

Doświadczenia z testowania metodyki ewaluacji wskaźnika SRI w Polsce na tle wyników z fazy testów w Unii Europejskiej

6. Studium przypadku

Wynik ewaluacji budynku Małopolskiego Laboratorium
Budownictwa Energooszczędnego Politechniki Krakowskiej



mgr inż. Paweł Kwasnowski
AGH, WEAIIB, KEiASPE, Projekt OTE
dr inż. Mirosław Dechnik, dr hab. inż. Małgorzata Fedorczak-Cisak prof. PK
MLBE Politechnika Krakowska

Agenda

- Informacje o obiekcie ewaluacji
- Koncepcja budynku MLBE
- Zastosowane rozwiązania techniczne
- Syntetyczna charakterystyka właściwości instalacji technicznych budynku
- Wyniki ewaluacji
- Podsumowanie i wnioski



Obiekt ewaluacji wskaźnika SRI

Budynek MLBE Politechniki Krakowskiej

1. Budynek naukowo – badawczy o powierzchni 1040 m² oddany do użytkowania w 2014 r.
2. Instalacje techniczne:
 - a. 5 niezależnych źródeł ciepła wraz z magazynem energii, w tym dwie pompy ciepła powietrze/woda oraz gruntowa pompa ciepła, węzeł MPEC oraz gazowy kocioł kondensacyjny
 - b. 3 źródła chłodu wraz z magazynem wody lodowej,
 - c. Trzy centrale wentylacji i klimatyzacji,
 - d. Indywidualne sterowanie parametrami klimatu w każdym pomieszczeniu w zależności od zajętości/obecności,
 - e. Instalacja ciepłej wody użytkowej wraz dwoma zespołami kolektorów słonecznych, ładowaniem elektrycznym z zasobnika ciepła,
 - f. Oświetlenie LED z lokalnym sterowaniem w zależności od obecności,
 - g. Osłony przeciwsłonecznie w części pomieszczeń.
3. Rozbudowany system BACS, BMS oraz opomiarowania struktury budynku.

Koncepcja budynku badawczego sformułowana przez naukowców PK

1. Budynek będzie mieścił specjalistyczne laboratoria badawcze technologii budowlanych:

- a. Laboratoria badawcze parametrów materiałów budowlanych,
- b. Laboratoria badawcze parametrów komfortu,
- c. Laboratoria badawcze nowych technologii w budownictwie,
- d. Laboratoria badawcze instalacji technologicznych,
- e. Laboratoria badawcze strategii sterowania instalacji technologicznych.

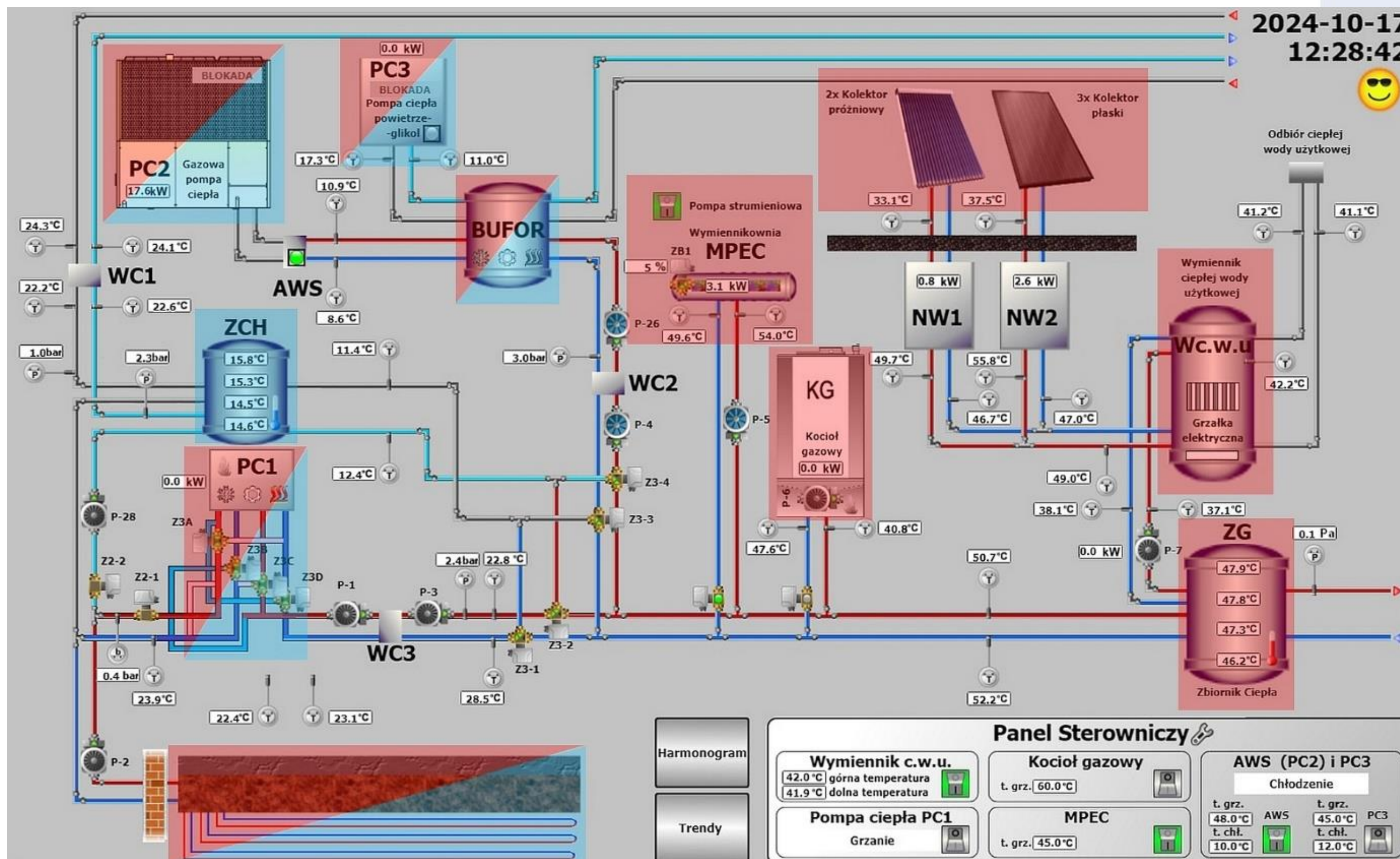
2. Budynek sam będzie przedmiotem badań, dzięki wyposażeniu w następujące elementy i funkcjonalności:

- a. Wielowariantowa instalacja technologiczna źródeł energii cieplnej i chłodu wraz z magazynami energii,
- b. Zastosowanie indywidualnego sterowania parametrami komfortu w każdym pomieszczeniu w zależności od zapotrzebowania,
- c. Opomiarowanie zróżnicowanych przegród zewnętrznych budynku pod kątem rozkładu temperatur i wilgotności (ok. 3000 czujników w wybranych elementach konstrukcyjnych),
- d. Wyposażenie w specjalistyczny rozbudowany system sterowania i automatyzacji, system sterowania nadrzędnego i zbierania danych oraz system zarządzania instalacjami technicznymi budynku,
- e. Specjalistyczny system zbierania danych pomiarowych z czujników w przegrodach zewnętrznych.

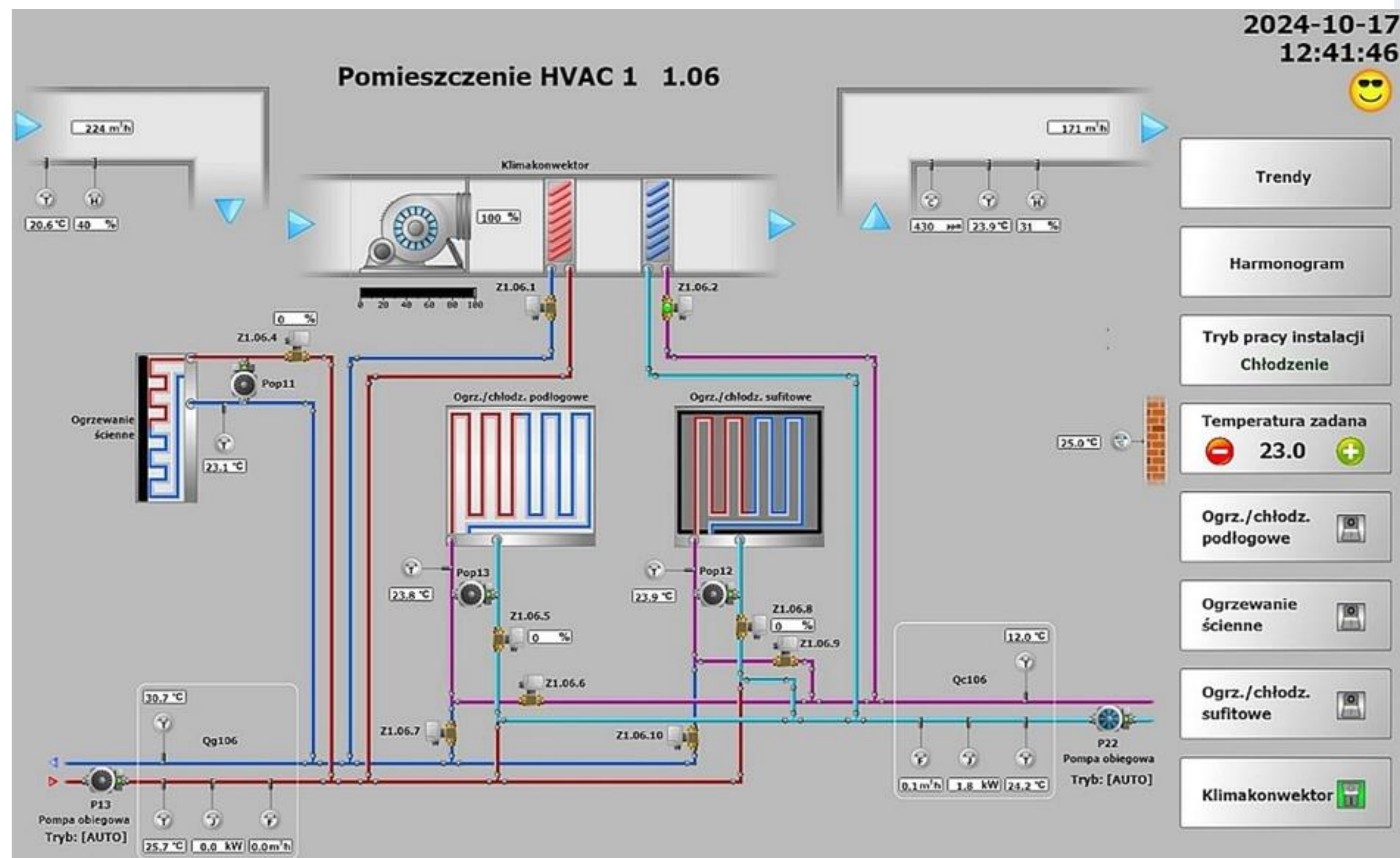
Rozwiązania zastosowane w MLBE w zakresie systemów BACS i BMS

1. Projekty systemów BACS i BMS oraz specjalistycznego systemu opomiarowania elementów konstrukcyjnych budynku MLBE oparto na **paradygmatach inteligentnych budynków** opracowanych w 1999 r. dla Kampusu 600-lecia Odnowienia Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie. W czasie projektowania budynku MLBE założenia te były potwierdzone pozytywnymi doświadczeniami z ponad 10 letniej eksploatacji systemów zainstalowanych w budynkach Kampusu UJ.
2. Przyjęto koncepcję otwartego, hierarchicznego i rozproszonego systemu automatyki budynkowej. Poziom nadrzędny systemu zrealizowano na bazie standardowego oprogramowania klasy SCADA pracującego w środowisku komputerów PC i sieci IP. Na poziomie obiektowym zastosowano rozproszony system sterowania bazujący głównie na sieci LON, z wykorzystaniem również innych bardzo popularnych w budownictwie standardów transmisji danych, takich jak BACnet, M-Bus, Modbus, DALI i OPC.
3. W ramach badawczego systemu BMS zintegrowano obszary instalacji HVAC, oświetlenia, przesłon zacieniających oraz systemów bezpieczeństwa. Dzięki integracji na poziomie obiektowym sygnały z wielu czujników są przetwarzane i przekazywane w rozproszonej strukturze systemu i są wspólnie wykorzystywane przez różne podsystemy budynku.

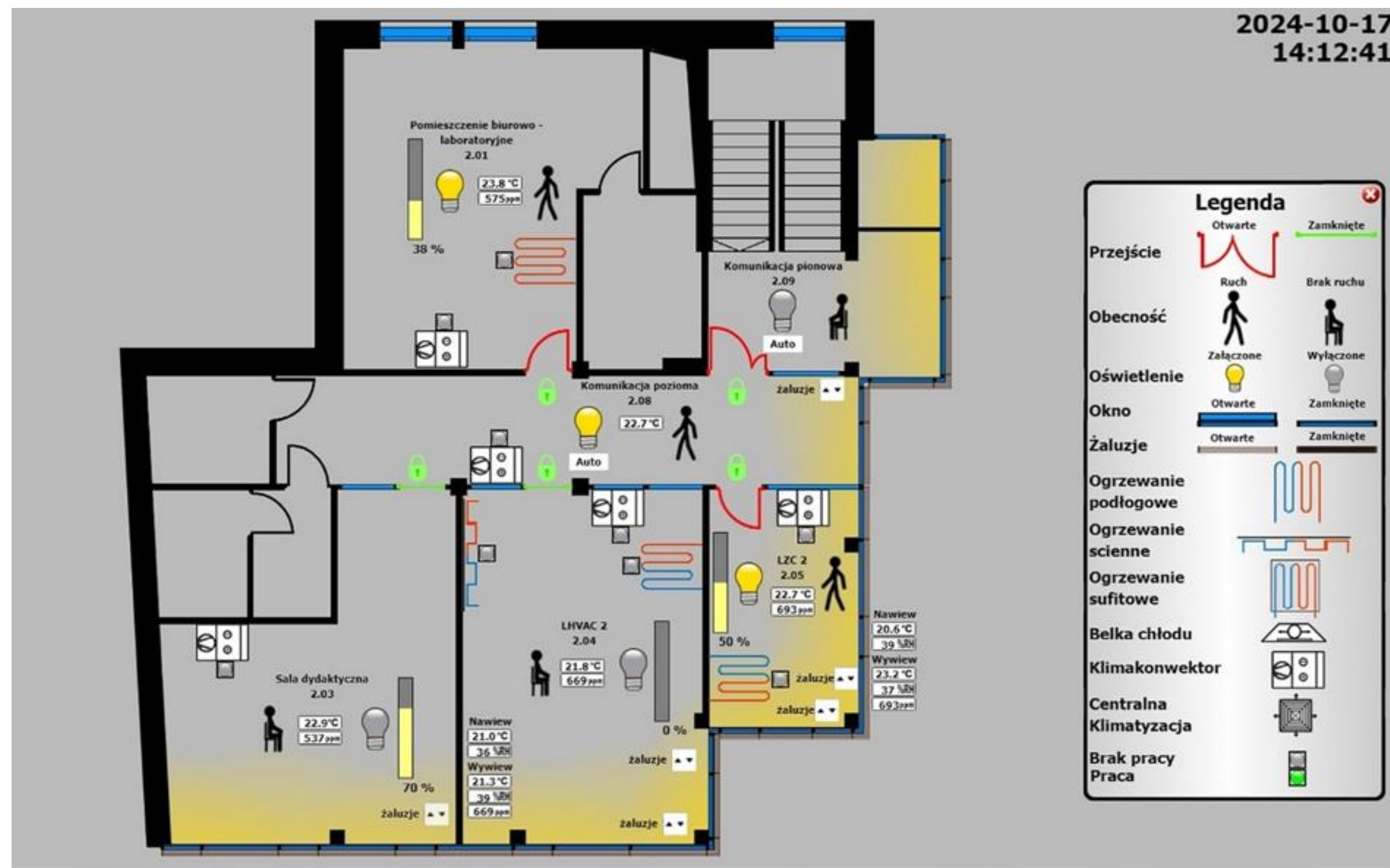
Instalacja technologiczna źródeł ciepła, chłodu i magazynów energii w MLBE



Przykład instalacji HVAC pojedynczego pomieszczenia



Wizualizacja stanu instalacji na piętrze



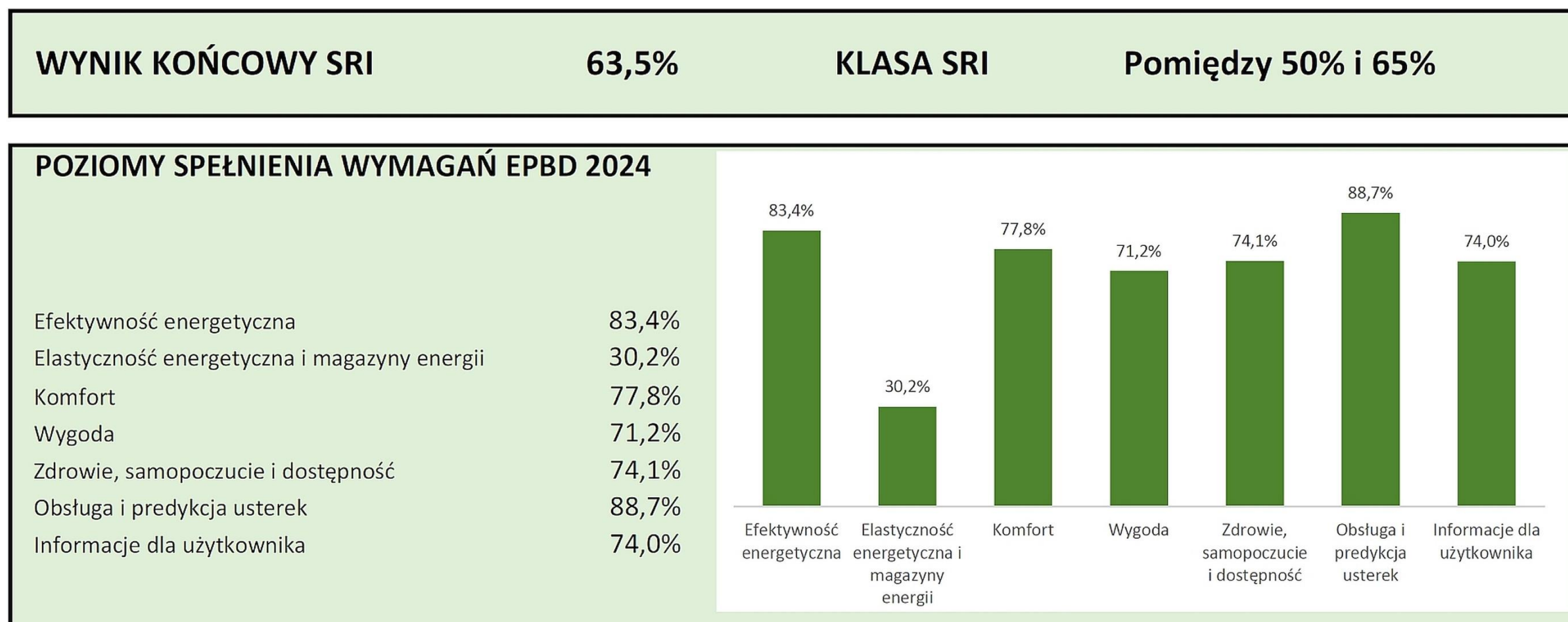
Właściwości instalacji technicznych MLBE na syntetycznej charakterystyce budynku

Budynek MLBE								
Ogrzewanie	CWU	Chłodzenie	Wentylacja	Oświetlenie	DPB	Elektryczność	Ładow. EV	BMS
Lokalne sterowanie emisją ciepła w pomieszczeniach	Ładowanie zasob. Grzałki elektrycz. Pompy ciepła	Lokalne sterow. emisją chłodu w pomieszczeniach	Lokalne sterowanie przepływem powietrza w pom.	Sterowanie włącz/wyłącz od zajętości	Ostony przeciwsłoneczne	Lokalne wytwarzanie energii elektrycz.	Pojemność - ile stacji ładowania	Zarządzanie czasem pracy HVAC
Emisja ciepła przez TABS	Ładowanie zasobników wodą grzewczą	Emisja chłodu przez TABS	Sterowanie przepł. pow. na poziomie centrali	Jw. + sterowanie poziomem natężenia ośw.	Otwieranie/zamykanie okien	Lokalne magazynowanie energii elektrycz.	Bilansowanie ładowania z siecią zasilającą	Wykrywanie usterek i diagnostyka
Lokalne sterowanie temperaturą medium grzewczego	Ładowanie zasobników: kolektory słoneczne, inne	Lokalne sterow. temp. medium	Zapobieganie przegrzewowi przy odzysku ciepła		Informacje dla użytkownika	Optymalizacja autokonsumpcji własnej en. elektr	Informacje dla użytkownika	Lokalne sterowanie emisją energii zależne od zajętości
Sterowanie pompami dystrybuc. medium grzewczego	Sekwencjonow. źródeł ciepła	Sterow. pompami dystrybucyjnymi wody lodowej	Ster. temperaturą nawiewu na poziomie centrali			Zintegrowane instalacje CHP		Raportowanie wydajności TBS i zużycia energii
Magazyn TES energii cieplnej wody grzewczej	Informacje dla użytkownika	Blokada równoc. grzania i chłodz. w pomieszczeniu	Chłodzenie bierne (Free cooling)			Zastosowanie Demand-Side Management		Integracja z inteligentnymi sieciami zasilającymi
Sterowanie źródłem ciepła (bez pomp ciepła)		Magazyn wody lodowej	Informacje dla użytkownika			Raportowanie dot. lokalnych mag. ener. elektr.		Raportowanie efektywności działania DSM
Sterowanie pompami ciepła		Sterowanie źródłami chłodu				Raportowanie zużycia en. elektr.		Możliwość wyłączenia działania DSM
Sekwencjonowanie źródeł ciepła		Sekwencjonow. źródeł chłodu	Kolumny reprezentują domeny Komórki w kolumnach reprezentują usługi dostępne w domenach Kolory usług reprezentują ich poziomy funkcjonalne Charakterystyka przedstawia poziom nasycenia budynku inteligencją					Platforma informat. do TBM
Informacje dla użytkownika		Informacje dla użytkownika						
Elastyczność i współdziałanie z el. siecią zasilającą		Elastyczność i współdziałanie z el. siecią zasil.						

Poziom funkcjonalności usługi	Brak domeny	Brak usługi	0	1	2	3	4
-------------------------------	-------------	-------------	---	---	---	---	---

Wyniki ewaluacji SRI budynku MLBE

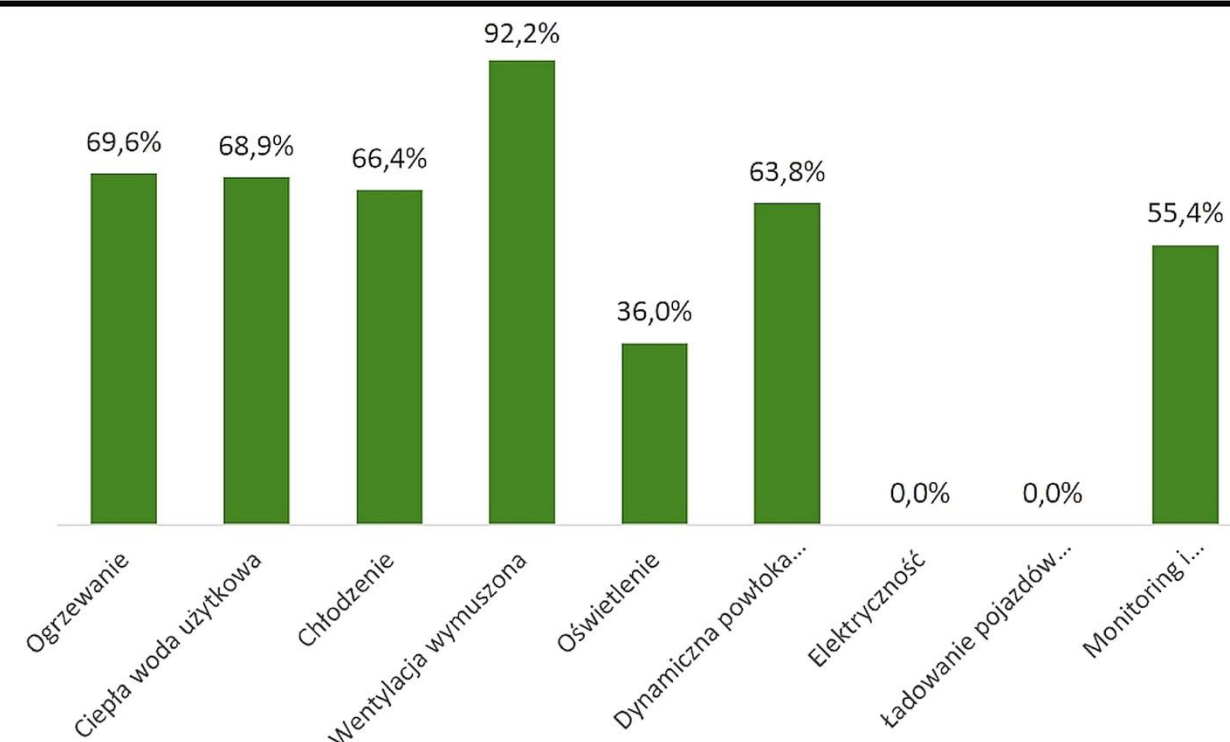
Poziomy spełnienia wymagań EPBD



Poziomy nasycenia domen inteligencją

POZIOM NASYCENIA DOMEN INTELIGENTNYMI ROZWIĄZANIAM

Ogrzewanie	69,6%
Ciepła woda użytkowa	68,9%
Chłodzenie	66,4%
Wentylacja wymuszona	92,2%
Oświetlenie	36,0%
Dynamiczna powłoka budynku	63,8%
Elektryczność	0,0%
Ładowanie pojazdów elektrycznych	0,0%
Monitoring i sterowanie	55,4%



Oddziaływanie domen na właściwości budynku, Kluczowe funkcjonalności

WYNIKI SZCZEGÓŁOWE		ODDZIAŁYWANIE DOMEN NA POSZCZEGÓLNE WYMAGANE WŁAŚCIWOŚCI BUDYNKU						
		Efektywność energetyczna	Elastyczność energetyczna i magazyny energii	Komfort	Wygoda	Zdrowie, samopoczucie i dostępność	Obsługa i predykcja usterek	Informacje dla użytkownika
Ogrzewanie		90,5%	27,3%	83,3%	81,8%	80,0%	100,0%	100,0%
Ciepła woda użytkowa		90,9%	63,6%	0,0%	85,7%	0,0%	50,0%	66,7%
Chłodzenie		88,9%	27,3%	71,4%	71,4%	66,7%	100,0%	100,0%
Wentylacja wymuszona		77,1%	0,0%	95,0%	93,8%	94,4%	100,0%	100,0%
Oświetlenie		50,0%	0,0%	40,0%	40,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Dynamiczna powłoka budynku		100,0%	0,0%	60,0%	66,7%	50,0%	50,0%	33,3%
Elektryczność		0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Ładowanie pojazdów elektrycznych		0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Monitoring i sterowanie		62,5%	11,1%	100,0%	64,7%	100,0%	81,8%	66,7%

WYNIKI ZAGREGOWANE	
Kluczowe funkcjonalności 1 - Budynek	86,0%
Kluczowe funkcjonalności 2 - Użytkownik	74,3%
Kluczowe funkcjonalności 3 - Zasilanie	30,2%

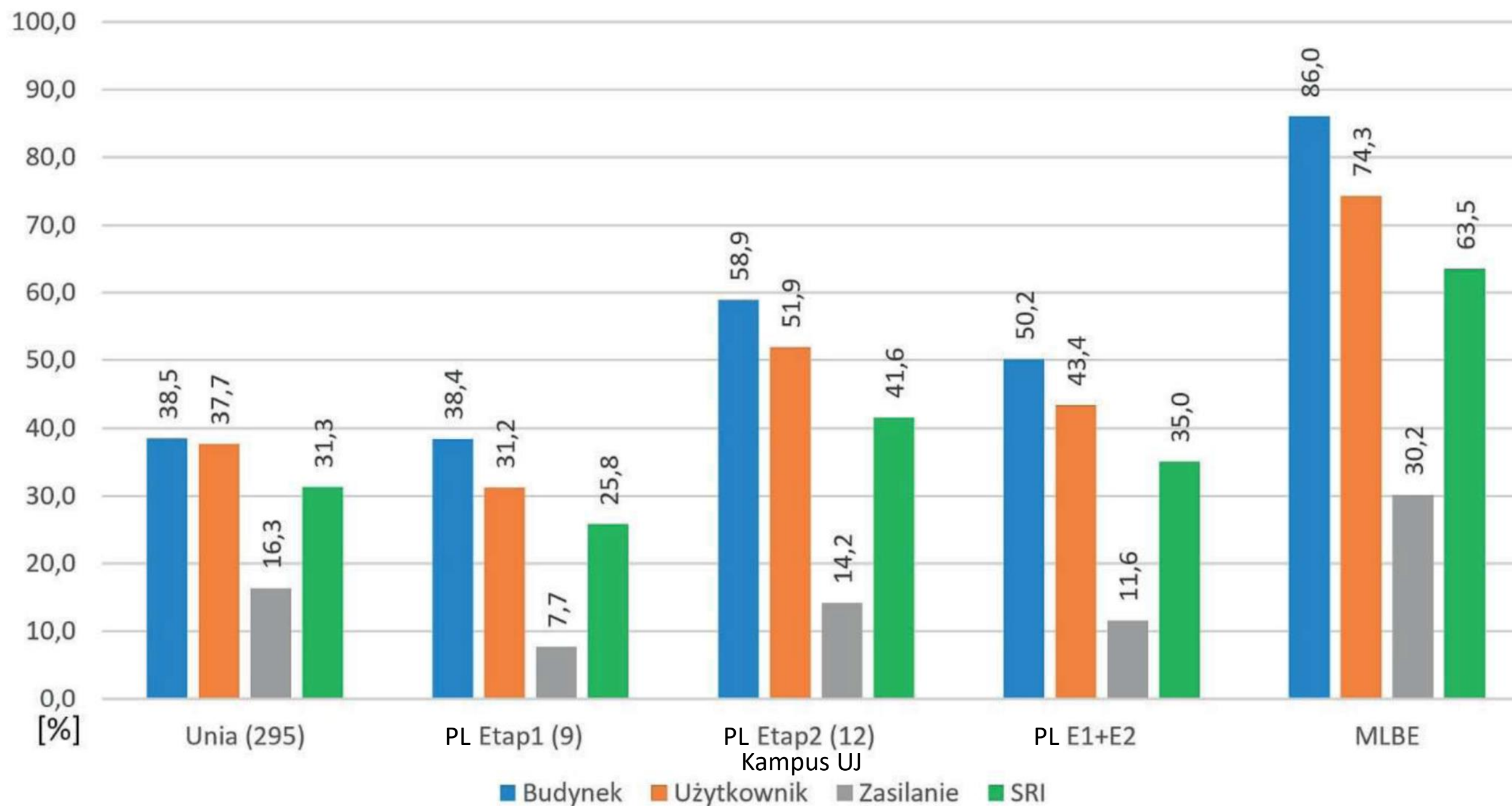
$$SRI = (86,0\% + 74,3\% + 30,2\%)/3 = 63,5\%$$

Wyniki ewaluacji SRI budynku MLBE

Podsumowanie

Poz.	Kluczowe funkcjonalności (właściwości)	Kryterium wpływu	Wymagane właściwości budynku wg EPBD	Stopień spełnienia przez MLBE [%]	Stopień spełnienia w grupach kluczowych funkcjonalności [%]
1	BUDYNEK Działanie budynku	Efektywność energetyczna	Oszczędzanie wszelkich form energii i mediów w celu ograniczenia zapotrzebowania na energię i ograniczenia emisji gazów cieplarnianych	84,4	86,0
2		Obsługa i predykcja usterek	Pewność działania instalacji technicznych i zapobieganie awariom przez prognozowanie wystąpienia uszkodzeń	88,7	
3	UŻYTKOWNIK Potrzeby użytkowników	Komfort	Zapewnienie komfortu według zapotrzebowania	77,8	74,3
4		Wygoda	Zapewnienie wygody użytkowania	71,2	
5		Zdrowie i dobre samopoczucie	Zapewnienie dobrych warunków zdrowotnych i dobrego samopoczucia	74,1	
6		Informacje dla użytkownika	Informacje umożliwiające użytkownikowi podejmowanie świadomych decyzji dotyczących kosztów użytkowania i komfortu	74,0	
7	ZASILANIE Elastyczność energetyczna	Elastyczność energetyczna i magazyny energii	Elastyczność i reaktywność w zakresie zasilania w energię, zdolność do magazynowania energii, zdolność generacji i dostarczania energii, zdolność ograniczania zużycia	30,2	30,2

Wyniki MLBE na tle wyników pierwszego i drugiego etapu testów w Polsce



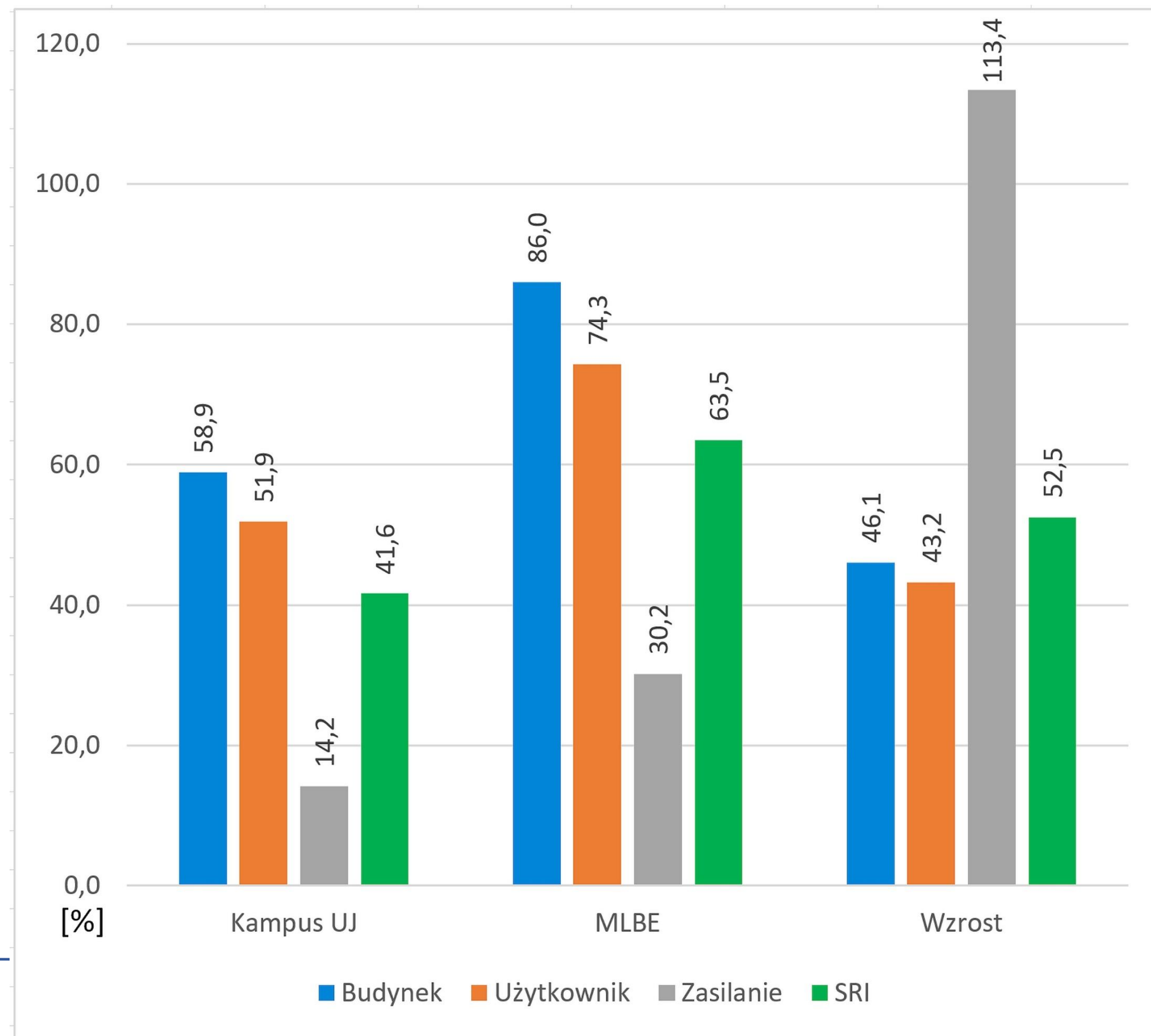
Podsumowanie i wnioski

1. Systemy automatyki i sterowania instalacji technicznych budynku MLBE zostały zaprojektowane i wykonane zgodnie ze sprawdzonymi paradygmatami inteligentnych budynków zastosowanymi w obiektach Kampusu 600-lecia Odnowienia Uniwersytetu Jagiellońskiego.
2. Wyniki ewaluacji budynku MLBE w wyraźny sposób odbiegają od wyników średnich obiektów Kampusu UJ.
3. Swój ogólny wysoki wynik SRI budynek MLBE zawdzięcza dwóm czynnikom:
 - a. pełnej gamie usług w każdej zastosowanej domenie (instalacji branżowej) oraz
 - b. bardzo wysokim poziomom funkcjonalności tych usług.

Większość usług w budynku jest na najwyższym, czwartym poziomie, co oznacza, że realizują one lokalne sterowanie emisją energii w zależności od zapotrzebowania. Gwarantuje to wysoką efektywność energetyczną, dużą pewność działania instalacji technicznych budynku oraz wysoki poziom zaspokojenia potrzeb użytkowników.

4. Dodatkowym czynnikiem, który odróżnia budynek MLBE od budynków Kampusu jest zastosowanie wielowariantowej instalacji źródeł ciepła i chłodu z wykorzystaniem odnawialnych źródeł energii. To właśnie ten czynnik powoduje wzrost wartości końcowej SRI i składników Budynek, Użytkownik i Zasilanie, co jest przedstawione na następnym slajdzie.
5. Otrzymane wyniki są kolejnym potwierdzeniem, że metodyka ewaluacji spełnia swoje zadania.

Wzrost wskaźników MLBE w odniesieniu do wartości średnich wskaźników Kampusu UJ



Syntetyczne charakterystyki budynków ilustrują przyczyny wzrostu wskaźników

Budynek typowy Kampus UI SRI 43%								
Ogrzewanie	CWU	Chłodzenie	Wentylacja	Oświetlenie	DPB	Elektryczność	Ładow. EV	BMS
Lokalne sterowanie emisją ciepła w pomieszczeniach	Ładowanie zasob. Grzałki elektrycz. Pompy ciepła	Lokalne sterow. emisją chłodu w pomieszczeniach	Lokalne sterowanie przepływem powietrza w pom.	Sterowanie włącz/wyłącz od zajętości	Ostony przeciwsłoneczne	Lokalne wytwarzanie energii elektrycz.	Pojemność - ile stacji ładowania	Zarządzanie czasem pracy HVAC
Emisja ciepła przez TABS	Ładowanie zasobników wodą grzewczą	Emisja chłodu przez TABS	Sterowanie przepł. pow. na poziomie centrali	Jw. + sterowanie poziomem natężenia ośw.	Otwieranie/zamykanie okien	Lokalne magazynowanie energii elektrycz.	Bilansowanie ładowania z siecią zasilającą	Wykrywanie usterek i diagnostyka
Lokalne sterowanie temperaturą medium grzewczego	Ładowanie zasobników: kolektory słoneczne, inne	Lokalne sterow. temp. medium	Zapobieganie przegrzewowi przy odzysku ciepła		Informacje dla użytkownika	Optymalizacja autokonsumpcji własnej en. elektr.	Informacje dla użytkownika	Lokalne sterowanie emisją energii zależne od zajętości
Sterowanie pompami dystrybuc. medium grzewczego	Sekwencjonowanie źródeł ciepła	Sterow. pompami dystrybucyjnymi wody lodowej	Ster. temperaturą nawiewu na poziomie centrali			Zintegrowane instalacje CHP		Raportowanie wydajności TBS i zużycia energii
Magazyn TES energii cieplnej wody grzewczej	Informacje dla użytkownika	Blokada równocz. grzania i chłodz. w pomieszczeniu	Chłodzenie bierne (Free cooling)			Zastosowanie Demand-Side Management		Integracja z inteligentnymi sieciami zasilającymi
Sterowanie źródłem ciepła (bez pomp ciepła)		Magazyn wody lodowej	Informacje dla użytkownika			Raportowanie dot. lokalnych mag. ener. elektr.		Raportowanie efektywności działania DSM
Sterowanie pompami ciepła		Sterowanie źródłami chłodu				Raportowanie zużycia en. elektr.		Możliwość wyłączenia działania DSM
Sekwencjonowanie źródeł ciepła		Sekwencjonow. źródeł chłodu						Platforma informat. do TBM
Informacje dla użytkownika		Informacje dla użytkownika						
Elastyczność i współdziałanie z el. siecią zasilającą		Elastyczność i współdziałanie z el. siecią zasil.						
Poziom funkcjonalności usługi	Brak domen	Brak usługi	0	1	2	3	4	

Budynek MLBE								
Ogrzewanie	CWU	Chłodzenie	Wentylacja	Oświetlenie	DPB	Elektryczność	Ładow. EV	BMS
Lokalne sterowanie emisją ciepła w pomieszczeniach	Ładowanie zasob. Grzałki elektrycz. Pompy ciepła	Lokalne sterow. emisją chłodu w pomieszczeniach	Lokalne sterowanie przepływem powietrza w pom.	Sterowanie włącz/wyłącz od zajętości	Ostony przeciwsłoneczne	Lokalne wytwarzanie energii elektrycz.	Pojemność - ile stacji ładowania	Zarządzanie czasem pracy HVAC
Emisja ciepła przez TABS	Ładowanie zasobników wodą grzewczą	Emisja chłodu przez TABS	Sterowanie przepł. pow. na poziomie centrali	Jw. + sterowanie poziomem natężenia ośw.	Otwieranie/zamykanie okien	Lokalne magazynowanie energii elektrycz.	Bilansowanie ładowania z siecią zasilającą	Wykrywanie usterek i diagnostyka
Lokalne sterowanie temperaturą medium grzewczego	Ładowanie zasobników: kolektory słoneczne, inne	Lokalne sterow. temp. medium	Zapobieganie przegrzewowi przy odzysku ciepła		Informacje dla użytkownika	Optymalizacja autokonsumpcji własnej en. elektr.	Informacje dla użytkownika	Lokalne sterowanie emisją energii zależne od zajętości
Sterowanie pompami dystrybuc. medium grzewczego	Sekwencjonow. źródeł ciepła	Sterow. pompami dystrybucyjnymi wody lodowej	Ster. temperaturą nawiewu na poziomie centrali			Zintegrowane instalacje CHP		Raportowanie wydajności TBS i zużycia energii
Magazyn TES energii cieplnej wody grzewczej	Informacje dla użytkownika	Blokada równocz. grzania i chłodz. w pomieszczeniu	Chłodzenie bierne (Free cooling)			Zastosowanie Demand-Side Management		Integracja z inteligentnymi sieciami zasilającymi
Sterowanie źródłem ciepła (bez pomp ciepła)		Magazyn wody lodowej	Informacje dla użytkownika			Raportowanie dot. lokalnych mag. ener. elektr.		Raportowanie efektywności działania DSM
Sterowanie pompami ciepła		Sterowanie źródłami chłodu				Raportowanie zużycia en. elektr.		Możliwość wyłączenia działania DSM
Sekwencjonowanie źródeł ciepła		Sekwencjonow. źródeł chłodu						Platforma informat. do TBM
Informacje dla użytkownika		Informacje dla użytkownika						
Elastyczność i współdziałanie z el. siecią zasilającą		Elastyczność i współdziałanie z el. siecią zasil.						
Poziom funkcjonalności usługi	Brak domen	Brak usługi	0	1	2	3	4	

Typowy budynek Kampusu SRI = 43,0%

Budynek MLBE SRI = 63,5%

W budynku MLBE można zaobserwować najwyższe poziomy funkcjonalności wielu usług oraz więcej usług w domenach Ogrzewanie, CWU, Chłodzenie i Wentylacja. Wynika to z różnorodności źródeł energii, bazujących na pompach ciepła (OZE).

Dziękuję za uwagę

Pytania?

Paweł Kwasnowski
kwasn@agh.edu.pl



Seminarium #5 projektu OTE

Wykład #8 cyklu Konteksty transformacji energetycznej



**DOFINANSOWANO
ZE ŚRODKÓW BUDŻETU PAŃSTWA**

**SPOŁECZNY I GOSPODARCZY ROZWÓJ POLSKI W WARUNKACH
GLOBALIZUJĄCYCH SIĘ RYNKÓW
GOSPOSTRATEG**

Obserwatorium Transformacji Energetycznej jako instrument wspierania
społeczno-gospodarczego rozwoju Polski (OTE)

DOFINANSOWANIE
7 719 705 PLN
CAŁKOWITA WARTOŚĆ
7 881 705 PLN



**Projekt współfinansowany przez Narodowe Centrum Badań
i Rozwoju w ramach programu badań naukowych i prac
rozwojowych "Społeczny i gospodarczy rozwój Polski
w warunkach globalizujących się rynków" GOSPOSTRATEG**

Wniosek GOSPOSTRATEG.IX-000D_22
Wartość projektu: 7 881 705 PLN
Wartość dofinansowania: 7 719 705 PLN