

# Jakość środowiska wewnętrznego, jako składnik systemów kompleksowej oceny budynków

The quality of the indoor environment as a component of comprehensive building assessment systems

PIOTR BARTKIEWICZ, KAZIMIERZ WOJTAS

DOI 10.36119/15.2021.7-8.2

W dobie coraz bardziej powszechnej komercjalizacji budownictwa na wartość rynkową budynku wpływa szereg jego cech, które podlegają ocenie i klasyfikacji. Niewątpliwie ważnym składnikiem tej oceny jest poziom komfortu środowiskowego, którego zapewnienie wymaga z reguły określonych nakładów finansowych, zarówno inwestycyjnych jak też eksploatacyjnych. Na początku tego wieku wyraźnie zauważalna była tendencja, do często bezkrytycznego obniżania kosztów inwestycyjnych, co najczęściej sprowadzało się do redukcji kosztów związanych z instalacjami wentylacyjno-klimatyzacyjnymi w budynkach, której wynikiem były nieodwracalne konsekwencje dla użytkowników w postaci zwiększonego poziomu dyskomfortu oraz podwyższonych kosztów eksploatacyjnych. Ważnym elementem, który może odwrócić tę niekorzystną tendencję są komercyjne systemy certyfikacji budynków. W opracowaniu dokonano przeglądu kilku wybranych systemów certyfikacji, które wydają się być najbardziej rozpowszechnione na europejskim rynku inwestycyjnym, takich jak: LEED<sup>®</sup>, BREEAM<sup>®</sup>, WELL<sup>®</sup> oraz TAIL<sup>®</sup>. Głównym celem przeprowadzonej analizy była próba oszacowania znaczenia jakości i zawartości instalacji wentylacyjno, klimatyzacyjno, ogrzewczych (nazywanych potocznie instalacjami HVAC) oraz zakresu ich wpływu na końcowy efekt i poziom przydzielonego budynkowi certyfikatu.

*Słowa kluczowe: system wentylacji i klimatyzacji, certyfikacja budynku, instalacje HVAC*

Currently, the market value of commercial building is influenced by a number of its features, which are subject to assessment and classification. Undoubtedly, an important component of this assessment is the level of indoor environment quality, the provision of which usually requires certain financial outlays, both of investment and operational character. At the beginning of this century, there was a clearly noticeable tendency to reduce investment costs, which most often boiled down to the reduction of the quality of ventilation and air conditioning systems in buildings, which resulted in irreversible consequences for users in the form of an increased level of discomfort and increased operating costs. An important element that can reverse this negative trend is commercial building certification systems. The study reviews a few selected certification systems that seem to be the most widespread on the European investment market, such as LEED<sup>®</sup>, BREEAM<sup>®</sup>, WELL<sup>®</sup> and TAIL<sup>®</sup>. The main purpose of the analysis was an attempt to estimate the importance of the quality and content of ventilation, air conditioning and heating installations (commonly known as HVAC installations) and the scope of their impact on the final effect and the level of the certificate assigned to the building.

*Keywords: ventilation and air conditioning system, building certification, HVAC installations*

## Wstęp

W ostatnich latach nastąpiła zauważalna zmiana w kierunku budownictwa zrównoważonego, którego założeniem jest równomierne rozłożenie nacisku na poszczególne cechy budynku w perspektywie jego cyklu życia nie tylko z punktu widzenia kosztów i zużycia energii, ale również biorąc pod uwagę takie zagadnienia, jak: komfort i „przyjazność” dla użytkowników, wpływ na środowisko, ergonomia, możliwość recyklingu i biodegradowalność materiałów oraz wiele innych.

Ponieważ niemożliwym wydaje się prawne zadekretowanie takich wymogów w ustawach lub rozporządzeniach, coraz większego znaczenia na rynku budowlanym nabierają komercyjne systemy ocen budynków

i związane z tym przyznawanie certyfikatów budynkom spełniającym precyzyjnie wymagania określone przez powołane do tego organizacje, których zadaniem jest ich weryfikacja w praktyce. Do najbardziej znanych i coraz bardziej popularnych systemów kompleksowej oceny pod kątem zgodności z zasadami zrównoważonego rozwoju należą na przykład globalne LEED<sup>®</sup>, BREEAM<sup>®</sup> oraz szereg lokalnych np. DGNB<sup>®</sup>, HQE<sup>®</sup>, lub TAIL<sup>®</sup>. Dalej idącym certyfikatem jest WELL<sup>®</sup>, w którym akcent ze zrównoważenia budynku przesunięty zostaje na jego użytkownika. Wszystkie polegają na „przyznawaniu punktów” określonym obszarom oceny za spełnienie określonych warunków. Na tej podstawie jest ustalany końcowy ranking i przyznanie budynkowi określonego pozo-

mu danego certyfikatu. W każdym z nich, w różny sposób ujęte są instalacje HVAC<sup>1</sup> mające na celu kształtowanie warunków komfortu wewnętrznego.

Ponieważ celem artykułu jest kompleksowa analiza zagadnień związanych z kształtowaniem komfortu środowiskowego wewnątrz budynków, autorzy poczuli się zobligowani do naświetlenia tych zagadnień również z komercyjnego punktu widzenia.

Poniżej przedstawiono sposoby i wpływ poszczególnych aspektów instalacji HVAC na końcową ocenę budynku w ramach kilku wybranych systemów klasyfikacji.

<sup>1</sup> W artykule użyto nazwy *instalacje HVAC* jako określenia instalacji wentylacyjno – klimatyzacyjno – grzewczo-chłodzącej, która jest odpowiedzialna za kształtowanie klimatu komfortu wewnętrznego w budynkach

Dr inż. Piotr Bartkiewicz, prof. PW – Politechnika Warszawska;; dr inż. Kazimierz Wojtas – <https://orcid.org/0000-0001-7606-7971>; Politechnika Krakowska. Adres do korespondencji/ Corresponding author: [kwojtas@pk.edu.pl](mailto:kwojtas@pk.edu.pl)

## Certyfikacja w systemie LEED®

System certyfikacji LEED® został opracowany przez amerykańskie stowarzyszenie *US Green Building Council (USGBC)*. Jest to system, który ocenia cechy budynku na wszystkich 3-ch etapach jego realizacji, czyli od zintegrowanego projektowania poprzez realizację aż do uzyskania efektów eksploatacyjnych. Głównym założeniem przyjętego sposobu oceny jest uzyskanie, przy minimalnych nakładach inwestycyjnych i eksploatacyjnych, budynku maksymalnie przyjaznego użytkownikowi, ze szczególnym naciskiem na jego zdrowie, wybudowanego i eksploatowanego przy wysokim poziomie poszanowania środowiska naturalnego człowieka. Ocena projektu jest wielowarstwowa i skomplikowana. Jest ona rozłożona na dwa etapy: oceny wstępnej przy złożeniu wniosku przez inwestora oraz oceny weryfikacyjnej po ukończeniu inwestycji, której dokonuje niezależny zespół ekspertów wg precyzyjnie określonych wytycznych i zasad [1,2]. Na tym etapie przyznawane są „punkty kredytowe” za realizację określonych wymagań w kilku zasadniczych kategoriach, których podstawowe cechy zostały zaprezentowane w tabeli 1.

Liczba punktów, różna w zależności od wagi przydzielonej każdej kategorii, jest sumowana i w zależności od wyniku przyznawane są certyfikaty LEED® na jednym z 4-ch poziomów: podstawowym, srebrnym, złotym lub najwyższym, platynowym. Analizując zarówno zakresy wyżej wymienionych kategorii jak i liczby przyznawanych punktów można dojść do wniosku, że waga instalacji HVAC, mającej na celu zapewnienie komfortu wewnętrznego, jest w tej hierarchii bardzo umiarkowana. Znakomitą większość punktów zależnych od jakości wykonania systemu HVAC można uzyskać w kategorii związanej ze zużyciem energii (*Energy Performance* w kategorii *Energy&Atmosphere*). Maksymalne liczby przyznawanych punktów różnią się nieznacznie w zależności od rodzaju i przeznaczenia budynku<sup>2</sup>. Absolutne maksimum do osiągnięcia w typowych dla budynków certyfikacjach New Construction (NC) i Core&Shell (C&S) to 110 punktów.

Za co i w jakiej kategorii projektant HVAC może uzyskać punkty w tym procesie (LEED v.4 BD+C)? Otóż za spełnienie wymagań dotyczących komfortu wewnętrznego – **kategoria EQ** (w zakresie, jakości powietrza wewnętrznego, komfortu cieplnego oraz hałasu): **maksymalnie 10 punktów (C&S) i 16 punktów (NC)**. Znacznie większy udział punktowy instalacje HVAC mają w kategorii **EA**, gdyż silnie są związane z efektywnością, zużyciem energii, rodzajem zasilania, rodzajem czynnika chłodniczego, rozru-

Tabela 1. Podstawowa charakterystyka kategorii certyfikacji LEED

Nazwa w j. angielskim	Skrót (akronim)	Zakres	Maksymalna liczba punktów do uzyskania
Location and Transportation	LT	lokalizacja, transport i komunikacja z otoczeniem	36
Sustainable Sites	SS	zrównoważone budownictwo, przyjazne dla środowiska	15
Water Efficiency	WE	efektywność zużycia oraz pozyskiwania wody	12
Energy and Atmosphere	EA	oszczędność energii i czyste i zdrowe powietrze	35
Materials and Resources	MR	materiały i źródła ich pochodzenia	20
Indoor Environment Quality	EQ	jakość środowiska wewnętrznego	19
Innovation	IN	innowacyjność rozwiązań	5
Regional Priority	RP	zgodność z regionalnymi warunkami zabudowy	4

Tabela 2. Przykład klasyfikacji budynku wg systemu BREEAM®

BREEAM section	Przyznane punkty kredytowe	Maksymalne punkty kredytowe	Przyznane punkty procentowe	Współczynnik wagowy dla danej kategorii	Końcowy wynik
Zarządzanie	10	20	50.00%	0.12	6.00%
Zdrowie i komfort	17	21	80.95%	0.15	12.14%
Energia	27	34	79.41%	0.19	15.09%
Transport	5	11	45.45%	0.08	3.63%
Woda	5	9	55.56%	0.06	3.33%
Materiały	10	14	71.43%	0.125	8.92%
Odpady	3	13	23.07%	0.075	1.73%
Ekologia i Środowisko	5	5	100.00%	0.10	10.00%
Zanieczyszczenie środowiska	9	13	69.23%	0.10	6.92%
Innowacyjność	2	10	20.00%	0.10	2.00%
Sumaryczny wynik:					70,02 %
Przyznana klasa BREEAM®: EXCELLENT (DOSKONAŁY)					

chem, możliwościami kontroli i optymalizacji pracy urządzeń, na etapie rozruchu i eksploatacji. W tej kategorii instalacje HVAC mogą przynieść maksymalnie 33 punkty (jeżeli przyjmujemy optymistyczne założenie, że zespół projektowy HVAC decyduje o wytycznych do układu sterowania, wyborem nośników energii końcowej, sposobami zarządzania przepływami energii wewnątrz budynku łącznie z rozwiązaniami i efektywnością urządzeń biorących udział w kształtowaniu klimatu wewnętrznego). Analizując szczegółowe wymagania dla poszczególnych obszarów kategorii **EQ**, można zaryzykować tezę, iż jakość instalacji HVAC wraz z systemem sterowania, będącym głównym składnikiem systemu BMS budynku, może przynieść maksymalnie około **12-15 punktów (NC)**, zaś w kategorii **EA** **około 25 punktów (NC)** czyli „sumaryczny wynik”, na który mają wpływ te instalacje to około **30-40 %** maksymalnej puli punktów kredytowych.

## Certyfikacja w systemie BREEAM®

System certyfikacji BREEAM® powstał dzięki organizacji BRE Global Ltd z siedzibą w Watford w Wielkiej Brytanii. Podobnie jak LEED ma na celu skwantyfikowanie kompleksowej oceny budynków o charakterze komercyjnym w celu umożliwienia potencjalnemu odbiorcy – użytkownikowi szybkiej i obiektywnej oceny tych jego cech, które uważa za

ważne ze swojego punktu widzenia. Mimo podobnego celu, system BREEAM różni się dość znacznie od poprzedniego sposobem przyznawania punktów w poszczególnych kategoriach oceny oraz normami, na których oparte jest ich uzyskanie. Podstawą końcowej klasyfikacji budynku jest skala procentowa, którą uzyskuje się w następujący sposób:

- W każdej z 9 kategorii (patrz przykład w tabeli 2) przyznawane są punkty za spełnienie warunków precyzyjnie określonych w dokumencie [3], które są przeliczane na procenty w stosunku do maksymalnej liczby punktów „kredytowych” możliwych do przyznania w danej kategorii.
- Uzyskany w ten sposób wynik w każdej kategorii mnoży się przez współczynniki wagowe przyznane uprzednio danej kategorii (w zależności od rodzaju budynku, regionu, obszaru, państwa i jego regionalnej polityki środowiskowej);
- Uzyskane w ten sposób wyniki w punktach procentowych w poszczególnych kategoriach sumuje się i wynik końcowy jest podstawą do zakwalifikowania budynku do poszczególnych klas, zgodnie z tabelą 3.

Klasyfikacji podlegają tylko te budynki, które w każdej z kategorii spełnią pewne minimalne wymagania określone w dokumencie „BREEAM International New Construction 2016. Technical Manual” [3]

Dodatkowo można przyznać maksymalnie 10 punktów procentowych za innowacyjność (1 punkt w każdej z kategorii).

<sup>2</sup> LEED zakłada możliwość certyfikacji całego budynku (NC) lub budynku bez powierzchni przeznaczonej do wynajęcia (C&S).

**Tabela 3. Klasyfikacja budynków wg BREEAM**

Klasy BREEAM	Punkty procentowe
OUTSTANDING (WSPANIAŁY)	> 85
EXCELLENT (DOSKONAŁY)	> 70
VERY GOOD (BARDZO DOBRY)	> 55
GOOD (DOBRY)	> 45
PASS (SKLASYFIKOWANY)	> 30
POZAKLASOWY	< 30

Mając na uwadze wpływ cech jakościowych instalacji HVAC na klasyfikację BREEAM należy zwrócić uwagę na następujące kategorie:

#### a) Zdrowie i komfort

W tabeli 4 zestawiono zagadnienia, które są brane pod uwagę przy przyznawaniu punktów kredytowych w poszczególnych podkategoriach. Czcionką pogrubioną wyszczególniono te, które mają bezpośredni związek z instalacją HVAC budynku.

Sumarycznie, zagadnienia związane bezpośrednio z instalacjami HVAC mogą wygenerować w dziedzinie „zdrowie i komfort” maksymalnie 7 punktów na 21 możliwych, czyli 33 punkty procentowe w tej kategorii.

#### b) Energia

Ta kategoria zachęca do specyfikacji i projektowania energooszczędnych rozwiązań w zakresie zarówno konstrukcji budowlanych, jak też wyposażenia budynku, które mają umożliwić maksymalizację oszczędności energii i wspierać jej zrównoważone wykorzystanie poprzez odpowiednie nią zarządzanie w trakcie eksploatacji. Poszczególne zagadnienia w tej kategorii zawierają ocenę podjętych środków poprawiających naturalną efektywność energetyczną budynku i mają zachęcać do redukcji emisji dwutlenku węgla oraz zmniejszenia zużycia energii pierwotnej.

Jak wynika z powyższego zestawienia w kategorii „oszczędność energii” udział rozwiązań zastosowanych przez projektanta HVAC może przynieść maksymalnie około 15 punktów na 34 możliwe, co jest równoważne 44 punktom procentowym w tej kategorii.

#### c) Zanieczyszczenie środowiska

W tej kategorii jest do zdobycia maksymalnie 13 punktów kredytowych, z czego maksymalnie 4 są ściśle związane z rodzajem zastosowanych czynników ziębniczych wyrażonych w bezpośrednim ekwiwalencie CO<sub>2</sub> jak i systemom kontroli i zapobiegania jego wyciekom. Stanowi to maksymalnie 31 punktów procentowych.

Podsumowując, sposób oceny budynku według metodyki BREEAM® z punktu widzenia projektanta instalacji HVAC można stwierdzić, że jeżeli kategoriom: „zdrowie i komfort”, „energia” oraz „zanieczyszczenia środowiska” zostałyby przydzielone współczynniki wagowe, odpowiednio: 0,2; 0,15

**Tabela 4. Wymagania w kategorii „zdrowie i komfort” wg systemu BREEAM®**

Podkategoria	Maksymalna liczba punktów kredytowych	Zagadnienia będące podstawą oceny	Maksymalna szacunkowa liczba punktów zależnych od instalacji HVAC*
<b>Hea01</b> (Komfort wizualny)	6	Wszystkie zagadnienia związane z odczuciami wzrokowymi użytkowników	0
<b>Hea02</b> (Jakość powietrza wewnętrznego)	5	<ul style="list-style-type: none"> <li>Minimalizacja źródeł zanieczyszczenia powietrza poprzez staranny projekt, specyfikację i planowanie.</li> <li><b>Strategia wentylacji budynku musi przewidywać możliwość dostosowania do zmiennych potrzeb użytkowników budynku</b></li> </ul>	4
<b>Hea03</b> (Bezpieczeństwo w laboratoriach)	2	Zagadnienia dotyczące bezpieczeństwa pracowników w różnego rodzaju pomieszczeniach laboratoryjnych	0
<b>Hea04</b> (Komfort cieplny)	3	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Zgodność modelowych obliczeń cieplnych z odpowiednimi normami.</b></li> <li><b>Uwzględnienie w obliczeniach cieplnych dynamicznych zmian warunków klimatycznych</b></li> <li><b>Możliwość analizy przez użytkownika wpływu przyjętej strategii regulacji parametrów komfortu na własności użytkowe</b></li> </ul>	3
<b>Hea04</b> (Dostępność budynku)	2	Wszystkie aspekty związane ze sposobem dostępu do budynku i poszczególnych jego części	0
<b>Hea05</b> Zagrożenia	1	Zagadnienia związane z bezpieczeństwem użytkownika budynku	0
<b>Hea06</b> (Prywatność)	1	Zapewnienie miejsc wokół budynku, które stworzą wrażenie „prywatności”	0
<b>Hea07</b> (Jakość wody)	1	Zagadnienia dotyczące źródeł wody przeznaczonej do spożycia i jej jakości	0

\*Sugerowana w tej kolumnie liczba punktów kredytowych wynika z subiektywnej oceny autorów opracowania

**Tabela 5. Wymagania w kategorii „energia” wg systemu BREEAM®**

Podkategoria	Maksymalna liczba punktów kredytowych	Zagadnienia będące podstawą oceny	Maksymalna szacunkowa liczba punktów zależnych od instalacji HVAC*
<b>Ene 01</b> (Redukcja zużycia energii i emisji CO <sub>2</sub> )	15	<ul style="list-style-type: none"> <li>Wykazanie oszczędności w stosunku do krajowych standardów budownictwa w zakresie zapotrzebowania na energię grzewczą, chłodniczą, zużycie energii pierwotnej oraz emisja dwutlenku węgla.</li> <li>Zastosowanie rozwiązań systemowych zachęcających do podjęcia działań zmierzających do zmniejszenia zapotrzebowania na energię.</li> </ul>	7
<b>Ene 02</b> (Monitorowanie zużycia energii)	4	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ciągły monitoring i rejestracja zużycia nośników energii w czasie rzeczywistym.</li> <li>Montaż sub-liczników energii w odpowiednich miejscach instalacji (stref wynajmu powierzchni)</li> <li>Specyfikacja miejsc i sposobów wyświetlania danych pomiarowych.</li> </ul>	3
<b>Ene 03</b> (Oświetlenie naturalne)	1	Nie dotyczy	0
<b>Ene 04</b>	3	<ul style="list-style-type: none"> <li>Analiza proponowanego projektu budowlanego i zagospodarowania w celu określenia możliwości zastosowania pasywnych rozwiązań projektowych, w tym free coolingu.</li> <li>Studium wykonalności w celu określenia i lokalizacji około-zero-emisyjnych źródeł energii w celu ich wykorzystania w projekcie.</li> </ul>	2
<b>Ene 05</b> (Efektywna energetycznie akumulacja chłodu)	3	<ul style="list-style-type: none"> <li>System chłodzenia, jego elementy sterujące i komponenty zaprojektowane, zainstalowane i uruchomione zgodnie z odpowiednimi normami umożliwiającą redukcję pośredniej emisji gazów cieplarnianych.</li> </ul>	3
<b>Ene 06</b> (Efektywny transport)	3	Nie dotyczy	0
<b>Ene 07</b> (Efektywne energetycznie laboratoria)	5	Nie dotyczy	0
<b>Ene 08</b> (Niskoenergetycznie wyposażenie użytkowe)	2	Nie dotyczy	0
<b>Ene 09</b> (Efektywne suszenie)	1	Nie dotyczy	0

\*Sugerowana w tej kolumnie liczba punktów kredytowych wynika z subiektywnej oceny autorów opracowania

i 0,1 to wynik procentowy mógłby wynieść ok. 28%, co oznacza udział procentowy tych kategorii w całkowitej ocenie budynku Very

Good (np. 68%) mógłby wynieść maksymalnie około 40 % a więc byłby na podobnym poziomie jak w systemie LEED.

## Certyfikacja w systemie WELL®

System oceny WELL Health-Safety został stworzony przez *International WELL Building Institute (IWBI)*, organizację pozarządową, której celem jest stworzenie formalnych podstaw i nadzór nad czynnościami mającymi na celu poprawę zdrowia w budynkach i innych przestrzeniach, w których przebywa człowiek. Ocena bezpieczeństwa zdrowotnego WELL® ma na celu uzupełnienie, a nie zastąpienie oceny wymagań prawnych i przepisów obowiązujących w tym zakresie na terenie danego kraju. Stworzony przez tę organizację system polega na ocenie przez „notyfikowanych ekspertów”, możliwie wszystkich cech budynku, oddawanego do użytkowania, które mogą wpływać na zdrowie, samopoczucie i komfort osób w nim przebywających. Ocenie tej podlegają wszystkie aspekty szczegółowo określone w dokumencie zatytułowanym „*Well Health-Safety Rating for Facility Operations & Management*” [5], które podzielono na 23 kategorie, w ramach następujących głównych obszarów:

- Procedury sanitarne;
- Programy gotowości na wypadek sytuacji kryzysowych;
- Zasoby dotyczące zdrowia;
- Zarządzanie jakością powietrza i wody;
- Zaangażowanie i komunikacja użytkowników i udziałowców;
- Innowacje.

Budynek uzyskuje aprobatę (certyfikat) WELL®, jeżeli spełnia warunki wyszczególnione dla minimum 15 kategorii.

Należy zauważyć, że w systemie WELL® duży nacisk kładzie się nie tylko na sam budynek, jego lokalizację, konstrukcję i wyposażenie, ale również na dokumenty i procedury związane z eksploatacją budynku.

Podobnie jak w uprzednio omawianych przypadkach systemów certyfikacji, poniżej zostały przedstawione te kategorie, których wymagania są, albo wydają się być w gestii projektanta systemów i instalacji HVAC (*Uwaga: numeracja kategorii jest zgodna z dokumentem [5]*)

### 16) Ocena systemu wentylacji

W projekcie instalacji HVAC należy wykazać:

- a) maksymalny strumień dostarczanego do pomieszczeń powietrza zewnętrznego, jaki może zapewnić system wentylacji mechanicznej,
- b) potencjalne możliwości elementów sterujących systemu w celu zwiększenia dopływu powietrza zewnętrznego (np. wydłużenie okresu pracy, zmiana nastawy dla systemów wentylacji, sterowanych na żądanie),
- c) zakres wydajności, do którego system

- wentylacji mechanicznej może działać bez recyrkulacji powietrza,
- d) czy i jak którakolwiek z potencjalnych modyfikacji systemu HVAC wpłynie na:
    - zużycie energii,
    - zdolność do zarządzania warunkami komfortu cieplnego (np. unikanie przeciągów, eliminacja recyrkulacji, kontrola parametrów powietrza),
    - procedury eksploatacyjne mające na celu utrzymanie parametrów przez cały okres eksploatacji.

### 17) Kontrola i konserwacja systemów uzdatniania powietrza

- a) Inwentaryzacja elementów do oczyszczania powietrza

Projekt zawiera inwentaryzację wszystkich filtrów i sprzętu UVGI używanych do „mikrobiologicznego” uzdatniania powietrza i wskazuje na ich lokalizację w:

- centralach i instalacji wentylacyjnej,
- klimakonwektorach,
- indywidualnych urządzeniach do oczyszczania powietrza.

- b) Ocena sposobów oczyszczania powietrza

W projekcie instalacji uwzględniono:

- najwyższą możliwą efektywność urządzeń do oczyszczania powietrza, filtrów cząstek stałych (szczególnie w przypadku występowania recyrkulacji, jeśli występuje), które można zainstalować w projektowanym systemie wentylacji lub klimatyzacji,
- zdolność systemu wentylacji mechanicznej do zastosowania urządzeń UVGI.

W przypadku braku takich rozwiązań, w projekcie należy wskazać:

1. warunki, w jakich zostaną zainstalowane te urządzenia i elementy do oczyszczania powietrza, lub
2. harmonogram instalacji systemów oczyszczania.

- c) Konserwacja urządzenia

W przypadku urządzeń zidentyfikowanych w specyfikacji i inwentaryzacji systemu należy wykazać, że filtry i/lub lampy UV są wymieniane zgodnie z instrukcjami i w okresach zalecanych przez producentów. Deklaracja jest składana i rejestrowana corocznie za pośrednictwem platformy cyfrowej WELL.

### 19) Stały monitoring jakości powietrza i wody

W pomieszczeniach do ciągłego przebywania ludzi prowadzony jest ciągły monitoring parametrów powietrza, a wyniki w odstępach nie dłuższych niż raz w roku, są przesyłane i rejestrowane za pośrednictwem

platformy cyfrowej WELL. W ramach tych działań są mierzone następujące zanieczyszczenia (z podaniem liczby i miejsca pobierania próbek, punktach zgodnych z wymaganiami określonymi w procedurach zarządzania jakością powietrza):

- a) pył zawieszony – PM<sub>2,5</sub> i/lub PM<sub>10</sub>,
- b) lotne związki organiczne – LZO (VOC) ogółem i/lub formaldehyd,
- c) ozon,
- d) tlenek węgla.

Jak można zauważyć z powyższego zestawienia, jakość i innowacyjność rozwiązań instalacji HVAC w budynku, ich wyposażenie w odpowiednie systemy sterowania, monitoringu i zarządzania ich pracą, mogą stanowić podstawę do spełnienia wymagań Well Health-Safety Rating w trzech powyższych kategoriach. Ponieważ do udzielenia budynkowi certyfikatu WELL® wystarczy spełnić wymagania 15 z nich, można więc stwierdzić, że dzięki odpowiednio zaprojektowanym instalacjom HVAC można spełnić ok. 30% niezbędnych wymagań w tym systemie oceny budynków.

## Nowa propozycja oceny warunków klimatu wewnętrznego wg systemu TAIL®

Opisane powyżej systemy oceny budynków, które wydają się być najbardziej popularne na rynku budownictwa komercyjnego w Polsce, starają się uwzględnić swoim zakresem kompleksowo wszystkie cechy użytkowe budynku. Jak zostało to wykazane powyżej, zagadnienia jakości środowiska wewnętrznego, które są kształtowane przez instalacje HVAC (w szczególności przez systemy wentylacji i klimatyzacji) mają w systemach certyfikacji budynków około trzydziesto – czterdziestoprocentowy wpływ na końcową ocenę i klasyfikację.

Niewątpliwie wadą tych systemów jest fakt, iż w zasadzie dotyczą procesów inwestycyjnych i służą do oceny budynków nowych oddawanych do użytkowania. Natomiast wdrożenie Dyrektyw EPBD i Erp oraz polityka antyemisyjna Unii Europejskiej wymusiły na znacznej liczbie właścicieli budynków używanych konieczność termomodernizacji. Niestety, częstym efektem tego procesu było i jest pogorszenie parametrów jakości środowiska wewnętrznego (np. przez redukcję strumienia powietrza wentylacyjnego, uszczelnienie stolarki itp.). O ile w budynkach mieszkalnych inwestor jest z reguły użytkownikiem i ponosi wprost konsekwencje swoich działań, to w przypadku budynków komercyjnych (budynków użyteczności publicznej, biur, hoteli, itp.) funkcje te pełnią odrębne podmioty. Aby możliwie precyzyjnie i obiektywnie ocenić i porównać jakość śro-

dowiska wewnętrznego przed i po procesie modernizacji europejski projekt naukowy pod nazwą ALDREN (Alliance for Deep RENovation in buildings) przedstawił w ostatnim czasie bardzo ciekawą propozycję oceny jakości środowiska wewnętrznego w budynkach pod nazwą TAIL® [6,7] (nawiasem mówiąc, projekt ALDREN zaproponował także inne rozwiązania dotyczące termomodernizacji w budynkach biurowych i hotelach). W ramach systemu TAIL przeprowadzana jest ocena takich sfer środowiska wewnętrznego, jak:

- warunki termiczne (Thermal environment),
- akustyka (Acoustic environment),
- jakość powietrza wewnętrznego (Indoor air quality),
- oświetlenie (Luminous – Visual Environment).

W odróżnieniu od wcześniej opisanych systemów oceny jakości środowiska wewnętrznego system ten jest w dużej mierze zależny od działań związanych z instalacjami HVAC. Nie można, więc w bezpośredni sposób porównywać go z poprzednimi. W związku z powyższym, dla inżyniera branży wentylacyjno-klimatyzacyjnej stanowi on bardzo ciekawą propozycję z uwagi na cechy wyszczególnione poniżej.

System TAIL proponuje maksymalnie „zobiektywizowaną” ocenę, gdyż po pierwsze opiera się, tam gdzie jest to możliwe, na stosunkowo prostych pomiarach szeregu parametrów mających decydujący wpływ na jakość środowiska wewnętrznego (patrz tabela 6), a następnie porównując otrzymane wyniki pomiarowe z odpowiednimi normami, głównie PN-EN 16798 [8], lub wytycznymi WHO dot. jakości powietrza (*WHO air quality guidelines* [9,10,11]), przyznaje się im na tej podstawie odpowiednie kategorie jakości od najwyższej oznaczonej cyfrą rzymską I, gdy spełniony jest wyższy niż standardowy poziom oczekiwań użytkowników, do najniższej oznaczonej IV, gdy niespełnione są minimalne wymagania „normowe”.

Oceniane parametry lub wskaźniki podzielono na 4 grupy przydzielając je do opisanych powyżej obszarów charakteryzujących środowisko wewnętrzne (oznaczonych symbolami T, A, I, oraz L – patrz tabela 6). Interesującą cechą tego systemu klasyfikacji jest fakt, iż przyjęto w nim zasadę, że nie średnia, ale minimalna kategoria dla danego parametru „reprezentuje” kategorię danej grupy, podobnie jak minimalna kategoria grupy wyznacza całościową kategorię jakości środowiska wewnętrznego. Związane jest to z dwoma czynnikami: próba stworzenia zachęty do poprawy warunków środowiska wewnętrznego oraz dlatego, że nie wiadomo



Rys. 1. Sposób oznakowania kategorii TAIL [7]

jaki jest udział procentowy jakości poszczególnych parametrów środowiska wewnętrznego w jego całościowej ocenie przez użytkowników. W celach komercyjnych poszczególnym kategoriom przydzielono „sugestywne” kolory: I – zielony, II – żółty, III – pomarańczowy, IV – czerwony oraz opracowany został oznakowany symbol podsumowujący ocenę, którego przykład przedstawia rysunek 1. Kategorie jakości odpowiadają kategoriom zdefiniowanym przez PN-EN-16798 [8].

Podsumowując, można stwierdzić, że system oceny TAIL umożliwia użytkownikowi budynku lub jego właścicielowi obiektywną i szybką a jednocześnie kompleksową ocenę poziomu jakości środowiska wewnętrznego jak również skalę zagrożeń dla zdrowia użytkowników wynikających ze strony jakości środowiska wewnętrznego, mogących być przyczyną zjawiska określanego często jako „syndrom chorego budynku” (Sick Building Syndrom).

W podsumowaniu powyższego artykułu należy wyraźnie stwierdzić, że zostały w nim omówione tylko te, wybrane sposoby oceny jakości budynków, które według autorów

Tabela 6. Parametry oceny jakości środowiska wewnętrznego wg TAIL®

Lp	Opis ocenianego parametru/wskaźnika	Obszar komfortu	
1	Temperatura [°C]	Warunki termiczne (Thermal Environment)	
2	Poziom hałasu [dB(A)]	Akustyka (Acoustics)	
3	Strumień powietrza wentylacyjnego (świeżego), [l/s]	Jakość powietrza wewnętrznego (Indoor Air Quality)	
4	Stężenie CO <sub>2</sub> [ppm]		
5	Stężenie benzenu, [mg/m <sup>3</sup> ]		
6	Stężenie formaldehydu, [mg/m <sup>3</sup> ]		
7	PM <sub>2,5</sub> , [mg/m <sup>3</sup> ]		
8	Radon, [Bq/m <sup>3</sup> ]		
9	Wilgotność względna, [%]		
10	Widoczna pleśń, lub grzyb na powierzchni ścian, [cm <sup>2</sup> ]		
11	Współczynnik światła dziennego, [DF]		Oświetlenie (Luminous – Visual Environment)
12	Natężenie oświetlenia, [lx]		

mają zasięg globalny. Oprócz wyżej wymienionych funkcjonuje jeszcze co najmniej kilkanaście propozycji o mniejszym zasięgu. Niewątpliwie, każdy z nich kładzie nacisk na nieco inne zagadnienia, ale z całym przekonaniem można powiedzieć, że wszystkie przyczyniają się do podniesienia jakości budynków zarówno z punktu widzenia komfortu użytkowników jak i poszanowania środowiska naturalnego i energii.

Na zaprezentowanych w opracowaniu przykładach zostało w sposób dobitny wykazane, że jakość instalacji HVAC, szczególnie w ocenie budynków nowych, w których są one kształtowane w ramach tzw. „projektowania zintegrowanego” może mieć dominujący wpływ na końcowy rezultat procesu certyfikacji.

Uogólniając powyższy wniosek należy podkreślić, że świadome projektowanie tego typu instalacji, na obecnym etapie rozwoju techniki klimatyzacyjno-grzewczej wymaga od projektanta olbrzymiego zasobu wiedzy i bardzo dobrej znajomości rynku urządzeń, których nie zastąpi nawet najlepszy program komputerowy wspomagający projektowanie.

#### LITERATURA:

- [1] “LEED v4 for Building Design and Construction” – manual – US Green Building Council,
- [2] “Reference Guide for Building Design and Construction” – US Green Building Council, 2013
- [3] “BREEAM International New Construction 2016” – Technical Manual, SD233 2.0
- [4] <https://www.breem.com/discover/how-breem-certification-works/>
- [5] “WELL Health-Safety Rating for Facility Operations and Management” – International WELL Building Institute pbc – 2020
- [6] Wargocki P, Mandin C, Wei W. – „ALDREN – TAIL Index for Rating IEQ” – ASHRAE Journal, Dec. 2019
- [7] Wargocki P, Mandin C. – “Nowy wskaźnik – TAIL. Ocena jakości środowiska wewnętrznego w budynkach termomodernizowanych” – Rynek Instalacyjny – Czerwiec 2020.
- [8] PN-EN 16798-1 „Charakterystyka energetyczna budynków. Wentylacja budynków. Część 1: Parametry wejściowe środowiska wewnętrznego do projektowania i oceny charakterystyki energetycznej budynków w odniesieniu do jakości powietrza wewnętrznego, środowiska cieplnego, oświetlenia i akustyki
- [9] World Health Organization, 2010. WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants, WHO Regional Office for Europe. Copenhagen, Denmark.
- [10] World Health Organization, 2009. WHO guidelines for indoor air quality: dampness and mould. Copenhagen, Denmark.
- [11] World Health Organization, 2005. Air quality guidelines. Global update 2005. Particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. [https://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0005/78638/E90038.pdf](https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0005/78638/E90038.pdf).