

Paweł Michnikowski
Tadeusz Muszyński

Podzielniki kosztów ogrzewania - błąd wskazania w warunkach przewymiarowanych grzejników.

Mimo przewrotnego tytułu, podzielniki kosztów ogrzewania - cieczowe oraz elektroniczne- pozostają jedynym powszechnie dostępnym urządzeniem do rozliczania kosztów ogrzewania w budynkach wielorodzinnych. Dotyczy to przede wszystkim starych zasobów mieszkaniowych, gdzie nie jest możliwe wykorzystanie indywidualnych liczników ciepła. Nie zwalnia to jednak osób odpowiedzialnych za wdrażanie systemów indywidualnego rozliczania kosztów ogrzewania: naukowców, pracowników firm rozliczeniowych oraz zarządców zasobów mieszkaniowych, od wykazywania dbałości o ciągłe doskonalenie metod oraz procedur opartych na odczycie wskazań podzielników.

1. Źródła błędów w systemie podziału kosztów ogrzewania.

Podstawowe źródła błędów w podziale kosztów ogrzewania w budynkach wielorodzinnych, wbrew obiegowym opiniom, nie wiążą się z metodą pomiarową opartą na wskazaniach podzielników. Związane są ze specyfiką obiektu rozliczanego - budynku wielorodzinnego oraz rozliczanego medium - ciepła.

Według analiz prowadzonych w krajach, w których systemy podziału kosztów ogrzewania funkcjonują już wiele lat, najważniejszym czynnikiem zakłócającym prawidłowy przebieg rozliczania jest wymiana ciepła pomiędzy mieszkaniami o zróżnicowanych temperaturach. W konsekwencji, mieszkania o podwyższonej temperaturze wewnętrznej ponoszą większe koszty ogrzewania spowodowane wyższym komfortem ciepła (co zrozumiałe) oraz ucieczką ciepła do mieszkań sąsiednich, chłodniejszych (co niesprawiedliwe). Brak uwzględnienia tego faktu w procedurach rozliczeniowych może w niektórych przypadkach degradować całkowicie sens indywidualnego rozliczania kosztów ogrzewania.

Innym, nie mniej istotnym źródłem błędów, także związanym z specyfiką dostawy ciepła do indywidualnych mieszkań, jest nie uwzględnianie przez większość systemów rozliczeniowych tzw. wymuszonej konsumpcji ciepła od nie izolowanych pionów grzewczych.

Zapalnym, często poruszanym w trakcie reklamacji oraz kontrowersyjnym tematem jest procedura uwzględniania w systemach rozliczania, redukcji wskazań podzielników lub liczników ciepła, związanej z tzw. niekorzystnym z punktu widzenia strat cieplnych, położeniem mieszkania w bryle budynku. Stosowanie współczynników redukcyjnych R_m stało się co prawda akceptowanym przez wszystkich (firmy rozliczeniowe, jednostki badawcze, zarządcy oraz lokatorzy) standardem, nie ma natomiast zgody co do metody ich wyznaczania.

Wymienione powyżej źródła błędów stanowią podstawową przyczynę, nie uzasadnionych technicznie, dużych dysproporcji we wskazaniach urządzeń w porównywalnych mieszkaniach, dochodzących nawet do 20 razy. Podobnie wygląda sytuacja w nowych zasobach mieszkaniowych, wyposażonych w indywidualne liczniki ciepła, co

potwierdza hipotezę, że nie jest to wina metody rozliczeniowej opartej na podzielnikach kosztów ogrzewania.

Coraz częściej opisywaną w literaturze oraz zaobserwowaną w praktyce rozliczeniowej przyczyną błędnych rozliczeń jest zjawisko zawyżonych wskazań podzielników związane z przewymiarowaniem grzejników. Ze względu na swoją przyczynę oraz sposób oddziaływania, należy to zjawisko zakwalifikować jako źródło błędów związane z metodą pomiarową opartą na wykorzystaniu podzielników.

2. Przewymiarowanie grzejników jako źródło błędnych wskazań podzielników.

Pod pojęciem przewymiarowania definiowana jest nadwyżka wydajności cieplnej zamontowanego grzejnika w stosunku do aktualnego zapotrzebowania na moc grzewczą danego pomieszczenia. Historycznie rzecz ujmując, zjawisko przewymiarowania wynika z:

- liberalnych zasad projektowania instalacji grzewczej w okresie budowy budynku,
- dokładania żeberek w okresie niedogrzewania mieszkań w latach 70-tych i 80-tych,
- chaotycznej i nieskoordynowanej wymiany grzejników,
- docieplenia budynku oraz indywidualnej wymiany stolarki okiennej.

Konsekwencją złego doboru grzejnika (jego przewymiarowania) jest mniejszy od nominalnego przepływ przez niego wody grzejnej i silne jego zdławienie. Dokładny opis zjawisk termofizycznych podczas zdławionego przepływu czynnika przez grzejnik można znaleźć w pozycjach literaturowych [1, 3]. Zjawisko przewymiarowania jako źródło błędnych wskazań podzielników zostało opisane m.in. w publikacjach [2, 4].

Starając się opisać mechanizm wpływu zdławionego przepływu wody grzewczej na wskazanie podzielnika (cieczowego oraz elektronicznego) należy zacząć od zdefiniowania warunków w jakich dokonuje się doboru współczynników oceny (wielkości przeliczające wskazania podzielnika na wartości przydatne dla systemu podziału kosztów ogrzewania). Są to tzw. warunki bazowe, które są kształtowane przez następujące parametry [5, 6]:

- średnia temperatura wody grzewczej 50°C - 65°C (dla elektronicznego 40°C - 60°C),
- moc nominalna grzejnika określona dla warunków $90^{\circ}/70^{\circ}/20^{\circ}\text{C}$,
- przepływ nominalny "m."

W tych warunkach wyznaczane są tzw. współczynnik sprzęgu cieplnego K_c oraz mocy K_q , których iloczyn tworzy całkowity współczynnik oceny K .

Ponieważ w przypadku przewymiarowanego grzejnika nie jest możliwe uzyskanie dla w/w wymienionych warunków przepływu nominalnego, to współczynniki oceny wyznaczone dla takich odmiennych stanów pracy grzejnika, różnią się od tych, które uzyskano by w warunkach bazowych.

Analizę teoretyczną przewymiarowania, jako źródła błędnych wskazań, przeprowadzono dla podzielnika elektronicznego, z zaprogramowaną charakterystyką grzejnika. Pozwoliło to na wyeliminowanie wpływu na wynik analizy, dodatkowego źródła błędów, w postaci niedopasowania charakterystyki wskazania podzielnika cieczowego, z charakterystyką grzejnika.

Na rys. 1 przedstawiono graficznie chwilowe wskazania podzielników elektronicznych i dokonano ich porównania dla następujących założeń:

- średnia temperatura wody grzejnej $t_m=55^{\circ}\text{C}$ (warunki bazowe wg normy PN EN835 i PN EN834),
- wskazanie podzielnika po uwzględnieniu jego mocy (wskazanie w jednostkach zużycia),
- analiza dla grzejnika T1 dla którego wystarczająco dokładna jest zależność temperatury wody grzejnej t_w od wysokości grzejnika [1], równa:

$$t_w = t_L + (t_z - t_p) \cdot \exp\left(\frac{h}{h_g} \cdot \ln \frac{t_p - t_L}{t_z - t_L}\right) \quad (2.1)$$

gdzie: t_L - temperatura otoczenia (20°C)

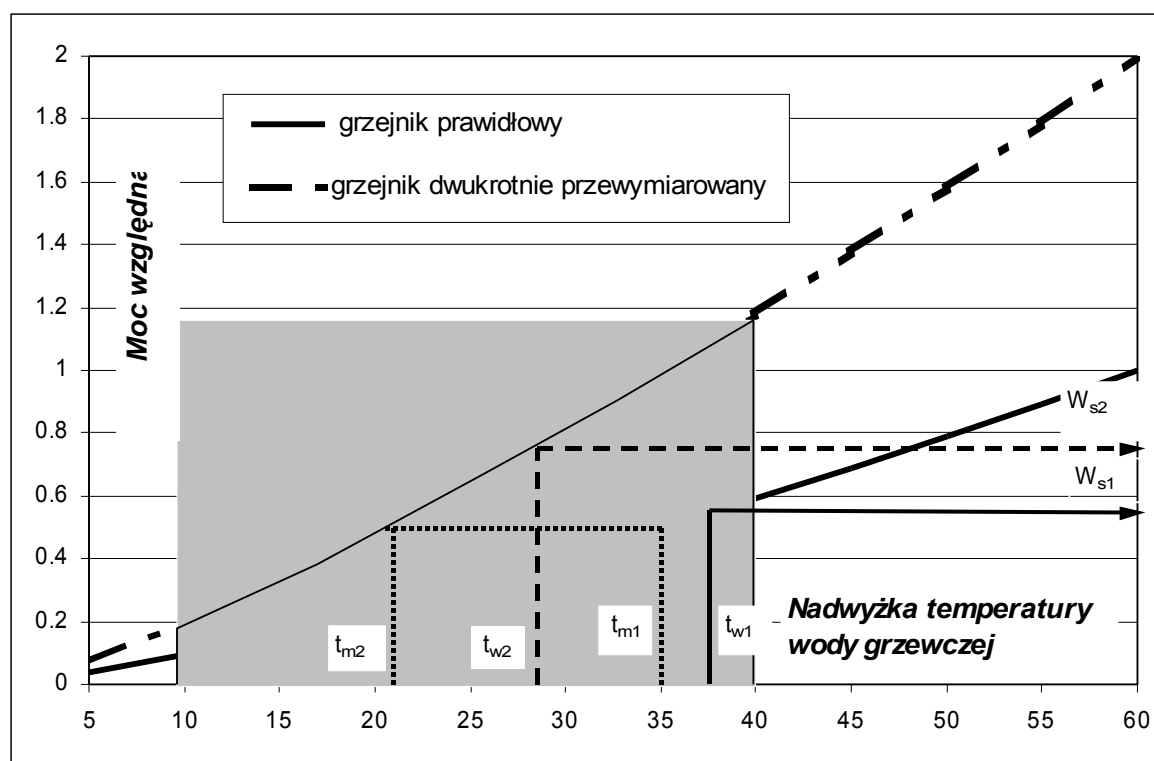
t_z - temperatura zasilania

t_p - temperatura powrotu

h_g - wysokość grzejnika

h - współrzędna położenia podzielnika

- równanie logarytmiczne na średnią temperaturę wody grzejnej,
- temperatura zasilania $t_z=60^{\circ}\text{C}$, powrotu $t_p=50^{\circ}\text{C}$ (z krzywej regulacji jakościowej dla $t_m=55^{\circ}\text{C}$)



Rys 1. Porównanie chwilowych wskazań podzielników elektronicznych zamontowanych na grzejnikach o różnych mocach.

Na rys.1 przedstawiono porównanie wskazań dwóch podzielników elektronicznych, jednego zamontowanego na grzejniku prawidłowo dobranym, o mocy grzejnej równej aktualnemu zapotrzebowaniu pomieszczenia oraz drugiego na grzejniku o mocy dwukrotnie przekraczającej aktualne zapotrzebowanie pomieszczenia. Założono tą samą temperaturę zasilania obu grzejników (dla temperatury zewnętrznej 0°C , z wykresu regulacji jakościowej temperatura zasilania 60°C). Średnia temperatura wody grzewczej dobrze dobranego grzejnika (przepływ nominalny) wynosi 55°C , co daje nam nadwyżkę powyżej temperatury otoczenia 35°C (zaznaczona na wykresie jako t_{m1}). Grzejnik przewymiarowany dostosowuje swoją moc poprzez dławienie przepływu (przepływ mniejszy niż nominalny) co wpływa na obniżenie temperatury powrotu i większe schłodzenie czynnika grzewczego na pionowym

przekroju grzejnika. Skutkiem tego jest obniżenie średniej temperatury czynnika grzewczego t_{m2} dla grzejnika przewymiarowanego z 55°C na 41°C (nadwyżka temperatury 21°C).

Korzystając z równania (2.1) wyznaczono temperaturę grzejnika w miejscu mocowania podzielnika t_w . Zakładając, że współczynnik c_0 opisany zależnością [7]:

$$c_0 = \frac{t_w - t_{HS}}{t_w - t_L} \quad (2.2)$$

gdzie: t_{HS} - temperatura czujnika od strony grzejnika

jest stały, co zostało dowiedzione w [3], można założyć, że temperatura w miejscu mocowania podzielnika decyduje o szybkości chwilowych wskazań podzielnika elektronicznego. Uwzględniając współczynnik oceny zależny od mocy grzejnika (dwukrotnie przewymiarowany grzejnik posiada dwukrotnie większy współczynnik K_q) można wyznaczyć chwilowe szybkości wskazań podzielników elektronicznych dla obu grzejników. Jak widać na opisywanym rysunku wskazanie chwilowe podzielnika na grzejniku przewymiarowanym W_{s2} różni się zasadniczo (jest większe) od wskazania na grzejniku prawidłowo dobranym W_{s1} .

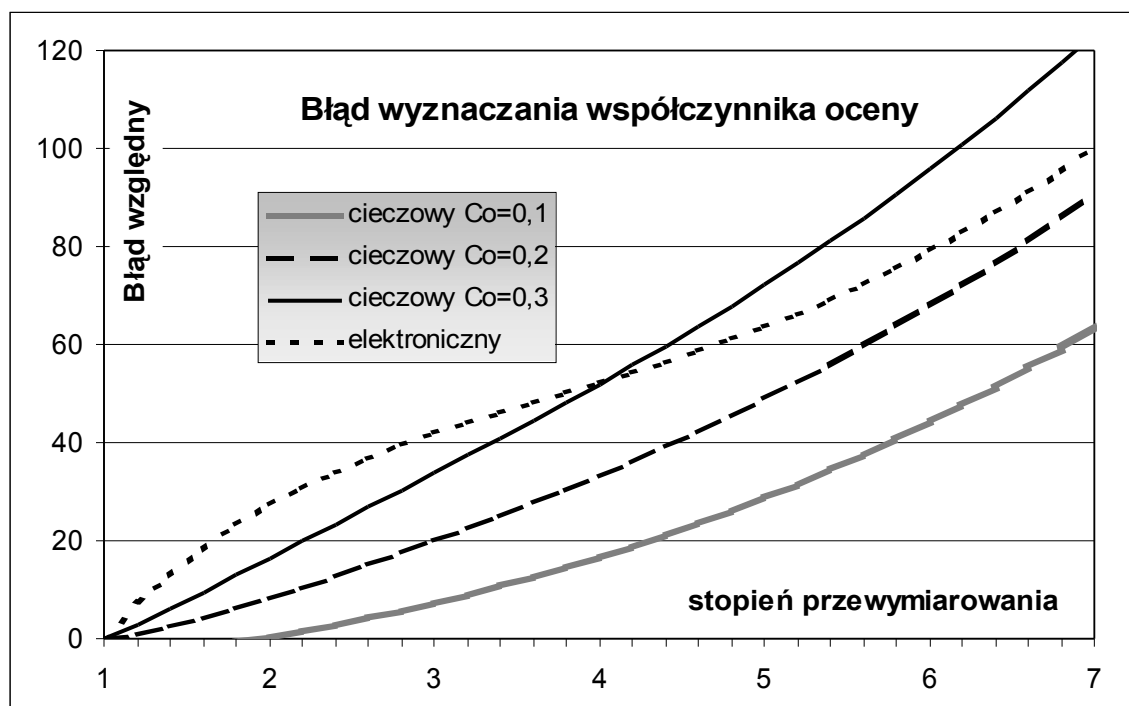
Aby przeprowadzić analizę wpływu przewymiarowania grzejnika na wskazanie zamontowanego na nim podzielnika, należy zdefiniować pojęcie stopnia przewymiarowania. Z uwagi na fakt, że porównanie wskazań podzielników prowadzić się będzie dla warunków bazowych, stopień przewymiarowania grzejnika ψ określono jako:

$$\psi = \frac{\dot{Q}_b}{\dot{Q}_z} \quad (2.3)$$

gdzie:

\dot{Q}_b - moc aktualnie zamontowanego grzejnika dla warunków bazowych

\dot{Q}_z - aktualne zapotrzebowanie mocy pomieszczenia dla warunków bazowych



Rys.2. Zależność błędu wyznaczenia współczynnika oceny od stopnia przewymiarowania grzejnika.

Na rys.2 pokazano zależność błędu wyznaczenia całkowitego współczynnika oceny K , od różnych stopni przewymiarowania grzejników, dla podzielników elektronicznych oraz cieczowych, w przypadku przyjęcia średniej temperatury bazowej wody grzewczej na poziomie 55°C . Dla podzielników cieczowych, błąd doboru współczynnika oceny K (warunki pracy grzejnika odmienne od bazowych), zależy od stopnia przewymiarowania oraz sprzęgu cieplnego c_0 , definiowanego zgodnie z zależnością (2.2), natomiast dla podzielników elektronicznych, z zaprogramowaną skalą zużycia, zależy tylko od stopnia przewymiarowania grzejnika.

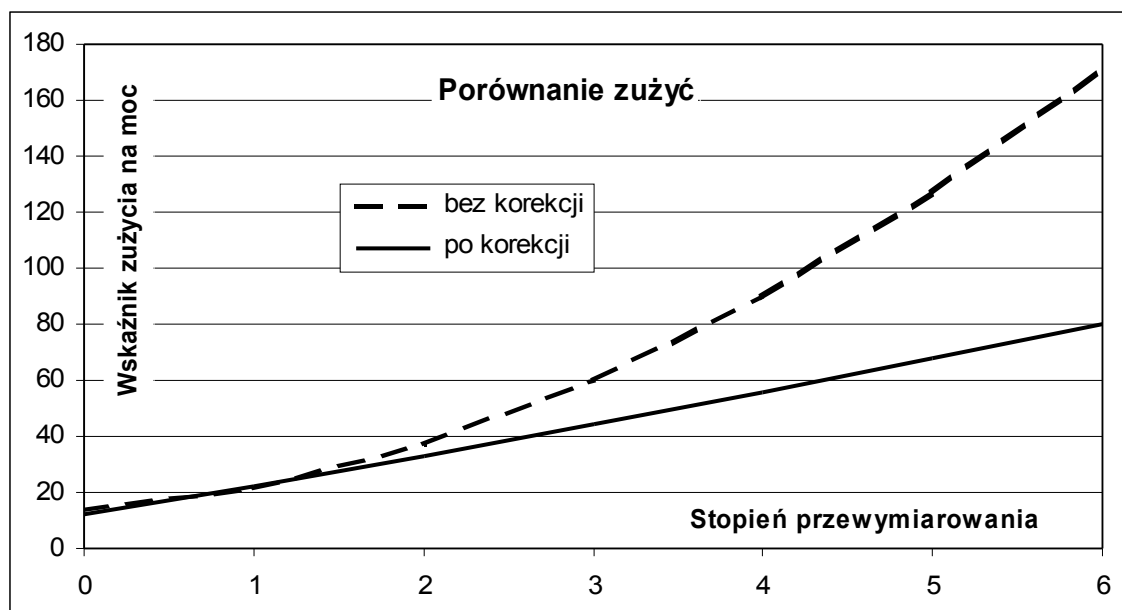
3. Ocena wpływu przewymiarowania grzejników, na błąd wskazań podzielników cieczowych, dla konkretnej jednostki rozliczeniowej.

Przytoczoną powyżej analizę teoretyczną podano weryfikacji w istniejącej jednostce rozliczeniowej administrowanej przez Spółdzielnię Mieszkaniową na zachód od Poznania. Jest nią budynek ocieplony, złożony z 20 mieszkań, w którym prowadzi się rozliczanie indywidualnych kosztów ogrzewania już 8 lat. W budynku zamontowane są standardowe grzejniki żeberkowe typu T1, TA1 oraz TA1-p, co pozwala wykorzystać zależność (2.1) do określenia temperatury wody grzewczej na wysokości montażu podzielnika. Dla analizowanego budynku stworzono aktualny projekt OZC (obliczanie zapotrzebowania na moc grzewczą).

Dla właściwej oceny wpływu przewymiarowania grzejników na błąd wskazań podzielników przyjęto, że wskazanie podzielnika w analizowanym pomieszczeniu (po uwzględnieniu współczynnika oceny) powinno być proporcjonalne do aktualnego zapotrzebowania na moc grzewczą dla tego pomieszczenia. Indywidualne zachowania lokatorów - temperatury oraz wentylacja różne od normatywnych - uwzględniono poprzez wykorzystanie do analizy średnich wskazań podzielników, w danym przedziale stopnia przewymiarowania grzejników. Specjalnie dla analizy stworzono rejestr aktualnego zapotrzebowania mocy grzewczej poszczególnych pomieszczeń jednostki rozliczeniowej, dla temperatury zewnętrznej odpowiadającej (z wykresu regulacji jakościowej) średniej temperaturze wody grzewczej 55°C (normatywne warunki bazowe wyznaczania współczynnika K_c). Nie uwzględniono mocy sieci rozprowadzającej w pomieszczeniach, przez które przebiegały piony grzewcze oraz indywidualnej wymiany stolarki okiennej, co zapewne zwiększyłyby stopień przewymiarowania grzejników. Jednocześnie dla tych samych warunków sporządzono rejestr mocy aktualnie zamontowanych w analizowanych pomieszczeniach grzejników, co w zestawieniu z poprzednimi działaniami, pozwoliło na określenie stopnia ich przewymiarowania.

W oparciu o rzeczywiste wskazania podzielników, wyznaczono odpowiednie wskaźniki jako stosunek odczytanych z podzielników jednostek zużycia przypadających na aktualne (po sporządzeniu OZC) zapotrzebowanie mocy grzewczej danego pomieszczenia. Dzięki temu można było sprawdzić czy prawdziwa jest hipoteza o zwiększonych względnych wskazaniach podzielników na grzejnikach przewymiarowanych. Następnie dokonano korekcji współczynników oceny, w oparciu o wynik analizy porównawczej, wskazań podzielników na grzejnikach dobrze dobranych o przepływach nominalnych, z rzeczywistymi wskazaniami dla grzejników przewymiarowanych, dla zasymulowanych warunków bazowych. Przyjęto dla podzielników kapilarnych wypełnionych heksanolem współczynnik sprzęgu cieplnego $c_0 = 0,3$ (podzielniki zamontowane w analizowanej jednostce rozliczeniowej).

Powtórnie, dla skorygowanych wskaźników podzielników (korekcja współczynników oceny), sporządzono wskaźniki zużycia na moc grzewczą. Zależność średnich wskaźników zużycia od stopnia przewymiarowania, dla obu analizowanych przypadków, przedstawiono na rys.3.



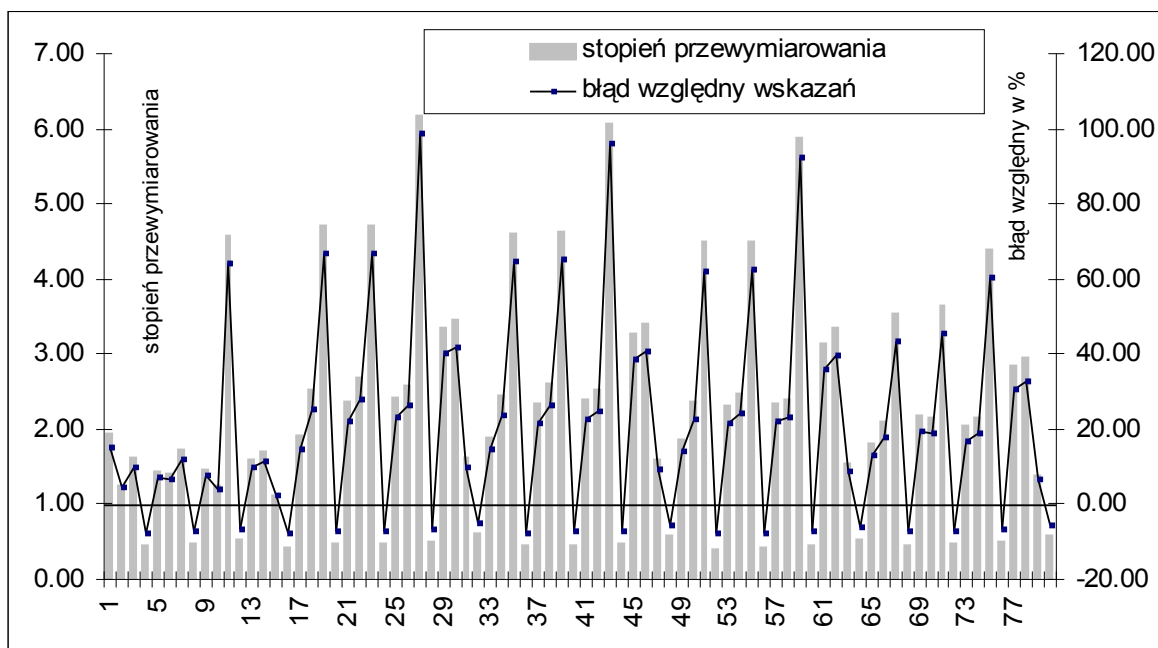
Rys.3. Porównanie względnych wskaźników podzielników dla różnych stopni przewymiarowania grzejników w analizowanej nieruchomości.

Można na nim zaobserwować silny wzrost średniego względnego wskaźnika zużycia, w funkcji stopnia przewymiarowania, dla współczynników oceny nie podanych korekcji. Po korekcji współczynników oceny zależność ta wyraźnie maleje. Nie nastąpiło jednak pełne wyrównanie względnych wskaźników na moc w całym obszarze rozliczanych grzejników. Może to wynikać z faktu, że rzeczywisty stopień przewymiarowania jest większy, ponieważ w analizie nie uwzględniono odzysku od pionów grzewczych oraz indywidualnej wymiany stolarki okiennej, co w konsekwencji musiałyby spowodować dalsze zmniejszenie zapotrzebowania na grzejniki.

Na następnym rysunku (rys.4) graficznie przedstawiono błędy wskaźników podzielników na indywidualnych grzejnikach w analizowanej nieruchomości, spowodowane brakiem uwzględnienia w systemie rozliczeniowym zjawiska przewymiarowania. Widać z niego, że największe błędy występują na grzejnikach zlokalizowanych na kondygnacjach środkowych. W nieruchomości tej występują także przypadki grzejników o zbyt małej wydajności w stosunku do normatywnego zapotrzebowania, szczególnie w łazienkach. Na wykresie przypadki te uwidocznione są w postaci grzejników o błędach względnych mniejszych od zera, czyli o wskazaniach zaniżonych w stosunku do poprawnych.

Aby zniwelować efekty błędnych wskaźników podzielników na grzejnikach źle dopasowanych do aktualnego zapotrzebowania pomieszczeń (po dociepleniu, wymianie stolarki okiennej) należy przetestować jeden z ewentualnych wariantów:

- wymiana grzejników na prawidłowo dobrane,
- obniżenie parametrów czynnika grzewczego (regulacja jakościowa),
- korekcja współczynników oceny dla podzielników



Rys.4. Błąd względny wskazań podzielników na indywidualnych grzejnikach, w analizowanej nieruchomości

Analizując każdy z tych sposobów trzeba stwierdzić, że pierwszy wariant jest najbardziej prawidłowy, lecz mało realny z ekonomicznego punktu widzenia. Drugi wariant z kolei, może dotyczyć nieruchomości o w miarę równomiernym stopniu przewymiarowania. Natomiast trzeci wariant nie wymaga ingerencji w układ grzewczy i jest najprostszy do wprowadzenia. Warunkiem koniecznym do jego zastosowania jest aktualizacja zapotrzebowania na moc grzewczą obiektu, popularnie zwana projektem OZC.

LITERATURA

1. Adunka F.: Heizkostenverteilung bei Heizkörpern mit stark gedrosselten Durchflüssen. HLH 43 (1992), Nr 11.
2. Ciuman H., Smoleń M.: Przewymiarowanie grzejników c.o. w aspekcie poprawności podziału kosztów ogrzewania, IV Konferencja Naukowo-Techniczna n.t. "Doskonalenie podziału kosztów ogrzewania w budownictwie wielorodzinnym - A jednak podzielniki", Krynica-Zdrój 2003.
3. Ciuman H.: Badanie charakterystyki cieplnego sprzężenia grzejnika i wyparnego podzielnika kosztów ogrzewania, praca doktorska, Politechnika Śląska, Gliwice 2000.
4. Krzyżaniak G.: Wpływ zmian izolacyjności cieplnej przegród na rozliczanie kosztów zużycia ciepła, II Ogólnopolska Konferencja Naukowo-Techniczna n.t. "Indywidualne koszty ogrzewania, oszczędzanie ciepła, a komfort cieplny" Jodłowy Dwór k. Kielc, 24-26 maja 2001r
5. Norma PN-EN834 (1999): Podzielniki kosztów ogrzewania do rejestrowania zużycia ciepła przez grzejniki - Przyrządy zasilane energią elektryczną.
6. Norma PN-EN835 (1999): Podzielniki kosztów ogrzewania do rejestrowania zużycia ciepła przez grzejniki - Przyrządy bez zasilania energią elektryczną działające na zasadzie parowania dyfuzyjnego.

7. Zoellner G., Binder J., Konzelmann M.: Systembedingte Fehler von Heizkostenverteiltern nach dem Verdunstungsprinzip abhaengig von den Betriebsbedingungen und dem Montageort, Mitteilung aus dem Hermann-Rietschel Institut fuer Heizung- und Klimatechnik der Technischen Universitaet Berlin, 31 (1980), Nr 11.