



WOJEWÓDZKI FUNDUSZ  
OCHRONY ŚRODOWISKA  
I GOSPODARKI WODNEJ  
W GDAŃSKU



Ministerstwo  
Klimatu i Środowiska



Narodowy Fundusz  
Ochrony Środowiska  
i Gospodarki Wodnej

DOFINANSOWANE ZE ŚRODKÓW WOJEWÓDZKIEGO FUNDUSZU OCHRONY ŚRODOWISKA I GOSPODARKI WODNEJ  
W GDAŃSKU ORAZ NARODOWEGO FUNDUSZU OCHRONY ŚRODOWISKA I GOSPODARKI WODNEJ

## Systemy monitoringu i sterowania zużyciem energii w budynku

Grzegorz Mizera

### Wprowadzenie

Nasze (europejskie, polskie) domy i biura wykorzystują około 40% energii końcowej i przyczyniają się do 36% emisji CO<sub>2</sub>. Energia ta jest wykorzystana głównie do ogrzewania pomieszczeń i klimatyzacji (ok. 70 – 72 %) i przygotowania ciepłej wody użytkowej (ok. 14, 15%). Pozostałe zapotrzebowanie to gotowanie, oświetlenie i zasilanie wszelkiego typu sprzętu domowego - patrz Tabela 1.

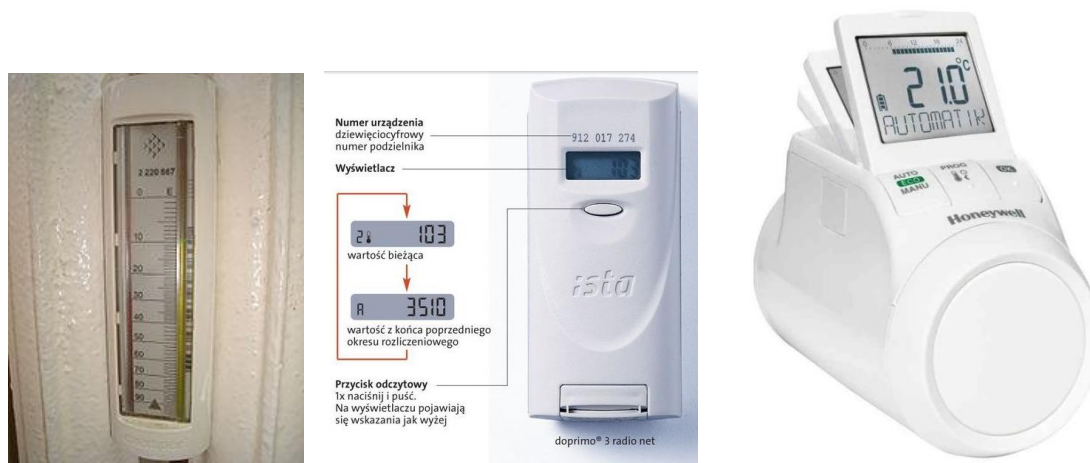
Tabela 1 Użytkowanie energii w budynkach. [5]

Lp.	Cele użytkowania energii	Udział w zużyciu energii w budynku [%]	
		UE	Polska
1	Ogrzewanie i wentylacja	70	71,5
2	Przygotowanie ciepłej wody użytkowej	14	15,1
3	Gotowanie	4	6,6
4	Oświetlenie	12	2,3
5	Urządzenia elektryczne		4,5

Ograniczenie zużycia wymaga wprowadzenia systemów, monitoringu i sterowania zużyciem energii. W czasach „słusznie minionych” koszty ogrzewania mieszkań w wielorodzinnych blokach rozliczano na zasadzie ogrzewanej powierzchni (cena jednostkowa razy powierzchnia mieszkania). System ten powodował, że indywidualny użytkownik nie odczuwał związku pomiędzy oszczędnym gospodarowaniem „ciepłem” a płaconymi rachunkami. Klimatyzacja i regulacja temperatury w pomieszczeniach odbywała się często metodą ‘otwierania okien’. Nie dotykano zaworów przy grzejnikach bo to groziło pojawieniem się nieszczelności? Mówiono - „Są niskiej jakości i ciekną na dławnicach”. Jednak zastosowanie podzielników ciepła nowej generacji – liczników ciepła wraz z wymianą starych zaworów grzejnikowych na tzw. zawory termostatyczne (rys. 1) spowodowało ponad 15% oszczędność energii cieplnej jak twierdzą zainteresowani oraz podniosło komfort temperaturowy w pomieszczeniach. Były to pierwsze praktyczne rozwiązania stosowane do regulacji zużycia energii cieplnej w pomieszczeniach budynków.

Zatwierdzony przez Unię Europejską oraz Rząd Polski program oszczędzania energii (11,7% do roku 2030 w r.) motywowany jest bardziej efektywnym wykorzystaniem oraz oszczędzaniem energii – zarówno ze względu na próby ograniczenia emisji jak i reakcją na agresywne działania „sąsiada ze wschodu”. Jednocześnie z drugiej strony planowane są działania w celu maksymalizacji pozyskania energii ze źródeł odnawialnych (OZE) – wzrost o 36% w 2030r. Finalnie, w roku 2050 Europa jako całość, ma osiągnąć neutralność klimatyczną (zerowy przyrost koncentracji CO<sub>2</sub> w atmosferze) przy znacznie zmniejszonej produkcji energii pozyskiwanej z paliw kopalnianych.

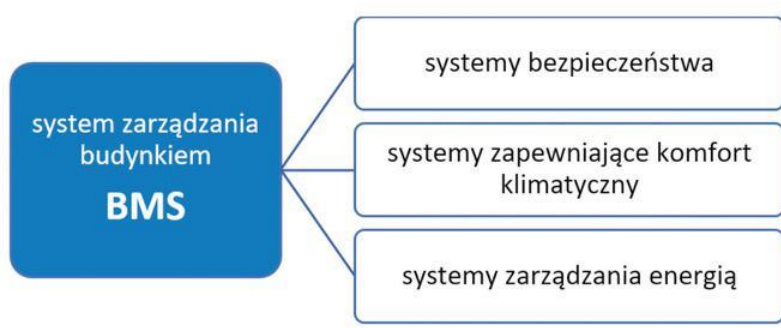
Aby osiągnąć ten cel, najekonomiczniej i najprościej jest podjęcie działań mających na celu oszczędzanie energii. Dlatego obniżanie temperatury pomieszczeń i wyłączenie wentylacji w których nikt nie przebywa przez dłuższy czas oraz wyłączenie oświetlenia i innych urządzeń gdy nie są one potrzebne, daje wymierne korzyści. Oczywiście oszczędzanie energii w ten sposób nie powinno się odbywać kosztem komfortu ludzi pracujących/przebywających w tych pomieszczeniach. W tym też celu aby uwolnić właścicieli i użytkowników pomieszczeń od śledzenia sposobu wykorzystania energii i podejmowania decyzji co do sposobu ich wykorzystania zastosowano układy monitorowania i sterowania funkcjonowaniem wszystkich domowych instalacji energetycznych i dostarczanych mediami - Building Management System (BMS). Jest to system automatyki budynkowej umożliwiający monitorowanie i zarządzanie wszystkimi urządzeniami i systemami znajdującymi się w budynku. Ich celem jest przekształcanie domu w tzw. SMART HOUSE tłumaczony jako Inteligentny dom.



Rys.1. Podzielnik ciepła, licznik ciepła i zawór termostaticzny. [6]

## 2. Jak zaplanować system BMS w budynku?

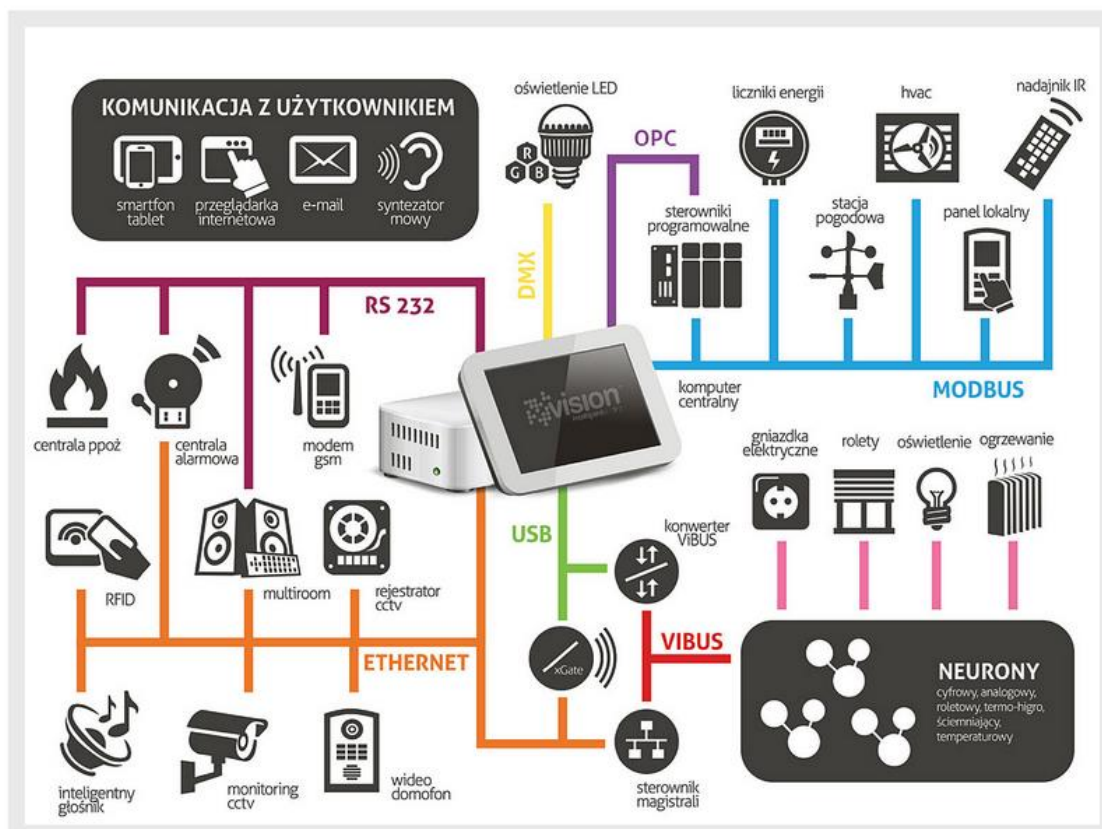
Systemy BMS obejmują funkcje związane z zarządzaniem zużycia energii, bezpieczeństwem oraz komfortem klimatycznym pomieszczeń w budynku (rys. 2). Systemy zarządzania energią mogą obejmować układy monitoringu zużycia energii i mediów, zarządzania i optymalizacji procesów wytwarzania, dystrybucji i wykorzystania energii i mediów, zarządzania poborem mocy i energii elektrycznej oraz zasilania gwarantowanego. System bezpieczeństwa obejmuje kontrolę dostępu, sygnalizację pożaru, włamania i napadu oraz układy monitoringu, detekcji gazów, ochrony przed zalaniem itp. Systemy zapewniające komfort klimatyczny obejmują sterowanie ogrzewaniem/chłodzeniem, wentylacją, kontrolę jakości powietrza oraz sterowanie oświetleniem.



Rys. 2. Obszary systemu zarządzania budynkiem [1]

Planując system sterowania i automatyki w budynku, należy pamiętać, że w celu realizacji wybranych funkcji wymaga on elementów technologicznych o odpowiednich właściwościach, tzn.

umożliwiających sterowanie, czyli wyposażonych we właściwe urządzenia, zawory, etc. sterowane zdalnie. Ponadto, decydując się na system oparty o rozwiązania przewodowe, należy zwrócić uwagę na maks. dopuszczalną długość magistrali, liczbę urządzeń, które mogą być obsługiwane oraz zasilane przez jeden zasilacz, a także maks. odległość między zasilaczem a najdalszym urządzeniem. Inną opcją są rozwiązania bezprzewodowe (radiowe) m.in. bazujące na takich standardach, jak: Wi-Fi, ZigBee, EnOcean czy Z-Wave. Podstawową ich zaletą jest elastyczność w instalacji urządzeń (dalszą rozbudowę systemu). Z rozwiązaniem tym wiążą się jednak pewne ograniczenia, np. zasięg komunikacji.



Rys. 3. Proponowany obszar sterowania pracą instalacji znajdujących się w budynku jak również czynności dodatkowych. [7]

Sercem i mózgiem systemu jest jednostka centralna (microserver), który steruje automatyką całego budynku. Microserver wykonuje większość zadań z zakresu oszczędzania energii, komfortu i bezpieczeństwa. Posiada on wejścia cyfrowe oraz przystosowane do prądów 250VAC (prądu zmiennego) i 24 VDC (prądu stałego), wejścia analogowe 0-10 V oraz Interfejsy Link, Tree, LAN, etc.

Poszczególne urządzenia automatyki budynków mogą się komunikować ze sobą za pomocą różnych nośników transmisji. Na poziomie wykonawczym poszczególne podsystemy korzystają z własnych protokołów komunikacji (takich jak ModBus, etc.). Na poziomie automatyzacji następuje integracja systemowa i sprzętowa, co umożliwia wzajemną komunikację urządzeń. W efekcie następuje racjonalne wykorzystywanie energii przy jednoczesnym podnoszeniu komfortu i ułatwianiu racjonalnego korzystania z energii występującej pod różnymi postaciami. Okazało się, że rozwiązania te mogą dodatkowo spełniać rolę monitorowania zużycia energii w czasie rzeczywistym, spełniać rolę kontrolną, wykrywać awarie i powiadamiać automatycznie odpowiednie służby. Przykładowy zakres czynności jaki można powierzyć takiemu systemowi zarządzania energią w budynku przedstawia rys. 3.

### **3. Systemy zarządzania energią**

System monitoringu zużycia energii i mediów – zapewnia użytkownikom dostęp do informacji o obecnym, historycznym oraz prognozowanym zużyciu energii elektrycznej i ciepłej, wody czy gazu. Dzięki temu zwiększa się świadomość o rzeczywistym zużyciu oraz możliwe staje się identyfikowanie obszarów potencjalnych oszczędności oraz eksploatacja urządzeń w bardziej racjonalny sposób. Informacja może być wykorzystana jako benchmark dla ewentualnego wykrycia sytuacji awaryjnych.

System zarządzania i optymalizacji dystrybucji oraz zużycia energii i mediów – nadzoruje pracę i stan źródeł ciepła oraz chłodu budynku (np. kotłów gazowych, agregatów chłodniczych, pomp ciepła, układów kogeneracyjnych), a także lokalnych systemów ogrzewania i chłodzenia. Wytworzona energia może być rozprowadzana do poszczególnych pomieszczeń budynku według zapotrzebowania (zgodnie z zadaną temperaturą) w celu ich ogrzania bądź schłodzenia (również automatycznie dostosowywana zgodnie z założonym harmonogramem, np. zmniejszana w godzinach nocnych lub podczas nieobecności użytkowników). Oświetlenie może być sterowane automatycznie – wyłączane lub przyciemniane w przypadku nieobecności użytkowników lub wystarczającej ilości światła naturalnego. System może także nadzorować pracę układu wentylacji i regulować ilość świeżego powietrza w zależności od potrzeb (np. podczas nieobecności użytkowników obniżenie jej do niezbędnego minimum). Możliwy jest także odzysk ciepła zimą i chłodu latem ze zużytego powietrza (za pośrednictwem odpowiedniego rekuperatora), lub częściowa recyrkulacja na podstawie pomiaru jego jakości. W okresie letnim może być także realizowane przewietrzanie nocne, które pozwala na akumulację chłodu w konstrukcji budynku. Rolety i żaluzje mogą być samoczynnie pozycjonowane, aby ograniczyć przegrzewanie budynku w lecie oraz w celu jego dogrzewania energią słońca lub minimalizacji ucieczki ciepła przez okna w zimie. Skoordynowane sterowanie pozwala na uzyskanie najwyższej możliwej efektywności energetycznej budynku.

System zarządzania poborem mocy i energii elektrycznej – nadzoruje pracę urządzeń, które mogą być włączane z opóźnieniem (w godzinach nocnych) w celu obniżenia opłat za energię elektryczną lub maksymalnego wykorzystania energii pochodzącej ze źródeł odnawialnych (paneli fotowoltaicznych, kolektorów słonecznych, elektrowni wiatrowych);

System zasilania gwarantowanego – zapewnia niezależność od dostaw energii elektrycznej z zewnątrz. W budynkach mieszkalnych najczęściej energii pochtaniają układy ogrzewania, wentylacji i klimatyzacji. Zastosowanie podstawowych sposobów sterowania obniża ich energochłonność o przeszło 5%, natomiast zastosowanie zaawansowanych funkcji monitoringu i sterowania w ramach systemu zarządzania budynkiem – nawet o 40%. Dzięki temu możliwe jest znaczne ograniczenie kosztów utrzymania budynku, a także jego oddziaływania na środowisko naturalne. Szczegółowe funkcje systemów BMS, wraz z klasyfikacją ich wpływu na energooszczędność budynku, przedstawiono w normie PN-EN 15232-1:2017.

Rozwijane systemy BMS (m.in. przez firmę Solwena) umożliwiają uwzględnienie prognoz pogody (m.in. nasłonecznienia) oraz cen (taryf) energii aby lepiej, pod względem ekonomicznym, sterować procesami magazynowania energii i chłodu

### **4. Systemy zapewniające komfort klimatyczny**

Sterowanie ogrzewaniem/chłodzeniem zapewnia dostosowanie temperatury w poszczególnych pomieszczeniach dla zapewnienia komfortu cieplnego użytkowników; w tym celu mogą być wykorzystywane systemy wentylacji lub lokalne systemy grzewcze i/lub chłodnicze. Ustawienia

temperatury mogą być inne dla każdego pomieszczenia, a w celu ograniczenia ich przegrzewania w lecie rolety lub żaluzje mogą zostać automatycznie opuszczone.

System zapewnia kontrolę jakości powietrza poprzez badanie jego jakości (np. zawartość dwutlenku węgla) w celu sterowania wydajnością wentylacji.

Sterowanie wentylacją – zarządzanie pracą centrali wentylacyjnej dystrybuującej świeże powietrze do pomieszczeń. Ilość nawiewanego powietrza może być automatycznie podnoszona w celu przewietrzenia. Sterowanie może także obejmować wstępne przygotowanie temperatury powietrza za pomocą nagrzewnicy, chłodnicy lub gruntowego powietrznego wymiennika ciepła, a także jego nawilżanie lub osuszenie. Wentylacja pomieszczeń może się także odbywać przez tzw. naturalne przewietrzanie, realizowane przez otwarcie okien (za pomocą siłowników) – w przypadku wykrycia przez stację pogodową opadów deszczu lub zbyt silnego wiatru okna zostaną automatycznie zamknięte.

Sterowanie oświetleniem to zarządzanie oświetleniem wewnątrz i otoczenia budynku, w tym jego automatyczne włączanie i wyłączenie oraz regulacja jasności lub barwy światła według potrzeb użytkowników bądź zależnie od ilości światła dziennego.

## **5. Przykłady wdrożenia BMS**

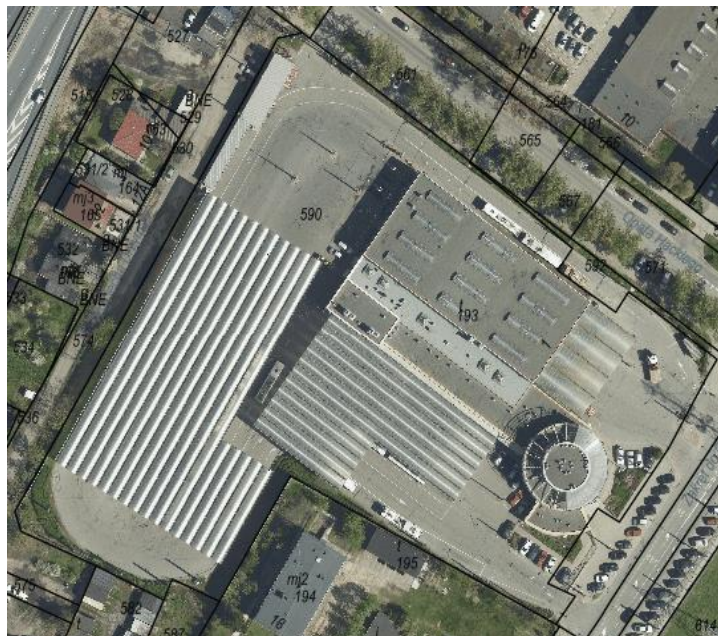
### **PKT Gdynia**

W ramach prac Projektu ActNOW! (w programie BSR) PKT Gdynia zaimplementował układ zarządzania energią w budynku Zajezdni trolejbusowej w Gdyni, w skład której wchodzi budynek administracyjny i warsztatowy o powierzchni użytkowej 3737,25 m<sup>2</sup>. Działania dotyczyły zarządzania 13% energii całkowitej – energia zużywana w zajezdni trolejbusowej [2]. Pod uwagę wzięto następujące instalacje w budynku:

- Instalacja grzewcza i wentylacji mechanicznej: ogrzewanie, wentylacja, ciepła woda użytkowa.
- Instalacja elektryczna: obsługa napraw i przeglądów pojazdów, dla funkcjonowania stanowisk administracyjnych przedsiębiorstwa, oświetlenie w budynku, oświetlenie placów postojowych,
- Instalacja grzewcza na olej opałowy: kabina lakierniczo-susząca
- Instalacja wodno-kanalizacyjna
- Instalacja telekomunikacyjna

Zaimplementowany system monitoringu i zarządzania energią w budynku PKT pozwala na zbieranie i archiwizowanie danych dotyczących:

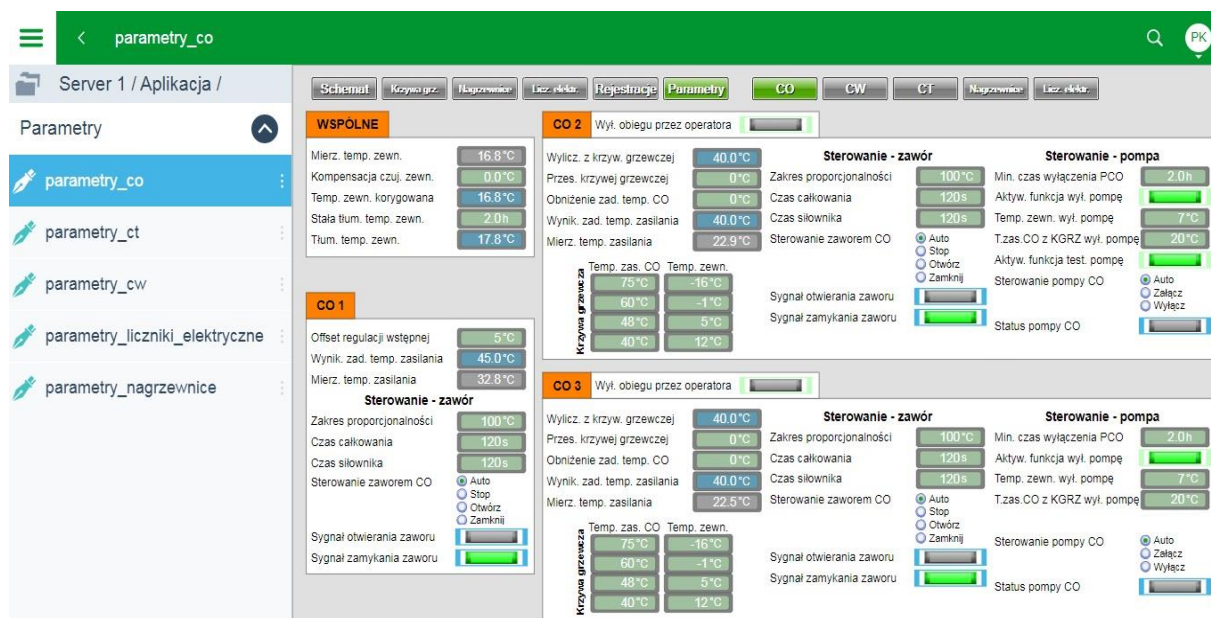
- Parametrów zbieranych w tym samym czasie, takich jak:
  - temperatura zewnętrzna,
  - temperatura wewnętrzna w danych strefach budynku,
  - wybrane temperatury w instalacji c.w.u. i c.o.
  - bieżące zużycie energii cieplnej,
- Ilości zużytej energii cieplnej poszczególnych elementów instalacji,
- Ilości zużytej energii elektrycznej między innymi:
  - w urządzeniach instalacji ogrzewania budynku,
  - w reprezentatywnych obwodach oświetleniowych (biura, hala warsztatów, korytarze)



Rys. 4. Fotografia zajezdni oraz struktura użytkowania energii, w tym paliw. Źródło: Woronowicz [2]



Rys. 5. Główny panel zarządzania. Źródło: Woronowicz [2]



Rys. 6. Regulacja krzywych grzewczych. Źródło: Woronowicz [2]

### Efekty i korzyści wynikające z zainstalowania systemu do pomiaru i sterowania energią w PKT Gdynia:

- Zwiększenie wiedzy dotyczącej zużycia energii w poszczególnych częściach budynku poprzez zebranie danych cząstkowych;
- Możliwość analizy zebranych danych pod kątem wypracowania optymalnych ustawień instalacji (połączenie ekologii, ekonomii i komfortu) celem uzyskania oszczędności zużycia energii (spodziewane oszczędności w sezonie grzewczym to ok. 20%-30%);
- Większa elastyczność w załączaniu węzła ciepłego (odejście od standardowego włączania ogrzewania przy temperaturze zewnętrznej poniżej 16 stopni – możliwość włączania ogrzewania w niektórych pomieszczeniach np. na 2 h celem utrzymania żądanej temperatury);

- Modernizacja poszczególnych elementów instalacji grzewczych i elektrycznych w budynku zajezdni (upgrading poprzez wymianę elementów takich jak np. nagrzewnice hali warsztatowej z przestarzałych niesterowalnych na nowe sterowalne, pozwalające się scalić w jeden wspólny system);
- Elastyczny system może być dalej rozwijany. W kolejnym kroku planowany było dodanie sterowania centralami wentylacyjnymi;
- Blokada nieuprawnionych zmian parametrów, np. temperatury w pomieszczeniach – zapobieganie niepożądanym stratom energii;
- Możliwość monitoringu i sterowania zużyciem energii z pozycji jednego stanowiska komputerowego (po raz pierwszy poszczególne odnogi zużycia energii w budynku spięte w jeden wspólny system).

### **Kompleksowa modernizacja energetyczna budynków użyteczności publicznej w Sopocie [3, 4]**

Projekt obejmował:



- głęboką termomodernizację 7 budynków;
  - modernizację oświetlenia wewnętrznego 25 budynków;
  - instalacje OZE: ogniwa fotowoltaiczne w 14 budynkach; instalacje solarne w 2 budynkach
  - wdrożenie Systemu Zarządzania Energią w 25 budynkach.

Zamontowany System Zarządzania Energią miał umożliwić **zdalny odczyt temperatury** w poszczególnych pomieszczeniach budynku, oraz **sterowanie instalacją w celu zapewnienia:**

- temperatur powyżej 20 °C w salach lekcyjnych
- 18 °C w Sali gimnastycznej
- 24 °C w toaletach
- 14 °C w godzinach pozalekcyjnych.

Rys. 7. Budynek podlegający termomodernizacji. Źródło: Brunn-Miętkiewicz [4].

Projekt realizowano w oparciu o model PPP w formule ESCO (finansowania projektu w oparciu o planowane oszczędności. Obowiązki Partnera Prywatnego określono następująco:

- obsługa wdrożonego Systemu Zarządzania Energią;
- wykonywanie konserwacji, remontów napraw systemów, węzłów ciepła, instalacji oraz innych urządzeń zainstalowanych przez Partnera Prywatnego oraz innych wskazanych przez Gminę, np. instalacji solarnych, instalacji fotowoltaicznych, wentylacji;
- wykonywanie pomiarów natężenia światła, udział w badaniach technicznych węzłów ciepła przy udziale dostawcy ciepła, badania techniczne;
- dokonywanie przeglądów gwarancyjnych, technicznych;
- dokonywanie weryfikacji umów na dostawę mediów w celu ich optymalizacji.

Planowano, że zużycie energii pierwotnej zmniejszy się o 3 mln kWh/rok, ciepła o ok. 49% oraz energii elektrycznej o ~ 64%. Emisje CO<sub>2</sub> powinny zmniejszyć się o ok. 771 ton/rok.



## 6. Zalety zintegrowanego systemu zarządzania budynkiem:

- Dostosowanie wszystkich systemów technicznych budynku do aktualnych potrzeb użytkowników.
- Możliwość idealnego sterowania instalacjami w budynku w oparciu o śledzenie i analizowanie monitorowanych parametrów.
- Zwiększenie bezpieczeństwa i komfortu użytkownika budynku (wcześniejsze wykrywanie potencjalnych zagrożeń i ich eliminowanie, wyłapywanie awarii i usterek obniżających komfort użytkownika).
- Obniżenie kosztów eksploatacji budynku – automatyczne sterowanie pozwala zmniejszyć zużycie energii i mediów.

### Literatura

1. Szczepan Moskwa, Mirosław Dechnik, 2023, BMS - system zarządzania budynkami. Na czym polega system automatyki BMS?; <https://obiektynomercyjne.muratorplus.pl/instalacje/bms-system-zarzadzania-budynkami-na-czym-polega-system-automatyki-bms-aa-w96W-ZJt3-Axkd.html> .
2. Marta Woronowicz, 2020, Raport PKT Gdynia w projekcie ActNow.
3. Mariusz Stawiński, 2020, Kompleksowa modernizacja energetyczna wraz z systemem zarządzania energią 25 budynków użyteczności publicznej zlokalizowanych na terenie miasta Sopotu.
4. Grażyna Brunn-Miętkiewicz, 2020, Kompleksowa modernizacja energetyczna budynków użyteczności publicznej w Sopocie
5. P. Lis, J. Piesyk. Zużycie energii i efektywność energetyczna budynku – charakterystyka i prognozy. Fizyka Budowli w Teorii i Praktyce, tom VIII, Ne 3 -2016
6. Lewy ) [https://pl.wikipedia.org/wiki/Podzielnik\\_koszt%C3%B3w](https://pl.wikipedia.org/wiki/Podzielnik_koszt%C3%B3w) Środkowy) <https://lsmomza.pl/podzielnik-radiowy-doprmo-3-radio-net-wszystko-co-warto-wiedziec-367>  
Prawy) [https://allegro.pl/oferta/glowica-termostaticzna-therapro-hr90ee-honeywell-8920870518?bi\\_s=ads&bi\\_m=showitem:desktop:top:active&bi\\_c=MTRhZDK0MDMtOTdlMy00YjdhLTgyNzEtZWJjN2U0ODc0ODNmAA&bi\\_t=ape&referrer=proxy&emission\\_unit\\_id=9696476e-2ff9-4a67-9b08-65fa0cebbadb](https://allegro.pl/oferta/glowica-termostaticzna-therapro-hr90ee-honeywell-8920870518?bi_s=ads&bi_m=showitem:desktop:top:active&bi_c=MTRhZDK0MDMtOTdlMy00YjdhLTgyNzEtZWJjN2U0ODc0ODNmAA&bi_t=ape&referrer=proxy&emission_unit_id=9696476e-2ff9-4a67-9b08-65fa0cebbadb)
7. <https://www.fachowelektryk.pl/katalog-produktow/inteligentny-budynek/1581-vision-bms-system-inteligentnego-budynku-otwarty-na-pomysly.html>