

# Nowoczesne instalacje w obiekcie o niskim zużyciu energii Przykład największego w Polsce budynku w standardzie NZEB

Modern installations in a building with low energy use  
The example of the largest building in Poland in NZEB standard

EWA FIGIEL, DOROTA LECIEJ-PIRCZEWSKA

DOI 10.36119/15.2019.11.2

Obecnie w Szczecinie powstaje kompleks usługowy POSEJDON – największy realizowany w Polsce obiekt o niskim zużyciu energii (NZEB – Nearly Zero-Energy Building). Już teraz spełnia on bardzo restrykcyjne normy w zakresie zużycia energii, które będą obowiązkowe dla wszystkich obiektów, które uzyskają pozwolenie na budowę po 1 stycznia 2021 r. Dzięki zastosowaniu nowoczesnych, proekologicznych rozwiązań cały kompleks zredukuje emisję CO<sub>2</sub> do atmosfery aż o ponad 70% w stosunku do takiego samego budynku zbudowanego w tradycyjnej technologii. Projekt obiektu został przedstawiony na 24. Konferencji Narodów Zjednoczonych w Sprawie Zmian Klimatu COP24 w Katowicach. Kompleks POSEJDON to wielofunkcyjny budynek składający się z nowoczesnej przestrzeni biurowej, centrum kongresowego, części handlowo-usługowej oraz dwóch hoteli.

W artykule przedstawiono zastosowane w obiekcie nowoczesne instalacje, wykorzystujące odnawialne źródła energii (energię promieniowania słonecznego oraz energię geotermalną). Budynek wyposażony jest w układ pozyskiwania energii dla potrzeb grzania i chłodzenia zrealizowany w oparciu o 48 pionowych wymienników gruntowych, umieszczonych w 300-metrowych odwiertach gruntowych znajdujących się pod płytą fundamentową. Ogrzewanie i chłodzenie przestrzeni biurowej zostanie zrealizowane za pomocą ponad 900 wysokosprawnych, inwertorowych pomp ciepła pracujących w układzie pętli wodnej (WLHP). Odwracalny obieg chłodniczy tych pomp pozwala na utrzymanie wymaganej temperatury w pomieszczeniu niezależnie od tego, czy wymaga ono w danym momencie grzania, czy też chłodzenia. Energia elektryczna niezbędna dla prawidłowego działania całego systemu będzie pozyskiwana przez 342 panele fotowoltaiczne umieszczone na dachu budynku. Rozwiązania zastosowane w „Posejdonie” można traktować jako zbiór dobrych praktyk w zakresie tworzenia budynków w standardzie NZEB.  
*Słowa kluczowe: budynki NZEB, nowoczesne instalacje, efektywność energetyczna, energia odnawialna*

In Szczecin a mixed-use complex “Posejdon” is being constructed. It will be the first NZEB (Nearly Zero – Energy Building) in Poland that meets the strict ecological standards that all buildings will have to meet after January 2021. Compared to a similar building constructed with traditional techniques, the building has significantly lower CO<sub>2</sub> emissions. The project was presented at the COP24 United Nations Climate Change Conference in Katowice. The “Posejdon” service complex consists of two hotels, modern offices and a small commercial section.

There are very interesting and modern installations in the complex, which are presented in the paper. The building uses a geothermal energy system for the needs of heating and cooling, which is composed of 48 vertical heat exchangers located in 300-metre long ground boreholes under the foundation slab, connected with over 900 highly efficient, inverter heat pumps. The decentralized system of heat pumps in such a big building is unique even in Europe. The electrical energy necessary for the operation of the entire system will be obtained from 342 photovoltaic panels located on the roof of the building. The renewable energy technologies implemented in the “Posejdon” building, serve as a reference to export management and design strategies to other NZEB with similar characteristics.  
*Key words: Nearly Zero Energy Buildings; modern building installations, energy efficiency; renewable energy*

## Wprowadzenie

Aby wesprzeć realizację globalnego

planu działań w obszarze klimatu, UE zaproponowała nowe cele na 2030 r. [1] w ramach podejmowanych wysiłków na

rzecz przejścia na gospodarkę niskoemisyjną i ograniczenia emisji gazów cieplarnianych o 80–95% w perspektywie do

dr inż. Ewa Figiel – Wydział Budownictwa i Architektury, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, e-mail:figiel@zut.edu.pl, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7034-371X>

dr inż. Dorota Leciej-Pirczewska – Wydział Budownictwa i Architektury, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, e-mail: dlp@zut.edu.pl, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-1676-1683>

2050 r. Środkiem do osiągnięcia tego zamierzenia jest między innymi dekarbonizacja zasobów budowlanych. W porównaniu do innych sektorów budownictwo jest uznawane za ten obszar, w którym osiągnięcie tego ambitnego celu uważane jest za stosunkowo łatwe do zrealizowania. Jednak mimo pierwszych znaczących sukcesów budownictwo w UE jest nadal jeszcze dalekie od osiągnięcia neutralnego dla środowiska bilansu emisji dwutlenku węgla. Wiadomym jest, że sposób w jaki budujemy i modernizujemy w chwili obecnej nasze budynki będzie miał wpływ na ich emisję nie tylko w tej ale i przyszłej połowie XXI wieku ze względu na stosunkowo dużą trwałość substancji budowlanej i jej wyposażenia technicznego. Z uwagi na to, prowadzi się intensywne badania nad innowacyjnymi rozwiązaniami technicznymi, które pomogą w zmniejszaniu śladu węglowego sektora budowlanego. Obok technologii wykorzystujących odnawialne źródła energii, promuje się i wdraża efektywność energetyczną oraz inteligentne budownictwo. Okazuje się, że automatyka budynków i elektroniczne monitorowanie systemów technicznych to niezwykle skuteczne środki do uzyskania znaczących oszczędności energii. Między innymi dlatego w dyrektywie EPBD [5] wprowadzono wskaźnik gotowości budynków do obsługi inteligentnych sieci. Jest to reakcja na postęp w rozwoju informatycznych systemów zarządzania budynkiem BMS (Building Management System) i BEMS (Building and Energy Management System). W roku 2010 r. wraz z nowelizacją dyrektywy 2002/91/WE Energy Performance in Buildings Directive (EPBD) [3,4] Unia Europejska wprowadziła jako cel "Nearly Zero – Energy Buildings" i wymaga wprowadzenia tego standardu budynku dla nowo wznoszonych obiektów od stycznia 2021 r. we wszystkich krajach członkowskich. Niemal zerowa lub bardzo niska ilość wymaganej energii powinna pochodzić w bardzo wysokim stopniu z energii ze źródeł odnawialnych, w tym energii ze źródeł odnawialnych wytwarzanej na miejscu lub w pobliżu budynku. Dla budynków użyteczności publicznej w Polsce zgodnie z obowiązującymi przepisami [6] oznacza to, że wartość wskaźnika zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną (EP) do ogrzewania, przygotowania ciepłej wody, chłodzenia, oświetlenia wbudowanego oraz przez urządzenia pomocnicze w tych systemach nie może przekroczyć 95 kWh/(m<sup>2</sup>rok) dla budynków bez systemu chłodzenia i 120 kWh/(m<sup>2</sup>rok) dla budynków z systemem chłodzenia. W artykule na przykładzie obiektu NZEB „Posejdon”

w Szczecinie poddanej renowacji i rozbudowie zawarto informacje dotyczące rozwiązań w zakresie wyposażenia technicznego, które umożliwiły osiągnięcie w warunkach polskich wymaganego niskiego poziomu zużycia nieodnawialnej energii pierwotnej. Można je traktować jako wskazówki pomocne w osiągnięciu standardu NZEB w innych obiektach o podobnym charakterze.

Rys.1.  
Widok na fasadę historycznej części budynku. Wizualizacja;  
autor: Federacyjne  
Biuro Architektoniczne



### Analizowany obiekt – dane ogólne

Kompleks usługowy „Posejdon” to obecnie największy realizowany w Polsce obiekt o niskim zużyciu energii (NZEB – Nearly Zero – Energy Building). Zlokalizowany jest on w ścisłym centrum miasta Szczecina przy jednej z głównych arterii miasta i stanowi połączenie istniejącego budynku dawnego Domu Towarowego z zupełnie nową dobudowaną do niego częścią, które razem będą jedną funkcjonalną całością. Istniejący budynek powstał 28 listopada 1928, a w roku następnym został oddany do użytku jako Dom Towarowy „DeFaKa” (Deutsches Familien-Kaufhaus). Mieściły się w nim sklepy, restauracje, kawiarnie, cukiernia, piwiarnia, bar nocny, ogród zimowy i kabaret, a jego główną atrakcją była ogromna sala kinowa „UFA Palast” mogąca pomieścić ponad 1200 widzów. Architektem obiektu był Max Bischoff. W czasie działań wojennych gmach DeFaKa uległ znacznym zniszczeniom – w gruzach legła wówczas część kompleksu z salą kinową, a znacznym zniszczeniom uległa również modernistyczna fasada. Po wojnie odbudowano zachowaną część budynku – jednakże w innych niż pierwotnie kształcie oraz w uboższej formie. W 1951 roku budynek został ponownie oddany do użytku już jako Powszechny Dom Towarowy i funkcjonował w tym charakterze do 2009 roku. Od 2015 roku właścicielem całego kwartału jest szczecińska firma Porto Sp.

z o.o., która w październiku 2016 r. uzyskała prawomocne pozwolenie na budowę. Ukończenie inwestycji jest planowane na koniec 2019 roku. Po przebudowie elewacja zachowanego do dzisiaj budynku odzyska dawny, modernistyczny wygląd, który będzie się komponował z nową częścią kompleksu (rys.1-2).

W kompleksie funkcjonować będzie biurowiec o powierzchni użytkowej niemal 20.000 m<sup>2</sup>, centrum kongresowe dla bli-

sko 1.000 osób oraz dwa hotele należące do sieci Marriott – Courtyard by Marriott i Moxy – które łącznie będą oferować 255 pokoi hotelowych. Na dwóch podziemnych kondygnacjach przewidziano miejsca parkingowe dla osób zmotoryzowanych i rowerzystów – strzeżony parking pomieści blisko 300 samochodów oraz 100 rowerów, a także zaoferuje co najmniej 10 miejsc do ładowania aut elektrycznych, myjnię samochodową oraz szatnie i prysznice dla rowerzystów. Na parterze budynku przewidziano część handlowo-usługową o powierzchni 4.600 m<sup>2</sup>. Na dachu budynku zostanie udostępniony taras widokowy ze skybarem (ok. 600 m<sup>2</sup>), z którego podziwiać będzie można panoramę Szczecina aż po Jezioro Dąbie i rozlewiszka Doliny Dolnej Odry. Całości dopełni ogólnodostępne patio położone na pierwszym piętrze części biurowej, gdzie powstanie wysoka na kilkanaście metrów pionowa ściana zieleni.

Ten kompleks będzie jednym z najnowocześniejszych obiektów w Polsce. Samodzielnie będzie produkować większość niezbędnego ciepła i chłodu. Wyposażony zostanie m.in. w nowoczesne instalacje HVAC oparte na technologii OZE, zasilane przez ogniwa fotowoltaiczne zlokalizowane na dachu budynku, system wykorzystania wody deszczowej w toaletach oraz urządzenia wyposażenia technicznego charakteryzujące się bardzo wysoką efektywnością energetyczną. Dzięki zastosowaniu nowoczesnych, proekologicznych



Rys. 2.  
Widok od strony  
ul. Partyzantów, Wizualizacja; autor: Federacyjne Biuro Architektoniczne

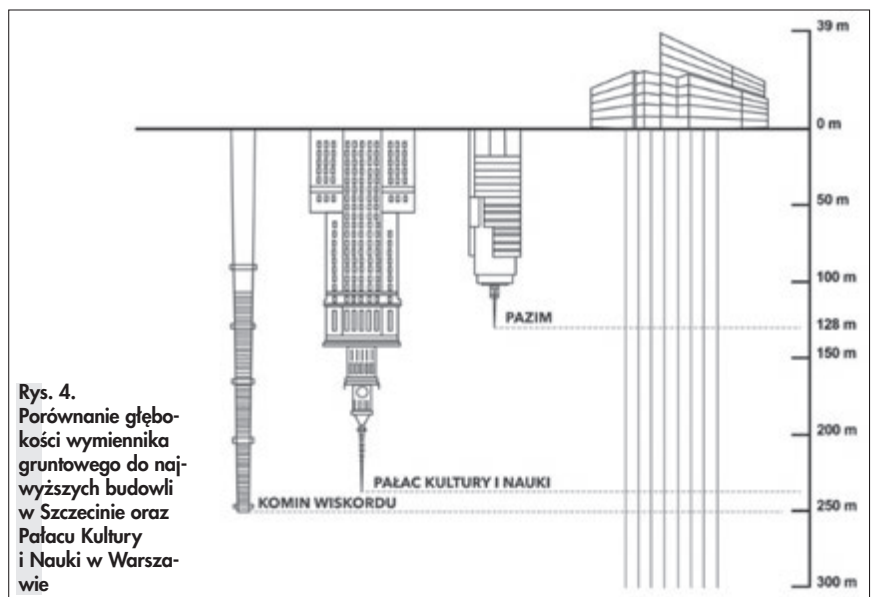
rozwiązań cały kompleks zredukuje emisję CO<sub>2</sub> do atmosfery aż o ponad 70% w stosunku do takiego samego budynku, ale zbudowanego w technologii tradycyjnej.

### Nowoczesne instalacje w kompleksie NZEB „Posejdon”

Pod budynkiem wykonano ogromny wymiennik gruntowy, dzięki któremu możliwe będzie pozyskiwanie energii z gruntu (rys.3-4). Wymiennik ten składa się z 48 pionowych odwiertów o głębokości 300 m każdy zlokalizowanych pod płytą fundamentową obiektu w obszarze garażu podziemnego. W każdym odwiercie znajduje się sonda podwójna. Na etapie projektu przyjęto średnią moc jednostkową sondy gruntowej 50 W/mb. Pionowe wymienniki gruntowe połączono ze studzienkami rozdzielaczowymi zlokalizowanymi pod płytą garażu. Od studzienek rozdzielaczowych instalacja rurowa została wprowadzona do pomieszczenia rozdzielni chłodu. Instalacja napełniona jest glikolem etylenowym o stężeniu 28%. W projekcie przyjęto, że parametry tego czynnika w sezonie zimowym będą wynosiły 12/8 °C, a w okresie letnim 26/30 °C. Przepływ solanki zapewnia zestaw pompowy składający się z trzech pomp przystosowanych do pracy w systemie 2+1 (dwie pracują + jedna rezerwowa, system pracy pomp naprzemienny). Czynnikiem z wymienników gruntowych kierowany jest na dwa wymienniki glikol/woda (moc 2x400kW) pracujące na potrzeby wewnętrznej wodnej instalacji pomp ciepła. W okresie zimowym instalacja będzie pracowała w oparciu o te dwa wymienniki. W przypadku, gdy temperatura na powrocie z pętli pomp ciepła osiągnie wartość minimalną (6°C) układ przejdzie w tryb pracy, w którym wymienniki glikol/woda wspomagane będą przez rezerwową pompę ciepła (rys.5). W okresie lata układ chłodzenia będzie dodatkowo wspomagany przez dwie wieże chłodnicze wyparne zlokalizowane na dachu budynku.



Rys. 3.  
Wykonywanie odwiertów pod wymiennik gruntowy [www.posejdocenter.pl]



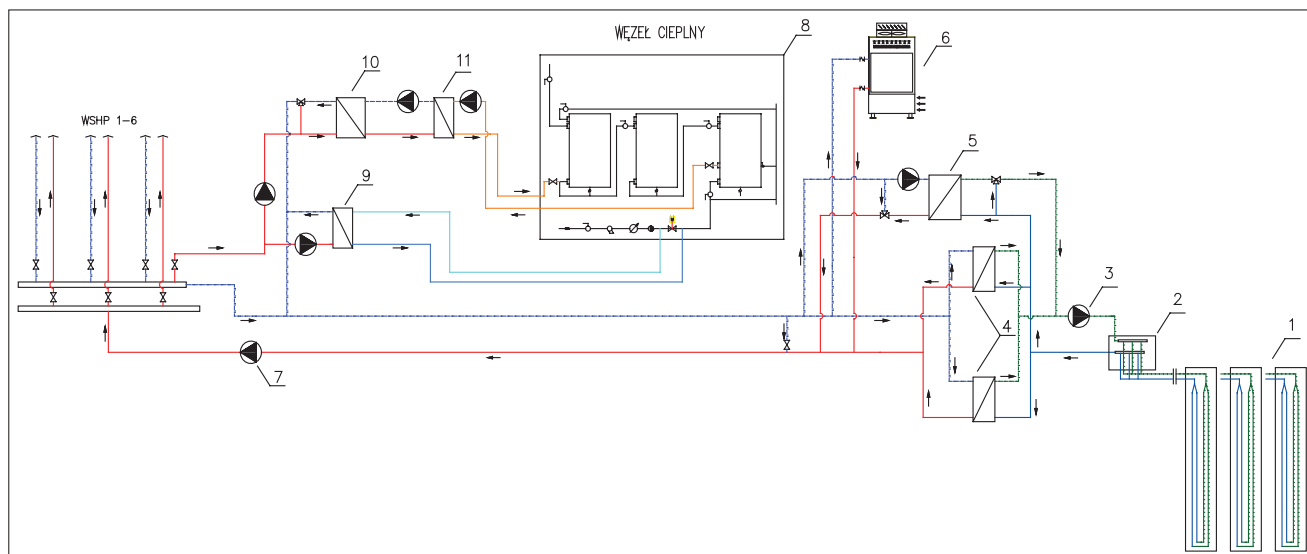
Rys. 4.  
Porównanie głębokości wymiennika gruntowego do niższych budowli w Szczecinie oraz Pałacu Kultury i Nauki w Warszawie

Ciepło pozyskane z gruntu posłuży do ogrzewania obiektu, dzięki wykorzystaniu wysokosprawnych lokalnych pomp ciepła WLHP w przestrzeni biurowej i usługowej,

a także dla budynku hotelowego dla potrzeb przygotowania ciepłej wody. Natomiast w sezonie letnim pozostany z gruntu chłód wykorzystany zostanie do klimatyzacji przestrzeni biurowej i usługowej za pomocą lokalnych pomp ciepła WLHP. W tym celu część biurowo – usługową kompleksu wyposażono w 910 inwerterowych pomp ciepła umieszczonych pod stropem, które będą odpowiedzialne za utrzymanie wymaganych temperatur w pomieszczeniach. Klasa efektywności energetycznej w zastosowanych urządzeniach to klasa A+ – zarówno dla funkcji grzania jak i funkcji chłodzenia. Instalacja pomp ciepła WLHP będzie instalacją dwururową napełnioną wodą uzdatnioną.

Podstawowym źródłem ciepła dla układu przygotowania ciepłej wody dla części hotelowej będzie węzeł cieplny dwustopniowy w połączeniu szeregowo-równoległym z zasobnikami ciepłej wody. Dodatkowo ciepła woda będzie wstępnie podgrzewana przy wykorzystaniu ciepła pozyskanego z gruntowych wymienników ciepła. Do tego celu przewidziano dwa układy – układ z wymiennikiem woda-woda do wstępnego podgrzewu wody wodociągowej oraz układ z pompą ciepła woda-woda i dodatkowym wymiennikiem przepływowym do podgrzewania wody w obiegu ładowania zasobników ciepłej wody. W projekcie przyjęto, że 50% zapotrzebowania na ciepłą wodę będzie wytwarzane z wykorzystaniem węzła ciepła, natomiast pozostałe 50% będzie reali-

zowane przez układ OZE. Generowany w ten sposób chłód z pompy ciepła będzie obniżał temperaturę wody w instalacji pomp ciepła WLHP.



Rys. 5.

Schemat źródła ciepła. 1 – wymiennik gruntowy (48 pionowych odwiertów z podwójnymi sondami), 2 – studzienki rozdzielcze, 3 – zestaw pompowy (trzy pompy przystosowane do pracy w systemie 2+1), 4 – wymienniki woda / glikol (moc 2x400kW), 5 – rezerwowa pompa ciepła, 6 – dwie wieże chłodnicze wyparne zabudowane na dachu budynku, 7 – zestaw pomp obiegowych (trzy pompy przystosowane do pracy w systemie 2+1), 8 – węzeł cieplny dwustopniowy w połączeniu szeregowo-równoległym z zasobnikami ciepłej wody dla części hotelowej, 9 – wymiennik woda-woda do wstępnego podgrzewu wody wodociągowej, 10 – pompa ciepła woda-woda do przygotowania ciepłej wody, 11 – wymiennik przepływowy do podgrzewu wody w obiegu ładowania zasobników ciepłej wody, WSHP 1-6 – 910 lokalnych pomp ciepła tworzących 6 dwururowych pętli

Energia elektryczna niezbędna do zasilania pomocniczych napędów pracujących w instalacjach grzewczo-chłodniczych HVAC, pomp obiegowych w układzie OZE i pomp w węźle cieplnym, elektrycznych podgrzewaczy c.w. przewidzianych w części biurowej) oraz oświetlenia wewnętrznego pozyskiwana będzie z systemu paneli PV o łącznej mocy ok. 102,6 kWp. Instalacja zostanie wykonana na dachu budynku i będzie się składała z 342 modułów fotowoltaicznych monokrystalicznych o mocy szczytowej 300 kWp. Planowana roczna produkcja energii elektrycznej z systemu paneli dachowych PV to ok. 81.880 kWh.

Oświetlenie sztuczne w pomieszczeniach o czasowej obecności użytkowników (węzły sanitarne, klatki schodowe, parking podziemny) będzie kontrolowane za pomocą czujników ruchu. Zastosowanie czujników ruchu pozwala na uzyskanie miarodajnych oszczędności płynących z racjonalnego wykorzystania energii elektrycznej. Dodatkowo oświetlenie korytarzy, holi doświetlonych światłem dziennym umożliwi wyeliminowanie sytuacji bezcelowego użytkownika światła sztucznego w chwili, gdy promieniowanie słoneczne zapewnia wystarczający poziom natężenia oświetlenia. Wykorzystanie oświetlenia sztucznego jest zależne bezpośrednio od pory dnia, pory roku oraz aktualnych warunków atmosferycznych.

W budynku będą zainstalowane lampy LED. Dzięki niskiemu zapotrzebowaniu na energię elektryczną przyczyniają się one do ograniczenia zużycia ener-

gii, co w sposób bezpośredni wpływa na ograniczenie emisji szkodliwego dla środowiska dwutlenku węgla.

W budynku przewidziano wiele rozwiązań pozwalających ograniczyć zużycie zimnej wody. Przewidziano wykorzystanie uzdatnionej wody deszczowej (system wody szarej) do spłukiwania toalet, podlewania dachów zielonych oraz zielonej ściany. W związku z powyższym zaprojektowano osobną instalację wody uzdatnionej doprowadzoną do węzłów sanitarnych części biurowej budynku oraz dla potrzeb podlewania zieleni na ogólnodostępnym patio zlokalizowanym nad kondygnacją parterową.

W węzłach sanitarnych zastosowane zostały automatyczne elektrozawory odcinające dopływ wody podczas nieobecności użytkowników w pomieszczeniach. System ten pełni funkcję ograniczenia zużycia wody w przypadku rozszczelnienia instalacji, awarii baterii umywalkowych, spłuczek lub pozostawienia niezamkniętych zaworów baterii umywalkowych przez użytkowników. W węzłach przeznaczonych dla użytkowników zastosowane zostaną elektroniczne baterie umywalkowe wyposażone w czujniki ruchu, ograniczające zużycie wody.

### Ogrzewanie i chłodzenie części biurowo – usługowej

W części biurowo – usługowej przewidziano głównie ogrzewanie i chłodzenie powietrzne. Na dachu budynku oraz w pomieszczeniach technicznych zlokaliz-

owano centrale wentylacyjne wyposażone w wysokosprawne urządzenia do odzysku ciepła (wymenniki obrotowe lub krzyżowe), filtry klasy F7 na nawiewie, nagrzewnice zasilane roztworem glikolu etylenowego oraz filtry klasy G4 na wywiewie. Centrale do części biurowej dodatkowo wyposażone będą w chłodnice zasilane roztworem glikolu etylenowego, a powietrze nawiewane za tymi centralami będzie nawilżane do wilgotności 40%. Powietrze świeże z central zostanie rozprowadzone siecią przewodów wentylacyjnych do poszczególnych pomieszczeń w budynku. Na wyjściach na poszczególne kondygnacje przewidziano klapy przeciwpożarowe. Na każdej kondygnacji na odejściu od głównych szachtów zainstalowane zostaną przepustnice odcinające sterowane z systemu BMS, umożliwiające wymianę powietrza tylko na tej kondygnacji, w czasie gdy inne kondygnacje będą odcięte. Rozprowadzenie powietrza do poszczególnych nawiewników wykonane zostanie zgodnie z aranżacją architektoniczną poszczególnych pomieszczeń i wyposażone będzie w regulator stałego wydatku CAV. System automatyki central wentylacyjnych kontrolować będzie obroty silników wentylatorów, utrzymując stałe ciśnienie dyspozycyjne za centralą. Dla pomieszczeń, w których zakłada się okresowe przebywanie ludzi przewiduje się zamontowanie regulatorów zmiennego wydatku powietrza VAV na nawiewie i wywiewie ze ściennym detektorem obecności powodującym otwarcie dopływu powietrza. Układ wentylacji zaprojektowano ze zmienną wydajnością

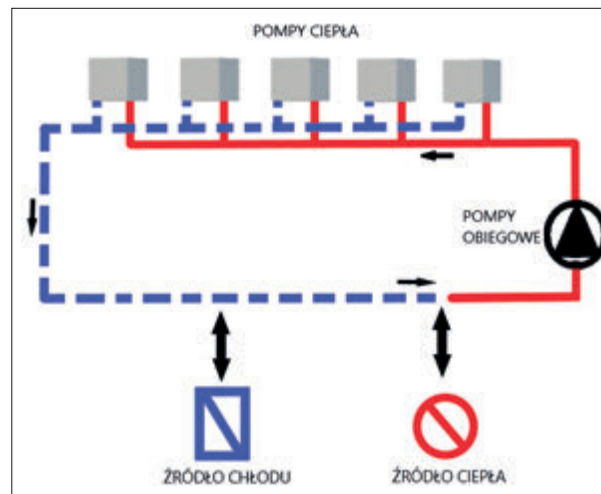
zależną od jakości powietrza wewnętrznego, sterowany z systemu automatyki i BMS. Wydajność wentylacji będzie obniżana do minimum podczas nieobecności użytkowników obiektu. Wprowadzone rozwiązania powinny w znaczącym stopniu wpłynąć na obniżenie zużycia energii przez systemy wentylacji i klimatyzacji.

Ogrzewanie i chłodzenie przestrzeni biurowo-usługowej będzie realizowane jak wspomniano wcześniej za pomocą urządzeń typu pompa ciepła woda-powietrze (WLHP) podłączonych przewodami do pętli wodnej dwururowej o zmiennych parametrach pracy dla lata i zimy (rys.6).

Systemy WLHP (Water Loop Heat Pump) opisywane w literaturze również jako WSHP (Water Source Heat Pump) są alternatywą dla konwencjonalnych układów klimatyzacyjno – grzewczych. W ostatnich latach są coraz chętniej stosowane w obiektach, w których występuje różne zapotrzebowanie na energię do chłodzenia i ogrzewania w poszczególnych obszarach i pomieszczeniach. Wykorzystując układ WLHP można ciepło lub chłód odbierać z pomieszczeń, gdzie jest go w nadmiarze i wykorzystywać w innym miejscu. Odwracalny obieg chłodniczy tych pomp pozwala na utrzymanie wymaganej temperatury w pomieszczeniach lub strefie niezależnie od tego, czy wymagają one w danym momencie grzania, czy też chłodzenia. Dzięki temu w tym samym czasie w jednym obiekcie można jedne pomieszczenia ogrzewać, a inne chłodzić korzystając z jednej instalacji. System WLHP jest układem wielu pomp ciepła typu woda/powietrze połączonych jedną instalacją hydrauliczną. W kompleksie usługowym „Posejdon” zamontowano 910 takich pomp pracujących w sześciu układach. Każdy z nich umożliwia transport ciepła i chłodu pomiędzy powietrzem a wodą z wykorzystaniem układu sprężarkowego pomp ciepła. Podczas pracy w trybie chłodzenia energia pobierana z pomieszczenia przekazywana jest do wody krążącej w pętli wodnej. Podczas pracy w trybie grzania ciepło jest pobierane z pętli wodnej i oddawane do powietrza, które ogrzewa pomieszczenie. Główną cechą tego systemu jest wytwarzanie ciepła lub chłodu bezpośrednio w miejscu, w którym jest wykorzystywane (czyli jest to system zdecentralizowany), co jest bardzo korzystne w aspekcie efektywności energetycznej. Układ natomiast potrzebuje centralnego źródła ciepła oraz źródła chłodu. W przypadku kompleksu „Posejdon” źródłem ciepła jest grunt. Ciepło pobierane za pomocą wymienników

gruntowych w wymiennikach glikol/woda przekazywane jest wodzie krążącej w pętliach pomp ciepła. Przy maksymalnym zapotrzebowaniu na ciepło wymienniki glikol/woda mogą być wspomagane dodatkową pompą ciepła. Źródłem chłodu również jest wymiennik gruntowy wspomagany wieżami chłodniczymi (rys.5).

Rys. 6. Schemat dwururowej instalacji z wieloma pompami ciepła (WLHP)



Pojedyncze pompy ciepła posiadają certyfikat wysokiej klasy efektywności energetycznej (A+), o wskaźnikach: COP > 4,1, EER > 5,9,  $L_w$  max < 37,5 dB<sub>A</sub>.

Zadaniem instalacji pętli wodnej jest dostarczanie, odbieranie oraz akumulacja energii. Krążąca woda pełni funkcję czynnika transportującego energię pomiędzy pomieszczeniami lub ich strefami. W zależności od trybu pracy jest dolnym lub górnym źródłem ciepła dla zainstalowanych pomp ciepła. Jednocześnie pełni ona funkcję akumulatora energii, która swobodnie może zostać wykorzystana przez każdą z pomp ciepła znajdującą się w pętli. Gdy temperatura wody w pętli mieści się w granicach od 14 do 25 °C układ znajduje się w równowadze termodynamicznej. Oznacza to, że pompy ciepła w budynku mogą pracować równocześnie w trybie chłodzenia jak i grzania (w zależności od potrzeb indywidualnych pomieszczeń) bez konieczności dostarcza-

nia lub odbierania energii z centralnego źródła ciepła lub chłodu (wymennika gruntowego). Wpływa to na obniżenie kosztów eksploatacyjnych systemu grzewczo-chłodzącego w obiekcie.

Każda z 910 pomp ciepła będzie podłączona do instalacji przez układ rurowy z zaworem regulacyjnym, filtrem siatko-

wym i zaworami odcinającymi (rys. 7). Ze względu na zmienne zapotrzebowanie na chłód i ciepło obsługiwanych przez pętlę wodną pomieszczeń istotne jest zastosowanie bardzo precyzyjnej regulacji przepływu. Jakość tej regulacji jest bardzo istotna z uwagi zarówno na dotrzymanie założonych temperatur w pomieszczeniach, jak i w kontekście minimalizacji zużycia energii elektrycznej do napędu pomp wymuszających obieg czynnika w pierścieniu wodnym. Z tego powodu jako zawory regulacyjne zastosowano nowoczesne zawory równoważące ABQM z napędem cyfrowym NovoCon® firmy Danfoss, dzięki którym układ będzie w stanie zapewnić uzyskanie komfortu cieplnego w pomieszczeniach, znaczących oszczędności energii i co ma ogromne znaczenie dla sprawnego eksploatacji zapewniając bardziej precyzyjną współpracę armatury regulacyjno-równoważącej z systemem BMS. Zastosowane urządzenia umożliwią znaczną

Rys.7. Pompa ciepła przyłączona do instalacji wodnej przez układ rurowy z zaworem regulacyjnym, filtrem siatkowym i zaworami odcinającymi



oszczędność czasu podczas montażu, zdalne uruchomienie systemu i wykonanie nastawy na zaworze. Pozwólą także wykryć potencjalne nieprawidłowości pracy układu lub błędy montażowe oraz wystarczająco precyzyjnie określić indywidualne zużycie ciepła lub chłodu w obsługiwanych pomieszczeniach (rejestr i alokacja zużycia energii).

Zawór ABQM jest zaworem regulacyjnym z wbudowanym regulatorem ciśnienia, który utrzymuje stały spadek ciśnienia w części regulacyjnej. Ten stały spadek ciśnienia jest niezależny od wahań ciśnienia w instalacji (będących konsekwencją zmiennych przepływów), co zabezpiecza instalację przed zjawiskiem tzw. nadprzepływów oraz pozwala na utrzymanie niezmiennej charakterystyki zaworu regulacyjnego. Ma to bezpośredni wpływ na utrzymanie wysokiego komfortu cieplnego w pomieszczeniach przy jednoczesnym zapewnieniu optymalnego przepływu czynnika. Konstrukcja zaworu jest tak zaprojektowana, iż dla poprawnej pracy zaworu wystarczy zapewnienie minimalnego spadku ciśnienia na zaworze na poziomie 16 kPa, co ma bezpośredni wpływ na dobór pomp w układach hydraulicznych – wpływa na obniżenie kosztów eksploatacyjnych wynikających z kosztów pompowania.

Dzięki współpracy zaworu z siłownikiem NovoCon może on być wykorzystywany w systemach BMS (Building Management System). Ten krokowo-cyfrowy napęd posiada cztery grupy funkcji, które powodują, iż jest to obecnie unikalne rozwiązanie dedykowane instalacji HVAC:

- funkcja komunikacji – umożliwia wpięcie 64 napędów do jednego obwodu, dokonywanie zdalnych nastaw (obliczeniowych przepływów ich ewentualnych zmian, wywołania funkcji płukania czy odpowietrzania, rozpoznanie stanów awaryjnych i ich przyczyny), monitoring, analizę i diagnostykę pracy układu. Funkcja ta ma bezpośredni wpływ na koszty uruchamiania oraz eksploatacji instalacji;

- funkcja modułów wejścia/wyjścia (Input/Output) – umożliwia współpracę zaworu z wieloma obiektami, jak: czujniki ruchu, otwarcia okna, temperatur, wilgotności, zanieczyszczenia, itd. Moduły te mogą być bezpośrednio wpięte do napędu bez konieczności zastosowania dodatkowych sterowników czy przekaźników. Umożliwia to zapewnienie optymalnej pracy układu przy jednoczesnym maksymalnym komforcie ciepłym użytkownika oraz ciągły monitoring parametrów pompy ciepła;

- funkcja zarządzania energią (Energy Management) – umożliwia monitoring

i kontrolę minimalnej różnicy temperatur na odbiorniku, nastawę i kontrolę różnicy temperatur oraz temperatury powrotu, ograniczenie minimalnej temperatury powrotu, ograniczenie maksymalnej temperatury powrotu. Funkcja ta zapewnia poprawną pracę układów grzania i chłodzenia dzięki możliwości utrzymania warunków obliczeniowych dla każdego warunków pracy instalacji;

- funkcja alokacji energii – umożliwia wykorzystanie wbudowanych zaawansowanych funkcji pomiaru zużycia energii przez pompy ciepła oraz jej kontroli. Rozwiązanie to obecnie jest stosowane jako możliwość alokacji energii według faktycznego zużycia a nie według metrów kwadratowych zajmowanej powierzchni. Funkcja ta może być wykorzystywana do analizy systemu, obciążenia, efektywności, sprawności oraz natychmiastowej interwencji w przypadkach marnowania energii czy też jej zużycia w miesiącach, gdzie nikt z tego nie korzysta.

Standard instalacji HVAC w obiekcie „Posejdon” daleko wykracza poza obowiązujące obecnie normy. Zastosowane technologie pozwoliły na uzyskanie prestiżowego certyfikatu ekologicznego BRE-EAM w najnowszej wersji New Construction 2016 na poziomie EXCELLENT. Ocena w ramach certyfikacji BREEAM odbywa się w dziesięciu kategoriach: Zarządzanie, Zdrowie i dobre samopoczucie, Energia, Transport, Woda, Materiały, Odpady, Wykorzystanie terenu i ekologia, Zanieczyszczenia oraz Innowacje. Aby móc ubiegać się o certyfikat w każdej z tych kategorii trzeba zdobyć określoną liczbę punktów krytycznych. Istnieje też obszerna lista dodatkowych wymagań, za spełnienie których otrzymuje się kolejne punkty. Ich suma decyduje o przyznaniu certyfikatu w pięciostopniowej skali. Poziom EXCELLENT jest stopniem czwartym, który potwierdza, że obiekt spełnił ponad 70 procent wyśrubowanych wytycznych brytyjskiej organizacji certyfikującej. Certyfikat BREEAM potwierdza, że dzięki zastosowaniu wielu rozwiązań redukujących zużycie energii budynek jest proekologiczny i oszczędny dla jego właściciela oraz iż został wykonany wg najnowszych, europejskich norm i standardów, dzięki czemu zapewnia najwyższy komfort jego użytkownikom.

### System BMS w „Posejdonie”

Obiekt „Posejdon” zawiera pomieszczenia o różnym charakterze (m.in. hotelowe, biurowe, sale konferencyjne, lokale handlowo-usługowe, serwerownie, maszyny, garaże), które wymagają od

ębego systemu gwarantującego zróżnicowany poziom komfortu i bezpieczeństwa. Aby wszystkie te elementy stanowiły spójną i dobrze funkcjonującą całość, w obiekcie funkcjonować będzie zaawansowany system automatycznej regulacji i sterowania – BMS (Building Management System) uzupełniony o funkcjonalności pozwalające na zarządzanie zużyciem energii. System zapewni właściwe parametry środowiska wewnętrznego (komfortu użytkowników) przy racjonalnym zużyciu energii. Będzie źródłem informacji, analiz i wytycznych umożliwiających kompleksowe spojrzenie na zużycie energii w obiekcie. W postaci interaktywnych grafik umożliwi wizualizację zużycia energii i zarządzanie energią oraz jej alokację, pozwoli na porównanie zużycia energii w stosunku do poprzednich okresów rozliczeniowych, wprowadzanie planów energetycznych, ciągłe optymalizowanie zużycia energii, poprawę efektywności energetycznej i wskaźników eksploatacyjnych przez cały okres użytkowania budynku. Dzięki temu można będzie podejmować trafne decyzje przyczyniające się do zminimalizowania zużycia energii w budynku. W związku z tym, że największe zapotrzebowanie na energię jest związane z oświetleniem, ogrzewaniem i klimatyzacją zastosowane zostały, szczególnie w tych instalacjach, nowoczesne rozwiązania wspierające poprawę efektywności energetycznej. Układy wentylacji zaprojektowano ze zmienną wydajnością zależną od jakości powietrza wewnętrznego. Wydajność wentylacji będzie obniżana do minimum podczas nieobecności użytkowników obiektu. Optymalna temperatura wewnętrzna będzie kontrolowana za pomocą odpowiedniego zagęszczenia czujników temperatury z możliwością regulacji temperatury odrębnie w poszczególnych pomieszczeniach. Dodatkowo zastosowano monitorowanie otwarcia okien przez użytkowników. W takim przypadku wyłączane są źródła ciepła/chłodu (pompy ciepła) na danej powierzchni lub w pomieszczeniu. Użytkownicy obiektu będą mogli samodzielnie kontrolować oświetlenie oraz temperaturę za pomocą zadajników w pomieszczeniach.

Szczegółowo opomiarowane zostanie w budynku m.in.:

- zużycie wody,
- zużycie energii elektrycznej,
- zużycie ciepła i chłodu.

### Podsumowanie

W artykule skoncentrowano się na nowoczesnych technologiach z użyciem

energii odnawialnej wdrożonych w kompleksie usługowym „Posejdon”. Ten największy w Polsce NZEB można traktować jako obiekt referencyjny. Jest on wyposażony między innymi w systemy fotowoltaiczne, w układ pozyskiwania energii dla potrzeb grzania i chłodzenia zrealizowany w oparciu o pionowe wymienniki gruntowe i wykorzystanie pomp ciepła pracujących w układzie hydraulicznym pętli wodnej (WLHP). Budynek został zaprojektowany tak, aby służył także jako laboratorium do badania możliwości zastosowania zaimplementowanych w nim innowacyjnych strategii służących wysokiej efektywności energetycznej i zmniejszeniu emisji gazów cieplarnianych. Rozwiązania przedstawione w artykule można traktować jako zbiór dobrych praktyk w zakresie realizacji budynków w standardzie NZEB.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] COM (2011) 112 final, The Committee report for the EP and the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions – *A Roadmap for moving to a competitive low carbon economy in 2050*. Pobrane z adresu: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2011:0112:FIN:EN:PDF>
- [2] COM (2013) 483 final/2. The Committee report for the EP and the Council – *The progress of member countries in increasing the number of buildings with nearly zero energy use, 7.10.2013 r.* Pobrane z adresu: <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency/buildings>
- [3] EPBD (2002). Directive 2002/91/WE of the European Parliament and of the Council of 16 December 2002 on the energy performance of buildings. OJ L 1/65 04.01.2003.
- [4] EPBD (2010). Directive 2010/31/UE of the European Parliament and the Council of 19 Mai 2010 on the energy performance of buildings (recast). OJ L 153 18.06.2010.
- [5] EPBD (2018). Directive (EU) 2018/844 of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018 amending Directive 2010/31/EU on the energy performance of buildings and Directive 2012/27/EU on energy efficiency. Off. J. Eur. Union 2018, 156, 75–91.
- [6] Obwieszczenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 17 lipca 2015 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. Załącznik 2. Wymagania izolacyjności cieplnej i inne wymagania związane z oszczędnością energii
- [7] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. Dz.U. 2002 Nr 75, poz. 690
- [8] Pirczewski M., Figiel E., Leciej-Pirczewska D.: „Nowoczesny kompleks usługowy POSEJDON w Szczecinie”. Inżynieria i Budownictwo, 5/2019



Ocena efektywności energetycznej oraz kosztów z tytułu ogrzewania i przygotowania c.w.u. w systemach grzewczych stosowanych w budynkach wielorodzinnych to tytuł rozdziału w książce dr inż. Tomasza Cholewy i dr inż. Alicji Siuta – Olcha pt. „Racjonalizacja zużycia energii w budow-

## Racjonalizacja zużycia energii w budownictwie mieszkaniowym

Autorzy: Tomasz Cholewa, Alicja Siuta-Olcha  
Warszawa 2016

Wydawca: Ośrodek Informacji „Technika instalacyjna w budownictwie”

nictwie mieszkaniowym”. Rozdział ten zawiera też przykład analizy techniczno – ekonomicznej trzech rodzajów systemów ogrzewania i przygotowania ciepłej wody, które obecnie najczęściej występują w budynkach wielorodzinnych. **Przedstawiony materiał jest pomocny do określenia efektywności energetycznej budynku.**

Cała książka ukazuje praktyczne możliwości zmniejszania zużycia energii w budynkach mieszkalnych poprzez modernizację systemów ogrzewania i przygotowania ciepłej wody oraz poprzez edukację mieszkańców w tym zakresie. W pracy przedstawiono szereg wyników długoterminowych badań eksploatacyjnych, umożliwiających określenie i sprawdzenie wpływu różnych przedsięwzięć modernizacyjnych na zużycie energii, szczególnie w istniejących budynkach wielorodzinnych.

Do każdego rozpatrywanego przypadku starano się wybrać reprezentatywną grupę budynków, aby zakres przeprowadzonych prac modernizacyjnych pozwolił, w możliwie jednoznaczny sposób, pokazać wpływ danego działania modernizacyjnego na zużycie ciepła w danej grupie budynków, a nie był tylko przypadkowym wynikiem otrzymanym dla pojedynczego obiektu. Każdy przykład poprzedzony jest krótkim wstępem teoretycznym, który w przystępny sposób wprowadza Czytelnika w zakres tematyczny danego zagadnienia, jak również przedstawia wyniki badań oraz osiągnięcia innych Autorów, odnoszące się do racjonalizacji zużycia energii w sektorze mieszkaniowym.

Z tego też względu publikacja przydatna może być projektantom i wykonawcom systemów grzewczych oraz administratorom budynków.

**Książka została wydana w twardej oprawie w formacie B5, objętość 214 stron. Cena 1 egz. 64 zł + 5% VAT.**

Zamówienia przyjmuje: Ośrodek Informacji „Technika instalacyjna w budownictwie”

02-674 Warszawa, ul. Marynarska 14; tel./fax (22) 843 77 71

e-mail: [wydawnictwo@informacjainstal.com.pl](mailto:wydawnictwo@informacjainstal.com.pl), [redakcja@informacjainstal.com.pl](mailto:redakcja@informacjainstal.com.pl)



Kwartalnik „Budownictwo i Prawo” ukazuje się piętnasty rok i ma już usiałoną grupę odbiorców wśród: firm budowlanych, wydziałów budownictwa urzędów miejskich i starostw, biur projektowych, firm kosztorysowych i innych. Obecnie nakład czasopisma wynosi ok. 2000 egz. (w zależności od uczestnictwa w targach lub sympozjach i konferencjach, podczas których prowadzone są akcje promocyjne).

Współpracujemy z Ministerstwem Infrastruktury i Budownictwa, Ministerstwem Energetyki, Ministerstwem Środowiska, Głównym Urzędem Nadzoru Budowlanego, Urzędem Zamówień Publicznych, Instytutem Techniki Budowlanej, uczelniami oraz licznymi stowarzyszeniami z sektora budownictwa.

Autorzy z tytułu publikacji w „Budownictwo i Prawo” otrzymują 5 pkt w klasyfikacji MNiSW.

Czasopismo jest wydawane przez Ośrodek Informacji „Technika instalacyjna w budownictwie” oraz Oficynę Wydawniczą POLCEN i rozpowszechniane na terenie całego kraju w prenumeracie oraz w sieci sprzedają ww. wydawców.

**Zamówienia na prenumeratę w 2020 roku w wysokości 80 zł przyjmuje:**

**Ośrodek Informacji „Technika instalacyjna w budownictwie”**

02-674 Warszawa, ul. Marynarska 14, tel/fax: 22/843-77-71

[redakcja@informacjainstal.com.pl](mailto:redakcja@informacjainstal.com.pl), [wydawnictwo@informacjainstal.com.pl](mailto:wydawnictwo@informacjainstal.com.pl)