

ODDZIAŁYWANIE MIAST INTELIGENTNYCH NA ROZWÓJ REGIONU

Brygida Klemens

Wprowadzenie

W dobie dynamicznego rozwoju technologii cyfrowych, postępującej urbanizacji, wyzwań w kontekście zrównoważonego rozwoju, koncepcja miast inteligentnych (*smart city*) zyskuje na znaczeniu. Pojęcie to obejmuje przestrzeń miejską, która wykorzystuje nowoczesne technologie informacyjne i komunikacyjne (ICT) w celu efektywnego zarządzania zasobami, ułatwiania dostępu do usług publicznych oraz podnoszenia jakości życia mieszkańców, z poszanowaniem środowiska naturalnego i klimatu. Miasta inteligentne integrują technologię, taką jak m.in. Internet Rzeczy (IoT), analizy Big Data, chmury obliczeniowe i sztuczną inteligencję w celu szybszego reagowania i lepszego dostosowania do potrzeb mieszkańców.

Koncepcja miasta inteligentnego ewoluuje i podlega dalszym transformacjom, a w kontekście badawczym rozszerza się ją na inne obszary, obejmując już nie tylko miasta, m.in. została zaimplementowana w inteligentnym rozwoju obszarów wiejskich (*smart village*) [m.in. Kalinowski *et al.* 2022]. Analizie poddawane są również związki pomiędzy miastami inteligentnymi a związanymi z nimi obszarami funkcjonalnymi [m.in. Ravazzoli *et al.* 2021; Yi *et al.* 2024]. Istotna badawczo wydaje się też kwestia możliwości implementacji założeń miasta inteligentnego w rozwoju inteligentnego regionu (*smart region*) [zob. Mazza, Mavri 2019].

Miasta inteligentne odgrywają kluczową rolę w procesie stymulowania gospodarki regionalnej, tworząc miejsca pracy i podnosząc jakość życia mieszkańców. Z analizy literatury przedmiotu wynika, że regiony, w których funkcjonują miasta inteligentne często

doświadczają przyspieszonego rozwoju gospodarczego oraz większego bardziej partycypacyjnego zaangażowania społeczności lokalnych. Zjawisko to oddziałuje zarówno na przestrzeń fizyczną i wirtualną, jak i społeczność.

Polityka regionalna coraz częściej uwzględnia ukierunkowanie wysiłków i zasobów na rozwój inteligentnych miast, głównie poprzez strategiczne planowanie, w którym *smart city* odgrywają coraz istotniejszą rolę. Celem tego rozdziału jest jednak próba zdefiniowania głównych korzyści z funkcjonowania miast inteligentnych dla rozwoju regionu, w podziale na trzy kategorie: dla gospodarki, dla społeczności, dla zrównoważonego środowiska. Uwzględniono również kwestię wybranych wyzwań w regionie wynikających z funkcjonowania miast inteligentnych.

Koncepcja miasta inteligentnego

Historia koncepcji miasta inteligentnego (*smart city*) sięga lat 90. XX w., kiedy to pojawiła się w debacie publicznej w Stanach Zjednoczonych [Rosati, Conti 2016], przy czym w Europie wzrost zainteresowania nią przypada na okres po 2010 r., kiedy to w Strategii „Europa 2020” została wskazana jako jeden z trzech głównych kierunków rozwoju krajów Wspólnoty. W obliczu narastającej globalizacji kwestia efektywnego wykorzystania własnych zasobów miast i poprawa jakości życia ich mieszkańców z wykorzystaniem zaawansowanych technologii stała się bardzo atrakcyjną koncepcją. Rozwiązania *smart* w szerokim ujęciu lepszego dostępu do usług publicznych powodują, że miasta są bardziej przyjazne do życia, oraz zdolne do szybszego reagowania na kryzysy i nowe wyzwania.

Celem miast inteligentnych jest zwiększenie wydajności planowania urbanistycznego pod względem optymalizacji zasobów, urbanizacji, wzrostu liczby ludności, dostaw energii, gospodarki odpadami, gospodarki wodnej, czy powiązanej mobilności i telekomunikacji [Biancardi *et al.* 2021].

Koncepcja miasta inteligentnego (*smart city*) ma według części autorów charakter holistyczny, zaczynając się od tworzenia struktury mieszkaniowej i komercyjnej i zapewniając lepsze wyniki niż prosta suma ich elementów składowych [Visvizi, Lytras 2018; Baldi *et al.* 2023; Glebova, Lewicki 2022]. Wielkość struktury nie ma istotnego znaczenia, gdyż może być ona z powodzeniem implementowana zarówno w dużych aglomeracjach, jak i w mniejszych miastach [Visvizi, Lytras 2018]. Zasadniczym celem wdrażania tej koncepcji jest dbałość o większą efektywność funkcjonowania miasta w głównych sześciu obszarach: gospodarka, ludzie, zarządzanie, mobilność, środowisko i jakość życia, z wykorzystaniem w każdym z tych obszarów nowoczesnych technologii [Rzeńca, Kamińska 2023].

Jest to koncepcja wielowymiarowa, podlegająca ciągłej ewolucji. W pierwszej generacji *smart city* najważniejsze były zaawansowane technologie, które miały poprowadzić ewolucję miasta w kierunku futurystycznej metropolii. Ponieważ część rozwiązań technologicznych wprowadzanych było autorytarnie, bez zrozumienia rzeczywistych potrzeb

mieszkańców, prowadziło to do niezrównoważonego rozwoju miast. Rozpatrywanie koncepcji *smart city* jedynie w kontekście technologicznym, rozumianym jako możliwość poprawy jakości życia dzięki innowacyjnej infrastrukturze miejskiej [Borkowska, Osborne 2018], skutkowało osłabieniem znaczenia czynnika ludzkiego.

W *smart city* drugiej generacji rolę głównego czynnika rozwoju odgrywały władze miasta, które miały pozostawać wyczulone na potrzeby mieszkańców jednocześnie implementując nowoczesne technologie w sposób jak najbardziej optymalnie rozwiązujący lokalne problemy. Trzecia generacja *smart city* za kluczowy element rozwoju postrzega partycypacyjny udział mieszkańców miast w procesie decyzyjnym, co prowadzić ma do powstania zintegrowanych ekosystemów miejskich [Cohen 2015].

Można więc powiedzieć, że dla rozwoju inteligentnego miasta niezwykle istotny jest wysokiej jakości kapitał ludzki i społeczny, zaangażowani mieszkańcy i władze lokalne o wysokich umiejętnościach i kompetencjach zarządczych, skutecznie integrujący innowacje i nowoczesne technologie w celu podnoszenia jakości życia mieszkańców. Nie chodzi więc jedynie o wprowadzanie zaawansowanych technologii, ale o wykorzystywanie ich według zidentyfikowanych potrzeb mieszkańców, z poszanowaniem zasad zrównoważonego rozwoju, łącząc rozwój gospodarczy i technologiczny z umiejętnym rozwiązywaniem problemów społecznych i poszanowaniem ochrony środowiska naturalnego.

Wysokiej jakości infrastruktura technologiczna i cyfrowa jako kluczowy czynnik oddziaływania miast inteligentnych na rozwój obszaru

W literaturze przedmiotu miasto inteligentne (*smart city*, *intelligent city*) określane bywa również jako miasto cyfrowe (*digital city*), podkreślając rolę nowych technologii w podnoszeniu jakości życia jego mieszkańców, poprawie funkcjonalności i zrównoważonego rozwoju obszarów miejskich.

Sprawne zarządzanie i optymalizacja usług publicznych są wspierane przez wykorzystywanie zaawansowanych technologii [Zanella *et al.* 2014], pozwalając oferować wyższy ich poziom i zapewnić efektywniejsze zarządzanie miastem [Heffner *et al.* 2024]. Rozwinięta infrastruktura komunikacyjna wspiera interakcję między obywatelami a administracją miejską, co ułatwia dostęp do informacji oraz optymalizuje dostęp do wysokiej jakości usług publicznych.

W odniesieniu do infrastruktury technicznej i cyfrowej jedną z kluczowych cech miasta inteligentnego jest integracja technologii informacyjnych i komunikacyjnych (ICT). Dzięki technologiom ICT możliwe jest efektywne zarządzanie zasobami miejskimi w szerokim kontekście. Integracja technologii, m.in. takich jak: Internet rzeczy (IoT), Big Data, chmury obliczeniowe (*cloud computing*), sztuczna inteligencja (AI),

pozwala łatwiej zbierać dane z różnych systemów miejskich, takich jak m.in. komunikacja, energia, zarządzanie odpadami, dostęp do usług publicznych – i na tej podstawie podejmować lepsze decyzje, optymalizując zasoby [Rocon de Alvarez 2017; Yermachenko 2023; Nikolov 2024].

Wysokiej jakości infrastruktura cyfrowa obejmuje m.in. internetowe sieci szerokopasmowe, systemy telekomunikacyjne, centra danych i serwery przechowujące, przetwarzające i zarządzające bardzo dużymi ilościami informacji, które powstają w toku aktywności miejskiej [Mora *et al.* 2019]. Infrastruktura taka pozwala na komunikację różnych urzędzeń i aplikacji w czasie rzeczywistym.

IoT to sieć połączonych urządzeń, komunikujących się między sobą i wymieniających się danymi. Przykładowe zastosowanie IoT w miastach inteligentnych to m.in. monitorowanie ruchu, jakości powietrza, zarządzanie energią. Swobodna wymiana danych umożliwia podejmowanie takich decyzji, które są jak najlepiej dostosowane do potrzeb obywateli [Srivastava *et al.* 2024].

Dzięki gromadzeniu i analizie dużych ilości danych (Big Data) dotyczących działalności miejskiej można rozpatrywać wzorce i trendy, co przekłada się m.in. na lepsze planowanie funkcjonowania miasta, poprawę bezpieczeństwa publicznego i zrównoważonego rozwoju w szerokim ujęciu. W procesie tym dużą rolę odgrywają chmury obliczeniowe, które pozwalają m.in. na integrację i analizę danych pomiędzy różnymi departamentami administracji miejskiej [Srivastava *et al.* 2024].

Obecnie obserwujemy ogromny skok technologiczny w obszarze możliwości obliczeniowych i wykorzystania sztucznej inteligencji (*artificial intelligence*: AI), która może być określana jako zbiór powiązanych ze sobą technologii i systemów, naśladujących funkcje poznawcze ludzkiego umysłu i służących rozwiązywaniu problemów, wykonywaniu zadań, wydawaniu rekomendacji (itp.) bez wyraźnych wskazówek lub z ograniczonymi wytycznymi ze strony człowieka [Cugurullo 2020; Xiang *et al.* 2021]. Sztuczna inteligencja staje się kluczowa w sytuacji, w której przetwarzane są ogromne dane generowane w procesie funkcjonowania *smart city*, co umożliwia analizę predyktywną, automatyzację decyzji oraz personalizację usług [Yigitcanlar *et al.* 2020; Yigitcanlar *et al.* 2022]. Celem wykorzystania AI w funkcjonowaniu miast inteligentnych jest rozwiązywanie bardziej złożonych problemów miejskich, głównie z wykorzystaniem nowoczesnych technologii i dużej ilości danych [Batty 2020; D’Amico *et al.* 2021].

Wykorzystywanie zaawansowanych urządzeń i technologii, które umożliwiają zbieranie i przetwarzanie danych w czasie rzeczywistym (m.in. czujniki, inteligentne liczniki, systemy monitorowania), pozwala lepiej zarządzać zasobami i dostosowywać je do potrzeb w danym momencie i miejscu [Yermachenko *et al.* 2023]. Wysokiej jakości infrastruktura cyfrowa umożliwia zwiększenie dostępu i poprawę jakości usług publicznych, wypełniając lukę pomiędzy administracją a obywatelami oraz dynamicznie reagując na zmieniające się warunki.

Połączenie fizycznej infrastruktury miasta z technologiami cyfrowymi zapoczątkowało rozwój inteligentnej infrastruktury (*smart infrastructure*), której celem jest efektywne

wykorzystanie zasobów środowiska miejskiego przez wszystkie grupy interesariuszy po to, by zapewnić bardziej komfortowe, bezpieczne i ekologiczne warunki życia [Yermachenko *et al.* 2023].

Korzyści dla regionu z funkcjonowania miast inteligentnych

W głównym nurcie naukowym dotyczącym koncepcji *smart city* zakłada się, że oddziałuje on na miasto lub ewentualnie na obszary funkcjonalne miasta. Pojawiają się jednak głosy wskazujące, że należy dokonać rewizji tej koncepcji i rozszerzyć stosowanie jej na dużą skalę, przechodząc od miasta inteligentnego do inteligentnego regionu/obszaru, który rozumiany może być jako miasto w ujęciu terytorialnym, ale składające się z klastrów połączonych długoterminową perspektywą rozwoju [Greco, Cresta 2015]. Takie rozważania wskazują, że nie należy zawężać tej koncepcji do granic administracyjnych miasta, ale rozpatrywać szerokie powiązania społeczno-funkcjonalno-przestrzenne.

Inteligentne miasta poprzez szeroko rozumianą współpracę w regionie, mogą prowadzić do większej spójności terytorialnej, pozytywnie wpływając na rozwój regionalny. Korzyści dla regionu z funkcjonowania na jego obszarze miast inteligentnych jest wiele. Głębszej analizie poddane zostały trzy kategorie korzyści: dla gospodarki, społeczne, zrównoważony rozwój.

Korzyści dla gospodarki

Korzyści ekonomiczne dla regionu płynące z miast inteligentnych przejawiają się w ich zdolności do wspierania istniejących rynków, kreowania nowych rynków i zwiększania możliwości zatrudnienia. Korzyści te w dużej mierze związane są z rozwojem technologii ICT.

Miasta inteligentne kreują popyt rynkowy i impuls do rozwoju sektora ICT [Dameri, Ricciardi 2015], a to z kolei prowadzi do tworzenia nowych miejsc zatrudnienia w różnych sektorach, nie tylko w samym mieście. Inwestycje w miasta inteligentne powodują zmniejszenie kosztów prowadzenia działalności, właśnie dzięki zastosowaniu nowoczesnych technologii ICT [Asongu, Moulin 2016], jak również ułatwiają dostęp do informacji i dzielenia się wiedzą, co wspiera funkcjonowanie już działających firm, jak i pobudza tworzenie nowych [Neirotti *et al.* 2014; Angelidou 2015; Gil-Garcia *et al.* 2016; Chen *et al.* 2024]. Wymienione korzyści w pozytywny sposób oddziałują na stymulowanie przedsiębiorczości i innowacyjności w regionie. Ponadto cyfryzacja jest zjawiskiem wpływającym na uelastycznienie form pracy, łatwiejszy dostęp do szeroko rozumianych usług, realną oszczędność czasu i kosztów transportu [Heffner *et al.* 2024].

Integracja infrastruktury cyfrowej, m.in. Internet Rzeczy (IoT), Big Data, sztuczna inteligencja, stymuluje rozwój gospodarczy w różnych regionach i wpływa na zwiększanie poziomu innowacyjności i produktywności firm. Dobrym przykładem mogą być inwestycje

w infrastrukturę cyfrową i promowanie innowacji m.in. w turystyce w Bahrajnie, co odegrało istotną rolę w napędzaniu wzrostu gospodarczego [Hamid 2024]. W badaniu przeprowadzonym w Chinach udowodniono, że budowa inteligentnych miast prowadzi do wzrostu wydatków na B+R w regionie, co zwiększa prawdopodobieństwo sukcesu innowacji i wspiera wzrost gospodarczy [Ma *et al.* 2024].

Tworzenie *smart city* staje się bodźcem do przeprowadzenia transformacji informatycznej w przedsiębiorstwach, co może pobudzać tworzenie nowych produktów, usług czy modeli biznesowych, a wręcz nowych branż i skutkować impulsem do ekspansji rynku pracy w całym regionie [Yousaf *et al.* 2021]. Inteligentne rozwiązania mogą również ułatwić uproszczony i bezpieczniejszy dostęp do bankowości i finansowania dla małych i średnich przedsiębiorstw [Truby 2020].

W kontekście rozwoju regionalnego kluczowe zdaje się stworzenie warunków do utrzymania oraz przyciągania nowych mieszkańców, będących potencjalnym rezerwuarem kapitału ludzkiego, a inwestycje w infrastrukturę smart mogą być takim narzędziem. Rewolucja, która nastąpiła na rynku pracy w trakcie pandemii Covid-19, a więc wdrożenie elastycznych form trybu pracy (np. praca zdalna), stwarza możliwości rozwijania firm i zatrudnienia wszędzie tam, gdzie jest odpowiednio dobrej jakości dostęp do sieci internetowej, a więc również na obszarach pozamiejskich. Inwestycje w inteligentną mobilność – miejską i pozamiejską – mogą mieć pozytywny wpływ na proces rozwoju regionu, m.in. w kontekście dojazdów do pracy, czy też wypoczynku i rekreacji.

Zdolność inteligentnych miast do tworzenia nowych rynków i możliwości zatrudnienia dotyczy nie tylko dużych i rozwiniętych aglomeracji, ale również miast rozwijających się, z wieloma problemami nawet w zakresie bazowej infrastruktury. W Afryce kluczowym czynnikiem wzrostu gospodarczego okazała się inteligentna gospodarka, wspierająca dobrobyt i odporność poprzez koncentrację na mieszkańcach [Mboup 2019].

Korzyści społeczne

Początkowe podejście do miasta inteligentnego jako miasta cyfrowego, związanego z rozwojem infrastruktury technologicznej, zostało zmodyfikowane w kierunku miasta integrującego społecznie, służącego wzmocnieniu kapitału społecznego i ludzkiego, podejścia partycypacyjnego oraz miasta o podwyższonej jakości życia [Greco, Cresta 2017].

W literaturze przedmiotu podkreśla się, że koncepcja *smart city* służy szczególnie poprawie jakości życia i ułatwieniu dostępu do usług publicznych, w tym zwłaszcza inteligentnych usług publicznych, takich jak np. inteligentna opieka zdrowotna, inteligentna edukacja, inteligentna komunikacja, e-administracja. Przykładowo inteligentna opieka zdrowotna oferuje dogodne i dostępne usługi medyczne dzięki telemedycynie i inteligentnemu monitorowaniu stanu zdrowia; inteligentna edukacja poprawia jakość i sprawiedliwość edukacji dzięki internetowym platformom edukacyjnym i spersonalizowanym rozwiązaniom edukacyjnym [Liu 2024]. Ostatnie lata spowodowały przyspieszenie implementacji oraz

masowe społeczne wykorzystanie usług, m.in. publicznych, świadczonych zdalnie, w czym kluczowe jest dobre połączenie z Internetem i kompetencje cyfrowe [Heffner *et al.* 2022]. Rozwiązania te nie są dostępne jedynie mieszkańcom miasta, ale całego regionu, co sprzyja promowaniu równości społecznej zapewniając wszystkim mieszkańcom dostęp do korzyści z rozwoju miast. Dzięki odpowiedniej jakości życia można przyciągać i zatrzymać wysokiej jakości kapitał ludzki, który korzystać będzie z oferty regionu i oddziaływać na jego rozwój.

W celu poprawy jakości życia obywateli, inteligentne miasta powinny dostosowywać się do wymagań i pomysłów różnych interesariuszy, po to, by ich efekty mogły służyć i przynosić korzyści wielu grupom [Wang *et al.* 2023]. Sprawnie działające inteligentne miasta zapewniają warunki, w których szeroko rozumiane grono interesariuszy może angażować się i współpracować korzystając z internetowych narzędzi partycypacyjnych [Romanelli 2013; Lim *et al.* 2024]. Takie podejście może mieć szerokie zastosowanie wśród interesariuszy regionalnych, ograniczając czas i koszty dojazdu oraz wzmacniając poczucie uczestnictwa i sprawczości w kontekście oddziaływania miasta na cały obszar. Jak wykazano w Chinach inteligentne budowanie miast poprawia łączność i interakcje między obszarami miejskimi i wiejskimi, sprzyjając rozwojowi współpracy [Gong, Shan 2023].

Inteligentne i partycypacyjne obywatelstwo jest kluczowe dla zrównoważonego rozwoju w przyszłości [Zavratnik *et al.* 2020], przy czym ważniejsze jest zaangażowanie i aktywne uczestnictwo, czyli jakość kapitału ludzkiego, aniżeli wielkość społeczności, gdyż nawet mniej zurbanizowane obszary mogą doświadczyć inteligentnego rozwoju [Blasi *et al.* 2022; Makiela *et al.* 2022]. To istotny wniosek w kontekście rozwoju inteligentnej koncepcji na obszarze całego regionu, gdzie zasoby ludzkie są skumulowane w różnym zagęszczeniu.

W sytuacji łatwego dostępu do nowoczesnych technologii i podnoszenia kompetencji cyfrowych, grupy dotychczas marginalizowane społecznie, o niskim wykształceniu i umiejętnościach, a także osoby starsze (m.in. emeryci) i zamieszkujące poza obszarem miejskim, mogą uzyskać dostęp do rynku pracy korzystając z platform cyfrowych, takich jak np. Uber, Bolt [Ménascé *et al.* 2017].

Zrównoważony rozwój w regionie

Według szacunków w 2050 r. ok. 66% światowej populacji będzie mieszkać na obszarach miejskich, co wskazuje na skalę problemu, jakim będzie przyspieszona urbanizacja, wymagająca nowych sposobów organizacji funkcjonowania miast, zaopatrzenia mieszkańców w żywność i media oraz koncentracja na ochronie środowiska i zrównoważonym rozwoju [Lai *et al.* 2020; Sá *et al.* 2025].

Urbanizacja jest bardzo ważnym czynnikiem napędzającym rozwój miast, ale powinna być zrównoważona [Salat 2011; Heffner, Twardzik 2022]. Naturalną konsekwencją urbanizacji i rozwoju miast jest proces ekspansji/rozlewania się miast na sąsiednie (*urban sprawl*), głównie wiejskie obszary [Uhel 2006]. Proces ten stanowi poważne wyzwanie

dla zrównoważonego rozwoju regionów [Habibi *et al.* 2011; Parmar *et al.* 2023; Brenner *et al.* 2024]. Zjawisko rozprzestrzeniania się miast ma charakter multidyscyplinarny, ponieważ dotyczy kwestii takich, jak planowanie urbanistyczne, jakość życia, kwestie społeczne i gospodarcze, transport, środowisko naturalne, itp. W rezultacie rozlewanie się miast jest spowodowane różnymi czynnikami [Yasin *et al.* 2021].

Proces rozlewania się miast prowadzi do wielu problemów [Bhatta 2010; Fuladlu *et al.* 2021], skutkując nierównomiernym rozwojem miast [Gielen *et al.* 2021; Hassan *et al.* 2023], w tym chaosem przestrzennym [Śleszyński *et al.* 2020], kosztowną dostępnością usług publicznych, nierównomiernymi połączeniami transportowymi [Sass, Porsse 2021], wysokim zużyciem energii [Ewing 2008; Garrido-Cumbrera *et al.* 2018], zanieczyszczeniem powietrza [Hardi *et al.* 2020], występowaniem miejskich wysp ciepła [Singh, Kalota 2019], migracją ludności z miast na przedmieścia [Małek 2011], czy problemami zdrowotnymi [Manjunatha *et al.* 2019]. Problemy te obejmują szeroki zakres aspektów życia w mieście: społeczne, ekonomiczne, zdrowotne, środowiskowe, przestrzenne i inne. Te negatywne skutki przekładają się na wzrost kosztów ponoszonych przez gminy podmiejskie i same miasta [Kowalewski *et al.* 2014], ponieważ są one zmuszone do podejmowania wielu obowiązków związanych z obsługą mieszkańców, przy czym koszty te nie są rekompensowane odpowiednimi korzyściami [Harasimowicz 2018; Kociuba, Kowalska 2020].

Zjawisko rozlewania się miast zaczyna być również analizowane w kontekście wykorzystania energii odnawialnej. Jeśli chodzi o zużycie energii, powszechnie przyjmuje się, że rozlewanie się miast powoduje problemy, głównie z powodu rozprzestrzeniania się domów jednorodzinnych, które zwiększają rozpraszanie ciepła (większa powierzchnia zewnętrzna budynków) i emisje do atmosfery (np. z powodu prywatnego transportu samochodowego) [Diamantini, Vettorato 2011]. Z drugiej strony, systemy fotowoltaiczne, które są coraz częściej wykorzystywane do produkcji energii w domach jednorodzinnych, są jednym z narzędzi do walki z negatywnymi zmianami klimatycznymi. Zakłada się, że energia słoneczna jest powszechnie uważana za czystą. Biorąc pod uwagę obecną sprawność paneli fotowoltaicznych (od 15 do 20%, a w najbardziej zaawansowanych przypadkach nawet do 26% [Padi *et al.* 2021]), do produkcji tej czystej energii potrzebne są duże powierzchnie dachów: obszary rozrastających się miast wydają się idealnie pasować do tego zapotrzebowania [Hołuj *et al.* 2021].

Integracja inteligentnych technologii w planowaniu urbanistycznym optymalizuje wykorzystanie zasobów i zmniejsza emisję dwutlenku węgla. W Indiach inicjatywy inteligentnych miast poprawiły gospodarowanie odpadami i energią, przyczyniając się do zrównoważonego rozwoju środowiska, głównie poprzez integrację infrastruktury cyfrowej [Tayeng *et al.* 2024]. Inteligentne miasta wykorzystują technologie, takie jak inteligentne sieci, odnawialne źródła energii i energooszczędne rozwiązania, aby promować zrównoważony rozwój.

Odpowiednio zaplanowany i wdrożony zautomatyzowany transport, uwzględniający powiązania miejsko-wiejskie, może wzmocnić połączenie między miastami a ich zapleczem

i promować rozwój regionalny [Soe 2020]. Transport taki może również zwiększyć dostępność dla kobiet, dzieci i osób starszych, wpłynąć na poprawę bezpieczeństwa na drogach i zmniejszyć wpływ miast na środowisko, m.in. poprzez zmniejszenie liczby pojazdów na drogach i związanej z tym emisji CO₂ [Grindsted *et al.* 2022]. Włączenie inteligentnych środków transportu do ram rozwoju regionalnego może wpłynąć na poprawę konkurencyjności oraz zrównoważony rozwój i jakość życia w regionach. Przykładem może być Południowy Region Morza Egejskiego w Turcji, gdzie włączono strategię inteligentnego transportu do regionalnego planu rozwoju, koncentrując się na transformacji cyfrowej i zielonym wzroście [Özbek, Karaçoban 2025].

W literaturze podkreśla się potencjał rozwiązań inteligentnych miast, aby przyczynić się do realizacji celów zrównoważonego rozwoju w regionie, takich jak m.in.: zrównoważone miasta i społeczności, dobre zdrowie i *wellbeing*, czysta energia, przeciwdziałanie zmianom klimatu, czy odpowiedzialna konsumpcja i produkcja [Sharifi *et al.* 2024]. Zrównoważony rozwój to podstawowy filar rozwoju inteligentnych miast, przejawiający się m.in. w zmniejszeniu śladu ekologicznego z jednoczesną poprawą jakości życia mieszkańców.

Wybrane współczesne wyzwania w funkcjonowaniu smart city dla rozwoju regionu

Wykorzystywanie nowoczesnej technologii ICT jest coraz powszechniejsze i łatwiejsze. Jednak wciąż pozostają wyzwania, takie jak m.in. nierówność cyfrowa i wykluczenie grup zmarginalizowanych, co stanowi istotną barierę w osiągnięciu równości społecznej w obszarach oddziaływania inteligentnych miast. Przeprowadzone badania wykazały, że korzyści płynące z inteligentnych miast koncentrują się zazwyczaj na obszarach miejskich, pozostawiając regiony wiejskie w zdecydowanie niekorzystnej sytuacji [Gong, Shan 2023]. Przeciwdziałanie tej sytuacji może polegać na priorytetowym rozwoju infrastruktury cyfrowej na obszarach wiejskich oraz zapewnieniu integracji i sprawiedliwości inicjatyw inteligentnych miast.

Brak wykwalifikowanej siły roboczej w nowych technologiach może utrudniać skuteczne wdrażanie inicjatyw inteligentnych miast [Sharifi *et al.* 2024]. Istotna jest również kwestia luki kompetencyjnej w zakresie technologii cyfrowych pomiędzy mieszkańcami miast (zwłaszcza dużych), a pozostałych obszarów regionu.

Kolejnym wyzwaniem w obszarze cyfryzacji jest brak intencji ochrony Internetu jako cyfrowej przestrzeni publicznej. Wynika to z faktu, że umieszczane treści na stronach internetowych trafiają do nieokreślonego kręgu podmiotów, a instrumentów chroniących tę przestrzeń, tak jak w przypadku przestrzeni fizycznej [Sikora-Fernandez 2022].

Szerokie wykorzystywanie sztucznej inteligencji w miastach inteligentnych poddawane jest również krytyce, co najmniej w dwóch aspektach: bezkrytyczne analizowanie danych za pomocą AI może wskazywać na rozwiązania, nieuwzględniające zróżnicowania społecznego i humanistycznego podejścia do rozwoju miasta [Susar, Aquaro 2019; Wirtz

et al. 2019]. Drugi aspekt to kwestia etyki dostępu i wykorzystania danych – w dobie obywatelstwa cyfrowego coraz szersze wykorzystywanie sztucznej inteligencji, łańcucha bloków (*blockchain*) czy algorytmicznego zarządzania danymi w zarządzaniu miastem staje się jednym z bardziej palących wyzwań etycznych i społecznych, głównie w kontekście własności danych przez globalne firmy informatyczne i zarządzania nimi [Kolotouchkina *et al.* 2024].

Rozwój infrastruktury inteligentnych miast nie jest pozbawiony wyzwań. Realizacja takich projektów związana jest bardzo często ze znacznymi kosztami inwestycji z góry, ale także w przyszłości w celu jej utrzymania. Trwałość finansowa takich inwestycji staje się więc problemem [Puron-Cid, Gil-Garcia 2022]. Zapewnienie bezpieczeństwa infrastruktury to kolejny kosztowny aspekt wdrażania idei *smart*. Obciążenie finansowe związane z projektami inteligentnymi może znacznie obciążać budżety lokalne, a więc tym bardziej istotna jest ich koordynacja i realizacja na większym obszarze, co pozwala na podział kosztów [Gracias *et al.* 2023].

Zakończenie

Rozwój miast inteligentnych ma zasadnicze znaczenie we współczesnym rozwoju obszarów miejskich i regionów, które mierzą się z wieloma wyzwaniami związanymi z urbanizacją, zrównoważonym rozwojem, starzeniem się społeczeństwa, zmieniającymi się oczekiwaniami społecznymi. To wszystkie dzieje się w środowisku, w którym niezwykle szybko następują zmiany technologiczne i geopolityczne.

Miasta inteligentne mają większą zdolność dostosowywania się do zmieniających się warunków społeczno-ekonomicznych, głównie wykorzystując w tym celu nowoczesne technologie oraz infrastrukturę (fizyczną oraz cyfrową). Integracja technologii ICT sprzyja automatyzacji wielu procesów zarządczych, gromadzi i analizuje dane o potrzebach użytkowników niemal w czasie rzeczywistym oraz zwiększa zdolność do szybkiego reagowania na nie, co podnosi komfort życia i istotnie ułatwia dostęp do usług publicznych.

Miasta inteligentne oddziałują na pobudzenie gospodarki w bardzo szerokim ujęciu, m.in. uelastyczniając formy pracy, zmniejszając koszty prowadzenia działalności, zwiększając wydajność przedsiębiorstw, ułatwiając dostęp do danych i wiedzy, co przyciąga inwestycje i kreuje warunki do powstawania nowych miejsc pracy, w tym w nowych branżach.

Inwestycje w inteligentną mobilność – miejską i pozamiejską – mogą mieć pozytywny wpływ na proces rozwoju regionu, m.in. w kontekście dojazdów do pracy, czy też wypoczynku i rekreacji.

Rozwiązania inteligentne w postaci e-usług: zdrowotnych, edukacyjnych, komunikacyjnych, administracyjnych, itp. nie są dostępne jedynie mieszkańcom miasta inteligentnego, ale całego regionu, wpływając na zwiększenie spójności społecznej. Dzięki odpowiedniej jakości życia można przyciągać i zatrzymać wysokiej jakości kapitał ludzki, korzystający z oferty regionu i oddziałujący na jego rozwój.

W miastach inteligentnych obywatele charakteryzują się większym zaangażowaniem w procesy decyzyjne, czemu sprzyja korzystanie z nowoczesnych rozwiązań w zakresie komunikacji (w tym zdalnej) czy transportu. Lepsze zrozumienie potrzeb społeczności wpływa na dostosowanie polityk i działań do oczekiwań.

Sprawnie funkcjonujące inteligentne miasta kreuje warunki, dla szeroko rozumianego grona interesariuszy, którzy mogą angażować się i współpracować dzięki korzystaniu np. z internetowych narzędzi partycypacyjnych. Takie podejście może mieć szerokie zastosowanie wśród interesariuszy regionalnych, gdyż ogranicza czas i koszty dojazdu, wzmacnia zaangażowanie i poczucie sprawczości.

Urbanizacja jest ważnym czynnikiem napędzającym rozwój miast, a jej naturalną konsekwencją jest proces rozlewania się miast na sąsiednie, głównie wiejskie obszary, co jest poważnym wyzwaniem dla zrównoważonego rozwoju regionów. Niekontrolowany *urban sprawl* generuje wiele problemów o multidyscyplinarnym charakterze. Jednak rozwój miast inteligentnych i ich oddziaływanie na region powinno być dobrze zaplanowane i konsekwentnie realizowane. Nowe technologie wspierają transformację energetyczną oraz zrównoważony rozwój, co wpływa nie tylko na branżę energetyczną (lub wręcz energii odnawialnych), ale przyczynia się do ekologicznej transformacji całych regionów. Ponieważ do produkcji czystej energii potrzebne są duże powierzchnie dachów, obszary rozrastających się miast wydają się idealnie pasować do tego zapotrzebowania. Integracja inteligentnych technologii w planowaniu urbanistycznym optymalizuje wykorzystanie zasobów i zmniejsza emisję dwutlenku węgla.

Funkcjonowanie miast inteligentnych stanowi również wyzwanie w kontekście rozwoju regionu. Nierównomiernie rozwinięta infrastruktura, różnej jakości dostęp do Internetu, różny poziom kompetencji cyfrowych, itp. stają się przyczynkiem do wzrostu poziomu dysproporcji rozwojowych pomiędzy miastami (głównie inteligentnymi) a obszarami peryferyjnymi, mniej zurbanizowanymi. Przeciwdziałanie tej sytuacji może polegać na priorytetowym rozwoju infrastruktury cyfrowej na obszarach wiejskich i peryferyjnych oraz zapewnieniu integracji i sprawiedliwości szeroko rozumianych inicjatyw inteligentnych miast.

Nie bez znaczenia pozostają też wyzwania związane z dostępem do gromadzonych i analizowanych danych cyfrowych na temat potrzeb mieszkańców, czy też zagrożenia związane z naruszeniem prywatności danych.

Inteligentne miasta mają potencjał do napędzania rozwoju regionalnego poprzez promowanie wzrostu gospodarczego, zrównoważonego rozwoju środowiskowego, równości społecznej i rozwoju infrastruktury. Osiąganie tych korzyści zależy w dużej mierze od skutecznego wdrażania inicjatyw inteligentnych miast i rozwiązywania związanych z nimi wyzwań.