



|      |                                                                            |    |
|------|----------------------------------------------------------------------------|----|
| 1    | Wstęp.....                                                                 | 2  |
| 2    | Przedmiot usługi.....                                                      | 2  |
| 3    | Cel naukowy projektu .....                                                 | 2  |
| 4    | Zakres prac i sposób realizacji zadań badawczych .....                     | 3  |
| 4.1  | Opis innowacyjnej grzałki ceramicznej .....                                | 3  |
| 4.2  | Projekt stanowiska badawczego do pomiaru sprawności badanych grzałek ..... | 4  |
| 5    | Badania.....                                                               | 5  |
| 5.1  | Przykładowe obliczenia.....                                                | 6  |
| 6    | Uzyskane wyniki .....                                                      | 9  |
| 7    | Efektywność a sprawność .....                                              | 10 |
| 7.1  | Porównanie efektywności urządzeń do ogrzewania.....                        | 11 |
| 8    | Porównanie kosztów ogrzewania .....                                        | 13 |
| 9    | Innowacyjność Projektu .....                                               | 14 |
| 10   | Podsumowanie i wnioski.....                                                | 15 |
| 11   | Zalecenia .....                                                            | 16 |
| 11.1 | Zalecany zakres prac .....                                                 | 16 |
| 12   | Spis tabel .....                                                           | 18 |
| 13   | Spis rysunków .....                                                        | 18 |
| 14   | Spis fotografii.....                                                       | 18 |



## 1 Wstęp

W powszechnie stosowanych tradycyjnych metodach podgrzewania cieczy stosuje się grzanie pośrednie wykorzystując do tego celu kotły opalane paliwami kopalnymi, a także za pomocą energii elektrycznej przez pośrednie grzanie grzałkami rezystancyjnymi. W metodach tych występują problemy z zapewnieniem jednorodnego rozkładu temperatury w całej objętości grzania. Niebezpieczne są zwłaszcza miejscowe niekontrolowane przegrzania powodujące trwałe uszkodzenia. Niedoskonałe spalanie, zużycie elementów grzejnych, straty energii na ogrzanie komory czyni tradycyjne metody uciążliwymi ekologicznie, zawodnymi, kłopotliwymi technologicznie oraz energochłonnymi. Innowacyjne zastosowanie grzałek ceramicznych wyeliminuje powyższe wady, ponieważ innowacyjne grzałki mają wyższy współczynnik emisyjności w porównaniu z grzałkami standardowymi. Dzięki temu możliwe jest odprowadzenie większej o 20% ilości ciepła przez promieniowanie. Zatem grzałka rozgrzewa się do tzw. temperatury pracy i nie ma niebezpieczeństwa przegrzania. Metoda posiada bardzo dużą sprawność energetyczną dochodzącą do 99,5%. Ponadto podgrzewany czynnik ma zapewniony równomierny rozkład temperatury w całej objętości, a technologia jest prosta w realizacji i cechuje się dużą niezawodnością. Konwencjonalne kotły mają sprawność energetyczną od 80 do 96%. Wysoką sprawnością cechują się kotły kondensacyjne (96%) na gaz, jednak są wykonane z bardzo drogich materiałów korozjo-odpornych i tak jak wyżej wspomniano występuje w nich szybkie zużycie elementów, straty energii na ogrzanie komory i emisja CO<sub>2</sub>.

## 2 Przedmiot usługi

Przedmiotem usługi były prace badawczo-rozwojowe obejmujące badanie prototypu grzałki ceramicznej pod względem sprawności cieplnej.

## 3 Cel naukowy projektu

Celem naukowym usługi będzie poznanie sprawności cieplnej innowacyjnej grzałki podczas pracy ciągłej i chwilowej dla cieczy. Badania pozwolą poznać realną sprawność badanej grzałki i obliczyć rzeczywiste koszty energii w porównaniu do innych urządzeń grzewczych. Testy będą pomocne w wyznaczeniu parametrów mających najbardziej znaczący wpływ na sprawność i koszty energii.

## 4 Zakres prac i sposób realizacji zadań badawczych

Zakres prac pracownika uczelni będzie obejmował:

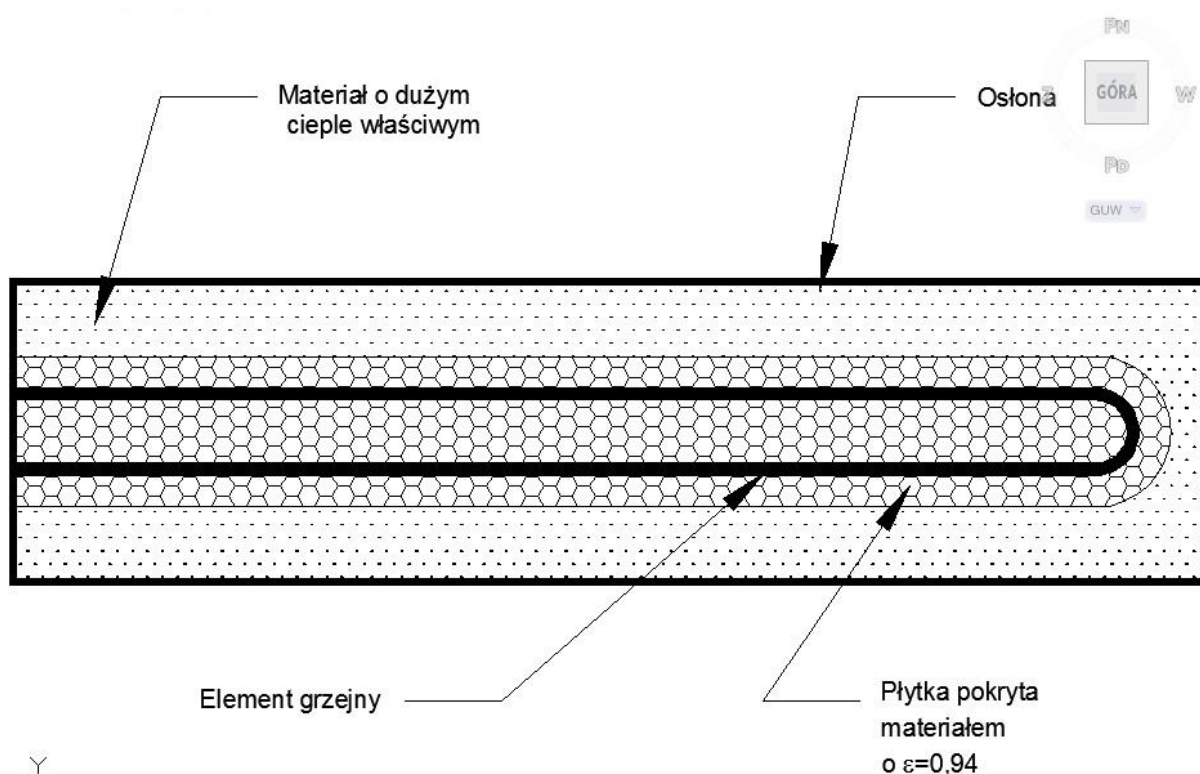
- Projekt stanowiska badawczego umożliwiającego badanie grzałki ceramicznej i standardowej, montaż urządzeń pomiarowych do badania parametrów eksploatacyjnych urządzeń grzewczych.
- Badanie grzałki ceramicznej i instalacji testowej.
- Badanie grzałki standardowej i instalacji testowej.

Sposób realizacji zadań badawczych przez pracownika uczelni będzie obejmował:

- Prowadzenie pomiarów sprawności innowacyjnej grzałki dla różnego zapotrzebowania na energię w stanach stacjonarnych i niestacjonarnych.
- Prowadzenie pomiarów sprawności grzałki standardowej dla różnego zapotrzebowania na energię w stanach stacjonarnych i niestacjonarnych.
- Zgromadzenie nowych danych charakteryzujących przydatność technologiczną kotła elektrodowego.

### 4.1 Opis innowacyjnej grzałki ceramicznej

Początkowym etapem projektu było opracowanie prototypu innowacyjnej grzałki ceramicznej. Projekt grzałki przedstawiono na rysunku 4.1.



Rys. 4.1 Innowacyjna grzałka ceramiczna

Innowacyjne grzałki z powłoką ceramiczną mają wyższy współczynnik emisyjności ( $\epsilon=0,94$  dla innowacyjnej grzałki) w porównaniu z grzałkami standardowymi ( $\epsilon=0,76$ ). Dzięki temu

**Dolnośląski Bon na Innowacje**

Projekt współfinansowany przez Unię Europejską z Europejskiego Funduszu Społecznego w ramach Poddziałania 8.2.1 Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki

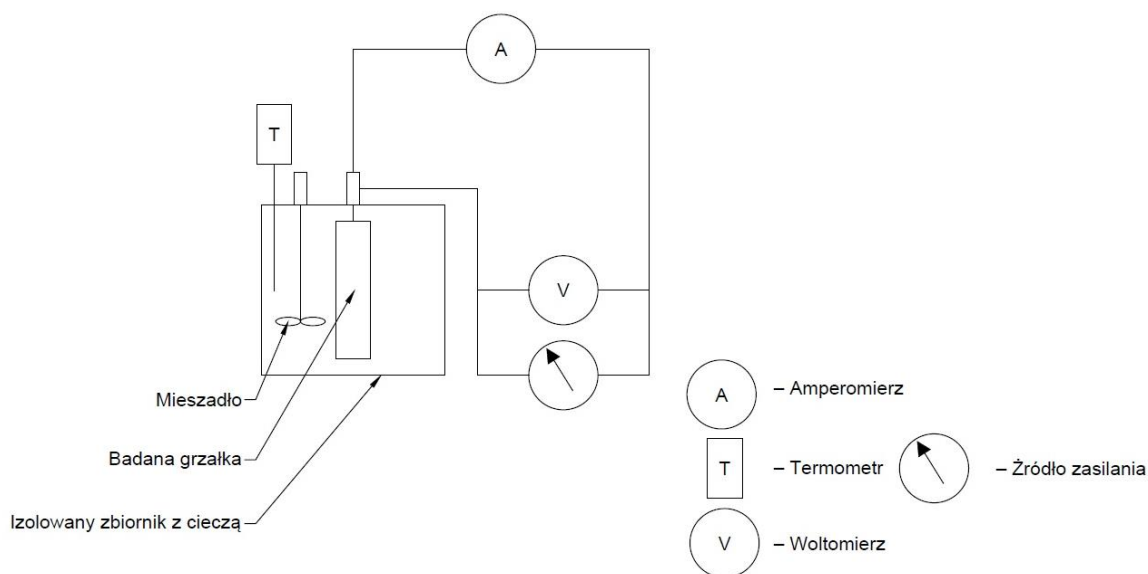
możliwe jest odprowadzenie większej o 20% ilości ciepła przez promieniowanie. Zatem grzałka rozgrzewa się do tzw. temperatury pracy i nie ma niebezpieczeństwa przegrzania. Metoda posiada bardzo dużą sprawność energetyczną dochodzącą do 99,5%.



Fot. 4.1 Zdjęcie innowacyjnej grzałki

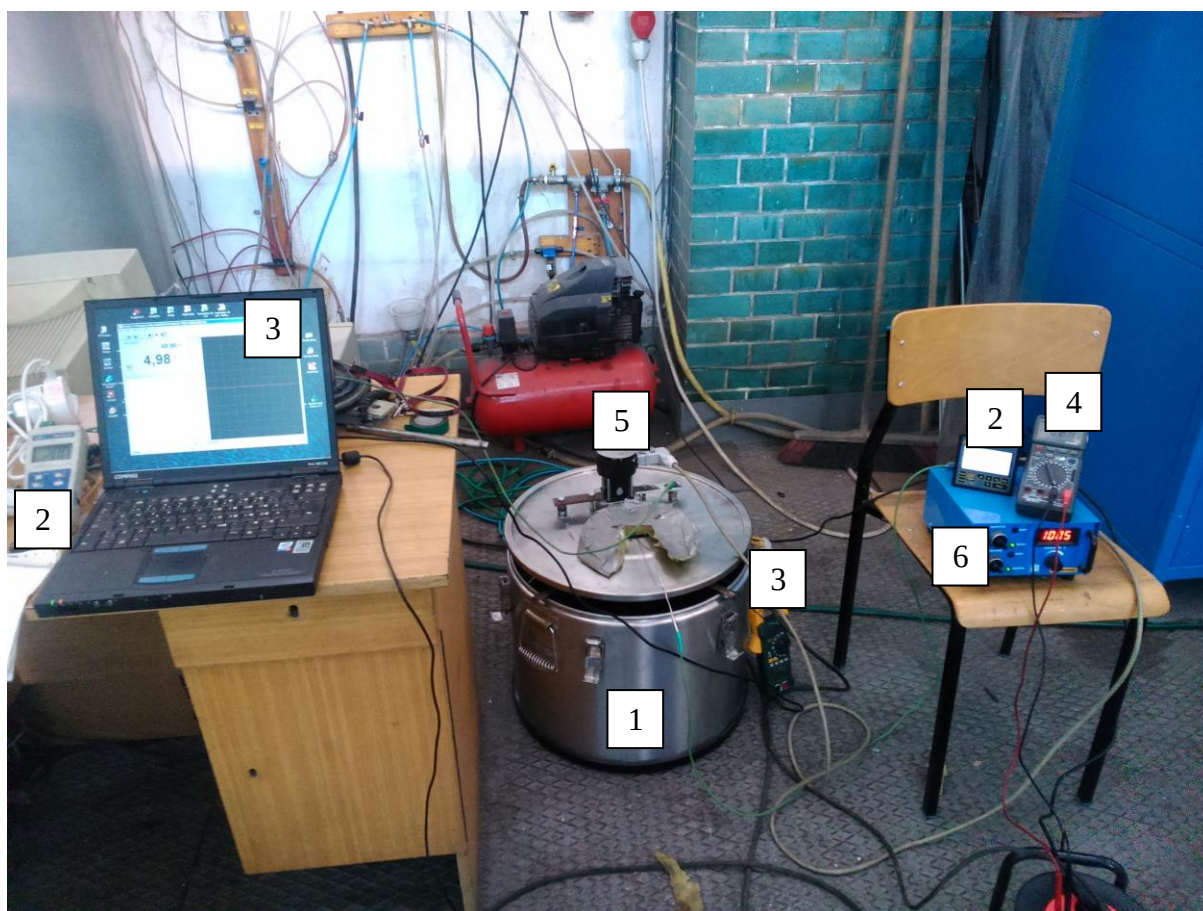
## 4.2 Projekt stanowiska badawczego do pomiaru sprawności badanych grzałek

Poniżej na rysunku 4.2 przedstawiono projekt instalacji grzewczej



Rys. 4.2 Schemat instalacji do badania sprawności grzałki

Na fotografii 4.2 znajdują się elementy zaprojektowanej instalacji grzewczej z kotłem elektrodowym wg schematu przedstawionego na rysunku 4.2



Fot. 4.2 Fotografia wraz z opisem elementów schematu instalacji do badania grzałki

W skład stanowiska wchodzi: izolowany zbiornik wodny (1), mierniki temperatury wody (2), amperomierz w raz z oprzyrządowaniem (3), woltomierz (4), mieszadło (5), regulator prędkości obrotowej mieszadła (6)

## 5 Badania

Badania ilości wytworzonego ciepła prowadzono przy użyciu urządzeń pomiarowych pokazanych na rysunkach 5.1 i 5.2.

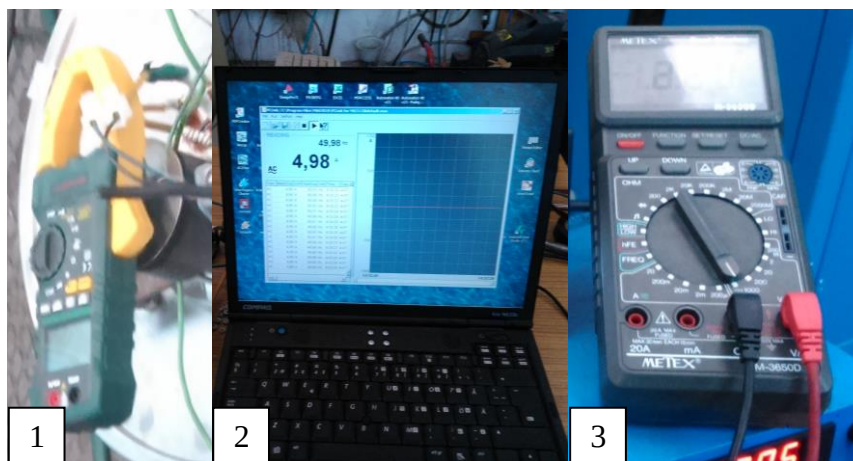


Fot. 5.1 Aparatura badawcza do pomiaru ilości wytworzonego ciepła i temperatury czynnika obiegowego

**Dolnośląski Bon na Innowacje**

Projekt współfinansowany przez Unię Europejską z Europejskiego Funduszu Społecznego w ramach Poddziałania 8.2.1 Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki

W skład aparatury badawczej do pomiaru ilości wytworzonego ciepła i temperatury czynnika wchodzi (rys.5.1): (1) Miernik do termopary typu K, (2) Urządzenie rejestrujące aktualną temperaturę w czasie



Fot. 5.2 Aparatura badawcza do pomiaru ilości pobranej energii elektrycznej

W skład aparatury badawczej do pomiaru ilości pobranej energii elektrycznej wchodzi (rys.5.2): (1) Amperomierz, (2) Komputer rejestrujący aktualne napięcie i natężenie prądu w czasie, (3) Woltomierz (3)

### 5.1 Przykładowe obliczenia

Badania sprawności cieplnej przeprowadzono dla 2 grzałek: innowacyjnej i standardowej. Oznaczenia:  $V_1$ –objętość podgrzewanej wody,  $t_1$ –temperatura początkowa procesu,  $t_2$ –temperatura końcowa procesu,  $U$ –średnie napięcie prądu podczas pomiaru,  $I$ –średnie natężenie prądu podczas pomiaru,  $\tau$ –czas trwania pomiaru,  $P$ –obliczeniowa moc grzałki,  $Q_p$ –ilość ciepła pobrana przez urządzenie podczas trwania pomiaru,  $Q_{w2}$ –ilość ciepła zawartego w wodzie po zakończeniu pomiaru,  $Q_{w1}$ –ilość ciepła zawartego w wodzie przed pomiarem.  $Q_{w1}$ –ilość ciepła odebranego przez wodę podczas trwania pomiaru,  $\eta$ –Sprawność procesu grzania.

Poniżej na rysunku 5.1 przedstawiono obliczenia sprawności cieplnej innowacyjnej grzałki ceramicznej.

Innowacyjna grzałka ceramiczna

$$V_1 := 32 \text{ liter} \quad t_1 := 22.3 \quad t_2 := 44.4 \quad U := 227.5 \text{ V} \quad I := 4.82 \text{ A} \quad \tau := 45 \text{ min}$$

$$P := U \cdot I \quad P = 1096.55 \text{ W}$$

$$Q_p := P \cdot \tau \quad Q_p = 2960685 \text{ J} \quad Q_p = 0.822 \cdot \text{kW} \cdot \text{hr}$$

$$U \cdot I = 1.097 \cdot \text{kW}$$

$$Q_p = 2960.685 \cdot \text{kJ}$$

$$Q_{w2} := V_1 \cdot \rho(t_1, p_b) \cdot C_{p_w}(t_2, p_b) \cdot t_2 \cdot K$$

$$Q_{w2} = 5925.261 \cdot \text{kJ}$$

$$Q_{w1} := V_1 \cdot \rho(t_1, p_b) \cdot C_{p_w}(t_1, p_b) \cdot t_1 \cdot K$$

$$Q_{w1} = 2976.769 \text{ kJ}$$

$$Q_w := Q_{w2} - Q_{w1}$$

$$Q_w = 0.819 \text{ kW} \cdot \text{hr}$$

$$Q_p = 0.822 \text{ kW} \cdot \text{hr}$$

$$\eta := \frac{Q_w}{Q_p} \quad Q_w = 2948 \text{ kJ} \quad Q_p = 2961 \text{ kJ}$$

$$\eta = 99.6\%$$

Rys. 5.1 Obliczenia sprawności cieplnej dla innowacyjnej grzałki ceramicznej

Poniżej na rysunku 5.2 przedstawiono przykładowe obliczenia sprawności dla standardowej grzałki.

Standardowa grzałka oporowa

$$V_1 := 32 \text{ liter} \quad t_1 := 17.1 \quad t_2 := 46.4 \quad U := 228 \text{ V} \quad I := 6.26 \text{ A} \quad \tau := 45 \text{ min}$$

$$P := U \cdot I \quad P = 1427.28 \text{ W}$$

$$Q_p := P \cdot \tau \quad Q_p = 3853656 \text{ J} \quad Q_p = 1.07 \text{ kW} \cdot \text{hr}$$

$$U \cdot I = 1.427 \text{ kW}$$

$$Q_p = 3853.656 \text{ kJ}$$

$$Q_{w2} := V_1 \cdot \rho \cdot (t_1 \cdot p_b) \cdot C_{p_w} (t_2 \cdot p_b) \cdot t_2 \cdot K$$

$$Q_{w2} = 6198.75 \text{ kJ}$$

$$Q_{w1} := V_1 \cdot \rho \cdot (t_1 \cdot p_b) \cdot C_{p_w} (t_1 \cdot p_b) \cdot t_1 \cdot K$$

$$Q_{w1} = 2366.589 \text{ kJ}$$

$$Q_w := Q_{w2} - Q_{w1}$$

$$Q_w = 1.064 \text{ kW} \cdot \text{hr} \quad Q_w = 3832 \text{ kJ}$$

$$Q_p = 1.07 \text{ kW} \cdot \text{hr} \quad Q_p = 3854 \text{ kJ}$$

$$\eta := \frac{Q_w}{Q_p}$$

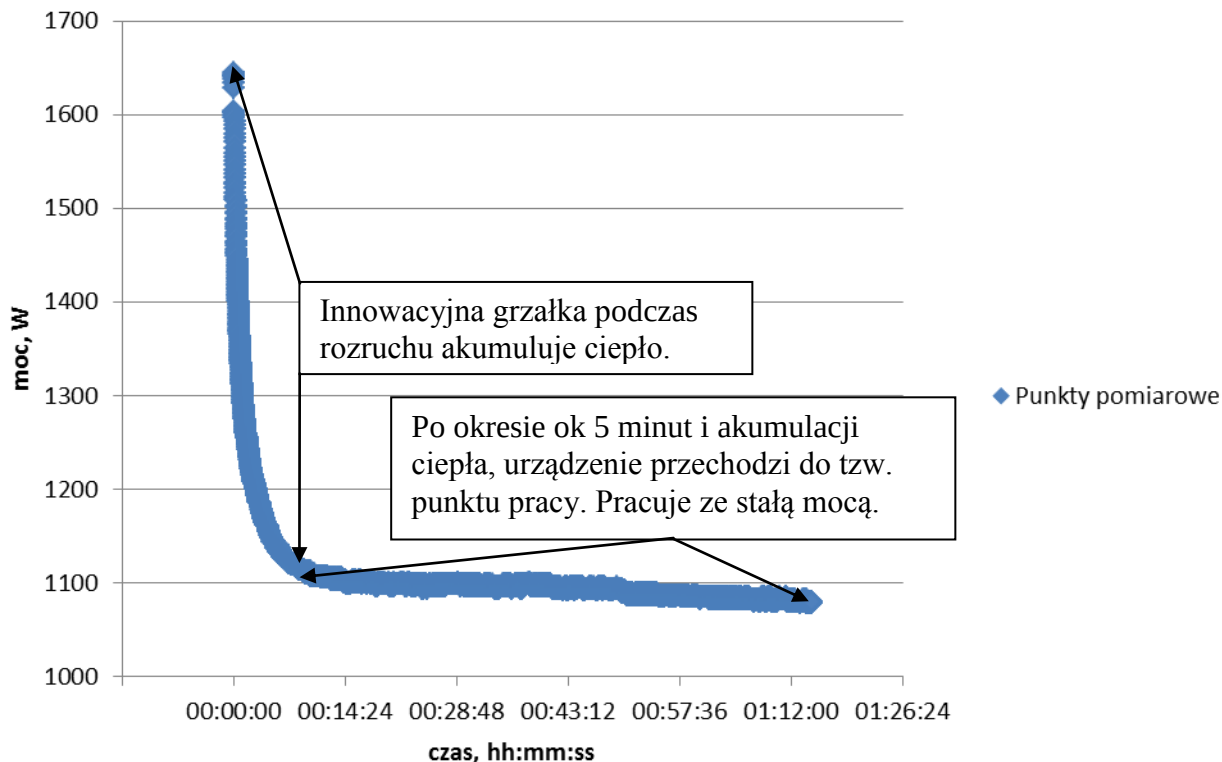
$$\eta = 99.4\%$$

Rys. 5.2 Obliczenia sprawności cieplnej dla standardowej grzałki

Przeprowadzone pomiary wykazały, że obydwie badane grzałki mają sprawność rzędu 99,5% co jest najwyższą sprawnością możliwą do osiągnięcia przez i urządzenia grzewcze.

## 6 Uzyskane wyniki

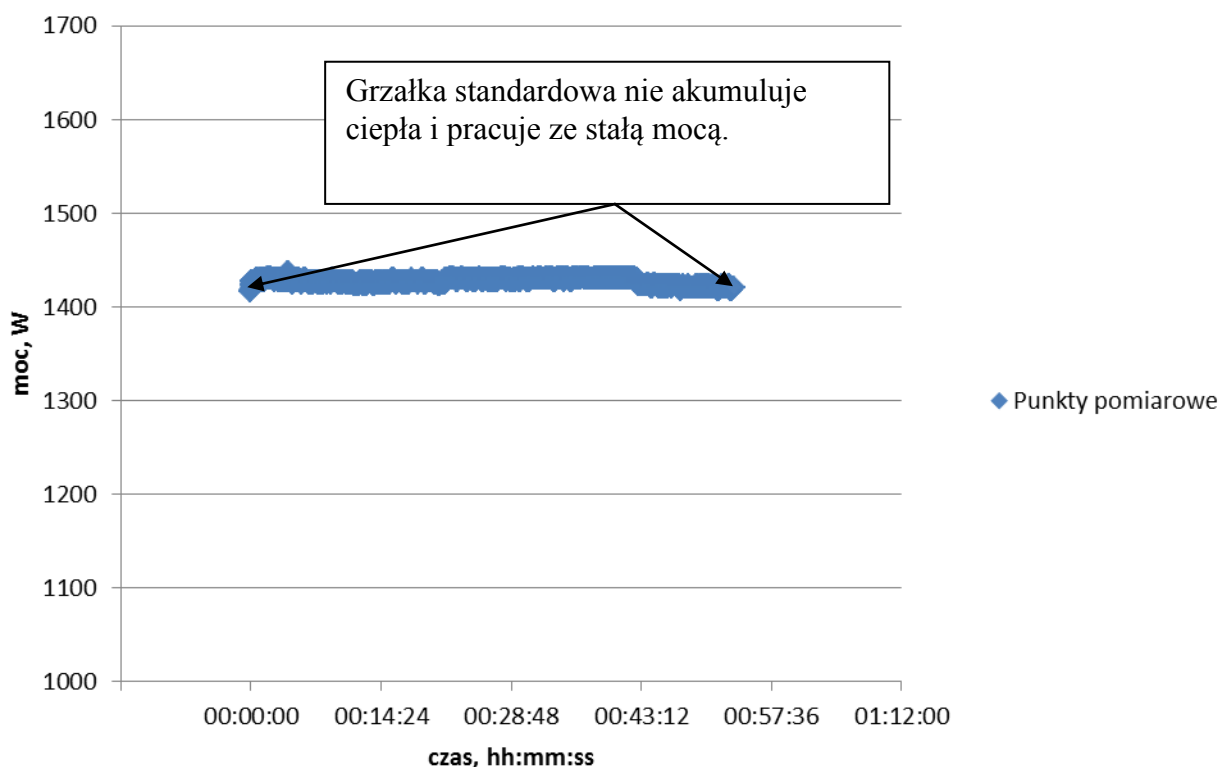
Poniżej na rysunku 5.3 przedstawiono wykres mocy innowacyjnej grzałki o powłoce ceramicznej.



Rys. 6.1 Wykres poboru mocy przez innowacyjną grzałkę

Z rysunku 5.3 wynika, że innowacyjna grzałka posiada zdolność do akumulacji ciepła. W początkowym etapie grzania akumuluje ciepło w osłonie wypełnionej materiałem o wysokim cieple właściwym (fot. 4.1 i rys. 4.1). Dzięki wysokiemu współczynnikowi emisyjności  $\varepsilon=0,94$  temperatura na powierzchni grzałki wynosi  $340^{\circ}\text{C}$ . Grzałka w wyniku zastosowania odpowiedniej powłoki emituje ciepło w postaci promieniowania. Zastosowanie materiału o emisyjności  $\varepsilon=0,94$ , pomaga skuteczniej wyprowadzać ciepło. Z uwagi na akumulację i lepsze w porównaniu do tradycyjnej grzałki odprowadzenie ciepła nie występuje problem z jej przegrzaniem. Urządzenie grzewcze nie ma styczności z ogrzewanym czynnikiem, toteż nie występuje ryzyko osadzenia się kamienia na grzałce. Po zakończeniu pomiarów grzałka oddaje zakumulowane ciepło do czynnika ogrzewanego.

Poniżej na rysunku 5.4 przedstawiono wykres mocy standardowej grzałki oporowej.



Rys. 6.2 Wykres poboru mocy przez grzałkę oporową

Rysunek 5.4 prezentuje pobieraną moc grzałki rezystancyjnej podczas badań. Z wykresu wynika, że grzałka oddaje całe ciepło do czynnika ogrzewanego( nie występuje zjawisko akumulacji). Temperatura urządzenia wynosi 180°C. Dodatkowo grzałka ma styczność z ogrzewaną cieczą. Powodować to może narastanie kamienia w konsekwencji wzrost temperatury grzałki, aż do jej całkowitego przegrzania i awarii. W innowacyjnej grzałce ceramicznej ryzyko to nie występuje.

## 7 Efektywność a sprawność

Dyrektywa 2010/30/EU o oznakowaniu energetycznym urządzeń energetycznych przewiduje wprowadzenie klas efektywności energetycznej dla urządzeń grzewczych. W zatwierdzonym przez Komisję Europejską rozporządzeniu jako aktu delegowanego Dyrektywy 2010/30/EU w zakresie Lot 1 występuje następujący podział klas energetycznych dla urządzeń grzewczych (tabela 6.1 ).

Tab. 7.1 Klasy energetyczne urządzeń grzewczych c.o. wg projektu Lot 1

|                                                                                    | Klasa energetyczna dla urządzenia grzewczego | Sezonowa efektywność energetyczna urządzeń grzewczych $\eta_s$ w % , poza pompami ciepła niskotemperaturowymi LT |
|------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   | A+++                                         | $\eta_s = 150$                                                                                                   |
|   | A++                                          | $125 = \eta_s < 150$                                                                                             |
|   | A+                                           | $98 = \eta_s < 125$                                                                                              |
|   | A                                            | $90 = \eta_s < 98$                                                                                               |
|   | B                                            | $82 = \eta_s < 90$                                                                                               |
|   | C                                            | $75 = \eta_s < 82$                                                                                               |
|   | D                                            | $37 = \eta_s < 75$                                                                                               |
|  | E                                            | $34 = \eta_s < 37$                                                                                               |
|                                                                                    | F                                            | $30 = \eta_s < 34$                                                                                               |
|                                                                                    | G                                            | $\eta_s < 30$                                                                                                    |

Podstawą przypisania urządzenia do konkretnej klasy energetycznej jest wyliczona wartość sezonowego współczynnika efektywności urządzenia. Określa on stosunek wykorzystanej energii do zużytej energii pierwotnej. Wartość współczynnika nakładu energii pierwotnej w ramach tego rozporządzenia została zmodyfikowana w taki sposób, że nie obejmuje energii związanej z transportem paliwa. Przyjęto, że średni europejski współczynnik nakładu energii pierwotnej dla energii elektrycznej wynosi 2,5 (nie uwzględniono strat przesyłowych energii elektrycznej), a dla gazu ziemnego lub olejowego wynosi on 1,0 (a nie 1,1, czyli również bez strat przesyłowych). W trakcie wieloletnich negocjacji projektu rozporządzenia dot. Lot 1, zrezygnowano z pierwotnego planu umieszczenia na etykietach wartości współczynnika efektywności energetycznej  $\eta_s$ . Pozwoliłoby to lepiej rozróżniać efektywność urządzeń w ramach konkretnych klas energetycznych. Prawdopodobnie producenci urządzeń grzewczych będą jednak powszechnie używać współczynnik  $\eta_s$  w nowych reklamach urządzeń. W przypadku wykorzystywania przez urządzenie grzewcze energii z odnawialnych źródeł oraz systemów kogeneracji ciepła i prądu możliwe będzie uzyskanie wysokiej efektywności powyżej 100%, a urządzenie takie oznaczone zostanie klasą powyżej A (A+, A++, A+++). Najwyższe klasy energetyczne: A++ i A+++ będą w stanie osiągać tylko sprężarkowe pompy ciepła, zasilane energią elektryczną. Projekt rozporządzenia przewiduje trzy etapy wprowadzenia oznakowania energetycznego urządzeń w ramach Lot 1: - dobrowolny – możliwy od wprowadzenia, opublikowanie w oficjalnym dzienniku urzędowym Unii Europejskiej od 07/2013, - obowiązkowy ze skalą od G do A++ (bez obowiązku pokazywania A+++)- po 07/2015, - obowiązkowy ze skalą od G do A+++ (z obowiązkiem pokazywania A+++)- po 07/2018.

## 7.1 Porównanie efektywności urządzeń do ogrzewania

Do oszacowania klasy energetycznej kotła elektrodowego przyjęto Współczynnik nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej z uwzględnieniem strat (tab. 6.2)

### Dolnośląski Bon na Innowacje

Projekt współfinansowany przez Unię Europejską z Europejskiego Funduszu Społecznego w ramach Poddziałania 8.2.1 Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki

Tab. 7.2 Współczynnik nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej  $w_i$  na wytworzenie i dostarczenie nośnika energii lub energii do budynku

| L.p. | Nośnik energii końcowej            |                                           | Współczynnik nakładu $w_i$ |
|------|------------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------|
| 1    | 2                                  |                                           | 3                          |
| 1    | Paliwa                             | Olej opałowy                              | 1,1                        |
| 2    |                                    | Gaz ziemny                                | 1,1                        |
| 3    |                                    | Gaz płynny                                | 1,1                        |
| 4    |                                    | Węgiel kamienny                           | 1,1                        |
| 5    |                                    | Węgiel brunatny                           | 1,1                        |
| 6    |                                    | Biomasa                                   | 0,2                        |
| 7    | Ciepło z Kogeneracji <sup>1)</sup> | Węgiel kamienny, gaz ziemny <sup>3)</sup> | 0,8                        |
| 8    |                                    | Energia odnawialna (biogaz, biomasa)      | 0,15                       |
| 9    | Systemy ciepłownicze lokalne       | Ciepło z ciepłowni węglowej               | 1,3                        |
| 10   |                                    | Ciepło z ciepłowni gazowej/olejowej       | 1,2                        |
| 11   |                                    | Ciepło z ciepłowni na biomasę             | 0,2                        |
| 12   | Energia elektryczna                | Produkcja mieszana <sup>2)</sup>          | 3,0                        |
| 13   |                                    | Systemy PV <sup>4)</sup>                  | 0,70                       |

1) skojarzona produkcji energii elektrycznej i ciepła,  
2) dotyczy zasilania z sieci elektroenergetycznej systemowej,  
3) w przypadku braku informacji o parametrach energetycznych ciepła sieciowego z elektrociepłowni (kogeneracja), przyjmuje się  $w_H = 1,2$ ,  
4) ogniwa fotowoltaiczne (produkcja energii elektrycznej z energii słonecznej)  
Uwaga: kolektor słoneczny termiczny –  $w_H = 0,0$

- Grzałka o  $\eta_{ke} = 99,6\%$

$$\eta_s \frac{\eta_{ke}}{w_i(\text{tab. 6.2 poz. 12})} = \frac{99,99}{3} \% = 33,2\% \dots \Rightarrow \text{wg tab. 6.1 Klasa F}$$

- Pompa ciepła o współczynniku SCOP (SPF) = 4,3

$$\eta_s \frac{SPF}{w_i(\text{tab. 6.2 poz. 12})} = \frac{4,3}{3} \% = 143\% \dots \Rightarrow \text{wg tab. 6.1 Klasa A++}$$

Z powyższych rozważań wynika, że mając urządzenie grzewcze o najwyższej możliwej do osiągnięcia sprawności musimy liczyć się z tym, że grzałka zarówno innowacyjna jak i oporowa jest nie efektywna. Analizując współczynniki nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej (tab. 6.2), możemy zauważyć, że produkując prąd z PV (czyli ogniw fotowoltanicznych) i zasilając nim grzałkę zmienia się współczynnik nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej  $w_i = 0,7$

Zatem

- Innowacyjna grzałka o  $\eta_{ke} = 99,6\%$

### Dolnośląski Bon na Innowacje

Projekt współfinansowany przez Unię Europejską z Europejskiego Funduszu Społecznego w ramach Poddziałania 8.2.1 Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki

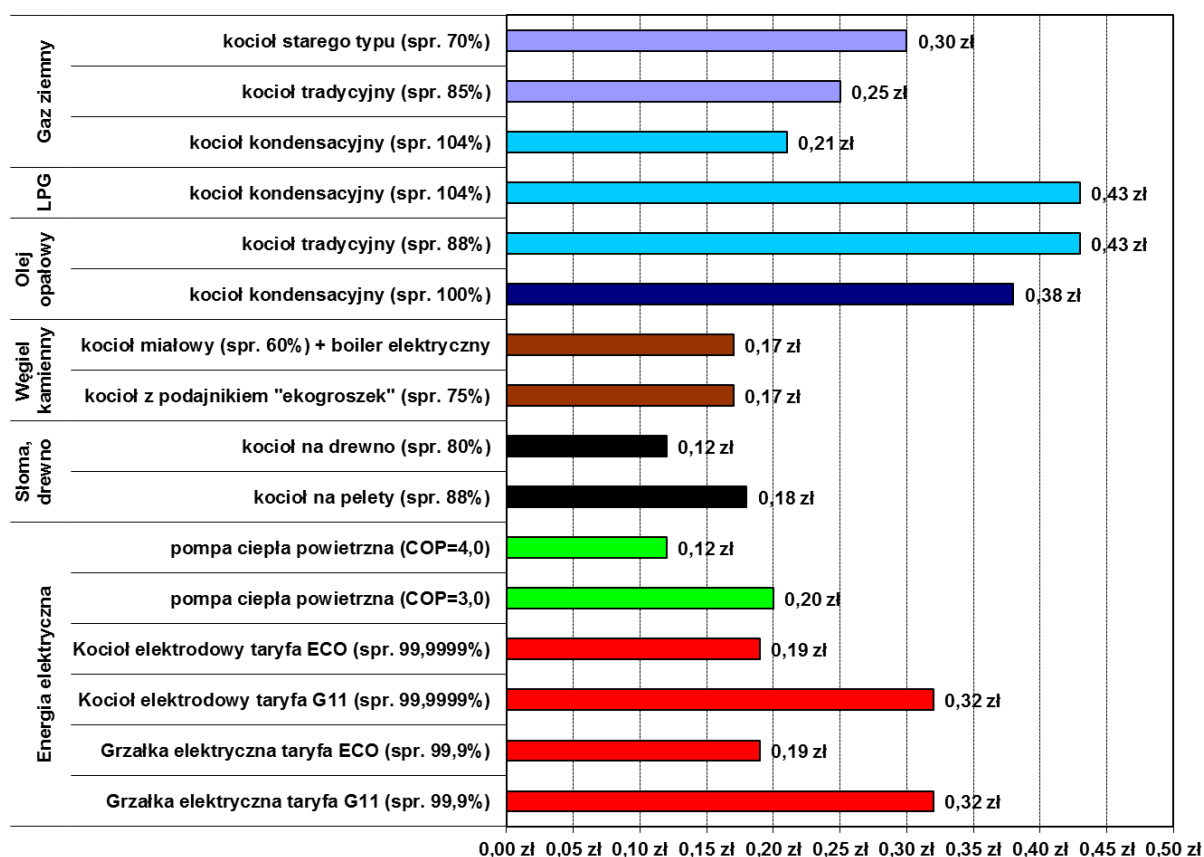
$$\eta_s \frac{\eta_{ke}}{w_i (\text{tab. 6.2 poz. 13})} = \frac{99,6}{0,7} \% = 142\% \dots \Rightarrow \text{wg tab. 6.1 Klasa A++}$$

Podsumowując odpowiednie zasilanie energią odnawialną czyni grzałki wysoce efektywne. Jednak obecnie pobierając prąd z sieci musimy się liczyć z tym, że Obie grzałki zaliczane są do klasy efektywności F

## 8 Porównanie kosztów ogrzewania

Koszty ogrzewania domu wraz z podgrzewaniem ciepłej wody użytkowej stanowią przeciętnie od 70 do 80% rocznych kosztów eksploatacji domu. Tak więc od zastosowanego rozwiązania grzewczego zależeć będzie większość stałych wydatków ponoszonych na utrzymanie domu.

Koszty ogrzewania domu zależą od wielu czynników, w pierwszym rzędzie od jego standardu izolacyjności cieplnej, a następnie od rodzaju paliwa, nośnika energii i sprawności systemu grzewczego. W zależności od wyboru paliwa czy nośnika energii, można porównać z dużym przybliżeniem koszty wytworzenia 1 kWh ciepła i tym samym ogrzewania domu.



Rys. 8.1 Porównanie kosztów wytworzenia 1 kWh ciepła energii dla różnych nośników

Na rysunku 7.1 zostały pokazane koszty wytworzenia 1 kWh ciepła energii dla różnych nośników. Przyjęte do porównania koszty ogrzewania i sprawności źródeł ciepła wynikają z

**Dolnośląski Bon na Innowacje**

Projekt współfinansowany przez Unię Europejską z Europejskiego Funduszu Społecznego w ramach Poddziałania 8.2.1 Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki

szacunków. Znaczne obniżenie sprawności urządzeń grzewczych na paliwo stałe może wynikać ze stosowania paliwa nienajlepszej jakości i niewłaściwie dobranej mocy kotła do potrzeb cieplnych budynku. Szczególnie w przypadku kotłów na paliwo stałe (węgiel, drewno, słoma) zachodzi znaczne obniżenie sprawności w okresie letnim i przejściowych, mające wpływ na sprawność średnioroczną. Obniżenie sprawności kotłów na paliwo stałe następuje wówczas w trybie podgrzewania ciepłej wody użytkowej, gdzie zapotrzebowanie na ciepło występuje sporadycznie w ciągu dnia. Duża pojemność wodna kotłów na paliwo stałe wymusza podgrzanie schłodzonej wody kotłowej (straty rozruchowe), a następnie oddawanie zbędnego ciepła do otoczenia (straty postojowe).

Ceny poszczególnych nośników

- ❑ Gaz ziemny – rzeczywiste (w zależności od ilości zużywane gazu); wg aktualnych taryf jednego ze sprzedawców należącego do grupy PGNiG (taryfa W-3); w analizowanym domu: kocioł starego typu: 2,09 zł brutto/m<sup>3</sup> (dla zużycia gazu: 3520 m<sup>3</sup>/rok), kocioł tradycyjny: 2,13 zł brutto/m<sup>3</sup> (dla zużycia gazu: 2.900 m<sup>3</sup>/rok), kocioł kondensacyjny: 2,20 zł brutto/m<sup>3</sup> (zużycie gazu: 2.370 m<sup>3</sup>/rok)
- ❑ Olej opałowy – ceny detaliczne: 3,87 zł brutto/litr (za: olej-opałowy.pl)
- ❑ Gaz płynny – cena gazu płynnego może zmieniać się w ciągu roku i na przestrzeni kilku lat. Cena zakupu zależy również od wybranego dostawcy paliwa. W lipcu 2013r. średnia cena gazu płynnego w kraju wynosi 2,99 zł/litr (za: cena propanu.pl)
- ❑ Węgiel – ceny rynkowe zakupu paliw o potwierdzonej jakości (polscy producenci); „ekogroszek”: 900 zł brutto/tonę, miał: 500 zł brutto/tonę; „kocioł mialowy + bojler elektryczny” – przyjęto, że w okresie ciepłym (5 miesięcy w roku), woda użytkowa ogrzewana jest grzałką elektryczną zabudowaną w bojlerze Drewno opałowe – cena zależy od rodzaju drewna i jego jakości, do porównania przyjęto cenę drewna: 180 zł brutto/m.p., peletu: 850 zł brutto/tonę
- ❑ Energia elektryczna – ceny średnie, pompa ciepła gruntowa, taryfa G12 (noc/dzień w proporcji 60/40% zużycia energii rocznie); pompa powietrzna, taryfa G11; kocioł elektrodowy taryfa G11 i taryfa ECO ogrzewanie w proporcji noc/dzień: 80/20%

Dla grzałki (obecna taryfa G11 wraz z opłatami eksploatacyjnymi):

$$0,58 \frac{\text{PLN}}{\text{kWh}} \cdot 0,822 \text{ kWh} = 0,48 \text{ PLN}$$

W przypadku zastosowania taryfy ECO dla grzałki umieszczonej w bojlerze opłata za kWh wyniesie 0,30 PLN wraz z opłatami przesyłowymi.

Dla grzałki( taryfa ECO wraz z opłatami eksploatacyjnymi):

$$0,30 \frac{\text{PLN}}{\text{kWh}} \cdot 0,822 \text{ kWh} = 0,24 \text{ PLN}$$

Podsumowując istnieje możliwość obniżenia kosztów ogrzewania wody użytkowej o 50%, co w konsekwencji doprowadzi do tego, że grzałka będzie najtańszym urządzeniem grzewczym na rynku porównywalnym z bardzo drogimi kotłami kondensacyjnymi i pompami ciepła.

## 9 Innowacyjność Projektu

Po przeprowadzonych badaniach można stwierdzić, że grzałka z powłoką o dużym współczynniku emisyjności posiada cechy innowacyjne do których należy:

- Powłoka o emisyjności  $\epsilon=0,94$ , dzięki której odprowadzamy ciepło nie tylko przez konwekcję, ale także przez promieniowanie.

**Dolnośląski Bon na Innowacje**

Projekt współfinansowany przez Unię Europejską z Europejskiego Funduszu Społecznego w ramach  
Poddziałania 8.2.1 Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki

- Wysoka temperatura ok 340°C powierzchni urządzenia grzewczego przyczynia się do lepszego odprowadzenia ciepła.
- Zastosowany materiał o wysokiej pojemności cieplnej zgromadzony w osłonie urządzenia pozwala akumulować energię(rys. 5.3), co przez odpowiednie dobranie taryfy pozwala obniżyć koszty ogrzewania o 50%.
- Odizolowanie grzałki od ogrzewanego czynnika, umożliwia zmniejszenie do zera ryzyka osadzenia się kamienia na powierzchni grzałki, który może pomniejszyć jej sprawność i doprowadzić do przegrzania lub awarii.
- Zastosowanie ogrzewania elektrycznego pozwoli ograniczyć emisję gazów szkodliwych (CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> SO<sub>2</sub>, Hg), a także redukujemy do zera wydatki związane z zakupem paliwa stałego lub gazowego.
- to iż podgrzewany czynnik ma zapewniony równomierny rozkład temperatury w całej objętości, a technologia jest prosta w realizacji i cechuje się dużą niezawodnością.

## 10 Podsumowanie i wnioski

W wyniku przeprowadzonych badań i prac pojawi się nowy produkt na rynku (Innowacyjna grzałka z powłoką ceramiczną). Montaż grzałek jest tańszy od montażu kotłów tych opalanych paliwami kopalnymi i biomasą. Jednocześnie redukujemy do zera wydatki związane z zakupem paliwa stałego lub gazowego. Innowacyjna grzałka będzie nowością w województwie dolnośląskim, gdyż dotychczas montowane są grzałki standardowe o współczynniku emisyjności  $\varepsilon=0,74$ . W planach UE jest rozporządzenie, które będzie zakazywało palenia węglem kamiennym w domkach jednorodzinnych i budynkach. Obecnie w Dani wydano zakaz stosowania kotłów opalanych paliwami kopalnymi. W województwie małopolskim również obowiązuje zakaz palenia węglem. W województwie dolnośląskim również rozważa się zakaz palenia węglem. Innowacyjna grzałka będzie więc znakomitą alternatywą dla kotłów opalanych paliwami kopalnymi i grzałek standardowych. Zastąpienie kotłów konwencjonalnych(opalanych paliwami kopalnymi) grzałkami nie tylko pomoże ograniczyć emisję gazów szkodliwych (CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> SO<sub>2</sub>), pozwoli również zmniejszyć zależność od importu paliw i pomoże utrzymać zasoby krajowych rezerw strategicznych. Prototyp grzałki oferowanej przez firmę Biznes-InPro umożliwi uzyskanie najwyższej sprawności. Będzie produktem uniwersalnym jedyną grzałką ceramiczną do ogrzewania nie tylko w województwie dolnośląskim ale w całej Polsce. Podczas pracy innowacyjnej grzałki uniknie się ryzyka awarii i odstawienia z powodu różnych parametrów fizykochemicznych cieczy(osadzenia się kamienia na powierzchniach ogrzewalnych). Zwiększy się niezawodność i dyspozycyjność urządzenia . W ten sposób obniży się koszty na potrzeby serwisowania. Produkt (grzałka ceramiczna) i zostanie wdrożony do użytkowania. Odbiorcami produktu będą właściciele domków jednorodzinnych, kamienic i suszarnie oraz budynki mieszkalne. Dzięki wynikom badań uzyskanych w wyniku realizacji projektu ułatwi się potencjalnemu odbiorcy podjęcie decyzji o kupnie i instalacji innowacyjnej grzałki. Do tego celu potrzebne były wyniki badań potwierdzające wysoką sprawność,. Dlatego uzyskanie Dolnośląskiego Bonu na Innowacje było jednym z wielu punktów do realizacji głównego celu, czyli wdrożenia innowacyjnej technologii grzałek ceramicznych.

## 11 Zalecenia

Jednak, aby można wdrożyć projekt do produkcji potrzebne są badania trwałości i niezawodności grzałki w tym celu należało by przeprowadzić dodatkowe badania, które pokazano na rysunku 10.1.

Zastosowana w projekcie metodyka badań zawiera część doświadczalną i obliczeniową:

- część doświadczalna obejmuje badania laboratoryjne: sprawności cieplnej, ilości zakumulowanego ciepła w czasie testu oraz niezawodność i trwałość;
- część obliczeniowa obejmuje interpretację uzyskanych wyników oraz wskazanie najlepszych materiałów dzięki którym uzyskamy najwyższą efektywność procesu podgrzewania

### 11.1 Zalecany zakres prac

Zakres prac będzie obejmował:

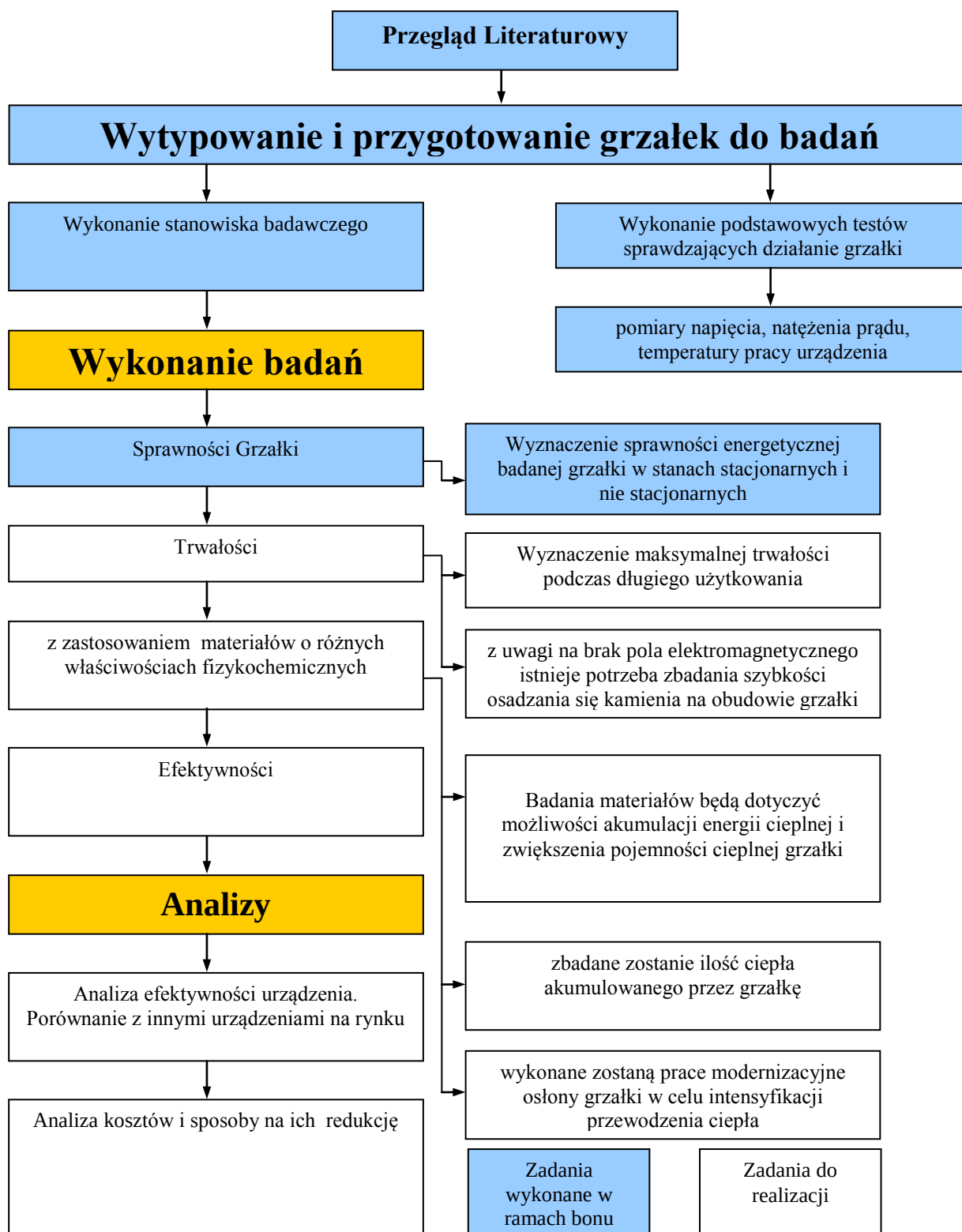
- Projekt instalacji grzewczej z grzałkami ceramicznymi w laboratorium firmy, montaż mierników do pomiaru właściwości fizycznych w celu dokładnego pomiaru parametrów eksploatacyjnych urządzenia grzewczego.
- Badanie grzałki konwencjonalnej i instalacji testowej.
- Badanie prototypu grzałki ceramicznej i instalacji testowej
- Badanie i dobór parametrów pozwalających osiągnąć najwyższą sprawność.
- Badanie i dobór materiałów do akumulacji ciepła
- Badanie trwałości grzałki
- Badanie niezawodności

Sposób realizacji zadań badawczych będzie obejmował:

- Prowadzenie pomiarów sprawności prototypu grzałki ceramicznej dla różnego zapotrzebowania na energię.
- Prowadzenie pomiarów zużycia energii elektrycznej i obliczenie rzeczywistych kosztów eksploatacyjnych.
- Prowadzenie pomiarów akumulacji ciepła dla różnych materiałów o niejednakowych właściwościach fizyko-chemicznych
- Prowadzenie pomiarów trwałości
- Prowadzenie pomiarów niezawodności

Znajomość powyższych właściwości ma kluczowe znaczenie dla projektowania, instalacji grzewczej i doboru mocy grzałki, jak również ma znaczenie dla ekonomicznej pracy i eksploatacji urządzenia. Dzięki wykonaniu powyższych zaleceń możliwe będzie wdrożenie do eksploatacji nowej innowacyjnej technologii podgrzewania elektrycznego zastępując tym samym nieefektywne grzałki konwencjonalne.

Na rysunku 10.1 przedstawiono schemat pozostałych badań, które należałoby przeprowadzić w celu wdrożenia grzałki (z powłoką o wysokim współczynniku emisyjności) do produkcji.



Rys. 11.1 Schemat dalszej procedury badawczej

Dzięki wykonaniu powyższych zaleceń możliwe będzie wdrożenie do eksploatacji nowej innowacyjnej technologii podgrzewania elektrycznego zastępując tym samym nieefektywne grzałki konwencjonalne.

**Dolnośląski Bon na Innowacje**

Projekt współfinansowany przez Unię Europejską z Europejskiego Funduszu Społecznego w ramach Poddziałania 8.2.1 Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki



## 12 Spis tabel

|                                                                                                                                                  |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tab. 6.1 Klasy energetyczne urządzeń grzewczych c.o. wg projektu Lot 1 .....                                                                     | 11 |
| Tab. 6.2 Współczynnik nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej $w_i$ na wytworzenie i dostarczenie nośnika energii lub energii do budynku ..... | 12 |

## 13 Spis rysunków

|                                                                                         |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Rys. 4.1 Innowacyjna grzałka ceramiczna .....                                           | 3  |
| Rys. 4.2 Schemat instalacji do badania sprawności grzałki .....                         | 4  |
| Rys. 5.1 Obliczenia sprawności cieplnej dla innowacyjnej grzałki ceramicznej .....      | 7  |
| Rys. 5.2 Obliczenia sprawności cieplnej dla standardowej grzałki .....                  | 8  |
| Rys. 5.3 Wykres poboru mocy przez innowacyjną grzałkę .....                             | 9  |
| Rys. 5.4 Wykres poboru mocy przez grzałkę oporową .....                                 | 10 |
| Rys. 7.1 Porównanie kosztów wytworzenia 1 kWh ciepła energii dla różnych nośników ..... | 13 |
| Rys. 10.1 Schemat dalszej procedury badawczej .....                                     | 17 |

## 14 Spis fotografii

|                                                                                                           |   |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
| Fot. 4.1 Zdjęcie innowacyjnej grzałki .....                                                               | 4 |
| Fot. 4.2 Fotografia wraz z opisem elementów schematu instalacji do badania grzałki .....                  | 5 |
| Fot. 5.1 Aparatura badawcza do pomiaru ilości wytworzonego ciepła i temperatury czynnika obiegowego ..... | 5 |
| Fot. 5.2 Aparatura badawcza do pomiaru ilości pobranej energii elektrycznej .....                         | 6 |