

dr hab. inż. Marta Kadela, prof. Instytutu^{1)*}

ORCID: 0000-0003-2127-0061

mgr inż. Florentyna Copiak¹⁾

ORCID: 0000-0001-5110-0325

dr inż. Robert Geryło¹⁾ ORCID: 0000-0001-5357-9798

dr hab. inż. Tomasz Godlewski, prof. Instytutu¹⁾

ORCID: 0000-0001-7986-5995

dr inż. Grzegorz Kimbar¹⁾ ORCID: 0000-0003-0500-4062

dr Mateusz Kozicki¹⁾ ORCID: 0000-0001-6053-6550

dr inż. Beata Łoboda¹⁾ ORCID: 0000-0002-8572-3931

mgr inż. Katarzyna Strycharz¹⁾

ORCID: 0000-0003-0700-3290

System oceny SMART Readiness budynków – bieżąca potrzeba czy wyzwania przyszłości? *Building SMART Readiness – current need or future challenge?*

DOI: 10.15199/33.2022.10.09

Streszczenie. Celem artykułu była analiza oceny gotowości budynków do obsługi inteligentnych sieci (SR). Przedstawiono istniejący stan wiedzy, wyniki badań czynników klimatycznych (temperatury, wiatru itp.), analizę dyrektyw i raportów Komisji Europejskiej (w tym domen i usług). Mając to na uwadze oraz obecne zainteresowanie urządzeniami typu *smart home*, stwierdzono, że ich rozwój stanowi podstawę bieżących potrzeb oraz podstawę budownictwa przyszłości.

Słowa kluczowe: ocena gotowości budynków do obsługi inteligentnych sieci; domena; usługa; odporność klimatyczna; smart home.

Abstract. The aim of the article was to analyze the building smart readiness (SR). The article presents the current state of knowledge in this field, the results of research on climatic factors (temperature, wind, etc.), the analysis of directives and reports of the European Commission (including domains and services). With this in mind and the current interest in smart home devices, it was found that the development in this area is the basis for the current needs and the basis for the future construction.

Keywords: smart readiness; domain; service; climate resistance; smart home.

Od kilku lat budownictwo w Polsce rozwija się bardzo dynamicznie – inwestuje w nowoczesne, zaawansowane i niekonwencjonalne technologie i stara się czynić je standardami jakości. Wynika to z coraz większych wymagań inwestorów, dążenia do oszczędności oraz maksymalizacji funkcjonalności, zwiększających bezpieczeństwo i komfort użytkowania obiektów. Coraz częściej obiekty budowlane wyposażone są w zaawansowane systemy sterowania. Technologie informatyczne, systemy komunikacji czy automatyki są stosowane nie tylko w obiektach użyteczności publicznej i w obszarach infrastruktury miejskiej, lecz także w budynkach mieszkalnych w formie wyposażenia technicznego typu Smart [1].

Ideę inteligentnego budynku zapoczątkowano już w latach siedemdziesiątych XX wieku [2]. Skupiano się wtedy na automatyzacji procesów produkcyjnych i optymalizacji wydajności ekonomicznej firm. W latach osiemdziesiątych ideę zaadaptowano na potrzeby bu-

downictwa użyteczności publicznej oraz mieszkaniowego [2]. Szybki rozwój technologii i dynamicznie zmieniające się oczekiwania użytkowników spowodowały, że znaczenie pojęcia „inteligentny budynek” w dużej mierze ewoluowało. Obecnie przez inteligentny rozumie się budynek wyposażony w urządzenia techniczne, ale przede wszystkim taki, w którym zachodzi możliwość efektywnego współkorzystania z tych urządzeń. Jest to zatem cały budynek (lub mieszkanie), w którym zintegrowany system sterowania funkcjami technicznymi, tzw. BMS (ang. *Building Management System*), zarządza wszystkimi sterowanymi czynnościami, takimi jak oświetlenie, ogrzewanie, wentylacja, klimatyzacja, kontrola dostępu, monitorowanie stanu instalacji elektrycznej, ostrzeżenie w przypadku pojawienia się dymu, gaszenie pożarów czy też kontrola z użyciem systemów wizyjnych (kamery, fotokomórki itp.) oraz steruje sprzętami domowymi AGD i RTV [3].

Oprogramowanie i infrastruktura inteligentnego domu pozwalają nie tylko łatwo nim zarządzać, ale również zwiększają funkcjonalność, a przede wszystkim

poprawiają bezpieczeństwo i zmniejszają koszty użytkowania. Istotą i miernikiem *inteligencji* jest więc wysoki stopień zintegrowania wyspecjalizowanych systemów automatyki budynkowej, oprogramowania sterującego oraz zaimplementowanych algorytmów. To właśnie odróżnia budynki typu Smart od budynków wyposażonych w niezależne systemy sterowania, w których każda funkcjonalność działa autonomicznie [3].

Idea i rozwój inteligentnych budynków wpisuje się w unijne cele dotyczące poprawy efektywności energetycznej, poprawy jakości powietrza, zmniejszenia emisji CO₂ i poprawy komfortu życia mieszkańców [4]. Znowelizowana w 2018 r. dyrektywa w sprawie charakterystyki energetycznej budynków (EPBD) [4] nakłada na państwa członkowskie UE obowiązki ustanowienia długoterminowej strategii wspierania renowacji istniejących zasobów mieszkalnych i niemieszkalnych, w tym zarówno publicznych, jak i prywatnych, tak aby do 2050 r. osiągnąć ich efektywność energetyczną, odpowiadającą standardowi budynków o niemal zerowym zużyciu energii [5]. Ponadto Dyrektywa [6]

¹⁾ Instytut Techniki Budowlanej

^{*)} Adres do korespondencji: m.kadela@itb.pl

została rozszerzona m.in. o załącznik IA „Wspólne ogólne ramy oceny gotowości budynków do obsługi inteligentnych sieci”, który był przyczynkiem do opracowania obszernego raportu [7] oraz wprowadzenia rozporządzenia delegowanego [8] i wykonawczego [9]. Celem tych dokumentów jest **ustalenie europejskiego, dobrowolnego, ramowego systemu oceny inteligentnych układów w budynkach SR** (ang. *Smart Readiness*). Wprowadzenie go nie jest obligatoryjne w krajach członkowskich UE. Ponadto kraje te mają znaczną swobodę stosowania tego systemu w odniesieniu do rodzajów budynków, stref klimatycznych, a także rodzaju samych inteligentnych układów montowanych w budynkach. Polska, jako państwo członkowskie UE, rozpoczęła prace nad dostosowaniem wewnętrznych regulacji do wymagań Dyrektywy EPBD. W lutym 2022 r. Rada Ministrów przyjęła dokument „Długoterminowa Strategia Renowacji Budynków (DSRB)” [10], w którym jednym z celów jest wsparcie wdrożenia systemów inteligentnego zarządzania energią na poziomie budynków i miast w celu optymalizacji wykorzystania energii, m.in. przez **wprowadzenie wskaźnika gotowości budynków do obsługi inteligentnych sieci SRI** (ang. *Smart Readiness Indicator*) w celu podniesienia świadomości o korzyściach płynących z inteligentnych technologii i technologii informacyjno-komunikacyjnych w budynkach. Należy podkreślić, że rozporządzenie [8] nie wprowadza kompletnego systemu oceny. Wiele jego aspektów wymaga uzupełnienia w prawie krajów członkowskich, które zdecydują się na jego wprowadzenie. Rozporządzenie formalizuje jednak wiele pojęć definiujących podstawy metodyki nadawania budynkom świadectw klasy *Smart Readiness*. Wprowadza także pojęcia takie, jak m.in. *usługa przeznaczona do obsługi inteligentnych sieci, katalog usług, poziom funkcjonalności usługi, domena techniczna, kryterium oddziaływania i ostatecznie klasa gotowości do obsługi inteligentnych sieci*, która może zostać wyznaczona przez właściciela budynku w formie tzw. *samooceny* lub nadana budynkowi w postaci świadectwa, wydane go przez uprawnionego eksperta. Legi-

slacja krajowa musi natomiast uzupełniać m.in. zdefiniowane, ale niepodane w rozporządzeniu [8], wagi liczbowe, które wraz z *katalogiem usług* stanowią kluczowy aspekt algorytmu wyznaczania klasy Smart Readiness budynku.

Wskaźnik SRI

Znowelizowana w 2018 r. Dyrektywa EPBD [4] wprowadziła opcjonalny system oceny budynków pod kątem ich zdolności do gotowości obsługi sieci inteligentnych SR. Wskaźnik gotowości budynków do obsługi inteligentnych sieci SRI jest zaproponowanym przez Dyrektywę UE 2018/844 [4] narzędziem oceny technologicznej gotowości budynków do interakcji z ich użytkownikami i podłączonymi sieciami energetycznymi oraz narzędziem oceny technologicznej gotowości budynków do bardziej efektywnego funkcjonowania. Wskaźnik SRI ma na celu dostarczenie informacji na temat inteligentnych usług, jakie może świadczyć dany budynek. Opracowano metody badania wpływu inteligencji budynków na oszczędność energii, jak również zdolności inteligentnych budynków do integracji z inteligentnymi miastami. Jednocześnie digitalizacja środowiska zbudowanego z wykorzystaniem cyfrowych narzędzi projektowych (np. BIM), Internet rzeczy IoT, szeroko pojęta cyfryzacja i przemysł 4.0 wpływają na przyspieszenie tego procesu. Inteligentne projektowanie znajduje zastosowanie m.in. przy zarządzaniu i finansowaniu. Ponadto rozwiązania IoT mogą być stosowane w takich inwestycjach, jak inteligentne domy, inteligentne miasto, inteligentne sieci, przemysłowe urządzenia do nadzoru zdrowia za pomocą Internetu oraz inteligentne zarządzanie łańcuchem dostaw, odpadami, jak również sieć czujników IoT, np. do śledzenia użycia środków odkażających w obiektach publicznych [1, 3].

Zmiany klimatyczne i uwarunkowania lokalne jako podstawa funkcjonalności systemów inteligentnych w budynkach

Efekty zmian klimatu stają się widoczne praktycznie w każdym aspekcie życia ludzkiego. Dotyczy to również bu-

downictwa i potrzeb związanych ze zrównoważonym rozwojem, stosowania recyklingu, wdrażania technologii energooszczędnych, zielonych dachów, inteligentnych domów itp. Są to działania zmierzające do poprawy środowiska i ograniczenia emisji substancji szkodliwych, z myślą o kolejnych pokoleniach. Zmiany klimatu oddziałują również w postaci anomalii pogodowych czy ekstremalnych zjawisk meteorologicznych. Poza obserwowanymi incydentami pogodowymi widoczne są też długotrwałe efekty związane ze zmianami ilości opadów, czy występowaniem ekstremalnej temperatury w poszczególnych porach roku. Zmiany klimatu (stały trend) oraz efekty tych zmian, widocznych w postaci ekstremalnych zjawisk pogodowych (sytuacje chwilowe), wskazują na konieczność uwzględnienia wymienionych czynników nie tylko w podejściu projektowym [11], ale również w okresie użytkowania obiektu. Wynika to z Dyrektywy Unijnej M/515 z 2012 r. [12], w której wskazano potrzebę budowania i utrzymania infrastruktury bardziej odpornej na zmiany klimatu, przez wskazanie zmian standardów w priorytetowych sektorach, takich jak transport, energetyka i budownictwo. W zakresie projektowym dotyczy to tzw. Eurokodów. Obecnie jest to zestaw dziesięciu norm (EN 1990-1999), obejmujących zagadnienia związane z budownictwem. Normy te nie zostały jeszcze zmodyfikowane, aby uwzględnić przyszłe zmiany klimatyczne, chociaż praca została zalecona w poszczególnych Komitetach Technicznych. Wnioski z prac zleconych w poszczególnych krajach, dotyczących oceny wrażliwości poszczególnych sektorów i obszarów na zmiany klimatu, np. w Polsce Projekt KLIMADA z 2013 r. *Opracowanie i wdrożenie strategicznego planu adaptacji dla sektorów i obszarów wrażliwych na zmiany klimatu* [13], wskazują na realną potrzebę aktualizacji i porównania zapisów poszczególnych norm budowlanych z wynikami prognozowanych zmian klimatu. Tego rodzaju analizy, na podstawie danych z monitorowania zmian klimatycznych, powinny być sukcesywnie uwzględniane przez wprowadzanie stosownych korekt w załącznikach krajowych [11].

Kolejne dekady obserwacji i pomiarów wskazują jednoznacznie, że w Polsce (i na świecie) zwiększa się systematycznie średnia temperatura powietrza (od 1989 r. znacznie). Pod względem opadów czy wiatru nie ma tak jednokierunkowych tendencji, natomiast zmienia się charakter tych zjawisk na bardziej gwałtowny, intensywny, ale krótkotrwały, prowadzący do coraz większych strat (powodzie, wichury, trąby powietrzne). Z raportu IPCC [14] wynika, że temperatura w środkowej części kontynentu europejskiego powinna obecnie rosnać o 0,2 – 0,4°C na dekadę, ale np. klimat w Polsce uległ znacznemu ociepleniu, a miniona dekada była najcieplejsza w całym okresie pomiarowym (co najmniej od 1781 r.) i była aż o 0,8°C cieplejsza od dekady poprzedniej [14]. Kolejna dekada (2021 – 2030), wg tych prognoz, będzie charakteryzować się dalszym, silnym wzrostem temperatury. Jednocześnie szczegółowe charakterystyki opadowe i ich symulacje wskazują na wydłużenie okresów bezopadowych (susze), wzrost sumy opadów maksymalnych (lokalnie) oraz skrócenie okresu zalegania pokrywy śnieżnej (nawet bezśnieżne zimy) [13].

W ramach prac badawczych, prowadzonych w ITB, podejmowana już była tematyka związana z prognozą zmian czynników klimatycznych, wpływających na konstrukcję budynku, jeśli chodzi o obciążenie śniegiem czy wiatrem oraz przemarzanie gruntu [15, 16]. Kolejne analizy, na przykładzie zamian

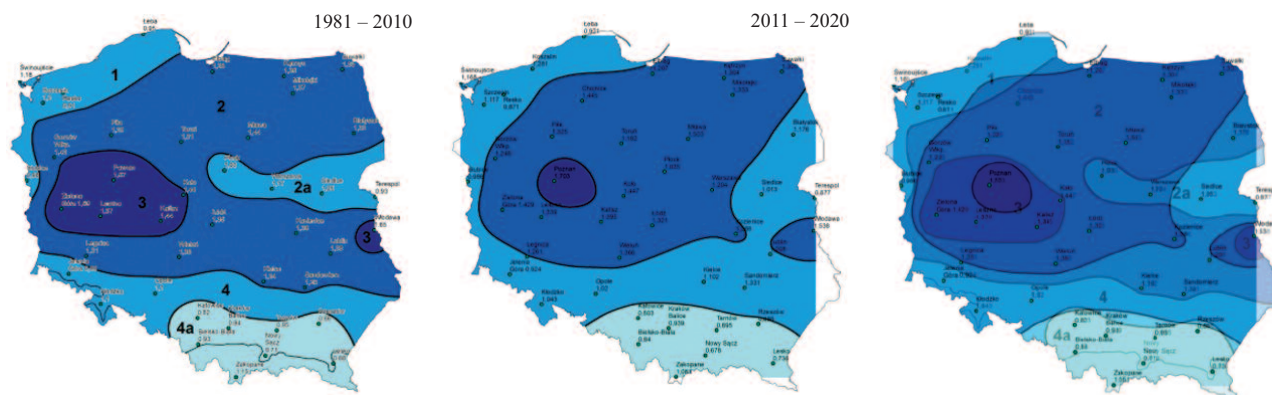
stref położenia izotermy zero, wskazują wyraźnie (rysunek 1) na dynamikę zmian klimatu oraz uzasadniają konieczność uwzględniania lokalności poszczególnych zjawisk.

Odnosząc opisane możliwe skutki na poszczególne obszary budownictwa, wrażliwość na oddziaływanie poszczególnych elementów klimatu będzie zróżnicowana i tym samym będzie generować różnego typu zagrożenia [14]. W przypadku wielkomiejskiego budownictwa mieszkaniowego występuje podwyższone ryzyko powodzi (uwarunkowania historyczne), szczególnie w przypadku lokalizacji obiektów na terenach zalewowych. Tereny wielkomiejskie są też bardzo narażone na skutki suszy – widoczna jest w wielu miastach tendencja obniżania zwierciadła wód gruntowych (opady nie zasilają wód gruntowych, ponieważ są szybko odprowadzane przez kanalizacje deszczową i powierzchnie utwardzone do rzek). Jednocześnie deszcze nawalne przy ograniczonej przepustowości sieci kanalizacyjnych wywołują lokalne podtopienia. W przypadku wielkomiejskiego budownictwa mieszkaniowego występuje też problem słabej izolacyjności cieplnej (np. wielka płyta).

Zagrożenia w budownictwie na obszarach wiejskich wynikają natomiast z katastrofalnych oddziaływań wiatru ze względu na rozproszenie przestrzenne oraz słabą jakość techniczną obiektów, podlegających tym wpływom (np. brak wieńców, brak izolacji, niepowiązana więźba dachowa itp.). Są to obiekty na-

rażone na skutki przemarzania ze względu na częsty brak podpiwniczenia (płytke posadowienie) oraz na podtopienia, szczególnie w sytuacji częstego sąsiedztwa w pobliżu nieregulowanych cieków wodnych, czy lokalizacji na terenach zagrożonych (obszary zalewowe, osuwiskowe).

W przypadku budownictwa przemysłowego największe zagrożenie ze względu na charakter obiektów (duże gabaryty, np. chłodnie, hale magazynowe, maszty, zbiorniki, niesłonięte instalacje) dotyczy dużego prawdopodobieństwa wyładowań atmosferycznych. Porównanie zapisów norm budowlanych, służących do projektowania obiektów budowlanych, z wynikami prognozowanych zmian klimatu wskazuje na konieczność monitorowania tych zmian i sukcesywne uwzględnianie ich przez wprowadzanie stosownych korekt w załącznikach krajowych do norm europejskich. Natomiast w przypadku budynków już istniejących minimalizacja skutków zjawisk ekstremalnych (chwilowych) i długotrwałych może być realizowana przez adaptacje i racjonalne zarządzanie z wykorzystaniem technologii Smart. Przykładem takiej adaptacji są już stosowane tzw. systemy łączone (hybrydowe) w zakresie OZE (odnawialnych źródeł energii), np. współpraca pompy ciepła z kolektorem słonecznym. Wówczas możliwe jest przekierowanie całej energii niewykorzystanej, np. z powodu jej nadmiaru lub zbyt niskiego poziomu temperatury, do celów podgrze-



Rys. 1. Propozycja mapy przemarzania gruntu w Polsce na podstawie predykcji danych ze stacji synoptycznych z okresu 1981 – 2010 [16], z nałożoną mapą na podstawie danych z ostatniej dekady (2011 – 2020) – widoczne ograniczenie stref o zwiększonej głębokości przemarzania (ciemne pola)

Fig. 1. Proposed map of soil freezing in Poland based on the prediction of data from synoptic stations from the period 1981-2010 [16], with a map superimposed based on data from the last decade (2011 – 2020) – visible limitation of zones with increased depth of freezing (dark fields)

wania wody gruntu, podnosząc temperaturę zasilania pompy ciepła. Dzięki temu źródło ciepła, jakim jest podłoże gruntowe, może zostać w pełni zregenerowane energetycznie już w maju, gdzie normalnie proces ten trwa całe lato. Racjonalne wykorzystanie systemów grzewczych i zwiększonej insulacji przez inteligentne sterowanie, to odpowiedź na długotrwałe zmiany klimatu (zwiększenie liczby dni upalnych i skrócenie sezonu grzewczego) przy jednoczesnym spełnieniu oczekiwań dotyczących ograniczenia emisji CO₂ do atmosfery. Inny przykład to powiązanie sieci kanalizacji burzowej z retencją (zbiorniki podziemne).

Oddziaływanie wiatru na konstrukcje budowlane można podzielić na takie, które konstrukcja powinna przenieść w przewidywanym czasie użytkowania (np. obciążenie wiatrem porywistym) oraz takie, którym można zapobiegać przez jej odpowiednie ukształtowanie. Służą do tego różne zabiegi związane z odpowiednim jej ukształtowaniem. Możemy tu wyróżnić poziom kształtowania architektonicznego i konstrukcyjnego. Można to realizować przez takie działania, jak np. zmiana geometrii lub wprowadzenie elementów wpływających na przepływ powietrza, aktywne lub pasywne sterowanie albo zwiększenie tłumienia drgań (ograniczenie skutków oddziaływania wiatru porywistego). W tym przypadku wykorzystanie systemów sterujących wentylacją z uwzględnieniem uwarunkowań (stref) lokalnych jest formą adaptacji obiektów istniejących w kierunku nadania odpowiedniej odporności klimatycznej (jest to nowa, rozszerzona definicja stanu użytkowalności). Wymaga to wypracowania i wdrożenia narzędzi i systemów sterowania inteligentnymi sieciami w budynkach (na poziomie mikro) w poszczególnych domenach przez ocenę *Smart Readiness* (SR) obiektów budowlanych. Ten system oceny będzie wymagał opracowania klasyfikacji uwzględniającej uwarunkowania lokalne w zakresie oddziaływań klimatycznych. Takie podejście do adaptacji budynków w celu zapewnienia odporności klimatycznej wymaga analizy zmian klimatu w interwałach nie dłuższych niż co 3 – 5 lat.

Potrzeby wewnętrzne człowieka i ocena warunków wewnętrznych jako druga podstawa funkcjonalności systemów inteligentnych w budynkach

Z warunkami klimatycznymi ściśle związane są potrzeby ochrony człowieka i jego zdrowia np. przed pożarem, powodzią, mrozem, wysoką temperaturą – upałem, niską temperaturą – zimą, wilgocią. Z drugiej strony życie człowieka powiązane jest z zaspokajaniem potrzeb. W ich skład wchodzi potrzeby: fizjologiczne związane z bezpośrednim przeżyciem jednostki; bezpieczeństwa (fizyczne i emocjonalne) oraz przynależności, uznania i samorealizacji. W 1954 r. Abraham Harold Maslow opracował piramidę potrzeb, przedstawioną na rysunku 2, wyróżniając m.in. potrzebę bezpieczeństwa jako fundamentalną i egzystencjalną. Jest ona rozumiana jako potrzeba bezpieczeństwa fizycznego, emocjonalnego, finansowego, zdrowotnego, a także wolności



Rys. 2. Piramida potrzeb Abrahama Harolda Maslowa *Opracowanie własne*
Fig. 2. Abraham Harold Maslow's Pyramid of Needs *Own elaboration*

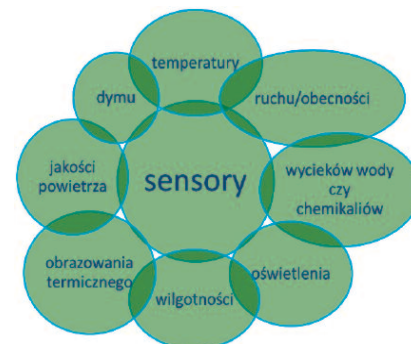
od strachu. Innymi słowy bezpieczeństwo jest stanem, w którym człowiek jest pozbawiony niepokoju i zmartwień. Charakteryzuje się spokojem, stabilizacją, pewnością, że zagrożenie nie wystąpi, a jednocześnie poczuciem zapewnienia ochrony w przypadku jego wystąpienia. Bezpieczeństwo nie odnosi się wyłącznie do jednostki ludzkiej, ale również do grup społecznych i państw.

Dążeniem człowieka jest godne życie i funkcjonowanie wraz z poszanowaniem jego godności i intymności, ale również z poszanowaniem środowiska i zasobów naturalnych. Ponad 90% swo-

jego czasu ludzie spędzają w pomieszczeniach zamkniętych, dlatego tak ważna jest świadomość i troska o ich jakość. Optymalne zarządzanie oszczędnością energii budynków i komfortem użytkowników wpływa na lepszą wydajność pracy, postępy w nauce, jakość snu i zdrowie użytkowników środowiska wewnętrznego. Wraz z dynamicznym rozwojem technologii, coraz powszechniejsze stają się funkcjonalne systemy czujników, które łączą zmienne środowiskowe (np. temperaturę) z systemami kontroli środowiska budynku, takimi jak system ogrzewania, wentylacji i klimatyzacji.

Główną motywacją do stosowania czujników w środowisku wewnętrznym stała się optymalizacja zużycia energii przy jednoczesnym osiągnięciu lepszego komfortu cieplnego, wizualnego oraz jakości powietrza w pomieszczeniach. Czujniki te są w stanie raportować dane o wysokiej rozdzielczości w czasie zbliżonym do rzeczywistego, aby umożliwić precyzyjne określenie zapotrzebowania na zużycie energii oraz warunki jakości powietrza. Postęp w technologii obniża ceny czujników, powodując, że stają się one coraz powszechniejsze.

Istnieje wiele różnych rodzajów sensorów używanych do monitoringu środowiska wewnętrznego (rysunek 3), od podstawowych po bardzo zaawansowane rozwiązania. Dobrze ugruntowane w systemach inteligentnych budynków są czujniki służące do wykrywania zajętości (czujniki ruchu/obecności), czujniki oświetlenia otoczenia oraz temperatury i wilgotności. Czujniki kontroli gazów niebezpiecznych (tj. gazów toksycznych, palnych oraz dymu) mających



Rys. 3. Rodzaje najpopularniejszych sensorów stosowanych w rozwiązaniach inteligentnych budynków

Fig. 3. Types of the most common sensors used in intelligent building

wpływ na bezpieczeństwo i zagrożenie życia, są regulowane odrębnymi normami, wytycznymi oraz przepisami bhp i ppoż. Z kolei, czujniki monitoringu jakości powietrza wewnętrznego nie mają jasnych wytycznych, przy czym najczęściej stosowane wśród nich są czujniki monitorujące stężenie dwutlenku węgla, lotnych związków organicznych czy pyłów. Skutki złej jakości powietrza wpływają na komfort, samopoczucie oraz upośledzenie zdolności poznawczych, tj. zdolności do podejmowania decyzji, utrzymywania wysokiej jakości pracy lub efektywnej nauki i komunikacji.

W przypadku rozwiązań instalacji sanitarnych środowiska wewnętrznego projektanci stają przed dylematami związanymi z wyborem pomiędzy komfortem użytkowników a kosztem stosowanych rozwiązań i ich późniejszego utrzymania (systemy HVAC czy systemy filtracji i oczyszczania). Należy jednak dokonywać wyboru bardzo świadomie, ponieważ kwestie związane z niektórymi parametrami środowiskowymi mają wpływ na zdrowie użytkowników, a podejście do zdrowia powinno być bezkompromisowe.

Należy mieć na uwadze, że np. oszczędzanie energii przez zmniejszenie stosowania wentylacji mechanicznej powoduje gromadzenie zanieczyszczeń generowanych w pomieszczeniach przez wewnętrzne źródła, w tym przez samych mieszkańców, ale zastąpienie powietrza w pomieszczeniach powietrzem zewnętrznym może też stworzyć problem, szczególnie jeśli powietrze na zewnątrz jest zanieczyszczone, co często ma miejsce w środowiskach miejskich [17]. Istnieją różne rozwiązania i technologie dotyczące chociażby systemów HVAC, a dzięki ocenie gotowości budynków do obsługi inteligentnych sieci możemy nadać tym rozwiązaniom wymierne wagi i poddać je ocenie, w której zostaną zoptymalizowane korzyści (jak zdrowie, komfort, wygoda), wynikające z ich zastosowania względem kosztów instalacji i późniejszej eksploatacji.

Inteligentne usługi nie są ściśle zdefiniowane w rozporządzeniu [8]. Można z niego jednak wywnioskować, że są to różnego rodzaju urządzenia elektronicznej automatyki, które współpracują ze sobą w niemal niezauważalny dla

użytkownika sposób i udostępniają funkcje wyższego szczebla.

Urządzenia inteligentne zainstalowane w domach, w biurach i w obiektach użyteczności publicznej pozwalają na zwiększenie poczucia bezpieczeństwa i wygody obsługi. Jednocześnie jednak ich użytkownicy stają się coraz bardziej cyfrowo uzależnieni, korzystając coraz częściej ze smartfonów i tabletów, co dodatkowo może wpłynąć na ich jeszcze częstsze stosowanie. Z drugiej strony inteligentny budynek lub mieszkanie, w którym zainstalowano zintegrowany system sterowania funkcjami technicznymi budynku, tzw. BMS (ang. *Building Management System*), może zarządzać urządzeniami AGD i RTV, systemem alarmowym oraz wszystkimi sterowanymi czynnościami, jak oświetlenie czy ogrzewanie. Regulacja może być dokonywana automatycznie lub przez użytkowników za pomocą paneli, pilotów czy telefonów komórkowych z zainstalowaną specjalną aplikacją. Istnieje zatem możliwość regulacji zdalnej nie tylko w obszarze mieszkania, ale też z zewnątrz, za pomocą urządzenia kontaktującego się z BMS przez Internet lub dzięki wysłaniu wiadomości SMS. System zarządza aktorami i sensorami oraz podłączonymi do niego urządzeniami. Aktory to urządzenia wykonujące polecenia, np. przygaszanie lub wyłączenie światła czy regulacja klimatyzacji, natomiast sensory to urządzenia zbierające wszelkie informacje o stanie pomieszczeń i urządzeń. Mogą to być czujniki temperatury, światła, ru-

chu oraz regulatory (wspomniane panele i pilot). Do systemu BMS przesyłane są dane zbierane przez sensory i na ich podstawie zlecane jest wykonanie określonych zadań odpowiednim aktorom [18]. System (głównie dzięki czujnikom) sam reaguje na zagrożenie związane z włamaniem, pożarem czy zalaniem, wysyłając stosowny komunikat, a także wdrażając konkretne procedury bezpieczeństwa (np. odcięcie zasilania, uruchomienie alarmu, włączenie zraszaczy). Może też o odpowiedniej porze otworzyć drzwi serwisowi sprzątającemu, a inteligentny licznik stanie się sensorem i będzie współpracował z urządzeniami w celu efektywnego zarządzania zużyciem energii.

Systemy do wykrywania, interpretowania, komunikowania się i aktywnego reagowania na zmieniające się warunki

„Inteligencja” budynku odnosi się do jego zdolności do wykrywania, interpretowania, komunikowania się i aktywnego reagowania w sposób efektywny na zmieniające się warunki w odniesieniu do działania systemów technicznych lub środowiska zewnętrznego (w tym sieci energetycznych) oraz na wymagania osób, przebywających w budynku. Systemy te zostały podzielone w Dyrektywie UE [4] na 9 różnych kategorii (od A do I), przedstawionych na rysunku 4, nazywanych *domenami technicznymi*. Domena techniczna jest zbiorem usług przeznaczonych do ob-



Rys. 4. Rodzaje domen technicznych wg Dyrektywy UE 2018/844

Fig. 4. Types of technical domains according to EU Directive 2018/844

Opracowanie własne

Own elaboration

sluży inteligentnych sieci, które razem tworzą zintegrowaną i spójną część usług, jakich oczekuje się od budynku lub modułu budynku. Usługę w danej domenie można zdefiniować jako funkcję lub zespół funkcji wykonywanych przez co najmniej jeden komponent lub system. Usługa przeznaczona do obsługi inteligentnych sieci wykorzystuje technologie gotowe do obsługi inteligentnych sieci i organizuje je w funkcje wyższego szczebla. Każda z usług może być realizowana w różnym stopniu inteligentności, określanym jako poziom funkcjonalności. Jest on przyznawany danej usłudze za pomocą liczby całkowitej od 0 do 4. Przyznanie zerowej wartości jest równoznaczne z tym, że usługa została uznana za nieinteligentną.

W praktyce poziom funkcjonalności można wyznaczyć dla danej usługi, znając dokładnie systemy zastosowane w budynku, podlegającym ocenie SRI, np. (przykład w tabeli), jeśli nie ma automatycznej regulacji urządzenia do emisji ciepła w budynku, to poziom funkcjonalności będzie wynosił 0. Natomiast jeśli w budynku został zastosowany system, umożliwiający indywidualne sterowanie temperaturą w każdym pomieszczeniu, to poziom funkcjonalności będzie wynosił 2, a gdy oprócz tego praca kotła jest regulowana za pomocą zdefiniowanych przez użytkownika harmonogramów lub w zależności od pogody, to poziom funkcjonalności będzie równy 3.

W idealnym rozwiązaniu żądna z usług w budynku nie działa w odosobnieniu, a w momencie uruchomienia nowej, usługi już istniejące pozyskują nowe źródło danych lub nowe funkcjonalności. Z tego powodu w rozporządzeniu [8] zostało wprowadzone pojęcie interoperacyjności, czyli projektowania usług w taki sposób, aby ich oprogramowanie rozpoznawało, w jakim celu zostały zamontowane i wskazywało najlepszy tok działania na podstawie uzgodnionych protokołów komunikacyjnych. Zgodnie z zapisami w Dyrektywie UE [4], docelowo ma zostać zdefiniowa-

Przykład definiowania usługi w katalogu usług
An example of defining a service in the service catalog

Opracowanie własne wg [19]
Own elaboration after [19]

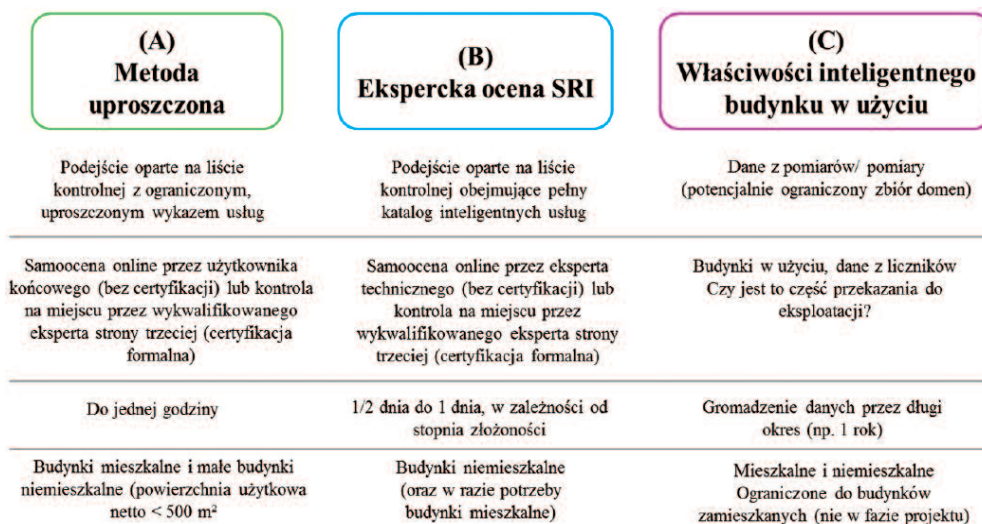
Domena	Usługa w domenie	0 (usługa nieinteligentna)	Poziom funkcjonalności			
			1	2	3	4
Ogrzewanie	kontrola emisji ciepła	nieautomatyczna	centralna regulacja automatyczna (np. termostat centralny)	indywidualne sterowanie pomieszczeniem (np. zawory termostaticzne lub regulator elektroniczny)	indywidualne sterowanie pomieszczeniem z komunikacją między regulatorami i z systemem BACS ¹⁾	indywidualne sterowanie pomieszczeniem z komunikacją i kontrolą obecności

¹⁾ BACS (Building Automation and Controls Systems) – Termin „System automatyki i sterowania budynkiem” odnosi się do scentralizowanych systemów, które monitorują, kontrolują i rejestrują funkcje systemów obsługi budynku [7]

ny tzw. katalog usług, mający na celu umożliwienie ekspertom, właścicielom lub innym zainteresowanym osobom (w postaci tzw. samooceny) rozpoznawanie inteligentnych usług i poziomów ich funkcjonalności w budynkach w celu wyznaczenia wskaźnika SRI. Prawidłowe rozpoznanie tych aspektów jest wystarczające do określenia klasy gotowości budynku do obsługi inteligentnych sieci i wydania odpowiedniego świadectwa. Aby katalog usług był uniwersalny dla wszystkich dostępnych na rynku komponentów i systemów inteligentnych sieci, każda usługa w domenie powinna być zdefiniowana w sposób neutralny technologicznie. Z drugiej strony opis usług i poziomów funkcjonalności powinien być sprecyzowany na tyle, aby dało się w sposób jednoznaczny ocenić poziom zaawansowania systemów technicznych w budynku. Dobrą praktyką jest używanie kluczowych słów przy nazywaniu

usług, takich jak raportowanie informacji, sterowanie, kontrola, integralność, magazynowanie (np. lokalnie wytwarzanej energii elektrycznej), np. prawidłową nazwą usługi w domenie chłodzenia jest Sterowanie generatorem chłodzenia, a nieprawidłową Sterownik chłodzenia firmy ABC. Należy również zaznaczyć, że katalog usług w zależności od uwarunkowań klimatycznych w danym kraju członkowskim UE lub w zależności od przeznaczenia budynku (mieszkalny jednorodzinny, mieszkalny wielorodzinny lub usługowy) będzie inaczej sformułowany. Z tego powodu w celu opracowania katalogu dla danego kraju należy prowadzić badania krajowe dotyczące odporności klimatycznej oraz warunków jakości powietrza wewnętrznego.

W Raporcie z 2020 r. Final Report on the Technical Support to the Development of a Smart Readiness Indicator For Buildings [19] zostały opisane trzy



Rys. 5. Potencjalne metody wyznaczania wskaźnika SRI
Fig. 5. Potential methods of determining the SRI index

Opracowanie własne wg [19]
Own elaboration after [19]

potencjalne metody wyznaczania wskaźnika SRI, które zostały przedstawione na rysunku 5. Autorzy raportu opracowali **dwa katalogi usług**: szczegółowy w przypadku metody B oraz skrócony w przypadku metody A. W każdym katalogu wymieniono odpowiednie usługi i opisano ich główne spodziewane skutki dla użytkowników budynków i sieci energetycznej. Zaproponowana metoda C wykracza poza zakres ustalony w Dyrektywie UE, ale jest alternatywną metodą do ilościowego określenia wydajności budynków użytkowych za pomocą danych uzyskanych z pomiarów. Metoda C jest obecnie uważana za potencjalną przyszłą ewolucję podejścia do certyfikacji budynków oddawanych do użytkowania.

Podsumowanie

Proinnowacyjne trendy oraz cyfryzacja systemu energetycznego, wyraźnie zauważalne w aktach prawnych UE, wiążą się z koniecznością wprowadzenia zaleceń krajowych, dotyczących także niskoemisyjności i efektywności energetycznej, ograniczenia występowania zmian klimatycznych, realizacji zakładanych działań w ramach długoterminowej strategii renowacji budynków [10] oraz reakcji na stale zwiększający się popyt, dotyczący wyposażenia technicznego obiektów budowlanych typu *Smart*.

W ostatnich latach ogromnej zmianie uległo podejście do problematyki zużycia energii. Budynek inteligentny powinien być zdolny, aby dostosować swój tryb działania do potrzeb użytkowników, z jednoczesnym należyтым uwzględnieniem dostępności elementów zwiększających komfort, utrzymywania wysokiego standardu, dotyczącego zdrowia i klimatu w budynku oraz mieć możliwość informowania użytkownika o bieżącym zużyciu energii. Zaimplementowane systemy automatyki budynkowej muszą zagwarantować utrzymanie charakterystyki energetycznej i funkcjonowanie budynku przez dostosowanie zużycia energii, np. przez jej wykorzystanie z alternatywnych źródeł. Budynek smart jest obiektem aktywnie reagującym na własne zapotrzebowanie energetyczne, np. dzięki elastyczności i zdolności przesuwania obciążeń, jed-

nocześnie zapewniając wysoki poziom bezpieczeństwa oraz niezawodności zasilania. Odbywa się to przez sformułowanie poleceń do oprogramowania, sterującego działaniem np. zaworów grzejników, pomp, napędów rolet, styczników załączających lub odcinających poszczególne obwody. Zachodzi więc konieczność określania gotowości budynków do obsługi inteligentnych sieci (*Smart Readiness SR*). Wymagania dotyczące wskaźnika SRI zostały wymienione w Dyrektywie UE [4], ale jest to zbiór ogólnych wytycznych, wymagających doprecyzowania w przepisach krajowych z uwzględnieniem aktualnego stanu wiedzy, poziomu techniki, warunków odporności klimatycznej oraz polskich wymagań kulturowych i środowiskowych.

Czynniki klimatyczne odgrywają bardzo ważną rolę w kształtowaniu konstrukcji budynków, dlatego muszą być uwzględniane zarówno w projektowaniu, jak i na etapie użytkowym w okresie funkcjonowania obiektu przy określonym poziomie komfortu i bezpieczeństwa. Dotychczas nie osiągnięto takiego poziomu wiedzy, aby wszystkie wielkości kształtujące oddziaływanie klimatyczne, które z natury rzeczy są zmiennymi losowymi, mogły być analizowane i ustalane w kategoriach statystyki matematycznej i rachunku prawdopodobieństwa. Można jednak oczekiwać, że wymagania w tym zakresie będą ciągle udoskonalane i wzbogacane o nowe wyniki badań i doświadczeń. W skali krajowej możliwe jest udoskonalenie map oddziaływań klimatycznych w Polsce. Prace w tym kierunku były i są prowadzone np. w ITB, jako podstawa do opracowania klasyfikacji (wag) w *Krajowym Systemie Oceny SRI*.

Literatura

- [1] Dechnik M, Moskwa S. Smart House – inteligentny budynek – idea przyszłości. *Przeegl. Elektrotechn.* 2017; <https://doi.org/10.15199/48.2017.09.01>.
- [2] Niezabitowska E, Mikulik J. Budynek inteligentny, Tom II Podstawowe systemy bezpieczeństwa w budynkach inteligentnych. Gliwice: Wydawnictwo Politechniki Śląskiej; 2014.
- [3] Romańska-Zapała A. Zintegrowane systemy sterowania procesami w obiektach budowlanych. *Materiały Budowlane.* 2014; 5; 115 – 116.
- [4] 2018/844, 2018, Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE), zmieniająca dyrektywę 2010/31/UE w sprawie charakterystyki ener-

getycznej budynków i dyrektywę 2012/27/UE w sprawie efektywności energetycznej.

- [5] 2019/786, 2019, Zalecenie Komisji (UE) w sprawie renowacji budynków (notyfikowana jako dokument nr C (2019) 3352).
- [6] 2010/31/UE, 2010, Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady w sprawie charakterystyki energetycznej budynków.
- [7] Verbeke S, Aerts D, Reynders G, Waide YMP. Final Report on the Technical Support to the Development of a Smart Readiness Indicator For Buildings. Brussels: European Commission; 2020.
- [8] 2020/2155, 2020, Rozporządzenie delegowane Komisji (UE), uzupełniające dyrektywę Parlamentu Europejskiego i Rady 2010/31/UE poprzez ustanowienie opcjonalnego wspólnego systemu Unii Europejskiej w zakresie oceny gotowości budynków do obsługi inteligentnych sieci.
- [9] 2020/2156, 2020, Rozporządzenie wykonawcze Komisji (UE), określające warunki techniczne skutecznego wdrożenia opcjonalnego wspólnego systemu Unii Europejskiej w zakresie oceny gotowości budynków do obsługi inteligentnych sieci.
- [10] 23/2022, 2022, Załącznik do uchwały Rady Ministrów Długoterminowa strategia renowacji budynków. Wspieranie renowacji krajowego zasobu budowlanego.
- [11] Godlewski T. Rola czynników klimatycznych w projektowaniu geotechnicznym i kształtowaniu konstrukcji. W: XVI Konferencja Naukowo-Techniczna: Warsztat Pracy Rzecznawcy Budowlanego, Kielce-Cedzyna, 26-28 października 2020 roku. Warszawa: Zarząd Główny Polskiego Związku Inżynierów i Techników Budownictwa; 2020. pp. 75 – 90.
- [12] M/515 EN 2012, 2012, Mandate for amending existing eurocodes and extending the scope of structural eurocodes.
- [13] Sadowski M. (ed.). Projekt KLIMADA: Opracowanie i wdrożenie strategicznego planu adaptacji dla sektorów i obszarów wrażliwych na zmiany klimatu. Warszawa: IOŚ-PIB; 2013.
- [14] Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability Working Group II Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Switzerland: IPCC; 2022.
- [15] Żurański JA, Sobolewski A. Obciążenie śniegiem w Polsce w projektowaniu i diagnostyce konstrukcji. Warszawa: ITB; 2016.
- [16] Żurański JA, Godlewski T. O przemarzaniu gruntu w Polsce. Warszawa: ITB; 2017.
- [17] Kumar P, Martani C, Morawska L, Norford L, Choudhary R, Bell M, Leach M. Indoor air quality and energy management through real-time sensing in commercial buildings. *En. Build.* 2016; <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.11.037>.
- [18] Pamuła A, Papińska-Kacperek J. Inteligentne domy i inteligentne sieci energetyczne jako element infrastruktury Smart City. *Stud. Inform.* 2012; 29; 57 – 69.
- [19] Final Report on the Technical Support to the Development of a Smart Readiness Indicator For Buildings. Brussels: European Commission; 2020.

Przyjęto do druku: 12.09.2022 r.