

Uniwersytet Mikołaja Kopernika  
w Toruniu  
Wydział Nauk Ekonomicznych i Zarządzania  
Katedra Ekonomii

Jakub Gawin  
nr albumu: 221254

Praca magisterska  
na kierunku Ekonomia

Ekonomiczna analiza systemów  
grzewczych w budynkach mieszkalnych

Opiekun pracy dyplomowej  
dr hab. Mirosław Bochenek, prof. UMK  
Katedra Ekonomii

Toruń 2012

Pracę przyjmuję i akceptuję

Potwierdzam złożenie pracy dyplomowej

.....  
*data i podpis opiekuna pracy*

.....  
*data i podpis pracownika dziekanatu*



## Spis treści

<b>Wstęp.....</b>	<b>5</b>
<b>Rozdział 1. Wykorzystanie rachunku ekonomicznego w celu optymalizacji decyzji gospodarstw domowych.....</b>	<b>7</b>
1.1. Rachunek ekonomiczny jako narzędzie podejmowania decyzji.....	7
1.1.1. Pojęcie rachunku ekonomicznego.....	8
1.1.2. Warunki stosowania rachunku ekonomicznego.....	8
1.1.3. Rodzaje rachunku ekonomicznego.....	11
1.2. Podejmowanie decyzji przez użytkownika systemu grzewczego.....	12
1.2.1. Cechy charakterystyczne prawidłowo określonego problemu.....	12
1.2.2. Efektywność ekonomiczna i efektywność energetyczna.....	14
1.2.3. Charakterystyka funkcji decyzji.....	18
1.3. Optymalizacja decyzji w zakresie stosowania systemów grzewczych.....	19
1.3.1. Optymalizacja wielokryterialna.....	19
1.3.2. Czynniki wpływające na wybór systemu grzewczego.....	22
<b>Rozdział 2. Charakterystyka tradycyjnych systemów grzewczych.....</b>	<b>25</b>
2.1. Drewno opałowe jako paliwo systemu grzewczego.....	26
2.1.1. Sposób przechowywania i wymogi kotłowni.....	27
2.1.2. Koszty związane z instalacją i eksploatacją.....	29
2.1.3. Zalety i wady systemu wykorzystującego paliwa drzewne.....	31
2.2. Systemy ogrzewania wykorzystujące węgiel.....	33
2.2.1. Magazynowanie paliwa i wymagania ciepłowni.....	34
2.2.2. Koszty inwestycyjne i eksploatacyjne.....	35
2.2.3. Pozytywne i negatywne aspekty systemu opartego na paliwie węglowym.....	37

2.3. Ogrzewanie budynku olejem opałowym.....	38
2.3.1. Przechowywanie i wymagania pomieszczenia dla kotła.....	39
2.3.2. Koszty związane z instalacją i użytkowaniem.....	41
2.3.3. Mocne i słabe strony systemu na olej opałowy.....	42
2.4. Systemy grzewcze oparte na paliwach gazowych.....	43
2.4.1. Magazynowanie i wymagania kotłowni.....	44
2.4.2. Koszty inwestycji i eksploatacji.....	45
2.4.3. Cechy dodatnie i ujemne systemów wykorzystujących paliwa gazowe.....	47
<b>Rozdział 3. Elektryczne folie grzewcze jako nowoczesny system ogrzewania.....</b>	<b>51</b>
3.1. Charakterystyka systemu ogrzewania opartego na elektrycznych foliach grzewczych....	51
3.2. Wymagania dotyczące montażu folii grzewczych.....	55
3.3. Koszty związane z inwestycją i eksploatacją systemu.....	63
3.4. Zalety i wady ogrzewania budynku mieszkalnego foliami grzewczymi.....	66
<b>Rozdział 4. Analiza kosztów wybranych systemów grzewczych w budynkach mieszkalnych.....</b>	<b>69</b>
4.1. Nowoczesny i konwencjonalne systemy grzewcze – porównanie .....	69
4.2. Koszty wybranych systemów ogrzewania w budynkach mieszkalnych.....	71
4.3. Kryterium wyboru oraz efektywność wybranych systemów grzewczych.....	78
<b>Zakończenie.....</b>	<b>83</b>
<b>Spis tabel.....</b>	<b>87</b>
<b>Spis rysunków i wykresów.....</b>	<b>89</b>
<b>Bibliografia.....</b>	<b>91</b>

## Wstęp

Rosnące ceny nośników energii i związany z tym wzrost kosztów sprawia, iż gospodarowanie wymusza podejmowanie działań efektywnościowych i racjonalizujących korzystanie ze źródeł energii. Kwestia ta dotyczy wszystkich podmiotów gospodarczych (państwa, przedsiębiorstw i gospodarstw domowych). Znaczną pozycję w wydatkach konsumpcyjnych gospodarstw domowych stanowią wydatki związane z ogrzewaniem mieszkań lub budynków. Wiele z nich, dążąc do racjonalizowania tych wydatków, musi podejmować ważne decyzje odnośnie wyboru systemu ogrzewania, które determinują koszty związane z utrzymaniem w przyszłości. Obecnie dostępne są różne, alternatywne warianty zastosowania systemów grzewczych w budynkach mieszkalnych. Można ogólnie wyodrębnić tzw. tradycyjne systemy grzewcze (oparte na drewnie, węglu, oleju i gazie) oraz systemy nowoczesne, wykorzystujące np. wyłącznie energię elektryczną.

Głównym celem pracy jest próba oceny efektywności wybranych systemów grzewczych zastosowanych w budynkach mieszkalnych. Wybór optymalnego systemu ogrzewania budynku wiąże się z przeprowadzeniem rachunku ekonomicznego przez gospodarstwo domowe. W związku z tym, dążąc do realizacji celu głównego pracy, opisano także zagadnienie rachunku ekonomicznego i efektywności energetycznej. W efekcie przeprowadzonych badań sformułowano tezę, która głosi, że system grzewczy oparty na elektrycznych foliach grzewczych jest systemem najtańszym

W niniejszej pracy, zastosowano metodę analizy w oparciu o dostępną literaturę przedmiotu (pozycje książkowe, artykuły z czasopism, źródła internetowe i akty prawne).

Praca składa się z wstępu, czterech rozdziałów i zakończenia. Pierwszy rozdział poświęcony jest rachunkowi ekonomicznemu. Wyjaśnione zostały warunki stosowania oraz elementy, z jakich składa się rachunek ekonomiczny. Przedstawiony został również proces decyzyjny, jakim może kierować się przyszły użytkownik systemu grzewczego. Przybliżona została również definicja efektywności energetycznej oraz sposoby, jakimi można ją zwiększać. Ostatni punkt tej części pracy, poświęcony jest optymalizacji decyzji, w którym

przedstawione zostały wybrane kryteria wpływające na wybór systemu grzewczego przez użytkownika.

Rozdział drugi zawiera opis tradycyjnych systemów ogrzewania, wykorzystujących konwencjonalne paliwa, tj. drewno, węgiel, olej opałowy oraz paliwa gazowe oraz omówiono ich wymagania i zasady funkcjonowania. Ponadto, przedstawione zostały przykładowe koszty związane z inwestycją oraz zmiany cen paliw w ciągu ostatnich lat. Charakterystykę systemów podsumowują tabele zawierające zalety i wady, związane ze stosowaniem poszczególnych paliw.

W rozdziale trzecim przedstawiony został nowoczesny system ogrzewania, który wykorzystuje energię elektryczną i w którym rolę kotłowni oraz odbiorników ciepła pełnią płaszczyznowe maty grzewcze (folie grzewcze). Rozdział zawiera również szacunkowe koszty zakupu oraz koszty eksploatacyjne, wyliczone na podstawie zapotrzebowania na energię elektryczną. Opis systemu ogrzewania opartego na energii elektrycznej kończy zestawienie zalet i wad w postaci tabeli.

Czwarty rozdział pracy rozpoczyna się od porównania wcześniej omawianych systemów grzewczych. Zawarto w nim informacje o kosztach instalacji systemów, zapotrzebowaniu na energię cieplną, cenach nośników energii i szacunkowych kosztach eksploatacji. Wybrane systemy ogrzewania zostały scharakteryzowane w oparciu o wcześniej wymienione kryteria, z punktu widzenia których oceniono ich efektywność. Przedstawione dane mogą być wykorzystane przy podejmowaniu decyzji o wyborze optymalnego systemu ogrzewania budynku mieszkalnego.

W zakończeniu pracy, zostały zebrane wnioski dotyczące wyboru systemu grzewczego. Mogą być one podstawą do podjęcia decyzji przez przyszłego użytkownika.

## **Rozdział 1**

# **Wykorzystanie rachunku ekonomicznego w celu optymalizacji decyzji gospodarstw domowych**

Ekonomia jest nauką o dokonywaniu wyborów, przede wszystkim w zakresie jak najlepszego wykorzystania zasobów. Dostępne zasoby są rzadkie, a potrzeby nieograniczone. Rzadkość zasobów implikuje konieczność dokonywania racjonalnego wyboru. Wybór ekonomiczny dokonywany jest przez podmioty gospodarcze i polega na porównywaniu korzyści z różnych sposobów wykorzystania zasobów, w celu wyboru najlepszego (najbardziej efektywnego) wariantu. Podstawowym narzędziem służącym do dokonywania wyborów ekonomicznych, przy uwzględnieniu ograniczoności zasobów i możliwych alternatyw ich zastosowania, jest rachunek ekonomiczny. Dzięki jego zastosowaniu można określić celowość przeprowadzenia zamierzonego projektu gospodarczego oraz opłacalność przedsięwzięcia<sup>1</sup>.

Gospodarstwa domowe, podobnie jak inne podmioty gospodarcze, podlegają takim samym procesom racjonalizacji gospodarowania. Podejmując decyzje dotyczące wydatków, muszą coraz częściej opierać się właśnie na rachunku ekonomicznym. Na ten aspekt zachowań gospodarstw domowych kluczowy wpływ mają procesy zachodzące w otoczeniu zewnętrznym.

### **1.1. Rachunek ekonomiczny jako narzędzie podejmowania decyzji**

Początki zainteresowań naukowych rachunkiem ekonomicznym przy podejmowaniu decyzji gospodarczych w Polsce miały miejsce w drugiej połowie lat pięćdziesiątych XX w. Wówczas ukazały się podręczniki o teorii i technikach wyboru optymalnych decyzji. Na

---

<sup>1</sup> Por. A. Pakuła, *System gospodarczy i podmioty gospodarcze*, w: *Ekonomia: zarys wykładu*, pod red. M. Żukowskiego, Wydawnictwo Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej, Lublin 2005, s. 42–44.

początku lat osiemdziesiątych XX w. często podnoszono kwestię podejmowania decyzji gospodarczych na podstawie przeprowadzonego rachunku ekonomicznego<sup>2</sup>.

### 1.1.1. Pojęcie rachunku ekonomicznego

Rachunek ekonomiczny jest zbiorem instrumentów, technik, kryteriów oraz reguł pozwalających na dokonanie optymalnego wyboru spośród różnych wariantów działań gospodarczych. W ujęciu praktycznym, rachunek ekonomiczny to zespół czynności związanych z przygotowaniem i realizacją przedsięwzięć, narzędzie racjonalizacji decyzji ekonomicznych<sup>3</sup>.

Roman Milewski uważa, że uzyskane efekty na skutek prowadzenia działalności gospodarczej należy porównać do ponoszonych nakładów w celu wyłonienia najlepszej z możliwych, najbardziej efektywnej spośród dostępnych wariantów decyzji. Proces ten definiuje właśnie jako rachunek ekonomiczny<sup>4</sup>.

Przedmiot rachunku ekonomicznego obejmuje nakłady (będące wyrazem zużycia czynników wytwórczych), wyniki (rezultaty ekonomiczne określone wartościowo lub rzeczowo) i stopień realizacji celów (oceniany według kryteriów umożliwiających dokonanie optymalnego wyboru spośród wielu rozpatrywanych wariantów w ramach obszaru swobody decyzji) z uwzględnieniem warunków działania: zasoby, regulacje prawne, otoczenie gospodarcze. Wariantem optymalnym nazywane jest takie rozwiązanie, które pozwala na maksymalizację celu przy określonych nakładach lub minimalizację nakładów, aby osiągnąć zakładany cel<sup>5</sup>.

### 1.1.2. Warunki stosowania rachunku ekonomicznego

Maria Cieślak wyodrębniła najważniejsze, ogólne warunki stosowania rachunku ekonomicznego<sup>6</sup>:

---

<sup>2</sup> Por. M. Cieślak, *Ogólne warunki stosowania rachunku ekonomicznego*, w: *Elementy rachunku ekonomicznego*, pr. zb. pod red. nauk. Z. Hellwiga, wyd. 3 zm. i rozsz., PWE, Warszawa 1985, s. 17.

<sup>3</sup> Por. M. Hajkiewicz-Górecka, *Rachunek ekonomiczny*, w: *Ekonomia od A do Z. Encyklopedia podręczna*, pod red. nauk. S. Sztaby, Wydawnictwa Akademickie i Profesjonalne, Warszawa 2007, s. 382.

<sup>4</sup> Por. R. Milewski, *Racjonalność gospodarowania i rachunek ekonomiczny*, w: *Podstawy ekonomii*, red. nauk. R. Milewski, wyd. 2 zm., Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2002, s. 35–36.

<sup>5</sup> Por. M. Hajkiewicz-Górecka, *Rachunek ekonomiczny...*, op. cit., s. 382.

<sup>6</sup> Por. M. Cieślak, *Ogólne warunki...*, op. cit. s. 17–18.



- 1) konkretne wskazanie podmiotu podejmującego decyzję,
- 2) decydent swobodnie zarządza środkami realizacji decyzji,
- 3) występowanie wieloelementowego zbioru możliwych decyzji,
- 4) niezmienność zasad funkcjonowania obiektu, którego dotyczy decyzja,
- 5) obecność kwantyfikowalnego wyznacznika bądź kryteriów wyboru decyzji „dobrych”,
- 6) zapoznanie się z ograniczeniami wewnętrznymi i zewnętrznymi, które określają granice swobodnego wyboru decyzji,
- 7) istnienie i wiedza na temat metod i technik wyboru „dobrych” decyzji,
- 8) występowanie oraz znajomość odpowiedniego zbioru informacji,
- 9) obecność techniki obliczeniowej, którą można wykorzystać w masowych obliczeniach.

Warunki opisane w punktach od 1 do 3 można zaliczyć do podstawowych, dotyczących określenia tego, kto podejmuje decyzje (wskazanie decydenta), swobody w zakresie dysponowania środkami i istnienia wielu wariantów decyzyjnych (przedmiotem wyboru będzie jedna z wielu dostępnych opcji)<sup>7</sup>.

Czwarty warunek stosowania rachunku ekonomicznego mówi nam o stałości zasad funkcjonowania obiektu, którego dotyczy decyzja. Autorka wyjaśnia, iż chodzi o stałość zasad ogólnych, związanych z zarządzaniem gospodarką oraz o stałość szczegółowych rozwiązań, mających związek z funkcjonowaniem przedsiębiorstw<sup>8</sup>.

Następny, piąty warunek, związany jest z celem działania jednostki oraz kryteriów podejmowania decyzji. Kluczowym wymaganiem w odniesieniu do celu jest mierzalność (chodzi o posiadanie charakteru „wielkości lub „ilości”). Warunek ten nie rozwiązuje głównej kwestii wyboru celu, choć uświadamia, iż cel nie może być postrzegany jako „maksymalne zaspokojenie potrzeb” lub „maksymalna efektywność przedsięwzięcia”<sup>9</sup>.

Warunki zawarte w punktach od 6 do 9 dotyczą działalności samego przedsiębiorstwa.

Szósty warunek wymaga znajomości ograniczeń wewnętrznych i zewnętrznych, służących do swobodnego podejmowania decyzji. Ograniczenia wewnętrzne zależą od przedsiębiorstwa, dotyczą działań, których dana jednostka nie zmieni w wyniku prowadzenia rachunku ekonomicznego. Zewnętrzne ograniczenia to możliwości produkcyjne (podaż czynników produkcji) i warunki pozyskania oraz wielkość zapotrzebowania na dobra i usługi

---

<sup>7</sup> Por. *ibidem*, s. 18.

<sup>8</sup> Por. *ibidem*, s. 19.

<sup>9</sup> Por. E. Konarzewska-Gubała, *Programowanie przy wielorakości celów*, PWN, Warszawa 1980, s. 77.

wytwarzane przez przedsiębiorstwo. Mogą również wystąpić inne wymagania otoczenia w stosunku do jednostki, np. związane ze środowiskiem<sup>10</sup>.

Siódmy warunek oczekuje od jednostki istnienia oraz znajomości metod i technik wyboru „dobrych” decyzji. Metody i techniki są dostarczane przez badania naukowe. Oczywisty jest fakt, iż w praktyce może się pojawić wiele zróżnicowanych problemów, które nie zostaną rozwiązane w oparciu o istniejące metody, co pobudza ciągle poszukiwania naukowe. Część problemów posiada jednak gotowe rozwiązania metodyczne, pozostałe, które takiego nie mają, mogą być rozwiązane w przybliżony sposób. Chodzi o zastosowanie toku rozumowania leżącego u podstaw metod i technik, które zostały już opracowane i mają pozytywną opinię. Rdzeniem stosowania rachunku ekonomicznego jest znajomość i biegle posługiwanie się metodami i technikami<sup>11</sup>.

Kolejny, ósmy warunek, podobnie jak siódmy, związany jest z kwalifikacjami pracowników. Każdy pracownik powinien być świadomy faktu, iż informacje liczbowo gromadzone w przedsiębiorstwie nie tylko są sporządzane w celu podporządkowania się ustawie o statystyce państwowej, lecz w celu fundamentu, w oparciu o który można podejmować decyzje dotyczące przyszłości przedsiębiorstwa<sup>12</sup>.

Ostatni warunek mówi nam o istnieniu techniki obliczeniowej. Oczywiście jest to, iż do skomplikowanych rachunkowo zadań optymalizacyjnych potrzeba odpowiednio szybko liczących maszyn. W dobie komputeryzacji większość ludzi jest w stanie dokonywać większości przeliczeń używając do tego domowego komputera<sup>13</sup>.

Zygmunt Bosiakowski wyróżnił elementy, które składają się na każdy rachunek ekonomiczny. Zalicza do nich<sup>14</sup>:

- 1) warunki działania – podczas przeprowadzania rachunku ekonomicznego, nie ma możliwości zmiany zbioru danych. Warunki działania można przedstawić wartościowo lub za pomocą wielkości naturalnych, natomiast w praktyce forma w jakiej się go przedstawia jest mieszana.
- 2) warunki ograniczające – zadaniem ich jest eliminacja ze zbioru rozwiązań tych możliwości wyboru, które nie mogą być zrealizowane (wybór wariantów realnych i nierealnych).

---

<sup>10</sup> Por. M. Cieślak, *Ogólne warunki...*, op. cit., s. 19.

<sup>11</sup> Por. ibidem, s. 20.

<sup>12</sup> Por. ibidem, s. 20.

<sup>13</sup> Por. ibidem, s. 20.

<sup>14</sup> Por. Z. Bosiakowski, *Rachunek ekonomiczny*, w: *Mała encyklopedia ekonomiczna*, wyd. 2 zm., PWE, Warszawa 1974, s. 668–669.

3) funkcja celu (kryterium wyboru) – jak sama nazwa wskazuje, element ten służy do zdecydowania się na najlepszą z omówionych alternatyw. Nie ma idealnych, z góry wyznaczonych kryteriów, które mogą się zmieniać na skutek zmian w państwie. Należy indywidualnie określić preferencje według których wybiera się daną opcję.

Rachunek ekonomiczny upoważnia podmioty do podejmowania najlepszej, optymalnej decyzji, przez co ma charakter rachunku optymalizacyjnego. Należy zwrócić szczególną uwagę na fakt, iż jest on jedynym narzędziem, dzięki którym osoby znające mechanizmy i prawidłowości funkcjonujące w gospodarce, mają możliwość dokonania takiego wyboru. W sytuacji, w której brakuje alternatywnego rozwiązania, rachunek ekonomiczny traci swój sens<sup>15</sup>.

### 1.1.3. Rodzaje rachunku ekonomicznego

W praktyce wyróżnia się podział rachunku ekonomicznego według różnych kryteriów (najczęstszymi kryteriami podziału są zasięg i czas). Ze względu na zasięg, można dokonać podziału na<sup>16</sup>:

- 1) rachunek makroekonomiczny,
- 2) rachunek mikroekonomiczny.

W pierwszym przypadku, rodzaj rachunku dotyczy całej gospodarki narodowej. Zdarza się również, że człowiek ma styczność z rachunkiem makroekonomicznym w przypadku podejmowania działań na niższych szczeblach zarządzania (gdy wyniki i nakłady są wprost wpisywane w bilans gospodarki narodowej), np. przedsiębiorstwa monopolistyczne.

W ujęciu mikroekonomicznym, rachunek obejmuje decyzje, które wprost nie oddziałują na bilans gospodarki narodowej. W praktyce dotyczy decyzji podejmowanych w przedsiębiorstwach. Według kryterium czasu, można wyodrębnić<sup>17</sup>:

- 1) rachunek długookresowy,
- 2) rachunek krótkookresowy.

Rachunek krótkookresowy jest stosowany, gdy nie ma zmian technicznych, technologicznych oraz zasoby czynników produkcji również nie ulegają zmianie. W praktyce występuje w planach ograniczonych czasowo do jednego roku. Rachunek dotyczący

---

<sup>15</sup> Por. Z. Bosiakowski, *Rachunek....*, op. cit., s. 669.

<sup>16</sup> Por. ibidem., s. 669.

<sup>17</sup> Por. ibidem., s. 669.

krótkiego okresu nazywany jest również bieżącym, w którym bezpośrednie warunki ekonomiczne mają decydujące znaczenie<sup>18</sup>.

Rachunek długookresowy występuje wtedy, gdy występuje zmiana któregoś z następujących czynników: technologii, techniki lub zasobów czynników produkcji. Z tym rodzajem rachunku można spotkać się, gdy brany jest pod uwagę element inwestowania. Inwestycje wpływają na zmianę minimum jednego z danych czynników (w skali całej gospodarki krajowej mogą spowodować zmianę wszystkich wyżej wymienionych czynników). Rachunek ekonomiczny dotyczący długiego okresu określany jest również jako perspektywiczny, dotyczący odległego horyzontu czasu<sup>19</sup>.

## **1.2. Podejmowanie decyzji przez użytkownika systemu grzewczego**

Akt decyzyjny jest jedną z najbardziej charakterystycznych i odpowiedzialnych czynności ludzkich, a dzięki zastosowaniu, proces decyzyjny stał się przedmiotem badań wielu dziedzin naukowych, chociażby ekonomii czy statystyki. Badania na gruncie ekonomii prowadzone są w kierunku uzyskania odpowiedzi, w jaki sposób człowiek powinien podejmować optymalnie decyzje<sup>20</sup>.

Przyszły użytkownik systemu ogrzewania, zanim dokona zakupu danego systemu, staje przed problemem dokonania konkretnego wyboru. Poprzez szczegółową analizę wybranych wariantów, dąży do optymalizacji swojej decyzji.

### **1.2.1. Cechy charakterystyczne prawidłowo określonego problemu**

Podczas wykonywania jakiejś działalności lub na etapie planowania, często można się spotykać z wieloma wariantami wykonania i niezbędne jest podjęcie decyzji, jak dalej będzie przebiegał proces postępowania. Konieczne jest zatem, w pierwszej kolejności zapoznanie się z definicją decyzji. Należy założyć, iż dany jest pewien zbiór  $\{a_i\}$ , w skład którego wchodzi co najmniej dwa elementy. Procesem decyzyjnym jest odpowiednie przyporządkowanie naszemu zbiorowi jednego z dostępnych elementów. W odniesieniu do sfery działalności

---

<sup>18</sup> Por. ibidem, s.669.

<sup>19</sup> Por. ibidem, s.669.

<sup>20</sup> Por. J. Koziński, *Podejmowanie decyzji*, w: *Psychologia ogólna*, pod red. T. Tomaszewskiego, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1995, s. 155.

człowieka, można przyjąć, iż dany jest człowiek lub grupa ludzi oraz wyróżniony zbiór wariantów działania. Decyzją będzie przyporządkowanie danemu człowiekowi lub grupie jednego z działań<sup>21</sup>.

Aby sprawnie podejmować decyzje, należy spełnić określone warunki. Bardzo ważne jest wskazanie jednostki odpowiedzialnej za realizację procesu decyzyjnego, nazywaną decydentem. W szerokiej definicji decydenci uważani są za działających racjonalnie wtedy i tylko wtedy, gdy ich zachowanie można zinterpretować, jako spójne z paradygmatem racjonalnego wyboru. Paradygmat ten zakłada, że indywidualny decydent ma wyraźnie wyspecyfikowaną funkcję użyteczności, której argumenty definiowane są, jako ograniczenia możliwych wyborów. Na racjonalne zachowanie składa się określenie zestawu ilości zasobów, jakie trzeba przeznaczyć na każde z możliwych zastosowań, jako rozwiązanie problemu maksymalizacji przy danych ograniczeniach. W praktycznych zastosowaniach używa się często węższej definicji racjonalności, utożsamianej z maksymalizacją oczekiwanej użyteczności<sup>22</sup>.

Podobne podejście proponują John Haltiwanger i Michael Waldman. Według myśli tych autorów „racjonalność nie oznacza już po prostu, że zachowanie determinowane jest maksymalizacją wyraźnie specyfikowanej funkcji. Obecnie najczęściej oznacza raczej hipotezę oczekiwanej użyteczności zachowania w warunkach niepewności oraz hipotezę racjonalnych oczekiwań przy formułowaniu oczekiwań”<sup>23</sup>.

Decydowanie może przejawiać się w różnych formach, np. wybór elementu z pewnego zbioru. Jednostka decydująca może również sama zbudować zasadę, w oparciu o którą dokona przyporządkowania, przysługuje jej bowiem prawo do tworzenia zasady, na podstawie której zostanie podjęta decyzja<sup>24</sup>.

Według Stanisława Krawczyka, prawidłowo określony problem podejmowania decyzji powinien się charakteryzować następującymi cechami<sup>25</sup>:

1. każdy element danego zbioru powinien być opisany przez wszystkie mogące nas interesować możliwości.
2. każde dwa elementy danego zbioru powinny być różne.
3. dany zbiór powinien obejmować wszystkie mogące nas interesować elementy.

---

<sup>21</sup> Por. S. Krawczyk, *Podejmowanie...*, op. cit., s. 123.

<sup>22</sup> Por. ibidem, s. 123.

<sup>23</sup> M. Sordyl, *Założenie racjonalności w ekonomii neoklasycznej i instytucjonalnej*, [http://www.mikroekonomia.net/system/publication\\_files/39/original/0.pdf?1314874266](http://www.mikroekonomia.net/system/publication_files/39/original/0.pdf?1314874266) (data dostępu 28.11.2011), s. 10.

<sup>24</sup> Por. S. Krawczyk, *Podejmowanie...*, op. cit., s. 123.

<sup>25</sup> Por. ibidem, s. 124.

4. zarówno zbiór nie powinien ulegać zmianom, jak i elementy nie powinny zmieniać swych właścicieli.

Podczas budowy procesu decyzyjnego powinno się brać pod uwagę możliwość porównywania dowolnych elementów.

Ideą postulatu pierwszego jest przejrzysta prezentacja każdego elementu, zawierająca zarówno cechy pozytywne, jak i negatywne. Punkt drugi mówi nam o tym, aby w skład danego zbioru wchodziły elementy zróżnicowane. Trzeci postulat nakazuje uwzględnienie wszystkich elementów danego zbioru, który potencjalnie może być obiektem procesu decyzyjnego. Ostatni punkt zbudowany jest na bazie praktycznej, według niepisanej zasady, elementy wchodzące w skład danego zbioru, jak i cały zbiór powinny być niezmiennie, jeśli ta zmienność nie stanowi wyodrębnionej cechy. Jednakże wprowadzanie zmian może być w pełni uzasadnione w skrajnych przypadkach. Wówczas decydentowi przypisuje się prawo do czucia się zwolnionym z odpowiedzialności za podjętą decyzję<sup>26</sup>.

Po zastosowaniu się do wyżej wymienionych postulatów, można się spodziewać maksymalnej ilości informacji na temat możliwych wariantów działania. Precyzyjne określenie zbioru wariantów działania pozwala na przeniesienie punktu ciężkości problemu decyzji na zasadę kreowania funkcji decyzji. Funkcja decyzji sporządzana jest przez decydenta, który nie działa w izolacji i podlega ogólne przyjętym prawidłowościom. W sytuacji, gdy są znane wszystkie niezbędne informacje na temat zbioru wariantów działań oraz została określona funkcja decyzyjna, dzięki której człowiek jest w stanie porównać każde dwa elementy tego zbioru oraz bez problemu wskazać element, na który się zdecyduje, wówczas jest to przykład podjęcia decyzji w warunkach pewności<sup>27</sup>.

### **1.2.2. Efektywność ekonomiczna i efektywność energetyczna**

Efektywność jest to stosunek uzyskanych efektów do wydanych czynników, zatem pojęcie to odzwierciedla relację między nakładami i efektami Termin ten obejmuje również produktywność wykorzystanych czynników wytwórczych i ocenę otrzymanego efektu w ujęciu określonego celu, a także podejmowanych działań ukierunkowanych na punkt docelowy. Osiągnięcie lepszego wyniku przy niezmiennych kosztach, jest przykładem

---

<sup>26</sup> Por. ibidem, s. 124–125.

<sup>27</sup> Por. ibidem, s. 124–125.

zwiększenia efektywności<sup>28</sup>. Efektywność jest również definiowana, jako stosunek między wartością poniesionych nakładów a wartością efektów osiągniętych dzięki tym nakładom<sup>29</sup>, lub jako dążenie do osiągnięcia konkretnego wyniku poprzez możliwie najmniejszy koszt. Podczas wyboru koszyka dóbr, efektywność oznacza zdecydowanie się na taki zestaw dóbr, aby nie było możliwości ich wymiany, co mogłoby spowodować polepszenie sytuacji jednego konsumenta kosztem drugiego. Jak można zauważyć z definicji, efektywność nawiązuje do optimum w sensie Pareto<sup>30</sup>.

Efektywność energetyczna została zdefiniowana podczas krajowego szkolenia kadr izbowych w Krajowej Izbie Gospodarczej (w skrócie zwanej KIG) w Warszawie 17 lutego 2009 roku przez Tadeusza Skoczowskiego, jako obniżenie zużycia energii pierwotnej na etapie zmiany napięć, przesyłu, dystrybucji lub zużycia końcowego energii, wynikające ze zmian technologicznych, zachowań lub / i zmian ekonomicznych gwarantujących komfort i usługi na tym samym lub wyższym poziomie. Działania powodujące zwiększenie efektywności końcowego zużycia energii prowadzą do obniżenia zużycia energii pobieranej przez użytkowników końcowych i energii pierwotnej.<sup>31</sup> Warto również wspomnieć, iż jednym z trzech priorytetów w ramach pakietu energetyczno-klimatycznego jest właśnie zwiększenie efektywności energetycznej o 20%<sup>32</sup>.

Jednym z podstawowych priorytetów polityki energetycznej Polski, a także Unii Europejskiej jest właśnie efektywność energetyczna. Temat ten jest bardzo ważny, ponieważ dotyczy bezpieczeństwa energetycznego, uwzględniając uwarunkowania związanych z trudnościami podczas nowych inwestycji energetycznych oraz ograniczenie emisji dwutlenku węgla<sup>33</sup>.

Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 19 maja 2010 roku, wydana w sprawie charakterystyki energetycznej budynków, zawiera informacje kierowane do sektora publicznego ( w sprawie budynków mieszkalnych): „Budynki odpowiadają za 40 % łącznego

---

<sup>28</sup> Por. A. Sompolska-Rzechuła, M. Świtlyk, *Taksonomiczna analiza efektywności kształcenia szkolnictwa wyższego w Polsce*, w: *Ekonomia*, red. nauk. J. Sokołowski, M. Sosnowski, A. Żabiński, „Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu” 2010, nr 113, s. 850.

<sup>29</sup> Por. Z. Dowgiałło, *Efektywność*, w: *Słownik ekonomiczny dla przedsiębiorcy*, wyd. rozsz., Wydawnictwo Znicz, Szczecin 1996, s. 58.

<sup>30</sup> Por. M. Mokrogulski, *Efektywność*, w: J. Black, *Słownik ekonomii*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2008, s. 96–97.

<sup>31</sup> Por. *Przewodnik po efektywności*, [http://change.kig.pl/przewodnik\\_po\\_efektywnosci.php#txt](http://change.kig.pl/przewodnik_po_efektywnosci.php#txt), Krajowa Izba Gospodarki, koordynator projektu: K. Grzejszczyk (data dostępu 03.01.2012), s. 1.

<sup>32</sup> Por. M. Szczepaniuk, M. Duszczyk, *Unijna kuracja przeciw CO<sub>2</sub> mocno uderzy w polskie firmy*, „Dziennik Gazeta Prawna”, nr 74, 15–17 kwietnia 2011, s. 13.

<sup>33</sup> Por. *Efektywność energetyczna – cele, zadania i środki realizacji*, Naczelna Organizacja Techniczna Federacja Stowarzyszeń Naukowo-Technicznych, Polski Komitet Naukowo-Techniczny FSNT-NOT Gospodarki Energetycznej, Warszawa 2011, s. 7.

zużycia energii w Unii. Sektor ten się rozwija, co prowadzi do wzrostu zużycia energii. Dlatego ograniczenie zużycia energii oraz wykorzystywanie energii ze źródeł odnawialnych w sektorze budynków stanowią istotne działania konieczne do ograniczenia uzależnienia energetycznego Unii i emisji gazów cieplarnianych. Podjęte działania służące ograniczeniu zużycia energii w UE towarzyszące wzrostowi zużycia energii ze źródeł odnawialnych pozwoliłyby Unii na realizację postanowień protokołu z Kioto do Ramowej konwencji Narodów Zjednoczonych w sprawie zmian klimatu (UNFCCC) oraz na dotrzymanie jej długoterminowego zobowiązania do utrzymania poziomu wzrostu globalnej temperatury poniżej 2°C oraz zobowiązania do ograniczenia – do 2020r. – łącznych emisji gazów cieplarnianych o co najmniej 20% poniżej poziomu z roku 1990 i o 30% – w razie osiągnięcia międzynarodowego porozumienia. Mniejsze zużycie energii oraz zwiększone wykorzystanie energii ze źródeł odnawialnych mają również duże znaczenie dla zwiększenia bezpieczeństwa dostaw energii, wspierania rozwoju technicznego, a także dla tworzenia możliwości zatrudnienia i rozwoju regionalnego, zwłaszcza na obszarach wiejskich”<sup>34</sup>.

W celu wypełnienia zaleceń zawartych w Dyrektywie Unii Europejskiej, które dotyczą oszczędzania energii, a w szczególności lepszego wykorzystania przez końcowego odbiorcę, wprowadzona została Ustawa o efektywności energetycznej. Ustawa opisuje cel danego kraju w aspekcie oszczędnego gospodarowania energią, zadań jednostek sektora publicznego, zasady funkcjonowania świadectw efektywności energetycznej oraz metody kontroli (audyty)<sup>35</sup>.

W krajach Unii Europejskiej inicjowane są programy ekonomiczne, które dotyczą opłacalnej poprawy końcowego wykorzystania energii poprzez określanie celów, budowę mechanizmów zachęt, instrumentów prawnych i finansowych do tworzenia warunków sprzyjających rozwojowi usług poprawiających efektywność energetyczną. Wspomniana wcześniej dyrektywa adresowana jest przede wszystkim do dystrybutorów energii, operatorów systemów dystrybucyjnych, przedsiębiorców obrotu energią oraz firm specjalizujących się w dostarczaniu środków poprawy efektywności energetycznej. Jej głównym zadaniem jest nakłonienie przede wszystkim sektora publicznego do posługiwania się kryteriami efektywności energetycznej w np. procedurach przetargowych na zamówienie publiczne oraz do wdrażania projektów poprawiających efektywne wykorzystanie energii.

---

<sup>34</sup> Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2010/31/UE z dnia 19 maja 2010, w sprawie charakterystyki energetycznej budynków, wersja przekształcona, Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej, 18.06.2010, s. 13.

<sup>35</sup> Por. *Efektywność energetyczna–cele...*, op. cit., s. 7.



Dyrektywa odnosi się do energii we wszystkich formach dostępnych w handlu ( np. energii elektrycznej, paliw płynnych, gazu, węgla, biomasy i wielu innych) <sup>36</sup>.

Do oszczędności nakładane są przedsiębiorstwa energetyczne oraz odbiorcy końcowi, poprzez nakładanie obowiązku wykazania się zaoszczędzeniem energii. Jest to potwierdzone dokumentem zwanym świadectwem energetycznym (potoczna nazwa to biały certyfikat). Brak dowodu na odpowiednią ilość zaoszczędzonej energii spowoduje, że użytkownik będzie musiał uiścić opłatę zastępczą. Polityka efektywnego wykorzystania energii została rozpoczęta po oszacowaniu skończonej ilości paliw pierwotnych oraz ograniczonych możliwościach wytwarzania i przesyłu energii do odbiorców (np. gazu lub prądu). Poprawa wykorzystania energii wpłynie pozytywnie na środowisko naturalne (zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych, które towarzyszą produkcji), a także przeloży się na korzyści ekonomiczne (mniejsze rachunki za energię). Zmieniające się przepisy mają już nie tylko zachęcić, ale zmusić dystrybutorów i odbiorców końcowych do lepszego gospodarowania energią, a przedsiębiorstwa, które się nie dostosują do warunków poprawy efektywności energetycznej, będą musiały płacić kary<sup>37</sup>.

Działania dążące do oszczędzania energii jest jak najbardziej słusznym kierunkiem zmian w polityce energetycznej kraju, a także całej Europy. Poprawa efektywności energetycznej wpływa korzystnie na rozwój w innych dziedzinach (np. budownictwo), nie zwiększając tym samym zapotrzebowania na energię pierwotną, lecz wręcz przeciwnie: poprzez znaczne obniżanie. Spowoduje to efektywne utrzymanie oraz rozwój rynków ciepła i redukcję obciążeń środowiska<sup>38</sup>. Redukcja zużycia energii to oszczędność pieniędzy. Można to osiągnąć dzięki zmianie przyzwyczajzeń i wprowadzanie innowacyjnych rozwiązań (niektóre wymagają większych nakładów inwestycyjnych, lecz dzięki niskim kosztom eksploatacyjnym, inwestycja zwraca się). W budynkach mieszkalnych, użytkownicy mają możliwość oszczędzania energii elektrycznej poprzez stosowanie energooszczędnych urządzeń codziennego użytku. W przypadku oszczędności energii cieplnej, również wprowadzane są nowoczesne systemy, jednak bardzo ważnym elementem, dzięki któremu odebrane przez użytkownika ciepło nie wydostanie się poza budynek, jest prawidłowe

---

<sup>36</sup> Por. *ibidem*, s. 7–8.

<sup>37</sup> Por. K. Tomaszewski, *Gospodarowanie energią będzie bardziej oszczędne*, „Dziennik Gazeta Prawna”, nr 68, 7 kwietnia 2011, s. D4.

<sup>38</sup> Por. *Efektywność energetyczna—cele...*, op. cit., s. 111

ocieplenie oraz prawidłowe zarządzanie podziałem energii cieplnej w domu (np. w pomieszczeniach niewykorzystywanych obniżanie temperatury)<sup>39</sup>.

Aby poprzez działania osiągnąć realny sukces – wzrost efektywności energetycznej, należy oddziaływać na stronę podażową oraz konsumentów energii, gdzie liczną grupą są właśnie gospodarstwa domowe<sup>40</sup>.

### 1.2.3. Charakterystyka funkcji decyzyjnej

Dotychczas główne rozważania były oparte na umownym zbiorze wariantów, bez wprowadzania wyróżniających informacji, indywidualnej charakterystyki (przedstawione zostały tylko cechy charakterystyczne ogólnego, prawidłowo określonego problemu). Analizując działania gospodarcze, można przyjąć, iż elementy składające się na dany zbiór, mają wśród swoich cech minimum jedną powiązaną z generalnie rozumianą wartością. Podczas rozważania wariantów związanych z inwestycjami, wymienione będą koszty lub spodziewane korzyści. Można zatem stwierdzić, iż informacja o konsekwencji podjętych działań jest własnością wariantu prowadzonej działalności, którego brak oznacza nie zastosowanie się do pierwszego postulatu, który już został omówiony. Wyjątkowa może być sytuacja, w której nie ma informacji na temat atrybutów danych wariantów, ponieważ wówczas podejmowanie decyzji nie podlega ogólnie przyjętym zasadom<sup>41</sup>.

Często zdarza się, iż funkcja decyzyjna jest mocno związana ze współczynnikami cechy wartościującej, z tego wniosek że bardzo ważne jest położenie nacisku na wskazanie cechy powiązanej z wartościowaniem elementów pewnego zbioru. W specyficznych przypadkach można stwierdzić, iż funkcja odpowiedzialna za wprowadzenie wartościowania uznana jest za bazę do konstruowania funkcji decyzji, ale konstrukcja tej funkcji może również wynikać z innych przesłanek<sup>42</sup>.

---

<sup>39</sup> Por. *Efektywność energetyczna i odnawialne źródła energii w domu*, Krajowa Agencja Poszanowania Energii S.A., Warszawa 2004, s. 3–12.

<sup>40</sup> Por. B. Poskrobko, E. Sidorczuk-Pietraszko, *System zarządzania energią jako instrument zrównoważonego rozwoju na poziomie lokalnym*, w: *Zrównoważony rozwój na poziomie lokalnym i regionalnym*, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź 2010, s.133.

<sup>41</sup> Por. S. Krawczyk, *Podjęmowanie...*, op. cit., s. 125–126

<sup>42</sup> Por. *ibidem*, s. 125–126.

### 1.3. Optymalizacja decyzji w zakresie stosowania systemów grzewczych

Termin optymalizacja oznacza wybór spośród wszystkich możliwych zestawień danego wariantu, dającego najlepsze wyniki<sup>43</sup>. Odnosi się do działań skierowanych na poszukiwanie najlepszych rozwiązań (optymalnych), występujących w danych warunkach, czyli przy wcześniej przyjętych ustaleniach oraz kryterium optymalności<sup>44</sup>.

Problem optymalizacji decyzji dotyczy również gospodarstw domowych. Wykorzystując rachunek ekonomiczny dążą one do wyboru najbardziej efektywnego wariantu decyzyjnego. Jednym z takich obszarów, w których można podjąć taką decyzję jest wybór systemu grzewczego.

#### 1.3.1. Optymalizacja wielokryterialna

W następnych rozdziałach pracy przedstawione będą systemy grzewcze, które będzie mógł wybrać przyszły użytkownik (zbiór zamknięty). Jednakże problemem jest kryterium, jakim można się kierować podczas wyboru, ponieważ każda z dopuszczalnych decyzji wiąże się z różnego rodzaju korzyściami i stratami, których decydent nie chce lekceważyć. Decydent będzie brał pod uwagę równocześnie kilka kryteriów wyboru, które będą zindywidualizowane (np. dla pewniej grupy przyszłych użytkowników ważne będą koszty inwestycyjne, dla innych prognozy cen poszczególnych paliw, wpływ na środowisko lub czas związany z obsługą) i w różnych kombinacjach (połączone kryteria w grupy).

Zbigniew Czerwiński podaje przykład, który doskonale zobrazuje wybór z udziałem kilku kryteriów: określa, iż decydent wybiera dietę i nie jest zainteresowany najtańszym koszykiem produktów spełniającego normy żywienia, lecz nie chcąc zrzec się kryterium „taniaści” chciałby wybierać dietę z punktu widzenia „smakowitości”. Czyli decydent waha się między dietą najtańszą a najsmaczniejszą. Trudno w tym przypadku mówić o optymalizacji bez rezygnacji z jednego kryterium. Najlepiej byłoby, gdyby konsument zrezygnował z jednego kryterium, lub w przypadku nieprawdopodobnego zbiegu

---

<sup>43</sup> Por. M. Próchniak, *Optymalizacja*, w: J. Black, *Słownik ekonomii*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2008, s. 295.

<sup>44</sup> Por. Z. Dowigałło, *Optymalizacja*, w: *Słownik ekonomiczny dla...*, op. cit., s.150.

okoliczności: najtańszy koszyk produktów spożywczych byłby najsmakowitszym. Powszechnym zjawiskiem jest analiza decyzji optymalnych z różnych punktów widzenia<sup>45</sup>. Ciężko jest związać daną decyzyjną  $x$  (pochodzącą ze zbioru dopuszczalnych rozwiązań) z jedną liczbową wartością  $f(x)$  i zdecydować się na wybór danego  $x$ , dla którego jest największa wartość. Z każdą decyzją może być powiązany dany układ wartości  $f_1(x), \dots, f_m(x)$ , gdzie  $f$  oznacza miary korzyści lub strat, które nie koniecznie muszą być porównywalne. W takim przypadku należy posłużyć się teorią optymalizacji wielokryterialnej. Należy przyjąć, iż decyzja  $x$  jest lepsza w miarę wzrostu wartości  $f(x)$ , (które nie są porównywalne bezpośrednio miarami korzyści płynących z podjęcia decyzji  $x$ ). Objętym celem jest dokonanie takiej decyzji  $x^*$ , by dla każdego  $k=1, \dots, m$  zachodziła nierówność  $f_k(x^*) \geq f_k(x)$  dla wszystkich  $x$  na  $I$ . Cel ten jest jednak niewykonalny, podobnie jak w przypadku wyboru dania będącego jednocześnie najtańsze i najsmaczniejsze. Jednak jest to możliwe dzięki V. Pareto (od jego nazwiska pochodzi pojęcie decyzji optymalnej w sensie Pareto) – decyzja optymalnej. Takim rozwiązaniem jest decyzja  $x^*$ , która spełnia następujący warunek<sup>46</sup>:

brak w danym zbiorze takiej decyzji  $x$ , że dla każdego  $k=1, 2, \dots, m$ :

$$f_k(x) \geq f_k(x^*),$$

a dla co najmniej jednego z tych  $k$ :

$$f_k(x) > f_k(x^*).$$

Decyzja jest optymalna w sensie Pareto, gdy nie ma decyzji gorszej od niej pod każdym względem, a pod jednym względem lepszej. Każda decyzja lepsza od niej ze względu na dane kryterium, musi być gorsza od niej ze względu na inne<sup>47</sup>.

Niestety, definicja optimum Pareto nie daje jednoznacznej odpowiedzi, jaką decyzję należy podjąć w przypadku wielu kryteriów. Zbiór rozwiązań dopuszczalnych może zawierać dużo potencjalnych rozwiązań optymalnych w sensie Pareto. Na tę potrzebę zostały opracowane propozycje wyboru ze zbioru rozwiązań dopuszczalnych jednej decyzji, która byłaby optymalna w sensie Pareto w każdym razie. Poniżej zostaną przedstawione najważniejsze propozycje, opracowane przez teoretyków optymalizacji wielocelowej<sup>48</sup>.

**Propozycja 1.** Utworzenie „metakryterium”.

<sup>45</sup> Por. Z. Czerwiński, *Czy można zrobić coś lepiej niż najlepiej, czyli o trudnych problemach optymalizacji*, w: *Moje zmagania z ekonomią*, Z. Czerwiński, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Poznaniu, 2002, s. 583–584.

<sup>46</sup> Por. ibidem, s. 583–584.

<sup>47</sup> Por. J. Marcinkiewicz, *Badania operacyjne*, [www.kbo.ue.poznan.pl/marcinkowski/library/z/wyklad1zb.pdf](http://www.kbo.ue.poznan.pl/marcinkowski/library/z/wyklad1zb.pdf) (03.12.2011), s. 2.

<sup>48</sup> Por. Z. Czerwiński, *Czy...*, op. cit., s.575.

Polega na tym, iż decydent mimo kierowania się wieloma kryteriami, przypisuje układowi wartości osiągniętych przez wszystkie kryteria dopuszczalnej  $x$  (wartość liczbowa, określana przez teoretyków użytecznością tej decyzji). W skrócie można powiedzieć, iż metakryterium jest średnią ważoną wartości wszystkich kryteriów, natomiast proces optymalizacyjny polega na znalezieniu dopuszczalnej decyzji, dla której średnia przyjmuje największą wartość<sup>49</sup>.

### **Propozycja 2.** Hierarchizacja kryteriów.

Posługując się tym sposobem, decydent musi ustalić hierarchię kryteriów, czyli wskazać, które z nich jest najważniejsze – pierwsze, drugie, ...,  $n$ -te. Numeracja kryteriów odpowiada ich hierarchii ważności – najważniejsze jest kryterium  $f_1$  itd. – oraz decydent jest w stanie podać względne odchylenia od maksymalnych wartości kolejnych kryteriów w zbiorze dopuszczalnych rozwiązań  $(M_1, \dots, M_n)$ , które jest w stanie zaakceptować – tzw. wskaźnik tolerancji. Wskaźnik ten przyjmie wartości dodatnie w przedziale  $[0,1]$ ,  $d_1, \dots, d_n$ ,  $d_k < d_{k+1}$  (zmniejszenie ważności kryterium odpowiada większemu odchyleniu od tolerowanej wartości)<sup>50</sup>.

### **Propozycja 3.** Minimalizacja odległości od „punktu idealnego”

Używa się tego sposobu, gdy wszystkie kryteria są tak samo istotne i naszym zamiarem jest w jak największym stopniu zrealizowanie wszystkich celów. Posiadając dwie maksymalne funkcje celu, istnieje możliwość narysowania dla nich prostej będącej zbiorem punktów obrazujących taki sam stopień realizacji celu obu funkcji. Najwyższy stopień realizacji obu funkcji jest w punkcie przecięcia się izokwant optimumów cząstkowych funkcji. Następnie należy narysować prostą łączącą idealny punkt z początkiem układu współrzędnych. Rozwiązaniem kompromisowym będą dopuszczalne punkty leżące na tej prostej, będące najbliższym idealnego punktu. Można skorzystać również z drugiego sposobu (bardziej precyzyjnego). W takim wypadku należy wyznaczyć punkt przeciwny do idealnego (przecięcie dwóch izokwant dla najgorszych wartości obu funkcji). W następnej kolejności łączy się: punkt idealny z „nieidealnym”. Prosta łącząca oba punkty obrazuje taki sam stopień realizacji obu kryteriów. Rozwiązaniem optymalnym będzie punkt leżący na tej prostej, najbliższym punktu idealnego<sup>51</sup>.

---

<sup>49</sup> Por. ibidem, s. 583–584.

<sup>50</sup> Por. ibidem, s. 583–584.

<sup>51</sup> Por. Ł. Koralewski, *Programowanie wielokryterialne*, [http://kbo.ue.poznan.pl/koralewski/\\_programowanie\\_wkryterialne.htm](http://kbo.ue.poznan.pl/koralewski/_programowanie_wkryterialne.htm) (data dostępu 03.12.2011), s. 2–3.

### 1.3.2. Czynniki wpływające na wybór systemu grzewczego

Rozważając problem optymalizacji decyzji w odniesieniu do wyboru systemu grzewczego w budynku mieszkalnym, należy zacząć od wskazania głównych kryteriów, które stanowią podstawę tego wyboru. Do powszechnie przyjmowanych przez gospodarstwa domowe kryteriów można zaliczyć następujące:

- 1) preferencje użytkowników (estetyka, regulacyjność, wielkość urządzeń),
- 2) możliwości techniczne zastosowania systemu (dostępność paliwa),
- 3) cena zakupu
- 4) rodzaj paliwa,
- 5) czas potrzebny na uruchomienie,
- 6) poziom nowoczesności, sposób obsługi,
- 7) moc (wydajność systemu),
- 8) perspektywa czasowa eksploatacji systemu,
- 9) bezpieczeństwo,
- 10) kwestie ekologiczne,
- 11) czynniki zewnętrzne („moda”, opinie innych użytkowników, itp.)

Każdy użytkownik ma indywidualne podejście do danego problemu i w oparciu o swoje preferencje podejmie decyzję. Może to być odzwierciedleniem stylu życia. Często w gospodarstwach domowych przez ok. 10 godzin nie ma nikogo w domu, ponieważ domownicy są w pracy. Jeśli nikogo nie ma w domu, nie trzeba utrzymywać wysokiej temperatury – można ją trochę obniżyć, co sprawi, iż koszty eksploatacyjne będą niższe. W innych domach mieszkańcy postawią na czystość, wygodę i dodatkowe miejsce w domu (brak kotłowni, pomieszczenia gospodarczego, pomieszczenia do składowania paliwa), rezygnując tym samym z kotłów na węgiel, drewno, ropę i gaz. W tym przypadku będą musieli znaleźć inne, alternatywne dostępne warianty systemów ogrzewania<sup>52</sup>.

Może się zdarzyć tak, iż nie będzie możliwości technicznych zastosowania danego systemu grzewczego w konkretnym miejscu. Nie każde paliwo napędzające system grzewczy jest tak samo dostępne w kraju. Decydując się np. na ogrzewanie węglem lub drewnem należy wziąć pod uwagę dostawę oraz dostępność u dystrybutorów, lub w przypadku gazu ziemnego sprawdzić, czy jest możliwość podpięcia budynku mieszkalnego do sieci<sup>53</sup>.

<sup>52</sup> Por. A. Daczkowski *Jak Julka buduje dom*, „Własny Dom”, nr 98, 27.05.2011, s. 58–61.

<sup>53</sup> Por. L. Duda, *Trudny wybór – ogrzewanie*, <http://ladnydom.pl/budowa/1,106579,2557696.html> (data dostępu 01.02.2012), s. 1.

Istotnym kryterium, na które najczęściej konsumenci zwracają uwagę jest cena, ilość pieniądza, którą kupujący jest w stanie oddać, aby nabyć prawa do danego dobra. Czynniki, który odgrywa istotną rolę w procesie decyzyjnym zakupu jakiegokolwiek dobra. Dokonując zakupu konsument chce, aby poniesione koszty odzwierciedliły się w postaci maksymalnej użyteczności. Można podzielić to kryterium ze względu na:

- a) koszty zakupu,
- b) koszty eksploatacyjne.

Do kosztów zakupu zaliczane są: zakup dobra, transport, montaż/podłączenie. Koszty eksploatacyjne, jak sama nazwa mówi, zależą od intensywności użytkowania naszego systemu, na co wpływ ma temperatura zewnętrzna oraz wymagania eksploatatora.

W przypadku paliwa systemu grzewczego, duże znaczenie ma również cena, jak i preferencje jednostek. Do najbardziej powszechnych zalicza się: paliwa kopalniane (węgiel, ropa naftowa, gaz ziemny), paliwa drzewne oraz prąd. Każdy opał jest magazynowany charakterystyczny dla niego sposób (zgodnie z normami bezpieczeństwa), wymagają różnych konfiguracji kotłowni, ze względu na różny proces spalania i wydajność.

Kryterium czasu wiąże się zarówno z instalacją elementów systemu, jak i czas, który w przyszłości konsument będzie poświęcał na uruchomienie. Niektóre systemy, ze względu na właściwości paliwa, wymagają różnych prac budowlanych w celu zachowania bezpieczeństwa podczas użytkowania, co wiąże się z dłuższym czasem instalacji. Użytkownik systemu decydując się na konkretny system, musi wziąć pod uwagę, czy w sezonie grzewczym będzie poświęcał czas na manualne uruchomienie ogrzewania (np. czyszczenie kotła, dokładanie opału), czy będzie mu wygodniej zarządzać całym procesem używając np. programatora.

Jako kryterium wyboru systemu grzewczego może być również rodzaj zastosowanych rozwiązań technicznych, co wiąże się z wcześniejszymi kryteriami, ponieważ zależą od ceny i paliwa, jakie wykorzystuje dany system. Nowoczesne rozwiązania techniczne umożliwiają użytkownikowi zaprogramowanie odpowiedniego trybu pracy systemu, dzięki czemu można zaoszczędzić czas (w przeciwieństwie do manualnej obsługi kotła).

W zależności od zapotrzebowania, przyszły użytkownik wybierze system o odpowiedniej mocy, która zależy od wielkości powierzchni ogrzewanej (przeliczonej na metry kwadratowe). Na decyzję dotyczącą mocy wpływa również komfort cieplny użytkownika. Zapotrzebowanie budynku mieszkalnego na moc jest zmienne, ponieważ zależy od aktualnie panujących warunków pogodowych, temperatur.

Zdarzają się przypadki, że konsument podejmuje decyzję odnośnie systemu grzewczego w oparciu o horyzont czasowy, np. gdy zamierza mieszkać w domu, w którym zakłada system, będzie dążył do minimalizacji kosztów eksploatacyjnych i jest w stanie wydać więcej na początku inwestycji. Natomiast, jeśli w niedługim czasie planuje sprzedać dom, nie używać przez długi okres danego systemu, to nie będzie brał pod uwagę kosztów w długim okresie, tylko minimalizował koszty w krótkim okresie.

Bezpieczeństwo wiąże się z prawidłową instalacją elementów systemu grzewczego, prawidłową eksploatacją oraz regularnym serwisowaniem. Instalacja kotła oraz elementów musi być zgodna z obowiązującymi normami bezpieczeństwa, wykonana przez wykwalifikowanych ludzi. Eksploatacja niezgodna z przeznaczeniem może być niebezpieczna zarówno dla zdrowia jak i systemu. Regularny serwis urządzeń pozwoli ocenić kondycję.

Niektóre gospodarstwa domowe podczas wyboru systemu grzewczego kierują się jak najmniejszą emisją spalin do środowiska. Zatem ważnym kryterium będzie redukcja emisji szkodliwych gazów do atmosfery przez budynek mieszkalny. Takie działanie wpłynie korzystnie na środowisko.

Często, zanim gospodarstwa domowe zdecydują się na zakup jakiegoś dobra, konsultują to z innymi osobami, im bardziej poważny zakup, tym więcej opinii chcą usłyszeć. W dzisiejszych czasach w celu uzyskania informacji od użytkowników danego systemu, można sięgnąć do czasopism poświęconych tej tematyce, lub szukać odpowiedzi na forach internetowych.

Wszystkie wyżej wymienione kryteria są ze sobą ściśle powiązane i wzajemnie na siebie oddziałują. W XXI wieku, ludzie coraz częściej stawiają na innowacyjność. Innowacyjność może przyczynić się do zaoszczędzenia czasu i pieniędzy. Coraz bardziej popularne stają się systemy grzewcze oparte na energii elektrycznej. Gdy system napędzany jest węglem, drewnem lub innym paliwem, koniecznością jest wcześniejsze zaopatrzenie się w dany surowiec, kontrolować zużycie, stan obecny. W niektórych przypadkach, w sezonie grzewczym dochodzi kolejny obowiązek podtrzymywania ciepła, dokładanie opału, czyszczenie kotła. Innowacyjny system grzewczy, który zostanie dokładnie scharakteryzowany w dalszej części pracy, pozwala na oszczędność czasu, ponieważ użytkownik nie martwi się o dostawę (energia elektryczna dostarczana jest do każdego gospodarstwa domowego). Jest również wygodny w użyciu oraz nie są konieczne dodatkowe czynności wymienione wyżej (związane z obsługą systemu). Ponadto różnica odczuwalna jest również dla portfela gospodarstwa domowego, które decyduje się na innowacyjny system grzewczy i jest bezpieczny dla środowiska.



## Rozdział 2

### Charakterystyka tradycyjnych systemów grzewczych

Paliwa wykorzystywane do tradycyjnych systemów grzewczych można sklasyfikować ze względu na pochodzenie (rozdzielane są naturalne i sztuczne) oraz od stanu skupienia. Do typowych paliw wykorzystywanych przez kotłownie gospodarstw domowych na terenie Polski zaliczają się: drewno opałowe, węgiel kamienny, olej opałowy, gaz ziemny i gazy płynne<sup>1</sup>.

Pierwszym i bardzo ważnym zagadnieniem, które decyduje o doborze elementów systemu grzewczego (najczęściej na etapie projektowania) jest wybór rodzaju paliwa, które będzie zasilać kotłownię. Zanim wykonany zostanie projekt instalacji, należy rozważyć wszystkie wady i zalety wybranych paliw. Wskazane jest również wzięcie pod uwagę wielu czynników, m. in.: koszty inwestycyjne i eksploatacyjne, prognozy dotyczące cen paliwa, możliwość dostaw, uwarunkowania lokalne oraz oczekiwania gospodarstwa domowego jako inwestora, którego dotyczy projekt<sup>2</sup>.

Rozwijająca się ekonomika ochrony środowiska sprawia, iż rachunek ekonomiczny jest coraz częściej używany w celu oceny efektywności przedsięwzięć wpływających pozytywnie na środowisko<sup>3</sup>.

Źródło ciepła jest jednym z podstawowych elementów systemu wytwarzającego, przesyłającego i wykorzystującego ciepło. Głównym zadaniem jest produkcja ciepła oraz współpraca z urządzeniami rozprowadzającymi ciepło w celu zaspokojenia potrzeb i oczekiwań odbiorców. Źródła ciepła można podzielić według następującej klasyfikacji: konwencjonalne, niekonwencjonalne i jądrowe. Tradycyjne systemy grzewcze zawarte są w

---

<sup>1</sup> Por. B. Babiarz, W. Szymański, *Ogrzewnictwo*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2010, s. 223.

<sup>2</sup> Por. ibidem, s. 223.

<sup>3</sup> Por. K. Górka, B. Poskrobko, W. Radecki, *Ochrona środowiska*, wyd. 4 zm., PWE, Warszawa 2001, s. 192.

zbiorze konwencjonalnych, czyli drewno, węgiel, olej opałowy i gaz ziemny. Wykorzystanie ich polega na przetwarzaniu energii chemicznej zawartej w paliwie w ciepło<sup>4</sup>.

## 2.1. Drewno opałowe jako paliwo systemu grzewczego

W związku z istniejącymi potrzebami prowadzonych strategii ekorozwoju, pojęcie „ochrona środowiska” obejmuje nie tylko działania mające na celu ochronę środowiska przeciw szkodliwym wpływom, lecz również działania dotyczące minimalizację niekorzystnych czynników, ograniczenie uciążliwości dla środowiska. Wiąże się to z wprowadzaniem nowych, przyjaznych środowisku technologii (np. oszczędzających energię), unowocześnianie produkcji, racjonalne zarządzanie energią<sup>5</sup>.

Wzrost kosztów energii pochodzącej ze źródeł kopalnianych w połączeniu ze wzrostem świadomości odpowiedzialności za środowisko naturalne zwiększają popyt na stosowanie odnawialnych form energii. Drewno to dobra alternatywa dla ogrzewania gazem lub węglem. Wykorzystywane, jako uzupełnienie znacznie redukuje koszty ogrzewania. Dodatkowo wnosi aktywny wkład w ochronę klimatu, ponieważ system oparty na drewnie emituje taką ilość CO<sub>2</sub>, jaką drzewo pobrało z otoczenia w okresie wzrostu<sup>6</sup>. Ze względu na naturalne pochodzenie oraz przynależność do grupy paliw odnawialnych. można spotkać się z określeniem drewna jako biomasa<sup>7</sup>.

Spalanie drewna, spośród omawianych konwencjonalnych systemów grzewczych, jest najbardziej przyjazne środowisku. Jednak pozyskanie tego surowca wiąże się z negatywnymi skutkami. Wzrost popytu na drewno opałowe powoduje wycinanie lasów na coraz szerszą skalę. W wielu rejonach doszło do przerzedzenia lasów, co bardzo osłabiło system leśny, przez co stał się bardziej podatny na pożary<sup>8</sup>. Innymi, negatywnymi skutkami spalania drewna

---

<sup>4</sup> Por. B. Babiarz, W. Szymański, *Ogrzewnictwo...*, op. cit., s. 223.

<sup>5</sup> Por. T. Fijał, *Ekologiczne i ekonomiczne efekty realizacji strategii czystej produkcji w wybranych przedsiębiorstwach*, Zeszyty Naukowe Akademii Ekonomicznej w Krakowie, Seria specjalna: Monografie nr 169, Kraków 2005, s. 73.

<sup>6</sup> Por. *Ogrzewanie drewnem*, [http://www.viessmann.pl/etc/medialib/internet-pl/pdf\\_documents/ogrzewanie\\_drewnem.Par.81294.File.File.tmp/Viessmann%20Prospekt%20ogrzewanie%20drewnem%202011\\_11.pdf](http://www.viessmann.pl/etc/medialib/internet-pl/pdf_documents/ogrzewanie_drewnem.Par.81294.File.File.tmp/Viessmann%20Prospekt%20ogrzewanie%20drewnem%202011_11.pdf), (data dostępu 25.01.2012), s. 3.

<sup>7</sup> Por. *Ochrona środowiska, ekorozwój w gminie, racjonalna gospodarka energetyczna*, Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej, Kraków 2000, s. 8.

<sup>8</sup> Por. S. Kozłowski, *Przyszłość ekorozwoju*, Wydawnictwo KUL, Lublin 2005, s. 303.

jest postępująca erozja i degradacja gruntów, ograniczenie powierzchni wykorzystywanej do upraw (negatywny wpływ na rolnictwo)<sup>9</sup>.

Drewno zapala się w łatwy sposób i w dzisiejszych czasach służy ono głównie do rozpalań<sup>10</sup>.

Najczęściej spotykane rodzaje paliw drzewnych to<sup>11</sup>:

- pelety – sprasowane trociny o średnicy 6–8 mm, charakteryzują się bardzo niską zawartością popiołu (niepełna 1%),
- zrębki – odpady z przemysłu tartaczno i leśniczego o nieregularnych kształtach.

W tabeli 1. przedstawiona została wartość opałowa dla poszczególnych paliw. Jak można zauważyć, drewno ma najniższą wartość opałową spośród grupy wybranych paliw (węgiel, olej opałowy, gaz).

**Tabela 1.**

**Wartość opałowa paliw wybranych systemów grzewczych**

Rodzaj paliwa	Wartość opałowa (MJ/kg)
Olej opałowy	44,13
Gaz ziemny	29,83
Węgiel kamienny	27,09
Drewno	18,00
Odpady	9,20

Źródło: opracowanie własne na podstawie: *Ogrzewanie dużych budynków paliwami drzewnymi*, broszura przygotowana przez Krajową Agencję Poszanowania Energii (KAPE) w ramach projektu Komisji Europejskiej BIOHEAT II programu ALTENER, Krajowa Agencja Poszanowania Energii, Warszawa 2004, s. 9 oraz H.G. Sabinia, *Ekologiczne i nowoczesne systemy grzewcze oraz materiały opałowe*, „Zeszyty Naukowe Wyższej Szkoły Gospodarki Krajowej w Kutnie”, 2001, nr 3 s. 177.

### 2.1.1. Sposób przechowywania i wymogi kotłowni

Drewno należy do grupy paliw stałych. Kotły na ten rodzaj paliwa są większych rozmiarów, niż kotły na olej lub gaz, więc kotłownia musi mieć większą powierzchnię. Wskazane jest, aby pomieszczenie, w którym znajduje się kocioł było usytuowane centralnie, w piwnicy lub na parterze. Wysokość powinna być w granicach 1,9–2,2 m, a odległość urządzenia od ścian musi pozwalać na wygodną obsługę i serwis oraz zapewniać

<sup>9</sup> Por. J. Semkow, *Ekonomia a ekologia*, PWN, Warszawa 1980, s. 132.

<sup>10</sup> Por. K. Pieńkowski, D. Krawczyk, W. Tumel, *Ogrzewnictwo*, t. 1, Dział Wydawnictw i Poligrafii, Białystok 1999, s. 100.

<sup>11</sup> Por. *Ogrzewanie dużych budynków paliwami drzewnymi*, broszura przygotowana przez Krajową Agencję Poszanowania Energii S.A. (KAPE S.A.) w ramach projektu Komisji Europejskiej BIOHEAT II programu ALTENER, Krajowa Agencja Poszanowania Energii, Warszawa 2004, s. 9.

bezpieczeństwo. Wskazane jest również sprawdzenie, czy podłoga lub strop wytrzyma duży ciężar kotła (kotły na paliwa stałe mogą mieć masę własną nawet kilkaset kilogramów)<sup>12</sup>.

Paliwa drzewne muszą być magazynowane w osobnym pomieszczeniu (nie w kotłowni), ze względu na bezpieczeństwo przeciwpożarowe. Konieczne jest również zabezpieczenie przed wilgocią, tj. zapewnienie dobrej wentylacji w celu utrzymania suchości opału i zapobieganie pleśnieniu. Wielkość pomieszczenia jest zależna od czynników, np. regularność dostaw, dostępne miejsce, przewidywane wymagania, wielkość pojazdu dostawczego<sup>13</sup>.

Spalanie wilgotnego drewna jest nieekonomiczne oraz na skutek niższej temperatury spalania powoduje wysoką emisję szkodliwych substancji. Po wieloletnim suszeniu drewno osiąga najwyższą wartość opałową, lecz wiąże się to z odpowiednim przygotowaniem drewna<sup>14</sup>.

- 1) rozłupać drewno na mniejsze kawałki (średnica do 10 cm),
- 2) otrzymane polana drewniane poukładać warstwami w możliwie nasłonecznionym i dobrze wentylowanym miejscu, chroniąc jednocześnie przed deszczem,
- 3) nie składować świeżego drewna w zamkniętych pomieszczeniach (piwnicy), ponieważ do schnięcia potrzebne jest słońce i dobra cyrkulacja powietrza. Drewno suche może być przechowywane w wentylowanych pomieszczeniach zamkniętych.

W przypadku peletów, magazyn musi spełnić wyższe wymagania, aby zapobiec eksplozji czy pochłaniania wilgoci z otoczenia<sup>15</sup>:

- 1) pomieszczenie powinno być solidne, ogniotrwałe i całkowicie suche,
- 2) ściany powinny być wyłożone gumową wykładziną,
- 3) solidne, ogniotrwałe, zamykające się do magazynu drzwi, dodatkowo wzmocnione płytami drewnianymi chroniącymi je przed naciskiem peletów,
- 4) brak instalacji elektrycznych wewnątrz, jedynie uziemione rury wylotowe przeciw występowaniem wylądowań elektrycznych w trakcie wylądunku,
- 5) raz na rok usuwać nagromadzony pył.

Nakład pracy na utrzymanie takiego systemu jest zależny od wielu czynników np. od poziomu technologii systemu (czy kocioł jest wyposażony w automatyczny układ czyszczenia wymiennika ciepła, automatyczne odpopielanie, monitoring systemu), wielkości systemu i

---

<sup>12</sup> Por. *ibidem*, s. 10.

<sup>13</sup> Por. J. Albers, R. Dommel, H. Montaldo-Ventsam, H. Nedo, E. Ubelacker, J. Wagner, *Systemy centralnego ogrzewania i wentylacji*, Wydawnictwa Nauko wo-Techniczne, Warszawa 2007, s. 48.

<sup>14</sup> Por. *Ogrzewanie dużych...*, *op.cit.*, s. 10–12.

<sup>15</sup> Por. *ibidem*, s. 10–12.

zużycia opału. Zakres czynności związanych z systemem ogrzewania drewnem jest następujący<sup>16</sup>:

- rutynowe oględziny kotła dwa razy w tygodniu,
- naprawa drobnych usterek na bieżąco,
- zakup i składowanie drewna,
- odpopielanie, czyszczenie kotła,
- uzupełnianie czynnika transportującego ciepło.

Podczas badań przeprowadzonych w Danii, konserwatorzy obsługujący duże instalacje opalane drewnem w budynkach jednorodzinnych stwierdzili, iż czas potrzebny na konserwację takiego systemu to ok. 4,5 godziny tygodniowo. Natomiast producenci takich systemów podają, że w przypadku małych systemów i przy wykorzystaniu najnowszych urządzeń (stosowanych np. w budynkach mieszkalnych) wystarczy poświęcać 30 minut tygodniowo na konserwację. Jest możliwość redukcji nakładu pracy, lecz wiąże się to z dodatkowymi kosztami np. zlecenie obsługi i utrzymania specjalistycznej firmie, użycie nowych, zautomatyzowanych urządzeń itp. Ważną kwestią jest również odpowiednie przeszkolenie, które wyjaśni jak prawidłowo uruchamiać system, przeprowadzać rutynowe przeglądy, przedstawienie typowych usterek oraz rozwiązań, jak kontrolować proces spalania<sup>17</sup>.

### **2.1.2. Koszty związane z instalacją i eksploatacją**

Wykres 1 obrazuje rozkład kosztów związanych z instalacją systemu grzewczego na paliwa drzewne. Najprostszy kocioł na paliwo stałe można kupić już za 1.500 zł, a ceny nowoczesnych kotłów na drewno zaczynają się od ok. 5.000zł natomiast bardziej zaawansowane urządzenia kosztują znacznie więcej, ich ceny zaczynają się od ok. 17.000 zł. Są również dostępne o wiele droższe kotły, wszystko zależy od modelu, mocy, producenta i poziomu technologii<sup>18</sup>.

---

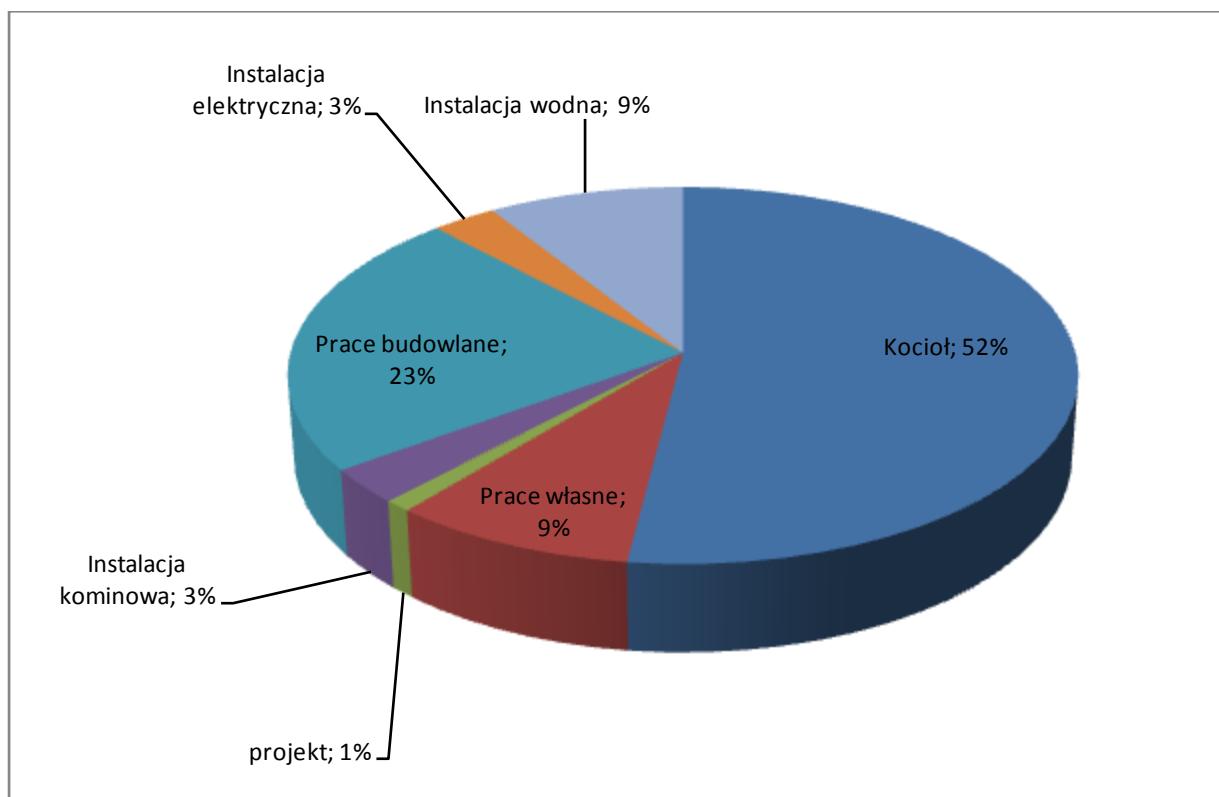
<sup>16</sup> Por. K. Pieńkowski, D. Krawczyk, W. Tumel, *Ogrzewnictwo*, t. 2, Dział Wydawnictw i Poligrafii, Białystok 1999, s. 238–239.

<sup>17</sup> Por. *Ogrzewanie dużych...*, op. cit., s. 19.

<sup>18</sup> Por. C. Jankowski, *Kotły na paliwo stałe*, „Budujemy Dom” nr 54, Styczeń/Luty 2012, s. 123–126.

## Wykres 1.

### Rozkład kosztów inwestycji dotyczącej systemu grzewczego wykorzystującego paliwa drzewne



Źródło: opracowanie własne na podstawie: *Ogrzewanie dużych budynków paliwami drzewnymi*, broszura przygotowana przez Krajową Agencję Poszanowania Energii (KAPE) w ramach projektu Komisji Europejskiej BIOHEAT II programu ALTENER, Krajowa Agencja Poszanowania Energii, Warszawa 2004, s. 8.

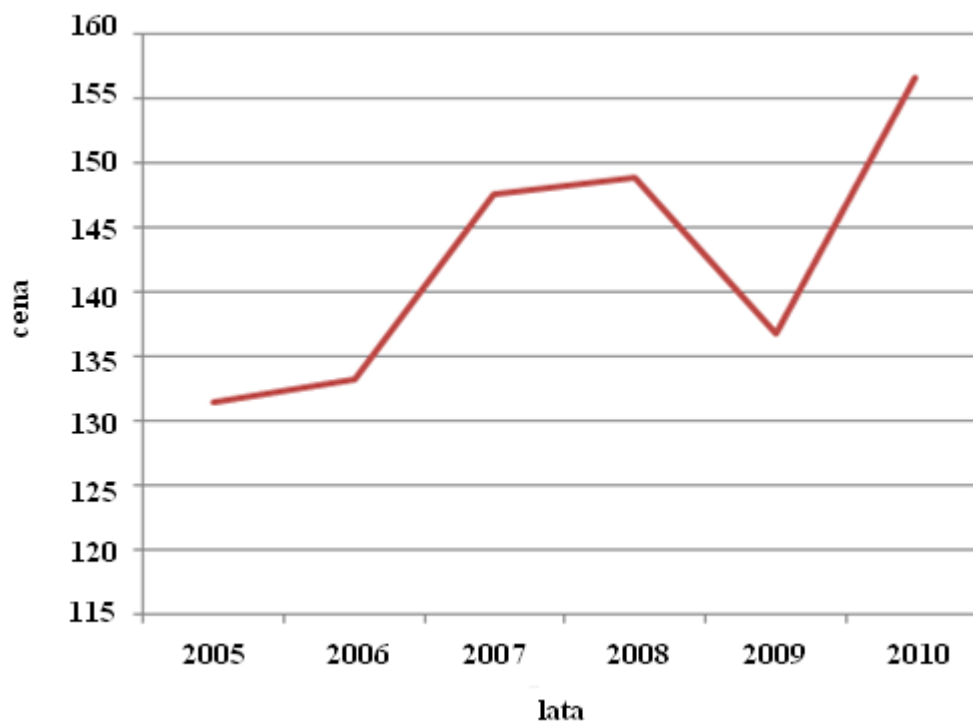
Drewno wykorzystywane jest również przez użytkowników systemów węglowych do uruchomienia kotła w celu zapewnienia odpowiedniej temperatury spalania węgla. Często można również spotkać w budynkach mieszkalnych alternatywne źródło ciepła w postaci kominka, który wykorzystuje do ogrzewania paliwa drzewne. Średnie ceny za m<sup>3</sup> drewna opałowego w latach 2008–2011 przedstawione są na wykresie 2.

W dzisiejszych czasach, paliwa stałe można stosować na przemian. Wynika to z odpowiedniego dostosowania urządzenia do spalania danych rodzajów paliw. Najczęściej spotyka się jednoczesne spalanie paliw drzewnych i węglowych<sup>19</sup>.

<sup>19</sup> Por. R. Pajda, K. Posłuszny, *Założenie oceny efektywności substytucji systemowych nośników energii surowcami pochodzącymi z małych źródeł*, w: *Efektywność*, nacz. red. nauk. Z. Kłeczek, „Zeszyty Naukowe Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica”, 1980, nr 44, s. 140–145.

## Wykres 2.

### Średnie ceny sprzedaży m<sup>3</sup> drewna w latach 2005–2010 (w zł)



Źródło: opracowanie własne na podstawie: *Rocznik Statystyczny Rzeczypospolitej Polskiej 2006*, Główny Urząd Statystyczny, Warszawa 2006, s. 487, *Rocznik Statystyczny Rzeczypospolitej Polskiej 2007*, Główny Urząd Statystyczny, Warszawa 2007, s. 486, *Rocznik Statystyczny Rzeczypospolitej Polskiej 2008*, Główny Urząd Statystyczny, Warszawa 2008, s. 492, *Rocznik Statystyczny Rzeczypospolitej Polskiej 2009*, Główny Urząd Statystyczny, Warszawa 2009, s. 560, *Rocznik Statystyczny Rzeczypospolitej Polskiej 2010*, Główny Urząd Statystyczny, Warszawa 2010, s. 534 oraz *Rocznik Statystyczny Rzeczypospolitej Polskiej 2011*, Główny Urząd Statystyczny, Warszawa 2011, s. 485.

### 2.1.3. Zalety i wady systemu wykorzystującego paliwa drzewne

Podsumowując charakterystykę systemów grzewczych wykorzystujących drewno opałowe należy wskazać na ich główne zalety i wady. Warto wspomnieć, iż paliwa drzewne są popularne również w systemach opartych na węglu, wykorzystywane w celu uruchomienia. Zestawienie zalet i wad paliw drzewnych (pelety, zrębki) przedstawia tabela 2.

**Tabela 2.**

**Zalety i wady systemu ogrzewania opartego na paliwach drzewnych**

<b>Zalety</b>	<b>Wady</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• powszechna dostępność paliwa,</li><li>• relatywnie niski koszt nabycia,</li><li>• w przypadku peletów: mniejsza powierzchnia magazynowania,</li><li>• system zapewnia użytkownikowi ciepłą wodę,</li><li>• możliwość stosowania różnych paliw stałych na przemian.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• wymagają dużych powierzchni magazynowych</li><li>• niska efektywność energetyczna</li><li>• duże nakłady pracy w celu utrzymania systemu spalania</li><li>• mogą wystąpić problemy w dostawie (np. przez warunki pogodowe),</li><li>• długi proces schnięcia,</li><li>• w przypadku braku prądu, nie można uruchomić systemu,</li><li>• brak kontroli spalania,</li><li>• duży nakład pracy w związku z przygotowaniem paliwa,</li><li>• konieczność zapewnienia odpowiednich warunków technicznych magazynu</li><li>• okresowe czynności konserwujące</li><li>• kotłownia wymaga energii elektrycznej do pracy.</li></ul>

Źródło: opracowanie własne na podstawie: *Ogrzewanie dużych budynków paliwami drzewnymi*, broszura przygotowana przez Krajową Agencję Poszanowania Energii (KAPE) w ramach projektu Komisji Europejskiej BIOHEAT II programu ALTENER, Krajowa Agencja Poszanowania Energii, Warszawa 2004, s. 9–19.

Biorąc pod uwagę wskazane zalety i wady można stwierdzić, iż ogrzewanie budynku mieszkalnego paliwem drzewnym wiąże się z regularnymi czynnościami (serwisowanie, czyszczenie kotła), a w przypadku zrębków, które są najczęściej spotykane: przygotowanie oraz długie magazynowanie.

Najczęściej stosowanym źródłem ciepła w budynkach mieszkalnych, wykorzystujący paliwo drzewne jest kominek, jeden z najstarszych rodzajów ogrzewania. Mimo niskiej sprawności, jest chętnie instalowany i użytkowany, często ze względu dekoracyjnego. Zasady działania są bardzo proste: na specjalnym palenisku spalane są kawałki drewna przy współdziałaniu powietrza, w ten sposób ogrzewane jest bliskie otoczenie. Największą zaletą kominka jest niski koszt zakupu, natomiast wadą uciążliwość użytkowania<sup>20</sup>.

<sup>20</sup> Por. M. Nantka, *Ogrzewnictwo i ciepłownictwo*, t. 1, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2006, s. 53.



## 2.2. Systemy ogrzewania wykorzystujące węgiel

Kolejnym, powszechnym w Polsce paliwem służącym do wytwarzania energii jest węgiel. Jest to geologicznie najstarsze paliwo, występujące w wielu odmianach, różniących się od siebie jakością oraz zawartością gazów lotnych<sup>21</sup>.

Od połowy XX w, węgiel traci na powszechności. Wypierany jest z transportu oraz gospodarstw domowych. W wielu krajach ( w tym Polska) nadal pozostaje głównym paliwem w ciepłownictwie, energetyce i hutnictwie<sup>22</sup>.

Węgiel kamienny to kopalniane paliwo stałe, w skład którego wchodzi: węgiel (50–92%), wodór (ok. 5%), tlen, azot, siarka, substancje mineralne i woda. Surowiec ten dzielony jest na klasy i typy. W celach energetycznych wykorzystywany jest węgiel o dużej zawartości części lotnych, które ułatwiają spalanie<sup>23</sup>.

Węgiel jest skałą osadową. Powstała ze szczątków roślin, które uległy uwęgleniu wskutek braku powietrza. Przez zawartość siarki i azotu jest szkodliwy dla środowiska podczas spalania. W czasie tego procesu wytwarza również dużą ilość dwutlenku węgla. Węgiel jest głównym źródłem energii elektrycznej, wykorzystywany przez elektrownie ciepłownicze, wydobywany jest w kopalniach odkrywkowych, co wpływa niekorzystnie na krajobraz, ponieważ takie działanie pozostawia widoczne ślady<sup>24</sup>. Polska gospodarka oparta jest na węglu, ponad 90% energii w kraju jest wytwarzana z węgla<sup>25</sup>. W ostatnim czasie nastąpił duży postęp związany z redukcją szkodliwych emisji do atmosfery. Nowa technologia czystego spalania węgla pozwala na zatrzymanie aż 99% popiołów i 95% siarki i azotu w specjalnych filtrach (jednak jest to drogie rozwiązanie)<sup>26</sup>.

Poprzez spalanie paliw kopalnianych (w tym węgla), wydzielany do atmosfery jest dwutlenek węgla (gaz cieplarniany) w bardzo dużych ilościach. Poza dwutlenkiem węgla,

---

<sup>21</sup> Por. H. Recknagel, E. Sprenger, E.R. Schramek, *Ogrzewnictwo i klimatyzacja*, Omni Scala, Wrocław 2008, s. 190–193.

<sup>22</sup> Por. A. Bogda, C. Kabała, A. Karczewska, K. Szopka, *Zasoby naturalne i zrównoważony rozwój*, Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu, Wrocław 2010, s. 205.

<sup>23</sup> Por. B. Babiarczyk, W. Szymański, *Ogrzewnictwo...*, op. cit., s. 240.

<sup>24</sup> Por. *Paliwa kopalniane*, [http://chomikuj.pl/alutkat/Dokumenty/ENERGETYKA/Paliwa+kopalne,5\\_98986742.pdf](http://chomikuj.pl/alutkat/Dokumenty/ENERGETYKA/Paliwa+kopalne,5_98986742.pdf) (data dostępu 15.04.2012), s. 1.

<sup>25</sup> Por. J. Szyszko, *Zasoby energetyczne Polski podstawą jej bezpieczeństwa i zrównoważonego rozwoju w: Energetyka a ochrona środowiska naturalnego w skali globalnej i lokalnej*, red. nauk. B. Kościak, M. Sławińska, Katolicki Uniwersytet Lubelski Jana Pawła II, Warszawa 2009, s. 19.

<sup>26</sup> Por. *Cleaning up coal*, <http://www.fe.doe.gov/education/energylessons/coal/index.html> (data dostępu 15.04.2012), s. 1.

paliwa kopalniane zawierają szereg różnych związków, które negatywnie wpływają na otaczające człowieka środowisko.<sup>27</sup>

Proces ten dotyczy dużych przedsiębiorstw, elektrowni (produkujących energię na szeroką skalę), a także gospodarstw domowych (których jest coraz więcej)<sup>28</sup>. Emisja zanieczyszczeń odbywa się w sposób zorganizowany, tzn. po spaleniu danego nośnika energii, poprzez emitory (kominy) wprowadzane są do środowiska szkodliwe gazy<sup>29</sup>. Źródłem emisji zanieczyszczeń jest zarówno spalanie węgla, jak i jego składowiska<sup>30</sup>.

Do najważniejszych parametrów charakterystycznych zalicza się wysoką wartość opałową i ciepło spalania<sup>31</sup>.

### 2.2.1. Magazynowanie paliwa i wymagania ciepłowni

Wymagania stawiane pomieszczeniom kotłowni są opisane w normie PN-87/B-02311 „Kotłownie wbudowane na paliwo stałe”. Zasady projektowania kotłowni są następujące<sup>32</sup>:

- kocioł powinien być zainstalowany centralnie w stosunku do ogrzewanych pomieszczeń, w piwnicy lub na poziomie ogrzewanych pomieszczeń,
- odpady takie jak popiół czy żużel należy składować w metalowych pojemnikach opróżnianych regularnie,
- kotłownia powinna być wyposażona w sztuczne oświetlenie, zaletą jest również oświetlenie naturalne,
- podłoga musi być wykonana z materiałów niepalnych, najlepiej obita blachą,
- dobra wentylacja nawiewna i wywiewna,
- odległość kotła od ścian musi pozwalać na swobodny dostęp z każdej strony w przypadku serwisu, czyszczenia lub awarii.

W przypadku kotłowni o większej mocy cieplnej, wymagania są bardziej zaostrzone ze względu na bezpieczeństwo przeciwpożarowe. Magazyn przeznaczony na węgiel powinien

<sup>27</sup> Por. S. Ostaficzuk, *Współczesne problemy Eko-Geologii*, Wydawnictwo IGSMiE PAN, Kraków 2011, s. 53–54.

<sup>28</sup> Por. B. Ciecierska, J. Łunarski, A. Pacana, D. Stadnicka, W. Zielecki, *Systemy zarządzania środowiskowego*, pr. zb. pod red. J. Łunarskiego, wyd. 2, Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2009, s. 96.

<sup>29</sup> Por. *Leksykon ochrony środowiska*, oprac. pod kier. M. Maciejowskiego, Fundacja „Ecobaltic”, Gdańsk 1995, s. 25.

<sup>30</sup> Por. S. Zieliński, *Skażenie chemiczne w środowisku*, wyd. 2 poprawione i uzupełnione, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2007, s. 16.

<sup>31</sup> Por. B. Babiarz, W. Szymański, *Ogrzewnictwo...*, op.cit., s. 240.

<sup>32</sup> Por. H. Koczyk, *Ogrzewnictwo...*, pod. red. H. Koczyk, System Serwis, Poznań 2002, s. 114.

znajdować się w osobnym pomieszczeniu. Zdarzają się przypadki, że paliwo składowane jest w kotłowni, wówczas zaleca się trzymanie opału w skrzyniach lub pojemnikach. Wielkość składu węgla powinna umożliwiać gospodarstwu domowemu zgromadzenie takiej ilości paliwa, aby starczyło na cały sezon grzewczy, natomiast minimum powinno być odpowiednie miesięcznemu zapotrzebowaniu budynku mieszkalnego na ciepło (podobnie jest w przypadku pozostałych nośników energii – drewno i olej opałowy), które użytkownik może magazynować w domu)<sup>33</sup>.

Powierzchnia magazynu zależy od zapotrzebowania kotłowni na paliwo, co z kolei wynika z rocznego zapotrzebowania budynku na ciepło, wielkości budynku ogrzewanego a także sprawności całego systemu grzewczego. Powierzchnia magazynu na paliwo stałe może być obliczona za pomocą wzoru<sup>34</sup>:

$$A = \frac{B * (1 + a)}{\rho p * h}$$

Lewa strona wzoru odpowiada powierzchni składu paliwa, natomiast pozostałe współczynniki mają następujące oznaczenia: B jest to ilość magazynowanego paliwa podana w kilogramach, pp jest gęstością nasypową magazynowanego paliwa (w kg/m<sup>3</sup>), h odpowiada wysokości warstwy magazynowanego paliwa (zależna od rodzaju paliwa, z reguły przyjmuje się wartość od 1,6 do 2m). a jest dodatkiem na komunikację (z przedziału 0,15 do 0,25, przeważnie zaleca się użycie wartości maksymalnej)<sup>35</sup>.

## 2.2.2. Koszty inwestycyjne i eksploatacyjne

Koszty inwestycyjne kotłowni na paliwa węglowe zależne są od wielkości powierzchni budynku mieszkalnego oraz od rodzaju urządzeń, jakie wybierze użytkownik. Inwestycja przedstawia się następująco<sup>36</sup>:

- koszt kotła to wydatek w przedziale od 1700 zł do 6000 zł (na rynku dostępne są też kotły, których cena przekracza 6000 zł),

<sup>33</sup> Por. K. Pieńkowski, D. Krawczyk, W. Tumeł, *Ogrzewnictwo...*, op. cit., s. 214.

<sup>34</sup> Por. H. Koczyk, *Ogrzewnictwo...*, op. cit., s. 115.

<sup>35</sup> Por. ibidem, s. 115.

<sup>36</sup> Por. T. Krakowczyk, *Kotłownia na paliwa stałe*, <http://ladnydom.pl/budowa/1,106577,2504357.html?as=3&startsz=x> (data dostępu 10.04.2012), s. 3.

- zasobnik buforowy – coraz bardziej popularne urządzenie pozwalające na utrzymanie czystości w kotłowni (uzupełnia się w nim paliwo, po czym zasobnik sam dawkuje odpowiednią ilość opału do kotła to koszt ok. 2.500–3000 zł),
- pozostałe elementy systemu (np. rury, elementy instalacji elektrycznej) zależą od wielkości danego systemu oraz od powierzchni do ogrzania,
- koszty związane z pracami budowlanymi (wykończenie kotłowni, magazynu, budowa komina),
- koszty wynagrodzenia dla instalatorów systemu.

Według aktualnych cen szacowany koszt inwestycyjny systemu grzewczego wykorzystującego kocioł węglowy oscyluje w granicach 27.000 zł. System ten jest wizualnie bardzo podobny do ogrzewania drewnem (wygląd zewnętrzny), a zasada działania jest identyczna. Różnicą jest rodzaj kotła, chociaż w dzisiejszych czasach proponowane są urządzenia obsługujące oba paliwa<sup>37</sup>.

Zapotrzebowanie na energię wzrasta przy produkcji, transporcie a także przy wykorzystaniu ich zgodnie z przeznaczeniem. W przeszłości ceny nośników energii były niskie i nie zachęcały do oszczędzania. W dzisiejszych czasach mamy jednak sytuację odwrotną, gdzie każdy szuka możliwości oszczędzania na różne sposoby np. zmianę nośnika energii, redukcję zużycia.<sup>38</sup>

Koszty eksploatacji związane są z koniecznością serwisowania, które z kolei zależą od stawki roboczogodziny serwisanta oraz od ceny samego paliwa (kosztu zakupu opału). Należy również brać pod uwagę możliwość wystąpienia awarii, która zwiększy koszty związane z obsługą urządzenia. W ostatnich latach można zaobserwować stały wzrost cen nośników energii, w tym węgla. Węgiel wykorzystywany przez gospodarstwa domowe w celu ogrzania budynku zdrożał o niemal 100% na przełomie 10 lat. Na wykresie 3. przedstawione zostało kształtowanie się ceny tony węgla w latach 2001–2010.

---

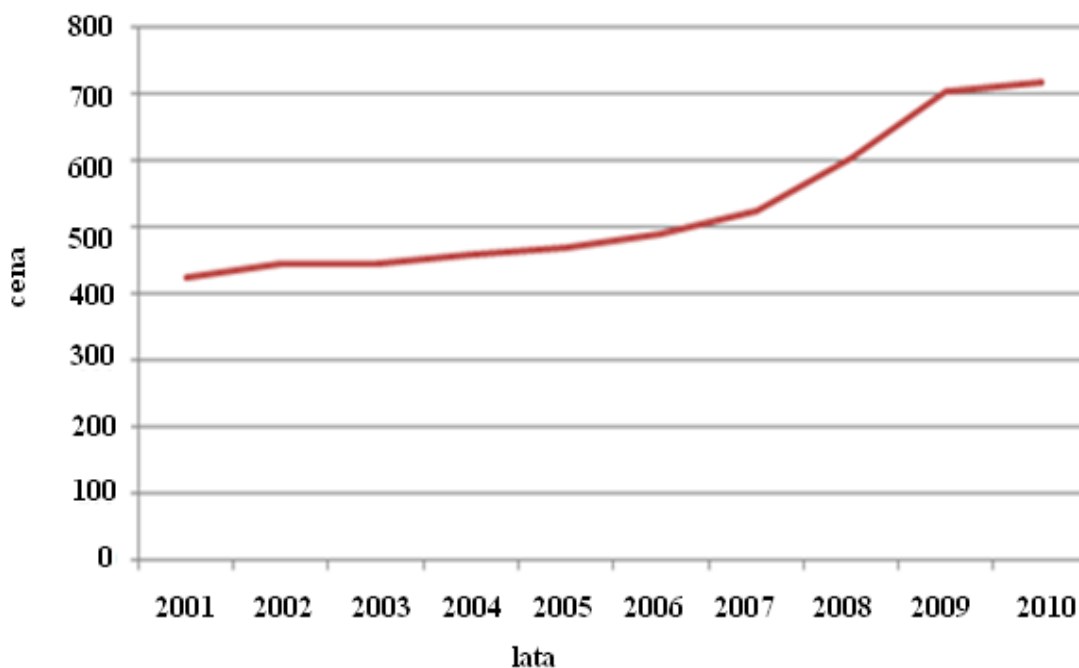
<sup>37</sup> Por. *Koszty inwestycji*, Thermo Vitae, <http://thermo-vitae.eu/wp-content/uploads/2012/04/Koszty-inwestycji.jpg>, (data dostępu 20.04.2012), s. 1.

<sup>38</sup> Por. T. Stefanowicz, *Wstęp do ekologii i podstaw ochrony środowiska*, wyd. 1, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 1996, s. 199.

### Wykres 3.

#### Cena tony węgla w latach 2001–2010

(w zł)



Źródło: opracowanie własne na podstawie: *Węgiel zdrożał o 100%*, [http://www.se.pl/wydarzenia/kraj/wegiel-zdroza-o-100-procent\\_212246.html](http://www.se.pl/wydarzenia/kraj/wegiel-zdroza-o-100-procent_212246.html), (data dostępu 15.04.2012) s. 1, *Mały Rocznik Statystyczny Polski 2008*, Główny Urząd Statystyczny, Warszawa 2008, s. 213, *Mały Rocznik Statystyczny Polski 2008*, Główny Urząd Statystyczny, Warszawa 2009, s. 210, *Mały Rocznik Statystyczny Polski 2010*, Główny Urząd Statystyczny, Warszawa 2010, s. 217.

#### 2.2.3. Pozytywne i negatywne aspekty systemu opartego na paliwie węglowym

Wykorzystanie węgla do ogrzania budynku mieszkalnego jest ściśle powiązane z pierwszym omówionym paliwem stałym, czyli drewnem. Wynika to z właściwości węgla: wymaga wysokiej temperatury, aby mógł spełnić swoją rolę jako paliwo systemu grzewczego. W tabeli 3. przedstawione zostały zalety i wady systemu grzewczego wykorzystującego węgiel jako nośnik energii stosowany w celu ogrzewania budynków mieszkalnych.

**Tabela 3.**

**Zalety i wady systemu grzewczego wykorzystującego węgiel jako paliwo**

<b>Zalety</b>	<b>Wady</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• łatwa obsługa urządzeń systemu,</li><li>• przy niższej cenie użytkownik otrzymuje wyższą wartość opałowu w porównaniu z innymi paliwami,</li><li>• paliwo to jest ogólnie dostępne (pochodzenie krajowe),</li><li>• łatwy w transporcie i magazynowaniu,</li><li>• system zapewnia użytkownikowi ciepłą wodę.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• szkodliwe dla środowiska (bardzo duża emisja szkodliwych gazów),</li><li>• ciężko kontrolować proces spalania, trudna automatyzacja,</li><li>• konieczne jest regularne czyszczenie kotła oraz pozbycie się pozostałości po spalaniu (popiół, żużel),</li><li>• konieczność użycia drewna w celu rozruchu systemu,</li><li>• w wyniku nieszczelności systemu może dojść do zatrucia, a nawet śmierci,</li><li>• ciężko utrzymać w czystości kotłownię i magazyn, oraz pomieszczenia sąsiadujące (czarny pył).</li><li>• kotłownia wymaga energii elektrycznej do pracy.</li></ul>

Źródło: opracowanie własne na podstawie: B. Babiarz, W. Szymański, *Ogrzewnictwo*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2010, s. 241.

### **2.3. Ogrzewanie budynku olejem opałowym**

Olej opałowy zalicza się do paliw płynnych, najczęściej spotykane to oleje mineralne, smołowe i syntetyczne. Charakteryzuje się wysokim ciepłem spalania oraz bardzo dużą wartością spalania. Należy do III klasy niebezpieczeństwa pożarowego zgodnie z Rozporządzeniem nr 4 Ministra Przemysłu Chemicznego oraz Gospodarki Terenowej Ochrony Środowiska z dnia 28 maja 1973<sup>39</sup>.

Paliwo olejowe wytwarzane jest dzięki procesom chemicznym z ropy naftowej. Oleje opałowe dzielone są na lekkie i ciężkie. Małe źródła ciepła wykorzystują olej lekki<sup>40</sup>, który charakteryzuje się dużą gęstością, wysoką wartością opałowu oraz charakterystyczną barwą

<sup>39</sup> Por. K. Pieńkowski, D. Krawczyk, W. Tumel, *Ogrzewnictwo...*, op.cit., s. 107.

<sup>40</sup> Por. B. Babiarz, W. Szymański, *Ogrzewnictwo...*, op.cit., s. 242.

(od ciemnobrunatnej do czarnej). Wykorzystywany jest w przemyśle oraz w gospodarstwach domowych<sup>41</sup>.

Ropa naftowa, a w tym olej opałowy składają się z węglowodorów oraz połączeń zawierających siarkę, azot i związki metaloorganiczne. W zależności od miejsca wydobycia, wieku i migracji, występują oleje o różnej lepkości i gęstości, z większą lub mniejszą zawartością szkodliwych substancji<sup>42</sup>.

Jest to cenny surowiec, zaliczany do grupy paliw kopalnianych. Ropa naftowa służy do produkcji wielu innych płynów chemicznych codziennego użytku np. benzynę, naftę, oleje, farby, rozpuszczalniki i wiele więcej. Można spotkać się ze stwierdzeniem, iż spalanie powstałych związków chemicznych, jest marnotrawieniem ropy. Na świecie występuje tylko 18 krajów z największymi, złożami ropy naftowej. Poprzez spalanie, do atmosfery wprowadza się miliardy ton dwutlenku węgla, a także innych, szkodliwych gazów. Kolejnym zagrożeniem dla środowiska jest transport tego surowca. Najczęściej odbywa się on drogą morską. Katastrofa tankowca przewożącego ropę to katastrofa dla środowiska. Wyciek ropy do dużego zbiornika powoduje rozlanie na przestrzeni tysięcy kilometrów i uniemożliwia przenikanie promieni słonecznych, powodując śmierć zwierząt żyjących w wodzie<sup>43</sup>.

### **2.3.1. Przechowywanie i wymagania pomieszczenia dla kotła**

Kotłownie na paliwo olejowe mają określone wymagania budowlane, niemal identyczne jak w przypadku kotłowni na paliwa gazowe i są one następujące<sup>44</sup>:

- odporność ogniowa elementów konstrukcyjnych,
- wyposażenie w instalację wodno-kanalizacyjną,
- wyjście ewakuacyjne,
- oświetlenie naturalne i sztuczne,
- dobra wentylacja kotłowni,
- rozdzielnię elektryczną, zabezpieczone przewody instalacji elektrycznej,
- centralne usytuowanie w stosunku do odbiorców ciepła.

Następne, niżej wymienione wymagania są specyficzne dla oleju jako paliwa. Wynikają one ze specyficznych właściwości oleju i mają na celu poprawę bezpieczeństwa<sup>45</sup>:

<sup>41</sup> Por. H. Koczyk, *Ogrzewnictwo...*, op.cit., s. 96.

<sup>42</sup> J. Malej, *Ochrona Środowiska*, Bałtycka Wyższa Szkoła Humanistyczna, Koszalin 2006, s. 75–76.

<sup>43</sup> Por. A. Wasilewski, *Ropa naftowa w XX wieku*, Instytut Nafty i Gazu, Kraków 2011, s. 13–54.

<sup>44</sup> Por. H. Koczyk, *Ogrzewnictwo...*, op. cit., s. 122–124.

- szczelna, nienasiąkliwa podłoga zaprojektowana w taki sposób, aby uniemożliwić wydostanie się oleju w przypadku awarii,
- odwodnienie podłóg kotłowni powinny mieć możliwość zatrzymywania oleju oraz być podpięte do sieci odwodnień budynku ( a cała instalacja musi być odporna na olej opałowy),
- w przypadku składowania oleju w kotłowni lub jest bezpośredni dostęp do oleju, kotłownia musi być wyposażona w automatyczny wyłącznik dopływu paliwa (zapobiegawczo, przeciw pożarowi),
- w przypadku minimalnej odległości ściany od krawędzi kotła równej 0,5m, ściany muszą być pokryte trwałym, niepalnym materiałem zabezpieczającym (odległość od ściany ma również znaczenie w przypadku swobodnej konserwacji i obsługi, a także napraw).

Olej opałowy można przechowywać w wewnętrznych zbiornikach (w specjalnych pomieszczeniach lub w kotłowni) i zewnętrznych (naziemnych lub podziemnych). Zbiorniki do magazynowania oleju są wykonane z tworzyw sztucznych i stali. W przypadku zbiorników wewnętrznych, stosuje się beciśnieniowe zbiorniki wyposażone w układ do czerpania, napełniania i odpowietrzania paliwa. W przypadku wewnętrznego zbiornika, należy spełnić obowiązujące zasady<sup>46</sup>:

- przechowywanie więcej niż 5000 dm<sup>3</sup> musi być w oddzielnym magazynie (maksymalnie 100 m<sup>3</sup> oleju),
- pomieszczenie, w którym magazynowany jest olej może znajdować się w podpiwniczeniu lub przyziemiu, a przegrody budowlane powinny mieć określoną odporność ogniową (dotyczy stropów i ścian, drzwi, okien itp.),
- należy tak zaprojektować podłogę, aby nie nasiąkała oraz zapobiegała wydostaniu się oleju w przypadku awarii (np. zastosowanie progów nienasiąkliwych),
- konieczny jest system wentylacyjny nawiewno-wywiewny (usuwanie szkodliwych oparów i zapachu),
- drzwi muszą być samozamykające się, otwierane na zewnątrz o wysokiej odporności ogniowej,
- zapewnienie odprowadzenia elektryczności statycznej elementom systemu grzewczego,

---

<sup>45</sup> Por. ibidem, s. 122.

<sup>46</sup> Por. ibidem, s. 122–124.



- odległość od ścian powinna pozwalać na swobodną kontrolę elementów, a w razie konieczności wymianę.

W przypadku zbiorników stalowych należy zadbać o odpowiednie zabezpieczenie antykorozyjne wewnątrz i na zewnątrz. Ustalając pojemność zbiorników magazynujących trzeba wziąć pod uwagę moc i szacowanego czasu pracy systemu. Dla małych kotłowni minimum magazynowanego oleju powinno odpowiadać miesięcznej eksploatacji, natomiast zalecany jest roczny okres magazynowania<sup>47</sup>.

### 2.3.2. Koszty związane z instalacją i użytkowaniem

Wielkość inwestycji w system grzewczy oparty na oleju opałowym, podobnie jak w przypadku ogrzewania gazowego, zależy od klasy kotła oraz pozostałych części układu, rozwiązań zastosowanych w instalacji. Oprócz kotła, koszt pozostałych elementów systemu jest podobny, ze względu na charakter działania konwencjonalnych systemów grzewczych (mają wiele elementów wspólnych, takich jak grzejniki, rury itp.). Przykładowe koszty instalacji są następujące<sup>48</sup>:

- 1) kocioł wyposażony w zasobnik ciepłej wody (kondensacyjny) to wydatek w przedziale 7–20 tys. zł,
- 2) elementy wyposażenia kotłowni (różne rury, złączki, zawory, instalacja elektryczna): 3–8 tys. zł,
- 3) zbiornik na paliwo wraz z instalacją – 2–3 tys. zł,
- 4) budowa komina – 3–4 tys. zł,
- 5) koszty robocizny np. w przypadku domku o powierzchni 130–200m<sup>2</sup> wynoszą od 16 do nawet 40 tys. zł.

Na podstawie powyższych danych można oszacować, iż koszt takiej inwestycji mogą oscylować w granicach od 31 tys. zł do 65 tys. zł. Jest to poważna inwestycja i wymaga od użytkownika dokładnej analizy odnośnie wyboru systemu ogrzewania.

---

<sup>47</sup> Por. ibidem, s. 122–124.

<sup>48</sup> Por. *Ogrzewanie gazem i olejem*, <http://dolinka.eu/ogrzewanie-gazem-i-olejem.html> (data dostępu 09.03.2012), s. 3.

Ceny oleju opałowego zależą od światowej ceny za baryłkę ropy naftowej. Polska jest uzależniona od dostawców ropy, więc jest zmuszona do importowania tego surowca. Wykres 4. przedstawia zmiany cen oleju opałowego.

#### Wykres 4.

#### Zmiany ceny oleju opałowego w latach 2008–2011 (w zł)



Źródło: opracowanie własne na podstawie: *Miesięczne zmiany ceny oleju opałowego w latach 2008–2011*, <http://www.e-petrol.pl/index.php/centrum-domowego-ciepła-ogrzewanie-porady/65035/> (data dostępu 09.03.2012), s. 1.

Jak można zaobserwować, cena tego nośnika w latach 2008–2011 wzrastała. Związane jest to z sytuacją na rynku międzynarodowym oraz fakt, iż Polska importuje ten surowiec z innych krajów.

#### 2.3.3. Mocne i słabe strony systemu na olej opałowy

W przypadku ogrzewania olejowego, największą wadą systemu jest cena paliwa. Sprawia to, iż system ten traci na popularności mimo faktu, iż ma najwyższą wartość

opalową. Zestawienie zalet i wad systemu grzewczego opartego na oleju opalowym przedstawia tabela 4.

**Tabela 4.**

**Zalety i wady systemu wykorzystującego olej opalowy**

Zalety	Wady
<ul style="list-style-type: none"> <li>• w pełni zautomatyzowana obsługa kotła,</li> <li>• mniejsza emisja szkodliwych gazów w porównaniu z węglem,</li> <li>• łatwy transport oraz możliwość magazynowania wewnątrz i na zewnątrz budynku,</li> <li>• kontrola procesu spalania,</li> <li>• wysoka sprawność spalania poprzez wykorzystanie właściwości chemicznych paliwa,</li> <li>• system zapewnia użytkownikowi ciepłą wodę.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• duże koszty inwestycyjne,</li> <li>• duże koszty eksploatacyjne (wysoka cena oleju opalowego),</li> <li>• wymagane jest regularne wykonywanie czynności konserwujących przez przeszkolonego fachowca,</li> <li>• w przypadku zaniedbania czynności serwisowych istnieje niebezpieczeństwo zatrucia domowników oparami,</li> <li>• cena paliwa zależy od sytuacji na rynkach światowych,</li> <li>• ryzyko zanieczyszczenia środowiska przez wyciek,</li> <li>• po zdemontowaniu instalacji nie można jej założyć ponownie</li> <li>• kotłownia wymaga energii elektrycznej do pracy.</li> </ul>

Źródło: opracowanie własne na podstawie: B. Babiarz, W. Szymański, *Ogrzewnictwo*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2010, s. 242–243.

## 2.4. Systemy grzewcze oparte na paliwach gazowych

Energia cieplna powstaje w skutek przekształcenia energii chemicznej paliw pierwotnych. Proces ten jak wiadomo, ma szkodliwy wpływ na powietrze atmosferyczne, wody i gleby. Dotyczy to również gazu, który zarówno podczas wydobycia, jak i użytkowania, przenika do powietrza zanieczyszczając je. Większa ilość gazu w danym miejscu jest natomiast niebezpieczna, ponieważ istnieje zagrożenie wybuchu (gaz jest

łatwopalny). Coraz częściej spotyka się również wydobycie gazu spod dna oceanów, co może negatywnie wpłynąć na środowisko naturalne, ponieważ część gazu ulatnia się do wody.<sup>49</sup>

Systemy grzewcze oparte na gazie, a także na oleju opałowym, nie były dawniej popularnymi źródłami ciepła. Dopiero po 1990 r. pod wpływem zmian gospodarczych i polityki ekologicznej w Polsce upowszechniły się. Głównie zastosowanie znajdowały w budownictwie indywidualnym, a także w przypadku braku możliwości do podłączenia pod miejskie ciepłownię<sup>50</sup>. Transport gazu ziemnego odbywa się przez rurociągi. Jest powszechnie stosowany w gospodarstwach domowych, używany do ogrzewania i gotowania.

Paliwo gazowe jest definiowane jako gaz palny, dopuszczony do wykorzystania z zamiarem wytworzenia energii w gospodarstwach domowych, przemyśle oraz usługach (np. w transporcie). Ten specyficzny rodzaj paliwa, może mieć różny poziom jakości, co wpłynie na jakość wytworzonej energii<sup>51</sup>.

Gaz wykorzystywany do ogrzewania to mieszanka gazów palnych i niepalnych. W skład niepalnych składników zalicza się: dwutlenek węgla, azot, tlen, czasami para wodna, siarkowodór, amoniak. Do gazów naturalnych, wykorzystywanych jako źródło ciepła w gospodarstwach domowych zaliczamy gaz ziemny – lżejszy od powietrza i gaz płynny, który jest cięższy od powietrza (propan i butan)<sup>52</sup>.

Gaz ziemny jest pochodzenia organicznego, wydobywany z przestrzeni skorupy ziemskiej, często wspólnie z węglem lub ropą. Głównym składnikiem gazu jest metan, bezwonny łatwopalny gaz, który podczas spalania nie wydziela prawie żadnych zanieczyszczeń. Firmy gazowe celowo dodają do niego aromaty zapachowe, aby łatwiej wykryć awarię (ulatnianie się)<sup>53</sup>.

#### **2.4.1. Magazynowanie i wymagania kotłowni**

Ze względu na fakt, iż gaz jest przechowywany w zbiornikach pod dużym ciśnieniem, oraz pod ciśnieniem zostaje doprowadzony do kotła, należy dokładnie spełnić ściśle

---

<sup>49</sup> Por. Z. Ciok, *Podstawowe problemy współczesnej techniki*, t. 29, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2011, s. 277.

<sup>50</sup> Por. H. Koczyk, *Ogrzewnictwo...*, op.cit., s. 115.

<sup>51</sup> Por. A. W. Żuchowicki, J. Żuchowicki, *Systemy sieci gazowych*, Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Koszalińskiej, Koszalin 2011, s. 58.

<sup>52</sup> Por. K. Pieńkowski, D. Krawczyk, W. Tumel, *Ogrzewnictwo...*, op.cit., s. 105–106.

<sup>53</sup> Por. ibidem, s. 105–106.

określone wymagania dla kotłowni. Dla paliwa gazowego lżejszego od powietrza są one następujące<sup>54</sup>:

- kocioł powinien być zainstalowany w piwnicy (dolnej kondygnacji budynku), w pomieszczeniu nie przeznaczonym do ciągłego przebywania,
- odległość od ścian i wysokość powinny pozwalać na swobodną obsługę kotła, a całe pomieszczenie musi mieć dobrą wentylację,
- podłoga i ściany powinny być wykonane z materiałów niepalnych.
- kotłownia powinna być wyposażona w detektor awaryjnego wypływu gazu.

W przypadku większych kotłowni wymagania są bardziej zaostrzone. Kotłownie wykorzystujące paliwa gazowe cięższe od powietrza, mają dodatkowe warunki do spełnienia, wynikające z właściwości tego paliwa<sup>55</sup>:

- kotłownia nie może być w pomieszczeniach poniżej poziomu gruntu, a otwory drzwi na zewnątrz nie powinny mieć progów,
- nawet dla najmniejszych kotłów, należy instalować detektory awaryjnego wypływu gazu, który powinien znajdować się maksymalnie 15 cm nad podłogą w miejscu prawdopodobnego gromadzenia się gazu,
- wlot wentylacji powinien być zlokalizowany jak najniżej (sfera przypodłogowa).

Gaz płynny należy przechowywać w specjalnym zbiorniku poza domem, pod lub nad ziemią. Wielkość zbiornika zależy od mocy zainstalowanego systemu grzewczego. Wymagany jest atest inspektora Urzędu Dozoru Technicznego, oraz regularne przeglądy techniczne i konserwacje zbiorników. Gaz ziemny można przechowywać w postaci sprężonej oraz skroplonej. Najczęściej jednak trafia on do gospodarstw domowych za pomocą gazociągu<sup>56</sup>.

#### **2.4.2. Koszty inwestycji i eksploatacji**

Koszty związane z inwestycją systemu grzewczego opartego na gazie głównie zależą od klasy kotła i elementów układu oraz poziomu rozwiązań technicznych (np. poziom zautomatyzowania).

---

<sup>54</sup> Por. K. Bąkowski, *Sieci i instalacje gazowe*, wyd. 3 zm., Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 2007, s. 465–466.

<sup>55</sup> Por. H. Koczyk, *Ogrzewnictwo...*, op.cit., s. 116–121.

<sup>56</sup> Por. A. Demianowicz, *Ogrzewanie – gaz płynny*, <http://ladnydom.pl/budowa/1,106579,6921349>, Ogrzewanie \_\_\_\_gaz\_plynnny.html, (22.04.2012), s. 1.

Wydatki kształtują się następująco<sup>57</sup>:

- 1) kocioł gazowy z zasobnikiem ciepłej wody (kondensacyjny) – w granicach 8–14 tys. zł, dodatkowo dochodzą koszty związane z wyposażeniem kotłowni – 5–7 tys. zł. W przypadku zwykłego kotła dwufunkcyjnego (wyposażony w przepływowe podgrzewanie wody użytkowej) – ok. 5 tys. zł i ok. 1 tys. zł za wyposażenie kotłowni.
- 2) w przypadku gazu płynnego, jeśli użytkownik zdecyduje się na dzierżawę zbiornika od dystrybutora, instalacja wyniesie 4–5 tys. zł, jeśli natomiast źródłem energii będzie gaz ziemny, wówczas nie trzeba będzie go magazynować,
- 3) instalacja wraz z podłączeniem urządzeń i pozostałych elementów układu to ok. 30% wartości materiałów,
- 4) budowa komina wacha się w przedziale 3–4 tys. zł.

Powyższe koszty podane są orientacyjnie, szacuje się, że w przypadku domu o powierzchni 130–220 m<sup>2</sup> koszty instalacji ogrzewania gazem będą w granicach około 12–35 tys. zł. Wszystko zależy od klasy urządzeń i rozwiązań instalacyjnych, na które decyduje się użytkownik.

Zapotrzebowanie globalne na energię wciąż wzrasta. Spalanie paliw – nośników energii powoduje emisję wielu różnych związków chemicznych, które wpływają niekorzystnie na środowisko. Wykorzystywany gaz ziemny ma 3 razy mniejszy udział w wywarzaniu energii niż węgiel<sup>58</sup>.

Ceny gazu zmieniają się dynamicznie i są kształtowane przez rynek. Zapotrzebowanie na wielkość dostawy gazu zależy od wielkości budynku do ogrzania (zapotrzebowanie na opał) i sezonu (pory roku)<sup>59</sup>. Poziom cen gazu ziemnego w latach 2005–2010 przedstawia wykres 5.

---

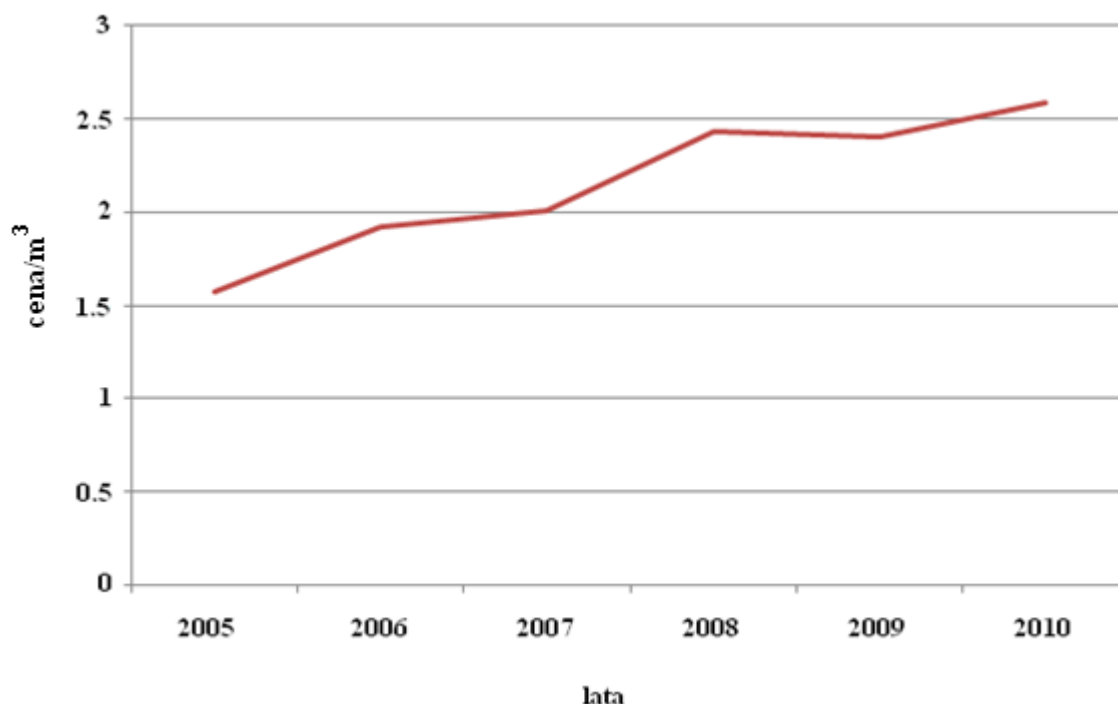
<sup>57</sup> Por. *Ogrzewanie gazem i olejem...*, op.cit., s. 2–3.

<sup>58</sup> Por. T. Sadowski, G. Świdorski, W. Lewandowski, *Dotacje UE w inwestycjach ekologicznych Polski*, Europrimus Consulting, Warszawa 2006, s. 64.

<sup>59</sup> Por. P. Lis, *Aspekt ekonomiczny ogrzewania budynków szkół z indywidualnymi źródłami ciepła*, w: *Efektywność i niezawodność w budownictwie*, pod red. M. Rajczyk, J. Rajczyka, S. Jevtiukova, S. Syguły, Wydawnictwa Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa 2003, s. 100-103.

## Wykres 5.

### Ceny gazu dla gospodarstw domowych w latach 2005–2010 (w zł)



Źródło: opracowanie własne na podstawie: *Efektywność wykorzystania energii*, [http://www.stat.gov.pl/cps/rde/xbcr/gus/PUBL\\_se\\_efektywnosc\\_wykorzystania\\_energii\\_1999-2009.pdf](http://www.stat.gov.pl/cps/rde/xbcr/gus/PUBL_se_efektywnosc_wykorzystania_energii_1999-2009.pdf) (data dostępu 15.04.2012), s. 17, *Mały Rocznik Statystyczny Polski 2010*, Główny Urząd Statystyczny, Warszawa 2010, s. 217, *Wskaźniki cen towarów i usług konsumpcyjnych w kwietniu 2012*, [http://www.stat.gov.pl/cps/rde/xbcr/gus/ch\\_inflacja\\_04m\\_2012.pdf](http://www.stat.gov.pl/cps/rde/xbcr/gus/ch_inflacja_04m_2012.pdf) (data dostępu 06.07.2012), s. 2.

Jak można zaobserwować na powyższym wykresie, cena gazu dla gospodarstw domowych była coraz wyższa (podobnie jak w przypadku pozostałych wybranych nośników energii). Sprawia to, iż użytkownicy, przez zwiększające się koszty eksploatacyjne, szukają oszczędności poprzez np. kontrolę zużycia gazu.

#### 2.4.3. Cechy dodatnie i ujemne systemów wykorzystujących paliwa gazowe

W tabeli 5. zebrane zostały zalety i wady systemów ogrzewania, wykorzystujących paliwa gazowe. Gaz, podobnie jak olej opałowy, charakteryzuje się wysoką wartością opałową.

**Tabela 5.****Zalety i wady systemu grzewczego wykorzystującego gaz**

<b>Gaz ziemny</b>	
<b>Zalety</b>	<b>Wady</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• mała emisja szkodliwych gazów,</li> <li>• kontrola procesu spalania,</li> <li>• transport: podłączenie do sieci gazowej</li> <li>• nie ma konieczności magazynowania (oszczędność miejsca),</li> <li>• zautomatyzowana obsługa systemu,</li> <li>• system zapewnia użytkownikowi ciepłą wodę.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ryzyko związane z wybuchem,</li> <li>• uzależnienie od dostaw,</li> <li>• wysokie koszty instalacji i eksploatacji,</li> <li>• wymagane jest regularne wykonywanie czynności konserwujących przez wyszkolonego fachowca,</li> <li>• kotłownia wymaga energii elektrycznej do pracy.</li> </ul>
<b>Gaz płynny</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• możliwość magazynowania,</li> <li>• mała emisja szkodliwych gazów,</li> <li>• kontrola procesu spalania,</li> <li>• zautomatyzowana obsługa systemu,</li> <li>• system zapewnia użytkownikowi ciepłą wodę.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wysokie koszty inwestycyjne,</li> <li>• ryzyko wybuchu,</li> <li>• dostępność jest uzależniona od dostaw,</li> <li>• wymagane jest regularne wykonywanie czynności konserwujących przez wyszkolonego fachowca,</li> <li>• transport musi odbywać się w szczelnych zbiornikach odpornych na ciśnienie,</li> <li>• kotłownia wymaga energii elektrycznej do pracy.</li> </ul>

Źródło: opracowanie własne na podstawie: B. Babiarz, W. Szymański, *Ogrzewnictwo*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2010, s. 244–246.

W przypadku instalacji wykorzystującej gaz, jako paliwo opałowe, największą wadą jest fakt, że w przypadku braku dostawy gazu, budynek mieszkalny będzie nieogrzewany. Druga sprawa, to uruchamianie systemu w przypadku przejściowych spadków temperatur (1–2 dniowych) niesie za sobą wysoki koszt. Gospodarstwa domowe wyposażone w ogrzewanie gazowe, często, jako alternatywne źródło ciepła wykorzystują kominek na paliwo drzewne.

Przedstawione systemy grzewcze na wybrane paliwa różnią się między sobą. Różnice wynikają przede wszystkim ze specyfikacji danego opału (warunków spalania i przechowywania). Wspólnymi cechami charakterystycznymi są natomiast: budowa całego



systemu (np. widoczne odbiorniki ciepła w pomieszczeniach) oraz konieczność okresowych przeglądów. Wybrane systemy ogrzewania łączy również fakt konieczności dostaw paliwa.

Podczas produkcji i przemiany na energię cieplną trzech głównych nośników energii, w dużym stopniu zanieczyszcza się środowisko. Drewno przyczynia się do tego w mniejszym stopniu, jednak masowa wycinka lasów wpływa negatywnie na florę i faunę. Działania związane z ochroną środowiska wymagają podjęcia kroków mających na celu oszczędne zużycie surowców nieodnawialnych lub poszukiwanie nowych źródeł energii<sup>60</sup>.

Z biegiem czasu mamy do czynienia z wzrastającą eksploatacją naszej planety, w skutek wzrastającej liczby ludności i potrzeb. Użytkowanie to ma coraz większy zasięg (w głąb ziemi, mórz), oddziałując na całe otaczające ludzi środowisko. Warto zatem podejmować kroki mające na celu ochronę środowiska naturalnego, bez którego życie nie byłoby możliwe<sup>61</sup>.

Ograniczenie szkodliwych emisji oraz fakt, iż główne źródła energii kiedyś się skończą, zmusza użytkowników do racjonalnego gospodarowania i ocenę efektywności procesów inwestycyjnych i eksploatacyjnych<sup>62</sup>.

---

<sup>60</sup> Por. K. Górka, B. Poskrobko, *Ekonomika ochrony środowiska*, PWE, Warszawa 1991, s. 116.

<sup>61</sup> Por. B.K. Prandacka, *Nauki ekonomiczne a środowisko przyrodnicze*, wyd. 2 rozsz., PWE, Warszawa 1991, s. 108.

<sup>62</sup> Por. M. Księżyk, *Efektywność pozyskiwania pierwotnych nośników energii w Polsce*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa – Kraków 1996, s. 209.



## Rozdział 3

### Elektryczne folie grzewcze jako nowoczesny system ogrzewania

Folie grzejne (folie grzewcze lub folie elektryczne) są znane zagranicą od ponad 30 lat. Stosowane są na szeroką skalę głównie w krajach skandynawskich (Finlandia). Tam właśnie są produkowane i składane elementy niezbędne do ogrzewania pomieszczeń w budynkach. Znalazły zastosowanie w: domach, szkołach, urzędach, kościołach halach magazynowych<sup>1</sup>.

Omawiany system grzewczy opiera się na elektrycznej folii grzewczej. Nazywany jest również ogrzewaniem płaszczyznowym. Miejscem docelowym montażu jest sufit lub podłoga. Działanie tych urządzeń grzewczych polega na tym, iż przez folie, dzięki ich specyficznej budowie, przepływa prąd, który płynąc przez folię, wytwarza ciepło (jest możliwość również zainstalowania urządzeń na obu płaszczyznach). Promieniowanie ciepłe z danej płaszczyzny penetruje i nagrzewa pomieszczenie<sup>2</sup>.

#### 3.1. Charakterystyka systemu ogrzewania opartego na elektrycznych foliach grzewczych

Podstawowym elementem omawianego systemu jest folia grzewcza. Jej budowa jest następująca: folia składa się z sześciu warstw tworzywa, między którymi wtopione są pasy wytworzone ze stopu metali. Pasy przewodzą prąd sieciowy o napięciu 230V, dzięki temu wytwarzają ciepło. Maksymalna temperatura, w jakiej pracują folie, nie przekracza 35°C. Po wyprodukowaniu są sprzedawane w postaci rulonów o różnej mocy i długości. Wysokość zamontowanego na płaszczyźnie arkusza folii jest niewielka i wynosi ok. 1mm. Na

---

<sup>1</sup> Por. *Polarheat au Francais*, <http://www.infraheat.com/sivu/fr/> (data dostępu: 15.05.2012), s. 1.

<sup>2</sup> Por. M. Nantka, *Ogrzewnictwo i ciepłownictwo*, t. 2, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2006, s. 171–180.

plaszczynach budynku mieszkalnego można zainstalować folie podłogowe lub sufitowe (jest również możliwość montażu obu rodzajów folii)<sup>3</sup>.

Istotą ogrzewania elektrycznego podłogowego jest umiejscowienie w podłodze przewodów lub mat grzejnych (przewody grzejne przymocowane do maty). W zależności od potrzeb, dopiera się elementy o odpowiedniej mocy. Ogrzewanie sufitowe jest często stosowane w dużych budynkach, w postaci promienników podczerwieni o wysokiej temperaturze (np. w kościołach). Innowacyjny system grzewczy wykorzystuje folie grzejną sufitową (podobną do folii podłogowej) w celu ogrzania pomieszczenia<sup>4</sup>. Określony jest jako „innowacyjny” ponieważ elementy systemu można uznać za nowe przy jednoczesnym uproszczonym sposobie działania<sup>5</sup>.

Ogrzewanie sufitowe zostało wynalezione przez A.H. Barkera w 1907 roku. Początkowo był to element konwencjonalnych systemów grzewczych, w którym główną rolę odgrywała ciecz zamknięta w rurach lub węzłach, rozprowadzająca ciepło. Niestety, ten rodzaj ogrzewania nie jest popularny w budynkach mieszkalnych<sup>6</sup>.

Zadaniem systemów grzewczych jest transport ciepła od źródła do odbiorników. W przypadku tradycyjnych systemów grzewczych, czynnik grzewczy musi przebyć długą drogę przez urządzenia grzewcze, aby spełnić swoją rolę i rozprowadzić ciepło. Zastosowane rozwiązanie w foliach grzewczych jest prostsze, nie ma bowiem czynnika transportującego i szeregu elementów, które musiałby przebyć. Transport ciepła odbywa się metalowymi ścieżkami w folii. Przewagą płaszczyznowego ogrzewania jest również fakt, iż folie rozpoczynają pracę natychmiast po dostarczeniu im energii elektrycznej (użytkownik nie czeka, aż system się nagrzej)<sup>7</sup>.

Głównym dystrybutorem folii grzewczych w Polsce jest firma "Polarheat", która importuje folie bezpośrednio od fińskiego producenta "Infraheat". W tabelach 6–7 przedstawione zostały rodzaje folii grzewczych do ogrzewania sufitowego i podłogowego, dostępnych w Polsce. Jednostką mocy jest watt (W), natomiast wymiary 30, 60, 90 i 120 pod długością folii oznaczają szerokość danego arkusza.

---

<sup>3</sup> Por. *Budowa i zastosowanie elektrycznych folii grzewczych POLARHEAT* [http://www.polarheat.pl/budowa\\_i\\_zastosowanie.htm](http://www.polarheat.pl/budowa_i_zastosowanie.htm) (data dostępu 16.05.2012), s. 1.

<sup>4</sup> Por. H. Koczyk, B. Antoniewicz, M. Basińska, A. Górka, R. Makowska-Hess, *Ogrzewnictwo praktyczne*, Systherm Serwis, Poznań 2005, s. 98.

<sup>5</sup> Por. S. Nahotko, *Efektywność i ryzyko w procesach innowacyjnych*, Oficyna Wydawnicza Ośrodka Postępu Organizacyjnego, Bydgoszcz 1996, s. 53.

<sup>6</sup> Por. K. Pieńkowski, D. Krawczyk, W. Tumel, *Ogrzewnictwo*, t. 1, Dział Wydawnictw i Poligrafii, Białystok 1999, s. 408.

<sup>7</sup> Por. B. Babiarz, W. Szymański, *Ogrzewnictwo*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2010, s. 106.

**Tabela 6.****Rodzaje folii do ogrzewania sufitowego**

Moc folii (W)	Długość (cm)			
	30	60	90	120
135	-	150	100	75
185	410	205	140	105
210	460	230	155	115
245	540	270	180	135
280	620	310	205	155
315	700	350	235	175
360	-	400	270	200
420	-	460	310	230
490	-	540	360	270
570	-	630	420	315
630	-	-	-	350
720	-	-	-	400
980	-	-	-	540
1140	-	-	-	630

Źródło: opracowanie własne na podstawie: *Przykłady instalacji*, [www.polarheat.pl/przyklady\\_instalacji.htm](http://www.polarheat.pl/przyklady_instalacji.htm) (data dostępu 15.05.2012), s. 1.

Ceny za rolkę folii wyrażone są w walucie Euro, więc koszt zakupu dla odbiorcy krajowego będzie zależny od kursu EURO/PLN. Za najtańszy arkusz folii do ogrzewania sufitowego (pierwsza pozycja w tabeli 6) należy zapłacić ok. 32 €, natomiast najdroższy to wydatek rzędu 200–230 € (w zależności od potrzeb i rozmiarów docelowego pomieszczenia). Dzięki wielu rozmiarom, przyszły użytkownik dobiera odpowiednie folie do indywidualnego projektu domu<sup>8</sup>.

<sup>8</sup> Por. *Przykłady instalacji*, [http://www.polarheat.pl/przyklady\\_instalacji.htm](http://www.polarheat.pl/przyklady_instalacji.htm) (data dostępu 06.06.2012), s. 1.

**Tabela 7.****Rodzaje folii ogrzewania podłogowego**

<b>Moc folii (W)</b>	<b>Długość (cm)</b>	<b>Szerokość (cm)</b>
100	190	54
135	290	54
150	330	54
185	410	54
215	470	54
260	565	54

Źródło: opracowanie własne na podstawie: *Przykłady instalacji*, [www.polarheat.pl/przyklady\\_instalacji.htm](http://www.polarheat.pl/przyklady_instalacji.htm) (data dostępu 15.05.2012), s. 2.

Najniższa cena zakupu folii do ogrzewania podłogowego to ok. 26 €, natomiast najdroższa kosztuje w granicach 80 €. Jak można zauważyć w obydwu wypadkach, cena wzrasta wraz z rozmiarem folii.

Laboratorium Badawcze Instytutu Elektrotechniki akredytowane przez Polskie Centrum Akredytacji, w okresie od kwietnia do listopada 2006 roku, prowadziła badania folii grzewczych, które uzyskały certyfikat CE PCBC-B/13/28/03/BT. Przedmiotem zainteresowań były folie podłogowe typ 90 o mocy grzewczej  $90\text{W/m}^2$  i folie sufitowe typ 150 o mocy grzewczej  $150\text{W/m}^2$ . Do całej analizy został użyty specjalistyczny sprzęt pomiarowy. Przeprowadzono szereg badań, które dotyczyły między innymi<sup>9</sup>:

- znamionowego poboru mocy,
- znaku identyfikacji, prawidłowego oznaczenia oraz użytych symboli,
- szczegółowości instrukcji,
- szczelności i hermetycznej budowy,
- faktycznego poboru mocy w odniesieniu do danych z tabliczek informacyjnych.
- temperatury pracy folii oraz nagrzewania się do ustalonego stanu
- wytrzymałości sprzętu na zbyt wysoką temperaturę oraz wodoodporności,
- jakości wykonania folii grzewczych,
- bezpieczeństwa użytkowania w warunkach normalnych i ekstremalnych,
- wytrzymałości mechanicznej,

<sup>9</sup> Por. *Sprawozdanie z badań nr 084/NBW/2006/O*, Laboratorium Badawcze i Wzorujące Instytutu Elektrotechniki, Warszawa 2006, s. 1.

Badanie wykazało, iż giętkie folie grzewcze, zbudowane z równoległych ścieżek stopu metalicznego (zatonionych w sześciu warstwach plastikowej folii izolacyjnej), tworzące elektryczny obwód grzejny (zakończone wyprowadzonymi przewodami przyłączeniowymi), spełniają przyjęte normy bezpieczeństwa. Badane urządzenia otrzymały pozytywną ocenę pod względem każdego z wyżej wymienionych kryteriów<sup>10</sup>.

### 3.2. Wymagania dotyczące montażu folii grzewczych

W przypadku wybranych tradycyjnych systemów grzewczych, do prac montażowych zaliczały się następujące czynności: przygotowanie pomieszczeń (kotłowni i magazynu paliwa), prace budowlane, montaż elementów (kotła, odbiorników ciepła rozmieszczonych w pomieszczeniach budynku, oraz części łączących). Dodatkowo, w celu zwiększenia efektywności, ociepla się budynki.

Rysunek 1. przedstawia przykład prawidłowej izolacji termicznej.

#### Rysunek 1.



Źródło: *Przykład izolacji termicznej budynku, w którym zainstalowano ogrzewanie foliowe*, [www.polarheat.pl/zapotrzebowanie.htm](http://www.polarheat.pl/zapotrzebowanie.htm) (data dostępu: 15.05.2012), s. 1.

<sup>10</sup> Por. ibidem, s. 1–67.

Kraje skandynawskie opracowując folie grzewcze, stworzyły projekt izolacji termicznej budynku, w którym są one zainstalowane. Dzięki odpowiedniej termoizolacji budynku, użytkownik systemu zmniejsza koszty związane z użytkowaniem systemu i wytwarza nawyk oszczędzania energii<sup>11</sup>.

Należy zwrócić uwagę, iż powyższy rysunek zakłada bardzo niską temperaturę zewnętrzną -40°C. W Polsce nie zdarza się, aby temperatura osiągała taki poziom, natomiast jest to zaleta tego schematu, ponieważ większa temperatura na zewnątrz oznacza mniejsze koszty związane z ogrzaniem budynku. Producent folii grzewczych przyjmuje, że obniżenie temperatury o 1°C powoduje zmniejszenie kosztów ogrzewania o ok. 5%<sup>12</sup>.

Sufitowe folie grzewcze należy mocować na stelażu nośnym, bezpośrednio na materiale termoizolacyjnym, np. wełnie mineralnej. Po tej czynności można osłonić całość, w zależności od własnych potrzeb np. płytą gipsowo-kartonową lub panelami. W ten sposób sprawia się, iż ten element systemu grzewczego staje się niewidoczny. Nie ma przeciwwskazań, przeciw montażowi w pomieszczeniach wilgotnych takich jak kuchnie, łazienki, suszarnie czy pralnie. Folie grzewcze dzięki swojej budowie, są hermetycznie zabezpieczone, co sprawia, że są absolutnie bezpieczne. Pracą zamontowanych folii steruje termostat (pełniący rolę regulatora), występujący w podstawowych wersjach lub bardziej zaawansowanych<sup>13</sup>.

Regulator-termostat, zaopatrzone w programatory czasowo-pogodowe pozwalające na utrzymywanie odpowiedniej temperatury w domu w danej porze dnia i przy określonej pogodzie, pozwala na redukcję kosztów związanych z zakupem energii elektrycznej służącej do ogrzania budynku, poprzez zmniejszanie temperatury w danym przedziale czasu (np. w nocy) bez pogorszenia warunków komfortu cieplnego<sup>14</sup>.

Warunki instalacji sufitowych folii grzewczych w budynku mieszkalnym są następujące<sup>15</sup>:

- arkusze folii należy rozłożyć na suficie, szczególnie uważając na to, aby nie uszkodzić ścieżek grzewczych,

---

<sup>11</sup> Por. C. Kolasa, H. Ciuman, A. Specjał, *Badania podzielników kosztów ogrzewania pod kątem doskonalenia podziału kosztów*, w: *Energetyka*, red. K. Szafir, z. 139, „Inżynieria środowiska” z. 48, 2003, s. 69.

<sup>12</sup> Por. *Zalety foliowego ogrzewania sufitowego i podłogowego*, <http://www.infraheat.com/sivu/pl/> (data dostępu 15.05.2012), s. 1.

<sup>13</sup> Por. *Budowa...*, op. cit., s. 1.

<sup>14</sup> Por. D. Leciej-Pirczewska, *Modelowanie temperatury w pomieszczeniu przy zmiennej temperaturze zewnętrznej*, w: *Budownictwo*, red. A. Nowacka, z. 93, „Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej”, 2001, nr 1514, s. 278.

<sup>15</sup> Por. *Instrukcja montażu folii grzewczych do instalacji sufitowej i podłogi legarowanej* [http://www.polarheat.pl/montaz\\_legarowana.htm](http://www.polarheat.pl/montaz_legarowana.htm) (data dostępu 16.05.2012), s. 1.

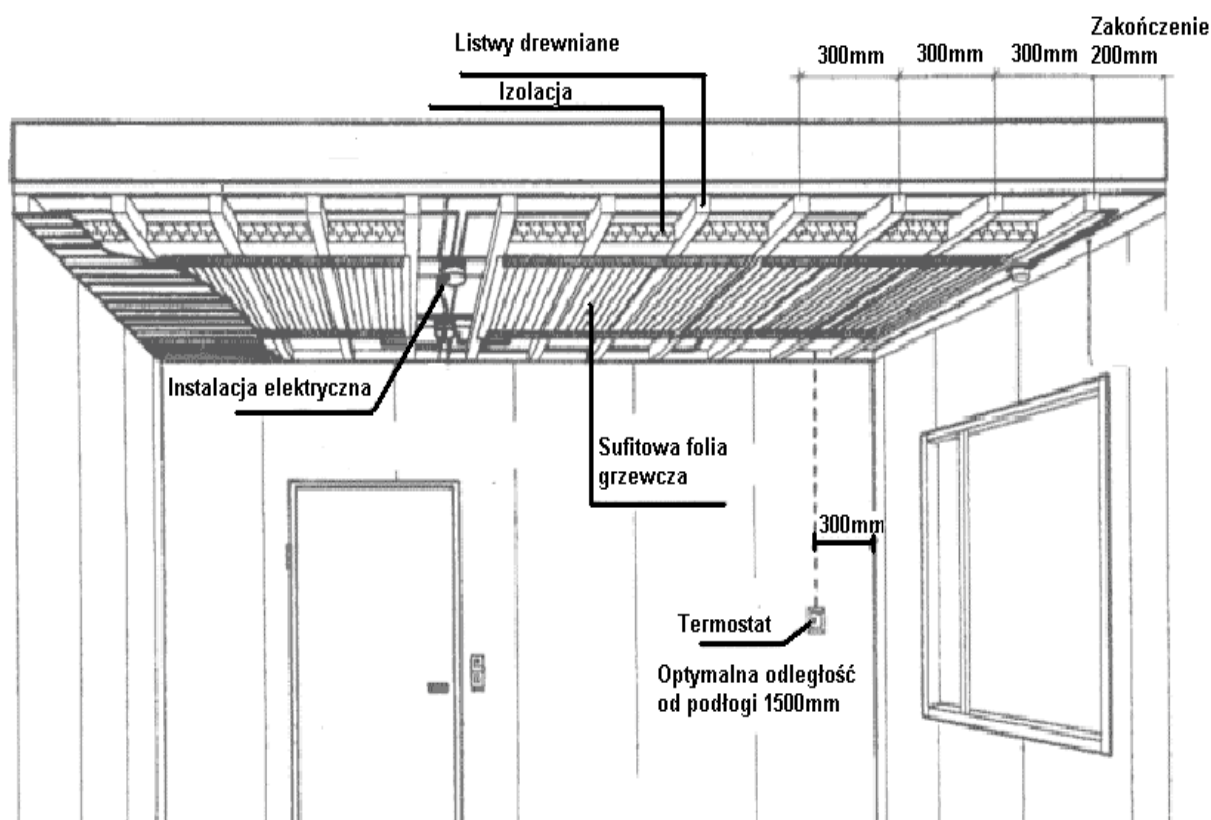


- w trakcie układania chronić folię przed uszkodzeniami np. przecieraniem oraz zanieczyszczeniami różnymi płynami,
- folie występują w różnych rozmiarach i nie wolno dowolnie zmieniać wymiarów (poprzez docinanie lub wydłużanie),
- w przypadku uszkodzenia folii (przecięcie, naruszenie ścieżki grzewczej), należy wymienić na nową,
- podłączając kilka folii w jednym pomieszczeniu, należy połączyć je równolegle,
- do elementów instalacji grzewczej, zasilanie może być doprowadzone jedynie przez włącznik umiejscowiony w stałej instalacji elektrycznej,
- folie składające się na system, połączone są z czujnikiem, który ma za zadanie regulować temperaturę,
- należy zapewnić folii dobre warunki pracy dzięki czemu ciepło będzie swobodnie docierało do odbiorców: grubość materiałów pokrywowych sufitu nie może przekraczać 16 mm ( w przypadku płyt karton-gipsowych producent podaje 13 mm),
- nie wskazane jest stosowanie okryć sufitu wykonanych z plastiku lub innych sztucznych (łatwopalnych) materiałów,
- folia grzewcza nie może być zamontowana nad ścianą działową, szafą podsufitową lub inną przeszkodą,
- prawidłowo zainstalowana folia grzewcza styka się na całej powierzchni z elementem podtrzymującym (od dołu, np. płytą karton-gipsową) oraz izolacją termiczną (od góry). W ten sposób osiągnięte jest optimum efektywności grzewczej, a folia promieniuje ciepłem w kierunku pomieszczenia (na dół),
- do wykończeń nie należy używać farb olejnych, producent zaleca farby odporne na ciepło np. akrylowe,
- montaż folii grzewczych odbywa się na stelażu wykonanym z drewna lub profilu ocynkowanego,
- elementy stelażu powinny być rozmieszczone w równych odstępach ok. 30cm,
- pomiędzy elementami stelażu zamontowana jest warstwa izolacyjna, zalecana jest wełna mineralna o grubości 50mm.
- zamontowane elementy musi podłączyć do instalacji elektrycznej elektryk, posiadający odpowiednie kwalifikacje, zgodnie z obowiązującymi normami (w celu zachowania maksymalnego bezpieczeństwa).

Prawidłowo zamontowaną sufitową folię grzewczą w pomieszczeniu przedstawia techniczny rysunek 2. Należy zwrócić uwagę, iż po zakończeniu prac związanych z montażem, folie grzewcze są niewidoczne, nie zajmują dodatkowej powierzchni użytkowej, jak w przypadku tradycyjnych systemów grzewczych (grzejniki, rury).

## Rysunek 2.

### Przykład zamontowanej sufitowej folii grzewczej w pomieszczeniu



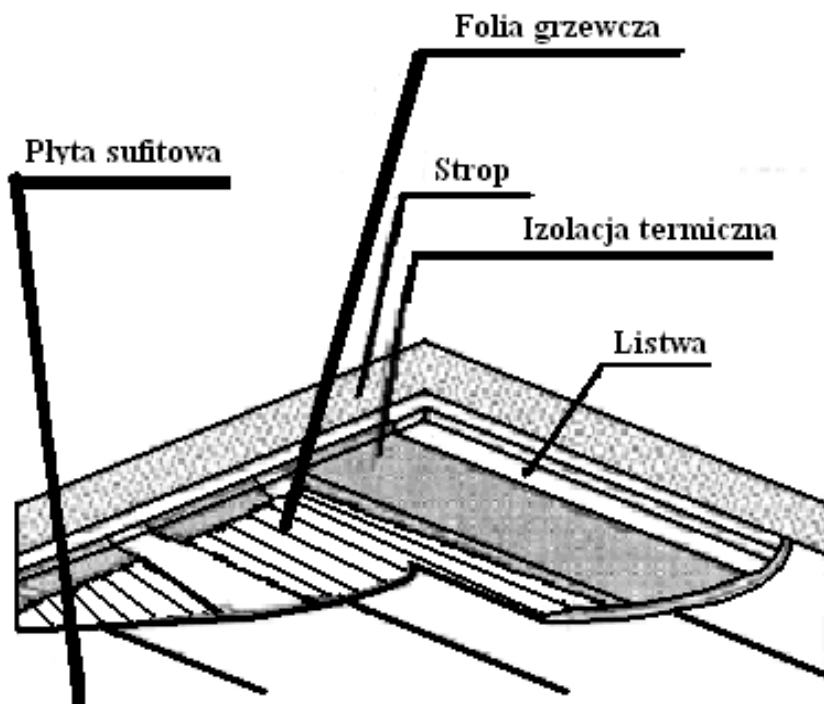
Źródło: opracowanie własne na podstawie: *Przykład instalacji ogrzewania sufitowego i podłogowego*, [www.polarheat.pl/rys\\_1.htm](http://www.polarheat.pl/rys_1.htm) (data dostępu 14.05.2012), s. 1.

Na rysunku 3. przedstawiony jest przekrój sufitu po zamontowaniu sufitowej folii grzewczej. Jest to zdecydowanie innowacyjny element systemu grzewczego, raczej nie będący elementem konwencjonalnych systemach. Folie są umiejscowione pod płytą sufitową. Wytworzone promienie ciepłe wypełniają pomieszczenie, jednocześnie ogrzewając powierzchnię. Jest również możliwość instalacji podłogowych i sufitowych folii grzewczych,

wówczas obie płaszczyzny emitują ciepłem, zapewniając użytkownikowi komfort cieplny w budynku mieszkalnym.

### Rysunek 3.

#### Przekrój sufitu z zainstalowaną sufitową folią grzewczą



Źródło: opracowanie własne na podstawie: *Instrukcja montażu folii grzewczych do instalacji sufitowej i podłogi legarowanej*, [www.polarheat.pl/rys\\_2.htm](http://www.polarheat.pl/rys_2.htm) (data dostępu 14.05.2012), s. 1.

Jak można zaobserwować, sama folia zajmuje niewiele miejsca, a jej zamontowanie nie należy do zadań o dużym stopniu trudności. Dzięki możliwości zamaskowania pod sufitem, jest praktycznie niewidoczna.

W przypadku montażu folii grzewczych pod podłogą, parkietem lub deską podłogową (o grubości do 15mm), wskazówki instalacyjne są następujące<sup>16</sup>:

- pierwszym etapem jest ułożenie płyt izolacyjnych, na które rozkłada się folie grzewcze,
- po ułożeniu folii, należy zabezpieczyć je przeciw przemieszczeniom (punktowo na krawędziach, lub używając taśmy dwustronnej),

<sup>16</sup> Por. *Instrukcja montażu folii grzewczej bezpośrednio pod podłogą laminowaną, parkietem lub deską podłogową gr. do 15 mm*, [http://www.polarheat.pl/montaz\\_laminat.htm](http://www.polarheat.pl/montaz_laminat.htm) (data dostępu 15.05.2012), s. 1.

- konieczne jest zostawienie miejsca przy ścianie dla przewodu łączącego folię z włącznikiem (termostatem),
- po zakończeniu rozkładania folii, należy ułożyć na niej folię budowlaną (osłonową),
- nie należy chodzić po rozłożonej folii,
- przed położeniem folii budowlanej należy dokładnie oczyścić powierzchnię folii grzewczej, ponieważ maksymalnie równa powierzchnia zapobiega uszkodzeniom,
- następnym krokiem jest montaż warstwy podłogi w celu wyeliminowania mechanicznych uszkodzeń,
- folię grzewczą wraz z podłogą można układać, dzieląc całą powierzchnię na etapy (mniejsze odcinki), co jest pomocne w przypadku jednakowego kierunku układania folii oraz elementów podłogi,
- czujnik termostatu powinien być zainstalowany w pobliżu zewnętrznego brzegu folii, w ochronnej rurce, z powodu możliwej wymiany.
- ważne jest, aby czujnik znajdował się pomiędzy krawędziami folii i jednocześnie stykał się z dolną powierzchnią warstwy podłogi. Takie położenie pozwala na prawidłową weryfikację temperatury,
- nie należy instalować folii grzewczych pod elementami montowanymi na stałe np. ściankami działowymi itp.,
- na podłodze wyposażonej w ogrzewanie podłogowe foliami grzewczymi nie jest wskazane używanie grubych dywanów (ograniczają one emisję ciepła do pomieszczenia),
- folie zasilane są napięciem 230 V, więc podłączeniem musi się zająć elektryk posiadający odpowiednie kwalifikacje, zgodnie z obowiązującymi normami.

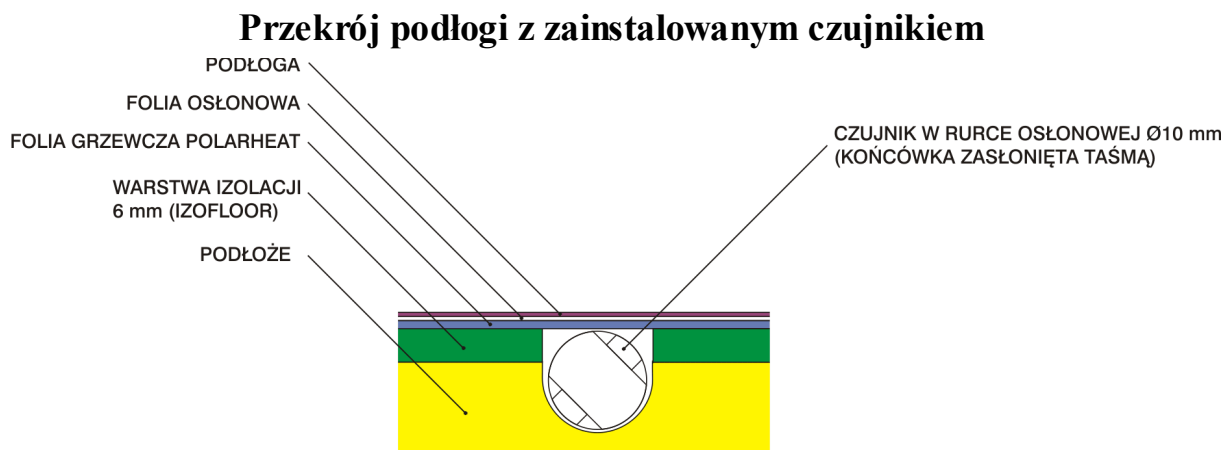
Ogrzewanie podłogowe występuje czasami, jako element systemów konwencjonalnych. W przypadku tradycyjnego rozwiązania, podłoga emituje ciepłem dzięki krążącej wodzie w rurkach znajdujących się pod podłogą, a w przypadku nowoczesnego ogrzewania płaszczyznowego, ciepło wytwarzają folie napędzane energią elektryczną. Natomiast w obu przypadkach, zasada działania jest taka sama<sup>17</sup>.

Przekrój podłogi z warstwą folii grzewczej wraz z zamontowanym czujnikiem w osłonie obrazuje techniczny rysunek 4 .

---

<sup>17</sup> Por. R. Rabjasz, M. Dzierzgowski, *Ogrzewanie podłogowe*, Centralny Ośrodek Informacji Budownictwa, Warszawa 1995, s. 56–58.

## Rysunek 4.

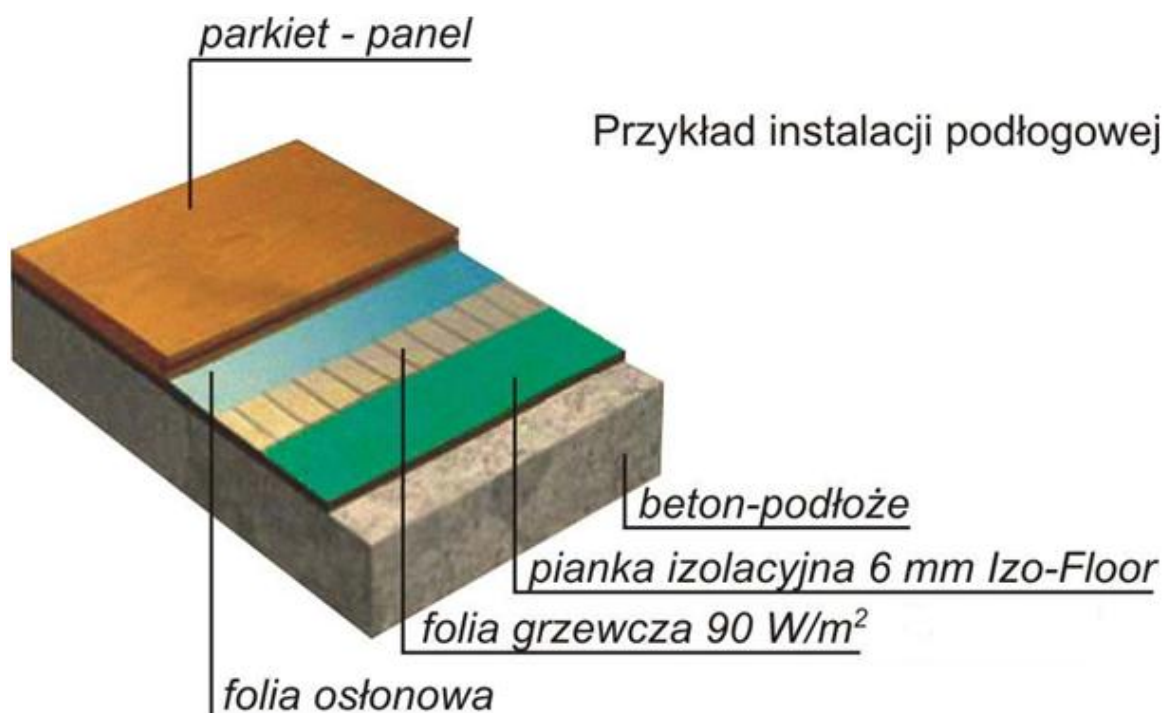


Źródło: Instrukcja montażu folii grzewczej bezpośrednio pod podłogą laminowaną, parkietem lub deską podłogową gr. do 15 mm, [http://www.polarheat.pl/montaz\\_laminat.htm](http://www.polarheat.pl/montaz_laminat.htm) (data dostępu 15.05.2012), s. 1.

Rysunek 5 przedstawia przekrój trójwymiarowy zamontowanej folii grzewczej pod podłogą. Pozwala on na dokładne zilustrowanie docelowego miejsca montażu.

## Rysunek 5.

### Przykład zainstalowanej folii ogrzewania podłogowego



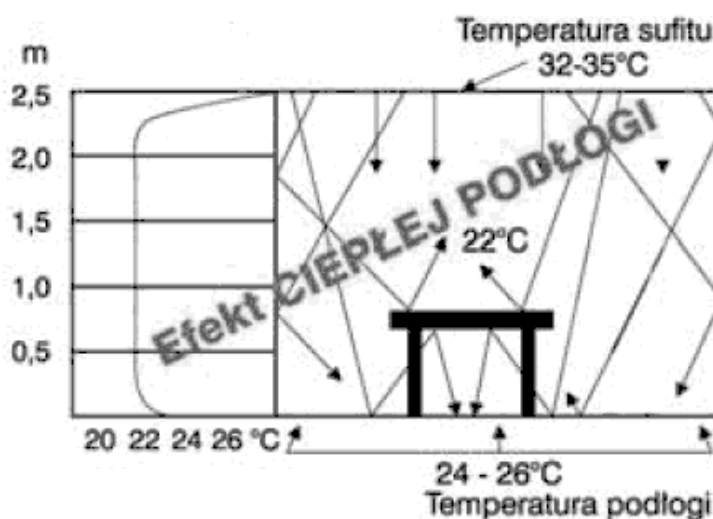
Źródło: W.L. Kaca, *Czym wyróżnia się niskotemperaturowe ogrzewanie „Polarheat”?*, <http://www.ekspertbudowlany.pl/artykul/id2289,czym-wyroznia-sie-niskotemperaturowe-ogrzewanie-polarheat> (data dostępu 25.05.2012), s. 1.

Dzięki zastosowaniu ogrzewania podłogowego zasilanego energią elektryczną, (jako źródłem ciepła) występuje duża elastyczność i pełna kontrola regulacji temperatury. Można go wykorzystać jako podstawowe źródło ciepła lub wspomagające, w celu uzyskania efektu „cieplej podłogi” (co jest pożądane w przypadku zastosowania „chłodnych podłóg” np. marmuru lub płytek ceramicznych<sup>18</sup>).

W połączeniu foliowe ogrzewanie płaszczyznowe, wykorzystujące energię elektryczną, działa tak, jak przedstawia rysunek 6.

## Rysunek 6.

### Działanie folii ogrzewania płaszczyznowego



Źródło: *Rozkład temperatury na poszczególnych wysokościach w pomieszczeniu*, [http://www.polarheat.pl/images/ogrzewanie\\_podlogowe.pdf](http://www.polarheat.pl/images/ogrzewanie_podlogowe.pdf) (data dostępu 16.05.2012), s. 1.

Jak widać na powyższym rysunku, folie grzewcze promieniują ciepłem, wypełniając całe pomieszczenie. Jest to przykład przenoszenia energii, a ponadto uzyskany jest efekt „cieplej podłogi”. Taka wymiana ciepła jest bardzo intensywnym ruchem ciepła. Istotą ogrzewania przez promieniowanie jest wyższa średnia temperatura tego procesu od temperatury powietrza wewnętrznego danego pomieszczenia<sup>19</sup>.

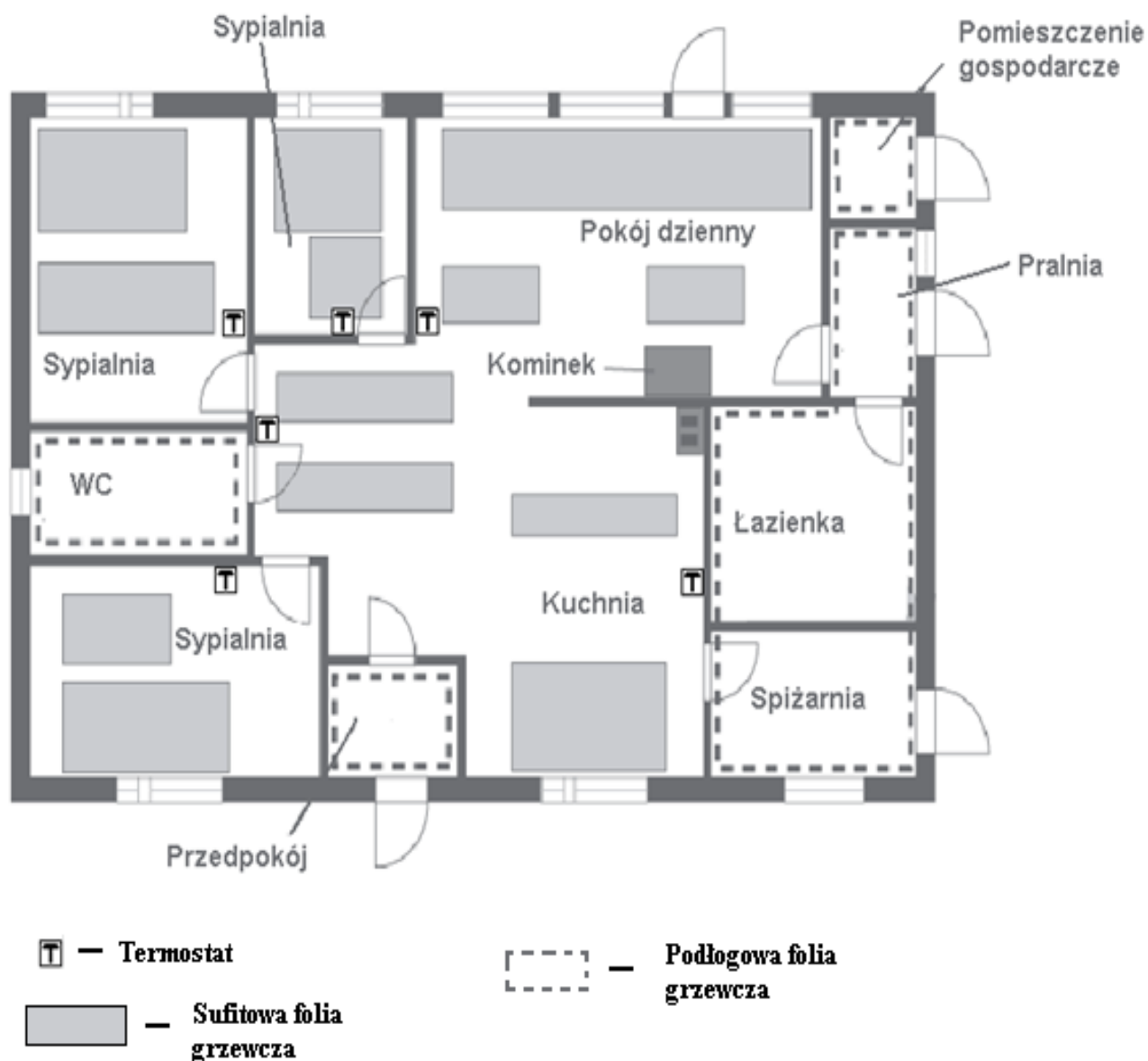
Przykład rozmieszczenia elementów ogrzewania elektrycznego (folii grzewczych podłogowych i sufitowych) w domku jednorodzinny przedstawia techniczny rysunek 7.

<sup>18</sup> Por. M. Żukowski, *Ogrzewanie podłogowe*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej, Białystok 2009, s. 51.

<sup>19</sup> Por. M. Nantka, *Ogrzewnictwo...*, op. cit., s. 165–166.

## Rysunek 7.

### Przykład rozmieszczonych folii grzewczych w budynku mieszkalnym



Źródło: opracowanie własne na podstawie: *Zalety foliowego ogrzewania sufitowego i podłogowego*, [www.polarheat.pl/domek.htm](http://www.polarheat.pl/domek.htm) (data dostępu 16.05.2012), s. 1.

### 3.3. Koszty związane z inwestycją i eksploatacją systemu

Opisywane folie grzewcze należą do systemu niskotemperaturowego ogrzewania płaszczyznowego. System ten charakteryzuje się ustawieniem termostatu na stosunkowo niskiej temperaturze (18–20°C) bez utraty komfortu cieplnego, gdzie w przypadku konwencjonalnych systemów grzewczych, trzeba osiągnąć o wiele wyższą temperaturę na

odbiornikach ciepła w celu uzyskania podobnego komfortu cieplnego. Prawdopodobnie zamontowana folia zajmuje 50–80% powierzchni ogrzewanej płaszczyzny (podłoga lub sufit)<sup>20</sup>.

Przedstawione szacunkowe informacje inwestycyjne i eksploatacyjne są dla budynku posiadającego przedstawioną wcześniej izolację termiczną. Przyjęta jest wysokość pomieszczeń równa 3 metry. Scharakteryzowano dwa przypadki (domki jednorodzinne o różnej powierzchni). Pierwszy z nich to dom o powierzchni 130 m<sup>2</sup>. Szacowany koszt folii grzewczej to 2900€. Planowane zużycie energii elektrycznej do ogrzewania wynosi 8000 kWh/rok. Natomiast w przypadku drugim pokazane jest, iż w przypadku domku jednorodzinne o powierzchni 90 m<sup>2</sup> koszt folii grzewczej to ok. 2100 €. Zapotrzebowanie na energię będzie wynosiło 6000 kWh/rok. Aby system był kompletny i gotowy do podłączenia, potrzebny jest jeszcze urządzenie sterujące wszystkimi elementami, czyli regulator-termostat. Koszt nowego, z dodatkowymi funkcjami (programowanie pracy w określonych porach, przy określonej pogodzie), to koszt ok. 200 zł (montowany w ilości zależnej od ilości pomieszczeń oraz preferencji użytkownika)<sup>21</sup>.

Przyjmując taryfikator jednego z dostawców energii elektrycznej w Polsce, za 8000kWh, korzystając z najbardziej korzystnej taryfy (G12), użytkownik będzie musiał wydać w przybliżeniu 2500 zł w ciągu roku. Oznacza to, iż w cyklu miesięcznym, koszt ogrzewania będzie równy ok. 209 zł. W przypadku powierzchni 90 m<sup>2</sup> i zapotrzebowaniu 6000 kWh/rok, korzystając z tej samej taryfy, cena ogrzania będzie wynosiła ok. 1800 zł na rok, a w przeliczeniu na miesiące 150 zł. Szacowane wyniki zostały obliczone na podstawie aktualnego cennika dostaw energii na rok 2012 r. Należy jednak pamiętać, iż istotą ogrzewania budynku elektrycznymi foliami grzewczymi jest odpowiednia termoizolacja, zalecana przez producenta<sup>22</sup>.

Produkcja energii elektrycznej odbywa się poprzez wykorzystanie konwencjonalnych źródeł energii, do których należą<sup>23</sup>:

- węgiel,
- ropa naftowa (oraz produkty z niej wytworzone)
- gaz ziemny

---

<sup>20</sup> Por. *Budowa...*, op. cit., s. 1.

<sup>21</sup> Por. *Zalety...*, op. cit., s. 2.

<sup>22</sup> Por. *Kalkulator taryfowy*, <http://www.enea.pl/3/energia-dla-domu/oferta-sprzedazy/kalkulator-taryfowy-119.html> (data dostępu: 18.05.2012), s. 1.

<sup>23</sup> Por. T. S. Chaczurow, *Gospodarowanie przyrodą*, PWE, Warszawa 1985, s. 101–105.

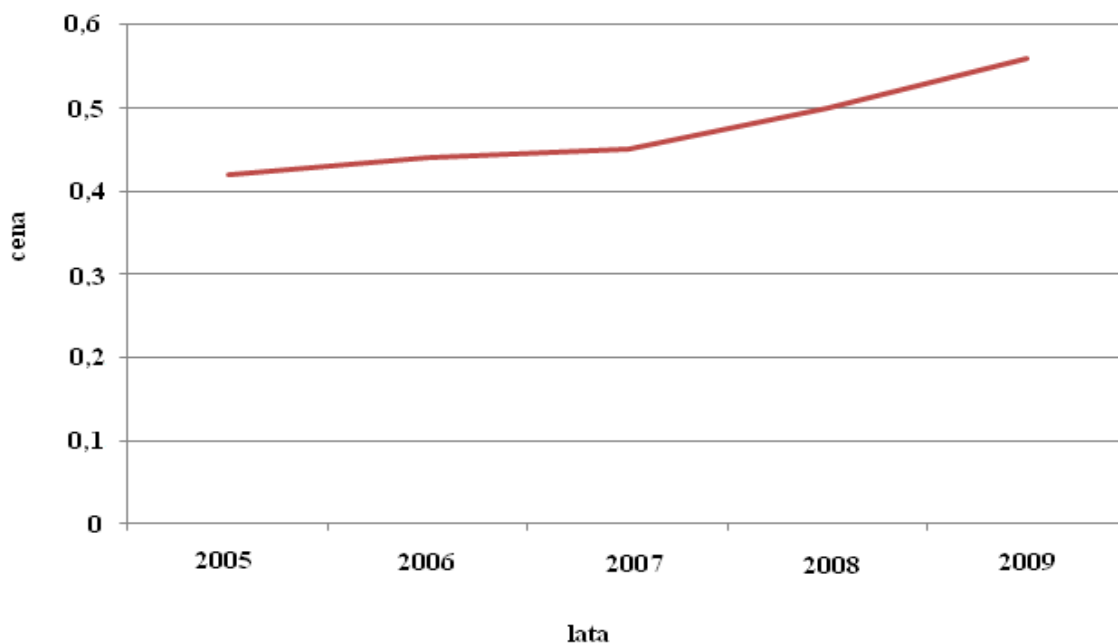


Wytwarzanie energii odbywa się poprzez spalanie wyżej wymienionych paliw kopalnianych. Jest to proces, który jest największym źródłem emisji zanieczyszczeń. Podczas procesu spalania, uwalniane są szkodliwe gazy. Poprzez emisję do atmosfery (a także do wody i gleby) powoduje negatywne skutki. Innym, szkodliwym wpływem na środowisko, związanym z paliwami kopalnianymi jest niszczenie środowiska podczas wydobywania surowców. Do użytkownika końcowego trafia ostateczny produkt, czyli energia elektryczna. Użytkownik systemu grzewczego opartego na elektrycznych foliach grzejnych nie musi spalać żadnych paliw w celu uzyskania energii cieplnej. Sprawia to, iż dany budynek mieszkalny nie wydziela szkodliwych gazów do atmosfery<sup>24</sup>.

Od pewnego czasu, ceny nośników energii do systemów grzewczych sukcesywnie zwiększają się. Podobnie jak w przypadku drewna, węgla, oleju opałowego i gazu, dotyczy to również cen energii elektrycznej. Wykres 6. przedstawia kształtowanie się poziomu cen dostaw energii elektrycznej dla gospodarstw domowych w latach 1990–2009.

## Wykres 6.

### Cena energii elektrycznej dla gospodarstw domowych w latach 2005–2009 (w zł)



Źródło: opracowanie własne na podstawie danych: Głównego Urzędu Statystycznego, [http://www.stat.gov.pl/cps/rde/xbcr/gus/PUBL\\_se\\_efektywnosc\\_wykorzystania\\_energii\\_1999-2009.pdf](http://www.stat.gov.pl/cps/rde/xbcr/gus/PUBL_se_efektywnosc_wykorzystania_energii_1999-2009.pdf) (data dostępu 01.05.2012), s. 18, *Mały Rocznik Statystyczny Polski 2010*, Główny Urząd Statystyczny, Warszawa 2010.

<sup>24</sup> Por. K. Pikoń, *Model wielokryterialnej analizy środowiskowej złożonych układów technologicznych*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2011, s. 114.

### 3.4. Zalety i wady ogrzewania budynku mieszkalnego foliami grzewczymi

Nowoczesne ogrzewanie elektryczne, wykorzystujące sufitowe i podłogowe folie grzewcze, różni się bardzo od konwencjonalnych systemów grzewczych. Do głównych różnic można zaliczyć:

- wizualny efekt końcowy,
- sposób obsługi, poziom technologii,
- oddziaływaniem na środowisko,

Jedyną rzeczą, łączącą wybrane systemy grzewcze, jest cel instalacji – ich zadaniem jest ogrzewanie budynku mieszkalnego. W tabeli 8 przedstawione zostały zalety i wady elektrycznego ogrzewania płaszczyznowego.

**Tabela 8.**

#### **Zalety i wady systemu ogrzewania opartego na elektrycznych foliach grzewczych**

<b>Zalety</b>	<b>Wady</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• sprawdzone w skandynawskim klimacie,</li><li>• nie występuje silne promieniowanie ciepłe,</li><li>• nie wysusza powietrza,</li><li>• brak zjawiska unoszenia kurzu,</li><li>• system bezobsługowy, nie wymaga okresowego serwisowania,</li><li>• brak pomieszczeń przeznaczonych na magazynowanie czy kotłownię,</li><li>• brak strat podczas przesyłania ciepła,</li><li>• prosty montaż, możliwość instalacji w istniejących budynkach,</li><li>• pełna kontrola nad systemem, prosta regulacja temperatury,</li><li>• równomierny rozkład temperatury,</li><li>• elementy systemu są niewidoczne</li><li>• brak ograniczeń w zagospodarowaniu wnętrza, wygoda w użytkowaniu,</li><li>• przyjazne dla środowiska, budynek mieszkalny nie wydziela szkodliwych emisji (system jest ekologiczny),</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• w przypadku przerwy w dostawie energii elektrycznej, ogrzewanie nie działa.</li><li>• możliwość mechanicznego uszkodzenia ścieżek folii,</li><li>• system nie ogrzewa wody użytkowej.</li></ul>

Źródło: opracowanie własne na podstawie: *Zalety ogrzewania foliowego*, [www.polarheat.pl/index.htm](http://www.polarheat.pl/index.htm) (data dostępu 07.05.2012), s. 2.

Informacje zawarte w tabeli 8. pokazują, iż zastosowanie folii grzewczych do ogrzewania budynków mieszkalnych ma zdecydowanie więcej zalet niż wad. Najważniejszym warunkiem zmniejszenia zapotrzebowania na energię potrzebną do ogrzania danego budynku, jest odpowiednia izolacja cieplna, czyli ograniczenie strat ciepła do minimalnego poziomu. Spełnienie powyższego warunku pozwala na zastosowanie ogrzewania niskotemperaturowego (np. elektrycznych folii grzewczych). Takie systemy charakteryzują się wyższą efektywnością energetyczną wytwarzania i dystrybucji ciepła. Dzięki niższej temperaturze powierzchni grzejnych, redukowane są koszty eksploatacyjne przy jednoczesnym zachowaniu komfortu cieplnego i odpowiedniej jakości powietrza wewnętrznego. Ogrzewanie niskotemperaturowe jest coraz częściej stosowane w Polsce i powoli staje się poważnym konkurentem dla tradycyjnych systemów grzewczych<sup>25</sup>.

W ustawie dotyczącej efektywności energetycznej określone zostały zadania jednostek sektora publicznego, dotyczące zakresu działań mających na celu poprawę efektywności energetycznej. W skład wytycznych wchodzi takie czynności jak: wymiana lub modernizacja na inne (np. samochody czy budynki), charakteryzujące się niskim zużyciem energii oraz niskimi kosztami eksploatacji, wprowadzanie innowacyjnych technologii oraz promocja środków poprawy<sup>26</sup>.

Warto również zaznaczyć, iż w przeciwieństwie do pozostałych, tradycyjnych systemów grzewczych, wykorzystujących jako paliwo np. węgiel, drewno, olej opałowy czy gaz, ogrzewanie energią elektryczną sprawia, że budynek mieszkalny nie wydziela szkodliwych emisji. Podczas użytkowania konwencjonalnych systemów, zanieczyszczane jest środowisko (w zależności od opału w większym lub mniejszym stopniu)<sup>27</sup>.

System ogrzewania foliami elektrycznymi jest brane pod uwagę przy opracowywaniu programów odnowy starych centrów miast, przykładem może być Łódź. Od dłuższego czasu analizowany jest problem związany z ogrzewaniem starych kamienic, ponieważ doprowadzenie miejskiej sieci cieplnej w wielu przypadkach jest niemożliwe, lub bardzo kosztowne. Dotychczasowym rozwiązaniem była budowa lokalnych kotłowni gazowych, które jednak przyczyniają się do zanieczyszczenia powietrza w centrum miasta. Według badań naukowców z Politechniki Łódzkiej, Uniwersytetu Łódzkiego i Uniwersytetu Jagiellońskiego, w Łodzi przekroczone zostały normy emisji szkodliwych gazów, szczególnie

---

<sup>25</sup> Por. M. Strzeszewski, *Wpływ zastosowania ogrzewań nisko-temperaturowych na efektywność energetyczną dystrybucji czynnika*, w: *Energooszczędne kształtowanie środowiska wewnętrznego*, pr. zb. pod red. Z. Popiołka, Politechnika Śląska, Katedra Ogrzewnictwa, Wentylacji i Techniki Odpylania, Gliwice 2005, s.174–176.

<sup>26</sup> Por. Ustawa z dnia 15 kwietnia 2011r., o efektywności energetycznej, (Dz. U. Nr 94, poz. 551, art. 10..

<sup>27</sup> Por. W.A. Godlewska-Lipowa, J.Y. Ostrowski, *Problemy współczesnej cywilizacji i ekologii*, Wydawnictwo Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego, Olsztyn 2007, s. 75–80.

zimą, gdy temperatura na zewnątrz jest niska, a mieszkańcy dogrzewają się poprzez spalanie węgla, śmieci. Instalacja folii grzewczych w starych budynkach zlokalizowanych w centrum Łodzi wpłynęłoby korzystnie na środowisko, a dodatkowo byłoby o wiele tańsze od remontu lub zakładania nowych elementów konwencjonalnych systemów grzewczych<sup>28</sup>

---

<sup>28</sup> Por. *Budowa i zastosowanie elektrycznych folii grzewczych POLARHEAT*, [http://www.polarheat.pl/budowa\\_i\\_zastosowanie.htm](http://www.polarheat.pl/budowa_i_zastosowanie.htm) (data dostępu 15.05.2012), s. 1–2.

## **Rozdział 4**

### **Analiza kosztów wybranych systemów grzewczych w budynkach mieszkalnych**

Wybór systemu grzewczego wymaga uprzedniej analizy korzyści i kosztów jego zastosowania, gdzie każdy użytkownik będzie opierał się na indywidualnie przyjętych kryteriach. Przedmiotem rozważań jest porównanie pięciu systemów grzewczych (na różne paliwo), które mogą być zastosowane w budynkach mieszkalnych. Wybrane systemy ogrzewania zostały dobrane pod konkretny budynek mieszkalny. Oceniona zostanie również efektywność (miara nakładów i otrzymanych wyników<sup>1</sup>) każdego systemu grzewczego, z punktu widzenia różnych, wcześniej opisanych kryteriów wyboru, dzięki czemu uzyskana zostanie podstawa do podjęcia optymalnej decyzji<sup>2</sup>.

#### **4.1. Nowoczesny i konwencjonalne systemy grzewcze – porównanie**

Systemy grzewcze różnią się między sobą m. in. pod względem budowy, wielkości urządzeń, rozwiązań technicznych czy stosowanych paliw. W celu porównania opisanych systemów, cztery z nich (ogrzewanie drewnem, w tym kominek, węglem, olejem opałowym i gazem) można uznać jako konwencjonalne, natomiast elektryczne ogrzewanie płaszczyznowe – nowoczesnym systemem grzewczym. W tabeli 9. zostały przedstawione zostały główne różnice pomiędzy konwencjonalnymi systemami grzewczymi, a nowoczesnym systemem, wynikające z cech charakterystycznych. Zasadniczą cechą dla wybranych systemów ogrzewania jest występowanie kotła (konwencjonalne systemy) oraz jego brak, w przypadku folii grzejnych.

---

<sup>1</sup> Por. M. Foltyn-Zarychta, *Analiza kosztów-korzyści w ocenie efektywności inwestycji proekologicznej*, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej im. Karola Adamieckiego w Katowicach, Katowice 2008, s. 51.

<sup>2</sup> Por. W. Bień, *Ocena efektywności finansowej spółek prawa handlowego*, Finans-Servis, Warszawa 1997, s. 5.

**Tabela 9.****Porównanie wybranych systemów grzewczych**

<b>Konwencjonalne systemy grzewcze</b>	<b>Nowoczesny system ogrzewania</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• zagospodarowanie pomieszczenia na potrzeby kotłowni,</li> <li>• pomieszczenie przeznaczone na magazyn paliwa,</li> <li>• okresowe przeglądy,</li> <li>• punktowy odbiór ciepła (przez kaloryfery),</li> <li>• w znacznym stopniu temperatura otoczenia kontrolowana przez użytkownika,</li> <li>• widoczne elementy systemu w pomieszczeniach,</li> <li>• energia elektryczna niezbędna do działania systemu,</li> <li>• ogrzewanie wysokotemperaturowe (odbiorniki ciepła nagrzewają się do wysokiej temperatury),</li> <li>• system zapewnia ciepłą wodę użytkownikowi,</li> <li>• szkodliwy wpływ na środowisko,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• brak kotłowni,</li> <li>• brak pomieszczenia do magazynowania,</li> <li>• nie ma konieczności dokonywania okresowych przeglądów,</li> <li>• płaszczyzna (sufit lub podłoga) rozprowadza ciepło w pomieszczeniu,</li> <li>• kontrola nad temperaturą pomieszczenia,</li> <li>• elementy systemu są ukryte pod płaszczyznami,</li> <li>• system wykorzystuje energię elektryczną jako paliwo,</li> <li>• ogrzewanie niskotemperaturowe,</li> <li>• konieczność zakupu dodatkowego urządzenia w celu ogrzewania wody,</li> <li>• pozytywnie wpływa na środowisko (brak spalania – brak emisji szkodliwych gazów),</li> </ul>

Źródło: opracowanie własne na podstawie: tabel 2–5 oraz tabeli 9.

W ramach różnic, należy również zaznaczyć, iż ogrzewanie wykorzystujące energię elektryczną, przemienia produkt końcowy, który trafia do finalnego odbiorcy (prąd) na energię cieplną. Jak wiadomo, w Polsce energię elektryczną tworzy się głównie poprzez spalanie węgla w dużych zakładach energetycznych, więc zaletą jest to, iż system oparty na energii elektrycznej nie dubluje ponownego spalania. Wpływa to również pozytywnie na środowisko. Ważną kwestią są również koszty instalacyjne, jakie musi ponieść użytkownik. Wszystkie systemy mają jednak ten sam cel, a mianowicie ogrzanie budynku.

Opisane systemy ogrzewania można również sklasyfikować według temperatury, jaką emitują w pomieszczeniach budynku mieszkalnego. W tabeli 10. został przedstawiony podział systemów w zależności od temperatury ogrzewania. Opisane wcześniej konwencjonalne systemy ogrzewania należą do grup wysokotemperaturowych, natomiast ogrzewanie płaszczyznowe foliami grzewczymi jest systemem bardzo niskotemperaturowym.

**Tabela 10.****Podział systemów grzewczych w zależności od temperatury zasilania**

Rodzaj systemu		Temperatura zasilania	Temperatura powrotu
Klasyfikacja ogólna	Klasyfikacja szczegółowa		
Tradycyjny	Wysokotemperaturowy	90°C	70°C
Niskotemperaturowy	Średniotemperaturowy	55°C	35–45°C
	Niskotemperaturowy	45°C	25–35°C
	Bardzo niskotemperaturowy	35°C	25°C

Źródło: M. Strzeszewski, *Wpływ zastosowania ogrzewań niski-temperaturowych na efektywność energetyczną dystrybucji czynnika*, w: *Energooszczędne kształtowanie środowiska wewnętrznego*, pr. zb. pod red. Z. Popiołka, Politechnika Śląska, Gliwice 2005, s. 174.

W powyższej tabeli zostały podzielone systemy grzewcze według temperatury, w jakiej pracują. Systemy konwencjonalne (ogrzewanie drewnem, w tym kominek, węglem, olejem opałowym oraz gazem) należą do grupy wysokotemperaturowych (tradycyjnych). Ogrzewanie oparte na foliach grzejnych jest niskotemperaturowe, wynika to z właściwości urządzeń. Można zatem stwierdzić, iż pod względem temperatury zasilania, ogrzewanie płaszczyznowe, oparte na elektrycznych foliach grzejnych jest najbardziej efektywne, ponieważ mimo najniższej temperatury pracy urządzeń, ogrzewa pomieszczenia w budynku zapewniając użytkownikowi komfort cieplny (tak jak pozostałe systemy).

**4.2. Koszty wybranych systemów ogrzewania w budynkach mieszkalnych**

Analiza pod względem kosztów dla wybranych systemów grzewczych, została przeprowadzona w odniesieniu do konkretnego budynku mieszkalnego o powierzchni 148m<sup>2</sup> (ok. 103m<sup>2</sup> to parter, a 45m<sup>2</sup> to poddasze). Założono, iż w budynku będą mieszkali trzy osoby. Jest to parterowy dom z zagospodarowanym poddaszem, składający się z ośmiu pomieszczeń użytkowych. Wysokość pomieszczeń nie przekracza 2,4 m. Dom jest wykonany oraz ocieplony zgodnie ze standardami nowoczesnego budownictwa. W przypadku tradycyjnych systemów ogrzewania, moc odpowiedniego kotła dla tego budynku mieści się w przedziale 15–19kW (kilowatów). Zapotrzebowanie na moc cieplną wynosi 120kWh/(m<sup>2</sup>/rok), co po przemnożeniu przez powierzchnię daje 17760kW (zużycie opału w skali roku dla konwencjonalnych systemów ogrzewania). W przypadku ogrzewania elektrycznymi foliami grzejnymi, zapotrzebowanie na moc grzejną wynosi 20W/m<sup>3</sup>, co przy kubaturze brutto równej 696m<sup>3</sup> daje zapotrzebowanie na energię cieplną na poziomie

13920kWh/rok. Ceny zakupu urządzeń do systemu grzewczego skalkulowano na poziomie uśrednionych cen producentów.

Dzięki zastosowaniu zalecanej termoizolacji, straty ciepła budynku są na minimalnym poziomie. Zwiększa to efektywność działania systemów ogrzewania poprzez zmniejszenie temperatury zasilania systemu i zmniejszenie kosztów związanych z zakupem paliwa<sup>3</sup>.

W tabeli 11. przedstawione są koszty związane z inwestycją w wybrany system ogrzewania dla analizowanego budynku mieszkalnego.

**Tabela 11.**

**Ceny zakupu kluczowych urządzeń systemów grzewczych**

<b>Rodzaj systemu</b>	<b>Cena zakupu (zł)</b>
Kocioł na drewno	5.500,00
Kominek	4.392,52
Kocioł na węgiel	2.500
Kocioł na olej opałowy	6.590,00
Kocioł na gaz	5.949,00
Elektryczne folie grzewcze	5.450,96

Źródło: opracowanie własne na podstawie: C. Jankowski, *Kotły na paliwo stałe*, „Budujemy Dom” nr 54, Styczeń/Luty 2012, s. 123–126, *Kotły na paliwo gazowe, kotły na paliwo olejowe*, [http://www.tanie-ogrzewanie.pl/kotly\\_i\\_piece](http://www.tanie-ogrzewanie.pl/kotly_i_piece) (data dostępu: 04.07.2012), s. 1 oraz *Przykład instalacji ogrzewania sufitowego i podłogowego*, <http://www.polarheat.pl> (data dostępu 04.07.2012), s. 1–2.

Jak widać, koszty prawie wszystkich kotłów są zbliżone do kosztów elektrycznych folii grzewczych. Najniższą cenę ma kocioł na węgiel, jednak charakteryzuje się niską żywotnością oraz sprawnością. Należy jednak zaznaczyć, iż podane ceny dotyczą tylko kotłów, wkładu kominkowego i folii grzewczych. Aby system działał, potrzebuje jeszcze pozostałych elementów, które połączone w całość, będą transportowały ciepło w całym budynku. Kotły, napędzające cały system, różnią się między sobą pod względem ceny, żywotności i sprawności (czynniki te zależą od stosowanego paliwa). W przypadku

<sup>3</sup> Por. A. Świącicki, *Czynniki wpływające na efektywność ekonomiczną zabiegów termoizolacyjnych*, w: *Budownictwo*, „Zeszyty Naukowe Politechniki Białostockiej”, 2003, nr 23, s. 294.



nowoczesnego ogrzewania płaszczyznowego, użytkownik ponosi koszty jedynie mat grzewczych, jakie chce zamontować (podłogowe, sufitowe lub w sposób mieszany). Dodatkowym kosztem są termostaty, obowiązkowo należy zakupić jeden w celu kontrolowania temperatury w budynku, natomiast jest możliwość zainstalowania w każdym pomieszczeniu jedną sztukę, co pozwoli na dostosowanie indywidualnej temperatury.

W przypadku kotłów na drewno, węgiel, olej opałowy i gaz, koszt inwestycyjny pozostałych komponentów systemu, składającego się na centralne ogrzewanie domu jednorodzinnego, będzie podobny. Wynika to ze sposobu działania wybranych konwencjonalnych systemów. Inaczej jest w przypadku kominka, ponieważ charakteryzuje się małymi rozmiarami (w porównaniu do kotłów) oraz transport ciepła odbywa się w inny sposób. Natomiast elektryczne folie grzewcze, do prawidłowego działania, potrzebują tylko termostatu (lub kilku sztuk) oraz zasilania. Koszty pozostałych elementów wybranych systemów grzewczych przedstawia tabela 12.

**Tabela 12.**

**Koszt pozostałych elementów wybranych systemów ogrzewania**

<b>Wartości</b>	<b>Konwencjonalne systemy grzewcze</b>	<b>Kominek</b>	<b>Elektryczne folie grzewcze</b>
<b>Koszt pozostałych elementów systemu w zł</b>	16.524,78	6.200,00	1.392,02

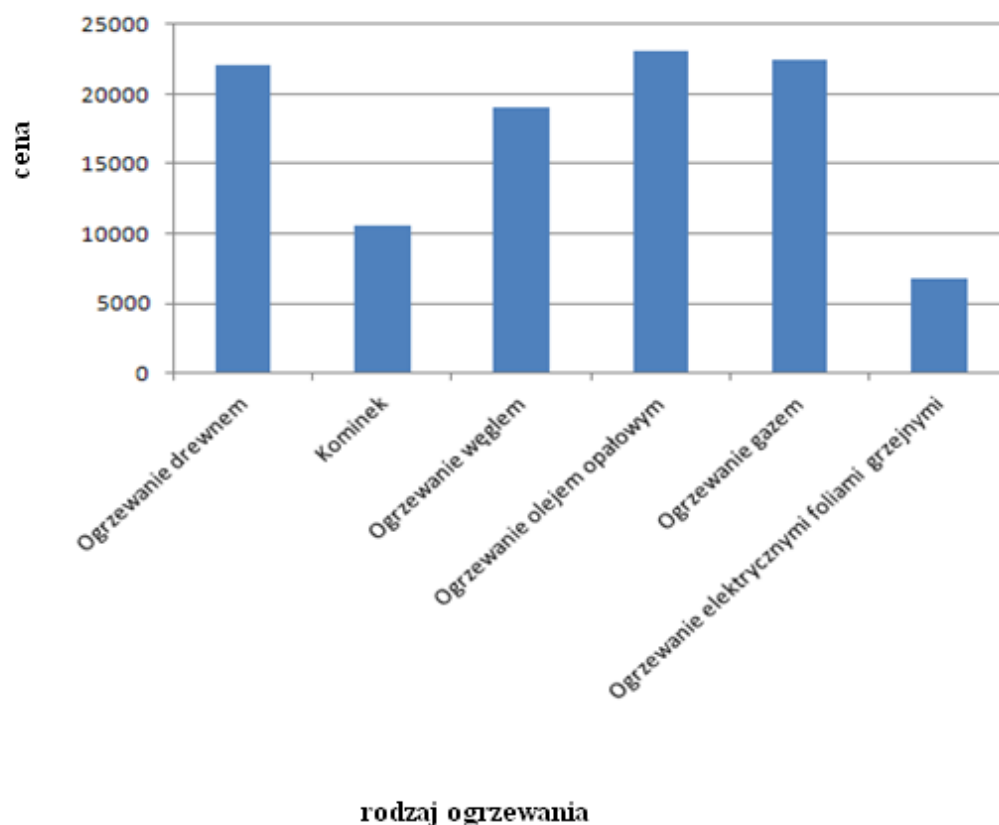
Źródło: opracowanie własne na podstawie: C. Jankowski, *Kotły na paliwo stałe*, „Budujemy Dom” nr 54, Styczeń/Luty 2012, s. 123–126, *Kotły na paliwo gazowe, kotły na paliwo olejowe*, [http://www.tanie-ogrzewanie.pl/kotly\\_i\\_pieco](http://www.tanie-ogrzewanie.pl/kotly_i_pieco) (data dostępu: 04.07.2012), s. 1 oraz *Przykład instalacji ogrzewania sufitowego i podłogowego*, <http://www.polarheat.pl> (data dostępu 04.07.2012), s. 1–2.

Powyższe koszty zawierają koszt wszystkich elementów łączeniowych oraz usługi montażu poszczególnych elementów. W przypadku konwencjonalnych systemów grzewczych, w skład osprzętu wchodzi bardzo dużo elementów (m. in. w każdym pomieszczeniu musi być grzejnik), które trzeba ze sobą umiejętnie połączyć, dbając jednocześnie o bezpieczeństwo przy montażu, jak i przyszłym użytkowaniu. Elementy kominka są o połowę tańsze, ponieważ cały system nie jest tak skomplikowany, jak w przypadku pozostałych tradycyjnych systemów napędzanych przez kocioł. Natomiast w skład komponentów elektrycznych folii grzewczych wchodzi cztery regulatory-termostaty. Jeden termostat zamontowany na poddaszu (obsługujący całą powierzchnię poddasza), a trzy

pozostałe na parterze. Całkowite koszty zastosowania wybranych systemów grzewczych ilustruje wykres 7.

## Wykres 7

### Wysokość całkowitych kosztów inwestycyjnych dla wybranych systemów grzewczych (w zł)



Źródło: praca własna na podstawie: tabel 11–12.

Pionowa oś przedstawia koszt zakupu, wyrażony w złotych, natomiast oś pozioma przedstawia wybrane systemy ogrzewania. Jak widać na przedstawionym wykresie, konwencjonalne systemy grzewcze charakteryzują się relatywnie wysokimi kosztami inwestycyjnymi w stosunku do folii grzejnych. Można, zatem stwierdzić, iż pod względem kosztów zakupu systemu ogrzewania, folie grzewcze są najbardziej efektywne, ponieważ przy najniższym wkładzie pieniężnym, użytkownik otrzymuje ten sam efekt, co w przypadku pozostałych wariantów (ogrzewanie pomieszczeń w budynku mieszkalnym).

Każdy z wybranych systemów, w zależności od sprawności, charakteryzuje się innym zapotrzebowaniem na ilość paliwa, niezbędną do wytworzenia energii cieplnej (która ogrzeje pomieszczenia w budynku mieszkalnym). W tabeli 13. zostało przedstawione zapotrzebowanie na opał danego systemu, wraz ze sprawnością i żywotnością urządzeń.

**Tabela 13**

**Zapotrzebowanie na opał, sprawność i żywotność urządzeń wybranych systemów grzewczych**

<b>System</b>	<b>Charakterystyka</b>	<b>Zapotrzebowanie na opał (kW)</b>	<b>Żywotność (lata)</b>	<b>Sprawność (%)</b>
<b>Kocioł na drewno</b>		20424	12	85
<b>Kominek</b>		33033,6	15	25
<b>Kocioł na węgiel</b>		21312	10	80
<b>Kocioł na olej opałowy</b>		16339,2	18	110
<b>Kocioł na gaz</b>		16339,2	18	110
<b>Elektryczne folie grzewcze</b>		13920	30	100

Źródło: opracowanie własne na podstawie: C. Jankowski, *Kotły na paliwo stałe*, „Budujemy Dom” nr 54, Styczeń/Luty 2012, s. 123–126, *Kotły na paliwo gazowe, kotły na paliwo olejowe*, [http://www.tanie-ogrzewanie.pl/kotly\\_i\\_piece](http://www.tanie-ogrzewanie.pl/kotly_i_piece) (data dostępu: 04.07.2012), s. 1, *Przykład instalacji ogrzewania sufitowego i podłogowego*, <http://www.polarheat.pl> (data dostępu 04.07.2012), s. 1–2 oraz Babiarz B., Szymański W., *Ogrzewnictwo*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2010, s. 265.

Żywotność urządzeń oznacza planowany czas pracy urządzenia, czyli ilość lat, po jakim prawdopodobnie będzie trzeba wymienić urządzenie na nowe. Pod tym względem, elektryczne folie grzewcze wydają się być najbardziej efektywne, ponieważ charakteryzują się żywotnością prawie dwa razy większą niż pozostałe systemy (brak konieczności wymiany urządzeń – niższe koszty). Każdy system charakteryzuje się inną sprawnością, czyli efektywnością działania (jak efektywnie urządzenia systemu przewarząją dane paliwo na energię ciepłą). Zapotrzebowanie na opał wynika ze sprawności działania danego systemu i zapotrzebowania na energię potrzebną do ogrzania budynku mieszkalnego (ile opału potrzebuje system ogrzewania, aby zapewnić odpowiedni poziom energii cieplnej

mieszkania). Przykładowo: sprawność kotła na drewno wynosi 85%, oznacza to, że system będzie musiał zużyć więcej paliwa w celu zaspokojenia zapotrzebowania na energię ciepłą budynku mieszkalnego (wynoszącą 17760 kW). Zapotrzebowanie na opał w tym przypadku jest równe:  $17760\text{kW} \times [(1-0,85)+1]$ . Pod względem sprawności, największą efektywność mają kotły: olejowe i gazowe. Wynika to z wysokiej wartości opałowej paliw napędzających oba urządzenia. W celu obliczenia szacowanych kosztów związanych z zakupem paliwa, należy zestawić zapotrzebowanie na opał z uśrednionymi cenami danych paliw, które obowiązywały w sezonie 2010/2011. Wydatki wraz z zapotrzebowaniem na dany opał przedstawia tabela 14.

**Tabela 14.**

**Wydatki na opał w ciągu roku dla wybranych systemów ogrzewania**

<b>Charakterystyka System</b>	<b>Zapotrzebowanie na opał (kW)</b>	<b>Cena (zł/kWh)</b>	<b>Wydatek na opał w ciągu roku (zł)</b>
<b>Kocioł na drewno</b>	20424	0,09	1838,16
<b>Kominek (drewno)</b>	31080	0,09	2797,2
<b>Kocioł na węgiel</b>	21312	0,06	1278,72
<b>Kocioł na olej opałowy</b>	16339,2	0,25	4084,8
<b>Ogrzewanie gazowe</b>	16339,2	0,2	3267,84
<b>Ogrzewanie elektryczne</b>	13920	0,35	4872

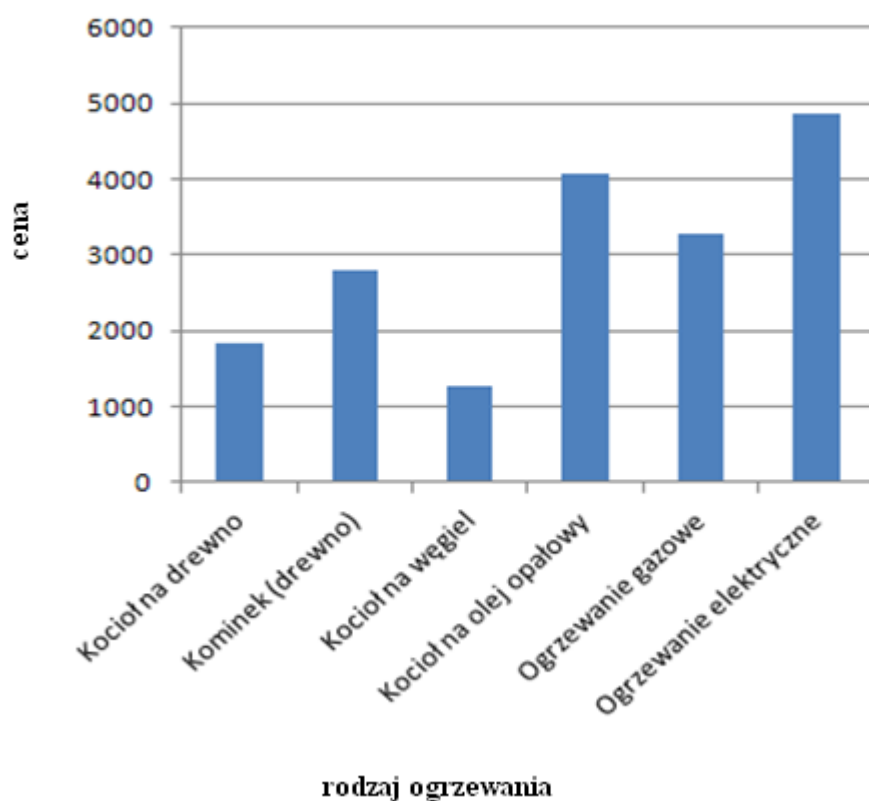
Źródło: opracowanie własne na podstawie: tabeli 1, tabeli 13 oraz *Sprzedaż detaliczna drewna w 2012 roku*, <http://www.lodz.lasy.gov.pl/web/kolumna/92> (data dostępu 10.06.2012), s. 1, *Przeciętna średnioroczna cena detaliczna węgla*, [http://www.stat.gov.pl/gus/5840\\_12387\\_PLK\\_HTML.htm](http://www.stat.gov.pl/gus/5840_12387_PLK_HTML.htm) (data dostępu 10.06.2012), s. 1, *Podsumowanie cen oleju opałowego w sezonie 2011/2012*, <http://www.olejopalowy.pl/index.php?symbol=aktualności.htm&show=121> (data dostępu 10.06.2012), s. 1, *Taryfa w zakresie dostarczania paliw gazowych nr 5/2012*, [http://www.pgnig.pl/binSrc?docId=35110&paramName=BINARYOBJ\\_FILE&index=0&language=PL&forceSave=yes&fname=TARYFA\\_PGNiG\\_SA\\_5.2012.pdf](http://www.pgnig.pl/binSrc?docId=35110&paramName=BINARYOBJ_FILE&index=0&language=PL&forceSave=yes&fname=TARYFA_PGNiG_SA_5.2012.pdf) (data dostępu 10.06.2012), s. 1 oraz *Oплата za energię elektryczną*, <http://www.enea.pl/3/energia-dla-domu/oferta-sprzedazy/taryfa-dzien-i-noc-51.html> (data dostępu 10.06.2012), s. 1.

Cena podana w tabeli dotyczy wytworzenia z 1 jednostki danego paliwa 1 kWh, jest ona zależna od wartości opałowej danego paliwa oraz ceny jednostki opału (im większa wartość opałowa, tym więcej można otrzymać kWh z jednostki danego paliwa). Najtańszy (mimo słabej sprawności działania) jest system ogrzewania węglem, drugą pozycję zajmuje

ogrzewanie drewnem. Trzecią pozycję zajmuje kominek (wykorzystujący drewno), po nim jest ogrzewanie gazem, później olej opałowy, a na końcu ogrzewanie elektryczne. Dzięki najniższej cenie za 1 kWh oraz najniższemu wydatkowi na opał w ciągu roku, węgiel jest najbardziej efektywnym paliwem. Użytkownik wykorzystujący węgiel w celu ogrzewania budynku mieszkalnego będzie ponosił najniższe koszty związane z zakupem paliwa. Wykres 8 dokładnie obrazuje kształtowanie się cen związanych z zakupem opału na rok. Należy jednak zaznaczyć, iż są to jedynie szacunkowe wydatki na opał. Do pełnych kosztów eksploatacyjnych należy jeszcze dodać koszty związane z serwisem, okresowym sprawdzeniem i w niektórych przypadkach czyszczeniem urządzeń, co dodatkowo zwiększy koszty związane z użytkowaniem systemu (dotyczy tradycyjnych systemów grzewczych). W przypadku ogrzewania płaszczyznowego elektrycznymi foliami grzejnymi, użytkownik nie ponosi kosztów związanych z serwisem urządzeń, dzięki czemu jedynym kosztem eksploatacyjnym będzie zakup energii elektrycznej.

### Wykres 8.

#### Roczny koszt zakupu paliwa dla wybranych systemów grzewczych (w zł)



Źródło: opracowanie własne na podstawie: tabeli 14.

Wiadomo, że ceny paliw będą raczej rosły i trudno stwierdzić, jaki system będzie najbardziej opłacalny w przyszłości<sup>4</sup>.

#### **4.3. Kryterium wyboru oraz efektywność wybranych systemów grzewczych**

Na początku pracy sformułowano szereg kryteriów, które mogą być brane pod uwagę przy wyborze systemu grzewczego.

Zasadniczym kryterium są koszty inwestycyjne (koszty zakupu) systemu. Pod względem kosztów inwestycyjnych, niewątpliwie zadziwia ogrzewanie elektrycznymi foliami grzejnymi, których koszt zakupu jest trzy razy niższy niż systemy ogrzewania drewnem, olejem czy gazem. Pod względem inwestycji w dany system grzewczy, wybór folii grzewczych jest najbardziej efektywny, ponieważ przy najniższej cenie, użytkownik otrzymuje kompletny system służący do ogrzewania powierzchni budynku mieszkalnego. Obok kosztów związanych z zakupem, należy również wziąć pod uwagę koszty związane z eksploatacją. Pod względem zakupu paliwa, niezbędnego do ogrzania danego budynku, najlepiej wypada węgiel, ponieważ jest najtańszy i pod tym względem efektywny.

Płaszczynowe folie grzejne zasilane energią elektryczną natomiast zajęły ostatnie miejsce (ze względu na cenę paliwa okazały się najdroższe). W zamian za wysoką cenę zakupu opału, użytkownik ma możliwość dowolnego dostosowania temperatury, indywidualnie w każdym pomieszczeniu. W przypadku małej intensywności użytkowania niektórych pomieszczeń, można obniżyć temperaturę, co wpłynie na obniżenie kosztów zakupu nośnika energii<sup>5</sup>.

Warto wspomnieć o kosztach okresowych przeglądów, które są konieczne ze względów bezpieczeństwa, a także zachowania gwarancji na nowo zakupiony system (dotyczy konwencjonalnych systemów grzewczych, w tym kominka). W przypadku elektrycznych folii grzejnych, użytkownik nie ponosi żadnych kosztów związanych z serwisem czy okresowym przeglądem. Ze względu na prostą budowę oraz docelowe miejsce montażu, maty grzewcze są całkowicie bezobsługowe. Badania wykonane przez

---

<sup>4</sup> Por. J. Komiłowicz, *Obniżka kosztów ogrzewania mieszkań*, „Sprawy Mieszkaniowe” z. 1, Instytut Gospodarki Mieszkaniowej, Warszawa 2002, s. 85–86.

<sup>5</sup> Por. W. Nowak, M. Budnik-Ródź, *Wpływ wnikania ciepła na nieustalone pole temperatury w pomieszczeniu budynku*, w: *Ergonomia*, t. 25 nr 1–2, PAN – Komitet Ergonomii, Komisja Ergonomiczna O/PAN w Krakowie – Polskie Towarzystwo Ergonomiczne, Wydawnictwo Polskiej Akademii Nauk, Kraków 2002, s. 46.

Laboratorium Badawcze Instytutu Elektrotechniki wykazały, iż są one odporne na wilgoć i wodę, uszkodzenie może wynikać poprzez uszkodzenie mechaniczne (przerwanie ścieżek) lub podanie zbyt wysokiego zasilania. Jedynym słabym elementem płaszczyznowego systemu grzejnego na energię elektryczną jest termostat (regulator), jako część elektroniczna może się uszkodzić bez ingerencji użytkownika. Pod względem budowy i konserwacji wybranych systemów, najbardziej efektywne okazały się elektryczne folie grzewcze, ponieważ użytkownik nie ponosi kosztów związanych z okresowymi przeglądami systemu, co wynika z prostej budowy elementów systemu.

W przypadku wielkości elementów systemu, estetyki oraz wyglądu wizualnego, tradycyjne systemy (ogrzewanie drewnem, węglem, olejem opałowym i gazem), sytuacja wygląda podobnie: użytkownik musi poświęcić pomieszczenie, które będzie kotłownią oraz magazyn (nie dotyczy gazu ziemnego). Wizualnie, w budynku mieszkalnym będą widoczne odbiorniki ciepła, a także rurki łączące wszystko w całość. Dodatkowo, w przypadku paliw drzewnych i węgla, do rutynowych czynności w kotłowni będzie trzeba włączyć ciągłe utrzymywanie czystości (paliwa te ze względu na swoją charakterystyczną budowę, pozostawiają po sobie ślady). Kominiek jest również napędzany drewnem, dodatkowo przeważnie jest zamontowany w głównej części domu (np. salon), więc koniecznością jest po każdym użyciu dokładne czyszczenie, jednak plusem jest wygląd. Natomiast ogrzewanie płaszczyznowe oparte na elektrycznych foliach grzejnych, jest niewidoczne dla użytkownika. Schowane pod płaszczyznę, nie wymaga czyszczenia, a jedynym elementem, będącym na zewnątrz, jest termostat (regulator). Pod względem wielkości elementów składających się na dany system, estetyki i wyglądu, najbardziej efektywne są folie grzewcze, ponieważ w porównaniu do pozostałych systemów ogrzewania, nie jest widoczny, nie potrzebuje dodatkowego pomieszczenia. Poprzez montaż na danej płaszczyźnie, zajmuje najmniej przestrzeni użytkowej przy jednoczesnym dużym zasięgu energii cieplnej.

W dzisiejszych czasach, z dostępnością paliw do systemów grzewczych, nie ma problemu. Warto jednak zaznaczyć, iż mimo dobrych możliwości technicznych, energia elektryczna jest na wyposażeniu każdego budynku, przez co folie grzewcze okazują się najbardziej efektywne pod tym względem. Użytkownik nie musi dostarczać innych paliw do systemu grzewczego, natomiast energię elektryczną wykorzystuje do wielu innych rzeczy domowego użytku. Wykorzystywane przez pozostałe systemy grzewcze paliwa należy dostarczyć do użytkownika, co wiąże się z dodatkowymi kosztami oraz czasem poświęconym na związane z tym czynności.

Każdy system grzewczy, potrzebuje odpowiednią ilość czasu, związanego z rozruchem i rozpoczęciem pracy. W przypadku konwencjonalnych systemów ogrzewania, wykorzystujących nowoczesne technologie, czas ten jest coraz krótszy. Jednak trzeba pamiętać o tym, iż są to bardzo skomplikowane i złożone systemy, w których odbiornikami są metalowe grzejniki, ogrzewające powierzchnię punktowo. Z tego względu, trzeba czekać, aż w danym pomieszczeniu temperatura podniesie się. W przypadku kominka, czas ten jest jeszcze dłuższy, ze względu na niską sprawność. Natomiast elektryczne maty grzejne – które można powiedzieć, że pełnią podwójną rolę: kotła i odbiornika – są najbardziej efektywne pod względem kryterium czasu. Pracę rozpoczynają, jak tylko przepływnie przez metalowe ścieżki prąd i ciepło z niemal całej płaszczyzny zaczyna wypełniać pomieszczenie (reakcja jest błyskawiczna), a dzięki rozmieszczeniu na prawie całej powierzchni danej płaszczyzny, pomieszczenia nagrzewają się szybko.

Niemal każdy system grzejny jest wyposażony w elektronikę, pracującą dzięki energii elektrycznej. W konwencjonalnych systemach grzewczych, zostały zastosowane nowoczesne rozwiązania techniczne w celu poprawy obsługi systemu (kontrola spalania, dostosowanie temperatury wewnętrznej oraz monitorowanie). Mimo to, użytkownik i tak jest zmuszony do pewnych czynności manualnych (np. przy użyciu węgla lub drewna) w celu przygotowania opału i rozpalenia. Systemy wykorzystujące olej i gaz są bardziej zautomatyzowane, ponieważ ze względu na stan skupienia, system sam dostosowuje ilość paliwa dostarczanego do spalania, a w nowoczesnych urządzeniach jest możliwość zaprogramowania pracy systemu (np. na cały dzień, tydzień...). Podobnie jest z elektrycznymi foliami grzejnymi, gdzie użytkownik za pomocą termostatu-regulatora, dostosowuje cykl pracy systemu (np. obniżenie temperatury grzania w nocy, co wpłynie na redukcję kosztów eksploatacyjnych). Kominek obsługiwany jest tylko w sposób manualny, w zależności od potrzeb domowników, nie wymaga podłączenia do zasilania, kontrola spalania jest bardzo ograniczona (poprzez ograniczenie dopływu powietrza). Pod względem poziomu trudności obsługi, najbardziej efektywne systemy to: folie grzewcze, ogrzewanie olejowe i gazowe. Nowoczesne urządzenia składające się na te systemy pozwalają na pełną kontrolę nad systemem i procesem spalania. Użytkownik ma możliwość dostosowania parametrów systemu do własnych potrzeb.

Moc systemu grzewczego jest obliczana na podstawie powierzchni danego budynku. Systemy konwencjonalne potrzebują więcej mocy grzejnej, ponieważ dodatkowo są odpowiedzialne za zapewnienie mieszkańcom ciepłej wody użytkowej, a także w niektórych przypadkach, urządzenia charakteryzują się różnym poziomem sprawności. Zaletą tradycyjnych systemów jest jednoczesne ogrzewanie budynku oraz wody. W przypadku



kominka oraz ogrzewania płaszczyznowego elektrycznymi foliami grzejnymi, użytkownik otrzymuje tylko jeden produkt końcowy, jakim jest ciepło w pomieszczeniach. Aby zapewnić sobie ciepłą wodę użytkową, niezbędny jest zakup urządzenia, które będzie podgrzewało wodę. Efektywność pod względem mocy systemu może być rozpatrzona w dwóch kierunkach: ogrzewanie budynku lub ogrzewanie budynku i wody. W przypadku ogrzewania samego budynku, najbardziej efektywne będą folie grzewcze, ponieważ dzięki zastosowaniu się do wtycznych odnośnie montażu, będą potrzebowały mniej mocy do ogrzania powierzchni, natomiast w przypadku dodatkowego ogrzewania wody, najbardziej efektywny będzie system oparty na oleju lub gazie, co wynika z najwyższej sprawności urządzeń.

Pod względem kryterium dotyczącym horyzontu czasowego, inwestycja w dany system grzewczy jest przeważnie rozważana pod względem użytkownika długookresowego. Użytkownik dąży do zoptymalizowania swojej decyzji w oparciu o interesujące go kryteria tak, aby wybór dostarczał mu największe zadowolenie. W związku z tym, że inwestycja jest rozpatrywana w długim okresie, przyszły użytkownik będzie chciał wybrać system grzewczy, który będzie wydajny i mało awaryjny przy jednoczesnych niskich kosztach związanych z eksploatacją i nie przekraczających budżetu jednostki kosztach inwestycyjnych. Biorąc pod uwagę koszt inwestycyjny w długim okresie, najbardziej efektywne będą elektryczne folie grzewcze, dzięki najniższej cenie urządzeń. Natomiast patrząc na koszty związane z zakupem opału, najwyższą efektywnością wykazuje się ogrzewanie węglem, przez niski koszt 1kWh oraz niski koszt zakupu paliwa.

Zawsze istnieje niebezpieczeństwo związane z użytkowaniem danego systemu ogrzewania, jednak wraz z postępem technologii, dokonywane są wszelkie starania, mające na celu ograniczenie nieprzewidzianych wypadków. W przypadku ogrzewania drewnem lub węglem, istnieje niebezpieczeństwo zatrucia szkodliwymi gazami, a nawet podpalenie całego budynku. Samo w sobie, prawidłowo przechowywane paliwo stałe jest bezpieczne. Inaczej jest w przypadku oleju opałowego, który jest magazynowany w zbiornikach. Istnieje niebezpieczeństwo wycieku paliwa (w budynku – niebezpieczeństwo zapłonu, oraz na zewnątrz – zanieczyszczenie środowiska). Ponadto, dla użytkowników tego systemu przewidziane są okresowe przeglądy sprawności urządzeń, w celu sprawdzenia szczelności. Podobnie jest w systemach opartych na paliach gazowych. Również konieczne są okresowe przeglądy szczelności systemu. W przypadku gazu płynnego, istnieje niebezpieczeństwo wybuchu (ze względu na ciśnienie występujące w zbiorniku). Gaz ziemny jest dostarczany z zewnątrz, jednak w przypadku ulatniania się gazu w budynku, również występuje zagrożenie eksplozją. W celu wykrycia szkodliwych emisji związanych ze spalaniem paliw stałych, lub

ulatniania się gazu, montowane są czujniki, które w przypadku awarii, mają zasygnalizować występujące niebezpieczeństwo (zakup takiego urządzenia wiąże się z dodatkowymi kosztami). Kominiek, dzięki swojej budowie, nie powinien emitować szkodliwych gazów do wewnątrz, chociaż zawsze jest zagrożenie związane z wyniknięciem pożaru. Natomiast po zakończeniu badań elektrycznych mat grzejnych, przez Laboratorium Badawcze Instytutu Elektrotechniki, stwierdzono, iż folie grzewcze są bezpieczne w użytkowaniu, dzięki swojej budowie odporne na wodę (zagrożenie zwarcia), natomiast po zwiększonym napięciu zasilającym – przepalają się metalowe ścieżki. Pod względem bezpieczeństwa, najbardziej efektywne okazały się elektryczne folie grzewcze, ponieważ użytkownik wykorzystujący je w celu ogrzania budynku mieszkalnego, jest narażony na najmniejsze niebezpieczeństwo ze strony systemu.

W przypadku kwestii ekologicznej, można po raz kolejny pogrupować wybrane systemy grzewcze. Konwencjonalne ogrzewanie, do którego zalicza się systemy wykorzystujące węgiel, olej opałowy oraz gaz, przyczyniają się do zanieczyszczenia środowiska. Na pierwszym miejscu jest węgiel, występujący w różnej jakości oraz zawierający różne szkodliwe pierwiastki. Gaz i olej również podczas spalania wydzielają szkodliwe emisje, lecz nie tak duże, jak w przypadku węgla. Neutralne dla środowiska jest spalanie drewna, które jest produktem naturalnym i odnawialnym. Nowoczesny system ogrzewania na energię elektryczną, dzięki temu, że wykorzystuje prąd zamiast spalania danego paliwa, nie wpływa szkodliwie na środowisko. Dzięki temu, budynek mieszkalny, w który zostało zainstalowane elektryczne ogrzewanie płaszczyznowe, nie wydziela żadnych szkodliwych emisji do środowiska. Pod względem kryterium ekologii, najbardziej efektywne są folie grzewcze, ponieważ podczas pracy nie wytwarzają żadnych szkodliwych emisji. Budynek wyposażony w system ogrzewania płaszczyznowego jest najbardziej ekologiczny w stosunku do wariantu z pozostałymi systemami grzewczymi.

Na podjęcie decyzji mają również wpływ czynniki zewnętrzne, takie jak moda czy opinie innych użytkowników. W Polsce przewagę mają konwencjonalne systemy grzewcze, ponieważ są stosowane od wielu lat i cieszą się dużą popularnością. Można określić je mianem tradycyjnych. W związku z tym, nowoczesne rozwiązania techniczne, dotyczące również ogrzewania budynków, nie są zbyt popularne. Jednak przez zmiany klimatyczne oraz polityki energetycznej warto wziąć pod uwagę system ogrzewania płaszczyznowego, oparty na elektrycznych foliach grzewczych. Pod względem mody i opinii, najbardziej efektywne są znane, sprawdzone konwencjonalne systemy grzewcze, jednak warto spróbować zastosować produkt innowacyjny, ponieważ może się okazać lepszy od tradycyjnych stereotypów.

## Zakończenie

Zasadniczym problemem poruszonym w pracy była kwestia wyboru odpowiedniego systemu ogrzewania dla budynku mieszkalnego. Dla wybranego domu przedstawiono różne warianty zastosowania określonych systemów grzewczych, wykorzystujących paliwa: drzewne, węglowe, olejowe, gazowe i elektryczne. W pracy określone zostały także kryteria, które powszechnie brane są pod uwagę przez użytkowników przy wyborze systemu ogrzewania budynku. Analiza zastosowania wybranych systemów grzewczych pod względem przyjętych kryteriów prowadzi do następujących wniosków:

1. W każdym przypadku wystąpiły istotne różnice w kosztach inwestycyjnych i eksploatacyjnych, które można uznać za kluczowe przy podejmowaniu decyzji o wyborze systemu ogrzewania. Zgodnie z wynikami analizy porównawczej wybranych systemów, przy założeniu minimalizacji kosztów inwestycyjnych, decydent powinien wybrać ogrzewanie elektrycznymi foliami grzewczymi. Natomiast, jeśli głównym kryterium wyboru będą przyszłe koszty eksploatacyjne, użytkownik powinien zdecydować się na konwencjonalny system grzewczy, oparty na węglu. Jednak mimo obecnie najniższego kosztu zakupu energii cieplnej, w całkowitych kosztach eksploatacyjnych należy uwzględnić także koszty związane z serwisowaniem urządzeń. Cechą charakterystyczną folii grzewczych jest brak tych dodatkowych kosztów (koszty eksploatacyjne zależą wyłącznie od cen energii elektrycznej).

2. Przy wyborze systemu grzewczego istotny jest czas obsługi, jaki użytkownik musi poświęcić na uruchomienie systemu i jego funkcjonowanie. Ogrzewanie paliwami stałymi (węglem i drewnem) wiąże się z ciągłym uzupełnianiem opału w magazynie i kotle oraz okresowym serwisowaniu. Podobnie jest w przypadku oleju opałowego. Jedynie w systemie wykorzystującym gaz ziemny, nie trzeba magazynować nośnika energii, ponieważ jest stale dostarczany do budynku. Ogrzewanie płaszczyznowe, wykorzystujące elektryczne folie grzewcze, jest najbardziej komfortowe pod względem czasu poświęcanego na obsługę. Urządzenia tego systemu są bezobsługowe, nie absorbują użytkownika i nie wymagają okresowego serwisowania, czy uzupełniania paliwa. Można zatem stwierdzić, iż mniejsze

koszty eksploatacyjne wiążą się z szeregiem czynności związanych z obsługą danego systemu i obejmują także koszty związane z serwisowaniem urządzeń. Z kolei decydując się na wyższe koszty eksploatacyjne oszczędza się czas użytkownika.

3. Przyszły użytkownik będzie musiał również wziąć pod uwagę wielkość urządzeń wchodzących w skład systemu grzewczego i w tym celu wygenerować odpowiednią powierzchnię w budynku. W przypadku ogrzewania węglem, drewnem i olejem opałowym, przeważnie są to dwa pomieszczenia, z których jedno jest przeznaczone na kotłownię, a drugie na magazyn. Kominiek, dzięki wkomponowaniu w wystrój domu, zajmuje niewiele miejsca, trzeba jednak liczyć się z koniecznością posiadania pomieszczenia na paliwo. W przypadku gazu jest to zwykle jedno pomieszczenie-kotłownia. Natomiast elektryczne folie grzejne, dzięki miejscu instalacji (podłoga lub sufit) są całkowicie niewidoczne (w przeciwieństwie do konwencjonalnych systemów grzewczych, gdzie niektóre elementy są widoczne np. odbiorniki ciepła). W ten sposób nie potrzebne jest dodatkowe pomieszczenie służące jako kotłownia, czy magazyn.

4. Każdy z wybranych systemów ogrzewania inaczej wpływa na środowisko. Ogrzewanie samym drewnem, co do zasady, nie jest szkodliwe dla środowiska (ze względu na naturalne pochodzenie paliwa), jednak użytkownicy często spalają w kotłach różne odpady, co powoduje bardzo duże zanieczyszczenie środowiska. Wykorzystanie jako paliwa węgla niesie ze sobą szereg negatywnych skutków środowiskowych. Podobnie jest w przypadku oleju opałowego i gazu. Natomiast ogrzewanie wykorzystujące energię elektryczną powoduje, że budynek mieszkalny nie wydziela szkodliwych gazów do środowiska, ponieważ w procesie ogrzewania nie ma spalania, a prąd płynący w matach grzejnych wytwarza energię cieplną.

Przeprowadzona analiza wybranych systemów grzewczych w oparciu o szereg kryteriów, wykazała, iż użytkownicy, podczas wyboru systemu grzewczego, mogą kierować się indywidualnie przyjętymi kryteriami (oraz kombinacjami), w oparciu o które badają kosztocłonność danych wariantów z różnych punktów widzenia. Pod wieloma względami, płaszczyznowe ogrzewanie foliami grzewczymi jest tańsze niż tradycyjne systemy.

Podjęcie decyzji o wyborze systemu grzewczego odnosi się do długiego horyzontu czasowego. Decyzja ta wymaga wykonania wcześniej dokładnej analizy wszystkich pozytywnych i negatywnych aspektów wybranego wariantu. Jeśli użytkownik będzie się kierował niskimi kosztami inwestycyjnymi, ograniczeniem emisji szkodliwych gazów do środowiska przez budynek, brakiem pomieszczeń poświęconych na kotłownię, czy magazyn oraz brakiem widocznych elementów systemu ogrzewania w pomieszczeniach,

wówczas istnieje duże prawdopodobieństwo, iż wybierze płaszczyznowe folie grzewcze wykorzystujące energię elektryczną, ponieważ właśnie ten system okazał się lepszy pod względem wyżej wymienionych kryteriów. Natomiast w przypadku kierowania się takimi kryteriami jak: niskie koszty związane z zakupem opału (eksploatacją systemu), gotowością poświęcenia czasu na obsługę systemu, chęcią przeznaczenia powierzchni mieszkalnej na potrzeby systemu, wówczas zdecyduje się na wybór konwencjonalnych systemów grzewczych np. ogrzewanie paliwami stałymi (węgiel, drewno), lub trochę droższe ogrzewanie olejowe czy gazowe (pod tymi względami, konwencjonalne systemy ogrzewania okazały się bardziej efektywne od elektrycznych folii grzewczych).

Przyszły użytkownik może również zdecydować się na wariant mieszany, czyli połączenie dwóch systemów ogrzewania (nowoczesnego z tradycyjnym). Można np. zastosować elektryczne folie grzejne, a jako dopełnienie systemu – kominek. Takie połączenie wydaje się korzystne pod względem kosztów eksploatacyjnych i inwestycyjnych, a zarazem przyjazne dla środowiska.



## Spis tabel

<b>Tabela 1.</b> Wartość opałow paliw wybranych systemów grzewczych.....	27
<b>Tabela 2.</b> Zalety i wady systemu ogrzewania opartego na paliwach drzewnych.....	32
<b>Tabela 3.</b> Zalety i wady systemu grzewczego wykorzystującego węgiel jako paliwo.....	38
<b>Tabela 4.</b> Zalety i wady systemu wykorzystującego olej opałowy.....	43
<b>Tabela 5.</b> Zalety i wady systemu grzewczego wykorzystującego gaz.....	48
<b>Tabela 6.</b> Rodzaje folii do ogrzewania sufitowego.....	53
<b>Tabela 7.</b> Rodzaje folii ogrzewania podłogowego.....	54
<b>Tabela 8.</b> Zalety i wady systemu ogrzewania opartego na elektrycznych foliach grzewczych.....	66
<b>Tabela 9.</b> Porównanie wybranych systemów grzewczych.....	70
<b>Tabela 10.</b> Podział systemów grzewczych w zależności od temperatury zasilania.....	71
<b>Tabela 11.</b> Ceny zakupu kluczowych urządzeń systemów grzewczych.....	72
<b>Tabela 12.</b> Koszt pozostałych elementów wybranych systemów ogrzewania.....	73
<b>Tabela 13.</b> Zapotrzebowanie na opał, sprawność i żywotność urządzeń wybranych systemów grzewczych.....	75
<b>Tabela 14.</b> Wydatki na opał w ciągu roku dla wybranych systemów ogrzewania.....	76





## Spis rysunków

<b>Rys. 1.</b> Przykład izolacji termicznej budynku.....	55
<b>Rys. 2.</b> Przykład zamontowanej sufitowej folii grzewczej w pomieszczeniu.....	58
<b>Rys. 3.</b> Przekrój sufitu z zainstalowaną sufitową folią grzewczą.....	59
<b>Rys. 4.</b> Przekrój podłogi z zainstalowanym czujnikiem.....	61
<b>Rys. 5.</b> Przykład zainstalowanej folii ogrzewania podłogowego.....	61
<b>Rys. 6.</b> Działanie folii ogrzewania płaszczyznowego.....	62
<b>Rys. 7.</b> Przykład rozmieszczonych folii grzewczych w budynku mieszkalnym.....	63

## Spis wykresów

<b>Wykres 1.</b> Rozkład kosztów inwestycji dotyczącej systemu grzewczego wykorzystującego paliwa drzewne.....	30
<b>Wykres 2.</b> Średnie ceny sprzedaży m <sup>2</sup> drewna w latach 2005–2010 (w zł).....	31
<b>Wykres 3.</b> Cena tony węgla latach 2001–2010 (w zł).....	37
<b>Wykres 4.</b> Zmiany cen oleju opałowego w latach 2008–2011 (w zł).....	42
<b>Wykres 5.</b> Ceny gazu dla gospodarstw domowych w latach 2005–2010 (w zł).....	47
<b>Wykres 6.</b> Cena energii elektrycznej dla gospodarstw domowych w latach 2005–2009 (w zł).....	65
<b>Wykres 7.</b> Wysokość całkowitych kosztów inwestycyjnych dla wybranych systemów grzewczych (w zł).....	74
<b>Wykres 8.</b> Roczny koszt zakupu paliwa dla wybranych systemów grzewczych (w zł).....	77



## Bibliografia

1. Albers J., Dommel R., Montaldo-Ventsam H., Nedo H., Ubelacker E., Wagner J., *Systemy centralnego ogrzewania i wentylacji*, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 2007.
2. Babiarz B., Szymański W., *Ogrzewnictwo*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2010.
3. Bąkowski K., *Sieci i instalacje gazowe*, wyd. 3 zm., Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 2007.
4. Bień W., *Ocena efektywności finansowej spółek prawa handlowego*, Finans-Servis, Warszawa 1997.
5. Black J., *Słownik ekonomii*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2008.
6. Bogda A., Kabała C., Karczewska A., Szopka K., *Zasoby naturalne i zrównoważony rozwój*, Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu, Wrocław 2010.
7. Bosiakowski Z., *Rachunek ekonomiczny*, w: *Mała encyklopedia ekonomiczna*, wyd. 2 zm., PWE, Warszawa 1974.
8. Chacząturow T.S., *Gospodarowanie przyrodą*, PWE, Warszawa 1985.
9. Ciecierska B., Łunarski J., Pacana A., Stadnicka D., Zielecki W., *Systemy zarządzania środowiskowego*, pr. zb. pod red. J. Łunarskiego, wyd. 2, Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2009.
10. Ciok Z., *Podstawowe problemy współczesnej techniki*, t. 29, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2011.
11. *Cleaning up coal*, <http://www.fe.doe.gov/education/energylessons/coal/index.html> (data dostępu 15.04.2012).
12. Czerwiński Z., *Czy można zrobić coś lepiej niż najlepiej, czyli o trudnych problemach optymalizacji*, w: *Moje zmagania z ekonomią*, Z. Czerwiński, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Poznaniu, Poznań 2002.

13. Daczkowski A., *Jak Julka buduje dom* „Własny Dom” nr 98, 8/2011, data wydania: 27.05.2011.
14. Demianowicz A., *Ogrzewanie – gaz płynny*, <http://ladnydom.pl/budowa/1,106579,6921349>, *Ogrzewanie \_\_\_gaz\_plynny.html* (data dostępu 22.04.2012).
15. Dowgiałło Z., *Efektywność*, w: *Słownik ekonomiczny dla przedsiębiorcy*, wyd. rozsz., Wydawnictwo Znicz, Szczecin 1996.
16. Duda L., *Trudny wybór – ogrzewanie*, [http://ladnydom.pl/budowa/1,106579,255\\_7696.html](http://ladnydom.pl/budowa/1,106579,255_7696.html) (data dostępu 01.02.2012).
17. *Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2010/31/UE z dnia 19 maja 2010 r., w sprawie charakterystyki energetycznej budynków*, wersja przekształcona, Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej, 18.06.2010.
18. *Efektywność energetyczna – cele, zadania i środki realizacji*, Naczelna Organizacja Techniczna Federacja Stowarzyszeń Naukowo-Technicznych, Polski Komitet Naukowo-Techniczny FSNT-NOT Gospodarki Energetycznej, Warszawa 2011.
19. *Efektywność energetyczna i odnawialne źródła energii w domu*, Krajowa Agencja Poszanowania Energii, Warszawa 2004.
20. *Efektywność wykorzystania energii*, [http://www.stat.gov.pl/cps/rde/xbc/r/gus/PUBL\\_se\\_efektywnosc\\_wykorzystania\\_energii\\_1999-2009.pdf](http://www.stat.gov.pl/cps/rde/xbc/r/gus/PUBL_se_efektywnosc_wykorzystania_energii_1999-2009.pdf) (data dostępu 15.04.2012).
21. *Ekonomia od A do Z. Encyklopedia podręczna*, pod red. nauk. S. Sztaby, Wydawnictwa Akademickie i Profesjonalne, Warszawa 2007.
22. *Elektryczne folie grzewcze POLARHEAT*, <http://www.polarheat.pl> (data dostępu 15.05.2012).
23. *Elementy rachunku ekonomicznego*, pr. zb. pod red. nauk. Z. Hellwiga, wyd. 3 zm. i rozsz., PWE, Warszawa 1985.
24. Fijał T., *Ekologiczne i ekonomiczne efekty realizacji strategii czystej produkcji w wybranych przedsiębiorstwach*, Zeszyty Naukowe Akademii Ekonomicznej w Krakowie, Seria specjalna: Monografie nr 169, Kraków 2005.
25. Foltyn-Zarychta M., *Analiza kosztów–korzyści w ocenie efektywności inwestycji proekologicznej*, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej im. Karola Adamickiego w Katowicach, Katowice 2008.
26. Godlewska-Lipowa W.A., Ostrowski J.Y., *Problemy współczesnej cywilizacji i ekologii*, Wydawnictwo Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego, Olsztyn 2007.
27. Górka K., Poskrobko B., *Ekonomika ochrony środowiska*, PWE, Warszawa 1991.

28. Górka K., Poskrobko B., Radecki W., *Ochrona środowiska*, wyd. 4 zm., PWE, Warszawa 2001.
29. Jankowski C., *Kotły na paliwo stałe*, „Budujemy Dom” nr 54, Styczeń/Luty 2012.
30. Kaca W.L., *Czym wyróżnia się niskotemperaturowe ogrzewanie „Polarheat”?*, <http://www.ekspertbudowlany.pl/artukul/id2289,czym-wyroznia-sie-niskotemperaturowe-ogrzewanie-polarheat> (data dostępu 25.05.2012).
31. *Kalkulator taryfowy*, <http://www.enea.pl/3/energia-dla-domu/oferta-sprzedazy/kalkulator-taryfowy-119.html> (data dostępu: 18.05.2012).
32. Koczyk H., *Ogrzewnictwo dla praktyków*, pod. red. H. Koczyk, Systherm Serwis, Poznań 2002.
33. Koczyk H., Antoniewicz B., Basińska M., Górka A., Makowska-Hess R., *Ogrzewnictwo praktyczne*, Systherm Serwis, Poznań 2005.
34. Kolasa C., Ciuman H., Specjał A., *Badania podzielników kosztów ogrzewania pod kątem doskonalenia podziału kosztów*, w: *Energetyka*, red. K. Szafir, z. 139, „Inżynieria Środowiska” z. 48, 2003.
35. Konarzewska-Gubała E., *Programowanie przy wielorakości celów*, PWN, Warszawa 1980.
36. Koralewski Ł., *Programowanie wielokryterialne*, [http://kbo.ue.poznan.pl/koralewski/programowanie\\_wkryterialne.htm](http://kbo.ue.poznan.pl/koralewski/programowanie_wkryterialne.htm) (data dostępu 03.12.2011).
37. Kornilowicz J., *Obniżka kosztów ogrzewania mieszkań*, „Sprawy Mieszkaniowe” z. 1, Instytut Gospodarki Mieszkaniowej, Zeszyt 1/2002, Warszawa 2002.
38. *Koszty inwestycji*, Thermo Vitae, <http://thermo-vitae.eu/wp-content/uploads/2012/04/Koszty-inwestycji.jpg> (data dostępu 20.04.2012).
39. *Kotły na paliwo gazowe, kotły na paliwo olejowe*, [http://www.tanie-ogrzewanie.pl/kotly\\_i\\_piece](http://www.tanie-ogrzewanie.pl/kotly_i_piece) (data dostępu: 04.07.2012), s. 1.
40. Koziński J., *Podejmowanie decyzji*, w: *Psychologia ogólna*, pod red. T. Tomaszewskiego, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1995.
41. Kozłowski S., *Przyszłość ekorozwoju*, Wydawnictwo KUL, Lublin 2005.
42. Krakowczyk T., *Kotłownia na paliwa stałe*, <http://ladnydom.pl/budowa/1,106577,2504357.html?as=3&startsz=x> (data dostępu 10.04.2012).
43. Księżyk M., *Efektywność pozyskiwania pierwotnych nośników energii w Polsce*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa – Kraków 1996.

44. Leciej-Pirczewska D., *Modelowanie temperatury w pomieszczeniu przy zmiennej temperaturze zewnętrznej*, w: *Budownictwo*, red. A. Nowacka z. 93, „Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej”, 2001, nr 1514.
45. *Leksykon ochrony środowiska*, oprac. pod kier. M. Maciejowskiego, Fundacja „Ecobaltic”, Gdańsk 1995.
46. Lis P., *Aspekt ekonomiczny ogrzewania budynków szkół z indywidualnymi źródłami ciepła*, w: *Efektywność i niezawodność w budownictwie*, pod red. M. Rajczyk, J. Rajczyka, S. Jevtiukova, S. Syguły, Wydawnictwa Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa 2003.
47. Malej J., *Ochrona środowiska*, Bałtycka Wyższa Szkoła Humanistyczna, Koszalin 2006.
48. *Mały Rocznik Statystyczny Polski 2008*, GUS, Warszawa 2008.
49. *Mały Rocznik Statystyczny Polski 2009*, GUS, Warszawa 2009.
50. *Mały Rocznik Statystyczny Polski 2010*, GUS, Warszawa 2010.
51. Marcinkiewicz J., *Badania operacyjne*, [www.kbo.ue.poznan.pl/marcinkowski/library/wyklad1zb.pdf](http://www.kbo.ue.poznan.pl/marcinkowski/library/wyklad1zb.pdf) (data dostępu 03.12.2011).
52. *Miesięczne zmiany ceny oleju opałowego w latach 2008–2011*, <http://www.e-petrol.pl> (data dostępu 09.03.2012).
53. Milewski R., *Podstawy ekonomii*, red. nauk. R. Milewski, wyd. 2 zm., Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2002.
54. Nahotko S., *Efektywność i ryzyko w procesach innowacyjnych*, Oficyna Wydawnicza Ośrodka Postępu Organizacyjnego, Bydgoszcz 1996.
55. Nantka M., *Ogrzewnictwo i ciepłownictwo*, t. 1–2, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2006.
56. Nowak W., Budnik-Róźdz M., *Wpływ wnikania ciepła na nieustalone pole temperatury w pomieszczeniu budynku*, w: *Ergonomia*, t. 25 nr 1–2, PAN – Komitet Ergonomii, Komisja Ergonomiczna O/PAN w Krakowie – Polskie Towarzystwo Ergonomiczne, Wydawnictwo Polskiej Akademii Nauk, Kraków 2002.
57. *Ochrona środowiska, ekorozwój w gminie, racjonalna gospodarka energetyczna*, Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej, Kraków 2000.
58. *Ogrzewanie drewnem*, [http://www.viessmann.pl/etc/medialib/internet-pl/pdf\\_documents/ogrzewanie\\_drewnem.Par.81294.File.File.tmp/Viessmann%20Prospekt%20o%20ogrzewanie%20drewnem%202011\\_11.pdf](http://www.viessmann.pl/etc/medialib/internet-pl/pdf_documents/ogrzewanie_drewnem.Par.81294.File.File.tmp/Viessmann%20Prospekt%20o%20ogrzewanie%20drewnem%202011_11.pdf) (data dostępu 25.01.2012).
59. *Ogrzewanie dużych budynków paliwami drzewnymi*, broszura przygotowana przez Krajową Agencję Poszanowania Energii (KAPE) w ramach projektu Komisji

- Europejskiej BIOHEAT II programu ALTENER, Krajowa Agencja Poszanowania Energii, Warszawa 2004.
60. *Ogrzewanie gazem i olejem*, <http://dolinka.eu/ogrzewanie-gazem-i-olejem.html> (data dostępu 09.03.2012).
  61. *Oplata za energię elektryczną*, <http://www.enea.pl/3/energia-dla-domu/oferta-sprzedazy/taryfa-dzien-i-noc-51.html> (data dostępu 10.06.2012).
  62. Ostaficzuk S., *Współczesne problemy Eko-Geologii*, Wydawnictwo IGSMiE PAN, Kraków 2011.
  63. Pakuła A., *System gospodarczy i podmioty gospodarcze*, w: *Ekonomia: zarys wykładu*, pod red. M. Żukowskiego, Wydawnictwo Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej, Lublin 2005.
  64. Pajda R., Posłuszny K., *Założenie oceny efektywności substytucji systemowych nośników energii surowcami pochodzącymi z małych złóż*, w: *Efektywność*, nac. red. nauk. Z. Kłeczek, „Zeszyty Naukowe Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica” 1980, nr 44.
  65. *Paliwa kopalniane*, <http://chomikuj.pl/alutkat/Dokumenty/ENERGETYKA/Paliwa+kopalne,598986742.pdf> (data dostępu 15.04.2012).
  66. Pieńkowski K., Krawczyk D., Tumel W., *Ogrzewnictwo*, t. 1–2, Dział Wydawnictw i Poligrafii, Białystok 1999.
  67. Pikoń K., *Model wielokryterialnej analizy środowiskowej złożonych układów technologicznych*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2011.
  68. *Podsumowanie cen oleju opałowego w sezonie 2011/2012*, <http://www.olejopalowy.pl/index.php?symbol=aktualnosc&show=121> (data dostępu 10.06.2012).
  69. Poskrobko B., Sidorczuk-Pietraszko E., *System zarządzania energią jako instrument zrównoważonego rozwoju na poziomie lokalnym*, w: *Zrównoważony rozwój na poziomie lokalnym i regionalnym*, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź 2010.
  70. Prandecka B.K., *Nauki ekonomiczne a środowisko przyrodnicze*, wyd. 2 rozsz., PWE, Warszawa 1991.
  71. *Przewodnik po efektywności*, [http://change.kig.pl/przewodnik\\_po\\_efektywnosci.php#txt](http://change.kig.pl/przewodnik_po_efektywnosci.php#txt), Krajowa Izba Gospodarki, koordynator projektu: K. Grzejszczyk (data dostępu 03.01.2012).
  72. Rabjasz R., Dzierżgowski M., *Ogrzewanie podłogowe*, Centralny Ośrodek Informacji Budownictwa, Warszawa 1995.

73. Recknagel H., Sprenger E., Schramek E. R., *Ogrzewnictwo i klimatyzacja*, Omni Scala, Wrocław 2008.
74. *Rocznik Statystyczny Rzeczypospolitej Polskiej 2006*, GUS, Warszawa 2006.
75. *Rocznik Statystyczny Rzeczypospolitej Polskiej 2007*, GUS, Warszawa 2007.
76. *Rocznik Statystyczny Rzeczypospolitej Polskiej 2008*, GUS, Warszawa 2008.
77. *Rocznik Statystyczny Rzeczypospolitej Polskiej 2009*, GUS, Warszawa 2009.
78. *Rocznik Statystyczny Rzeczypospolitej Polskiej 2010*, GUS, Warszawa 2010.
79. *Rocznik Statystyczny Rzeczypospolitej Polskiej 2011*, GUS, Warszawa 2011.
80. Sabiniak H.G., *Ekologiczne i nowoczesne systemy grzewcze oraz materiały opałowe* „Zeszyty Naukowe Wyższej Szkoły Gospodarki Krajowej w Kutnie”, 2001, nr 3.
81. Sadowski T., Świdorski G., Lewandowski W., *Dotacje UE w inwestycjach ekologicznych Polski*, Europrimus Consulting, Warszawa 2006.
82. Semkow J., *Ekonomia a ekologia*, PWN, Warszawa 1980.
83. Sompolska-Rzechuła A., Świtłyk M., *Taksonomiczna analiza efektywności kształcenia szkolnictwa wyższego w Polsce w: Ekonomia*, red. nauk. J. Sokołowski, M. Sosnowski, A. Żabiński, „Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu” 2010, nr 113.
84. Sordyl M., *Założenie racjonalności w ekonomii neoklasycznej i instytucjonalnej*, [http://www.mikroekonomia.net/system/publication\\_files/39/original/0.pdf?1314874266](http://www.mikroekonomia.net/system/publication_files/39/original/0.pdf?1314874266) (data dostępu 28.11.2011).
85. *Sprawozdanie z badań nr 084/NBW/2006/O*, Laboratorium Badawcze i Wzorujące Instytutu Elektrotechniki, Warszawa 2006.
86. *Sprzedaż detaliczna drewna w 2012 roku*, <http://www.lodz.lasy.gov.pl/web/kolumna/92> (data dostępu 10.06.2012).
87. Stefanowicz T., *Wstęp do ekologii i podstaw ochrony środowiska*, wyd. 1, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 1996.
88. Strzeszewski M., *Wpływ zastosowania ogrzewań nisko-temperaturowych na efektywność energetyczną dystrybucji czynnika*, w: *Energooszczędne kształtowanie środowiska wewnętrznego*, pr. zb. pod red. Z. Popiołka, Politechnika Śląska, Katedra Ogrzewnictwa, Wentylacji i Techniki Odpylania, Gliwice 2005.
89. Święcicki A., *Czynniki wpływające na efektywność ekonomiczną zabiegów termoizolacyjnych*, w: *Budownictwo*, „Zeszyty Naukowe Politechniki Białostockiej” 2003, nr 23.



90. Szczepaniuk M., Duszczyk M., *Unijna kuracja przeciw CO<sub>2</sub> mocno uderzy w polskie firmy*, „Dziennik Gazeta Prawna” nr 74, 15–17 kwietnia 2011.
91. Szyszko J., *Zasoby energetyczne Polski podstawą jej bezpieczeństwa i zrównoważonego rozwoju w: Energetyka a ochrona środowiska naturalnego w skali globalnej i lokalnej*, red. nauk. B. Kościak, M. Sławińska, Katolicki Uniwersytet Lubelski Jana Pawła II, Warszawa 2009.
92. *Taryfa w zakresie dostarczania paliw gazowych nr 5/2012*, [http://www.pgnig.pl/binSrc?docId=35110&paramName=BINARYOBJ\\_FILE&index=0&language=PL&forceSave=yes&fname=TARYFA\\_PGNiG\\_SA\\_5.2012.pdf](http://www.pgnig.pl/binSrc?docId=35110&paramName=BINARYOBJ_FILE&index=0&language=PL&forceSave=yes&fname=TARYFA_PGNiG_SA_5.2012.pdf) (data dostępu 10.06.2012).
93. Tomaszewski K., *Gospodarowanie energią będzie bardziej oszczędne*, „Dziennik Gazeta Prawna” nr 68, 07 kwietnia 2011.
94. Ustawa z dnia 15 kwietnia 2011r., o efektywności energetycznej, (Dz. U. Nr 94, poz. 551).
95. Wasilewski A., *Ropa naftowa w XX wieku*, Instytut Nafty i Gazu, Kraków 2011.
96. *Węgiel zdrożał o 100%*, [http://www.se.pl/wydarzenia/kraj/wegiel-zdroza-o-100-procent\\_212246.html](http://www.se.pl/wydarzenia/kraj/wegiel-zdroza-o-100-procent_212246.html), (data dostępu 15.04.2012) s. 1.
97. *Wskaźniki cen towarów i usług konsumpcyjnych w kwietniu 2012*, [http://www.stat.gov.pl/cps/rde/xbr/gus/ch\\_inflacja\\_04m\\_2012.pdf](http://www.stat.gov.pl/cps/rde/xbr/gus/ch_inflacja_04m_2012.pdf) (data dostępu 06.07.2012).
98. *Zalety foliowego ogrzewania sufitowego i podłogowego*, *Polarheat au Francais* <http://www.infraheat.com/> (data dostępu 15.05.2012).
99. Zieliński S., *Skażenie chemiczne w środowisku*, wyd. 2 poprawione i uzupełnione, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2007.
100. Żuchowicki A. W., Żuchowicki J., *Systemy sieci gazowych*, Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Koszalińskiej, Koszalin 2011.
101. Żukowski M., *Ogrzewanie podłogowe*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej, Białystok 2009.