

IBZE.EK K2/2023 OPZ

Opis przedmiotu zamówienia – Zakup licencji i usługi nadzoru autorskiego wdrożenia oprogramowania Systemu zarządzania energią w budynku (BEMS)

© 2023 Grupa Ekoenergia Sp. z o.o. All rights reserved.

Spis treści

1.	Wstęp	3
2.	Ogólny opis Projektu IBZE	5
2.1.	Skrócony opis projektu	5
2.2.	Cele Modułu B+R	6
2.2.1.	Problem badawczy/technologiczny	7
2.2.2.	Metoda badawcza	8
2.3.	Cele Modułu wdrożenie innowacji	9
2.4.	Ogólny opis Rozproszonego, bezpiecznego magazynu danych i centrum certyfikacji (RBMD-CC)	9
3.	Analiza cech BEMS w kontekście osiągnięcia celów projektu IBZE	11
3.1.	Hiperkonwergentna infrastruktura sterowania/monitorowania IBZE w architekturze edge i fog computing	11
3.2.	System automatyzacji i sterowania budynku BACS	12
3.3.	Inteligentna wielonośnikowa mikrosieć energetyczna	12
3.4.	Systemy magazynowania energii ESS	13
3.5.	Rozwiązania AI, ML i autoML wykorzystane w IBZE przez zintegrowane systemy BACS oraz BEMS.....	13
4.	Wymagania dla licencji BEMS.....	15
4.1.	Etap 1: Licencja oprogramowania Systemu zarządzania energią w budynku (BEMS) zgodnego z normą PE-EN ISO 50001.....	15
4.1.1.	Wymagania niefunkcjonalne oprogramowania BEMS	15
4.2.	Etap 2: Licencja oprogramowania Systemu zarządzania energią w budynku (BEMS) zgodnego m.in. z normami PE-EN ISO 50001, PN-EN 16247	27
4.2.1.	Wymagania niefunkcjonalne oprogramowania BEMS	27

5.	Opis i wymagania dla usług doradczych	35
5.1.	Ogólny opis usług doradczych	35
5.2.	Etap 1: Nadzór autorski wdrożenia Systemu zarządzania energią w budynku (BEMS) – zapewniającego narzędzia automatyzacji inteligentnego monitoringu wskaźników wyniku energetycznego zgodnie z normą PE-EN ISO 50001	35
5.3.	Etap 2: Nadzór autorski wdrożenia oprogramowania Systemu zarządzania energią w budynku (BEMS) obejmujący usługi: instalacji, konfiguracji, parametryzacji elementów BEMS oraz wdrożenia funkcji i interfejsów automatyzujących czynności serwisowania, audytowania i certyfikacji budynku IBZE	36

1. Wstęp

Zamówienie dotyczy projektu B+R o nazwie „INTELIGENTNY BUDYNEK ZERO-EMISYJNY I ZERO-ENERGETYCZNY użyteczności publicznej zintegrowany z wielonośnikową mikrosiecią energetyczną, sterowany oraz monitorowany przez BACS i BEMS” (akronim projektu: IBZE).

Przedmiot zamówienia obejmuje:

- 1) Etap 1: Licencja oprogramowania Systemu zarządzania energią w budynku (BEMS) zgodnego z normą PE-EN ISO 50001.
- 2) Etap 1: Nadzór autorski wdrożenia Systemu zarządzania energią w budynku (BEMS) – zapewniającego narzędzia automatyzacji inteligentnego monitoringu wskaźników wyniku energetycznego zgodnie z normą PE-EN ISO 50001.
- 3) Etap 2: Licencja oprogramowania Systemu zarządzania energią w budynku (BEMS) zgodnego m.in. z normami PE-EN ISO 50001, PN-EN 16247.
- 4) Etap 2: Nadzór autorski wdrożenia oprogramowania Systemu zarządzania energią w budynku (BEMS) obejmujący usługi: instalacji, konfiguracji, parametryzacji elementów BEMS oraz wdrożenia funkcji i interfejsów automatyzujących czynności serwisowania, audytowania i certyfikacji budynku IBZE.

Zamówienie jest realizowane w ramach Modułu wdrożenie innowacji w 2 Etapach:

- 1) Etap 1 w Zadaniu „Zakup licencji i usług nadzoru autorskiego w zakresie wdrożenia Systemu zarządzania energią w budynku (BEMS) z narzędziami automatyzacji inteligentnego monitoringu wskaźników wyniku energetycznego zgodnie z normą PE-EN ISO 50001”.
- 2) Etap 2 w Zadaniu „Zakup licencji i usług nadzoru autorskiego w zakresie wdrożenia Systemu zarządzania energią w budynku (BEMS) z narzędziami automatyzacji serwisowania, audytowania i certyfikacji budynku IBZE, m.in. zgodnie z normami PE-EN ISO 50001, PN-EN 16247”.

Niniejszy dokument definiuje wymagania dla:

- 1) dostarczanego oprogramowania **Systemu zarządzania energią w budynku (BEMS)**,
- 2) wykonania **nadzoru autorskiego wdrożenia oprogramowania**, obejmującego w szczególności usługi instalacji, konfiguracji i parametryzacji oraz porady techniczne prowadzące do wszechstronnego wykorzystania rozwiązań BEMS zgodnie z celami projektu.

System Zarządzania Energią w Budynkach (ang. BEMS – Building Energy Management System) powinien dążyć do wysokiego poziomu zaawansowania oraz integracji różnych technologii i algorytmów AI, aby monitorować, kontrolować i optymalizować zużycie energii w budynkach i obiektach komercyjnych w standardzie IBZE.

Oprogramowanie BEMS zostanie udostępnione na zasadzie licencji niewyłącznej:

- 1) z prawem do dowolnego modyfikowania i rozwoju oraz nieograniczonego w czasie i terytorialnie wykorzystania oprogramowania,
- 2) bez limitu liczby jego użytkowników.

Szczegółowy zakres licencji zawiera **Umowa wstępna na dostawę licencji i usług nadzoru autorskiego wdrożenia**.

Zakupione licencje i nadzór autorski wdrożenia oprogramowania RBMD-CC muszą zapewnić osiągnięcie celów Zamawiającego, a w szczególności:

- 1) Głównym celem BEMS jest poprawa efektywności energetycznej budynków IBZE poprzez minimalizację marnotrawstwa energii i zmniejszenie kosztów eksploatacji. System ten powinien kontrolować i monitorować różne aspekty związane z energią w budynku, takie jak oświetlenie, klimatyzacja, ogrzewanie, wentylacja, urządzenia elektryczne itp. Dzięki analizie danych i algorytmom uczenia maszynowego, BEMS powinien być w stanie dostosowywać swoje działanie do zmieniających się warunków pogodowych, zapotrzebowania na energię i preferencji użytkowników, co pozwoli na optymalne zarządzanie zużyciem energii.

- 2) Wprowadzenie BEMS w budynkach powinno przynosić wiele korzyści, w tym oszczędności energii, redukcję emisji gazów cieplarnianych, zwiększenie komfortu użytkowników i obniżenie kosztów operacyjnych. System zarządzania energią w budynkach IBZE jest istotny, zwłaszcza w kontekście dążenia do zrównoważonego rozwoju i efektywności energetycznej.
- 3) W Etapie 1:
 - a) BEMS powinien zapewnić narzędzia automatyzacji inteligentnego monitoringu wskaźników wyniku energetycznego w szczególności zgodne z wymaganiami normy PE-EN ISO 50001 oraz innymi normami serii 50000.
 - b) BEMS powinien być ogólnie przygotowany do współpracy (w tym dwukierunkowej wymiany danych) z innymi systemami wskazanymi we Wzorcowej dokumentacji technicznej IBZE (WDT), w tym:
 - i) z opracowanym w wyniku prac rozwojowych Modułu B+R, Systemem automatyzacji i sterowania budynku (BACS), zgodnym z wymaganiami normy PN-EN ISO 16484-5;
 - ii) z systemami magazynowania energii (ang. ESS – Energy Storage System), systemami księgowości (finansowej, zarządczej), współpracy B2B, arkuszami kalkulacyjnymi oraz innymi narzędziami analitycznymi.
- 4) W Etapie 2:
 - a) BEMS powinien posiadać komponenty aplikacyjne (zaimplementowane protokoły, interfejsy) do współpracy (w tym dwukierunkowej wymiany danych) z innymi systemami wskazanymi we Wzorcowej dokumentacji technicznej IBZE (WDT), w tym:
 - i) z opracowanym i optymalizowanym w wyniku prac rozwojowych Modułu B+R, Systemem automatyzacji i sterowania budynku (BACS), zgodnym z wymaganiami normy PN-EN ISO 16484-5;
 - ii) z systemami magazynowania energii (ang. ESS – Energy Storage System), systemami księgowości (finansowej, zarządczej), współpracy B2B, arkuszami kalkulacyjnymi oraz innymi narzędziami analitycznymi.
 - b) BEMS powinien zapewnić funkcje i interfejsy automatyzujące czynności serwisowania, audytowania i certyfikacji budynku IBZE, w szczególności zgodne z wymaganiami norm PE-EN ISO 50001 (oraz innymi normami serii 50000, w tym 50004, 50006, 50007, 50008/,50015), PN-EN 16247-1,2,3, PN-EN ISO 16231, PN-EN ISO 52000-1.
 - c) BEMS powinien wykorzystywać algorytmy, narzędzia i interfejsy zakupione w ramach oprogramowania Rozproszonego, bezpiecznego magazynu danych i centrum certyfikacji (RBMD-CC).
 - d) BEMS powinien automatyzować/usprawniać czynności w zagadnieniach monitorowania mikrosieci energetycznej integrowanej z budynkiem IBZE, w celu uzyskania skuteczności zarządzania efektywnością energetyczną i obciążeniem zgodnie z wymaganiami norm PN-HD 60364-8-1 i 2.
 - e) BEMS powinien zaimplementować algorytmy i interfejsy opracowane w Module B+R, w zakresie kontroli online trwałości wymagań technicznych budynku IBZE (np. szczelności EUco, współczynniki U), które w wyniku prac rozwojowych Modułu B+R, będzie można mierzyć/kontrolować opcjonalnymi metodami online za pomocą różnych technologii i czujników zgodnie z Modelem procesu oraz procedurami serwisowania, audytowania i certyfikacji inteligentnego budynku IBZE MP.SAC.
- 5) BEMS zapewniający eksplorację wielomodalnych danych, również ze współpracujących z nim systemów i aplikacji będzie głównym elementem hiperkonwergentnej infrastruktury mgły obliczeniowej (ang. fog computig) zastosowanej w monitoringu budynków IBZE.
- 6) Funkcjonalności i cechy (również spełniać wskaźniki) opisane w dalszej części dokumentu OPZ.

Zamawiający (zwany również Wnioskodawcą w kontekście projektu IBZE) w oparciu o rozwiązania BEMS przeprowadzi zaplanowane w Module B+R prace rozwojowe, mające cele i w przedmiocie opisanym w kolejnym rozdziale Ogólny opis Projektu IBZE.

Wdrożenie BEMS zapewni funkcjonalności i możliwości, umożliwiające zaplanowaną już w 2025r. pilotażową sprzedaż produktów oraz usług, wykorzystujących uzyskane wyniki w Module wdrożenie innowacji oraz w Module B+R.

2. Ogólny opis Projektu IBZE

Plan projektu zakłada:

- 1) okres realizacji projektu: 01.07.2024 – 30.11.2027 r.
- 2) rozpoczęcie realizacji zadań:
 - a) w Module B+R od dnia 01.07.2024 r.
 - b) w Module wdrożenie innowacji od dnia 01.08.2024 r.
- 3) wykonanie przedmiotowego zamówienia w Module wdrożenie innowacji:
 - a) Etap 1 w okresie zaplanowanym od dnia 01.08.2024 r. do dnia 30.09.2024 r.
 - b) Etap 2 w okresie zaplanowanym od dnia 01.09.2025 r. do dnia 31.10.2025 r.

W przypadku zmiany terminu rozpoczęcie projektu Wykonawca jest zobowiązany wykonać przedmiot zamówienia w nowych terminach dla Z.EK.12 i Z.EK.13, wskazanych przez Zamawiającego, bez prawa sprzeciwu oraz żądania dodatkowej zapłaty.

2.1. Skrócony opis projektu

Przedmiotem projektu jest przeprowadzenie zaplanowanych prac rozwojowych oraz testów w warunkach rzeczywistych, których wynikiem będzie dokumentacja INTELIGENTNEGO BUDYNKU ZERO-EMISYJNEGO i ZERO-ENERGETYCZNEGO (IBZE) użyteczności publicznej, zintegrowanego z wielonośnikową mikrosiecią energetyczną.

Uzyskanie zaplanowanego standardu IBZE z potencjałem wykreowania nowego rynku, oparte jest na istocie nowej jakości budynku, który jednocześnie zapewni rezultaty:

- zero-emisyjności i zero-energetyczności procesów budynkowych w bilansie rocznym (Zero-EEwBR),
- ekonomiczności uzyskania ww. celów ekologicznych.

Wzorcowa dokumentacja techniczna IBZE obejmie unikatowe modele procesów i procedury:

- projektowania, wykonania i modernizacji;
- serwisowania, audytowania i certyfikacji.

Nowe procedury obejmą 3 techniki: Value Stream Mapping (VSM), Last Planner System (LPS) i Pull Planning, odnoszące się wszechstronnie i elastycznie do 5 zasad szczupłego budownictwa (ang. lean construction – LeanC) dedykowanych dla IBZE:

- określenie wartości dla klienta,
- zidentyfikowanie strumienia wartości i wszystkich czynności w strumieniu wartości,
- ciągły przepływ,
- system ssący,
- dążenie do doskonałości.

Powstaną nowe metody i technologie AI/ML, predykcyjne, adaptacyjne i uczące się algorytmy, interoperacyjne i interaktywne interfejsy, zaimplementowane w autonomicznym, hierarchiczno-rozproszonym pakiecie oprogramowania o funkcji:

- zunifikowanego systemu elektronicznych formularzy obsługi procedur LeanC;
- zintegrowanych systemów automatyzacji i sterowania budynku (BACS) oraz zarządzania energią w budynku (BEMS).

W wyniku prac ramowe algorytmy technik LeanC zostaną zoptymalizowane i poddane bieżącej, ciągłej kontroli przez opracowany zestaw wskaźników KPI (ang. Key Performance Indicator), obsługiwanych przy pomocy zautomatyzowanych interfejsów eksplorujących dane i elektronicznych formularzy tworzących systemowy łańcuch elastycznej kontroli efektywności LeanC, w działach (zagadnieniach): wartość stracona, cykl czasu, przestoje, zgodności z harmonogramem, wykorzystanie pracy, koszty (całkowite projektu, zmian, jakości, konserwacji, 10-letniego okresu eksploatacji), zysk netto, niezgodności, zadowolenie klienta i inne.

Algorytmizacja LeanC oparta na AI/ML zapewni:

- zautomatyzowaną analizę i ocenę skuteczności działań w poszczególnych technikach VSM, LPS czy Pull Planning;
- podpowiedzi i uzasadnienia wyboru techniki adekwatnej do specyfiki danego projektu budynku oraz/lub warunków jego budowy/modernizacji;
- automatyzację ustalania granic kompetencji sztucznej inteligencji oraz oceny jej skuteczności w podejmowanych decyzjach;
- każdej zautomatyzowanej procedurze możliwość zatrzymania przez AI/ML, bądź człowieka;
- gwarancję bezpieczeństwa, niezawodności i efektywności procedur, w konwencji najwyższego 5. poziomu automatyzacji z minimalizacją „ludzkiego dotyku”.

BACS i BEMS instalowane na hiperkonwergentnej infrastrukturze brzegowej i mgły obliczeniowej, umożliwią współpracę z innymi inteligentnymi budynkami i/lub SmartCity oraz wykorzystując sztuczną inteligencję w automatyzacji z „ludzkim dotykiem” zapewnią narzędzia do:

- obsługi budynku oraz mikrosieci z rezultatem Zero-EEwBR;
- sterowania obciążeniami instalacji i szerokiej gamy urządzeń w procesach, wymagających: zużycia różnych rodzajów energii, rozproszone źródła wytwórcze oparte na OZE i lokalne magazynowanie energii (ESS);
- kontroli parametrów procesów (komfortu środowiskowego) oraz wskaźników wyniku energetycznego (WWE);
- pomiaru parametrów technicznych/użytkowych, umożliwiających określenie rzeczywistej charakterystyki budynku;
- ciągłego wszechstronnego monitoringu, walidacji i recertyfikacji budynków w audytach oraz przeglądach energetycznych.

2.2. Cele Modułu B+R

Zaplanowane prace rozwojowe oraz testy w warunkach rzeczywistych doprowadzą do innowacyjnej technologii na poziomie krajowym:

- 1) INNOWACJA PRODUKTOWA dotyczy Inteligentnego budynku zero-emisyjnego i zero-energetycznego IBZE o funkcji użyteczności publicznej, opisanego w opracowanej Wzorcowej dokumentacji technicznej (WDT):
 - a) zintegrowanego z wielonośnikową mikrosiecią energetyczną;
 - b) sterowanego/monitorowanego przez interoperacyjne oprogramowanie, wykorzystujące opracowaną sztuczną inteligencję (AI), algorytmy adaptacyjne i predykcyjne oraz narzędzia automatyzacji procesu uczenia maszynowego (autoML) w ramach nowych zintegrowanych pakietów aplikacji o funkcjach: Systemu automatyzacji i sterowania budynku (BACS) oraz Systemu zarządzania energią w budynku (BEMS);
- 2) INNOWACJA W PROCESIE BIZNESOWYM dotyczy nowych modeli procesów oraz procedur projektowania wykonania i modernizacji oraz serwisowania, audytowania i certyfikowania inteligentnego budynku IBZE (MP.PWM/SAC), opartych na zasadach „szczupłego budownictwa” (ang. lean construction – LeanC):
 - a) zautomatyzowanych przez nowe systemowe adaptacyjne interfejsy i elektroniczne formularze, dedykowane dla 3 technik: Value Stream Mapping (VSM), Last Planner System (LPS) i Pull Planning;
 - b) kontrolowanych przez opracowany zestaw wskaźników KPI (ang. Key Performance Indicator) w zagadnieniach: wartość stracona, cykl czasu, przestoje, zgodności z harmonogramem, wykorzystanie pracy, koszty (całkowite projektu, zmian, jakości, konserwacji, 10-letniego okresu eksploatacji), zysk netto, niezgodności, zadowolenie klienta i inne.

Ww. nowe technologie i produkty osiągając TRL9:

- 1) zapewnią równocześnie innowację cyfrową i eko-innowację w zakresie systemów sterowania procesów budynkowych i mikrosieci energetycznych wykorzystujących OZE;

- 1) pomogą w obniżeniu emisyjności i spowolnieniu niekorzystnych zmian klimatu i prowadzą do zaspokojenia potrzeb społecznych, gospodarczych i rynkowych, wynikających z przeprowadzonych analiz.

2.2.1. Problem badawczy/technologiczny

Prace rozwojowe doprowadzą innowacyjnej technologii na poziomie krajowym:

- 1) INNOWACJA PRODUKTOWA dotyczy Inteligentnego budynku zero-emisyjnego i zero-energetycznego IBZE o funkcji użyteczności publicznej, opisanego we Wzorcowej dokumentacji technicznej (WDT):
 - a) zintegrowanego z wielonośnikową mikrosiecią energetyczną,
 - b) sterowanego/monitorowanego przez interoperacyjne oprogramowanie, wykorzystujące sztuczną inteligencję (AI), algorytmy adaptacyjne i predykcyjne oraz narzędzia automatyzacji procesu uczenia maszynowego (autoML) w ramach pakietu aplikacji o funkcjach: Systemu automatyzacji i sterowania budynku (BACS) zintegrowanego z Systemem zarządzania energią w budynku (BEMS);
- 2) INNOWACJA W PROCESIE BIZNESOWYM dotyczy modeli procesów oraz procedur:
 - a) projektowania wykonania i modernizacji inteligentnego budynku IBZE (MP.PWM), oparte na zasadach „szczupłego budownictwa” (ang. lean construction – LeanC), zautomatyzowanych przez systemowe adaptacyjne interfejsy i elektroniczne formularze, dedykowane dla technik: Just in Time (JIT), Value Stream Mapping (VSM), Last Planner System (LPS) i Pull Planning.
 - b) serwisowania, audytowania i certyfikowania inteligentnego budynku IBZE (MP.SAC), w tym zautomatyzowanych, wykonywanych zdalnie i online przez oprogramowanie BEMS, rozszerzone o narzędzia do oceny parametrów technicznych/użytkowych, umożliwiających określenie rzeczywistej charakterystyki budynku.

Nowe technologie osiągając TRL9 oraz innowację cyfrową i ekoinnowację w zakresie systemów sterowania procesów budynkowych i mikrosieci energetycznych wykorzystujących OZE – prowadzą do zaspokojenia zidentyfikowanych potrzeb społecznych, gospodarczych i rynkowych, stanowiących wnioski z przeprowadzonych analiz, m.in. opisanych w rozdz. „Konkurencyjność”. W szczególności:

- zapewnią ciągłą poprawę wyniku energetycznego z gwarancją skuteczności i ekonomiki w osiągnięciu celu Zero-EEwBR;
- pomogą w obniżeniu emisyjności i spowolnieniu niekorzystnych zmian klimatu oraz w bilansowaniu Krajowego Systemu Elektroenergetycznego;
- podniosą konkurencyjność oferty Wnioskodawcy, dzięki niezawodności i bezpieczeństwu automatyzacji z „ludzkim dotykiem” oraz wysokiej efektywności podejmowanych decyzji przez sztuczną inteligencję AI/ML.

Cechy techniczne i użytkowe IBZE wymagają pokonania zdiagnozowanych barier oraz zdobycia nowej wiedzy, implikując wyzwania technologiczne. Kluczowym zagadnieniem badawczym jest algorytmizacja procedur sterowania/monitorowania oparta na AI/ML:

- z automatyzacją ustalania granic kompetencji sztucznej inteligencji oraz oceny jej skuteczności w podejmowanych decyzjach,
- z gwarancją ich bezpieczeństwa, niezawodności i efektywności, w konwencji najwyższego 5. poziomu automatyzacji z minimalizacją „ludzkiego dotyku”.

LeanC w modelu procesów MP.PW/SM połączy zarządzanie operacjami i rozwoju praktycznego doświadczenia w całym procesie projektowania i budowy/modernizacji, który w przypadku IBZE zazwyczaj oparty jest na projekcie, w którym produkt końcowy nie jest ostatecznie określony w momencie przystępowania do przedsięwzięcia. Inwestor określa cele funkcjonalno-użytkowe, ewentualnie granice finansowe, determinujące Wnioskodawcę w tworzeniu projekt, a następnie budynku. Kluczowe zagadnienia:

- 1) LeanC ma zapewnić zrównoważenie i holistyczne dążenie do równoczesnych i ciągłych ulepszeń we wszystkich wymiarach środowiska zbudowanego i naturalnego: w trakcie projektowania (P), budowy/uruchomienia (W), serwisowania (S), odzysku i recyklingu w modernizacji (M).
- 2) Wyzwaniem są algorytmy zoptymalizowane w odniesieniu do 5 zasad:
 - a) Określenie wartości dla klienta,
 - b) Zidentyfikowanie strumienia wartości i wszystkich czynności w strumieniu wartości,

- c) Ciągły przepływ,
 - d) System ssący,
 - e) Dążenie do doskonałości.
- 3) Po zalgorytmizowanym wyborze właściwej techniki (JIT, VSM, LPS, Pull Planning), nowe procedury bazując na podejściu starania się o zarządzanie i ulepszanie procesów przy minimalnych kosztach oraz dodawaniu maksymalnej wartości, muszą algorytmizować potrzeby klienta IBZE.

Interoperacyjny BACS musi integrować i wykorzystywać w czasie rzeczywistym dane, eksplorowane również przez współpracujące, wydzielone systemy generowania energii, zarządzania energią (BEMS), magazynowania energii (ESS).

- 1) Kluczowe są adaptacyjne i predykcyjne algorytmy AI/ML w optymalnym modelu wymiany i przetwarzania wielomodalnych danych sensorycznych i komunikatów, odpowiadające celom sterowania/monitorowania szybkozmiennych procesów budynkowych i mikrosieci opartej na chimerycznych OZE, eliminujące ryzyka złych decyzji zarządzania energią.
- 2) Niezbędną są modele dynamiczne (ze zmiennymi opóźnionymi w czasie) i liczona w zróżnicowanych horyzontach predykcja, bez ograniczania się do przypadków normatywnych, właściwych np. dla standardowych parametrów komfortu środowiskowego i warunków BHP pomieszczeń IBZE.

W rozdziałach „Opis innowacji” prezentując unikatowe cechy nowych produktów i procesów, rozszerzono zagadnienia ww. problemów badawczych.

2.2.2. Metoda badawcza

W pracach rozwojowych kreujących postęp naukowy technologii (AI, ML, autoML) oraz tworzących nową jakość modelowania procesów, będą zastosowane metody badawcze dostosowane do przedmiotu Zadań 1-23: metoda eksperymentalna, metody statystyczne, studium przypadków, heurystyki, uczenie maszynowe, symulacje komputerowe oraz testy na instalacjach demonstracyjnych – określone akronimem „MB”.

Mc 01-06 opracowanie oraz Mc 07-18 rozszerzenie technologii/produktów, automatyzacja procesów, weryfikacja TRL7 w warunkach operacyjnych. Metody „MB” w zadaniach:

Z.EK.1,2i5,6 Model procesu oraz procedury projektowania, wykonania i modernizacji inteligentnego budynku IBZE (MP.PWM), algorytmizacja procedur LeanC w technice VSM.

Z.EK.3i6 Model procesu oraz procedury serwisowania, audytowania i certyfikacji IBZE (MP.SAC) i algorytmy automatyzujące procedury.

Z.PŁ.1,2i3 Algorytmy eksploracji danych (AED), uczenie nadzorowane i nienadzorowane, narzędzia autoML.

Z.ST.1i4 Środowisko i proces projektowania, budowy, testowania i wdrożenia rozproszonych systemów sterowania (ŚiP), metody regresji, kalibracji, korelacji, statystyczne metody "czarnej skrzynki".

ZST.2,3i5 System automatyzacji i sterowania budynku (BACS) algorytmy AI sterowania budynku i wykrywania anomalii, implementacja AED, integracja z BEMS, uczenie nienadzorowane i przez wzmacnianie, narzędzia autoML.

Mc 19-30 optymalizacja technologii/produktów, weryfikacja TRL8 w warunkach operacyjnych zbliżonych do rzeczywistych. Metody „MB” w zadaniach:

Z.EK.7,8,9 – MP.PWM/SAC, algorytmizacja procedur LeanC w technikach LPS i Pull Planning.

Z.PŁ.4 – Algorytmy AED, uczenie nienadzorowane i przez wzmacnianie, narzędzia autoML.

Z.ST.6i7 – BACS, uczenie maszynowe jw. i narzędzia autoML.

Zakończenie prac w mc 39 podsumuje osiągnięcie TRL9 – Konsorcjanci równolegle dokonają w warunkach rzeczywistych kompleksowej walidacji technologii i produktów będących ich kompetencją w: Z. PŁ.5-mc 31-36, Z.ST.8-mc 31-37, Z.EK.10-mc 31-39.

2.3. Cele Modułu wdrożenia innowacji

- 1) Zakupione licencje i usługi doradztwa doprowadzą do kompletności technologii, a klient-użytkownik uzyska budynek IBZE:
 - a) starannie zaprojektowany i wykonany w procedurach z wykorzystaniem optymalnie zastosowanych technik szczonego budownictwa;
 - b) monitorowany również zdalnie przez interoperacyjny system BEMS z gwarancją wysokiego poziomu bezpieczeństwa dzięki oprogramowaniu RBMD-CC.
- 2) Komercyjna oferta obejmująca pakiet usług budynków IBZE w zakresie serwisowania, audytowania oraz ciągłej recertyfikacji redukcji zużycia energii i emisji CO₂ oraz wykorzystania OZE, zapewni Wnioskodawcy wieloletnie podniesienie konkurencyjności i zyskowności, dzięki:
 - a) niższym od konkurencji kosztach wykonania i eksploatacji;
 - b) doskonałym parametrom technicznym i ekologicznym, w tym kontrolowanym online: unikatowo-wysokiej szczelności powietrznej, niskiemu jednostkowemu zapotrzebowaniu na energię (EU, EK, EP);
 - c) wysokiej satysfakcji klientów z uzyskanego komfortu środowiskowego i zdrowego klimatu w IBZE.

2.4. Ogólny opis Rozproszonego, bezpiecznego magazynu danych i centrum certyfikacji (RBMD-CC)

Oprogramowanie Rozproszonego, bezpiecznego magazynu danych i centrum certyfikacji (RBMD-CC) składa się z 2 współpracujących ze sobą elementów:

- 1) RBMD to uniwersalny komponent zapewniający niezawodną i rozproszoną platformę do przechowywania oraz udostępniania treści i dokumentów cyfrowych.
- 2) Oprogramowanie CC jest kluczowym elementem systemu bezpieczeństwa. Dokumentacja obejmuje:
 - a) Politykę certyfikacji,
 - b) Kodeks postępowania certyfikacyjnego,
 - c) Procedury planowania, instalacji, uruchomienia i eksploatacji Centrum certyfikacji.

Zakupione licencje i nadzór autorski wdrożenia RBMD-CC muszą zapewnić:

- 1) Bezpieczeństwo transakcji i zdigitalizowanych dokumentów dotyczących działania w modelach procesów oraz procedurach projektowania, wykonania i modernizacji inteligentnego oraz serwisowania, audytowania i certyfikacji budynku IBZE (MP.PWM/SAC),
- 2) Funkcjonalności i cechy (w tym wskaźniki) opisane w dalszej części dokumentu OPZ.

Wdrożone oprogramowanie RBMD-CC musi zapewnić osiągnięcie celów Zamawiającego, a w szczególności:

- 1) stanowić wydajną i bezpieczną infrastrukturę przechowywania danych, w sposób rozproszony z zastosowaniem mechanizmów wysokiej dostępności;
- 2) zapewnić efektywność procesów budowy, wdrażania i eksploatacji bezpiecznych aplikacji wykorzystujących technologię rozproszonego rejestru (typu blockchain) działających w chmurze;
- 3) integrować wszystkie mechanizmy bezpieczeństwa w ściśle zintegrowanym i jednolitym komponencie zapewniającym kompleksową ochronę danych, pozwalającą na budowanie niezależnych od klastra aplikacyjnego osobnych klastrów przechowywania danych;
- 4) realizować funkcjonalności zapewniające spełnienie zidentyfikowanych kluczowych cech:
 - a) inteligentne wykrywanie anomalii w działaniu klastra;
 - b) gwarancja bezpieczeństwa dokumentów, transakcji i procesów biznesowych oraz autentyczności integralności przechowywanych danych;
- 5) posiadać wbudowane mechanizmy:
 - a) zabezpieczania integralności i niezaprzeczalności danych w postaci zintegrowanego rozproszonego rejestru DLT/blockchain;
 - b) wykrywania anomalii, w tym mechanizmy inteligentnego wykrywania anomalii w działaniu klastra (algorytmy outlier detection);

- 6) posiadać opracowane algorytmy kryptograficzne i mechanizmy konsensusu dla rozproszonego rejestru DLT wykorzystujące wyniki wykrywania anomalii, m.in. do automatycznego zabezpieczania przetwarzania danych w poszczególnych węzłach klastra.
- 7) współpracować ze sprzętowymi modułami bezpieczeństwa (HSM), sieciowym serwerem czasu z odbiornikiem GPS i wzorcem czasu oraz obsługiwać nowoczesne algorytmy zalecane przez eIDAS (funkcje skrótu SHA-256, SHA-512, klucze RSA o długości powyżej 4096 bitów i ECC o długości powyżej 384 bitów);
- 8) uwzględnić wymagania m.in. norm: PN ISO/IEC 27001, 27002, 27004, 27005, 27010, TS 27017, 27036.

Bezpieczeństwo transakcji i procesów biznesowych to przede wszystkim:

- 1) zapewnienie niezaprzeczalności wykonywanych operacji kryptograficznych gwarantowane matematycznym dowodem,
- 2) współpraca z rozwiązaniami centrum certyfikacji w zakresie zapewnienia niezaprzeczalnego potwierdzenia tożsamości,
- 3) automatyczne zapewnienie niezaprzeczalności podpisów elektronicznych w długim okresie czasu oraz inne mechanizmy umożliwiające długotrwałą archiwizację danych o transakcjach,
- 4) mechanizm ochrony danych przed niepożądanym dostępem w zdefiniowanym okresie czasu, zrealizowany z wykorzystaniem dedykowanego algorytmu oraz sprzętowego modułu bezpieczeństwa (Hardware Security Module).

3. Analiza cech BEMS w kontekście osiągnięcia celów projektu IBZE

3.1. Hiperkonwergentna infrastruktura sterowania/monitorowania IBZE w architekturze edge i fog computing

Innowacja inteligentnego budynku zero-emisyjnego i zero-energetycznego o funkcji użyteczności publicznej (IBZE), wyrażona jest również przez cechę: **hiperkonwergentna i skalowalna infrastruktura sterowania/monitorowania**.

Wzorcowa dokumentacja techniczna IBZE (WDT) w podejściu do hiperkonwergencji, w skrócie złączy funkcje aplikacyjne BACS/BEMS z platformą sprzętową w jedno.

- 1) Ma na celu przetwarzanie i analizę danych na miejscu, zamiast polegać na przesyłaniu wszystkich danych do chmury lub zdalnych centrów danych.
- 2) Zakłada konfigurację BACS opartą głównie na urządzeniach brzegowych z wbudowaną sztuczną inteligencją (AI), uczeniem maszynowym (ML) i systemem operacyjnym czasu rzeczywistego, w postaci: sterowników, agentów, sensorów, aktuatorów. Wybrane komponenty aplikacyjne BACS tworzą edge computing.
- 3) Przyjmuje, że odpowiednie komponenty aplikacyjne BACS/BEMS zainstalowane na właściwych urządzeniach konfiguruje fog computing.
- 4) Przenosi zatem przetwarzanie i analizowanie danych na brzeg oraz w mgłę lokalnej, rozproszonej i autonomicznej infrastruktury, pomagając przyspieszyć reakcję systemu w czasie rzeczywistym, umożliwiając szybsze transakcje, co jest szczególnie istotne w sterowaniu procesami opartym na OZE.
- 5) Integruje zaawansowane technologie obliczeniowe w urządzeniach znajdujących się blisko źródła danych, tam gdzie dane są generowane lub zbierane.

WDT wymaga dla zaplanowanej eksploracji danych opartej na komponentach aplikacyjnych BACS/BEMS, równoczesnej realizacji sterowania/monitorowania w węzłach brzegowych i mgły obliczeniowej, przy czym starannie rozpatrzy różnice wymagań dla urządzeń w kontekście zadań poszczególnych węzłów.

Przetwarzanie we mgle uruchamia aplikacje w architekturze wielowarstwowej, która oddziela i łączy funkcje sprzętu i oprogramowania, umożliwiając dynamiczną rekonfigurację dla różnych aplikacji przy jednoczesnym wykonywaniu inteligentnych usług obliczeniowych i transmisyjnych. Przetwarzanie brzegowe uruchamia określone aplikacje w ustalonej lokalizacji logicznej i zapewnia bezpośrednią usługę transmisji.

Przetwarzanie we mgle jest hierarchiczne, podczas gdy przetwarzanie brzegowe ma tendencję do ograniczania się do niewielkiej liczby urządzeń peryferyjnych. Ponadto, oprócz obliczeń i sieci, przetwarzanie we mgle zajmuje się również przechowywaniem, sterowaniem i przyspieszaniem przetwarzania danych.

Przetwarzanie we mgle oparte na Algorytmach eksploracji danych (AED) zaplanowanych w Module B+R, to warstwowy model umożliwiający powszechny dostęp do współdzielonego środowiska skalowalnych zasobów obliczeniowych. Model składający się z fizycznych lub wirtualnych węzłów mgły będzie ułatwiać wdrażanie rozproszonych, odpornych na opóźnienia (ang. latency aware) aplikacji i usług. Węzły mgły będą zorientowane kontekstowo i obsłużą wspólny system zarządzania danymi i łączności.

Węzły mogą być zorganizowane w klastry – pionowo (w celu wsparcia izolacji), poziomo (w celu wsparcia federacji) lub ze względu na opóźnienia między nimi a inteligentnymi urządzeniami końcowymi. Przetwarzanie we mgle oparte na algorytmach AI/ML powinno minimalizować czas odpowiedzi na żądanie od/do obsługiwanych komponentów aplikacyjnych BACS oraz udostępniać urządzeniom końcowym lokalne zasoby obliczeniowe, a także w razie potrzeby, łączność sieciową z usługami scentralizowanymi.

Hiperkonwergencja i skalowalność wynika głównie z:

- 1) **unifikacji** urządzeń tworzących jednocześnie edge i fog computing, obejmującej dobór programowalnych mikrokontrolerów, SoC, SoM, mocy obliczeniowej, zużycia energii, pamięci, IO – odpowiednio zastosowanych dla uzyskania wydajności oprogramowania BACS/BEMS, w tym wbudowanych adaptacyjnych i predykcyjnych komponentów aplikacyjnych BACS.

- 2) **optymalizacji** dla różnych modeli wdrożeniowych infrastruktury systemów sterowania, gwarantującej wysoką wydajność hiperkonwergentnej infrastruktury w skalowalnych modelach przetwarzania brzegowego i mgły obliczeniowej, z najwyższymi standardami bezpieczeństwa na styku automatyki i chmury (wykorzystywanej m.in. przez specjalistów serwisujących, audytujących i certyfikujących budynek IBZE).

Rozmiar oraz różnorodność procesów budynkowych i mikrosieci energetycznej, nie będą determinować/ograniczać architektury integrowanego i obsługiwanego systemu sterowania przez urządzenia konfigurowane w ramach BACS.

WDT opíše różne, wydajne modele wdrożeniowe infrastruktury systemów sterowania, umożliwiając projektantom IBZE szybkie wskazanie kompletnego zestawu INTELIGENTNYCH rozwiązań sprzętowych i aplikacyjnych aparatury kontrolno-pomiarowej i automatyki (AKPiA):

- 1) zapewniających optymalne działanie BACS/BEMS,
- 2) tworzących System Magazynowania Energii (ang. ESS, Energy Storage System), który nie wchodzi w zakres ww. BACS/BEMS.

3.2. System automatyzacji i sterowania budynku BACS

System automatyzacji i sterowania budynku (ang. BACS – Building Automation and Control System) zaplanowany do opracowania w Module B+R, to zaawansowany system, który integruje różne technologie i urządzenia w celu monitorowania, kontroli i zarządzania różnymi systemami w budynku.

Głównym celem BACS jest zapewnienie automatyzacji i zdalnej kontroli różnych aspektów związanych z zarządzaniem budynkiem, takich jak oświetlenie, klimatyzacja, ogrzewanie, wentylacja, zabezpieczenia i inne systemy. Dzięki temu, system BACS może działać w sposób efektywny i wydajny, minimalizując zużycie energii, poprawiając komfort użytkowników i obniżając koszty eksploatacji.

BACS wykorzystuje zaawansowane technologie informatyczne, sensory, aktywatory i algorytmy sterowania, które pozwalają na automatyczne dostosowanie działania różnych systemów w budynku do zmieniających się warunków, takich jak zmiana temperatury, obecność ludzi czy zmienne warunki atmosferyczne.

BACS jest podstawą skuteczności i ekonomiki w osiągnięciu celu zero-emisyjnego i zero-energetycznego w bilansie rocznym (Zero-EEwBR), w różnych rodzajach budynków i obiektów IBZE, takich jak biurowce, hotele, centra handlowe, szpitale, szkoły i inne, gdzie istnieje potrzeba inteligentnego zarządzania i automatyzacji różnych systemów w celu zapewnienia wydajności, oszczędności energetycznych i wyższego poziomu komfortu dla użytkowników budynku. Dzięki BACS, zarządcy i użytkownicy budynków mogą zdalnie monitorować i kontrolować różne systemy, co przyczynia się do bardziej zrównoważonego zarządzania nieruchomością oraz poprawy jakości życia i pracy w budynku.

3.3. Inteligentna wielonośnikowa mikrosieć energetyczna

Przedmiotem monitoringu systemu MEMS będą również procesy inteligentnych wielonośnikowych mikrosieci energetycznych (ang. Smart Multi-Carrier Energy Microgrid), integrowanych z budynkami IBZE.

Inteligentna wielonośnikowa mikrosieć energetyczna jest to zaawansowany system, który integruje różne nośniki energii, takie jak elektryczność, ciepło, chłód, gaz i inne, w celu dostarczania energii dla lokalnych społeczności, ograniczonych obszarów, budynków.

Inteligentna: Oznacza, że mikrosieć jest wyposażona w zaawansowane technologie i algorytmy, które pozwalają na monitorowanie, analizę i optymalizację zarządzania energią. Inteligentne systemy zarządzania pozwalają na dostosowywanie działania mikrosieci w czasie rzeczywistym w zależności od warunków pogodowych, zapotrzebowania na energię i dostępności różnych nośników energii.

Wielonośnikowa: Oznacza, że mikrosieć łączy różne źródła i nośniki energii. Może to obejmować odnawialne źródła energii, takie jak panele słoneczne i turbiny wiatrowe, a także konwencjonalne źródła energii i inne technologie magazynowania energii, takie jak baterie. Dzięki temu mikrosieć może wykorzystać różne nośniki

w zależności od dostępności i zapotrzebowania, co pozwala na bardziej zrównoważone i efektywne zarządzanie energią.

Mikrosieć energetyczna: To mała, autonomiczna sieć energetyczna, która działa jako izolowany system (np. budynek IBZE) lub jest połączona z większą siecią energetyczną. Mikrosieć może działać jako jednostka samowystarczalna, dostarczając energię dla lokalnych społeczności, szpitali, ośrodków gminnych, przemysłowych lub innych małych obszarów.

Smart Multi-Carrier Energy Microgrid ma na celu poprawę niezależności energetycznej, zwiększenie wykorzystania odnawialnych źródeł energii oraz redukcję emisji gazów cieplarnianych. Dzięki zaawansowanym technologiom i inteligentnemu zarządzaniu, mikrosieć może efektywnie zarządzać produkcją, dystrybucją i magazynowaniem energii, aby zapewnić niezawodne i zrównoważone źródło zasilania dla lokalnych społeczności. Jest to szczególnie ważne w kontekście rosnącego zapotrzebowania na energię i dążenia do zrównoważonego rozwoju energetycznego.

Powyższe cechy w budynkach IBZE są niezbędne dla skuteczności i ekonomiki w osiągnięciu celu zero-emisyjnego i zero-energetycznego w bilansie rocznym (Zero-EEwBR).

3.4. Systemy magazynowania energii ESS

W wyniku prac rozwojowych Modułu B+R zostanie opracowana Wzorcowa dokumentacja techniczna IBZE (WDT), która wskaże optymalne dla budynków IBZE, systemy magazynowania energii (ang. ESS – Energy Storage System), **z kontekstami skuteczności i ekonomiki w osiągnięciu celu zero-emisyjnego i zero-energetycznego w bilansie rocznym (Zero-EEwBR).**

ESS to technologia pozwalająca na magazynowanie energii elektrycznej w celu późniejszego wykorzystania. Współczesne sieci energetyczne często są narażone na niestabilność i wahania w dostępności energii, które wynikają z różnych czynników, takich jak zmienność produkcji energii z odnawialnych źródeł, np. wiatr lub słońce. ESS zapewniają rozwiązanie tego problemu, umożliwiając przechowywanie nadmiaru energii, której aktualnie nie można wykorzystać, a następnie dostarczanie jej do sieci wtedy, gdy jest to potrzebne.

Systemy magazynowania energii mogą przyjmować różne formy, w tym baterie, superkondensatory, wodór, mechaniczne urządzenia magazynujące energię (np. zamachowe), czy też chemiczne procesy konwersji energii (np. magazynowanie energii jako wodoru lub potencjału cieplnego).

ESS jest kluczowym elementem dla rozwijających się technologii związanych z energią odnawialną, ponieważ pozwala na elastyczne zarządzanie generowaną energią, poprawia efektywność sieci oraz zapewnia kontynuację dostaw energii nawet wtedy, gdy naturalne źródła energii są niestabilne lub niedostępne.

3.5. Rozwiązania AI, ML i autoML wykorzystane w IBZE przez zintegrowane systemy BACS oraz BEMS

Innowacja inteligentnego budynku zero-emisyjnego i zero-energetycznego o funkcji użyteczności publicznej (IBZE), wyrażona jest również przez cechę: **Wysoka kompetencja sztucznej inteligencji w zarządzaniu eksploatacją budynków IBZE.**

Nowy rynek oparty na standardzie budynku IBZE obejmie unikatowe zintegrowane systemy sterowania/monitorowania o funkcjach BACS/BEMS, radykalnie zwiększające: skalę i wszechstronność wykorzystania oraz poziom kompetencji udzielonej sztucznej inteligencji do podejmowania decyzji o dużych skutkach ekonomicznych podczas osiągnięcia ekologiczno-energetycznych celów „Zero-EEwBR”. Komponenty aplikacyjne pakietów BACS/MEMS zainstalowane na odpowiednich urządzeniach brzegowych, zapewnią SYNERGIĘ działań specjalistów oraz sztucznej inteligencji w AUTOMATYZACJI z „LUDZKIM DOTYKIEM” podczas eksploatacji budynku.

W skrócie istotą potencjału do wykreowania nowego rynku będzie INTELIGENCJA, uzyskana na poziomie każdego urządzenia brzegowego w postaci: sterownika, agenta, sensora, aktuatora, a także wynikowa, tj. rozpatrywana w skali całego układu sterowania/monitorowania budynku IBZE.

Innowacyjność standardu IBZE w aspektach inteligencji budynku zapewnią:

- 1) rozwiązania sztucznej inteligencji (AI), w tym adaptacyjność i predykcyjność algorytmów sterowania/kontroli procesów IBZE przez zintegrowane systemy BACS/BEMS;
- 2) techniki uczenia maszynowego (ML): nienadzorowanego, nadzorowanego i przez wzmacnianie, optymalnie zastosowane w kontekście danego procesu eksploracji danych dla potrzeb BACS/BEMS.

W zagadnieniach IBZE realna kosztowo/cenowo formuła biznesowa „Zero-EEwBR”, musi:

- 1) odnosić fluktuację wymaganych parametrów komfortu środowiskowego w budynku do modulacji mocy generacji z OZE i stanów magazynów energii;
- 2) uwzględniać wnioski analiz opartych na wszechstronnym monitoringu efektywności energetycznej zgodnie z normami w seriach ISO 50000 przez zastosowanie wzorcowych Wskaźników Wyniku Energetycznego (WWE) i Energetycznych Linii Bazowych (EnLB) typu użycia energii i efektywności oraz opartych na modelach statystycznych i inżynierskich, właściwych dla funkcji budynków użyteczności publicznej;
- 3) wyprowadzać prognozy w bardzo zróżnicowanych horyzontach, od minutowych do rocznych, w agregacjach godzinowych, dobowych, tygodniowych, miesięcznych.

AI, ML i autoML opierają się na danych dotyczących:

- 1) obciążeń szerokiej gamy urządzeń i instalacji w procesach, wymagających zużycia różnych rodzajów energii (mediów);
- 2) aktualnej i prognozowanej generacji z OZE oraz konwersji energii, konfrontowanych przez 24h/7d z planami użytkowania odmiennych w poszczególnych sekcjach/pomieszczeniach budynku;
- 3) lokalnych magazynów różnych postaci energii (np. elektrycznej, ciepła, chłodu, sprężonego powietrza/gazu).

Właściwe komponenty aplikacyjne BACS/BEMS będą obsługiwać hierarchiczne poziomy makro sterowania procesami biznesowymi (w mgle obliczeniowej) oraz budynkowymi i energetycznymi, w których wystąpi wiele rozproszonych podsystemów opartych na urządzeniach brzegowych (w tym sterownikach i sensorach).

Kluczowym rozwiązaniem będzie nowy model wymiany danych sensorycznych i komunikatów sterowania pomiędzy warstwą wyższą w MGLE, a warstwami podsystemów sterowników na BRZEGU oraz również inteligentnych agentów i sensorów w najniższej, rozproszonej lokalnej warstwie sterownia. Model wymiany służy podjęciu decyzji co robić w skali makro (MGŁA), a co zlecić rozproszonemu podsystemowi sterowników w celu realizacji optymalnego schematu sterowania dla fragmentu procesu w zadanym okresie, nieznacznie ingerując w jego autonomiczność z uwagi na „biznesowy” priorytet reprezentowany przez infrastrukturę obliczeniową MGŁY, w stosunku do budynkowego/energetycznego priorytetu urządzeń brzegowych. Dla uzyskania skuteczności sterowania w czasie rzeczywistym wymiana powinna dotyczyć wyłącznie MGŁY z BRZEGIEM.

Mgła obliczeniowa oparta na BACS/BEMS:

- 1) stanowić będzie zdecentralizowaną infrastrukturę informatyczną, w której dane, ich przetwarzanie i przechowywanie oraz aplikacje są rozproszone w optymalnych lokalizacjach pomiędzy źródłem danych a chmurą;
- 2) rozszerzy możliwości usług chmurowych na brzegu sieci, przybliżając korzyści i moce obliczeniowe chmury do miejsca, w którym powstają dane i są przetwarzane lokalnie.

4. Wymagania dla licencji BEMS

Szczegółowy zakres licencji zawiera **Umowa wstępna na dostawę licencji i usług nadzoru autorskiego wdrożenia**.

4.1. Etap 1: Licencja oprogramowania Systemu zarządzania energią w budynku (BEMS) zgodnego z normą PE-EN ISO 50001.

- 1) Przedmiotem dostawy są licencje oprogramowania Systemu zarządzania energią w budynku (ang. BEMS – Building Energy Management System).
- 2) Dostarczane licencje muszą obejmować wszystkie funkcjonalności wymagane wobec BEMS.
- 3) Głównym celem BEMS jest poprawa efektywności energetycznej budynków IBZE poprzez minimalizację marnotrawstwa energii i zmniejszenie kosztów eksploatacji.
 - a) System ten powinien kontrolować i monitorować różne aspekty związane z energią w budynku, takie jak oświetlenie, klimatyzacja, ogrzewanie, wentylacja, urządzenia elektryczne itp. Dzięki analizie danych i algorytmom uczenia maszynowego, BEMS powinien być w stanie dostosowywać swoje działanie do zmieniających się warunków pogodowych, zapotrzebowania na energię i preferencji użytkowników, co pozwoli na optymalne zarządzanie zużyciem energii.
 - b) Wprowadzenie BEMS w budynkach powinno przynosić wiele korzyści, w tym oszczędności energii, redukcję emisji gazów cieplarnianych, zwiększenie komfortu użytkowników i obniżenie kosztów operacyjnych. System zarządzania energią w budynkach IBZE jest istotny, zwłaszcza w kontekście dążenia do zrównoważonego rozwoju i efektywności energetycznej.
- 4) BEMS stanowi niezależny i samowystarczalny system informatyczny, sklasyfikowany w normie PN EN ISO 50001 jako SZE, tj. system zarządzania energią (ang. Energy Management System – w skrócie EnMS).
 - a) Może zostać zainstalowane na serwerze lub dedykowanym module sprzętowym jako tzw. appliance.
 - b) Platformą sprzętową dla oprogramowania może być zweryfikowane i rekomendowane dedykowane urządzenie przez Zamawiającego lub Wykonawcę.
 - c) Do pracy potrzebuje tylko dostępu komunikacyjnego do urządzeń z których ma zbierać dane albo którymi ma sterować (np. liczniki, czujniki, konwertery, bramki, sterowniki, moduły wykonawcze).
- 5) Zakres oprogramowania – integruje w sobie następujące funkcjonalności:
 - a) zdalny odczyt (ang. automatic meter reading, AMR),
 - b) zarządzanie energią (ang. energy management),
 - c) oszczędzanie energii (ang. energy savings),
 - d) nadzór przebieg procesu technologicznego lub produkcyjnego (ang. supervisory control and data acquisition, SCADA).
- 6) Interfejsy użytkownika:
 - a) Główny interfejs użytkownika jest dostępny przez popularne przeglądarki internetowe. Będzie on uruchamiany na komputerach PC, tabletach i smartfonach (tylko przeglądanie).
 - b) podstawowa nawigacja powinna być dostępna z poziomu klawiatury.
 - c) Czynności administracyjne związane z niskopoziomą obsługą systemu będą dostępne z poziomu tekstowej linii komend (CLI).
 - d) Interfejs użytkownika jest z założenia wielojęzyczny. Zakładana jest też praca na jednej instancji przez użytkowników posługujących się różnymi językami. Językami wiodącymi będą polski i angielski.
 - e) Użytkownicy mogą pracować w różnych strefach czasowych.

4.1.1. Wymagania нефunkcjonalne oprogramowania BEMS

4.1.1.1. Interfejsy zewnętrzne

- 1) Baza danych *enms-db*
 - a) Baza danych *enms-db* jest głównym komponentem trwale przechowującym dane w systemie BEMS.
 - b) Jest to relacyjna baza danych SQL, której struktura została szczegółowo zdefiniowana i zapisana w postaci pakietu *enms-db*.

- i) Zmiana projektu bazy danych w Etapie 2 wymaga akceptacji Zamawiającego.
 - ii) Zamawiający będzie równolegle opracowywał oprogramowanie Systemu automatyzacji i sterowania budynku (BACS) – BEMS i BACS będą ze sobą współpracować (m.in. wymieniać dane).
 - c) Opracowaną strukturę oraz wbudowane w nią funkcje i algorytmy należy traktować jako integralną część oprogramowania BEMS i jego dokumentacji. Niektóre wymagania nie precyzują szczegółowej struktury pól danych, ponieważ wynika to bezpośrednio z projektu bazy danych.
- 2) Biblioteka urządzeń devspec-lib
- a) Biblioteka urządzeń devspec-lib to zbiór definicji (rodzajów) urządzeń, które muszą być obsługiwane przez BEMS.
 - i) Struktura bazy danych biblioteki BEMS musi być identyczna jak w oprogramowaniu BACS;
 - ii) W sprawach spornych dotyczących unifikacji struktury decyduje Zamawiający (twórca BACS).
 - b) Biblioteka to niezależny projekt podlegający ciągłemu rozwojowi. W pierwszej kolejności biblioteka musi obejmować listę min.150 urządzeń AKPiA (np. sensory, liczniki, przepływomierze, aparaty pomiarowe, sterowniki wskazanych przez Zamawiającego oferowanych przez min. 6 producentów: F&F, Siemens, Schneider, Swegon, Vaillant, Wago). Szacuje się docelowo w Etapie 2 biblioteka obejmie listę min. 1100 urządzeń AKPiA oferowanych przez min. 40 producentów.
 - c) Wielkość bazy danych przebiegów czasowych obsługiwana przez komponent aplikacyjny pakietu oprogramowania BEMS, instalowany na urządzeniu tworzącym mgłę obliczeniową (fog computing) hiperkonwergentnej infrastruktury sterowania/monitorowania budynku IBZE– osiąga wielkość w liczbie:
 - i) > 90 GB w Etapie 1;
 - ii) > 2000 GB w Etapie 2;

4.1.1.2. Rekomendowane technologie

- 1) Node.js 14->16+
- 2) TypeScript 4+
- 3) Vue 3+
- 4) Quasar
- 5) WebPack
- 6) GraphQL
- 7) Potsgraphile
- 8) RSocket
- 9) Postgrator
- 10) PostgreSQL 13
- 11) TimescaleDB
- 12) PostGIS
- 13) RabbitMQ
- 14) MinIO

4.1.1.3. Środowisko uruchomieniowe

- 1) Kompatybilność oprogramowania z najnowszymi wersjami popularnych przeglądarek:
 - a) Firefox
 - b) Chrome
 - c) Safari
 - d) Edge
- 2) Linux CentOS 8+, Debian Buster+, Windows 10/11.

4.1.1.4. Środowisko wytwarzania

- 1) Gitlab
 - a) instancja gitlab.finn.pl
 - b) wykorzystanie repozytoriów npm
 - c) automatyczne i ciągłe budowanie aplikacji w postaci dystrybucyjnych pakietów
- 2) Repozytoria GIT
- 3) IntelliJ z rozszerzeniem DataGrip

- a) Ujednolicone reguły formatowania plików JS, TS, SQL
- 4) Struktura bazy danych zarządzana przez Postgrator

4.1.1.5. Wymagania dotyczące wydajności

- 1) System jest przeznaczony do gromadzenia i przetwarzania danych średnio z 10 lat.
- 2) Z systemu będzie jednocześnie korzystać średnio 20 użytkowników.

4.1.1.6. Interoperacyjność

- 1) Rozproszony BEMS spełniający standard otwartego systemu sterowania.
- 2) Interoperacyjność oprogramowania umożliwia współpracę z sensorami, licznikami, przepływomierzami i aparatami pomiarowymi innych producentów, poprzez obsługę standardów (protokołów) komunikacyjnych:
 - a) ISO/IEC8482,
 - b) ModBus RTU/TCP,
 - c) MQTT,
 - d) BACnet i LoRaWAN w Etapie 2.
- 3) Interoperacyjność oprogramowania umożliwia współpracę:
 - a) z systemami budynkowymi obejmując rozwijany przez Zamawiającego System automatyzacji i sterowania budynku (ang. Building Automation and Control System – w skrócie BACS), inne systemy BACS oraz systemy wykrywania i sygnalizacji zagrożeń wskazane we Wzorcowej dokumentacji IBZE (WDT);
 - b) z innymi systemami wskazanymi w WDT, w tym: systemami magazynowania energii (ang. ESS – Energy Storage System), systemami księgowości (finansowej, zarządczej), współpracy B2B, arkuszami kalkulacyjnymi oraz innymi narzędziami analitycznymi.

4.1.1.7. Bezpieczeństwo i niezawodność eksploatacji

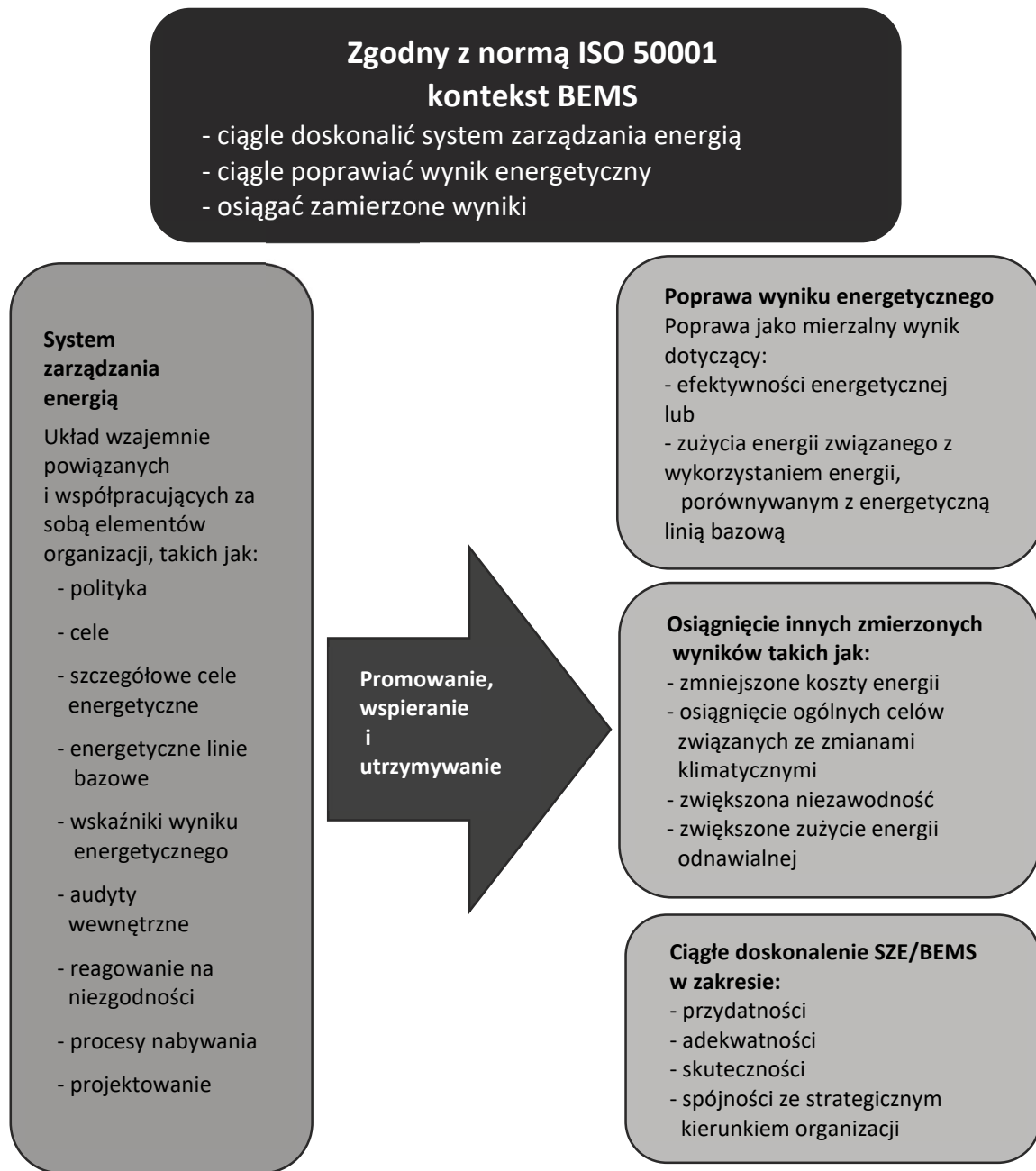
- 1) BEMS gwarantuje wysoki poziom bezpieczeństwa – oprogramowanie zapewnia:
 - a) status „udokumentowanej informacji” wg definicji normy PN EN ISO 50001 dla transmitowanych, przechowywanych i udostępnianych danych,
 - b) najwyższe standardy bezpieczeństwa podczas przetwarzania, udostępniania i archiwizacji danych, dzięki możliwości współpracy ze sprzętowymi modułami bezpieczeństwa (HSM), sieciowym serwerem czasu z odbiornikiem GPS i wzorcem czasu oraz obsłudze nowoczesnych algorytmów zalecane przez eIDAS (funkcje skrótu SHA-256, SHA-512, klucze RSA o długości powyżej 4096 bitów i ECC o długości powyżej 384 bitów).
- 2) Oprogramowanie jest przystosowane do pracy ciągłej.
- 3) Zapewnione jest wykonywanie kopii bezpieczeństwa (tzw. backup) bez zatrzymywania lub ograniczania pracy systemu BEMS.
- 4) Możliwa jest konfiguracja oprogramowania do pracy w trybie klastra HA odpornego na awarie sprzętowe.
- 5) Możliwa jest aktualizacja komponentów składowych systemu bez jego zatrzymywania. Większe aktualizacje będą wymagały maksymalnie 10 minut zatrzymania systemu.
- 6) Oprogramowanie musi zapewnić co najmniej 3 klasę dostępności (tzw. well managed), gwarantującą dostępność na poziomie 99,9% i czas niedostępności w roku poniżej 500 min (8 h 20 min).
- 7) Oprogramowanie jest przystosowane do pracy bez nadzoru. Wszelkie nieprawidłowości i konieczność ręcznej interwencji są automatycznie raportowane.

4.1.1.8. Obsługiwane wskaźniki i parametry

- 1) Oprogramowanie BEMS archiwizuje i przetwarza parametry komfortu środowiskowego mierzone przez sensory przede wszystkim współpracujące w systemie BACS oraz komunikujące się bezpośrednio z BEMS:
 - a) temperatura powietrza,
 - b) wilgotność powietrza,
 - c) prędkość powietrza,
 - d) stężenie CO_{2eq},
 - e) stężenie TVOC,

- f) ciśnienie powietrza,
 - g) stężenie PM,
 - h) poziom hałasu,
 - i) natężenie oświetlenia,
 - j) poziom cieczy,
 - k) natężenie ruchu ludzi i pojazdów.
- 2) Wyniki zautomatyzowanej adaptacyjnej i predykcyjnej regulacji parametrów środowiskowych w oprogramowaniu BACS są wykorzystane w funkcjonalności BEMS, w zakresie kontroli i monitorowania warunków środowiskowych oraz stanowisk pracy ludzi (BHP) w budynkach o funkcji publicznej. Monitoring 30 estymowanych wskaźników, w szczególności zgodnych z PN-EN ISO 7730 obejmuje:
- a) Temperatura suchego termometru powietrza °C,
 - b) Temperatura mokrego termometru powietrza °C,
 - c) Temperatura punktu rosy °C,
 - d) Temperatura punktu szronienia °C,
 - e) Indeks odczuwania gorąca °C,
 - f) Wilgotność względna %,
 - g) Wilgotność bezwzględna powietrza kg/m³,
 - h) Absolutne ciśnienie powietrza Pa,
 - i) Wilgotność bezwzględna masowa powietrza kg/kg,
 - j) Entalpia HVAC J/kg,
 - k) Ciśnienie pary nasyconej w temperaturach: suchego i mokrego termometru, punktu rosy, punktu szronienia Pa,
 - l) Stężenie molowe wody i powietrza,
 - m) Stężenie masowe wody i powietrza,
 - n) Gęstość specyficzna kg/m³,
 - o) Prędkość powietrza m/s,
 - p) Przepływ powietrza m³/s,
 - q) Przepływ energii powietrza W,
 - r) Licznik długości strugi powietrza m,
 - s) Licznik objętości powietrza m³,
 - t) Licznik energii powietrza kWh,
 - u) CO₂ ppm,
 - v) LZO ppb,
 - w) Stężenie liczbowe PM0.5, PM1.0, PM2.5, PM4.0, PM10 #/cm³,
 - x) Stężenie masowe PM1.0, PM2.5, PM4.0, PM10 µg/m³,
 - y) Typowa wielkość cząstek µm,
 - z) Względne ciśnienie powietrza Pa,
 - aa) Poziom cieczy,
 - bb) Natężenie oświetlenia,
 - cc) Poziom hałasu,
 - dd) Natężenie ruchu ludzi i pojazdów.
- 3) BEMS automatyzuje/usprawnia procesy eksploracji danych, zapewniając zbieraniem i przetwarzaniem danym status „informacji udokumentowanej” wg PN-EN ISO 50001, próbkowanie odczytów z liczników co 1 minutę oraz jakość danych dla potrzeb interpolacji/ekstrapolacji weryfikowaną przez R² (lub równoważnie), o wartości min. 0,85.

4.1.1.9. Wymagania dla wg norm serii ISO 50000

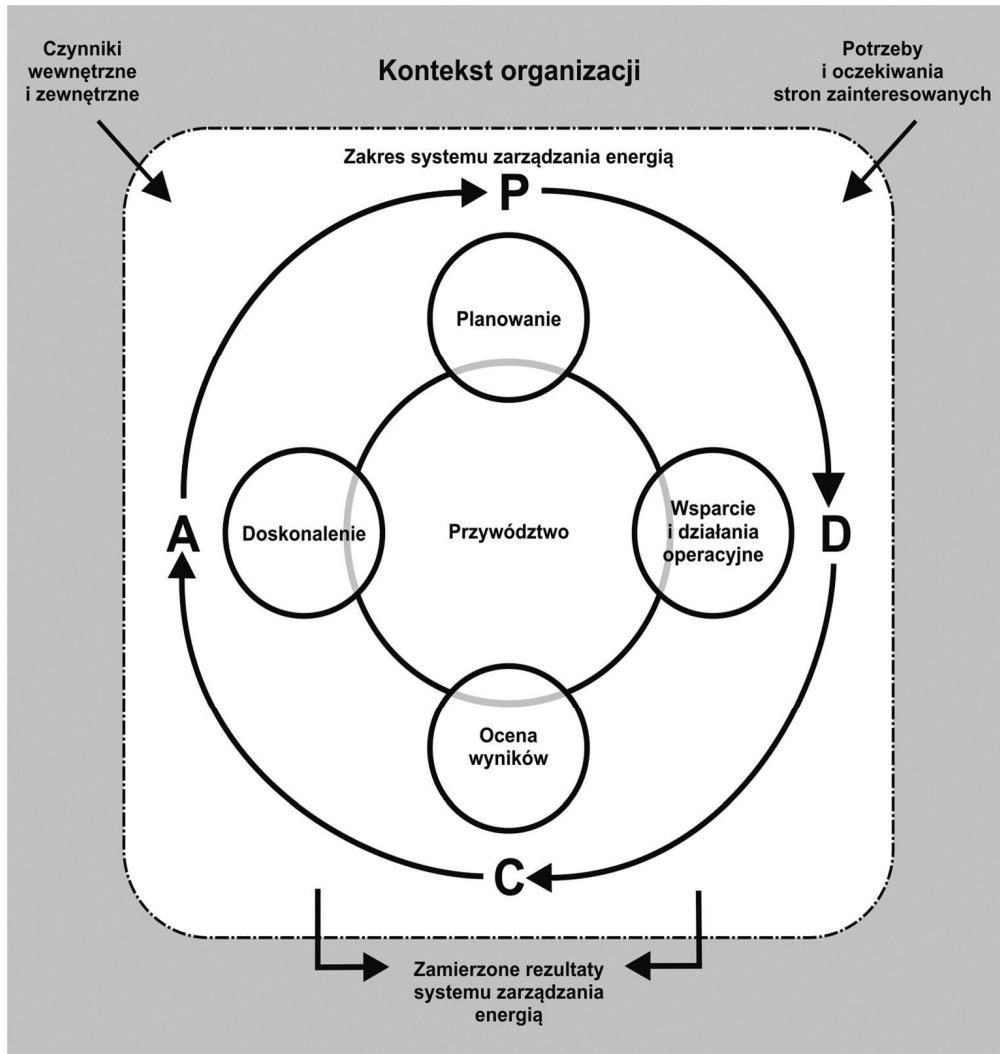


System zarządzania energią (SZE) oparty na BEMS spełnia niżej opisane ogólne kryteria jakości.

1) SZE oparty na oprogramowaniu BEMS:

- a) Umożliwia:
 - i) stale poprawiać wynik energetyczny, w tym efektywność energetyczną, wykorzystanie energii i zużycie energii,
 - ii) ciągle doskonalić system zarządzania energią,
 - iii) osiągać zamierzone wyniki,
- b) Wspiera kulturę organizacyjną w obszarze poprawy wyniku energetycznego.
- c) Obsługuje proces opracowania i wdrożenia SZE uwzględniając kwestie związane z:
 - i) polityką energetyczną,
 - ii) celami,
 - iii) szczegółowymi celami energetycznymi,

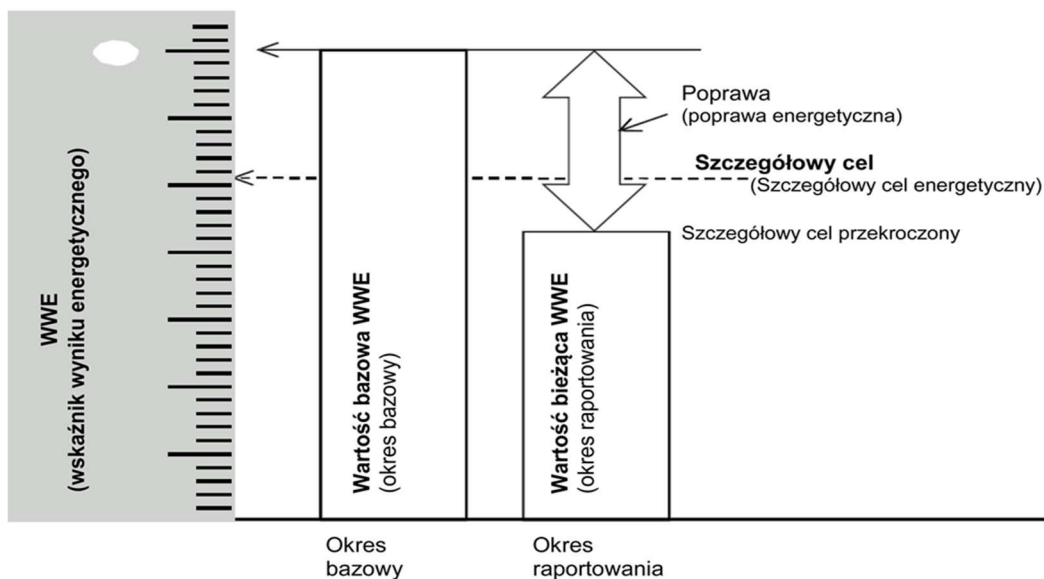
- iv) planami działań związanymi z efektywnością energetyczną oraz wykorzystaniem i zużyciem energii, przy jednoczesnym spełnieniu odpowiednich wymagań prawnych i innych.
- d) Ułatwia organizacji:
 - i) ustalanie i osiąganie celów oraz szczegółowych celów energetycznych,
 - ii) podejmowanie niezbędnych działań w celu poprawy wyniku energetycznego,
 - iii) wykazanie zgodności systemu zarządzania energią z wymaganiami normy ISO 50001.



Cykl Zaplanuj-Wykonaj-Sprawdź-Działaj

- 2) **SZE oparty na oprogramowaniu BEMS bazuje na koncepcji ciągłego doskonalenia Zaplanuj-Wykonaj-Sprawdź--Działaj (PDCA)** i włącza zarządzanie energią do istniejących praktyk organizacyjnych. W kontekście zarządzania energią podejście PDCA można przedstawić w podany niżej sposób.
 - a) Zaplanuj: zrozum kontekst organizacji, ustanów politykę energetyczną, powołaj zespół zarządzania energią, rozważ działania odnoszące się do ryzyk i szans, przeprowadź przegląd energetyczny, zidentyfikuj znaczące wykorzystania energii (ZWE) i ustal wskaźniki wyniku energetycznego (WWE), energetyczną linię bazową (EnLB), cele i szczegółowe cele energetyczne oraz plany działań, niezbędne do osiągnięcia rezultatów, które poprawią wynik energetyczny, zgodnie z polityką energetyczną organizacji.
 - b) Wykonaj: wdróż plany działań, środki nadzoru nad działaniami operacyjnymi i serwisowymi, a także komunikację, zapewnij kompetencje i rozważ wynik energetyczny w kontekście projektowania i nabywania.

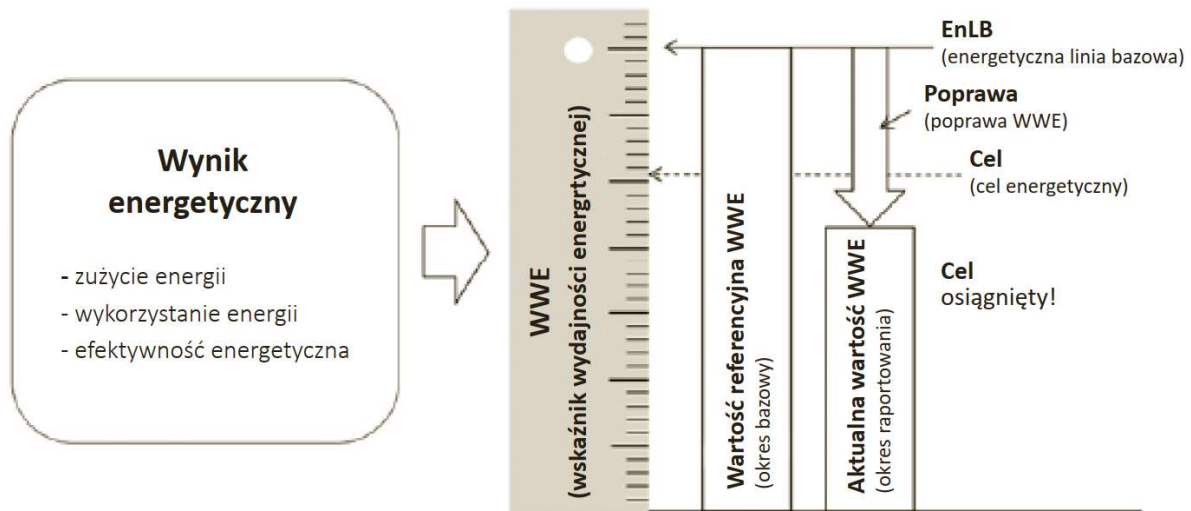
- c) Sprawdź: monitoruj, mierz, analizuj, oceniaj, przeprowadź audyt i przegląd(-y) zarządzania wynikiem energetycznym i SZE.
 - d) Działaj: podejmij działania odnoszące się do niezgodności oraz ciągle doskonal SZE i poprawiaj wynik energetyczny.
- 3) Wynik energetyczny jest kluczowym elementem łączącym koncepcje przedstawione w modelu procesu SZE, co służy skutecznemu osiągnięciu wymiernych wyników w określonym czasie. Wynik energetyczny jest pojęciem związanym z efektywnością energetyczną, wykorzystaniem energii i zużyciem energii.
- a) Wskaźniki wyniku energetycznego (WWE) oraz energetyczne linie bazowe (EnLB) to dwa wzajemnie powiązane elementy, aby umożliwić organizacjom (użytkownikom BEMS) zademonstrowanie poprawy wyniku energetycznego.
 - b) Aby skutecznie zarządzać wydajnością energetyczną (Energy Performance) swoich obiektów, systemów, procesów i sprzętu, organizacje muszą wiedzieć, w jaki sposób energia jest wykorzystywana i ile jej jest zużywane w czasie.
- 4) Oprogramowania IK w celu skutecznego pomiaru i ilościowego określenia wyniku energetycznego umożliwia organizacjom ustanowienie wskaźników WWE i EnLB.
- a) WWE są używane do ilościowego określania wyniku energetycznego całej organizacji lub jej różnych części.
 - b) EnLB to ilościowe odniesienia używane do porównywania wartości WWE w czasie oraz do ilościowego określania zmian charakterystyki energetycznej.
 - c) Wyniki dotyczące charakterystyki energetycznej można wyrazić w jednostkach zużycia (np. GJ, kWh), jednostkowym zużyciu energii (np. kWh / jednostkę), mocy szczytowej (np. kW), procentowej zmianie sprawności lub we wskaźnikach bezwymiarowych.
 - d) Na wynik energetyczny może również wpływać szereg istotnych parametrów i czynników statycznych. Można to powiązać ze zmieniającymi się warunkami biznesowymi, takimi jak popyt na rynku, sprzedaż i rentowność.
 - e) Wskaźnik WWE to „linijka” używana do porównania wyniku energetycznego osiągniętego przed wdrożeniem (wartość bazowa WWE) i po (wynikowa lub bieżąca wartość WWE) wdrożeniu planów działań i przeprowadzeniu innych działań.
 - i) Różnica między wartością bazową a wynikową jest miarą wielkości zmiany wyniku energetycznego.
 - ii) W sytuacji, kiedy zmieniają się działania biznesowe lub EnLB, organizacja może dokonać aktualizacji odpowiednich WWE, w stosownych wypadkach.



- 5) Oprogramowanie IK udostępnia niżej opisane możliwości wykorzystania WWE oraz EnLB:

- a) Wskaźnik Wyniku Energetycznego (WWE) to wartość lub miara, która kwantyfikuje wyniki związane z efektywnością energetyczną, wykorzystaniem i zużyciem jej w obiektach, systemach, procesach i sprzęcie.
 - i) Organizacje używają WWE jako miary efektywności wykorzystania energii.
 - ii) WWE powinny dostarczać odpowiednich informacji o charakterystyce energetycznej, aby umożliwić różnym użytkownikom w organizacji zrozumienie jej wyniku energetycznego i podjęcie działań w celu jego poprawy.
 - iii) WWE można stosować na poziomie obiektu, systemu, procesu lub sprzętu, aby zapewnić różny poziom koncentracji działań. Organizacja powinna wyznaczyć cel energetyczny i podstawę energetyczną (EnLB) dla każdego WWE.
 - b) Energetyczna Linia Bazowa (EnLB) jest odniesieniem, które charakteryzuje i określa ilościowo charakterystykę energetyczną organizacji w określonym przedziale czasu. EnLB umożliwia organizacji ocenę zmian w wydajności energetycznej między wybranymi okresami.
 - c) EnLB jest również używana do obliczania oszczędności zużycia energii jako odniesienie przed i po wdrożeniu działań poprawiających charakterystykę energetyczną. Organizacja powinna porównać zmiany wyniku energetycznego między okresem odniesienia a okresem raportowania. EnLB służy po prostu do określenia wartości WWE dla okresu odniesienia. Rodzaj informacji potrzebnych do ustalenia energetycznego planu bazowego jest określony przez konkretny cel WWE.
 - d) Organizacje definiują cele dotyczące charakterystyki energetycznej w ramach procesu planowania energetycznego w swoich Systemach Zarządzania Energią (SZE). Organizacja musi wziąć pod uwagę konkretne cele w zakresie wyniku energetycznego podczas identyfikowania i projektowania WWE i EnLB. Zależność między wynikiem energetycznym (charakterystyką energetyczną), WWE i EnLB i celami energetycznymi przedstawiono na rysunku w pkt.9.
- 6) Oprogramowanie IK udostępnia niżej opisane możliwości monitorowania wyniku energetycznego.
- a) Na wynik energetyczny (wydajność energetyczną organizacji lub charakterystykę energetyczną organizacji) składają się:
 - i) zużycie energii,
 - ii) wykorzystanie energii,
 - iii) efektywność energetyczna.
 - b) Zużycie energii – Identyfikacja zastosowań energii, takich jak systemy energetyczne (np. sprężone powietrze, para, woda lodowa itp.), procesy i sprzęt, pomaga sklasyfikować zużycie energii i skoncentrować charakterystykę energetyczną na zastosowaniach ważnych dla organizacji, poprzez określenie obszarów ZWE (znacznego wykorzystania energii).
 - c) Wykorzystanie energii (sposób zastosowania energii, konsumpcja energii).
 - i) Ilościowe określenie wykorzystania energii jest niezbędne do pomiaru charakterystyki energetycznej i poprawy wydajności energetycznej.
 - ii) Gdy używanych jest wiele form energii, warto zamienić wszystkie formy na wspólną jednostkę miary energii. Należy dołożyć starań, aby przeprowadzić konwersję w sposób, który odpowiednio odzwierciedla całkowitą ilość zużytej energii, w tym straty w procesie konwersji energii.
 - d) Efektywność energetyczna (efektywność zużycia energii).
 - i) Współczynnik lub inna wymierna zależność między danymi wyjściowymi dotyczącymi wyniku, a wkładem energii.
 - ii) Efektywność energetyczna jest często używanym miernikiem do pomiaru wyniku energetycznego (charakterystyki energetycznej) i może być stosowana jako WWE.
 - iii) Efektywność energetyczną można wyrazić na wiele sposobów np.:
 - (1) stosunek uzyskanej energii do poboru energii (efektywność konwersji);
 - (2) stosunek wymaganej energii do zużytej energii (gdzie wymagana energia może pochodzić z modelu teoretycznego lub innej zależności);
 - iv) stosunek wielkości produkcji do wkładu energii (na przykład tony produkcji na jednostkę zużytej energii).
 - e) Obliczanie wyniku energetycznego (wydajności energetycznej).
 - i) Zmiany wyniku energetycznego (charakterystyki energetycznej) można obliczyć za pomocą WWE i EnLB dla obiektów, systemów, procesów lub sprzętu.

- ii) Porównanie charakterystyki energetycznej między okresem odniesienia a okresem sprawozdawczym obejmuje obliczenie różnicy wartości WWE między tymi dwoma okresami.

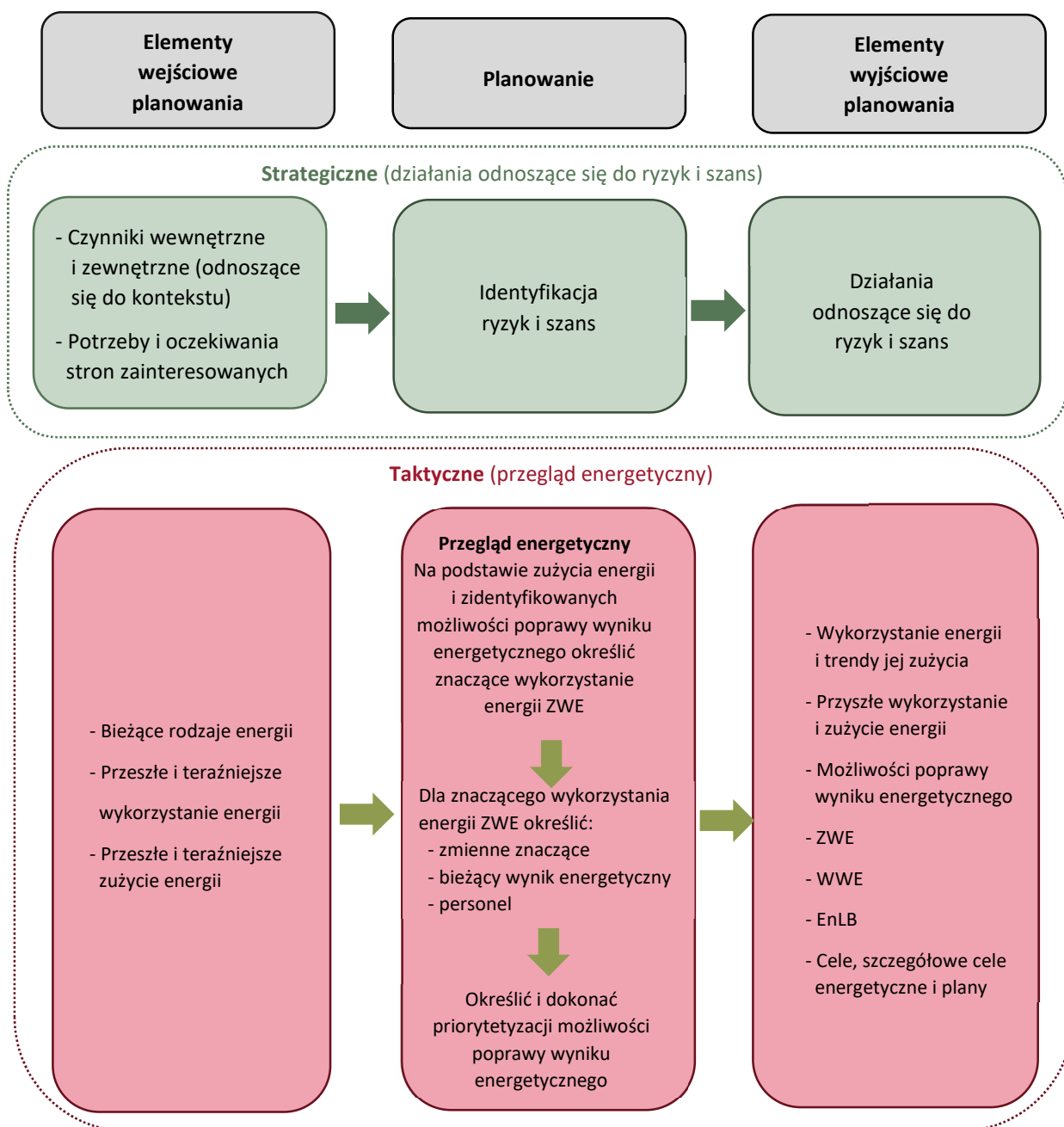


Związek między wynikiem energetycznym, WWE, EnLB, a celami energetycznymi.

Rysunek ilustruje prosty przypadek, w którym bezpośredni pomiar zużycia energii jest stosowany jako wskaźnik WWE, a charakterystyka energetyczna jest porównywana między okresem odniesienia a okresem sprawozdawczym.

- 7) Oprogramowanie IK udostępnia niżej opisane możliwości wykorzystania WWE:
- W przypadkach, gdy organizacja ustaliła, że odpowiednie zmienne, takie jak pogoda, produkcja, godziny pracy budynku itp. wpływają na wynik energetyczny, organizacja powinna znormalizować WWE i odpowiadającą mu EnLB w celu porównania charakterystyki energetycznej w równoważnych warunkach.
 - Interfejsy obejmują 4 wzorcowe WWE wyliczone na podstawie:
 - miaru wartości zużycia energii,
 - stosunku mierzonych wartości,
 - modelu statystycznego,
 - modelu inżynierskiego,
 - Interfejsy automatycznie tworzą EnLB – krzywą charakterystyki WWE.
 - WWE mogą być wyliczone na podstawie:
 - miaru wartości zużycia energii,
 - stosunku mierzonych wartości,
 - modelu statystycznego,
 - modelu inżynierskiego,
 - Zmierzona wartość energii:
 - Organizacje mogą wybrać bezwzględne oszczędności energii jako cel energetyczny. W takich przypadkach należy skorygować EnLB, aby obliczyć oszczędności energii w równoważnych warunkach.
 - Jeśli zagwarantowane są równoważne warunki, można przeprowadzić bezpośrednie porównanie EnLB z WWE (np. modernizacja systemu chłodzenia w chłodni).
 - Stosunek wartości mierzonej:
 - Organizacje, które obsługują wiele obiektów o podobnym przeznaczeniu, mogą wykorzystać współczynnik do porównania wydajności energetycznej obiektu w relacji do wielu takich obiektów i / lub porównać go z konkurencją lub standardami branżowymi.
 - WWE oparty na modelu statystycznym:
 - Modele można wyprowadzić za pomocą regresji liniowej, regresji nieliniowej (np. zależności nieliniowe pojawiają się w wentylatorach lub pompach) lub można je skonstruować przy użyciu teorii inżynierskich dotyczących określonej dziedziny.
 - WWE oparty na modelu inżynierskim:

- i) Modele oparte na teorii inżynierii dziedzinowej można zastosować tam, gdzie istnieją złożone relacje między zużyciem energii, a odpowiednimi zmiennymi znaczącymi, których nie można dokładnie uchwycić za pomocą regresji.
 - ii) WWE oparte na modelach są również przydatne do badania i oceny działań mających na celu poprawę charakterystyki energetycznej.
- i) Modele statystyczne i inżynieryjne umożliwiają porównania charakterystyki energetycznej w równoważnych warunkach, nawet jeśli występują zmiany lub istotne zmienne. Modele ogólnie opisują związek między wartościami energii a odpowiednimi zmiennymi w okresie odniesienia.
- 8) Oprogramowanie BEMS umożliwia inteligentne monitorowanie WWE, udostępniając wiarygodne raporty zgodne z wymaganiami przeglądów i audytów energetycznych oraz analityczne narzędzia do racjonalizacji zużycia energii, oparte na zastosowaniu adaptacyjnych i predykcyjnych algorytmów – w szczególności w zakresie funkcjonalności dotyczących zagadnień:
 - a) raporty i analizy czy WWE nie odbiegają od ustanowionej Energetycznej Linii Bazowej (EnLB),
 - b) analizy i raporty dotyczące obszarów Znaczącego Wykorzystania Energii (ZWE),
 - c) plany zbierania danych energetycznych,
 - d) planowanie energetyczne,
 - e) analizy oparte na interfejsach wykorzystujących:
 - wewnętrzne (dla użytkownika BEMS) źródła danych: liczniki zużycia mediów oraz faktury, cenniki, umowy z gestorami,
 - zewnętrzne źródła danych: stany i prognozy pogody, notowania i prognozy giełdy, zapowiedzi zmian taryf energii.
- 9) Oprogramowanie BEMS zgodnie z modelem procesu ciągłej poprawy wyniku energetycznego, usprawniają i automatyzuje czynności procedur w zakresie:
 - a) definiowania zakresu systemu zarządzania energią oraz polityki energetycznej:
 - i) Procedura definiowania zakresu systemu zarządzania energią (SZE),
 - ii) Procedura definiowania polityki energetycznej,
 - b) planowania:
 - i) Procedura dotycząca określenia ryzyk i szans
 - ii) Procedura ustanowienia celów i szczegółowych celów energetycznych oraz planowania ich osiągnięcia,
 - iii) Procedura przygotowania i przeprowadzenia przeglądu energetycznego,
 - iv) Procedura definiowania i aktualizacji wskaźników wyniku energetycznego (WWE)
 - v) Procedura ustanowienia Energetycznej linii bazowej (EnLB),
 - vi) Procedura planowania zbierania danych energetycznych,
 - c) wsparcia i działań operacyjnych:
 - i) Procedura definiowania zasobów, kompetencji i komunikacji w ramach SZE,
 - ii) Procedura tworzenia, aktualizacji i nadzoru w zakresie udokumentowanej informacji,
 - iii) Procedura planowania i sterowania działaniami operacyjnymi związanymi ze ZWE
 - d) oceny wyników oraz doskonalenia:
 - i) Procedura monitorowania, mierzenia, analizy i oceny wyniku energetycznego i SZE,
 - ii) Procedura audytu wewnętrznego,
 - iii) Procedura przeglądu zarządzania,
 - iv) Procedura identyfikacji niezgodności oraz działań korygujących i ciągłego doskonalenia.
- 10) Oprogramowanie BEMS:
 - a) usprawnia przeglądy energetyczne przy założeniu ciągłego monitorowania WWE,
 - b) automatyzuje czynności, zapewniając zbieraniem i przetwarzaniem danym status „informacji udokumentowanej” wg ISO 50001 – zbierane dane (lub uzyskiwane dzięki mierzeniu, w stosownych wypadkach) oraz przechowywane jako udokumentowane informacje uwzględniają:
 - i) zmienne znaczące dotyczące ZWE,
 - ii) zużycie energii odnoszące się do ZWE i organizacji,
 - iii) kryteria operacyjne związane ze ZWE,
 - iv) czynniki statyczne, w stosownych wypadkach,
 - v) dane zawarte w planach działań.



Automatyzacja czynności bezpośrednich oraz zdalnych usług w zakresie procesu planowania energetycznego zgodnie z zaleceniami/wymaganiami ISO 50001

11) Oprogramowanie BEMS:

- automatyzuje/usprawnia Przeglądy Energetyczne, zapewniając zbieraniem i przetwarzaniem danym status „informacji udokumentowanej” wg PN-EN ISO 50001, próbkowanie odczytów z liczników co 1 minutę oraz jakość danych dla potrzeb interpolacji/ekstrapolacji weryfikowaną przez R^2 (lub równoważnie), o wartości min. 0,85.
- BEMS automatycznie tworzy Energetyczną Linie Bazową (EnLB—krzywa charakterystyki WWE, np. zużycia energii na m²/osobę/produkt zgodnie z ISO 50001, a jej obiektywizowaną wartość (np. wg stopniodni 18° C) weryfikuje Wskaźnik: (Se-błąd standardowy estymacji) / (wart. rzeczywistego zużycia energii) < 10%.
- Skuteczność oprogramowania BEMS mierzona jest także wiernością i wiarygodnością odwzorowania rzeczywistych fluktuacji wskaźników wyniku energetycznego (WWE) modelowanych procesów.

- i) Oprogramowanie BEMS w zastosowaniu do procesów budynku IBZE i zintegrowanej z nim wielonośnikowej mikrosieci energetycznej, ma ograniczyć Błąd dopasowania modelowanych WWE < 15% (np. wg miar MAE, MSE, NRMSE, in.).
- ii) Ewentualne wymaganie Błędu dopasowania modelowanych WWE poniżej 25% nie wpłynie negatywnie na realizację Projektu, lecz może zmniejszyć komercyjną atrakcyjność oferty usługowej opartej na BEMS oraz procedurach serwisowania, audytowania i certyfikacji w modelu procesu MP.SAC. Niższa od zakładanej skuteczność i niezawodność BEMS może być poprawiona w Etapie 2. w którym zaplanowano rozszerzenie możliwości BEMS.

4.2. Etap 2: Licencja oprogramowania Systemu zarządzania energią w budynku (BEMS) zgodnego m.in. z normami PE-EN ISO 50001, PN-EN 16247

- 1) Przedmiotem dostawy są licencje oprogramowania Systemu zarządzania energią w budynku (ang. BEMS – Building Energy Management System).
- 2) Dostarczane licencje muszą obejmować wszystkie nowe algorytmy, interfejsy i funkcjonalności wymagane wobec BEMS.
- 3) Pozostałe wymagania jak w Etapie 1.

4.2.1. Wymagania niefunkcjonalne oprogramowania BEMS

4.2.1.1. Interfejsy zewnętrzne

- 1) Baza danych *enms-db*
 - a) Baza danych *enms-db* jest głównym komponentem trwale przechowującym dane w systemie BEMS.
 - b) Jest to relacyjna baza danych SQL, której struktura została szczegółowo zdefiniowana i zapisana w postaci pakietu *enms-db*.
 - i) Zmiana projektu bazy danych w Etapie 2 wymaga akceptacji Zamawiającego.
 - ii) Zamawiający będzie równolegle opracowywał oprogramowanie Systemu automatyzacji i sterowania budynku (BACS) – BEMS i BACS będą ze sobą współpracować (m.in. wymieniać dane).
 - c) Opracowaną strukturę oraz wbudowane w nią funkcje i algorytmy należy traktować jako integralną część oprogramowania BEMS i jego dokumentacji. Niektóre wymagania nie precyzują szczegółowej struktury pól danych, ponieważ wynika to bezpośrednio z projektu bazy danych.
- 2) Biblioteka urządzeń *devspec-lib*
 - a) Biblioteka urządzeń *devspec-lib* to zbiór definicji (rodzajów) urządzeń, które muszą być obsługiwane przez BEMS.
 - i) Struktura bazy danych biblioteki BEMS musi być identyczna jak w oprogramowaniu BACS;
 - ii) W sprawach spornych dotyczących unifikacji struktury decyduje Zamawiający (twórca BACS).
 - b) Biblioteka to niezależny projekt podlegający ciągłemu rozwojowi. Biblioteka musi obejmować listę min. 1100 urządzeń AKPiA (np. sensory, liczniki, przepływomierze, aparaty pomiarowe, sterowniki wskazanych przez Zamawiającego oferowanych przez min. 40 producentów (w tym 6 producentów z Etapu 1: F&F, Siemens, Schneider, Swegon, Vaillant, Wago).
 - c) Wielkość bazy danych przebiegów czasowych obsługiwana przez komponent aplikacyjny pakietu oprogramowania BEMS, instalowany na urządzeniu tworzącym mgłę obliczeniową (fog computing) hiperkonwergentnej infrastruktury sterowania/monitorowania budynku IBZE– osiąga wielkość w liczbie: > 2000 GB w Etapie 2 (> 90 GB w Etapie 1).

4.2.1.2. Rekomendowane technologie

Wymagania jak w Etapie 1.

4.2.1.3. Środowisko uruchomieniowe

Wymagania jak w Etapie 1.

4.2.1.4. Środowisko wytwarzania

Wymagania jak w Etapie 1.

4.2.1.5. Wymagania dotyczące wydajności

Wymagania jak w Etapie 1.

4.2.1.6. Interoperacyjność

- 1) Rozproszony BEMS spełniający standard otwartego systemu sterowania.

- 2) Interoperacyjność oprogramowania umożliwia współpracę z sensorami, licznikami, przepływomierzami i aparatami pomiarowymi innych producentów, poprzez obsługę standardów (protokołów) komunikacyjnych:
 - a) ISO/IEC8482,
 - b) ModBus RTU/TCP,
 - c) MQTT,
 - d) BACnet,
 - e) LoRaWAN.
- 3) Interoperacyjność oprogramowania umożliwia współpracę:
 - a) z systemami budynkowymi obejmując rozwijany przez Zamawiającego System automatyzacji i sterowania budynku (ang. Building Automation and Control System – w skrócie BACS), inne systemy BACS oraz systemy wykrywania i sygnalizacji zagrożeń wskazane we Wzorcowej dokumentacji IBZE (WDT);
 - b) z innymi systemami wskazanymi w WDT, w tym: systemami magazynowania energii (ang. ESS – Energy Storage System), systemami księgowości (finansowej, zarządczej), współpracy B2B, arkuszami kalkulacyjnymi oraz innymi narzędziami analitycznymi.

4.2.1.7. Bezpieczeństwo i niezawodność eksploatacji

Wymagania jak w Etapie 1.

4.2.1.8. Obsługiwane wskaźniki i parametry

- 1) Oprogramowanie BEMS archiwizuje i przetwarza parametry komfortu środowiskowego mierzone przez sensory przede wszystkim współpracujące w systemie BACS oraz komunikujące się bezpośrednio z BEMS:
 - a) temperatura powietrza,
 - b) wilgotność powietrza,
 - c) prędkość powietrza,
 - d) stężenie CO₂eq,
 - e) stężenie TVOC,
 - f) ciśnienie powietrza,
 - g) stężenie PM,
 - h) poziom hałasu,
 - i) natężenie oświetlenia,
 - j) poziom cieczy,
 - k) natężenie ruchu ludzi i pojazdów.
- 2) Wyniki zautomatyzowanej adaptacyjnej i predykcyjnej regulacji parametrów środowiskowych w oprogramowaniu BACS są wykorzystane w funkcjonalności BEMS, w zakresie kontroli i monitorowania warunków środowiskowych oraz stanowisk pracy ludzi (BHP) w budynkach o funkcji publicznej. Monitoring 30 estymowanych wskaźników, w szczególności zgodnych z PN-EN ISO 7730 obejmuje:
 - a) Temperatura suchego termometru powietrza °C,
 - b) Temperatura mokrego termometru powietrza °C,
 - c) Temperatura punktu rosy °C,
 - d) Temperatura punktu szronienia °C,
 - e) Indeks odczuwania gorąca °C,
 - f) Wilgotność względna %,
 - g) Wilgotność bezwzględna powietrza kg/m³,
 - h) Absolutne ciśnienie powietrza Pa,
 - i) Wilgotność bezwzględna masowa powietrza kg/kg,
 - j) Entalpia HVAC J/kg,
 - k) Ciśnienie pary nasyconej w temperaturach: suchego i mokrego termometru, punktu rosy, punktu szronienia Pa,
 - l) Stężenie molowe wody i powietrza,
 - m) Stężenie masowe wody i powietrza,
 - n) Gęstość specyficzna kg/m³,

- o) Prędkość powietrza m/s,
 - p) Przepływ powietrza m³/s,
 - q) Przepływ energii powietrza W,
 - r) Licznik długości strugi powietrza m,
 - s) Licznik objętości powietrza m³,
 - t) Licznik energii powietrza kWh,
 - u) CO₂ ppm,
 - v) LZO ppb,
 - w) Stężenie liczbowe PM0.5, PM1.0, PM2.5, PM4.0, PM10 #/cm³,
 - x) Stężenie masowe PM1.0, PM2.5, PM4.0, PM10 µg/m³,
 - y) Typowa wielkość cząstek µm,
 - z) Względne ciśnienie powietrza Pa,
 - aa) Poziom cieczy,
 - bb) Natężenie oświetlenia,
 - cc) Poziom hałasu,
 - dd) Natężenie ruchu ludzi i pojazdów.
- 3) Oprogramowanie BEMS archiwizuje i przetwarza dane oraz parametry dotyczące przepisów techniczno-budowlanych w zakresie zagadnień:
- a) Szczelność powietrzna,
 - b) współczynniki przenikania ciepła U,
 - c) oraz innych związanych z określaniem i kontrolą efektywności energetycznej budynku.
- 4) BEMS automatyzuje/usprawnia procesy eksploracji danych, zapewniając zbieraniem i przetwarzaniem danym status „informacji udokumentowanej” wg PN-EN ISO 50001, próbkowanie odczytów z liczników co 1 minutę oraz jakość danych dla potrzeb interpolacji/ekstrapolacji weryfikowaną przez R² (lub równoważnie), o wartości min. 0,9 (w Etapie 1 wymagano 0,85).

4.2.1.9. Wymagania wg norm serii ISO 50000

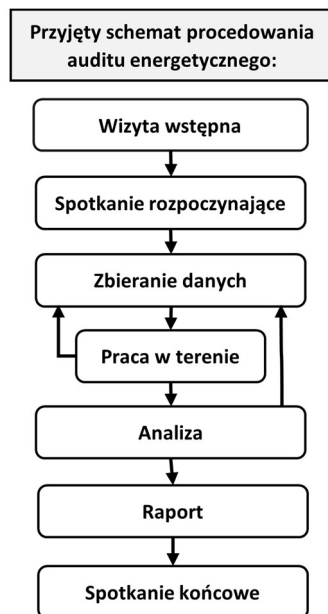
Wymagania jak w Etapie 1.

4.2.1.10. Wymagania wg norm PN-EN 16247-1,2,3

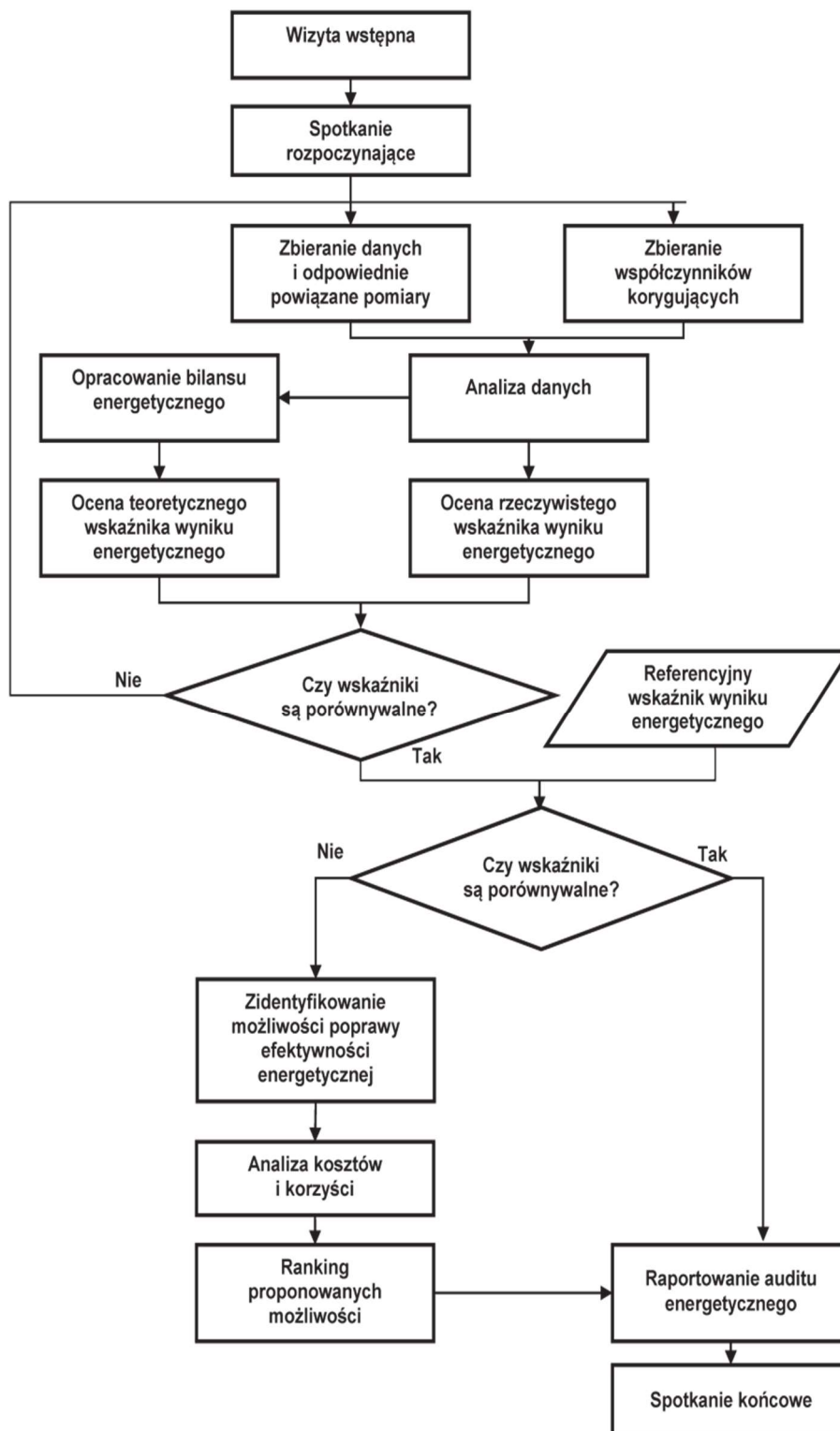
- 1) BEMS powinien zapewnić funkcje i interfejsy automatyzujące czynności serwisowania, audytowania i certyfikacji budynku IBZE, w szczególności zgodne z wymaganiami norm PN-EN 16247-1,2,3.
- 2) Oprogramowanie BEMS jest przystosowane do wykorzystania podczas czynności auditu energetycznego, określonego zgodnie z wymaganiami norm PN-EN 16247, jako systematyczna kontrola i analiza wykorzystania i zużycia energii przez obiekt, budynek, system lub organizację, mająca na celu identyfikację przepływów energii i potencjał odnośnie do poprawy efektywności energetycznej a także ich raportowanie.
- 3) BEMS, a przede wszystkim interfejsy i funkcjonalności jego oprogramowania, usprawnia i automatyzują czynności prowadzone w ramach auditu energetycznego przeprowadzanego wg wymagań normy PN-EN 16247-1, w zakresie następujących elementów postępowania:
 - a) Wizyta wstępna.
 - b) Spotkanie rozpoczynające.
 - c) Zbieranie danych.
 - d) Praca w terenie.
 - e) Analiza.
 - f) Raport.
 - g) Spotkanie końcowe.
- 4) BEMS jest wyspecjalizowany do obsługi auditu energetycznego:
 - a) budynku wg normy PN-EN 16247-2, w obiektach przystosowanych do świadczenia takich usług jak:
 - i) ogrzewanie,
 - ii) chłodzenie,
 - iii) wentylacja,
 - iv) oświetlenie,
 - v) ciepła woda użytkowa,
 - vi) systemy transportowe (np. windy, schody ruchome i chodniki),
 - b) procesu wg normy PN-EN 16247-3, w którym zużywana jest energia – na ogół energia jest stosowana:
 - i) bezpośrednio w procesie, np. piece, suszarki spalinowe itp.
 - ii) pośrednio w procesie (np. wymiana ciepła, destylacja, wytłaczanie itp.) w tym również w szczególnych warunkach produkcji (np. rozruch, wyłączenie, zmiana produktu, sprzątanie, utrzymanie, laboratorium i transfer produktów),
 - iii) w procesach użytkowych (np. systemach napędzanych silnikami (wentylatory, pompy, silniki, sprężarki itp.), para, ciepła woda), w tym na terenie elektrowni,
 - iv) w innych procesach (np. sterylizacja w szpitalach, dygestoria, laboratoria itp.).
- 5) Wykorzystanie kontrolera IK podczas auditu energetycznego prowadzi do:
 - a) usprawnienia i zautomatyzowania zbierania danych, z uwzględnieniem podnoszonych w normie wszystkich kwestii jakości planu zbierania danych z pomiarów,
 - b) zmniejszenia udziału czynności związanych z pracą w terenie na rzecz działań zdalnych opartych na funkcjonalności aplikacji BEMS,
 - c) obniżenia kosztów przeprowadzenia analizy i sporządzania raportów,
 - d) jak najlepszego przygotowania się audytora do wizyty wstępnej, w przypadku kolejnego auditu tego samego budynku/procesu,
 - e) usprawnienia i komunikatywności spotkania końcowego w celu:
 - i) efektywnego i przekonującego zademonstrowania raportu z auditu energetycznego,
 - ii) multimedialnego przedstawienia rezultatów auditu w sposób ułatwiający podejmowanie decyzji przez organizację,
 - iii) wszechstronnego wyjaśnienia wyników auditu,
 - iv) ułatwienia przeprowadzenia dyskusji potrzeby dalszych działań i wyciągania wniosków.
- 6) Wykorzystanie BEMS sprzyja podnoszeniu efektywności czynności auditu oraz spełnieniu wszystkich wymagań jakościowych norm PN-EN 16247 – audit energetyczny przeprowadzany przy użyciu BEMS jest:
 - a) właściwy: odpowiedni do uzgodnionego zakresu, celów i szczegółowości,

- b) kompletny: w celu zdefiniowania organizacji auditowanej i obiektu audytowanego,
 - c) reprezentatywny: w celu zebrania rzetelnych i odpowiednich danych,
 - d) identyfikowalny: w celu zidentyfikowania pochodzenia i przetwarzania danych,
 - e) użyteczny: w celu uwzględnienia analizy opłacalności zidentyfikowanych możliwości oszczędzania energii,
 - f) weryfikowalny: w celu umożliwienia organizacji monitorowania poziomu osiągnięcia celów w zakresie realizowanych możliwości poprawy efektywności energetycznej.
- 2) Podczas **Wizyty wstępnej** BEMS usprawnia i automatyzuje czynności uzyskania informacji:
- a) przydatnych do ustaleń zakresu i granic,
 - b) mających wpływ/znacznie dla przyjęcia poziomów dokładności,
 - c) dotyczących dostępności, ważności oraz formatu danych o energii.
- 3) Podczas **Spotkania rozpoczynającego** BEMS usprawnia uzgodnienia:
- a) zasad dostępu dla auditora energetycznego,
 - b) w zakresie zasobów i danych, które należy dostarczyć,
 - c) wymagań dotyczących specjalnych pomiarów.
- 4) Podczas **Zbierania danych** BEMS usprawnia i automatyzuje czynności uzyskania danych takich jak:
- a) wykaz systemów, procesów i wyposażenia zużywającego energię,
 - b) szczegółowe charakterystyki obiektu auditowanego, w tym znanych współczynników korygujących oraz sposobu, w jaki, według organizacji, wpływają one na zużycie energii,
 - c) dane historyczne:
 - i) zużycie energii;
 - ii) współczynniki korygujące;
 - iii) istotne powiązane pomiary,
 - d) historię działań i minionych zdarzeń, które mogły mieć wpływ na zużycie energii w okresie obejmującym zbieranie danych,
 - e) projekty, dokumenty utrzymania i eksploatacji,
 - f) audyty energetyczne lub wcześniejsze badania związane z energią i efektywnością energetyczną,
 - g) bieżące i planowane cenniki lub cenniki porównawcze, stosowane w celu zabezpieczenia zaufania handlowego,
 - h) inne istotne dane ekonomiczne,
 - i) stan systemu zarządzania energią.
- 5) Podczas **Pracy w terenie** BEMS ułatwia:
- a) ustalenie celu pracy w terenie, tym:
 - i) ocenę wykorzystania energii w obiekcie auditowanym zgodnie z celem, zakresem i dokładnością auditu energetycznego,
 - ii) spisanie obszarów i procesów, dla których są potrzebne dodatkowe dane ilościowe do późniejszych analiz (podczas przebiegu pracy w terenie),
 - b) przebieg prac poprzez np. udostępnienie auditorom energetycznym dokumentacji technicznej związanej z instalacją, łącznie z wynikami badań rozruchowych, które przeprowadzono.
 - c) wizje lokalne obiektu poprzez zapewnienie pomiarów i obserwacji wykonywanych rzetelnie i w sytuacjach odpowiadających normalnej eksploatacji, a w stosownych wypadkach, w odpowiednich warunkach atmosferycznych; przyjmuje się, że może być korzystne przeprowadzenie obserwacji i pomiarów poza normalnymi godzinami pracy, w trakcie przestojów lub gdy nie przewiduje się obciążeń klimatycznych.
- 6) Podczas **Analizy** BEMS ułatwia, usprawnia, automatyzuje szereg czynności – obejmując:
- a) przede wszystkim ustalenie aktualnego wyniku energetycznego, który jest punktem odniesienia względem, którego można mierzyć poprawę – ustalenia obejmują:
 - i) podział zużycia energii pod względem wykorzystania i źródła;
 - ii) przepływ energii i bilans energetyczny obiektu auditowanego;
 - iii) profil zapotrzebowania energii;
 - iv) zależności pomiędzy zużyciem energii a współczynnikami korygującymi;
 - v) jeden lub więcej wskaźników wyniku energetycznego, odpowiednich do oceny obiektu audytowanego,

- b) funkcje analityczne określają możliwości poprawy efektywności energetycznej na podstawie istniejącego wyniku energetycznego obiektu audytowanego,
 - c) funkcje analityczne oceniają wpływ każdej sposobności poprawy efektywności energetycznej na obecny wynik energetyczny na podstawie:
 - i) oszczędności finansowych wynikających ze środków poprawy efektywności energetycznej;
 - ii) niezbędnych inwestycji;
 - iii) rentowności inwestycji bądź wszelkich innych, uzgodnionych z organizacją, kryteriów ekonomicznych;
 - iv) innych możliwych zysków nieenergetycznych (jak np. wydajność lub utrzymanie);
 - v) porównania, pod względem kosztów i zużycia energii, różnych środków poprawy efektywności energetycznej;
 - vi) technicznych interakcji pomiędzy wieloma przedsięwzięciami,
 - d) funkcje analityczne mające na celu oszczędność energii:
 - i) klasyfikują na podstawie uzgodnionych kryteriów,
 - ii) w tych przypadkach, w których jest to odpowiednie dla uzgodnionego zakresu, celu i szczegółowości auditu energetycznego, uzupełniają wyniki o:
 - wymagania z zakresu dodatkowych danych,
 - określenie potrzeby dalszych analiz,
 - iii) oceniają rzetelność dostarczonych danych i wskazują braki lub nieprawidłowości,
 - iv) są oparte na przejrzystych i właściwych technicznie metodach obliczeniowych,
 - v) dokumentują zastosowane metody i wszelkie przyjęte założenia,
 - vi) poddać wyniki analizy sprawdzeniom o odpowiedniej jakości i poprawności,
 - vii) rozważają wszelkie prawne lub inne ograniczenia potencjalnych możliwości poprawy efektywności energetycznej.
- 7) Podczas **Raportowania** BEMS ułatwia, usprawnia, automatyzuje szereg czynności – obejmując:
- a) określenie czy wyniki analizy bazują na wyliczeniach, symulacjach czy szacunkach,
 - b) podsumowanie analizy, z wyszczególnieniem wszelkich przyjętych założeń,
 - c) określenie granice dokładności szacunków dotyczących oszczędności i kosztów,
 - d) przedstawienie zestawienia możliwości poprawy efektywności energetycznej.
- 8) Podczas **Spotkanie końcowe** BEMS ułatwia:
- a) przedstawienie rezultatów auditu energetycznego w sposób ułatwiający podejmowanie decyzji przez organizację,
 - b) wyjaśnienie wyników.



Schemat. Przykład procedowania auditu energetycznego w budynku wg normy PN-EN 16247-2



Schemat. Przykład procedowania auditu energetycznego procesu wg normy PN-EN 16247-3

4.2.1.11. Wykorzystanie możliwości oprogramowania RBMD-CC

- 1) Przed przystąpieniem do wykonywania Etapu 2, Wykonawca powinien dokonać wspólnie w Zamawiającym weryfikacji, które z możliwości oprogramowania Rozproszonego, bezpiecznego magazynu danych i centrum certyfikacji (RBMD-CC), nie zostały w pełni wykorzystane przez BEMS w trakcie realizacji Etapu 1.

- 2) BEMS powinien wykorzystywać wszystkie istotne i przydatne dla jego funkcjonalności: algorytmy, narzędzia i interfejsy zakupione w ramach oprogramowania RBMD-CC.

4.2.1.12. Wykorzystanie wyników prac rozwojowych Modułu B+R w oprogramowaniu BEMS

- 1) BEMS powinien wszechstronnie wykorzystać możliwości oprogramowania BACS oraz inne rekomendowane we Wzorcowej dokumentacji technicznej IBZE (WDT), a w szczególności:
 - a) powinien automatyzować/usprawniać czynności w zagadnieniach monitorowania mikrosieci energetycznej integrowanej z budynkiem IBZE, w celu uzyskania skuteczności zarządzania efektywnością energetyczną i obciążeniem zgodnie z wymaganiami norm PN-HD 60364-8-1 i 2.
 - b) BEMS powinien zaimplementować algorytmy i interfejsy opracowane w Module B+R, w zakresie kontroli online trwałości wymagań technicznych budynku IBZE (np. szczelności EUco, współczynniki U), które w wyniku prac rozwojowych Modułu B+R (przede wszystkim w Zadaniu Z.ST.4), będzie można mierzyć/kontrolować opcjonalnymi metodami online za pomocą różnych technologii i czujników zgodnie z Modelem procesu oraz procedurami serwisowania, audytowania i certyfikacji inteligentnego budynku IBZE MP.SAC.
- 3) BEMS powinien zostać rozszerzony w niżej opisanym zakresie.
 - a) BEMS zostanie wyposażony w interfejsy wspomagające obsługę termowizyjnej kontroli online envelope budynku IBZE. Procedury MP.SAC dotyczące monitorowania współczynników przenikania ciepła U i szczelności powietrznej budynku IBZE obejmą również termowizję. Kamery termowizyjne mogą być używane do wizualnego monitorowania termicznych nieszczelności oraz trwałości jakości envelope budynku. Zdjęcia termowizyjne mogą pomóc w identyfikacji obszarów, gdzie ciepło może uciekać lub przenikać do budynku. Te dane mogą być dostępne online i pomóc w diagnozowaniu problemów z izolacją.
 - b) Zastosowanie kamery termograficznej znacznie przyspieszy i ułatwi lokalizację nieszczelności. W dużych budynkach IBZE kamera termograficzna może być podstawowym przyrządem służącym do wyszukiwania nieszczelności. Aby jednak móc użyć kamery termograficznej, konieczna jest różnica temperatur między budynkiem a otoczeniem, wynosząca $> 10^{\circ}\text{C}$.
 - c) System sterowania i automatyzacji budynku BACS zaplanowany dla IBZE może monitorować wiele parametrów, w tym przepływ powietrza, temperaturę i wilgotność. Te dane mogą być dostępne online za pośrednictwem oprogramowania BACS, wykorzystywanego do kontroli online opartych na różnych założeniach:
 - i) Czujniki przepływu powietrza: Umieszczając czujniki przepływu powietrza na różnych miejscach w budynku, można monitorować, czy powietrze nie jest przeciążone lub wycieka z pomieszczeń. Te czujniki można podłączyć do systemu monitorowania online, który dostarcza aktualne dane o przepływie powietrza.
 - ii) Czujniki ciśnienia: Czujniki ciśnienia mogą być umieszczone w różnych częściach budynku, aby mierzyć różnicę ciśnienia między wnętrzem a otoczeniem. To pozwala określić, czy istnieją nieszczelności, które mogą wpływać na wydajność energetyczną budynku. Dane z tych czujników można transmitować online i monitorować w czasie rzeczywistym.
 - iii) Testy ciśnienia różnicowego: To bardziej zaawansowana metoda, która polega na wprowadzeniu budynku w kontrolowany stan podciśnienia lub nadciśnienia, a następnie monitorowaniu, jak powietrze przenika przez potencjalne szczeliny i nieszczelności. Wyniki można monitorować online. Procedura kontroli wykonywana w czasie < 15 minut, nie powinna zakłócać procesów budynkowych.
 - d) BEMS powinien zostać rozszerzony w zakresie komponentów aplikacyjnych do instalacji w infrastrukturze mgły obliczeniowej IBZE wskazanej w WDT.

5. Opis i wymagania dla usług doradczych

5.1. Ogólny opis usług doradczych

Usługi doradcze bezpośrednio wynikają z udzielenia licencji wykorzystania oprogramowania Systemu zarządzania energią w budynku (BEMS) i będą wykonane na 2 Etapach:

- 1) Etap 1 w Zadaniu „Zakup licencji i usług nadzoru autorskiego w zakresie wdrożenia Systemu zarządzania energią w budynku (BEMS) z narzędziami automatyzacji inteligentnego monitoringu wskaźników wyniku energetycznego zgodnie z normą PE-EN ISO 50001”.
- 2) Etap 2 w Zadaniu „Zakup licencji i usług nadzoru autorskiego w zakresie wdrożenia Systemu zarządzania energią w budynku (BEMS) z narzędziami automatyzacji serwisowania, audytowania i certyfikacji budynku IBZE, m.in. zgodnie z normami PE-EN ISO 50001, PN-EN 16247”.

Terminy wizyt w lokalizacji Zamawiającego powinny być dostosowane do postępów wdrożenia, z właściwym zaplanowaniem godzin w zakresie zdalnych czynności technicznych i porad. Zamawiający powinien uwzględnić terminy sugerowane przez Zamawiającego, zgłaszane w wyprzedzeniu co najmniej 7-dniowym. Wizyta powinna obejmować działania wykonywane przez min. 1 specjalistę w czasie ok. 6-8h. Zdalne konsultacje powinny być wykonywane telefonicznie oraz przy pomocy komunikatorów preferowanych przez Zamawiającego. Zamawiający i Wykonawca powinny dążyć do partnerskiego modelu współpracy oraz wspólnie kształtować organizacyjne i techniczne warunki jej wykonywania. W przypadku sporów ostateczne decyzje będą należeć do Zamawiającego.

Zaplanowany okres wdrożenia i liczba godzin wykonywania usług, musi:

- 1) zagwarantować szybki czas i skuteczność wdrożenia BEMS;
- 2) umożliwić bezpośrednie uczestnictwo w czynnościach wdrożenia wszystkim specjalistom Zamawiającego;
- 3) pozwolić bezpośrednio zgłaszać uwagi do twórcy oprogramowania i szybko eliminować stwierdzone wady BEMS;
- 4) być wystarczające dla osiągnięcia celów wskazanych w rozdziałach „Wstęp” i „Analiza cech BEMS w kontekście osiągnięcia celów projektu IBZE” oraz prowadzić do uzyskania efektywności działań.

W sytuacji potrzeby zwiększenia zaplanowanej liczby godzin, Zamawiający i Wnioskodawca powinni preferować zdalne czynności techniczne oraz minimalizować liczbę zdecydowanie droższych wizyt bezpośrednich w lokalizacji Wnioskodawcy (np. z uwagi na koszty dojazdów i noclegów).

Nadzór autorski wdrożenia stanowi opisane w budżecie Projektu koszty usług doradczych.

5.2. Etap 1: Nadzór autorski wdrożenia Systemu zarządzania energią w budynku (BEMS) – zapewniającego narzędzia automatyzacji inteligentnego monitoringu wskaźników wyniku energetycznego zgodnie z normą PE-EN ISO 50001

Nadzór autorski wdrożenia Systemu zarządzania energią w budynku (BEMS) – przez wykonanie usług doradczych powinien:

- 1) narzędzia aplikacyjne w postaci wdrożonych funkcji, interfejsów i interaktywnych raportów BEMS, do automatyzacji
 - a) czynności i zagadnień dotyczących systemu zarządzania energią (SZE), w tym w zakresie audytów SZE i przeglądów energetycznych zgodnych z wymaganiami norm: ISO 50001/ 50004/ 50006/ 50007/ 50008/ 50015 oraz metodologii benchmarkingu efektywności energetycznej PN-EN 16231;
 - b) w szczególności inteligentnego monitoringu wskaźników wyniku energetycznego (WWE) i energetycznych linii bazowych (EnLB), zgodne z wymaganiami normy PE-EN ISO 50001;
- 2) ogólnie przygotować BEMS do współpracy (w tym dwukierunkowej wymiany danych) z innymi systemami wskazanymi we Wzorcowej dokumentacji technicznej IBZE (WDT), w tym:

- a) z opracowanym w wyniku prac rozwojowych Modułu B+R, Systemem automatyzacji i sterowania budynku (BACS), zgodnym z wymaganiami normy PN–EN ISO 16484-5;
 - b) z systemami magazynowania energii (ang. ESS – Energy Storage System), systemami księgowości (finansowej, zarządczej), współpracy B2B, arkuszami kalkulacyjnymi oraz innymi narzędziami analitycznymi;
- 3) eksplorację wielomodalnych danych, również ze współpracujących z BEMS systemów i aplikacji realizowaną w oparciu hiperkonwergentną infrastrukturę mgły obliczeniowej (ang. fog computing) zastosowanej w monitoringu budynków IBZE, na aktualnym poziomie rozwoju wykorzystywanych i integrowanych systemów;
- a) procedury zbierania, przetwarzania i przechowywania danych muszą zagwarantować im status „Informacji Udokumentowanej”, z uwagi na wymagania audytów i przeglądów energetycznych;
 - b) procedury monitorowania prze 24/7d dotyczące zestawu opracowanych wzorców wskaźników WWE: zużycia energii, efektywności, opartych na modelach statystycznych i inżynierskich.

Zaplanowano wykonanie usług w okresie nie dłuższym niż 2 miesiące w formie co najmniej 8 wizyt jednego specjalisty w czasie 8h w lokalizacji Zamawiającego i zdalne czynności techniczne wykonane w łącznym czasie co najmniej 352h.

5.3. Etap 2: Nadzór autorski wdrożenia oprogramowania Systemu zarządzania energią w budynku (BEMS) obejmujący usługi: instalacji, konfiguracji, parametryzacji elementów BEMS oraz wdrożenia funkcji i interfejsów automatyzujących czynności serwisowania, audytowania i certyfikacji budynku IBZE

Nadzór autorski wdrożenia oprogramowania Systemu zarządzania energią w budynku (BEMS – przez wykonanie usług doradczych BEMS powinien zostać uzyskany wymagany zakres możliwości monitorowania budynku IBZE, a w szczególności powinien:

- 1) uzyskać komponenty aplikacyjne (zaimplementowane protokoły, interfejsy) do współpracy (w tym dwukierunkowej wymiany danych) z innymi systemami wskazanymi we Wzorcowej dokumentacji technicznej IBZE (WDT), w tym:
 - a) z opracowanym i optymalizowanym w wyniku prac rozwojowych Modułu B+R, Systemem automatyzacji i sterowania budynku (BACS), zgodnym z wymaganiami normy PN–EN ISO 16484-5;
 - b) z systemami magazynowania energii (ang. ESS – Energy Storage System), systemami księgowości (finansowej, zarządczej), współpracy B2B, arkuszami kalkulacyjnymi oraz innymi narzędziami analitycznymi;
- 2) zapewnić funkcje i interfejsy automatyzujące/usprawniające czynności serwisowania, audytowania i certyfikacji budynku IBZE, w szczególności zgodne z wymaganiami norm PN-EN 16247, PN-EN ISO 16231, PN-EN ISO 52000-1, a także dotyczących obsługi:
 - a) systemu zarządzania energią wg normy PE-EN ISO 50001 oraz innych norm serii 50000, w tym 50004, 50006, 50007, 50008/50015;
 - b) audytów energetycznych wg norm PN-EN 16247-1,2,3;
 - c) czynności w zagadnieniach monitorowania mikrosieci energetycznej integrowanej z budynkiem IBZE, w celu uzyskania skuteczności zarządzania efektywnością energetyczną i obciążeniem zgodnie z wymaganiami norm PN-HD 60364-8-1 i 2;
- 3) wykorzystywać algorytmy, narzędzia i interfejsy zakupione w ramach oprogramowania Rozproszonego, bezpiecznego magazynu danych i centrum certyfikacji (RBMD-CC);
- 4) zaimplementować algorytmy i interfejsy opracowane w Module B+R, w zakresie kontroli online trwałości wymagań technicznych budynku IBZE (np. szczelności EUco, współczynniki U), które w wyniku prac rozwojowych Modułu B+R, będzie można mierzyć/kontrolować opcjonalnymi metodami online za pomocą różnych technologii i czujników zgodnie z Modelem procesu oraz procedurami serwisowania, audytowania i certyfikacji inteligentnego budynku IBZE MP.SAC;

- 5) obsługiwać eksplorację wielomodalnych danych, również ze współpracujących z BEMS systemów i aplikacji realizowaną w oparciu hiperkonwergentną infrastrukturę mgły obliczeniowej (ang. fog computig) zastosowanej w monitoringu budynków IBZE, na aktualnym poziomie rozwoju wykorzystywanych i integrowanych systemów.

Zaplanowano wykonanie usług w okresie nie dłuższym niż 2 miesiące w formie co najmniej 8 wizyt jednego specjalisty w czasie 8h w lokalizacji Zamawiającego i zdalne czynności techniczne wykonane w łącznym czasie co najmniej 440h.