

## **Nowe spojrzenie na sposób wyznaczania współczynników redukcyjnych w systemie podziału kosztów ogrzewania**

*Jednym z warunków poprawnego, rzetelnego oraz zgodnego z poczuciem sprawiedliwości społecznej sposobu podziału indywidualnych kosztów ogrzewania z wykorzystaniem wskazań podzielników lub ciepłomierzy mieszkaniowych jest stosowanie tzw. współczynników redukcyjnych. Tak określa się potocznie, w środowisku zajmującym się problematyką indywidualnego rozliczania kosztów ogrzewania, wartości liczbowe przeważnie mniejsze od jedności, obniżające wskazania urządzeń pomiarowych, służących do określenia poboru ilości ciepła z instalacji grzewczej budynku wielorodzinnego. Mają one za zadanie wyrównanie szans użytkowników lokali niekorzystnie położonych z punktu widzenia komfortu cieplnego (większy wydatek ciepła na zapewnienia porównywalnego komfortu cieplnego), do których zalicza się lokale: na parterze nad piwnicą nie ogrzewaną, na ostatniej kondygnacji lub przy ścianach szczytowych. Wynika to z faktu, że w opłatach czynszowych w Polsce nie występuje korelacja pomiędzy jej wielkością, a położeniem lokalu oraz do końca lat 80-tych (zasoby w większości rozliczane za pomocą podzielników) najemca lokalu nie miał wpływu na jego położenie.*

### 1. Dotychczasowe sposoby i metody doboru współczynników redukcyjnych.

Procedura wykorzystywana do podziału kosztów ogrzewania, w oparciu o wskazania podzielników, została „zaimportowana” do Polski na początku lat 90-tych, głównie z Niemiec. Działo się to jednocześnie z wejściem na polski rynek budownictwa niemieckich firm rozliczeniowych, które dostarczając oprzyrządowanie czyli podzielniki - wyparkowe lub elektroniczne – jednocześnie wprowadziły procedury rozliczeniowe, stworzone w oparciu o niemieckie przepisy - Heizkostenverordnung [ 3 ]. W ostatniej nowelizacji wspomnianego rozporządzenia, współczynniki redukcyjne (wyrównujące różnice jakości cieplnej lokali) zostały zlikwidowane, ze względu na realizację postulatu możliwie ścisłego powiązania kosztów ogrzewania z wartością zużytej energii.

W Polsce, stosowanie współczynników redukcyjnych jest powszechnie akceptowane ze względów opisanych już wyżej i zalecane przez COBRTI INSTAL. Ten ostatni wydał zresztą specjalny dokument [ 2 ], który zawiera dwa sposoby ustalania wartości współczynników redukcyjnych „ $R_m$ ”:

- na podstawie dołączonych do zaleceń tablic współczynników (kryterium wyboru danych z tablic wynika z obowiązujących norm wykonania budynku),
- na podstawie wyników analizy porównawczej najniższej wartości wskaźnika obliczeniowego zapotrzebowania na ciepło  $\min(q_i)$  pokrywanego przez grzejniki, jaki wystąpił w danym budynku odniesionej do wartości tego wskaźnik  $q_i$  w poszczególnych jednostkach użytkowych w budynku. Wartość wskaźnika w  $i$ -tej jednostce użytkowej określamy według następującej zależności [ 2 ]:

$$q_i = \frac{\sum_{j=1}^{j=n} (Q_{pom,j} - \phi_{pp,j} - \phi_{p,j})}{F_i}$$

gdzie:

- $q_i$  - wskaźnik obliczeniowego zapotrzebowania na ciepło pokrywanego przez grzejniki w jednostce użytkowej  $i$  [ $W/m^2$ ],
- $Q_{pom,j}$  - obliczeniowe zapotrzebowanie pomieszczenia na ciepło przypadające na grzejnik  $j$  [ $W$ ],
- $\phi_{pp,j}$  - moc cieplna pionów zasilającego i powrotnego w rozpatrywanym pomieszczeniu przypadająca na grzejnik  $j$  [ $W$ ],
- $\phi_{p,j}$  - moc cieplna ewentualnie innych, oprócz pionów, nie izolowanych przewodów instalacji centralnego ogrzewania, biegnących w rozpatrywanym pomieszczeniu przypadająca na grzejnik  $j$  [ $W$ ],
- $F_i$  - powierzchnia użytkowa jednostki użytkowej  $i$  [ $m^2$ ],
- $n$  - liczba grzejników w jednostce użytkowej.

Pierwsza z metod, mimo znacznego błędu wynikającego z uproszczenia zagadnienia, posiada także i zalety, do których należą z pewnością łatwość jej zastosowania, możliwość sprawdzenia przez indywidualnego użytkownika, uniwersalność i brak potrzeby obliczania aktualnych strat cieplnych pomieszczeń (projektu OZC).

Druga z metod - w oparciu o rejestr strat cieplnych pomieszczeń - uwzględnia aktualne parametry budowlane oraz cieplne obiektu. Pozwala ona również uwzględniać szczególne i nietypowe położenia lokali: przy zsykach, obok szybów windowych, nad przejściami dla pieszych lub brać pod uwagę częściową zabudowę ścian szczytowych. Natomiast w kontekście jej stosowania otwarte pozostaje pytanie, z jakich danych korzystać: czy ze starych projektów źródłowych - jeżeli są jeszcze dostępne, czy z informacji płynących z "inventaryzacji grzejników z natury" lub czy z nowych, aktualnych projektów Obliczania Zapotrzebowania Ciepłego? W pierwszym przypadku, jeżeli dostępne są projekty źródłowe, musimy liczyć się, że zostały one sporządzone w oparciu o liberalne zasady projektowania i nie uwzględniają dalszych przedsięwzięć termomodernizacyjnych inwestora. W drugim przypadku inventaryzacja z natury jest obciążona jeszcze większym błędem, ponieważ moc zamontowanych grzejników nie odzwierciedla rzeczywistego zapotrzebowania cieplnego pomieszczeń (wymiany grzejników, dokładanie żeber itd.). Najbardziej właściwym wydaje się trzeci sposób - sporządzenie aktualnego projektu w oparciu o Audytor OZC, co pozwala uwzględnić wszystkie, nawet najbardziej nietypowe kształty obiektu oraz wszystkie kolejno przeprowadzone przedsięwzięcia termomodernizacyjne, łącznie z indywidualną wymianą stolarki okiennej. Ostatnie publikacje dotyczące metod wyznaczania współczynników redukcyjnych nie pozostawiają żadnych wątpliwości, jakie metody są szczególnie zalecane przez COBRTI INSTAL [ 4 ] i [ 5 ].

## 2. Proponowane warunki wyznaczania współczynników redukcyjnych „ $R_m$ ”.

Opisywana w tym opracowaniu metoda wyznaczania współczynników redukcyjnych „ $R_m$ ” dla poszczególnych pomieszczeń opiera się na algorytmie proponowanym w zaleceniach COBRTI INSTAL. Dla przypomnienia należy dodać, że wymaga ona analizy porównawczej najniższej wartości wskaźnika zapotrzebowania mocy grzewczej w danym obiekcie, do bieżącego wskaźnika w rozpatrywanej jednostce użytkowej (mieszkanu). Zrezygnowano natomiast z

uwzględnienia w bilansie cieplnym jednostek użytkowych zysków od pionów. Dotychczasowe metody wyznaczania obliczeniowego zapotrzebowania na ciepło prowadzone były dla temperatur obliczeniowych, wynikających ze stref klimatycznych (np. dla III strefy  $-20^{\circ}\text{C}$ ).

Autor podjął próbę określenia współczynników redukcyjnych opisaną wyżej metodą dla rzeczywistego obiektu. Zapotrzebowanie ciepłe pomieszczeń wyliczono na podstawie zaktualizowanej dokumentacji budynku, a jako narzędzie wykorzystano program OZC wersja 3.0 autorstwa Piotra Wereszczyńskiego.

Uzyskane współczynniki redukcyjne „ $R_m$ ” wykorzystano następnie do modyfikacji wskazań podzielników kosztów ogrzewania. Przeprowadzona analiza statystyczna, tak wyznaczonych wartości wskazań podzielników, pozwoliła na wykrycie pewnej prawidłowości. Odnotowano zjawisko częściej występujących niedopłat (koszty przekraczające przedpłaty) w mieszkaniach zlokalizowanych na parterze, usytuowanych nad nie ogrzewaną częścią piwnicy. W mieszkaniach tych migracja ciepła przebiega zarówno przez przegrody zewnętrzne jak i wewnętrzne. Zatem jako hipotezę wyjaśniającą to zjawisko przyjęto fakt istnienia niejednakowej, zróżnicowanej zależności funkcyjnej, pomiędzy temperaturą zewnętrzną, a zapotrzebowaniem na energię cieplną wspomnianych pomieszczeń w stosunku do pozostałych ( w środku, przy stropodachu).

Celem zweryfikowania przyjętej hipotezy, przeprowadzono obliczenia cieplne tego obiektu przy różnych temperaturach zewnętrznych, na podstawie których określono średnie jednostkowe zapotrzebowanie ciepłe pomieszczeń parteru i pozostałych, biorąc pod uwagę tylko te pomieszczenia, których temperatura obliczeniowa wynosi  $20^{\circ}\text{C}$ . Jako miarę wspomnianej niejednakowej zależności funkcyjnej przyjęto stosunek obliczonych mocy średnich przypadających na jednostkę powierzchni.

Otrzymane z symulacji komputerowej wyniki zamieszczono w tabeli 1.

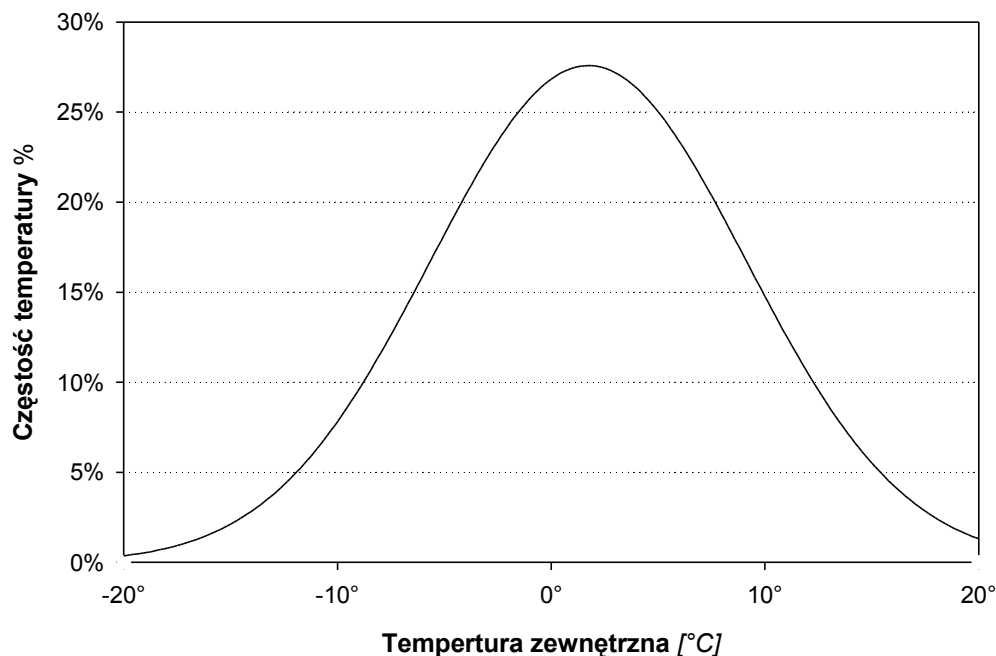
Tabela 1: Zależność zapotrzebowania mocy pomieszczeń od temperatury zewnętrznej.

Temperatura	Średnia jednostkowa moc cieplna pomieszczeń parteru $Q_{\text{f}\ddot{s}\text{r-pr}}$ $\text{W/m}^2$	Średnia jednostkowa moc cieplna pozostałych pomieszczeń $Q_{\text{f}\ddot{s}\text{r-p}}$ $\text{W/m}^2$	$Q_{\text{f}\ddot{s}\text{r-pr}} / Q_{\text{f}\ddot{s}\text{r-p}}$
$^{\circ}\text{C}$			
-18	76,68	66,38	1,16
-14	68,19	57,19	1,19
-10	59,70	47,98	1,24
-6	51,53	39,15	1,32
-2	46,21	33,07	1,40
2	40,82	26,97	1,51
6	31,96	20,52	1,56
10	27,16	14,54	1,87

Potwierdzają one postawioną hipotezę i zmuszają do dalszej dyskusji nad przyjętymi założeniami dotyczącymi analitycznego wyznaczania współczynników redukcyjnych, szczególnie w odniesieniu do temperatury zewnętrznej, przy której prowadzi się analizę zapotrzebowania mocy grzewczej.

Za przyjęciem do wyznaczania współczynników redukcyjnych „ $R_m$ ”, innej niż obliczeniowa temperatura zewnętrzna, przemawia analiza kształtowania się temperatur w sezonie grzewczym

dla III strefy klimatycznej. Np. w ostatnich 10 latach, częstość występowania temperatur w sezonie grzewczym, zaprezentowaną w pracy doktorskiej [ 1 ], pokazuje rys. 1 .



Rys. 1. Częstość występowania temperatur w sezonie grzewczym.

Wynika z niego, że średnia temperatura sezonu grzewczego niewiele różni się od 0 °C. Dlatego autor proponuje przyjęcie tej temperatury do wyliczenia zapotrzebowania cieplnego poszczególnych pomieszczeń, które stanowią podstawę określenia współczynników redukcyjnych „ $R_m$ ”, nie podważając jednocześnie zasadności przyjmowania temperatur obliczeniowych do wyznaczania maksymalnego zapotrzebowania na moc grzewczą.

### 3. Analiza porównawcza współczynników redukcyjnych.

Celem zweryfikowania postawionej hipotezy, iż do wyliczania współczynników redukcyjnych „ $R_m$ ”, bardziej zasadne będzie przyjęcie temperatury powietrza jako średniej z sezonów grzewczych ostatnich lat, niż jak to dotychczas czyniono temperatury obliczeniowej, sporządzono analizę porównawczą współczynników wyznaczonych różnymi metodami, dla istniejącego budynku mieszkalnego. Wzięto pod uwagę wartości współczynników tabelarycznych oraz uzyskanych na drodze obliczeń strat ciepłych przy następujących założeniach:

- temperatura obliczeniowa III strefy – 20 °C
- temperatura zewnętrzna 0 °C.

Analizowany budynek mieszkalny położony jest na granicy dwóch stref klimatycznych (II i III) i charakteryzuje się następującymi parametrami budowlanymi (rok budowy 1975):

- ściana szczytowa ocieplona: południowa - współczynnik przenikania ciepła  $k = 0,47 \text{ W/m}^2\text{K}$ , północna  $k = 0,39 \text{ W/m}^2\text{K}$ ;
- ściana podłużna:  $k = 1,12 \text{ W/m}^2\text{K}$ ;
- strop nad piwnicą: wartość średnia  $k = 0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$ ;
- okna:  $k = 2,6 \text{ W/m}^2\text{K}$  (bez uwzględnienia indywidualnej wymiany stolarki).

Obliczenia przeprowadzono przy następujących założeniach:

- temperatura klatek schodowych ogrzewanych (głowice z blokadą nastaw) wynosi 16 °C,
- temperatura piwnicy jest temperaturą wynikową, obliczoną przez program OZC.

Uzyskane wartości współczynników redukcyjnych „ $R_m$ ”, tabelarycznych oraz uzyskanych na drodze analizy zapotrzebowania cieplnego, zamieszczono na pionowym przekroju budynku na rys. 2 .

a

0.7	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.7
0.8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.8
0.8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.8
0.8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.8
0.7	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.7

b

0.51	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.57	0.56	0.56	0.49
0.86	0.98	0.99	0.98	1.00	0.98	1.00	1.00	1.00	0.97	0.82
0.86	0.98	0.99	0.98	1.00	0.98	1.00	1.00	1.00	0.97	0.82
0.86	0.98	0.99	0.98	1.00	0.98	1.00	1.00	1.00	0.97	0.82
0.63	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.93	0.71	0.71	0.70	0.59

c

0.47	0.51	0.52	0.51	0.53	0.51	0.53	0.52	0.53	0.51	0.45
0.84	0.94	0.99	0.94	1.00	0.94	1.00	0.96	1.00	0.92	0.78
0.84	0.94	0.99	0.94	1.00	0.94	1.00	0.96	1.00	0.92	0.78
0.84	0.94	0.99	0.94	1.00	0.94	1.00	0.96	1.00	0.92	0.78
0.48	0.52	0.53	0.52	0.54	0.52	0.92	0.52	0.54	0.52	0.44

Rys. 2. Współczynniki redukcyjne na pionowym przekroju budynku: a). tabelaryczne, b). z bilansu cieplnego dla temperatury obliczeniowej  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , c). z bilansu cieplnego dla temperatury zewnętrznej  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Odnotowano istotne różnice pomiędzy wartościami współczynników redukcyjnych uzyskanymi z obliczeń, a wartościami tabelarycznymi. Także współczynniki wyznaczone z bilansu cieplnego budynku dla średniej temperatury zewnętrznej z sezonu grzewczego wykazują duże różnice w stosunku do wyznaczonych dla temperatury obliczeniowej  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , szczególnie dla mieszkań zlokalizowanych na parterze (różnice w wartościach bezwzględnych do 0,19). Jest to efektem wzrostu znaczenia w bilansie cieplnym tych mieszkań przepływu ciepła przez przegrody wewnętrzne. Oznacza to, wolniejszy spadek jednostkowego zapotrzebowania na ciepło dla tych lokali, w funkcji wzrastającej temperatury zewnętrznej, w stosunku do mieszkań innych kondygnacji. Stąd zapewne bierze się zjawisko regularnie występujących niedopłat na parterach, ponieważ ani współczynniki wyznaczone dla temperatury obliczeniowej strefy klimatycznej, ani tym bardziej tabelaryczne, nie odzwierciedlają rzeczywistego zapotrzebowania ciepła w warunkach, w których instalacja grzewcza pracuje statystycznie najczęściej.

Wysoka wartość współczynnika mieszkania środkowego na parterze (na rys. 2c oznaczonego kolorem niebieskim) wynika z lokalizacji nad węzłem cieplnym, natomiast spadek współczynników redukcyjnych dla niektórych mieszkań środkowych nawet o 10% wynika, tak

jak poprzednio, ze wzrastającego udziału wymiany ciepła przez przegrody wewnętrzne, w tym przypadku z klatkami schodowymi.

Dla sprawdzenia, które z współczynników redukcyjnych wyznaczonych w oparciu o podane tutaj metody lepiej opisują rzeczywistość, przeprowadzono analizę porównawczą, wykorzystując do tego celu zarówno współczynniki jak i wyniki odczytów podzielników z sezonu grzewczego 2001/2002. W pierwszym etapie, na podstawie wyników z odczytów podzielników kosztów ogrzewania, wyznaczono wskaźniki zwane jednostkowym zużyciem, opisane stosunkiem ilości jednostek zużycia do przypadającej na nie powierzchni. Graficznie zaprezentowano je na rys. 3a. Ograniczoną liczbę wskaźników, wraz z ich wartościami średnimi, liczonymi dla trzech zbiorów mieszkań, zilustrowano na rys. 3b. Zrezygnowano między innymi z wskaźników opisujących zużycie jednostkowe mieszkań szczytowych, które z punktu widzenia analizy statystycznej stanowią grupę za mało liczną (niski budynek). Przy wyznaczeniu średnich dla poszczególnych grup, wyeliminowano wskaźniki wykraczające poza przedział ufności średniej, czyli pominięto odczyty podzielników tych mieszkań, gdzie zachowania lokatorów powodowało zbyt duże lub zbyt małe zużycie energii cieplnej.

a

3.82	3.90	4.22	2.24	4.20	2.57	3.95	3.09	1.59	1.84	2.32
2.71	1.02	1.96	1.50	1.32	1.11	0.75	2.04	1.75	2.34	1.46
2.97	1.81	1.87	1.40	1.54	1.35	1.56	0.96	2.13	1.25	2.24
3.46	2.66	2.25	1.85	2.63	0.79	0.94	2.05	3.26	3.02	3.76
0.89	3.50	1.36	3.01	3.27	2.47	3.05	2.64	1.47	1.65	3.58

b

3.90		2.24		2.57	3.95	3.09			Wśr=3.15
	1.96	1.50	1.32	1.11		2.04	1.75	2.34	
1.81	1.87	1.40	1.54	1.35	1.56		2.13	1.25	Wśr=1.73
	2.25	1.85				2.05			
		3.01	3.27	2.47	3.05	2.64			Wśr=2.89

Rys. 3. Wskaźniki zużycia na pionowym przekroju budynku: a). dla wszystkich mieszkań (oprócz ścian szczytowych), b). dla mieszkań spełniających rozkład normalny wyników odczytów.

Wyznaczone średnie wskaźniki zużycia dla trzech charakterystycznych grup mieszkań (oznaczonych na rys.3. innymi kolorami) stanowiły punkt wyjścia do doświadczalnego wyznaczenia współczynników redukcyjnych. Dokonano tego zgodnie z regułą obliczeniową zawartą w zaleceniach COBTRI INSTAL, z tą różnicą iż obliczenia przeprowadzono na wartościach średnich wskaźników zużycia. Uzyskane współczynniki redukcyjne:

- doświadczalne (dla trzech grup mieszkań) w oparciu o średnie wyniki odczytów,
  - teoretyczne, obliczone na podstawie danych otrzymanych z programu OZC dla dwuelementowego zbioru temperatur (obliczeniowej i średniej z ostatnich sezonów grzewczych),
  - tabelaryczne
- zestawiono w tabeli 2.

Dodatkowo umieszczono w niej błędy wynikające z przyjętego sposobu wyznaczania współczynników redukcyjnych. Zestawienie ich wartości wraz z błędami ich oceny (wartości doświadczalne przyjęto jako poprawne) pozwala stwierdzić, że najlepiej łagodzą różnice we wskaźnikach indywidualnego zużycia, współczynniki redukcyjne „ $R_m$ ” wyznaczone w oparciu o

straty ciepła pomieszczeń dla temperatury zewnętrznej zbliżonej do średniej z ostatnich sezonów grzewczych.

Tabela 2: Porównanie współczynników redukcyjnych ze wskaźnikami zużycia oraz błąd względny wskazania podzielnika.

Położenie lokalu	Wskaźnik z pomiarów = współczynnik doświadczalny	Współczynnik tabelaryczny/ błąd względny	Z bilansu dla -20°C/ błąd względny	Z bilansu dla 0 °C/ błąd względny
pod stropodachem	0,55	0,8/ 45,5%	0,57/ 3,6%	0,54/ 1,8%
w środku	1,0	1,0	1,0	1,0
nad piwnicą	0,6	0,9/ 50%	0,74/ 23,3%	0,59/ 1,6%

We współczynnikach dla mieszkań parterowych, wyznaczonych metodą porównawczą z zapotrzebowania cieplnego, średnia została zawyżona przez uwzględnienie współczynnika dla mieszkania nad węzłem cieplnym.

#### 4. Wnioski

Uzyskane wyniki i przeprowadzona analiza pozwalają jednoznacznie stwierdzić, że najbardziej prawidłową metodą wyznaczania współczynników redukcyjnych ze względu na położenie mieszkań w bryle budynku, jest wyznaczenie ich zgodnie z zaleceniami COBRTI INSTAL, w oparciu o analizę porównawczą zapotrzebowania mocy cieplnej pomieszczeń, dla temperatury zbliżonej do statystycznie najczęściej występującej w sezonie grzewczym, czyli 0 °C. Pozwala to stworzyć szansę na sprawiedliwy wynik podziału indywidualnych kosztów ogrzewania, mieszkań zlokalizowanych na parterze. Zastosowanie w odniesieniu do tych mieszkań, w systemie podziału kosztów ogrzewania, współczynników redukcyjnych tabelarycznych, może wiązać się z popełnieniem błędu dochodzącego do 50%. Potwierdza to hipotezę, że nie jest możliwy sprawiedliwy i rzetelny podział indywidualnych kosztów ogrzewania jednostki rozliczeniowej, bez stworzenia aktualnej bazy danych budynku w oparciu o najnowsze programy Obliczania Zapotrzebowania na Ciepło OZC.

#### LITERATURA

1. Ciuman H., Badanie charakterystyki cieplnego sprzężenia grzejnika i wyparnego podzielnika kosztów ogrzewania, praca doktorska, Politechnika Śląska, Gliwice 2000.
2. COBTRI Instal, Indywidualne rozliczanie kosztów ogrzewania. Zalecane współczynniki redukcyjne „R<sub>m</sub>” dla jednostki użytkowej (np. mieszkania), ze względu na jej położenie w budynku, Warszawa, 03.96.
3. Heizkostenverordnung, Rozporządzenie o obliczaniu kosztów ogrzewania i ciepłej wody zależnie od zużycia, 20.01.89.
4. Kołodziejczyk W., Płachta J., Przykład obliczania wartości współczynników redukcyjnych dla potrzeb systemu indywidualnego rozliczania kosztów ogrzewania w budynku mieszkalnym, INSTAL nr 3/2003, Warszawa.
5. Romanowski O., "...- a jednak podzielniki", INSTAL nr 3/2003, Warszawa.