

Maciej Gwoździewicz*, Wit Grosicki**

*Politechnika Wroclawska Wydział Elektryczny, **Politechnika Wroclawska Filia w Legnicy

SYSTEMY GRZEWCZE W BUDYNKACH SAKRALNYCH

HEATING SYSTEMS IN SACRAL BUILDINGS

Streszczenie: Artykuł przedstawia analizę systemów grzewczych stosowanych w budynkach sakralnych na podstawie wybranych kościołów z Dolnego Śląska. uwzględniono aspekty techniczne i ekonomiczne systemów grzewczych. Artykuł powstał na bazie pracy dyplomowej pt. „Analiza ekonomiczna i techniczna ogrzewania budynków sakralnych” zrealizowanej na Politechnice Wroclawskiej w Legnicy.

Abstract: The article deals analysis of heating systems in sacral buildings on the basis selected churches in Lower Silesia in Poland. Technical and economical aspects of heating systems were taken into account. Article is based on the diploma project “Economic and technical aspects of church heating” at Wrocław University of Technology.

Słowa kluczowe: budynek sakralny, kościół, system grzewczy, zjawisko churchingu

Keywords: sacral building, church, heating system, churching phenomenon

1. Wstęp

Podstawową funkcją obiektów sakralnych jest kult religijny. Ze względu na względnie dużą kubaturę oraz liczbę miejsc siedzących wykorzystuje się je również do celów kulturalnych np. koncerty [1]. Do tych celów zazwyczaj wykorzystuje się też budynki po byłych świątyniach np. Galeria Historyczno-Artystyczna ARS ET HISTORIA w Bolkowie [2].



Rys. 1. Koncert Bach Festival w Kościele Pokoju w Świdnicy [1]

Istotnym aspektem w użytkowaniu budynków sakralnych zgodnie z ich przeznaczeniem jest komfort cieplny, który ma istotny wpływ na percepcję przebywających w nich ludzi. Ciało ludzkie posiada wysokie zdolności aklimatyzacyjne, które w znaczącym stopniu przyczyniają się do jego adaptacji na otaczające je warunki. Niemniej jednak te predyspozycje ludzkiego ciała są ograniczone. Wrodzona umiejętność

aklimatyzacji człowieka to termiczna równowaga ciała przy zmiennych warunkach otoczenia. Za komfort cieplny człowieka odpowiadają receptory zimna, znajdujące się na skórze, a także receptory ciepła umiejscowione w rdzeniu mózgowym. W wypadku gdy temperatura powierzchni skóry obniży się do wartości 33°C zaczynamy odczuwać zimno i marznąć. Natomiast gdy temperatura rdzenia mózgowego osiągnie 37°C i więcej, ciało zaczyna się pocić. Jeżeli te dwie progowe wartości nie są przekraczane, to mamy do czynienia z komfortem cieplnym. Typową największą dolegliwością dla człowieka przebywającego około 1 godziny w pozycji nieruchomej jest oziębianie kończyn dolnych – wartością progową jest obniżenie temperatury tej części ciała o 4°C, co może prowadzić nawet do chorób narządu ruchu [3]. Odczuwanie przez człowieka przenikliwego zimna prowadzi do znużenia i zmęczenia uniemożliwiając skupienie się.

Zastosowanie ogrzewania w budynkach sakralnych zmienia panujący w nich mikroklimat. Zbyt głęboka czy szybka jego zmiana może powodować niszczenie konstrukcji budynku i jego wyposażenia. Jest to szczególnie widoczne w przypadku drewnianych rzeźb, ram obrazów i ołtarzy, które niejednokrotnie stanowią dzieła sztuki. Zmiany temperatury w budynkach sakralnych nie powinny przekraczać 1,5°C/h.

Nie bez znaczenia jest także wkomponowanie ogrzewania budynku sakralnego do jego architektury, której harmonia powinna być bezwzględnie zachowana.

Budynki sakralne nie mają izolacji termicznej. Ma to istotny wpływ na koszty ogrzewania, które są nieporównywalnie wyższe w stosunku do budynków izolowanych termicznie. Poza tym potencjalna termomodernizacja budynków sakralnych czy po byłych świątyniach jest mocno utrudniona, a wręcz niemożliwa, ze względu na wpis do rejestru zabytków determinujący konkretną strukturę budowli. Największym problemem jest brak izolacji w podłożu budynku, ponieważ najwięcej ciepła człowiek oddaje od spodu stóp do podłogi – około 145 W/m^2 . Dla porównania strumień ciepły dla ludzkiej głowy wynosi około 115 W/m^2 , a dla rąk około 75 W/m^2 .

Autorzy artykułu w ramach realizacji pracy inżynierskiej na Politechnice Wrocławskiej w Legnicy przeanalizowali systemy grzewcze w wybranych dolnośląskich kościołach. Oprócz analizy technicznej i ekonomicznej przeprowadzili także wywiady z proboszczami i wiernymi na temat systemów ogrzewania w kościołach z naciskiem na subiektywne odczucie komfortu cieplnego w okresie zimowym w wybranych budynkach bezpośrednio po zakończeniu nabożeństwa.

2. Metody ogrzewania budynków sakralnych

2.1. Ogrzewanie nadmuchowe

W kościele pw. Najświętszego Serca Pana Jezusa w Legnicy od 2003 r. eksploatuje się ogrzewanie nadmuchowe. Źródłem ciepła są 4 piece gazowe ogrzewające poprzez wymiennik ciepła powietrze, którego obieg jest wymuszany wentylatorem (rys. 2). Ogrzane powietrze poprzez kanały wentylacyjne trafia do kratki nadmuchowych umieszczonych w podłodze świątyni (rys. 3). Oprócz kanałów nawiewnych zainstalowano także kanały powietrza recyrkulacyjnego, aby ograniczyć straty ciepła.

Ogromną zaletą tego ogrzewania jest brak wody w instalacji grzewczej, dlatego można je w dowolnym momencie załączyć i wyłączyć. Poza tym pewność działania tego rozwiązania jest na bardzo wysokim poziomie, o czym świadczy m.in. brak jakichkolwiek awarii od momentu rozruchu instalacji grzewczej.

Praktycznie jedynym widocznym elementem tego ogrzewania są kratki wentylacyjne, które zdecydowanie wkomponowują się w architekturę budynku. Ze względu na małą bezwładność tego systemu grzewczego efekt nagrzewania jest odczuwalny już po kilku minutach od włączenia ogrzewania. Istnieje także możliwość rozbudowy istniejącej instalacji.



Rys. 2. Piec gazowy do ogrzewania nadmuchowego



Rys. 3. Kratki nadmuchowe oraz widoczne ubrudzenie ściany przy kratkach

Do wad tego rozwiązania można zaliczyć widoczne ubrudzenia ścian przy kratkach nadmuchowych z powodu osadzającego kurzu z ogrzanego w piecach powietrza.

2.2. Maty grzewcze

W kościele pw. św. Faustyny Kowalskiej w Jaworze zastosowano maty ściennie w postaci marmurowych grzejników promiennikowych (rys. 4). Ich możliwość akumulacji ciepła można odczuć do 2,5 h po wyłączeniu mat. Ze względu na tak dużą bezwładność system wyłączenia min. 1 h przed pierwszym na-

bożeństwem. Grzejnik marmurowy jest standardowo wyposażony w dwufunkcyjny termostat do sterowania temperaturą pomieszczenia (nadrzędnie) oraz płytą grzewczą (podrzędnie). Grzejnik rozgrzewany jest do temperatury bliskiej 65°C , a w przypadku niskiej temperatury zewnętrznej przestawia się tę wartość nawet na 85°C . Takie wartości osiąganych temperatur wymagają umieszczenie znaków ostrzegawczych przed potencjalnym poparzeniem. Po nagraniu się grzejnika do ustalonej temperatury przechodzi on w fazę dynamicznej akumulacji ciepła, w czasie której załącza się i wyłącza w przedziałach ok. 10 min.

Zaletą tego rozwiązania jest wygląd grzejników, które harmonijnie wkomponowują się w architekturę kościoła.



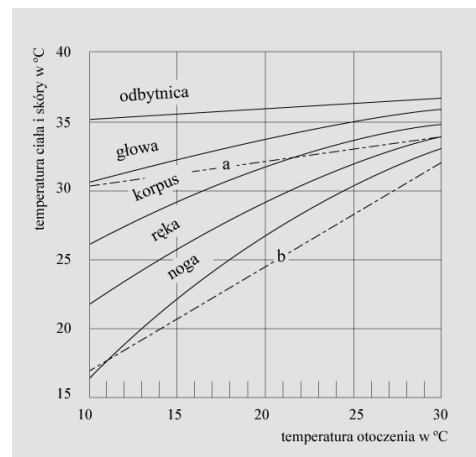
Rys. 4. Marmurowy grzejnik promiennikowy

W kościele pw. św. Marcina w Jaworze zainstalowano ławkowe maty grzewcze (przykładową matę ławkową pokazano na rysunku 5). Są one podzielone na strefy, które załączają się na skutek nacisku na matę. W ten sposób ich grzanie w sposób automatyczny dostosowuje się do aktualnego zapotrzebowania. Jednakże analizując rozkład temperatury poszczególnych części ludzkiego ciała (rys. 6) można dojść do wniosku, że jest to bardzo nietrafiony system grzewczy. Najgorętszą partią ludzkiego ciała są okolice odbyticy i jej dodatkowe nagrzewanie wpływa negatywnie na metabolizm człowieka.

O wiele lepszym rozwiązaniem są dywaniki grzewcze, które ogrzewają najzimniejsze partie ludzkiego ciała, czyli stopy i nogi. Na rysunku 7 pokazano przykład takiego dywanika umieszczonego przed ołtarzem, co znacząco w okresie zimowym podnosi komfort sprawowania nabożeństwa przez duszpasterza.



Rys. 5. Ławkowa mata grzewcza [4]



Rys. 6. Temperatura powierzchni organów człowieka w zależności od temperatury otoczenia: a – średnia temperatura skóry pokrytej odzieżą; b – średnia temperatura ciała bez ubrania [3]



Rys. 7. Dywanik grzewczy przed ołtarzem [4]

2.3. Promienniki

W ewangelickim kościele Zbawiciela w Cieplicach zainstalowane są promienniki. Są one umieszczone w okolicy ołtarza (skierowane na duszpasterzy) oraz na emporach (skierowane na wiernych). Promienniki praktycznie nie ingerują w mikroklimat panujący w świątyni. Ich

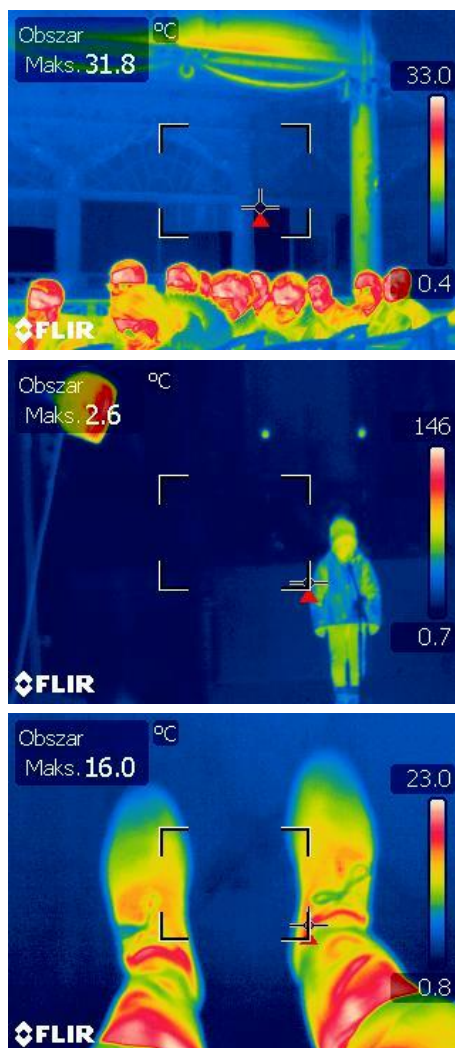
promieniowanie nie unosi i nie przenosi kurzu. Załączenie tego systemu grzewczego jest odczuwalne praktycznie natychmiast od momentu załączenia.



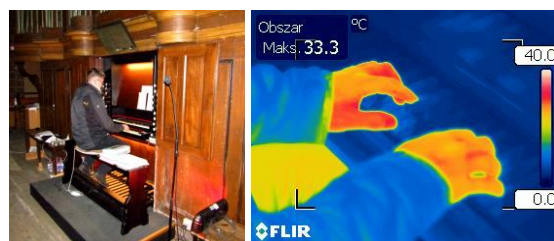
Rys. 8. Promiennik w kościele Zbawiciela w Cieplicach

W trakcie nabożeństwa ekumenicznego w grudniu 2021 roku wykonano termogramy kamerą termowizyjną. Z przeprowadzonych badań wynika, że promienniki są skuteczne w przypadku ogrzewanie górnych partii ludzkiego ciała, przede wszystkim głowy. Jednakże z powodu relatywnie dużej wysokości ławek i małej szerokości między oparciami promieniowanie od promienników do podłogi, nóg i stóp jest mocno ograniczone, przez co dochodzi do oziębiania tych części ludzkiego ciała. Bezpośredni wywiad z wiernymi po Nabożeństwie potwierdził ww. analizę, ponieważ większość z nich skarżyła się na zziębnięte nogi przy podkreśleniu odczuwalnego komfortu cieplnego wyższych partii ciała.

We wspomnianym wcześniej kościele pw. św. Marcina w Jaworze organista narzekający na drętwienie palców u rąk w okresie zimowym (brak możliwości zakładania rękawiczek ze względu na precyzję w trakcie korzystania z klawiatury organów) zainstalował promiennik skierowany na jego dłonie. Pomimo nieoptymalnego położenia promiennika (promieniowanie z jednego boku, a nie z góry) problem drętwienia palców zamienił się w komfort cieplny potwierdzony badaniami termicznymi (rys. 10).



Rys. 9. Termogramy wykonane w trakcie nabożeństwa ekumenicznego w kościele Zbawiciela w Cieplicach w grudniu 2021 r.



Rys. 10. Zastosowanie promiennika na chórze w kościele pw. św. Marcina w Jaworze

2.4. Porównanie rozpatrywanych systemów grzewczych

W trakcie analizy rachunków za paliwo gazowe i energię elektryczną w kościołach pw. Najświętszego Serca Pana Jezusa w Legnicy, pw. św. Faustyny Kowalskiej w Jaworze i Zbawiciela w Cieplicach dokonano oszacowania kosztów ogrzewania w przeliczeniu na 1 wierne w trakcie 1 nabożeństwa. Wyniki przed-

stawiono w tabeli 1. Uwzględniono koszty ogrzewania w okresie zimowym 2018/2019. Z analizy wynika, że najkorzystniejszym systemem grzewczym jest ogrzewanie nadmuchowe. Otrzymane wyniki oszacowania wymagają jednak komentarza.

Ogrzewania nadmuchowe jest systemem grzewczym, które znacząco poprawiają komfort cieplny w budynkach sakralnych w okresie zimowym [3, 5, 7]. Jednakże opłacalność tego systemu grzewczego zależy od liczby nabożeństw w ciągu dnia i frekwencji na nich, kiedy ogrzewanie jest załączane. Analizując liczbę mszy św. w niedzielę i święta w legnickich parafiach (tab. 2) widać, że kościół pw. Najświętszego Serca Pana Jezusa wraz z kościołem pw. Jana Chrzciciela oferują największą liczbę nabożeństw w niedzielę i święta, bo aż 8. Poza tym system grzewczy w kościołach w większych miejscowościach zapewniający komfort cieplny wiernym w okresie zimowym jest jedną z przyczyną zjawiska churchingu, które polega na uczęszczaniu na nabożeństwa wiernych z innych parafii. W przypadku parafii miejskich, których jest kilka jak nie kilkanaście w 1 miejscowości, gdzie odległości między kościołami są relatywnie małe, zjawisko churchingu z powodu komfortu cieplnego jest mocno zauważalne. Biorąc pod uwagę system finansowania Kościoła Rzymskokatolickiego, które jest oparte na dobrowolnych ofiarach wiernych w trakcie nabożeństw, stosowanie systemów grzewczych zapewniających komfort cieplny w parafiach miejskich jeszcze bardziej podnosi opłacalność tego typu rozwiązań kosztem parafii, z których w okresie zimowym obserwuje się wpływ praktykujących wiernych w okresie zimowym.

Należy nadmienić także obserwacje poczynione w kościele pw. św. Jana Chrzciciela w Cieplicach w grudniu 2021 roku (rys. 10). Cieplice są uzdrowiskową dzielnicą Jeleniej Góry posiadającą znacząco bazę sanatoryjną. W kościele tym również zastosowano nagrzewanie nadmuchowe, którego opłacalność jest uzasadniona zwiększoną liczbą wiernych w trakcie mszy św. w niedzielę i święta w postaci kuracjuszy z cieplickich sanatoriów. W trakcie ogłoszeń duszpasterskich ksiądz posługujący w tym kościele wspominał o kosztach ogrzewania przekraczającego w tym okresie sumę 10 000 zł miesięcznie, ale ze względu na chęć zapewnienia komfortu cieplnego i dobrą frekwencją w niedzielnych mszach św. (bez

wątpienia wynikającą również z powodu załączonego ogrzewania) zapewniając o załączaniu ogrzewania w każdą niedzielę i święta w okresie zimowym.

Tab. 1. Koszty ogrzewania w przeliczeniu na 1 wiernego w trakcie 1 nabożeństwa

rodzaj ogrzewania	grudzień 2018 / styczeń 2019	luty 2019 / marzec 2019
nadmuchowe	0,25 zł	0,23 zł
grzejnik marmurowy ścienny	0,37 zł	0,31 zł
promienniki	0,37 zł	0,31 zł

Tab. 2. Liczba mszy św. w niedzielę i święta w legnickich parafiach rzymskokatolickich [6]

Parafia	liczba mszy św. w niedzielę i święta
św. app. Piotra i Pawła	6
Matki Bożej Częstochowskiej	3
Matki Bożej Królowej Polski	5
Najświętszego Serca Pana Jezusa	8
Podwyższenia Krzyża Świętego	6
św. Jacka Odrowąża	4
św. Jadwigi Śląskiej	4
św. Jana Chrzciciela	8
św. Joachima i Anny	4
św. Józefa Opiekuna Zbawiciela	3
św. Tadeusza Apostoła	5
św. Wojciecha	4
Świętej Rodziny	4
Świętej Trójcy	5

Biorąc pod uwagę obecną sytuację na rynku paliw i energii (III kwartał 2022 roku) oraz spostrzeżenia proboszczów zarządzających parafiami, którzy słusznie narzekają na ogromny wzrost kosztów związanych z ogrzewaniem podkreślając brak istotnego wzrostu ofiar od wiernych uczęszczających na nabożeństwa, najbliższy okres zimowy 2022/2023 będzie pod tym względem niezwykle trudny. Te problemy mogą wręcz doprowadzić do całkowitej rezygnacji bądź istotnego ograniczenia załączenia istniejących systemów grzewczych w kościołach z powodów ekonomicznych.



Rys. 10. Kościół pw. św. Jana Chrzciciela w Cieplicach

3. Wnioski

Dobór skutecznego systemu grzewczego dla budynku sakralnego jest skomplikowany ze względu na fizjologię człowieka oraz mikroklimat panujący we wnętrzu budowli. Źle dobrany system grzewczy może zupełnie irracjonalnie wpływać na termikę wiernych szkodząc ich metabolizmowi i powodować niszczenie konstrukcji i wyposażenia kościołów, szczególnie wykonanych z drewna.

Biorąc pod uwagę system finansowania Kościołów i czasookresy korzystania z budynków sakralnych należy zwrócić uwagę na bezwładność systemu grzewczego oraz możliwość dostosowania do liczby wiernych biorących udział w nabożeństwie. Systemy grzewcze o dużej bezwładności są uzasadnione tylko w przy-

padku kościołów oferujących dużą liczbę nabożeństw w niedzielę i święta przy względnie dużej frekwencji.

Podstawowym dyskomfortem odczuwanym w trakcie mroźnych dni w budynkach sakralnych jest ochładzania nóg i stóp, dlatego kluczem do zapewnienia komfortu cieplnego jest podniesienie temperatury podłogi, aby zmniejszyć strumień ciepły z tych partii ludzkiego ciała do podłoża budowli. Błędem jest stosowanie ławkowych mat ciepłych ogrzewających tylko okolice odbytu ze względu na silny negatywny wpływ na metabolizm człowieka.

Jednym z najlepszych rodzajów systemów grzewczych w kościołach, pod względem komfortu cieplnego, jest ogrzewanie nadmuchowe. Godnym polecenia systemem są promienniki, ale umieszczone w taki sposób, aby ich promieniowanie mogło dojść do nóg wiernych i podłogi.

Komfort cieplny jest także jednym z powodów zjawiska churchingu, czyli uczęszczanie na nabożeństwa wiernych z innych parafii. Zjawisko to jest szczególnie widoczne w parafiach miejskich, gdzie odległości między kościołami są relatywnie małe. Zwiększa to opłacalność ekonomiczną stosowania ogrzewania w kościołach mogących zapewnić komfort cieplny kosztem kościołów, które nie mogą takiego komfortu zapewnić i z których wierni przechodzą w okresie zimowych z powodów termicznych.

4. Literatura

- [1]. www.kosciolpokoju.pl
- [2]. www.bolkow.pl
- [3]. www.ogrzewanie-kosciolow.pl
- [4]. www.kamo.com.pl
- [5]. C. B. William Bordass, "Heating your church", *Church House Publishing*, 1996
- [6]. www.diecezja.legnica.pl
- [7]. Halina Koczyk, „Ogrzewnictwo praktyczne. Projektowanie, montaż, certyfikacja energetyczna, eksploatacja.”, *Systherm*, 2009