

Anna LIS, Piotr LIS
Politechnika Częstochowska

WARUNKI EKSPLOATACJI BUDYNKÓW OŚWIATOWYCH A ZUŻYCIE CIEPŁA DO ICH OGRZEWANIA

Długotrwała bądź nieprawidłowa eksploatacja budynku, szczególnie przy niskich nakładach na remonty, może prowadzić do częściowego niszczenia substancji budowlanej oraz zwiększania kosztów ogrzewania. W artykule przeprowadzono analizę wpływu wybranych cech związanych z eksploatacją budynków, ich stanem technicznym oraz systemami centralnego ogrzewania na sezonowe zużycie ciepła do ogrzewania pomieszczeń dla grupy budynków oświatowych, głównie szkół podstawowych.

Słowa kluczowe: zużycie ciepła do ogrzewania budynków, budynki oświatowe, stan techniczny struktury budowlanej

WPROWADZENIE

Przyczyn wysokiego zużycia ciepła do ogrzewania budynków upatruje się głównie w nadmiernych stratach ciepła przez przegrody oraz pokaźnych stratach ciepła na podgrzanie powietrza wymienianego w procesie wentylacji. Jednak występowanie wad i usterek, niesprawna, wadliwie działająca bądź przestarzała instalacja grzewcza, brak opomiarowania zużycia ciepła, brak możliwości sprawnej regulacji dostarczania i przekazywania ciepła, a także sposób użytkowania pomieszczeń mają czasem nie mniejszy wpływ na ostateczną wartość tego zużycia. Prawidłowa eksploatacja, a tym samym utrzymanie budynku w należytych stanie technicznym, jest bowiem nierozdzielnie związana ze zużyciem ciepła do ogrzewania pomieszczeń. Błędy i zaniedbania w tym zakresie mogą powodować nadmierną energochłonność ogrzewania obiektów oraz pogorszenie komfortu cieplnego przebywających w nich ludzi.

Pojęcie prawidłowej eksploatacji budynku oświatowego jest powiązane zarówno z jego stanem technicznym, jak i gospodarką remontową i obejmuje budynek jako budowlano-instalacyjną całość. Nie bez znaczenia dla zużycia ciepła do ogrzewania takiego obiektu pozostaje także specyficzne, funkcjonalne wykorzystywanie poszczególnych jego części.

Wykazano znaczne różnice w zużyciu ciepła w dwóch jednakowych budynkach z identycznymi źródłami ciepła [1]. Różnice te wynikają z oczekiwań w stosunku do

warunków, jakie powinny panować w pomieszczeniach w związku z ich funkcją, oraz z indywidualnych upodobań poszczególnych ich użytkowników, związanych z ich przyzwyczajeniami i wymaganiami, jak choćby te dotyczące wysokości temperatury utrzymywanej w pomieszczeniach.

Ze względu na oszczędność energii przebywanie ludzi w pomieszczeniach powinno być ściśle określone i powtarzalne. W praktyce jest to w większym stopniu możliwe w budynkach użyteczności publicznej niż w budynkach mieszkalnych, przy czym w grupie budynków oświatowych harmonogram pracy przedszkoli jest bardziej powtarzalny niż pracy szkół. W pełni zadanie to jest jednak trudne do zrealizowania. Określona czasowość użytkowania budynków powinna być wykorzystana do zmniejszania zużycia energii cieplnej poprzez obniżanie temperatury powietrza w okresie, w którym budynek nie jest użytkowany. Drastyczne obniżanie temperatury powietrza może jednak prowadzić do nadmiernego przechłodzenia budynku i być przyczyną zwiększonego poboru ciepła w stosunku do stanu przy braku redukcji temperatury. Obniżanie temperatury powietrza w pomieszczeniach należy dostosować do charakterystyki cieplno-energetycznej budynku oraz panujących warunków klimatycznych. Jest ono niewskazane w budynkach lekkich i o niskiej izolacyjności cieplnej.

Budynki na przestrzeni czasu ulegają, niestety, procesowi starzenia. Ich stan techniczny wynikający z nieprawidłowej bądź długotrwałej eksploatacji może być przyczyną powstawania wad i usterek, szczególnie przy niskich nakładach na remonty. Niestety, stan techniczny budynków oświatowych ulega poprawie zazwyczaj w bardzo wolnym tempie ze względu na szczupłość środków finansowych. Budynki sporadycznie poddawane są kapitalnym remontom czy pracom termomodernizacyjnym w trakcie ich długoletniej eksploatacji. Poważniejsze naprawy czy remonty ingerujące w substancję materiałowo-konstrukcyjną budynku prowadzone są raczej na bieżąco w konsekwencji zaistnienia konieczności ich wykonania. Może to prowadzić do częściowego niszczenia substancji budowlanej oraz zwiększenia kosztów jej ogrzewania.

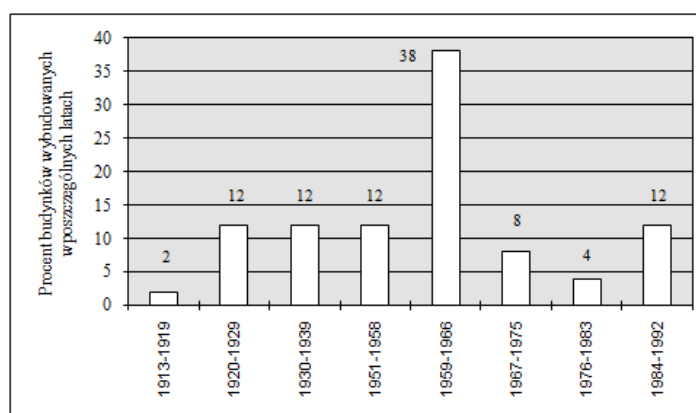
1. CHARAKTERYSTYKA ROZPATRYWANEJ ZBIOROWOŚCI BUDYNKÓW

Analizę wpływu wybranych cech związanych z eksploatacją budynków, ich stanem technicznym oraz systemami centralnego ogrzewania na sezonowe zużycie ciepła do ogrzewania pomieszczeń przeprowadzono dla grupy budynków oświatowych - głównie szkół podstawowych, zlokalizowanych na terenie Częstochowy.

W grupie badanych obiektów 46% stanowią budynki zasilane w ciepło z ciepłowni należących do Przedsiębiorstwa Energetyki Ciepłej, a pozostała część to budynki posiadające kotłownie własne, zlokalizowane w obrębie struktury budynku w kondygnacji piwnicznej. Obiekty korzystające z usług Przedsiębiorstwa Energetyki Ciepłej są zazwyczaj obiektami wielkokubaturowymi, przeciętnie znacznie większymi od budynków posiadających kotłownie własne. Instalacje centralnego ogrze-

wania w badanych budynkach funkcjonują przeciętnie 26 lat, przy zakresie wartości od 2 do 59 lat. W szkołach dysponujących kotłowniami własnymi kotły centralnego ogrzewania są eksploatowane przeciętnie przez 9,5 roku, przy zakresie wartości od 1 roku do 26 lat. W większości kotłowni zainstalowane są stosunkowo przestarzałe kotły opalane węglem kamiennym lub koksem. Jedynie kilka kotłowni wyposażonych jest w źródła ciepła wykorzystujące gaz ziemny. W kilkunastu budynkach istnieje niesprawną automatyka termoregulacyjna pogodowo-czasowa systemu ogrzewania lub deklarowano ręczną regulację temperatury.

Obiekty mieszczące badane szkoły wybudowano w latach 1913-1992, przy czym 75% budynków wzniesiono w okresie powojennym, w tym około 60% po 1957 roku. Na rysunku 1 przedstawiono procent budynków z rozpatrywanej zbiorowości wybudowany w poszczególnych latach.



Rys. 1. Ilości badanych budynków szkół wybudowanych w poszczególnych okresach

Tabela 1. Wykorzystanie podpiwniczenia budynków, związane z koniecznością ich ogrzewania

Podpiwniczenie i sposób jego wykorzystania	Procentowy udział budynków w całej rozpatrywanej zbiorowości %
Pod mniejszą częścią budynku	28
Pod połową budynku	12
Pod większą częścią budynku	34
Pod całym budynkiem	10
Część podpiwniczenia ogrzewana	12
Całe podpiwniczenie ogrzewane	60
Szatnia w podpiwniczeniu	50
Sale lekcyjne w podpiwniczeniu	26
Świetlica w podpiwniczeniu	10
Magazyn w podpiwniczeniu	60

Pomieszczenie gospodarcze w podpiwniczeniu	20
Schron w podpiwniczeniu	10
Kotłownia (wymiennikownia) w podpiwniczeniu	68

Przeciętny obiekt poddany analizie liczy około 30 lat, tak więc okres eksploatacji rozpatrywanej zbiorowości jest stosunkowo długotrwały, co zapewne nie pozostało bez wpływu na stan techniczny obiektów. Dodatkowe informacje o czynnikach mogących mieć wpływ na zużycie ciepła do ogrzewania, związanych z funkcjonalnym wykorzystaniem podpiwniczeń w tych obiektach, zaprezentowano w tabeli 1.

2. WADY I USTERKI WYSTĘPUJĄCE W BUDYNKACH

Zebrano informacje dotyczące wad i usterek stosunkowo często występujących w rozpatrywanej strukturze budynków i mogących mieć wpływ na ilość ciepła zużywanego do ich ogrzewania. Wykaz wad i usterek najczęściej spotykanych w budynkach zamieszczono w tabeli 2.

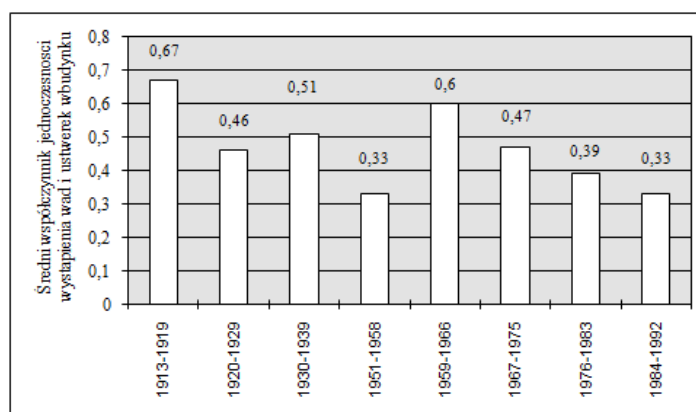
Tabela 2. Rodzaje wad i usterek najczęściej spotykanych w budynkach

Wady i usterek występujące w rozpatrywanej strukturze budynków		Procent budynków
1	Przeciekanie dachu	31
2	Zawilgocenie ścian (zewnętrznych/wewnętrznych)	21/29
3	Zagrzybienie ścian (zewnętrznych/wewnętrznych)	12/14
4	Pęknięcia ścian zewnętrznych	61
5	Uszkodzenia tynku zewnętrznego	61
6	Nieszczelność okien	84
7	Wypaczenie okien	36
8	Przeciekanie okien	23
9	Ślady korozji biologicznej na oknach	17

Najbardziej uciążliwą usterką była nieszczelność stolarki budowlanej, która powodowała wzrost strat ciepła i obniżała poziom komfortu cieplnego osób przebywających w pomieszczeniach. Na rysunku 2 przedstawiono średni współczynnik jednoczesności wystąpienia wad i usterek w jednym budynku szkoły.

Przedstawiony współczynnik jednoczesności występowania wad i usterek to stosunek ilości wad i usterek zauważonych w danym obiekcie do ich 9 rodzajów poddanych analizie. Wystąpienie jednej z wad lub usterek oznaczano, przypisując temu faktowi ilość 1. Podane na wykresie wartości współczynnika odnoszą się do przeciętnego budynku wybudowanego w jednym z rozpatrywanych okresów.

Badane obiekty wybudowano według różnych wymagań ochrony cieplnej budynków, obowiązujących w Polsce w okresie 1918-1992, jeśli takie wymagania w ogóle istniały w danym okresie budowy. Własności termoizolacyjne przegród zewnętrznych budynku zależą oczywiście również od ich stanu technicznego i przeprowadzania w odpowiednim czasie niezbędnych prac remontowych. Nadmierne zawilgocenie materiału, niekontrolowana nieszczelność spowodowana pęknięciami lub uszkodzeniami powierzchni zewnętrznych, wzajemne niedopasowanie elementów przegrody i podobne czynniki wpływają na pogorszenie się ich własności. Przyczyny takiego stanu rzeczy należy w pierwszym rzędzie upatrywać w zwiększonej przewodności cieplnej zawilgoconego materiału, z którego skonstruowana jest przegroda, jak i w nadmiernej, niekontrolowanej infiltracji chłodnego powietrza do wnętrza ogrzewanej kubatury przez nieszczelną bądź wypaczoną stolarkę budowlaną. Powoduje to oczywiście zbyt duże zużycie ciepła do ogrzewania budynku w stosunku do przyjętych założeń projektowych oraz pogorszenia jakości środowiska wewnątrz.



Rys. 2. Średni współczynnik jednoczesności wystąpienia wad i usterek w jednym budynku szkoły

Tabela 3. Wady i usterki mogące wpływać na termoizolacyjność przegród

Wady i usterki w budynkach	Średni udział powierzchni ogrzewanej pomieszczeń, gdzie występują wady i usterki, w powierzchni ogrzewanej budynku [%]	Średni udział sumy powierzchni ogrzewanej pomieszczeń, gdzie występują wady i usterki w powierzchni ogrzewanej budynku [%]
Przeciekanie dachu	5	4,3
Zawilgocenie ścian zewn.	10	9,1
Zagrzybienie ścian zewn.	6	5,4
Pęknięcia ścian zewn.	1	0,5
Uszkodzenia tynku zewn.	11	10,5

Nieszczelność okien	91	87,0
Wypaczenie okien	70	67,0
Przeciekanie okien	61	58,2
Korozja biologiczna na oknach	10	9,4

Z uwagi na powyższe, w trakcie badań analizowano między innymi stan techniczny przegród zewnętrznych i stolarki budowlanej z uwzględnieniem występujących wad i usterek, mogących mieć wpływ na obniżenie ich izolacyjności cieplnej, niekontrolowaną infiltrację powietrza oraz nadmierną energochłonność ogrzewania budynków oświatowych. W tabeli 3 przedstawiono wady i usterki w budynkach mogące wpływać na termoizolacyjność przegród oraz średni udział powierzchni ogrzewanej pomieszczeń i sumy powierzchni ogrzewanej pomieszczeń (w których występują wady i usterki), w powierzchni ogrzewanej całego budynku.

Wspomniane wady i usterki występujące w budynkach oświatowych są w pewnym sensie wypadkową poprawnej lub nieprawidłowej gospodarki remontowej związanej z bieżącą eksploatacją obiektu. Wybrane informacje dotyczące prac remontowych przeprowadzonych w budynkach przedstawiono w tabeli 4.

Tabela 4. **Rodzaje prac remontowych zrealizowane w budynkach**

Rodzaje prac remontowych	Procent budynków w badanej zbiorowości
Remont elewacji	34
Remont lub konserwacja dachu	82
Wymiana większości lub wszystkich okien	10
Wymiana kilku okien	18
Naprawa stolarki okiennej	16
Remont lub modernizacja budynku	20
Rozbudowa	20

Zasoby budowlane, którymi dysponuje oświata, wymagają stałych inwestycji modernizacyjnych lub remontowych. Prace te wymagają jednak czasami znacznych środków finansowych, często niedostępnych w wystarczającej ilości.

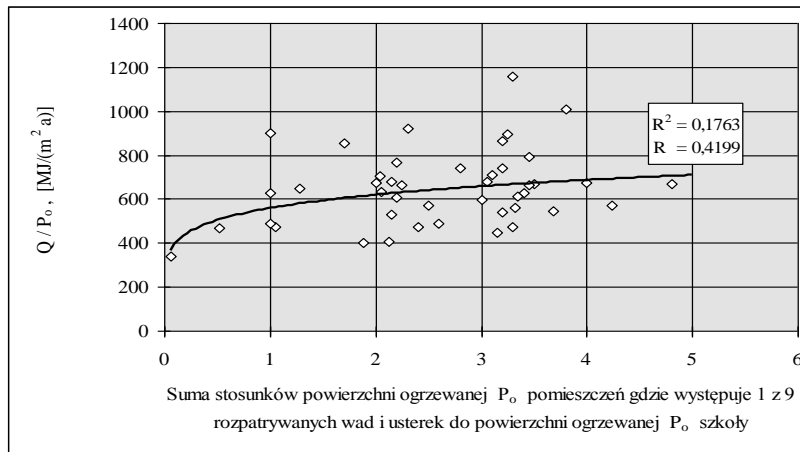
4. ENERGOCHŁONNOŚĆ OGRZEWANIA BUDYNKÓW

Moce szczytowe q dla ogrzewania budynków określono na podstawie obliczeń własnych oraz dokumentacji technicznej i finansowej szkół. Ilość zużytego ciepła Q w bazowych dla badań sezonach grzewczych ustalono w dwojaki sposób. W budynkach ze zdalczynnymi systemami centralnego ogrzewania sezonowe zużycie ciepła Q określono na podstawie odczytów z zainstalowanych w budynkach liczników cie-

pła. W obiektach z kotłowniami własnymi zużycie ciepła Q obliczono na podstawie informacji o zużyciu opału i stosowanym paliwie, jego wartości opałowej, średniej sprawności nominalnej i średniej sprawności użytkowej kotłów centralnego ogrzewania. Należy również dodać, że wspomniane wcześniej, bazowe dla prowadzonych badań, sezony grzewcze nie odbiegają istotnie od standardowego sezonu grzewczego.

Rozpatrywana zbiorowość budynków oświatowych charakteryzowała się sezonowym zużyciem ciepła Q do ogrzewania w przedziale 317÷5195 GJ przy wartości średniej $Q_{sr} = 1996,52$ GJ. Przeciętna wartość wskaźnika sezonowego zużycia ciepła do ogrzania jednego m^2 powierzchni ogrzewanej budynku oświatowego wynosi, po uwzględnieniu różnic w warunkach charakteryzujących analizowane sezony i standardowy sezon grzewczy, $(Q/P_o)_{sr} = 698,72$ MJ/(m^2a). W porównaniu do wartości wskaźnika sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzania 1 m^2 powierzchni ogrzewanej w standardowym sezonie grzewczym $E = 286÷364$ MJ/(m^2a) [2] dla stosunkowo energooszczędnych obiektów oświatowych tego typu w Europie Zachodniej zaprezentowana wcześniej wartość $(Q/P_o)_{sr}$ jest wysoka i ukazuje znaczny potencjał poprawy w tym zakresie w naszym kraju.

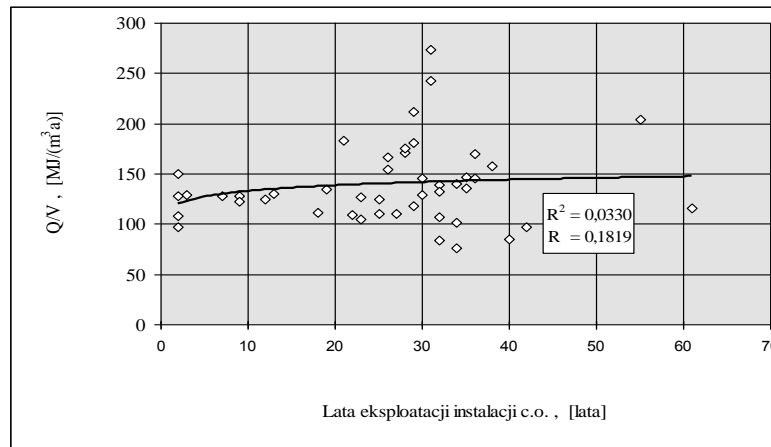
Do analizy wykorzystano zależności pomiędzy wybranymi cechami badanej zbiorowości a wskaźnikami obliczonymi na podstawie sezonowego zużycia ciepła Q do ogrzewania i mocy szczytowej q . Wspomniane wskaźniki odnoszą wartości Q do powierzchni ogrzewanej (Q/P_o) lub kubatury ogrzewanej obiektów (Q/V) . W przypadku oceny eksploatacji kotłów centralnego ogrzewania korzystano ze wskaźnika PU/Q , wyrażającego ilość paliwa umownego PU zużytego do wytworzenia 1 GJ ciepła Q . Przedstawiono analizę związków pomiędzy wybranymi czynnikami budowlanymi i instalacyjnymi a energochłonnością ogrzewania pomieszczeń. Określenie siły związku lub jego zanegowanie pozwala pośrednio ocenić poprawność eksploatacji budynku i instalacji c.o. przy znajomości przewidywanych cech rozpatrywanego związku. Na rysunku 3 zaprezentowano wartości Q/P_o w zależności od sumy stosunków powierzchni ogrzewanej P_o pomieszczeń, gdzie występuje jedna z dziewięciu rozpatrywanych wad i usterek do powierzchni ogrzewanej P_o budynku szkoły, w którym mieszczą się te pomieszczenia.



Rys. 3. Wartości Q/P_o w zależności od sumy stosunków powierzchni ogrzewanej P_o pomieszczeń, gdzie występuje 1 z 9 rozpatrywanych wad i usterek do powierzchni ogrzewanej P_o budynku szkoły, w którym mieszczą się wspomniane pomieszczenia

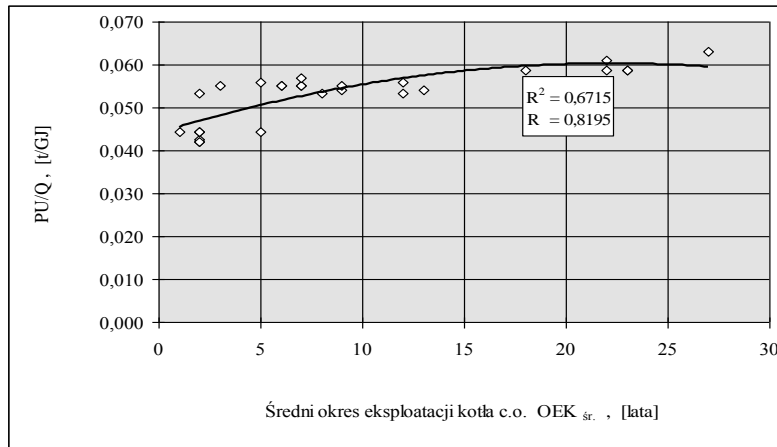
Powstałe i narastające niekiedy przez lata z powodu niemożności przeprowadzenia kapitalnych remontów z uwagi na szczupłość środków finansowych wady i usterki mogą mieć wpływ na wzrost zużycia ciepła do ogrzewania pomieszczeń w rozpatrywanej zbiorowości budynków. Wpływ ten z pewnością nie jest jednym z głównych czynników determinujących zużycie ciepła, jednakże nie można go całkowicie pomijać, zwłaszcza w analizie porównawczej teoretycznego i rzeczywistego zużycia ciepła do ogrzewania budynków.

Na rysunku 4 przedstawiono wartości wskaźnika Q/V w zależności od okresu eksploatacji instalacji centralnego ogrzewania funkcjonujących w budynkach.



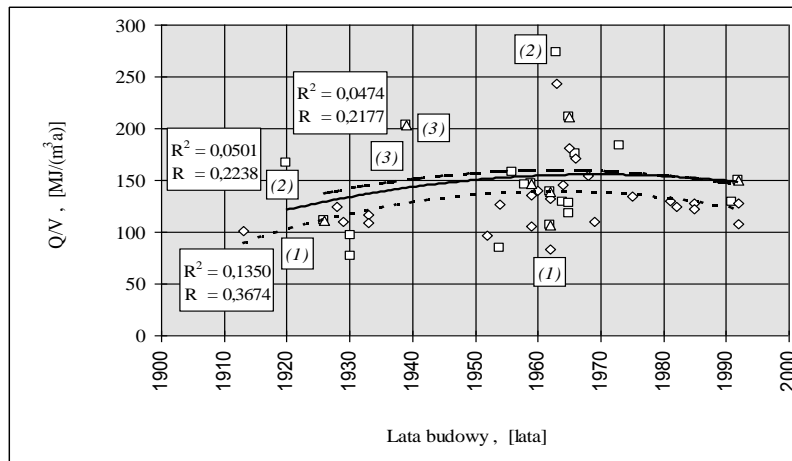
Rys. 4. Wartości wskaźnika Q/V dla budynków oświatowych w zależności od okresu eksploatacji instalacji centralnego ogrzewania funkcjonujących w tych budynkach

Na rysunku 5 przedstawiono ilość paliwa umownego zużytego do wytworzenia 1 GJ ciepła w zależności od średniego okresu eksploatacji kotła.

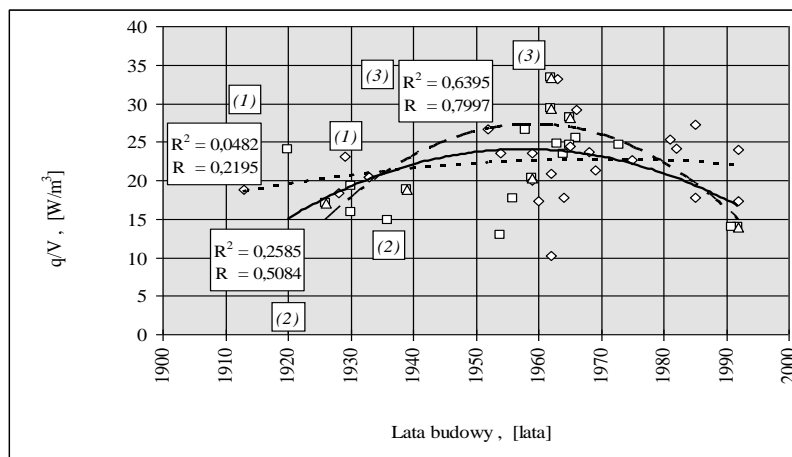


Rys. 5. Ilość paliwa umownego zużytego do wytworzenia 1 GJ ciepła w kotłowniach budynków w zależności od średniego okresu eksploatacji kotła c.o. OEK_{sr.}, t/GJ

Na rysunku 6 przedstawiono wartości wskaźnika Q/V, a na rysunku 7 wartości wskaźnika q/V dla budynków z instalacją centralnego ogrzewania w przypadku braku możliwości regulacji temperatury oraz z ręczną lub automatyczną regulacją.



Rys. 6. Wartości wskaźnika Q/V dla budynków oświatowych z instalacją centralnego ogrzewania: bez regulacji temperatury (1), z możliwością regulacji temperatury (2), z automatyczną regulacją temperatury (3)



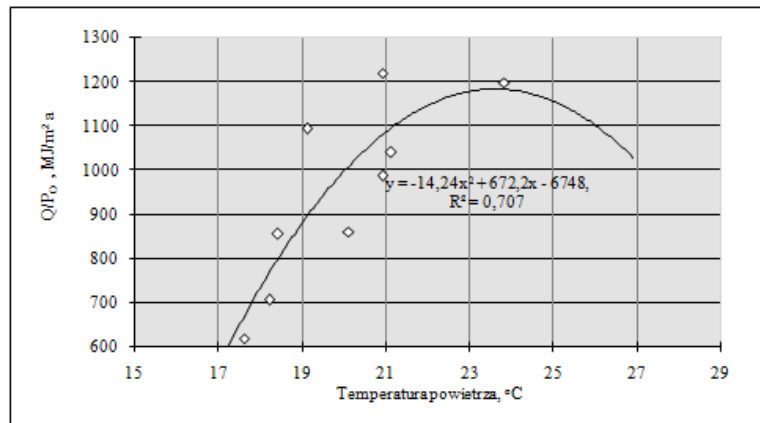
Rys. 7. Wartości wskaźnika q/V dla budynków oświatowych z instalacją centralnego ogrzewania: bez regulacji temperatury (1), z możliwością regulacji temperatury (2), z automatyczną regulacją temperatury (3)

Oczywiście, wprowadzenie automatyki pogodowo-czasowej oraz możliwości regulacji napływu ciepła do pomieszczeń byłoby wskazane w całej rozpatrywanej strukturze budynków. Potencjalne oszczędności, które można byłoby tu uzyskać, wynoszą około 10÷15%.

Ważna była też prawidłowa eksploatacja używanych kotłów. W trakcie prowadzenia badań nie stwierdzono rażących niedociągnięć w rodzaju i jakości stosowanego w kotłowniach paliwa oraz w dostosowaniu wielkości kotłów do potrzeb związanych z ogrzewaniem budynków. Wymienione czynniki nie miały istotnego negatywnego wpływu na funkcjonowanie kotłowni w badanych obiektach. Stwierdzono również, że stosowanie paliwa o wysokiej wartości opałowej daje niskie oszczędności rzędu 1÷2%, które mogą przewyższyć jego koszt.

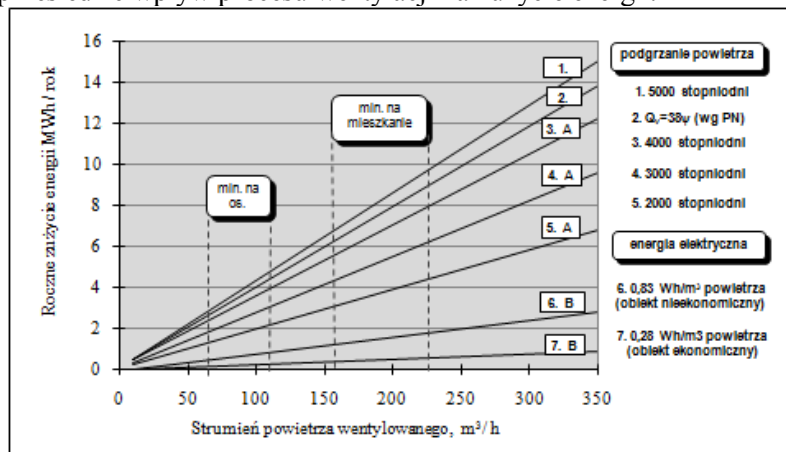
Dobór i sposób umiejscowienia grzejników w pomieszczeniu ma również wpływ na zużycie ciepła. Najbardziej niekorzystne usytuowanie grzejnika na ścianie bocznej pod sufitem zmniejsza bowiem ilość ciepła oddawanego do pomieszczenia o 10÷20%. Najodpowiedniejsze umiejscowienie grzejnika pod oknem miało miejsce w większości analizowanej struktury budynków. Obudowanie grzejnika powoduje jednak spadek oddawania ciepła nawet o 40%, co miało miejsce w dużej ilości pomieszczeń. Korzystnie na zmniejszenie zużycia ciepła wpływa stosowanie ekranów zagrzejnikowych, powodujących wzrost oddawania ciepła o około 10%. Niestety, ten prosty zabieg nie był stosowany w analizowanych budynkach.

Na potrzeby energetyczne budynków w trakcie ich eksploatacji wpływają także wartości parametrów mikroklimatu utrzymywane w pomieszczeniach, w pierwszym rzędzie wartość temperatury oraz wilgotności względnej powietrza. Na rysunku 8 przedstawiono wpływ wartości temperatury powietrza utrzymywanej w pomieszczeniach na zużycie ciepła do ich ogrzewania.



Rys. 8. Wpływ wartości temperatury powietrza utrzymywanej w pomieszczeniach na zużycie ciepła do ich ogrzewania

Proces wentylacji w naszej strefie klimatycznej wiąże się ze sporymi nakładami energetycznymi. W systemach wentylacyjnych również tkwi znaczny potencjał oszczędności energii, w większości nie odnosi się on jednak do wentylacji naturalnej powszechnie stosowanej w budynkach edukacyjnych. Straty ciepła na wentylację sięgają przy szczelnych obudowach 70÷80% ogólnej wartości strat. Na rysunku 9 można prześledzić wpływ procesu wentylacji na zużycie energii.



Rys. 9. Wpływ procesu wentylacji na zużycie energii, A - odzysk ciepła, B - energia elektryczna na wentylację mechaniczną

Stosowanie nieregulowanej wentylacji naturalnej jest niewystarczające dla jednoczesnego spełnienia wymagań związanych z właściwą wymianą i jakością powietrza w pomieszczeniach oraz oszczędnością energii do ogrzewania budynków. Przy szczelnych oknach wentylacja odbywa się przez ich otwieranie, co zwiększa zużycie energii oraz obniża poziom komfortu ze względu na gwałtowny napływ zim-

nego powietrza. Współczesne tendencje związane z procesem wentylacji powinny dążyć do doprowadzania powietrza w sposób kontrolowany, w ilości wynikającej ze sposobu użytkowania pomieszczeń. Najprostszym, a jednocześnie wymagającym niewielkich nakładów finansowych, sposobem regulacji jest sterowanie ilością powietrza docierającego do pomieszczenia. Zaawansowane systemy wykorzystują regulację automatyczną. Układ sterujący zaopatrzone jest w czujniki rejestrujące temperaturę i wilgotność względną powietrza, obecność osób w pomieszczeniu oraz poziom stężenia zanieczyszczeń. Czas zwrotu poniesionych kosztów wynosi 1-3 lat. Duży potencjał oszczędnościowy tkwi w odzyskiwaniu ciepła z powietrza usuwanego z pomieszczenia. Zmniejszenie wentylacyjnych strat ciepła należy realizować wyłącznie przez usprawnianie i kontrolowanie samego procesu wentylacji. Niedopuszczalne jest oszczędzanie energii kosztem ograniczeń wymiany powietrza poniżej rozsądnych norm higieniczno-zdrowotnych.

Niestety, w trakcie prowadzenia badań w budynkach edukacyjnych stwierdzono wysoki poziom dwutlenku węgla. Po rozpoczęciu zajęć lekcyjnych poziom dwutlenku węgla szybko wzrastał, osiągając po godzinie wartość nawet do 2000÷3000 ppm. Znaczna część osób przebywających w salach lekcyjnych sygnalizowała złą jakość powietrza w pomieszczeniach. Odczucie braku świeżego powietrza stwarzało konieczność dodatkowego wietrzenia sal poprzez otwieranie okien. W sezonie grzewczym było to powodem potęgowania strat ciepła oraz dodatkowo przyczyniało się do czasowego pogarszania stanu komfortu cieplnego osób przebywających w pomieszczeniach w związku ze zwiększoną prędkością przepływu strumienia zimnego powietrza.

PODSUMOWANIE

Analizując wpływ różnych czynników na sezonowe zużycie ciepła do ogrzewania budynków oświatowych, stwierdzono, że z pewnością nie jest on dominujący, ale też nie można go całkowicie pomijać. Zaniedbania w tym zakresie powodują z biegiem lat znaczne nasilenie negatywnego oddziaływania wspomnianych czynników na sezonowe zużycie ciepła do ogrzewania budynków.

Stan techniczny przegród zewnętrznych badanych obiektów pozostawia wiele do życzenia i w około 17% wpływa na poziom zużycia ciepła do ich ogrzewania (rys. 3). Dominującą rolę odgrywają tutaj usterki stolarki okiennej, sprzyjające nadmiernej infiltracji zimnego powietrza, które wymaga ogrzania do odpowiedniej temperatury. Obejmują one przeciętnie 70% ogrzewanych pomieszczeń. Uszkodzenia w obrębie przegród zewnętrznych w skojarzeniu z ich zawilgoceniem były przyczyną utraty ich własności termoizolacyjnych. W przypadku pęknięć ścian dochodziło także do infiltracji zimnego powietrza. Prowadzone prace remontowe w małym stopniu ingerowały w substancję materiałowo-konstrukcyjną budynków, co było przyczyną stałego pogłębiania się wpływu wad i usterek na wielkość energii cieplnej zużywanej do ich ogrzewania. Prace remontowe zrealizowane w ostatnich latach zmieniają ten stan jedynie w sposób symboliczny, koncentrując się przede

wszystkim na robotach elewacyjnych i dekarских. Korzystne byłoby w tym przypadku skojarzenie inwestycji termomodernizacyjnych z przeprowadzeniem kompleksowych prac remontowych. Zwiększałoby to efektywność podjętych działań zarówno w zakresie energooszczędności, jak i opłacalności wykonania prac, których czas zwrotu nakładów jest długi, a osobne wykonanie nieopłacalne.

Podczas badań stwierdzono, że 60% podpiwniczeń istniejących w budynkach oświatowych jest ogrzewanych w całości, zazwyczaj do temperatury takiej samej jak w salach lekcyjnych, co oczywiście zwiększa energochłonność ogrzewania. W przypadku 33% obiektów, w podpiwniczeniach, oprócz pomieszczeń technicznych i gospodarczych, znajdują się jedynie szatnie, które przy specyfice ich użytkowania są nadmiernie ogrzewane. W znacznej części szkół istnieje więc potrzeba racjonalizacji ogrzewania tych części budynków.

Dla oceny poprawności eksploatacji instalacji centralnego ogrzewania (w tym między innymi dokonywania okresowych przeglądów i konserwacji) wykorzystano wykres zależności pomiędzy okresem funkcjonowania wspomnianej instalacji a zużyciem ciepła w budynkach, gdzie jest zainstalowana (rys. 4). Mała wartość współczynnika korelacji świadczy o istnieniu niewielkiego związku tych wielkości. W przypadku wyraźnych nieprawidłowości w technicznym utrzymaniu instalacji centralnego ogrzewania należałoby się spodziewać większej wartości współczynnika korelacji. Fakt ten uznano za pośrednie potwierdzenie braku dużych niedociągnięć w pracach konserwacyjno-remontowych w trakcie wieloletniej eksploatacji instalacji centralnego ogrzewania. Natomiast wzrost zużycia paliwa wraz z wiekiem eksploatowanego kotła (rys. 5) należy interpretować raczej jako wynik naturalnego starzenia się zastosowanych rozwiązań technicznych, a nie jako spadki sprawności kotłów wynikające z błędów eksploatacyjnych.

Zwrócono również uwagę na możliwości zmniejszenia zużycia ciepła przez okresowe (ręczne lub automatyczne) dostosowanie pracy systemu ogrzewania do zmieniających się warunków. Wyposażenie systemu centralnego ogrzewania w automatykę termoregulacyjną, pogodowo-czasową lub dokonywanie ręcznej regulacji parametrów ogrzewania deklarowano w kilkunastu z analizowanych placówek oświatowych. Niestety, analiza ujawniła (rys. 6), że zużycie ciepła do ogrzewania w tych budynkach jest przeciętnie większe od zużycia w pozostałych obiektach, gdzie wspomniana regulacja nie występowała. Świadczy to o błędach lub braku wykorzystania regulacji systemu centralnego ogrzewania albo o wadliwym funkcjonowaniu automatyki regulacyjnej. Mając to na uwadze, stwierdzono, że możliwości obniżenia zużycia ciepła do ogrzewania występujące w tym zakresie w części z badanych budynków nie są wykorzystywane lub są wykorzystywane jedynie w niewielkim stopniu. Sytuacja taka może również wynikać z nadmiernego wychłodzenia szkolnych pomieszczeń w okresie obniżenia temperatury wewnątrz i nadmiernego zużycia ciepła przy powrocie ich ogrzewania do temperatury przewidzianej w warunkach użytkowania poszczególnych pomieszczeń. Wykres wykonany z wykorzystaniem projektowanej wielkości mocy szczytowej q (rys. 7) jest mniej płaski, a przedstawione tutaj zależności charakteryzują się wyższymi wartościami współ-

czynników korelacji. Może to świadczyć o nieuwzględnieniu w obliczeniach projektowych funkcjonowania automatycznej lub ręcznej regulacji.

Utrzymywanie żądanych wartości parametrów mikroklimatu w trakcie eksploatacji budynków rzutuje w znacznym stopniu na potrzeby energetyczne. Na ich wielkość wpływa głównie wartość temperatury utrzymywana w pomieszczeniach. Im jest ona niższa, tym niższe są straty ciepła. Obniżenie temperatury z 20 na 18°C powoduje spadek zapotrzebowania na ciepło o około 12% [1]. Wymaganie, by utrzymywać wilgotność względną na poziomie 50% obowiązujące przy instalacjach wentylacyjnych, również zwiększa zużycie energii. Wysoka wilgotność jest niekorzystna zarówno ze względu na oszczędność energii, jak i kształtujące się w zwią-

ku z nią warunki komfortu. Trudno jest więc pogodzić oczekiwania zmierzające do zapewnienia prawidłowych warunków mikroklimatu z ograniczeniami podyktowanymi chęcią minimalizowania nakładów finansowych na eksploatację budynków.

Wymagania odnoszące się do mikroklimatu pomieszczeń i komfortu cieplnego mogą znajdować się w konflikcie ze zbyt kategorycznym nakazem minimalizowania ilości energii cieplnej zużywanej w procesie eksploatacji budynków. Nie oznacza to jednak konieczności całkowitej rezygnacji z działań energooszczędnych. Wydatki związane z realizowaniem programu racjonalnego użytkowania energii cieplnej w budynkach przy utrzymaniu prawidłowych warunkach komfortu cieplnego, są relatywnie niezbyt wysokie w stosunku do całkowitych kosztów inwestycyjnych. Sytuacja ta jest korzystniejsza wówczas, gdy zalecenia energooszczędne wdraża się na etapie projektowania, a nie w istniejącym już budynku.

Podsumowując działania zmierzające do racjonalizacji zużycia ciepła do ogrzewania budynków, w tabeli 5 przedstawiono prace najczęściej wykonywane w budynkach w odniesieniu do uzyskiwanych potencjalnych korzyści, wyrażonych zmniejszeniem zużycia ciepła oraz czasem prostego zwrotu nakładów poniesionych na określone przedsięwzięcia.

Tabela 5. Oszczędności ciepła w efekcie działań zmierzających do racjonalizacji jego zużycia

Działania zmniejszające zużycie ciepła do ogrzewania pomieszczeń	Oszczędność ciepła [%]	Prosty czas zwrotu nakładów [lata]
Docieplenie ścian zewnętrznych	10÷25	8÷10
Docieplenie stropodachu	5	4÷6
Docieplenie ścian i stropodachu	15÷30	7÷9
Uszczelnienie stolarki	5÷8	2÷4
Wymiana okien na 3-szybowe	10÷20	12÷15
Docieplenie ścian, stropodachu, wymiana okien	35÷45	10÷12
Wymiana pieców c.o. z węglowych na gazowe	20÷30	1÷2
Stosowanie paliwa o większej wartości opałowej	1÷2	–

Systematyczne czyszczenie pieców kotłowych	25÷30	< 1
Przestrzeganie instrukcji obsługi pieców c.o.	3÷8	< 1
Zastosowanie automatyki w węźle cieplnym	10÷15	2÷4
Indywidualne rozliczanie za ciepło	10÷20	2
Modernizacja systemu c.o.	10÷25	2÷3
Indywidualne rozliczanie za ciepło, automatyka w węźle, uszczelnienie okien	30	1÷3
Montaż ekranów zagrzejnikowych	5÷8	2

LITERATURA

- [1] Lis A., Ocena poziomu zużycia ciepła w budynkach, Czasopismo Techniczne 2009, R. 106:1-B, zeszyt 5, 157-165.
- [2] Boonekamp P., Trends and Policies for Space Heating in the EU-27, Energy Efficiency in Buildings - Improving the database, Berlin 2008.

EXPLOITATION CONDITIONS ON EDUCATIONAL BUILDINGS AND HEAT CONSUMPTION FOR THEIR HEATING

This article presents the results of the research of the seasonal heat demand for heating Q and heat power q in educational buildings. The article presents the selected factors connected with exploitation of educational buildings, to have an influence on the seasonal consumption of heat Q used for heating.

Keywords: heat consumption for heating buildings, educational buildings, technical condition of the building structure