepływ informacji, aby uczynić szeroki ekosystem bardziej efektywnym pod względem zasobów i zrównoważony. Wymiana informacji oparta jest na inteligentnej strukturze zarządzania operacyjnego przeznaczony dla zrównoważonych miast (Gartner, 2011).

⁴⁹ "Identification and quantification of key socio-economic data to support strategic planning for the introduction of 5G in Europe", Raport opracowany na zlecenie Komisji Europejskiej, 2016

3. "Inteligentne miasto" to lokalne jednostki - dzielnice, miasta, regiony lub kraj, które biorą holistyczne podejście do zastosowania technologii informacyjnych do analizy w czasie rzeczywistym, które pobudzają zrównoważony rozwój gospodarczy (IDC 2011).

Jedna z częściej przytaczanych i w miarę najpełniejszych definicji mówi, że Smart City to obszar składający się z czterech głównych elementów:

- kreatywnej populacji realizującej działania intensywnie wykorzystujące wiedzę lub klastry takich działań,
- efektywnie działających instytucji i procedur w zakresie tworzenia wiedzy, umożliwiających jej nabywanie, adaptację i rozwój,
- rozwiniętej infrastruktury szerokopasmowej, cyfrowych przestrzeni, e-usług oraz narzędzi on-line do zarządzania wiedzą,
- udokumentowanej zdolności do innowacji, zarządzania i rozwiązywania problemów.

W języku polskim ten termin tłumaczy się jako inteligentne miasto i powszechnie rozumie się jako twór technologiczny, pomijając często drugi aspekt tej idei - Smart City jako miasta inteligentnych ludzi. Tymczasem istotą Smart City jest przede wszystkim współpraca, a nie technologia, co oddaje sentencja: „smart city is not about technology, smart city is about cooperation” .

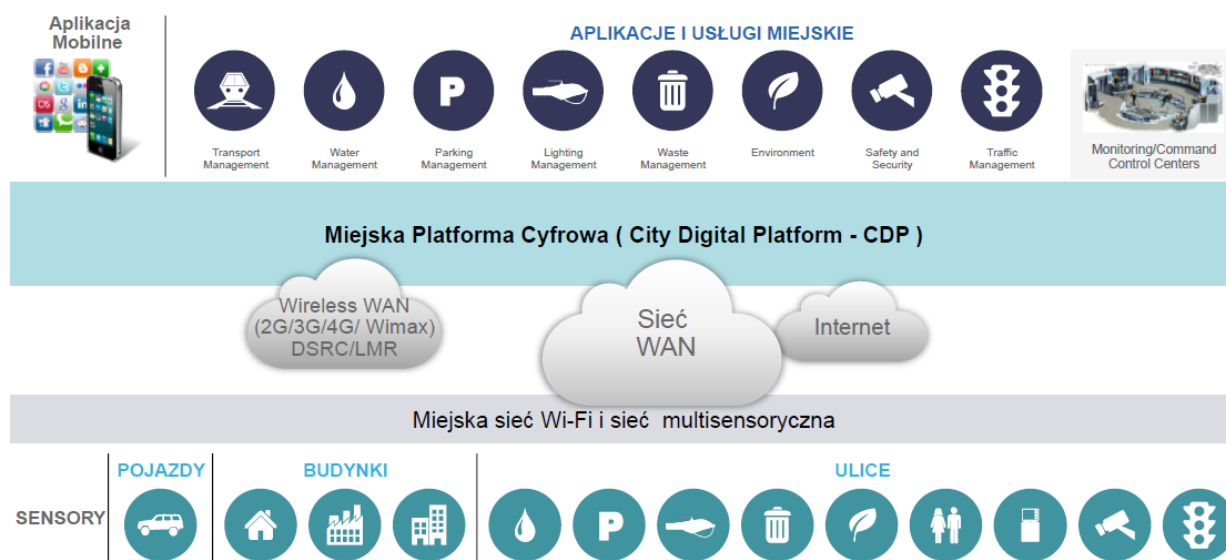
W praktyce Smart City to złożony organizm, łączący inteligentne wykorzystanie nowoczesnych technologii i innowacyjnych rozwiązań z kreatywnością aktywnego społeczeństwa oraz z potencjałem instytucji, firm i ośrodków naukowych. Żeby zasłużyć na miano miasta inteligentnego nie wystarczy być miastem opartym na wiedzy (knowledge-based cities), czy miastem cyfrowym (digital cities). Inteligentne miasto musi wykorzystywać każdy z tych aspektów. Istotny jest również aspekt dotyczący innowacji oraz ekonomiczny. Smart City jest nowoczesną ideą rozwoju miast będącą odpowiedzią na nasilające się procesy urbanizacyjne. Inteligentne miasta dzięki technologiom informacyjno-komunikacyjnym efektywniej wykorzystują dostępne zasoby w celu poprawy jakości życia w mieście i zapewnienia jego zrównoważonego rozwoju. W literaturze spotykamy różne definicje inteligentnych miast.

Z punktu widzenia wykorzystywanych technologii najbardziej trafną wydaje się być definicja Smart City przedstawiona przez T. Bakici, E. Almirall i J. Wareham [2013, s. 135] w studium przypadku Barcelony, która mówi, że Smart Cities: „*opierają swoją strategię na wykorzystaniu technologii informacyjnej i komunikacyjnej w wielu obszarach, takich jak: gospodarka, środowisko naturalne, mobilność i zarządzanie, w celu zmiany infrastruktury i usług miejskich*”. Koncepcja Smart Cities musi pozwalać zatem, uzyskać synergię pomiędzy konkurencyjnością i zrównoważonym rozwojem. Zrównoważony rozwój będzie możliwy do osiągnięcia, dzięki zastosowaniu zasady „first green, then smart.”

Komisja Europejska popiera rozwój projektów Smart City poprzez inicjatywę „Smart Cities and Communities European Innovation Partnership”. Dotyczy to w szczególności projektów,

które łączą w sobie trzy obszary: zarządzanie energią w mieście, zarządzanie transportem oraz technologie informatyczne.

Jedną z kluczowych przesłanek strategii Smart City - nakreślonej przez KE - są działania służące poprawie jakości życia. Mają one fundamentalne znaczenie dla podejmowania wyzwań sprzyjających sprawniejszemu wykorzystaniu istniejących zasobów, w tym m. in. zwiększeniu przepustowości dróg, poprawy komunikacji miejskiej, wydajność sieci energetycznej itp.



Rys. 5. Architektura Smart City – miejska platforma cyfrowa. Źródło: Cisco



Rys. 7. Architektura przedstawiająca poziomy integracji. Źródło: Cisco

Przewiduje się, że sieci 5G dzięki oferowanym funkcjonalnościom (m.in. wsparcie dla masowej komunikacji M2M, zapewnienie minimalnych opóźnień, technologia MEC) staną się katalizatorem dla powstawania innowacyjnych rozwiązań w obszarze *smart cities*.

Identyfikowani są kluczowi interesariusze Smart City:

- Administracja rządowa i samorządowa,
- Sektor publiczny,
- Sektor prywatny,

- Dostawcy usług,
- Uczelnie akademickie i organizacje pozarządowe,
- Mieszkańcy miast.

Budując i zarządzając Smart City uwzględnić należy następujące obszary:

1. Inteligentna telekomunikacja, która oparta będzie na następujących rozwiązaniach technologicznych:

- Zintegrowane centra operacyjne i platformy danych,
- Bezprzewodowe czujniki,
- Infrastrukturę szerokopasmową.

2. Inteligentna mobilność, która oprze się o:

- Inteligentne zarządzanie ruchem,
- Systemy wypożyczalni rowerów,
- Inteligentne parkingi,
- Pojazdy elektryczne i sieci ładujące.

3. Inteligentne zarządzanie, które wykorzysta następujące narzędzia:

- Inteligentne sieci wodociągowe,
- Inteligentne sieci gazowe,
- Systemy zarządzania odpadami.

4. Inteligentne zarządzanie energią, które bazuje na:

- Technologiach Smart Grid,
- Inteligentne systemy oświetleniowe,
- Systemy zarządzania budynkiem

5. Inteligentne bezpieczeństwo, zbudowane w oparciu o:

- Systemy kamer dozorowych,
- Systemy reagowania kryzysowego,

6. Inteligentne serwisy publiczne, które zawierają:

- Usługi publiczne oparte na Internecie,
- Publiczne sieci bezprzewodowe,
- Kioski z usługami publicznymi,
- Zdalne monitorowanie pacjentów,
- Systemy learningowe.

Autonomiczne pojazdy i inteligentne drogi

Samochody stają się coraz bardziej inteligentne – dzięki zamontowanym czujnikom i automatyce potrafią już same parkować, analizować swój stan techniczny, kontrolować pas ruchu czy też rozpoznawać znaki drogowe. Bardziej zaawansowane pojazdy, tzw. autonomiczne,

poruszają się bez udziału czynnika ludzkiego, tj. kierowcy. Przykładowe rozwiązania w tym obszarze obejmują:

- komunikowanie się z innymi pojazdami w celu wymiany danych o warunkach ruchu, zdarzeniach na drodze, itp.;
- automatyzacja poboru opłat na bramkach autostradowych;
- optymalizacja trasy przejazdu oraz zarządzanie ruchem drogowym poprzez komunikację pojazdów z infrastrukturą wokół drogi (np. z sygnalizacją świetlną);
- możliwość komunikacji z pojazdami obiektów położonych wzdłuż planowanej trasy przejazdu (np. komunikowanie się stacji benzynowych z pojazdem w celu przesyłania informacji o aktualnych cenach paliw i dostępnych promocjach);
- możliwość informowania kierowców o dostępnych miejscach parkingowych wraz z podaniem ich szczegółowej lokalizacji oraz umożliwieniem realizacji płatności bezgotówkowych.

Obok rozwiązań systemów inteligentnego transportu, sygnalizacji świetlnej czy zarządzania ruchem drogowym, które już zaczęły funkcjonować na polskich drogach, można zdefiniować wiele koncepcji planowanych do wdrożenia w przyszłości. Obejmują one głównie rozwiązania w zakresie bezpieczeństwa w ruchu drogowym, jak również ułatwiające poruszanie się pojazdów autonomicznych. Większość planowanych rozwiązań będzie bazować na lokalizacji satelitarnej (GPS) i łączności bezprzewodowej co najmniej w standardzie 4G, niemniej jednak realizacja koncepcji pojazdów autonomicznych (z pełną automatyzacją i przewidywaniem) wymaga sieci standardu 5G, przez wzgląd na oferowane przez nią wysoką niezawodność oraz bardzo niskie opóźnienia transmisji.

AR/VR oraz sztuczna inteligencja

Chociaż pojęcia wirtualnej rzeczywistości (ang. *Virtual Reality*, VR) i rozszerzonej rzeczywistości (ang. *Augmented Reality*, AR) są znane od wielu lat, dopiero w kontekście parametrów transmisji zapewnionych przez technikę 5G nabrały istotnego znaczenia.

Oferowane w sieci 5G przepływności oraz znaczne zmniejszenie opóźnień transferu danych dadzą możliwość dokładniejszego odwzorowania rzeczywistości w aplikacjach AR. Dzięki temu, nakładanie warstwy danych na rzeczywisty obraz stanie się procesem dużo bardziej efektywnym niż do tej pory. Z kolei wykorzystanie cech technologii 5G w aplikacjach VR doprowadzi do zwiększenia obszaru ich stosowania. Dla przykładu, możliwa będzie realizacja wirtualnego biura projektowego, skupiającego w jednym miejscu zespół pracujący wspólnie nad danym projektem, którego członkowie dzięki VR mają zapewniony jednakowy komfort pracy niezależnie od ich fizycznej lokalizacji.

Wdrożenie sieci 5G może również wpłynąć na przyspieszenie rozwoju sztucznej inteligencji, poszerzając zarazem zakres jej wykorzystania. Zastosowanie sztucznej inteligencji było do niedawna utożsamiane głównie z automatyzacją procesów przemysłowych (robotyzacja) jak i usługowych (np. zastępowanie tradycyjnej obsługi klienta inteligentnymi rozwiązaniami z zakresu *self-service*). Zapewnienie za pomocą sieci 5G dostępu do różnorodnego spektrum danych umożliwi znacznie szybsze i szersze (w odniesieniu do zakresu danych) zasilanie baz danych, będących podstawą uczenia maszynowego stosowanego w sztucznej inteligencji. Dzięki platformom DMP (ang. *Data Management Platforms*) korzystającym z uczenia maszynowego, możliwe będzie dokonywanie w czasie rzeczywistym analiz w sposób znacząco wykraczających poza ludzkie zdolności.

Zgodnie z szacunkami firmy Gartner w 2020 roku dzięki wykorzystaniu sztucznej inteligencji w firmach na świecie przybędzie 2,3 mln miejsc pracy, podczas gdy 1,8 mln zostanie zlikwidowanych. Z kolei do 2025 r. sztuczna inteligencja przyczyni się do powstania 2 mln miejsc pracy netto.⁵⁰

Telemedycyna

Dzięki wysokiej przepustowości, minimalnym opóźnieniom oraz wsparciu dla komunikacji typu M2M (ang. *Machine-to-Machine*), sieć 5G będzie oferowała nowe możliwości w zakresie opieki zdrowotnej, odnoszące się przede wszystkim do procesów obrazowania, diagnostyki, analityki danych i leczenia. Do realizacji tego celu przewiduje się użycie podzbioru Internetu Rzeczy, tzw. IoMT (ang. *Internet of Medical Things*), obejmującego urządzenia dedykowane do zastosowań medycznych. Przykładem jest elektronika noszona (ang. *wearables*) oraz inne urządzenia monitorujące i udostępniające w sposób zdalny dane medyczne (m.in. dotyczące podstawowych parametrów życiowych), rejestrujące informacje o aktywności fizycznej, nadzorujące czynności związane z przyjmowaniem leków itp. Urządzenia te zapewniają nie tylko monitorowanie, transmisję oraz analizę pozyskanych danych, lecz również umożliwiają przeprowadzenie zdalnych konsultacji lekarskich z wykorzystaniem usług wideokonferencji o wysokiej rozdzielczości. Zastosowanie tego typu rozwiązań bazujących na sieci 5G, gwarantuje natychmiastowy dostęp do wysokiej jakości danych medycznych, zapewniając personelowi lekarskiemu lepszy kontekst dla interpretacji informacji. Niektóre funkcje medyczne o krytycznym znaczeniu wymagają wysokiej niezawodności i dostępności w określonych przedziałach czasowych, często nieprzekraczających kilku milisekund, zaś szereg aplikacji zdrowotnych narzuca żądanie niezawodnej usługi komunikacyjnej o dużej przepustowości. Wymagania te zazwyczaj nie mogą być zaspokojone przez obecnie wykorzystywane sieci telekomunikacyjne, natomiast zakłada się, że sprostą im projektowana sieć 5G.

⁵⁰ <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/gartner-top-strategic-predictions-for-2018-and-beyond/>



Inteligentne rolnictwo

Inteligentne rolnictwo bazuje na intensywnej eksploatacji nowoczesnych technologii TIK, prowadząc w rezultacie do tzw. trzeciej zielonej rewolucji (po wprowadzeniu sztucznych nawozów i rewolucji genetycznej). Rewolucja ta przekształca świat rolnictwa poprzez integrację różnorodnych rozwiązań TIK, takich jak Internet Rzeczy, przetwarzanie dużych zbiorów danych, sprzęt precyzyjny, systemy geolokacyjne, bezzałogowe pojazdy latające (drony) i robotyka. Z punktu widzenia rolnika, inteligentne rolnictwo powinno skutkować wartością dodaną w postaci efektywniejszego procesu podejmowania decyzji oraz bardziej wydajnych działań eksploatacyjnych i zarządczych. W tym kontekście, inteligentne rolnictwo obejmuje trzy wzajemnie połączone obszary technologiczne:

- *Systemy informacji zarządczej*: systemy gromadzenia, przetwarzania, przechowywania i rozpowszechniania danych w formie potrzebnej do wykonywania operacji i funkcji w obrębie gospodarstwa.
- *Rolnictwo precyzyjne*: zarządzanie zmiennością przestrzenną i czasową w celu poprawy zysków ekonomicznych i zmniejszeniu wpływu na środowisko. Obejmuje systemy wspomagania decyzji na potrzeby zarządzania całym gospodarstwem, mające na celu optymalizację zwrotów nakładów przy jak największym stopniu zachowania zasobów, dzięki powszechnemu wykorzystaniu systemów nawigacji satelitarnej, zdjęć lotniczych (w tym pozyskanych z dronów), najnowszej generacji obrazów hiperspektralnych dostarczanych przez satelity, umożliwienie tworzenia map przestrzennych uwzględniających plony, topografię, zawartość materii organicznej, poziomy wilgotności, poziomy azotu itp.
- *Automatyzacja rolnictwa i robotyka*: proces stosowania technik robotyki, automatycznej kontroli i sztucznej inteligencji na wszystkich poziomach produkcji rolnej.

Sieć 5G stanowi dla inteligentnego rolnictwa niezbędną płaszczyznę realizacyjną, która z jednej strony dostarcza infrastrukturę obliczeniową dla systemów aplikacyjnych, z drugiej zaś komunikuje ze sobą poszczególne elementy systemu z zapewnieniem odpowiednich parametrów jakościowych.

Inteligentne sieci energetyczne

Rosnąca liczba urządzeń zasilanych z sieci energetycznych, wraz z koniecznością elastycznego reagowania na popyt, skłoniła producentów i dystrybutorów do wdrożenia systemów wspomagających zarządzanie produkcją i dostawami energii elektrycznej (tzw. *smart grids*). W

celu optymalizacji procesu dostarczania energii konieczne jest pozyskanie informacji o zapotrzebowaniu na moc. Jest to możliwe dzięki urządzeniom rejestrującym bieżące zużycie energii i przesyłającym zgromadzone informacje do dystrybutora za pomocą radiowych i przewodowych sieci transmisji danych.

Istotne staje się także kwestie zarządzania procesami produkcji, przez wzgląd na stale rosnący udział energii elektrycznej uzyskiwanej ze źródeł odnawialnych, której producentami może być duża liczba niezależnych podmiotów. W celu optymalnego wykorzystania zasobów niezbędnych do wytworzenia i dostarczenia energii, konieczne jest zintegrowanie jej rozproszonych źródeł. Pozyskanie wiedzy o oferowanej mocy oraz sterowanie jej dostarczaniem do sieci energetycznej skutkuje koniecznością przesłania odpowiednich informacji poprzez sieci transmisji danych.

Dzięki zapewnieniu minimalnych opóźnień niezbędnych dla procesów sterowania oraz wsparciu obsługi dużych wolumenów ruchu M2M, sieć 5G będzie w stanie sprostać wymaganiom stawianym przez *smart grids*. Dodatkowo, sieci 5G zapewnią komunikację pomiędzy producentami, operatorami sieci przesyłowych i konsumentami w ramach struktur lokalnych lub regionalnych, co umożliwi optymalizację procesów produkcji i dostaw energii elektrycznej. Dzięki wsparciu dla obsługi dużej liczby urządzeń IoT, sieć 5G ułatwi wdrożenie inteligentnych usług łączonych, takich jak inteligentne pomiary, kontrola systemów grzewczych czy monitorowanie infrastruktury wewnątrzbudynkowej służącej do zaopatrywania w wodę, odbioru ścieków, sterowania wentylacją, klimatyzacją, itp.

Bezpieczeństwo publiczne

Technika 5G wprowadzi nowe rozwiązania ukierunkowane na zapewnienie wysokiej niezawodności, dostępności i bezpieczeństwa komunikacji, które są kluczowymi wymogami bezpieczeństwa publicznego. Rozwiązania te to, między innymi, komunikacja Device-to-Device (D2D), separacja płaszczyzny użytkownika i płaszczyzny sterowania za pomocą mechanizmów Software Defined Networking i Mobile Edge Computing, oraz elastyczne wykorzystanie zasobów radiowych w ramach technologii Multi-Connectivity. Warto nadmienić, że sieć 5G z definicji adresuje również problem obsługi obszarów o dużym zagęszczeniu urządzeń radiowych i dużym ruchu telekomunikacyjnym (np.: w trakcie imprez masowych), jak również integrację systemów z sieciami sensorowymi, a więc zagadnienia istotne z punktu widzenia systemów bezpieczeństwa publicznego.

