



Analiza czynników wpływających na zużycie ciepła dostarczanego na potrzeby przygotowania ciepłej wody użytkowej w budynkach wielorodzinnych

*Tomasz Cholewa, Alicja Siuta-Olcha,
Rafał Anasiewicz
Politechnika Lubelska*

1. Wprowadzenie

Poprawa efektywności energetycznej istniejących systemów przygotowania ciepłej wody użytkowej jest istotnym zagadnieniem, które dotyczy zarówno odbiorców ciepłej wody, jej dostawców, jak i osób, które planują zmniejszyć zużycie ciepła kierowanego do tego typu systemu. Do najważniejszych metod poprawy efektywności energetycznej w tym zakresie należy ograniczenie zużycia wody, zwiększenie sprawności systemu przygotowania c.w.u. poprzez realizację nowatorskich inwestycji oraz modernizację istniejącej infrastruktury (Bartnicki & Paduchowska 2011, Bohdal i in. 2015, Maludziński 2011, Pasela & Gorączko 2013, Piotrowska-Woroniak i in. 2015, Szaflik 2011, You i in. 2015, Vieira i in. 2014, Życzyńska 2011). Ważnym zagadnieniem jest również wykorzystanie odnawialnych źródeł energii do wspomagania przygotowania c.w.u. (Pawłowski A. & Pawłowski L 2008, Stefaniak 2013), w szczególności kolektorów słonecznych (Żukowski 2014, Żukowski & Radzajewska 2016).

Jednak nadal mało jest wyników długoterminowych badań eksploatacyjnych, pokazywałyby możliwości zmniejszenia zużycia ciepła w zakresie przygotowania ciepłej wody użytkowej.

Dlatego też w niniejszym artykule postanowiono przedstawić wpływ różnych czynników i rozwiązań projektowych na efektywność

energetyczną systemu przygotowania c.w.u., co zostało poparte wynikami długoterminowych badań eksploatacyjnych.

2. Materiały i metody

Przedmiotem badań eksploatacyjnych było 15 budynków wielorodzinnych, z których 8 było zasilanych na potrzeby centralnego ogrzewania (c.o.) i przygotowania ciepłej wody użytkowej (c.w.u.) z węzła grupowego, a 7 budynków (**Tabela 1**) posiadało dwufunkcyjne indywidualne węzły ciepłownicze na potrzeby c.o. i c.w.u.

Tabela 1. Charakterystyka budynków wielorodzinnych zasilanych z indywidualnych dwufunkcyjnych węzłów ciepłowniczych

Table 1. The characteristic of multi-family buildings supplied from individual two-functional thermal nodes

Oznaczenie budynku	Powierzchnia użytkowa [m ²]	Zawory termostacyjne w inst. c.w.u.	Gazomierz zbiorczy
A	1 247	tak	tak
B	1 228	tak	tak
C	1 228	tak	tak
D	1 219	tak	tak
E	955	tak	nie
F	1 636	tak	nie
G	1 750	nie	nie

Wszystkie analizowane budynki wielorodzinne miały zainstalowane wodomierze wody ciepłej i miały zbliżone do siebie powierzchnie użytkowe. Temperatura przygotowywanej ciepłej wody użytkowej była w zakresie 55-60°C.

Budynki z indywidualnymi węzłami ciepłowniczymi (budynki: A, B, C, D, E, F, G) zostały wybrane w taki sposób, aby poza porównaniem zużycia ciepła na potrzeby c.w.u. w budynkach zasilanych z węzłów grupowych, możliwe było określenie wpływu zastosowania zaworów termostacyjnych w instalacji c.w.u. oraz zbiorczych gazomierzy na poziom jednostkowego zużycia ciepła na potrzeby c.w.u.

Badania były prowadzone w okresie 5 pełnych lat i obejmowały następujące odczyty:

1. Dla budynków wielorodzinnych zasilanych z węzła ciepłowniczego grupowego:

- zużycie ciepła dostarczanego z sieci ciepłowniczej na potrzeby c.o. i c.w.u. do węzła grupowego ($Q_{c.o.+c.w.u.}$), [GJ],
- zużycie ciepła dostarczanego z sieci ciepłowniczej na potrzeby c.o. do węzła grupowego ($Q_{c.o.}$), [GJ],
- zużycie ciepłej wody użytkowej przygotowywanej w węźle grupowym na potrzeby 8 budynków wielorodzinnych ($Z_{c.w.u.}$), [m³],
- zużycie ciepła dostarczanego z sieci ciepłowniczej na potrzeby c.o. do poszczególnych budynków wielorodzinnych ($Q_{bud_c.o.}$), [GJ].

2. Dla budynków wielorodzinnych zasilanych z indywidualnych dwufunkcyjnych węzłów ciepłowniczych:

- zużycie ciepła dostarczanego z sieci ciepłowniczej na potrzeby c.w.u. do węzła ciepłowniczego indywidualnego ($Q_{bud_c.w.u.}$), [GJ],
- zużycie ciepłej wody użytkowej w analizowanym budynku wielorodzinnym, które było określane na podstawie sumy zużycia wody ciepłej w poszczególnych mieszkaniach ($Z_{bud_c.w.u.}$), [m³].

Pomiary były wykonywane na początku każdego miesiąca przy wykorzystaniu istniejących urządzeń pomiarowych (wodomierze i ciepłomierze), które posiadały aktualne świadectwa legalizacyjne.

Na podstawie uzyskanych wyników pomiarów określono:

- zużycie ciepła wykorzystywanego na potrzeby przygotowania ciepłej wody użytkowej w węźle grupowym dla 8 budynków wielorodzinnych ($Q_{c.w.u.}$) przy wykorzystaniu równania 1,

$$Q_{c.w.u.} = Q_{c.o.+c.w.u.} - Q_{c.o.} \quad (\text{GJ}) \quad (1)$$

- straty ciepła w niskotemperaturowej sieci ciepłowniczej (na odcinku węzeł grupowy – budynki wielorodzinne) dostarczającej ciepło na potrzeby c.o. do 8 analizowanych budynków wielorodzinnych (Q_{straty}) (równanie 2),

$$Q_{straty} = Q_{c.o.} - \sum Q_{bud_c.o.} \quad (\text{GJ}) \quad (2)$$

- jednostkowe zużycie ciepła na potrzeby przygotowania c.w.u. w węźle grupowym dla 8 budynków wielorodzinnych ($Q_{j_c.w.u.}$) (równanie 3),

$$Q_{j_c.w.u.} = \frac{Q_{c.w.u.}}{Z_{c.w.u.}} \text{ (GJ m}^{-3}\text{)} \quad (3)$$

- jednostkowe zużycie ciepła na potrzeby przygotowania c.w.u. w węźle grupowym dla 8 budynków wielorodzinnych z uwzględnieniem strat ciepła w niskotemperaturowej sieci ciepłowniczej c.o. ($Q_{j_c.w.u.+straty}$) (równanie 4),

$$Q_{j_c.w.u.+straty} = \frac{(Q_{c.w.u.} + Q_{straty})}{Z_{c.w.u.}} \text{ (GJ m}^{-3}\text{)} \quad (4)$$

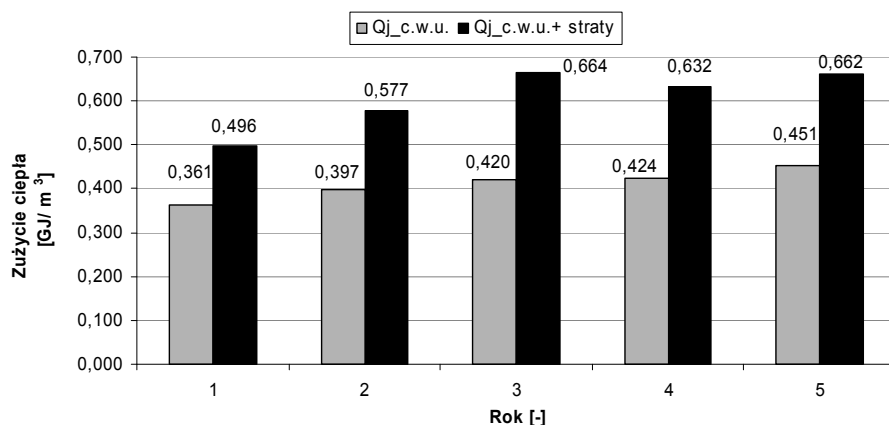
- jednostkowe zużycie ciepła na potrzeby przygotowania c.w.u. w indywidualnych węzłach ciepłowniczych ($Q_{j_bud_c.w.u.}$) (równanie 5).

$$Q_{j_bud_c.w.u.} = \frac{Q_{bud_c.w.u.}}{Z_{bud_c.w.u.}} \text{ (GJ m}^{-3}\text{)} \quad (5)$$

3. Wyniki i ich dyskusja

Na podstawie przeprowadzonych badań eksploatacyjnych określono jednostkowe zużycie ciepła wykorzystanego na potrzeby przygotowania c.w.u. w 8 analizowanych budynkach wielorodzinnych zasilanych z węzła grupowego w poszczególnych latach poddanych analizie, co zostało przedstawione na rysunku 1.

Na podstawie wyników zamieszczonych na rysunku 1 można stwierdzić, że jednostkowe zużycie ciepła na potrzeby przygotowania c.w.u. w węźle grupowym ($Q_{j_c.w.u.}$) jest dość wysokie (dla analizowanego przypadku w zakresie $0,361 \text{ GJ m}^{-3}$ - $0,451 \text{ GJ m}^{-3}$) w porównaniu do jednostkowego zużycia ciepła wykorzystanego do podgrzania c.w.u. w węźle indywidualnym ($Q_{j_bud_c.w.u.}$), które zostało przedstawione na rysunku 4. Różnica w średnim jednostkowym zużyciu ciepła na potrzeby przygotowania c.w.u. między węzłem grupowym a indywidualnym wynosi 27%.

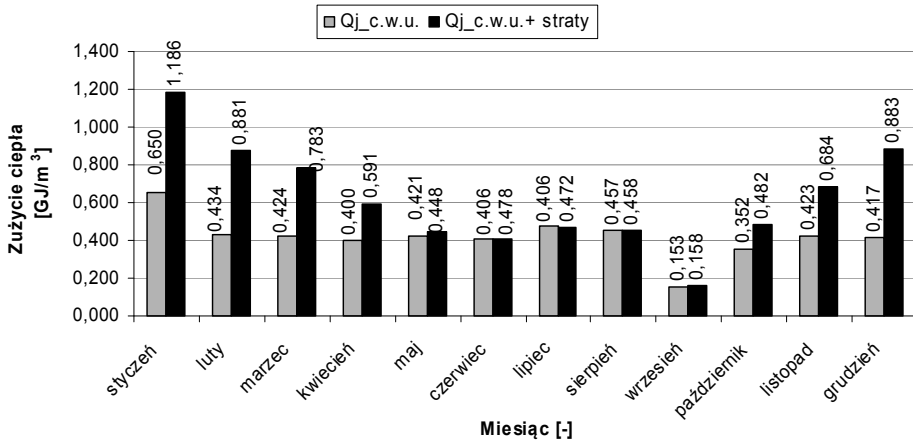


Rys. 1. Jednostkowe zużycie ciepła wykorzystanego na potrzeby przygotowania c.w.u. w węźle ciepłowniczym grupowym bez ($Q_{j_c.w.u.}$) oraz z ($Q_{j_c.w.u.+ straty}$) uwzględnieniem strat ciepła na przesyle w niskotemperaturowej sieci ciepłowniczej c.o. w odniesieniu do roku

Fig. 1. The individual heat consumption used for hot water preparation in the thermal node used for group of buildings without ($Q_{j_c.w.u.}$) and with ($Q_{j_c.w.u.+ straty}$) regard to heat losses during transportation of heating medium in the low-temperature district heating network for heating purposes related to the year

Jest to spowodowane między innymi występowaniem strat ciepła na przesyle c.w.u. na odcinku węzeł grupowy-budynki mieszkalne. Należy jednak zauważyć, że przy wyliczaniu jednostkowych kosztów przygotowania c.w.u. w węźle grupowym (zł/m³) najczęściej uwzględnia się dodatkowo straty ciepła w niskotemperaturowej sieci transportującej czynnik grzewczy na potrzeby c.o. poszczególnych budynków (Q_{straty}). Dlatego też jednostkowe zużycie ciepła wykorzystanego na potrzeby przygotowania c.w.u. w węźle ciepłowniczym grupowym z uwzględnieniem strat ciepła na przesyle w niskotemperaturowej sieci ciepłowniczej c.o. ($Q_{j_c.w.u.+ straty}$) jest większe o ponad 45% w skali roku od $Q_{j_c.w.u.}$.

Przy uwzględnieniu podziału na poszczególne miesiące w roku (rysunek 2), można zauważyć, że różnice między $Q_{j_c.w.u.+ straty}$ a $Q_{j_c.w.u.}$ w miesiącach sezonu ogrzewczego wynoszą od 36% do nawet 110%, co powoduje znaczne zwiększenie kosztów przygotowania c.w.u. w sezonie ogrzewczym.

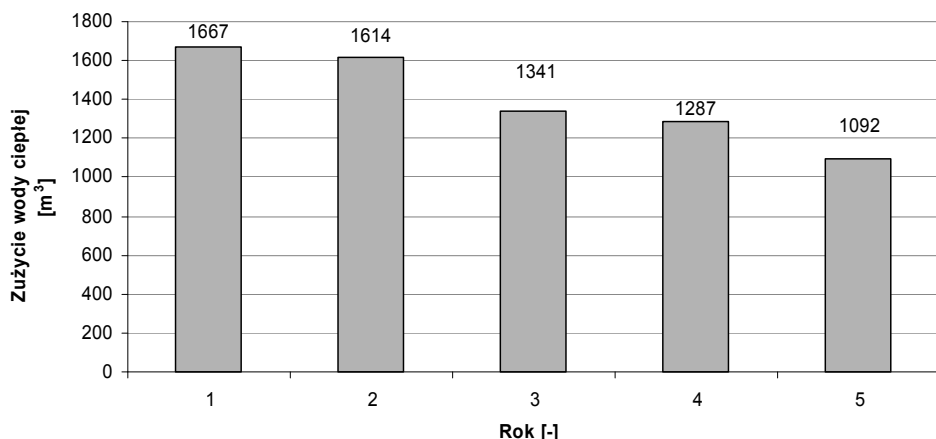


Rys. 2. Jednostkowe zużycie ciepła wykorzystanego na potrzeby przygotowania c.w.u. w węźle ciepłowniczym grupowym bez ($Q_{j_c.w.u.}$) oraz z ($Q_{j_c.w.u.+ straty}$) uwzględnieniem strat ciepła na przesyle w niskotemperaturowej sieci ciepłowniczej c.o. w odniesieniu do poszczególnych miesięcy w roku

Fig. 2. The individual heat consumption used for hot water preparation in the thermal node used for group of buildings without ($Q_{j_c.w.u.}$) and with ($Q_{j_c.w.u.+ straty}$) regard to heat losses during transportation of heating medium in the low-temperature district heating network for heating purposes related to the months in the year

Ponadto zauważono, że jednostkowe zużycie ciepła na potrzeby przygotowania c.w.u. ulega wzrostowi (około 5% rocznie) w poszczególnych latach poddanych analizie, co wynika między innymi ze zmniejszającego się zużycia c.w.u. ($Z_{c.w.u.}$), które zostało przedstawione na rysunku 3. Przy zmniejszeniu zużycia c.w.u. zwiększa się udział strat ciepła w instalacji cyrkulacji c.w.u. w całkowitym jednostkowym zużyciu ciepła na potrzeby przygotowania c.w.u.

Następnie poddano szczegółowej analizie średnie (z okresu 5 lat analizy) jednostkowe zużycie ciepła na potrzeby przygotowania c.w.u. w indywidualnych węzłach ciepłowniczych ($Q_{j_bud_c.w.u.}$), które były zlokalizowane w każdym z siedmiu analizowanych budynków wielorodzinnych (rysunek 4).



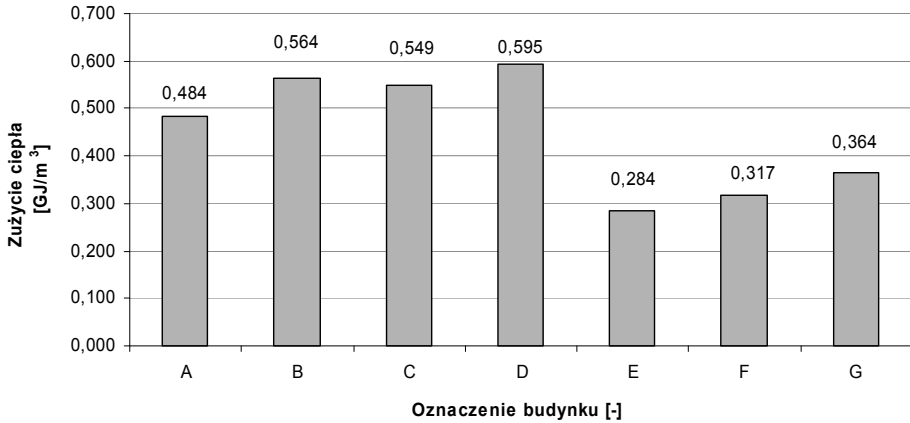
Rys. 3. Zużycie ciepłej wody użytkowej przygotowywanej w węźle grupowym na potrzeby 8 budynków wielorodzinnych ($Z_{c.w.u.}$) w poszczególnych latach poddanych analizie

Fig. 3. The hot water consumption produced in the thermal node used for 8 multi-family buildings ($Z_{c.w.u.}$) in the analysed years

Na podstawie danych eksploatacyjnych przedstawionych na rysunku 4, można zauważyć, że występowanie zbiorczych gazomierzy w analizowanych budynkach przyczynia się do zwiększenia jednostkowego zużycia ciepła wykorzystywanego na potrzeby przygotowania c.w.u. ze średniego poziomu $0,301 \text{ GJ m}^{-3}$ (budynki: E, F) do średniego poziomu $0,548 \text{ GJ m}^{-3}$ (budynki: A, B, C, D), czyli średnio o 82%.

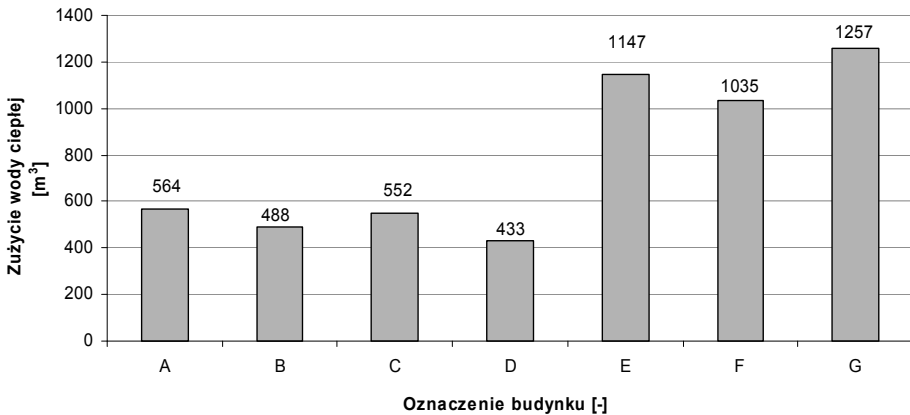
Jest to związane głównie ze znacznie (średnio 53%) mniejszym zużyciem c.w.u. w budynkach wyposażonych w zbiorcze gazomierze w porównaniu do budynków z gazomierzami indywidualnymi przy każdym mieszkaniu, co można zaobserwować na rysunku 5.

W celu oceny wpływu zastosowania zaworów termostatycznych w instalacji cyrkulacji ciepłej wody na jednostkowe zużycie ciepła wykorzystanego na potrzeby przygotowania c.w.u. porównano jego wartości w budynku F oraz w budynku G, co zostało przedstawione na rysunku 6.



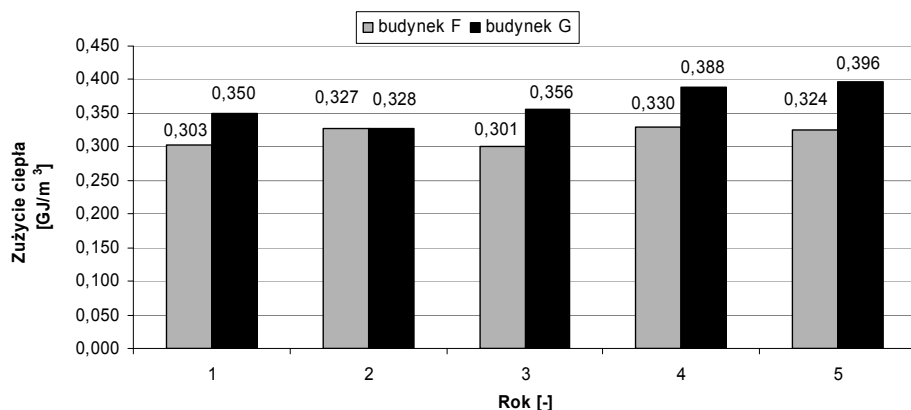
Rys. 4. Jednostkowe zużycie ciepła wykorzystanego na potrzeby przygotowania c.w.u. w węzłach indywidualnych w analizowanych budynkach wielorodzinnych ($Q_{j_bud_c.w.u.}$) uśrednione z okresu 5 lat

Fig. 4. The individual heat consumption used for hot water preparation in the individual thermal node in the analysed multi-family buildings ($Q_{j_bud_c.w.u.}$) as an average from 5 year period



Rys. 5. Średnioroczne zużycie ciepłej wody użytkowej w analizowanych budynkach wielorodzinnych zasilanych z indywidualnych węzłów ciepłowniczych ($Z_{bud_c.w.u.}$)

Fig. 5. Average hot water consumption produced in the individual thermal node ($Z_{bud_c.w.u.}$)



Rys. 6. Jednostkowe zużycie ciepła wykorzystanego na potrzeby przygotowania c.w.u. w węzłach indywidualnych w budynku F oraz budynku G w poszczególnych latach poddanych analizie

Fig. 6. The individual heat consumption used for hot water preparation in the individual thermal node in building F and building G in analyzed years

Budynki F oraz G są to budynki o zbliżonej powierzchni użytkowej, wyposażone w indywidualne dwufunkcyjne węzły ciepłownicze i posiadające indywidualne gazomierze przy każdym mieszkaniu. Dodatkowo średnie zużycie ciepłej wody użytkowej ($Z_{bud_c.w.u.}$) w okresie analizy było na podobnym poziomie (rysunek 5), co umożliwiło wykonanie porównania między tymi budynkami.

Na podstawie rysunku 6 można stwierdzić, że w budynku wyposażonym w zawory termostyczne zamontowane w instalacji cyrkulacji ciepłej wody użytkowej (budynek F) jednostkowe zużycie ciepła na potrzeby przygotowania c.w.u. jest mniejsze (średnio o 12%) niż w budynku bez tego typu zaworów (budynek G). Różnica ta mogłaby być jeszcze większa, ponieważ średnie zużycie c.w.u. w budynku G jest o 21% większe niż w budynku F.

4. Podsumowanie

Badania eksploatacyjne zostały wykonane w okresie 5 lat i obejmowały 15 budynków wielorodzinnych, w których analizowano zużycie ciepłej wody użytkowej oraz zużycie ciepła wykorzystywanego na potrzeby przygotowania c.w.u. w odniesieniu do 1 m³.

Na podstawie wykonanych badań zauważono, że sposób przygotowania c.w.u. ma duży wpływ na wartość jednostkowego zużycia ciepła wykorzystanego na potrzeby przygotowania c.w.u. oraz na koszty ponoszone przez odbiorców.

Stwierdzono, że przygotowanie c.w.u. w węźle grupowym, który zaopatruje w ciepłą wodę grupę budynków wielorodzinnych potrzebuje około 27% ciepła więcej, niż jest to wymagane w przypadku przygotowania c.w.u. w węzłach ciepłowniczych indywidualnych.

Zauważono ponadto, że wraz ze spadkiem zużycia c.w.u. wzrasta jednostkowe zużycie ciepła na potrzeby przygotowania c.w.u. Taki spadek zużycia wody ciepłej może być wywołany zastosowaniem wodomierzy, czy też (jak w analizowanym przypadku) zastosowaniem zbiorczych gazomierzy.

Z kolei zastosowanie zaworów termostatycznych w instalacji c.w.u. powoduje obniżenie zużycia ciepła wykorzystywanego na potrzeby przygotowania c.w.u. średnio o 12%, co wywołane jest ograniczeniem przepływu w przewodach cyrkulacyjnych i zminimalizowaniem strat ciepła na przesyle ciepłej wody użytkowej.

Pracę wykonano w ramach projektu badawczego IP2012 007772 finansowanego ze środków budżetowych na naukę w latach 2013-2015.

Literatura

- Bartnicki, G., Paduchowska, J. (2011) Zużycie ciepłej wody użytkowej w lokalach mieszkalnych budynku wielorodzinnego. *Ciepłownictwo, Ogrzewnictwo, Wentylacja*, 42/7-8, 317-319.
- Bohdal, T., Charun, H., Sikora, M. (2015). Wybrane aspekty prawno-techniczne i ekologiczne stosowania sprężarkowych pomp ciepła. *Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set the Environment Protection)*, 17, 461-484.
- Maludziński, B. (2011). Analiza celowości zastąpienie gazowych podgrzewaczy przepływowych wody centralnym systemem przygotowania ciepłej wody użytkowej. *Ciepłownictwo, Ogrzewnictwo, Wentylacja*, 42/5, 212-214.
- Pasela, R., Gorączko, M. (2013). Analiza wybranych czynników kształtujących zużycie wody w budynkach wielorodzinnych. *Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set the Environment Protection)*, 15, 1658-1672.
- Pawłowski, A., Pawłowski, L. (2008). Sustainable development in contemporary civilisation. Part 1: The environment and sustainable development. *Problems of Sustainable Development*, 3(1), 53-65.

- Piotrowska-Woroniak, J., Załuska, W., Woroniak, G. (2015). Analiza pracy poziomego gruntowego wymiennika ciepła współpracującego z pompą ciepła typu solanka-woda. *Instal*, 10, 26-33.
- Stefaniak, J. (2013). Chłodziarka absorpcyjna w solarnych układach klimatyzacyjnych jako przykład nowoczesnej technologii dla zrównoważonego rozwoju. *Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set the Environment Protection)*, 15, 1216-1227.
- Szaflik, W. (2011). Współpraca układów centralnego ogrzewania i ciepłej wody użytkowej z priorytetem jej przygotowywania w węzłach równoległych. *Ciepłownictwo, Ogrzewnictwo, Wentylacja*, 42/9, 335-338.
- You, T., Wang, B., Wu, W., Shi, W., Li, X. (2015). Performance analysis of hybrid ground-coupled heat pump system with multi-functions. *Energy Conversion and Management*, 92, 47-59.
- Vieira, A.S., Beal, C.D., Stewart, R.A. (2014). Residential water heaters in Brisbane, Australia: Thinking beyond technology selection to enhance energy efficiency and level of service. *Energy and Buildings*, 82, 222-236.
- Żukowski, M. (2014). Optymalny kąt nachylenia kolektorów słonecznych i paneli fotowoltaicznych. *Ciepłownictwo, Ogrzewnictwo, Wentylacja*, 45/9, 335-337.
- Żukowski, M., Radzajewska, P. (2016). Optymalny rozstaw kolektorów słonecznych. *Ciepłownictwo, Ogrzewnictwo, Wentylacja*, 47/1, 8-11.
- Życzyńska, A. (2011). Ocena poprawności pomiaru zużycia ciepłej wody w budynkach wielolokalowych. *Ciepłownictwo, Ogrzewnictwo, Wentylacja*, 42/12, 506-509.

The Analysis of Factors Influencing on the Heat Consumption Used for Hot Water Preparation in Multi-family Buildings

Abstract

The subject of this research study consisted in 15 multi-family buildings, 8 out of which were supplied with heat for heating and hot water preparation purposes from the thermal node used for the group of buildings, and 7 buildings were equipped with two-functional individual thermal nodes.

The analysed multi-family buildings had hot water metres installed and had useful surfaces close to themselves. The temperature of hot water was within the range 55-60°C. Research was made within the period of 5 years. Measurements were executed at the beginning of each month by the use of existing measuring equipments (water meters and calorimeters), with valid legalization certificates.

On the basis of the research it was noticed that the manner of the hot water preparation had a great influence on the value of individual heat consumption used for hot water preparation and on costs borne by recipients.

It was ascertained that the hot water preparation in the thermal node, which provides hot water for group of multi-family buildings, requires about 27% heat more than required in the case of the hot water preparation in the individual thermal node. Besides, it was noticed that the individual heat consumption used for hot water preparation increased, as the hot water consumption dropped.

In turn, the use of thermostatic valves in the hot water installation causes the decrease of heat consumption used for hot water preparation by 12% on average, which is caused by the limitation of circulation flow in pipes and minimizing of heat losses in transportation of hot water.

Słowa kluczowe:

efektywność energetyczna, oszczędności energii, przygotowanie ciepłej wody

Keywords:

energy efficiency, energy savings, hot water preparation