

prof. dr hab. inż. Władysław Szaflik
Katedra Ogrzewnictwa, Wentylacji i Ciepłownictwa
Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego
70-310 Szczecin, ul. Al. Piastów 50
e-mail: wladyslaw.szaflik@zut.edu.pl

Szczecin, dn. 20 marca 2021 r.

RECENZJA

Pracy doktorskiej **mgr inż. Karola Bandurskiego**

pt. „*Wpływ użytkowników na bilans energetyczny budynków mieszkalnych
– badania i modelowanie*”

1. Podstawa opracowania recenzji

Recenzję opracowano na zlecenie Dziekana Wydziału Budownictwa i Inżynierii Środowiska Politechniki Poznańskiej w Poznaniu (pismo: WISIE.63.12.2021 z dnia 18.02.2021 r.). Podstawą opracowania jest egzemplarz pracy doktorskiej, literatura naukowa dotycząca zakresu pracy oraz wyniki badań własnych.

2. Tematyka rozprawy

Tytuł rozprawy ma postać: „*Wpływ użytkowników na bilans energetyczny budynków mieszkalnych – badania i modelowanie*”. Jest sprawą oczywistą, że zużycie energii przez budynek zależy od dwóch elementów, to jest rozwiązania projektowego budynku i sposobu korzystania z lokali przez zamieszkujących go ludzi. Często inżynierowie zajmując się pierwszym elementem zapominają o bardzo ważnym drugim. Możemy posłużyć się dla istniejącego budynku pojęciem stopnia zużycia energii zdefiniowanego jako stosunek rzeczywistej ilości pobranej energii przez budynek do ilości pobranej energii wynikającej z obliczeń. O stopniu pobrania energii decyduje oprócz przypadków losowych sposób korzystania z lokali zamieszkujących w nich ludzi.

W recenzowanej pracy zajęto się właśnie tą tematyką. Na podstawie badań stworzono model zachowania użytkowników w budynkach mieszkalnych i przeprowadzono analizę jego wpływu na zużycie przez nich energii. Modelowanie przeprowadzono na podstawie dobowych odczytów z mieszkaniowych liczników: ciepła, zimnej wody, gazu i energii

elektrycznej oraz wypełnionych ankiet dotyczących poszczególnych gospodarstw domowych. Dane uzyskane od lokatorów otrzymano, nie ingerując w sposób korzystania z lokali przez lokatorów. Oprócz powyższych odczytów w analizie uwzględniono dane meteorologiczne oraz dane dotyczące rozwiązania budynku i jego konstrukcji (wykorzystano dokumentację powykonawczą i projektową udostępnioną przez Zarządcę budynków). Uwzględnione w obliczeniach i analizach dane meteorologiczne pochodziły z danych zbieranych przez Instytut Inżynierii Środowiska i Instalacji Budowlanych Politechniki Poznańskiej. Stacja pomiarowa usytuowana była na jednym z budynków Uczelni, zlokalizowana na wysokości 25 m, oddalona od analizowanych budynków o około 3 km. W ramach pracy, dla każdego mieszkania, uwzględniono zyski ciepła od nasłonecznienia w analizowanym okresie badań, wykorzystując do tego program TRNSYS.

Uważam, że tematyka rozprawy jest interesująca i ważna. Przy dobrze zaizolowanych budynkach i regulowanej wentylacji zapotrzebowanie ciepła coraz bardziej zależy od zysków i dodatkowych strat ciepła, które przecież związane są ze sposobem korzystania z lokali zamieszkujących w nich ludzi. Autor przeprowadził pracochłonne badania, zastosował interesującą i nowatorską metodę umożliwiającą określenie wpływu użytkowników na bilans energetyczny budynków mieszkalnych.

Ogółem rozprawa liczy 198 stron, z tego sama rozprawa 168, a pozostałe strony to załączniki. Bibliografia zawiera 140 pozycji. W pracy umieszczono 101 rysunków (z czego 30 w załączniku) i 27 tabel. Rozprawa napisana poprawną polszczyzną, styl pracy nie budzi zastrzeżeń, struktura pracy poprawna, kolejność rozdziałów właściwa, rozprawa opracowana starannie, strona edytorska na wysokim poziomie. Podczas czytania pracy zauważyłem tylko kilka błędów literowych i stylistycznych.

3. Charakterystyka rozprawy

Na początku rozprawy Autor umieścił streszczenie pracy w języku polskim i angielskim, następnie Słowo od Autora, listę symboli i wykaz skrótów.

Doktorant podzielił rozprawę na cztery części, pierwsza część o nazwie „WPROWADZENIE” zawiera dwa rozdziały, druga o tytule „ZEBRANE DANE I WYKORZYSTANE NARZĘDZIA” trzy rozdziały, trzecia „ANALIZA I WYNIKI” składa się z sześciu rozdziałów i bibliografii. Ostatnia część to „ZAŁĄCZNIKI” zawarto w niej formularz ankiety i rysunki z rozdziału dziewiątego dotyczącego opracowanego modelu (z rozdziału 9.3. i 9.4.).

Rozdział 1 pt. „*Wstęp*” Doktorant rozpoczął od omówienia roli efektywności energetycznej we współczesnym budownictwie, przedstawił koncepcje budownictwa zrównoważonego i wskazał sposób użytkowania lokali jako najważniejszy element wpływający na zużycie energii przez budynek. Następnie scharakteryzował prowadzone wcześniej badania związane z efektywnością energetyczną budynków. Na końcu rozdziału, wychodząc z przedstawionych treści, uzasadnił podjęcie takiej tematyki badawczej w rozprawie.

W rozdziale 2 o tytule „*Cel i zakres pracy*” Autor przedstawił cel i zakres rozprawy. Podstawowym celem Autora jest zbadanie i scharakteryzowanie sposobu użytkowania lokali mieszkalnych pod względem energetycznym. W pracy Doktorant zaplanował weryfikację następujących tez:

1. Istnieje możliwość sklasyfikowania gospodarstw domowych według przyjętych kryteriów, na podstawie danych pomiarowych uzyskiwanych spoza lokali i danych ankietowych,
2. Zużycia mediów przez gospodarstwa domowe są ze sobą skorelowane,
3. W budynkach wielorodzinnych pobór ciepła jest o wiele wyższy niż wynika to z obliczeń opartych o obowiązujące normy i przepisy,
4. Wentylacja naturalna w budynkach wielorodzinnych jest wykorzystywana przez cały rok,
5. Na zużycie ciepła na ogrzewanie lokali ma wpływ izolacyjność cieplna mieszkania, sposób jego użytkowania w czasie i strategia użytkowania interfejsu instalacji grzewczo-wentylacyjnej.

Rozdział 3. nosi tytuł „*Badania zużycia mediów*”. Na początku tego rozdziału został przedstawiony badany obiekt – fragment osiedla mieszkaniowego, zaprezentowano rozmieszczenie i orientacje badanych budynków, typy klatek schodowych z różnymi rodzajami mieszkań, syntetycznie scharakteryzowano poszczególne rodzaje tych lokali. Następnie omówiono dostarczanie energii do poszczególnych mieszkań i scharakteryzowano źródło ciepła. Brakuje mi w tym rozdziale przedstawienia rozwiązania wentylacji w badanych lokalach. Na straty ciepła pomieszczeń duży wpływ ma panująca w nich temperatura, byłoby dobrze, gdyby Autor rozprawy przynajmniej w kilku wybranych pomieszczeniach mierzył ją w czasie badań. Uważam, że rozdział ten powinien nosić tytuł „*Opis badanych obiektów i charakterystyka wielkości wejściowych*”.

Rozdział 4 nosi tytuł „*Dane meteorologiczne, słoneczne zyski ciepła i obliczenia symulacyjne*”. W rozdziale tym Doktorant podał i scharakteryzował źródło danych

meteorologicznych i wymienił mierzone parametry, dokonał również porównania ich z reprezentatywnymi danymi meteorologicznymi (zalecanymi przez Ministerstwo Rozwoju do obliczeń energetycznych budynków). Sądzę, że informacje te powinny być włączone do poprzedniego rozdziału. Autor nie przedstawił i nie omówił w tym rozdziale wyników obliczeń symulacyjnych, tylko podał przyjęte założenia do obliczeń i poinformował, że dodatkowo używając programu TRNSYS i wykorzystując wyniki pomiarów przeprowadził symulację zapotrzebowania na ciepło dla jednego z budynków. Uważam, że najlepiej byłoby, gdyby te informacje dołączył jako założenia do obliczeń przy charakterystyce badanego obiektu.

Rozdział 5 o nazwie „*Wykorzystane narzędzia statystyczne*” zawiera krótką charakterystykę użytych przez Doktoranta statystycznych metod analizy danych, dotyczących: testowania hipotez, analizy zależności, analizy wskaźników dopasowania modeli, metod grupowania obiektów (k-średnich i hierarchiczną).

Celem bardzo istotnego rozdziału pracy – rozdziału 6 o tytule „*Model zróżnicowania gospodarstw domowych*” jest oszacowanie rzeczywistych wewnętrznych zysków ciepła w lokalach mieszkalnych i rzeczywistego zapotrzebowania na strumień powietrza wentylacyjnego. Na początku rozdziału, dokonano klasyfikacji gospodarstw domowych, w tym celu przyjęto następujące cechy ich grupowania, są to:

- liczba osób w gospodarstwie domowym,
- średni czas przebywania osób w lokalu w okresie doby,
- liczba dób, w których lokal jest wykorzystywany,
- udział dzieci w liczbie lokatorów zamieszkujących lokal.

Zdaniem Doktoranta, przedstawione powyżej parametry są bardzo istotnie powiązane z wewnętrznymi zyskami ciepła.

Po normalizacji wiarygodnych danych dokonano metodą k – średnich grupowania gospodarstw domowych. Obliczenia przeprowadzono dla podziału gospodarstw domowych na od 1 do 10 grup i na podstawie wykresu WSS w funkcji liczby grup, wyodrębniono 4 typy gospodarstw domowych. Następnie przeprowadzono weryfikację grupowania metodą Warda, otrzymano dla niej praktycznie te same wyniki, co potwierdziło, że trafnie dokonano grupowania. Następnie na podstawie zebranych danych, dokonanej klasyfikacji gospodarstw domowych i opracowanego harmonogramu przebywania lokatorów w mieszkaniach, oszacowano dla analizowanych obiektów wewnętrzne zyski ciepła i minimalny strumień powietrza wentylacyjnego. Dla wydzielonych gospodarstw uwzględniono zyski ciepła od ludzi, od urządzeń, od przygotowania posiłków i od ciepłej wody.

W Rozdziale 7 o tytule „Zużycie c.w.u. i innych mediów” Doktorant przedstawił metodę podziału pobranego, mierzonego w węzłach mieszkaniowych ciepła, na ciepło do ogrzewania pomieszczeń i na przygotowanie ciepłej wody. Dla okresu, w którym nie ogrzewano budynków określono pobór ciepła w poszczególnych dobach, było ono wykorzystywane do przygotowania ciepłej wody. Przyjęto, że woda została podgrzana o 45 stopni. Znając ilość ciepła i przyrost temperatury określono dla poszczególnych dni średni dobowy pobór wody. Następnie dla poszczególnych rodzajów dni (dni roboczych, wolnych sobót i niedziel) wielkości poboru uśredniono. W ten sposób określono tygodniowy harmonogram poboru ciepła. Wyniki te potwierdzają, zaobserwowane przez recenzenta zmiany dnia największego poboru ciepłej wody i wielkości zużycia. Obecnie największe zużycie występuje w niedziele (40 lat temu w soboty), wielkość średniodobowego zużycia wynosi około 40 [dm³/(osobę × dobę)].

Wyznaczone w powyższy sposób zużycie ciepłej wody może być w stosunku do średniego zużycia w innych porach roku zaniżone. Wynika to z faktu, że w okresie letnim zużycie wody jest mniejsze niż w pozostałych okresach roku (urlopy) i temperatura podgrzewanej zimnej wody jest najwyższa.

Następnie przeprowadzono grupowanie gospodarstw domowych ze względu na zużycie ciepłej wody przez pojedynczego członka gospodarstwa domowego stosowanymi już metodami: metodą k – średnich i sprawdzono metodą Warda. Stosując obie metody otrzymano również podział na 4 grupy. Wyniki przedstawiono w zamieszczonej w rozprawie tabeli.

Rozdział 8 nosi nazwę „Porównanie obliczonego zużycia ciepła na cele c.o. z pomiarami”. Uważam, że tytuł tego rozdziału powinien mieć postać „Porównanie normowego (obliczeniowego?, sezonowego?) zużycia ciepła na cele c.o. ze zużyciem określonym z pomiarów”. W rozdziale tym Autor zgodnie z tytułem rozdziału dokonuje takiego porównania. Teoretyczne zużycie ciepła wyznaczono metodą miesięczną zgodnie z metodologią wyznaczania charakterystyki energetycznej budynku. W rozdziale tym określono i przeanalizowano związek pomiędzy wyznaczonym na podstawie obliczeń i na podstawie pomiarów zużyciem ciepła na cele c.o. W obliczeniach uwzględniono wpływ charakterystyki energetycznej budynku (lokalu) i charakterystyki użytkowania lokali przez lokatorów na zużycie ciepła na c.o. W celu przeprowadzenia analizy przyjęto dwa współczynniki: jeden zdefiniowany jako stosunek ilości zmierzonego rocznego zużycia ciepła do teoretycznego zużycia ciepła, drugi jako stosunek ilości zmierzonego rocznego zużycia ciepła do teoretycznego rocznego zużycia z uwzględnieniem oszacowanych przez Autora zysków

ciepła i strumieni powietrza wentylacyjnego. Wyznaczone z pomiarów zużycie ciepła na cele c.o. jest znacznie wyższe niż wynikające z obliczeń. Zdaniem Autora stan taki prawdopodobnie wynika z ograniczonego wykorzystania zysków ciepła w momentach ich kumulacji, jest to bardzo prawdopodobna przyczyna tego stanu rzeczy.

Rozdział 9 o tytule „*Model użytkowania instalacji grzewczo-wentylacyjnej*” zawiera opracowane przez Doktoranta dwa modele użytkowania systemu grzewczo – wentylacyjnego. Pierwszy z nich nazwany przez Autora „modelem ekwiwalentnego strumienia powietrza” wyznacza ekwiwalentną liczbę wymian powietrza na godzinę w zależności od parametrów charakteryzujących wymianę ciepła pomieszczenia z otoczeniem, przy założeniu, że temperatura w pomieszczeniu przez cały czas utrzymywana jest na stałym poziomie niezależnie od zysków ciepła. Natomiast drugi model opisuje sposób regulacji temperatury w pomieszczeniu grzejnikami za pomocą zaworów termostatycznych, klasyfikuje te sposoby i określa ich stosowanie w badanych lokalach. Autor wykorzystuje również dane uzyskane z ankiet do określenia związku pomiędzy odpowiedziami, a współczynnikiem zużycia ciepła na potrzeby ogrzewania.

Suma odpowiednich stron równania bilansu ciepła dla elementów konstrukcyjnych przegród pomieszczenia i równania bilansu wnętrza pomieszczenia tworzy równanie bilansu dla całego pomieszczenia. Doktorant człon równania dotyczący strumienia ciepła usuwanego z powietrzem wentylacyjnym przekształcił tak, aby strumień powietrza był wyrażony w wymianach powietrza na godzinę. Następnie tak uporządkował równanie, że z jego lewej strony umieścił wyrażenie na strumień ciepła usuwany z powietrzem wentylacyjnym, strumień ciepła akumulowany we wnętrzu pomieszczenia i straty ciepła do sąsiednich pomieszczeń, a z prawej strony równania zyski ciepła, strumień ciepła z grzejnika i straty ciepła przez przenikanie. Po dalszych przekształceniach otrzymał wzór na ekwiwalentną liczbę wymian, która wyrażała ilość wymian powietrza na godzinę wyprowadzającą z pomieszczenia powietrze wentylacyjne i zyski ciepła w pomieszczeniu. Autor przedstawia na rys. 9.2 wykres zależności między ekwiwalentną liczbą wymian powietrza na godzinę od stosunku zysków do strat ciepła γ , na wykresie tym dla $\gamma = 1$ na osi poziomej jest wartość $BH_{ve,e}$. Autor powinien napisać, że odpowiada ona ACH (jednej wymianie powietrza na godzinę). Równanie to było podstawą dalszych rozważań Doktoranta. Następnie Autor analizuje zmienne „modelu $ACHN_{ek}$ ”. Niejasne są dla mnie w tym punkcie sformułowania dotyczące wyrazu reprezentującego „zmianę temperatury masy termicznej” (dół strony 104). W równaniach na stronie 105 należało drugi człon równań pomnożyć przez $H_{tr,e}$, wtedy zapewnione byłyby właściwe relacje pomiędzy dwoma członami tego równania. Doktorant

zapropował cztery koncepcje modeli określania ekwiwalentnej liczby wymiany powietrza na godzinę dla różnych kombinacji parametrów wejściowych. Wyboru najlepszej zależności dokonał metodą analizy regresji liniowej.

Teoretycznie regulacja instalacji c.o. wyposażonej w zawory termostacyjne i programator czasowy polega na:

- ustawieniu nastawy zaworu,
- zaprogramowanie harmonogramu dobowego i tygodniowego ogrzewania na programatorze czasowym,
- wyłączenia grzejników w okresie wietrzeń,
- w przypadku niekorzystania z pomieszczeń wyłączenia grzejników czy też obniżenia temperatury nastawy.

W rozprawie na podstawie danych z pomiarów przeanalizowano sposób korzystania z instalacji c.o. i następnie sklasyfikowano zaobserwowane sposoby jej regulacji. W ten sposób określono model korzystania z instalacji na podstawie badań. Następnie, korzystając z wypełnionych przez lokatorów ankiet przeanalizowano związek między odpowiedziami, a współczynnikiem zużycia ciepła na potrzeby ogrzewania, zbadano też związek pomiędzy odpowiedziami z odpowiadającymi im typami gospodarstw domowych i sposobami użytkowania instalacji c.o. Analizę przeprowadzono jakościowo w oparciu o wykresy pudełkowe, a także za pomocą analizy wariancji i testu χ^2 .

Rozdział 10 nosi tytuł „Pomiarowy współczynnik wykorzystania zysków ciepła η_p ”, lepiej tytuł brzmiałby np. mając formę „*Współczynnik wykorzystania zysków ciepła η_p określony na podstawie pomiarów*”. W rozdziale tym Autor oblicza na podstawie wyników pomiarów wartość współczynnika wykorzystania zysków ciepła η_p . Według przeprowadzonych w tym rozdziale obliczeń, wartość współczynnika jest niższa niż określona teoretycznie. Dla całego osiedla różnica sięga w okresie zimowym ponad 40%, a w okresie przejściowym 20 – 30%. Wykorzystanie zysków ciepła w każdym obiekcie jest niższe w okresie wiosennym niż w jesiennym.

Rozprawę kończy rozdział 11 o tytule „Wnioski i kierunki dalszych prac”. Doktorant ustosunkowuje się do postawionych na początku pracy tez, w przedstawionym podsumowaniu stwierdza, iż z jego badań wynika, że zostały one spełnione. Następnie przedstawia implikacje inżynierskie, wynikające z nieprzyswajania przez lokal zysków ciepła i ewentualnego nieuwzględniania rzeczywistego sposobu użytkowania lokali w obliczeniach zużycia ciepła metodą miesięczną.

4. Ocena rozprawy

Głównym celem recenzowanej rozprawy mgr inż. Karola Bandurskiego jest zbadanie i scharakteryzowanie sposobu użytkowania lokali mieszkalnych w budownictwie mieszkaniowym wielorodzinnym pod względem energetycznym. Realizacja tego celu umożliwiła poznanie i scharakteryzowanie czynników wpływających na wielkość zużycia energii przez mieszkańców w budynkach wielorodzinnych. Po przeanalizowaniu zagadnienia oraz dokonaniu przeglądu literatury dotyczącego tematu pracy doktorskiej, Doktorant zrealizował pomiary zużycia ciepła i mediów (gazu i energii elektrycznej) w wybranych lokalach oraz przeprowadził wśród ich lokatorów ankietę dotyczącą użytkowania lokali i mediów. W wyniku realizacji tych badań uzyskał dane umożliwiające przeprowadzenie symulacji energetycznych lokali i budynków odpowiadających rzeczywistym warunkom eksploatacyjnym. Otrzymane wyniki posłużyły mu do porównania określonego na podstawie pomiarów rzeczywistego zapotrzebowania ciepła na ogrzewanie w stosunku do teoretycznego. Teoretyczną ilość ciepła wyznaczył metodą miesięczną, wykorzystywaną zgodnie z polskimi przepisami przy wyznaczaniu charakterystyki energetycznej budynku. Strumień powietrza wentylacyjnego do bilansu wyznaczono według kryterium higienicznego. W wyniku przeprowadzonych rozważań Autor doszedł do wniosku, że w badanych mieszkaniach wykorzystuje się średnio około dwukrotnie więcej ciepła na ogrzewanie niż to wynika z obliczeń teoretycznych przy dosyć znacznym zróżnicowaniu tego wskaźnika pomiędzy lokalami.

Recenzowana rozprawa jest logiczna i przemyślana. Praca została wykonana rzetelnie, jest kompletna, zawiera rozległą analizę literatury, interesujące i szerokie badania eksperymentalne. Edytorsko została opracowana bardzo starannie. Uwagi dotyczące treści rozprawy zamieszczono w rozdziale 2 recenzji, przy omawianiu treści pracy. Innych istotnych uwag do przeprowadzonych badań oraz pokazanych wyników w pracy nie mam.

5. Uwagi o charakterze redakcyjnym

Uwagi o charakterze redakcyjnym zaznaczono w sprawdzonym egzemplarzu pracy. Praca napisana poprawną polszczyzną, nie zauważyłem rzucających się w oczy błędów stylistycznych. Zdarza się, że Doktorant w tekście pomija pewne rozważania, utrudnia to czytanie rozprawy. Uwagi szczegółowe zawierające propozycje zmian w tytułach rozdziałów i układzie pracy podałem w punkcie 3 recenzji. Używana przez Doktoranta nowa terminologia czy stosowanie klasycznej może budzić wątpliwości, np. „intensywność zużycia ciepła” (strumień ciepła), „masa termiczna” (pojemność cieplna), „ekwiwalentny strumień

powietrza ACH_{eq} ” (w pracy jest to ekwiwalentna liczba wymian powietrza na godzinę), „współczynnik przejmowania ciepła” (w pracy jest to współczynnik strat ciepła przez przejmowanie).

6. Podsumowanie oceny rozprawy

Recenzent stwierdza, że rozprawa doktorska mgr inż. Karola Bandurskiego pt. „*Wpływ użytkowników na bilans energetyczny budynków mieszkalnych – badania i modelowanie*” stoi na dobrym poziomie naukowym i jest oryginalnym oraz cennym osiągnięciem naukowym Doktoranta. Poczynione uwagi nie zmieniają ogólnej pozytywnej oceny pracy. W ramach pracy Doktorant:

- 1) krótko scharakteryzował wpływ użytkownika na efektywność energetyczną budynku i przeanalizował stan badań z tej tematyki,
- 2) przedstawił cel i zakres pracy,
- 3) wybrał i scharakteryzował obiekty będące przedmiotem badań,
- 4) przeprowadził pomiary zużycia wybranych mediów i ciepła w wybranych lokalach,
- 5) opracował i przeprowadził wśród lokatorów badanych lokali ankietę dotyczącą użytkownika lokalu i mediów,
- 6) wykorzystując narzędzia statystyczne zróżnicował gospodarstwa domowe ze względu na zużycie energii i mediów,
- 7) dla analizowanych lokali dokonał podziału zużycia ciepła na cele grzewcze i przygotowanie ciepłej wody,
- 8) stwierdził, że zużycie ciepła na ogrzewanie w niewielkim stopniu zależy od liczby mieszkańców lokalu i zużycia gazu, silniejsza zależność istnieje ze zużyciem pozostałych mediów,
- 9) dla analizowanych lokali porównał obliczone metodą miesięczną zużycie ciepła na ogrzewanie z ilością ciepła określoną na podstawie pomiarów, z porównania wynikało, że rzeczywiste zużycie ciepła jest znacznie większe niż określone „metodą miesięczną”,
- 10) w pracy przyjęto model użytkownika instalacji grzewczo – wentylacyjnej, określono „ekwiwalentną liczbę wymian powietrza” zapewniającą utrzymanie stałej temperatury w pomieszczeniu oraz przeanalizowano jak korzystano z instalacji c.o. na podstawie danych z liczników ciepła, sklasyfikowano zaobserwowane sposoby regulacją instalacji c.o. - stanowiło to model użytkownika instalacji c.o.,

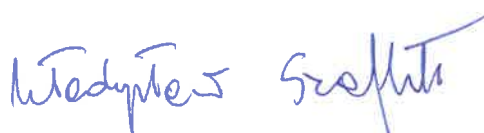
- 11) przeprowadzono analizę wykorzystania zysków ciepła, wynikiem tej analizy było stwierdzenie, że przyswajalność zysków ciepła w lokalach jest znacznie niższa niż obliczona według normy, czy też określona programem TRNSYS,
- 12) na końcu pracy przedstawiono wnioski i kierunki dalszych prac.

W ostatnich latach coraz bardziej szczegółowo analizuje się zużycie ciepła w budynkach mieszkalnych wielorodzinnych. Coraz szerzej analizowane są sposoby i stosowane rozwiązania obniżające koszty ogrzewania w tych budynkach. Doktorant podjął próbę rozwiązania ciekawego zagadnienia dotyczącego wpływu sposobu użytkowania lokalu na pobór ciepła z instalacji centralnego ogrzewania. Jest to bardzo ważne zagadnienie związane zwłaszcza z budynkami energooszczędnymi o małym zużyciu ciepła, bardzo istotne wtedy w bilansie są zyski ciepła związane z użytkowaniem mieszkania. Jak już stwierdziłem, przeprowadzone przez Doktoranta badania obiektów i analiza ich wyników wykazała, że podjęte zadanie zostało pomyślnie zrealizowane. W ten sposób zrealizował cel postawiony w pracy i potwierdził przyjęte w rozprawie tezy.

7. Wniosek końcowy

Stwierdzam, że recenzowana rozprawa doktorska mgra inż. Karola Bandurskiego pt. „*Wpływ użytkowników na bilans energetyczny budynków mieszkalnych – badania i modelowanie*” spełnia wszystkie wymagania określone przez Ustawę o stopniach i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki z dnia 14 marca 2003 roku (Tekst jednolity Dz. U. nr 0 z 2014, poz. 1852). Reprezentuje dobry poziom naukowy, ponadto zostały przeprowadzone przez Doktoranta obszerne badania analityczne i na obiektach, co dodatkowo podnosi wartość Jego rozprawy. Wyniki pracy mają aspekt praktyczny i mogą być również wykorzystane w praktyce inżynierskiej. Uważam, że rozprawa doktorska mgra inż. Karola Bandurskiego zasługuje na wyróżnienie.

Przedkładam Wysokiej Radzie Wydziału Budownictwa i Inżynierii Środowiska Politechniki Poznańskiej w Poznaniu niniejszą recenzję z wnioskiem o przyjęcie pracy jako rozprawy doktorskiej oraz dopuszczenie jej do publicznej obrony.


prof. dr hab. inż. Władysław Szaflik