

BUDYNEK ENERGIS POLITECHNIKI ŚWIĘTOKRZYSKIEJ JAKO ENERGOOSZCZĘDNY MODELOWY BUDYNEK DYDAKTYCZNY

G. Puchala

Wydział Inżynierii Środowiska, Geomatyki i Energetyki Politechniki Świętokrzyskiej, Kielce, Polska

STRESZCZENIE

W niniejszym artykule opisano modelowy budynek zaprojektowany i wykonany jako energooszczędny budynek dydaktyczno-laboratoryjny zasilany z odnawialnych źródeł energii.

WPROWADZENIE

Jednym z głównych wymagań stawianych nowym oraz modernizowanym budynkom jest projektowanie budynków energooszczędnych. Wskaźnik zapotrzebowania na energię dla każdego budynku z roku na rok jest coraz mniejszy co wynika z przepisów stawianych przez Unię Europejską. Zgodnie z Dyrektywą 2010/31/UE do dnia 31 grudnia 2020 r. wszystkie nowe budynki muszą być budynkami o niemal zerowym zużyciu energii.

Budynek zeroenergetyczny jest budynkiem samowystarczalny pod względem energetycznym. Zasadniczym wymogiem przy projektowaniu budynku jest zastosowanie doskonałej izolacyjności przegród zewnętrznych zarówno ścian jak również okien i drzwi. Budynek powinien posiadać odzysk ciepła z wentylacji mechanicznej oraz należy w maksymalnym stopniu wykorzystać zyski ciepła powstające w budynku. Budynek zeroenergetyczny nie wymaga dostarczania energii ze źródeł konwencjonalnych. Zapotrzebowanie na ciepło powinny pokrywać systemy pozyskujące i magazynujące energię promieniowania słonecznego lub ciepło pochodzące z gruntu jak również energia pozyskiwana z turbin wiatrowych.

Podobnie jest w obiekcie pasywnym gdzie zapotrzebowanie na energię grzewczą dla takiego budynku, dzięki zastosowaniu doskonałej izolacyjności przegród zewnętrznych oraz szeregu rozwiązań technicznych, jest na racjonalnie niskim poziomie.

Załoženiami projektowymi budynku Energis było zaprojektowanie budynku pasywnego o funkcji dydaktycznej przy zastosowaniu wszystkich możliwych technologii mających na celu zminimalizowanie energochłonności budynku. Podjęte zostały analizy oraz rozważania jakie źródło ciepła będzie najbardziej korzystne dla budynku. Duża ilość dostępnych rozwiązań oraz potrzeba zachowania funkcji dydaktycznej modelowego budynku spowodowała podjęcie decyzji o zastosowaniu w budynku kilku rodzajów pomp ciepła jako źródeł ciepła

zdublowanych dla potrzeb prowadzenia badań nad ich efektywnością energetyczną.

Budynek wykonany został w duchu budynku pasywnego. Na ścianach zewnętrznych wykonano 25cm izolacji, zastosowano okna trzyszybowe zamontowane w płaszczyźnie ocieplenia. Zyski ciepła generowane w budynku są w pełni wykorzystywane a instalacja wentylacji mechanicznej posiada odzysk ciepła.

INSTALACJA PRZYGOTOWANIA CIEPŁEJ WODY UŻYTKOWEJ.

Budynek Energis z założenia powinien pełnić funkcję budynku dydaktycznego gdzie ciepła woda użytkowa służyła będzie wyłącznie do mycia rąk. Ilość ciepłej wody o temperaturze 55°C wyznaczona została na poziomie: $q_{cwu} = 2,8 \text{ m}^3/\text{d}$.

Przygotowanie ciepłej wody powinno być realizowane w maksymalnym stopniu z odnawialnych źródeł energii. W rozważaniach koncepcyjnych przyjęto następujące możliwości przygotowania ciepłej wody użytkowej (c.w.u.):

- wykorzystanie energii z kolektorów słonecznych
- przygotowanie c.w.u. poprzez pompę ciepła.

Jednocześnie innym ważnym kryterium przy projektowaniu budynku było maksymalne wykorzystanie energii powstającej w budynku.

Duża ilość pomieszczeń sanitariatów oraz zastosowana wentylacja mechaniczna skutkowały uzyskaniem dużej ilości powietrza, która powinna zostać usunięta z budynku, nie poprzez wspólny układ wyciągowy z pomieszczeń dydaktycznych ale poprzez indywidualny wyciąg powietrza z toalet.

Podjęto decyzję o skojarzeniu dwóch systemów, instalacji do przygotowania ciepłej wody oraz systemu wentylacyjnego odpowiadającego za wyciąg powietrza z toalet.

Dla celów przygotowania c.w.u. zastosowany został zasobnik ciepłej wody Vitocal 160-A o pojemności 285dm³ z zabudowanym na zbiorniku układem pompy ciepła oraz z wbudowanym dodatkowym wymiennikiem zasilanym z instalacji kolektorów słonecznych. Dobór kolektorów słonecznych wykonany został tak aby zapewnić jak najwyższe oszczędności dzięki ich pracy, ale zarazem nie dopuszczając do powstawania nadwyżek ciepła.

Układ do przygotowania c.w.u. zbudowany został na bazie baterii 10 sztuk pomp ciepła Vitocal 160-A oraz zespołu dwóch par kolektorów słonecznych, pierwszy z nich stanowi zespół dwóch kolektorów próżniowych Vitosol 200-T o łącznej powierzchni absorbera $4,0\text{m}^2$ oraz drugi zespół dwóch kolektorów płaskich Vitosol 200-F o łącznej powierzchni absorbera $4,6\text{m}^2$.



Rys. 1. Poziom -1 budynku - bateria pomp ciepła do przygotowania ciepłej wody użytkowej.

Instalacja podzielona została na pięć zespołów każdy po dwie pompy ciepła. Każdy z zespołów zasila odrębne piętro budynku. Kolektory słoneczne pracują w dwóch zespołach każdy po dwa kolektory. Instalacja przez 24h/dobę jest monitorowana z BMS (Building Management System - system zarządzania budynkiem). Każdy z zespołu kolektorów słonecznych może być w danym przedziale czasu podłączony do jednego zasobnika c.w.u., po podgrzaniu wody jest przełączany samoczynnie do następnego zasobnika c.w.u. Przełączanie kolektorów słonecznych możliwe jest dzięki zastosowanej automatycznej armaturze odcinającej zainstalowanej przy każdym z zasobników.

Ciepła woda użytkowa przygotowywana jest w pierwszej kolejności z wykorzystaniem energii pozyskiwanej w kolektorach słonecznych zlokalizowanych na dachu budynku, w razie niedostatecznej ilości ciepła przygotowanie c.w.u. realizowane jest poprzez wbudowaną pompę ciepła z wykorzystaniem ciepła powietrza wyciąganego z pomieszczeń sanitariatów.

Pompy ciepła posiadają wbudowane układy wentylatorowe o stosunkowo małym sprężu. Powietrze wyciągane z pomieszczeń sanitariatów sprowadzane jest do komory czerpnej zlokalizowanej na kondygnacji -1 gdzie umiejscowione zostały pompy ciepła. Pompy ciepła pobierają ciepłe powietrze z komory czerpnej oraz oddają schłodzone powietrze do komory wyrzutowej skąd powietrze kierowane jest do wyrzutni zlokalizowanej na dachu budynku.

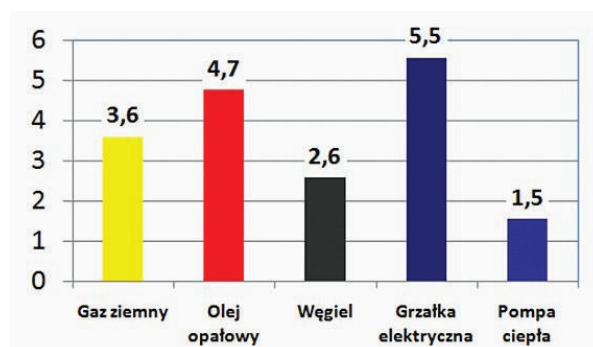


Rys. 2. Poziom -1 budynku – armatura sterująca pracą zasobnika ciepłej wody użytkowej.

Wykorzystane w rozwiązaniu urządzenie – pompa ciepła Vitocal 160-A posiada następujące parametry:

- pobór mocy przez sprężarkę 430W
- współczynnik COP na poziomie 3,5
- zasobnik ciepłej wody o pojemności 285dm^3 .

Koszt podgrzania ciepłej wody poprzez pompę ciepła kształtuje się na racjonalnie niższym poziomie w stosunku do konwencjonalnych metody przygotowania c.w.u..



Rys. 1. Koszt podgrzania 300dm^3 ciepłej wody użytkowej.

INSTALACJA DO OGRZEWANIA BUDYNKU

Budynek Energis zlokalizowany został w centralnej części miasta Kielce w sąsiedztwie istniejących budynków Politechniki Świętokrzyskiej. Prace przedprojektowe oraz ścisła współpraca projektantów oraz geologów i hydrogeologów pozwoliła ustalić, że teren przeznaczony pod inwestycję znajduje się w zasięgu GZWP 417 Kielce (główny zbiornik wód podziemnych).

Podjęto decyzję, że zasadniczym źródłem ciepła dla budynku będzie kaskada pomp ciepła zbudowana w niekonwencjonalny sposób tak aby umożliwić prowadzenie prac badawczych nad wykorzystaniem odnawialnych źródeł energii. Pompy ciepła, ze względu na doskonałe warunki gruntowe oraz duże zasoby wodonośne, zasilane są z wykorzystaniem temperatury gruntu / wody gruntowej.

Po wyznaczeniu bilansu ciepła dla budynku uzyskane zostały następujące wartości:

- współczynnik U dla ścian zewnętrznych $0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$,
- współczynnik U dla dachu $0,1 \text{ W/m}^2\text{K}$,
- współczynnik U dla okien oraz drzwi zewnętrznych na poziomie $1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$,
- straty ciepła obliczono na poziomie 70 kW ,
- ciepło technologiczne (zasilanie nagrzewnic central wentylacyjnych) 50 kW .

Do ogrzewania budynku zastosowano cztery pompy ciepła:

- dwie pompy typ Vitocal 300-G BW129 każda pompa o mocy 25 kW
- dwie pompy typ Vitocal 300-G WW129 każda pompa o mocy 30 kW .

Ze względu na zastosowanie niskotemperaturowego źródła ciepła w 90% budynku wykonano instalację ogrzewania podłogowego z wyłączeniem pomieszczeń gdzie zastosowano grzejniki. Zarówno nagrzewnice central wentylacyjnych jak również pętle ogrzewania podłogowego zasilane są z instalacji gdzie czynnik grzewczy posiada temperaturę 45°C .

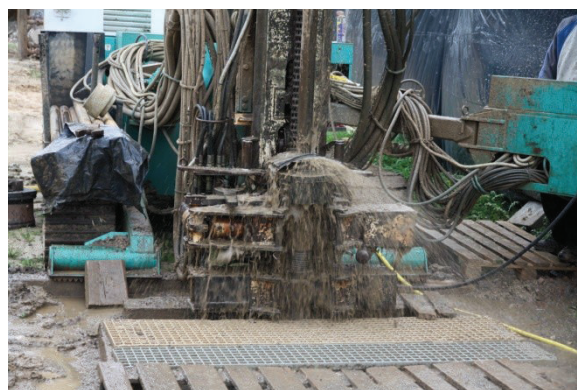
W celu racjonalnego korzystania z energii potrzebnej dla instalacji wentylacji mechanicznej, instalacja wyposażona została w regulatory zmiennej ilości powietrza TVJD Trox. Poszczególne strefy budynku kontrolowane są przez czujniki CO_2 współpracujące z regulatorami powietrza oraz centralami wentylacyjnymi wyposażonymi w przetwornice częstotliwości tak aby ilość powietrza świeżego dostarczana do poszczególnych stref była na racjonalnie niskim poziomie a tym samym ograniczając straty energii. Centrale wentylacyjne wyposażone zostały w komory mieszania powietrza tak aby ilość świeżego powietrza o temperaturze obliczeniowej dla okresu zimowego -20°C była na właściwym poziomie. Ilość powietrza kierowana do stref budynku o zmniejszonej ilości użytkowników, w sposób automatyczny jest zmniejszana w celu oszczędzania energii. Duże pomieszczenia sal dydaktycznych posiadają niezależne centrale wentylacyjne z możliwością pracy na obniżonych parametrach.

Dla pierwszych dwóch pomp ciepła, jako dolne źródło stanowi zespół 16 sztuk sond pionowych każda o głębokości 80 mb . Każda pompa posiada własną autonomiczną instalację zasilaną z 8 sztuk sond pionowych. Poprzez zastosowany węzeł zaworów przełączających możliwa jest zmiana grupy sond względem pomp ciepła, zmiana realizowana może być z poziomu BMS budynku.

Dwie pozostałe pompy ciepła zasilane są ze studni głębinowej o głębokości 92 mb wykonanej obok budynku. Zrzut wody powrotnej wykonany jest do dwóch studni zrzutowych każda o głębokości 70 mb , zlokalizowanych około 170 m od studni czerpnej.



Rys. 3. Poziom -1 budynku – kaskada pomp ciepła odpowiadająca za ogrzewanie budynku.



Rys. 4. Wykonywanie sondy pionowej.

Politechnika Świętokrzyska dysponowała stosunkowo dużą powierzchnią terenu, która umożliwiała swobodne zlokalizowanie grupy 16 sztuk sond pionowych z zachowaniem dużych odległości między sondami aby wyeliminować wpływ pracy poszczególnych sond na siebie.

Sondy pionowe, przed uruchomieniem instalacji, zostały zbadane poprzez wykonanie badania Thermal Response Test. Badanie stanowi ocenę faktycznych właściwości cieplnych gruntu występującego we wskazanym miejscu.



Rys. 5. Wykonywanie studni głębinowej zrzutowej.

Pomiędzy kaskadą pomp ciepła a instalacją grzewczą w budynku wykonano bufor ciepła jednocześnie oddzielający hydraulicznie instalację pomp ciepła od instalacji grzewczej. Bufor wykonano w postaci pięciu izolowanych zbiorników o łącznej

pojemności 5,0m³. Połączenie zbiorników z pompami ciepła (zarówno po stronie zbiorników, jak również po stronie pomp ciepła) wykonano w układzie reverse return (odwrócony powrót). Bufor ciepła stanowi akumulator energii cieplnej.



Rys. 6. Poziom -1 budynku – bufor ciepła o pojemności całkowitej 5,0m³.

Parametry instalacji pomp ciepła do ogrzewania budynku:

Vitocal 300-G BW129

- moc grzewcza jednostki 25kW,
- COP 4,83,
- dolne źródło 8 sztuk sond pionowych,
- temperatura dolnego źródła 8°C,
- mieszanina alkoholu etylowego jako czynnik w dolnym źródle.

Vitocal 300-G WW129

- moc grzewcza jednostki 30kW,
- COP 6,0,
- dolne źródło studnia głębinowa,
- temperatura dolnego źródła 9,5-10°C (zakres temperatur pochodzi z badań prowadzonych w pierwszym roku eksploatacji instalacji, temperatura w okresie grzewczym jest prawie stabilna i niezmienna),
- czynnik w dolnym źródle stanowi woda z ujęcia głębinowego (woda pitna spełniająca kryteria stawiane wodzie do picia potwierdzone badaniem wody po zakończeniu budowy studni),
- wydajność testowa studni głębinowej wynosi 29m³/h potwierdzona poprzez pompowanie próbne po zakończeniu budowy studni.

W studni głębinowej zamontowano pompę głębinową wraz z koszem ssawnym. Urządzenie odpowiada za pobór wody oraz jednocześnie pokonuje opory na trasie instalacji dolnego źródła, wymiennika ciepła z odprowadzeniem wody do dwóch studni zrzutowych. Studnie zrzutowe, po uruchomieniu instalacji, w sposób bezproblemowy przyjmują wodę o obniżonej temperaturze.

Ze względu na bardzo rozbudowaną instalację w budynku oraz techniczne możliwości, niewielka część grzejników zlokalizowana na ostatniej kondygnacji budynku (aula wykładowa) oraz dwie centrale wentylacyjne zlokalizowane na dachu budynku zasilane są z nowej kotłowni na biomasę

zlokalizowanej w istniejącym budynku „A” Politechniki Świętokrzyskiej lub alternatywnie z węzła ciepła zasilanego z sieci ciepłowniczej Politechniki Świętokrzyskiej.

Po wykonaniu studni głębinowej oraz wykonaniu testu wydajności studni podjęto decyzję o wykorzystaniu dolnego źródła pomp ciepła do zasilania instalacji chłodzącej budynek w okresie letnim. Wykonana instalacja ogrzewania podłogowego miała stanowić również pętlę chłodzenia płaszczynowego w okresie lata. System ogrzewania podłogowego wyposażono w odpowiednie zawory regulacyjne zabezpieczające instalację przed obniżeniem temperatury poniżej punktu rosy. W pomieszczeniu pomp ciepła zamontowano odrębny wymiennik ciepła dla potrzeb chłodzenia płaszczynowego. Woda pobierana ze studni głębinowej jest podgrzewana na wymienniku ciepła oraz kierowana jest do studni zrzutowych. Po stronie wtórnej woda schładzana jest w wymienniku oraz kierowana do systemu chłodzenia płaszczynowego. Przy tak wykonanej instalacji energia potrzebna do zasilania instalacji to energia elektryczna pobierana przez pompę głębinową oraz poprzez niewielkie pompy chłodzenia płaszczynowego.

Jako alternatywne źródło ciepła dla budynku wykonano instalację pomp ciepła typu powietrze bazującą na systemie VRF (Variable Refrigerant Flow) Mitsubishi z układem symultanicznego ogrzewania i chłodzenia a jednocześnie z odzyskiem ciepła. Na dachu budynku zlokalizowano jednostki zewnętrzne pomp ciepła. Instalacja wykonana została na bazie czynnika R410a. W budynku zamontowane zostały jednostki typu kasetonowego do ogrzewania/chłodzenia poszczególnych pomieszczeń. Na korytarzach budynku, w przestrzeni sufitu podwieszonego znajdują się rozdzielacze (BC Controller), z których zasilane są poszczególne pomieszczenia. Całkowita moc grzewcza instalacji wynosi 70kW przy założeniu temperatury zewnętrznej -20°C.

Sekretem wykonanego systemu z odzyskiem ciepła jest rozdzielacz zwany BC Controllerem. Rozdzielacz kryje w sobie funkcję oddzielacza cieczy/gazu, który umożliwia jednostce zewnętrznej dostarczenie (dwufazowej) mieszaniny, gorącego gazu dla grzania i cieczy dla chłodzenia. Kiedy czynnik chłodniczy dotrze do BC Controllera ulega tam rozdziałowi a następnie dostarczany jest do poszczególnych jednostek wewnętrznych, we właściwej fazie odpowiadającej indywidualnemu zapotrzebowaniu na grzanie lub chłodzenie. Efektem tej innowacji jest praktycznie zerowa strata energii oddawanej na zewnątrz.

Efektywność tego typu systemów zawdzięczana jest zdolności wykorzystania „produktu ubocznego” chłodzenia i grzania do przenoszenia energii cieplnej tam, gdzie jest potrzebna.

Tym samym, system ten zachowuje się jak zrównoważony wymiennik ciepła, osiągając do 20%

oszczędności kosztów w porównaniu z konwencjonalnym systemem pompy ciepła.

Instalacja podzielona została na poszczególne piętra tak aby jeden BC Controler obsługiwał jedno piętro. Rozkład architektoniczny pomieszczeń pozwala na bardzo dobre wykorzystanie właściwości systemu. Strona wschodnia budynku stanowi pomieszczenia administracyjne, strona zachodnia budynku to pomieszczenia o funkcji dydaktycznej. Zyski ciepła powstające w pomieszczeniach dydaktycznych mogą być przekazywane do pomieszczeń administracyjnych wymagających jednocześnie ogrzewania.

Instalacja pomp ciepła w systemie VRF stanowi alternatywne źródła ciepła w stosunku do pomp ciepła zasilanych z energii gruntu. Zmiana źródła ciepła może być realizowana dla poszczególnych pięter budynku lub dla całego budynku. Pomieszczenia wyposażone w jednostki wewnętrzne VRF posiadają elektroniczne zadajniki ściennie jednocześnie sterujące ogrzewaniem podłogowym tak aby zapobiec jednoczesnemu uruchamianiu systemu VRF oraz instalacji ogrzewania płaszczyznowego. Praca wszystkich instalacji nadzorowana jest z poziomu BMS.

WNIOSKI

Prezentowany budynek Energis niewątpliwie jest budynkiem energooszczędnym. Zapotrzebowanie na ciepło dla budynku ze względu na stosunkowo niskie współczynniki U, jak przystało na budynek pasywny, pozwalają na znaczne ograniczenie ciepła kierowanego dla pokrycia strat ciepła przez przegrody zewnętrzne. W budynkach wyposażonych w wentylację

mechaniczną zapotrzebowanie ciepła dla zasilania nagrzewnic w centralach wentylacyjnych znacznie przekracza klasyczne potrzeby grzewcze budynku. Dzięki zastosowanym rozwiązaniom racjonalnego gospodarowania ilością świeżego powietrza oraz powietrza kierowanego do poszczególnych przestrzeni budynku, energia niezbędna do ogrzania powietrza wentylacyjnego jest stosunkowo mała. Niewątpliwie wykorzystanie energii pochodzącej z kolektorów słonecznych jednocześnie z wykorzystaniem pomp ciepła dla potrzeb przygotowania ciepłej wody użytkowej znacznie poprawia charakterystykę energetyczną budynku. Zastosowanie wielu rozwiązań technicznych oraz dublowanie źródeł ciepła pozwala na prowadzenie badań nad efektywnością energetyczną systemów a tym samym pozwala na uzyskanie realnych wyników niezbędnych przy wyborze systemu.

Budynek poza doskonałą efektywnością energetyczną posiada funkcję badawczą, która pozwala na uzyskanie jasnych wyników dla potrzeb tworzenia nowych pasywnych oraz zeroenergetycznych budynków.

LITERATURA CYTOWANA

Dyrektywa 2010/31/UE dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady Unii Europejskiej w *sprawie charakterystyki energetycznej budynków* Artykuł 9 pkt 1 ppkt a)

Materiały projektowe firmy Viessmann 04/2010

Materiały projektowe firmy Mitsubishi