

POLITECHNIKA  
KAISERSLAUTERN

Raport

do

projektu badawczego

„Przykładowy pomiar porównawczy pomiędzy ogrzewaniem podczerwienią i  
ogrzewaniem gazowym w starym budownictwie”

Kierownictwo projektu:  
Doktor-Inż. Peter Kosack  
Graduate School CVT  
Zespół Budowanie ekologiczne  
Politechnika Kaiserslautern  
Gottlieb-Daimler-Straße 42  
67663 Kaiserslautern

Czas trwania projektu: 1.10.2008 do 30.04.2009

Wersja 1; stan: październik 2009

©prawa autorskie Doktor –Inż. Peter Kosack

Projekt badawczy może być jako całość dowolnie kopiowany i rozpowszechniany.

Stosowanie fragmentaryczne, w skrócie, szczególnie takie, które wypaczają wypowiedzi raportu badawczego są za to surowo zabronione!

## Podsumowanie

W okresie grzewczym 2008/2009 przeprowadzono pomiar porównawczy zużycia energii pomiędzy ogrzewaniem podczerwienią a ogrzewaniem gazem, aby sprawdzić na tle zmiany struktury w zakresie zasilania energią zasadniczą korzyść i przydatność ogrzewania podczerwienią dla mieszkań.

W powyższym badaniu można było pokazać, że ogrzewanie podczerwienią jest sensowną alternatywą w stosunku do konwencjonalnych systemów grzewczych.

Przy poprawnym zastosowaniu ogrzewania podczerwienią uzyskuje się zarówno zalety przy użyciu energii a także, jeśli chodzi o koszty i bilans CO<sub>2</sub>.

**Skorygowane całkowite zużycie ogrzewania gazowego w okresie pomiaru** było **33542,33 kWh**.

Aby umożliwić porównanie z dzisiejszym stanem technologii ogrzewania kondensacyjnymi kotłami grzewczymi obliczono skorygowane zużycie całkowite o jeszcze 10% w dół. To odpowiada wartości zużycia jaka byłaby osiągalna gazowym ogrzewaniem kondensacyjnymi kotłami grzewczymi w mierzonym obiekcie.

**Rachunkowe zużycie całkowite ogrzewania gazowego w technice kondensacyjnej w okresie pomiaru** było w związku z tym **30188,1 kWh**.

#### **4.2 Porównanie wartości całkowitych zużyć energii badanego okresu**

Aby mieć bazę porównawczą zużyciu energii odniesiono je do danych powierzchni mieszkalnych.

W związku z tym otrzymano:

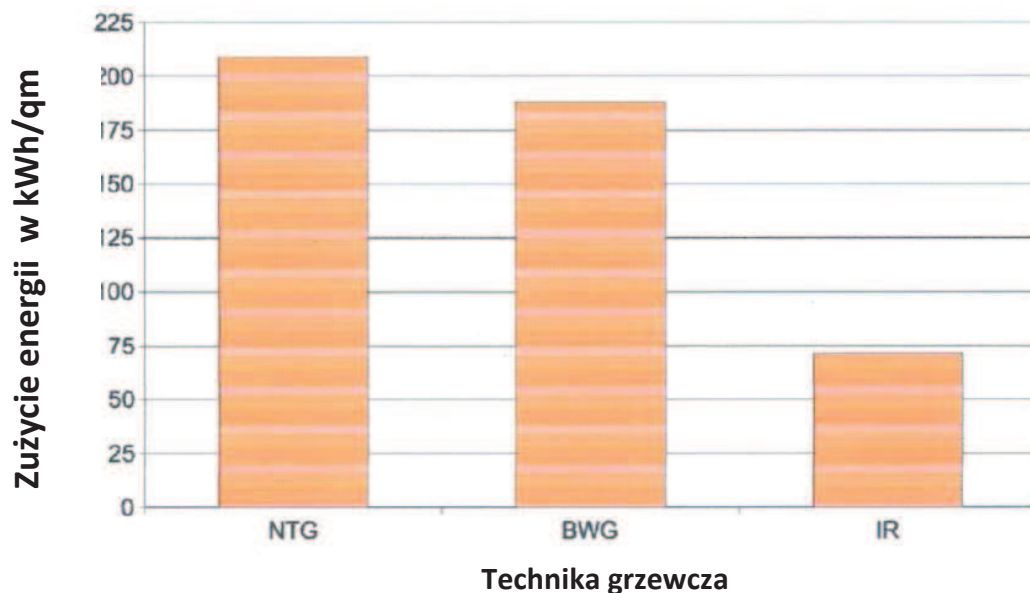
**Odnoszące się do powierzchni mieszkalnej zużycie całkowite ogrzewania podczerwienią** w okresie pomiaru wynosiło w związku z tym  $7305,92 \text{ kWh}/102,6 \text{ m}^2 = 71,21 \text{ kWh/m}^2$

**Odnoszące się do powierzchni mieszkalnej skorygowane zużycie całkowite ogrzewania gazowego** w okresie pomiaru wynosiło w związku z tym  $33542,33 \text{ kWh}/160,7 \text{ m}^2 = 208,73 \text{ kWh/m}^2$

**Odnoszące się do powierzchni mieszkalnej rachunkowe zużycie całkowite ogrzewania gazowego w technologii ogrzewania kondensacyjnymi kotłami grzewczymi** okresie pomiaru wynosiło w związku z tym  $30188,1 \text{ kWh}/160,7 \text{ m}^2 = 187,85 \text{ kWh/m}^2$

Odnoszące się do powierzchni mieszkalnej wartości zużycia przedstawiono na **ilustracji 4.8**.

### **Zużycie energii w odniesieniu do powierzchni mieszkalnej**



**Ilustracja 4.8: Odnoszące się do powierzchni mieszkalnej zużycie energii w porównaniu**

W stosunku do niskotemperaturowego ogrzewania gazem (NTG) zużycie energii ogrzewania podczerwienią (IR) wynosi tylko 34/1%, do ogrzewania gazowego w technologii ogrzewania kondensacyjnymi kotłami grzewczymi tylko 37,9%. To oznacza, że **zużycie energii końcowej ogrzewania gazowego** wynosi **2,5-krotnie więcej niż zużycie energii końcowej ogrzewania podczerwienią**.

## 5 Interpretacja wyników

### 5.1 Interpretacja ze względu na zużycie energii

Pomimo wcześniejszych jako tendencyjnych prawdopodobnych informacji o różnych producentach i ich wewnętrznych badaniach, z których rozwinięto hipotezę badawczą, rzuca się w oczy zaskakująco wyraźnie różnica w zużyciu energii końcowej.

Ponieważ praktycznie wykluczono błędy systematyczne przez wybór obiektu i przyporządkowania układu pomiarowego a mieszkańcy z zaangażowaniem współpracowali w rozumieniu godnych zaufania wyników (żadnych zmian w zachowaniu użytkowników w okresie pomiaru) można przyjąć te wyniki jako typowe dla starego budownictwa.

Różnice można ustalić w następujących punktach:

- a) straty sieciowe pomiędzy palnikiem gazu i grzejnikami; straty mocy w instalacji elektrycznej są uwzględnione nieznacznie.
- b) straty regulacji (z powodu inercji) przez regulację ogrzewania gazowego i masy akumulacyjnej grzejników.

Podczas kiedy grzejniki ogrzewania gazowego potrzebują częściowo więcej niż 10 minut przed otwarciem zaworów do nagrzania i po odkręceniu (ręcznym) jeszcze co najmniej 30 minut dogrzewania, czas nagrzewania (do co najmniej 60°C) promienników podczerwieni wynosił mniej niż 4 minuty a czas schładzania (z 60°C do 30°C) mniej niż 7 minut. Decydującym przy tym było, że czas, w którym promienniki podczerwieni funkcjonowały jako ogrzewanie konwekcyjne był możliwie krótki. Poza tym cała koncepcja regulacji ogrzewania promieniowaniem podczerwonym jest jako regulacja pojedynczego pomieszczenia bez czujnika temperatury zewnętrznej znacznie elastyczniejsza niż ta ogrzewania gazem.

Wyraźnie można zaobserwować prędkość regulacji przy niskim zużyciu położonego w kierunku południowym pokoju podczas zimnych albo chłodnych, ale przeważnie słonecznych dniach pod koniec stycznia i w okresie przejściowym na początku kwietnia.

Zaniechanie strat regulacji jest jedną z głównych zalet wobec wszystkich wielko powierzchniowych instalacji grzewczych, przy których inercja jest jeszcze większa niż przy radiatorach. Takich uzyskanych tutaj oszczędności energii końcowej nie da się prawdopodobnie osiągnąć takimi instalacjami grzewczymi pomimo niskich temperatur zasilania.

c) Różne straty klimatyzacji przez różne temperatury powietrza w pomieszczeniu. W obu mieszkaniach w sposób zdyscyplinowany w taki sam sposób wietrzono przy całkowicie otwartym oknie.

d) Transmisyjne straty ciepłe (sucha/wilgotna ściana): transmisyjne straty ciepłe są znaczne w praktyce przez wilgotne ściany. Niskie temperatury strony wewnętrznej ścian zewnętrznych przy mrozie na zewnątrz są uwarunkowane przy nieizolowanych ścianach głównie zmniejszonymi wartościami izolacyjnymi z powodu zawilgocenia. Wyrównane pomiary wykazały w ogrzewanym gazem mieszkaniu temperatury powierzchni strony wewnętrznej ścian zewnętrznych aż do dołu ok. 14°C. Ogrzewane promieniowaniem podczerwonym powierzchnie ścian były utrzymywane w temperaturze 19°C i były przeciętnie zawsze wyższe niż temperatura powietrza. Przez wysokie temperatury powierzchni ukrócono poza tym daleko idąc wchłanianie pary wodnej przez ściany.

Za znaczącą różnicą przez suszenie i utrzymywanie w suchym stanie ścian przemawiają także wykonane pomiary w domach z innych projektów, gdzie naniesiono powłoki, warstwy z farby blokujące wchłanianie pary wodnej na wewnętrznych stronach ścian zewnętrznych. Temperatury powierzchni ścian wynosiły niewiele (ok. 1 K) poniżej temperatury powietrza.

(porównaj [www.hygrosan.de](http://www.hygrosan.de))

Wilgotny mur ma w porównaniu z suchym murem drastycznie zmniejszone wartości izolacji. Już 4% wilgotność zmniejsza wartość izolacji o 50%. Przez wysuszenie ścian zewnętrznych ogrzewaniem promieniowaniem podczerwonym (suszenie budynku jest klasycznym zastosowaniem promieni podczerwonych) prawdopodobnie tak wzrosła wartość izolacji, że został więcej niż wyrównany wzrost strat transmisji przez większą różnicę temperatur pomiędzy powierzchnią wewnętrzną i zewnętrzną ścian zewnętrznych.

(Ernst Vill: „Mauerfeuchtigkeit – Ursachen, Zusammenhänge, Lösungen“ – „Wilgotność muru – przyczyny, powiązania, rozwiązania“, Verlag – Wydawnictwo Ernst Vill, Sauerlach 2002)

## 5.2 Interpretacja ze względu na koszty

Jako bazą porównawczą posłużono się dostępnymi ogólnokrajowymi standardowymi taryfami czterech „klasycznych ponadregionalnych dostawców energii” EnBW, EON, RWE, Vattenfall i czterema ogólnokrajowymi, dostępnymi oferentami prądu ekologicznego EWS, Greenpeace Energy, Naturstrom, Lichtblick ze 100% certyfikowanym, regeneracyjnym prądem. Lokalnie liczby mogą odbiegać w zależności od dostępnego oferenta do góry albo w dół.

Najniższą standardową taryfą (cena energii, cena pracy za 4000 kWh – stan lato 2009) wynosiła 19, 5 centów/h, najwyższa wynosiła 23 centów/h. Ponieważ podstawowe opłaty przy wszystkich ośmiu oferentach były prawie takie same i nie uwzględniając marży ceny pracy, nie zostały uwzględnione w porównaniu kosztów.

### Koszty gazu

Ponieważ czterech wielcy dostawcy prądu EnBW, EON, RWE i Vattenfall oferują także na rynku gaz, jako bazę porównawczą wybrano także ich ogólnokrajowe, dostępne taryfy standardowe. Lokalnie liczby mogą odbiegać w zależności od dostępnego oferenta do góry albo w dół.

Najniższą standardową taryfą (cena energii, cena pracy za 20.000 kWh – stan lato 2009) wynosiła 5, 0 centów/h, najwyższa wynosiła 5, 9 centów/h. Ponieważ podstawowe opłaty przy wszystkich ośmiu oferentach były prawie takie same i nie zostały uwzględnione, nie zostały one uwzględnione w porównaniu kosztów.

### Rozwój cen prądu i gazu

Ceny prądu wzrosły w ostatnich 10 latach od liberalizacji rynków o średnio ok. 2,25% na rok, ceny gazu o ok. 7,1% na rok. Sprzężenie cen gazu do cen ropy pozostanie w najbliższym czasie i będą się zmniejszać zasoby obu paliw kopalnych. Zwyżki cen prądu zostały spowodowane w 40% opłatami państwowymi i występują pierwsze efekty tłumienia kosztów regeneracyjnym wytwarzaniem prądu. Cena gazu będzie w przyszłości wzrastać znacznie szybciej niż cena prądu. Zakładając to rozwój zgodnie z podanymi wyżej ratami wzrostu przedstawiono na **ilustracji 5.1**.

Niebieskie krzywe charakterystyczne pokazują rozwój cen gazu, zielone cen prądu każdorazowo przez ilość lat od roku 2009.

Ponieważ zużycie gazu ogrzewania gazowego w kilowatogodzinach jest 2,5-krotne wobec zużycia prądu ogrzewania promieniami podczerwonymi cena gazu z tym współczynnikiem korekty zużycia musi zostać rozważona. To jest przedstawione czerwonymi charakterystycznymi krzywymi.

### Ocena porównawcza kosztów pomiędzy ogrzewaniem podczerwienią a gazowym

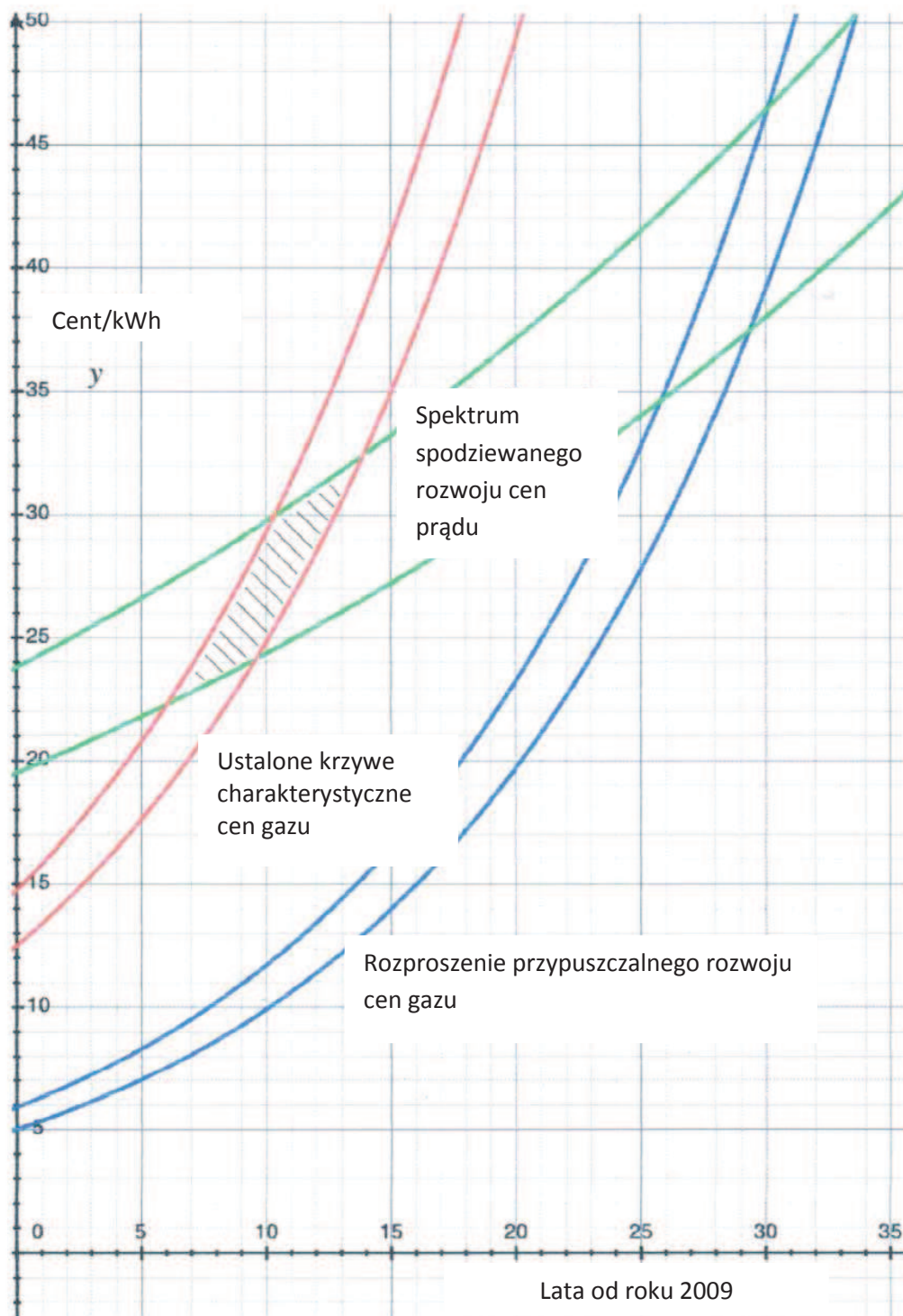
**Ilustracja 5.1** pokazuje, że dolna rozpatrywana charakterystyczna krzywa ceny gazu i górna charakterystyczna krzywa ceny prądu przetną się w około 14 roku to znaczy, że najpóźniej wtedy zużycie ogrzewania promieniowaniem podczerwonym będzie korzystniejsze niż ogrzewania gazem. Ponieważ koszty inwestycyjne ogrzewania podczerwienią, które wynoszą dopiero po ogólnych ocenach mniej więcej połowę kosztów inwestycji gazowej, to znacznie wcześniej a nawet natychmiast uzyska się przewagę jeśli chodzi o koszty. Cały zakres zachodzenia na siebie, w którym koszty zużycia gazu mogą być wyższe niż koszty zużycia prądu jest pokreskowany.

Regionalnie kilku oferentów daje specjalne taryfy dla tak zwanego

W związku z tym koszty zużycia ogrzewania promieniami podczerwonymi są z reguły korzystniejsze niż ogrzewania gazem.

Jeśli rzeczywisty rozwój będzie odbiegać od przedstawionego, przypuszczalnego spektrum na **ilustracji 5.1** to pomimo tego należy założyć z dużym prawdopodobieństwem podobny rozwój.

([www.verivox.de](http://www.verivox.de))



Ilustracja 5.1: Przypuszczalny rozwój cen prądu wobec gazu

### 5.2.1 Interpretacja ze względu na koszty eksploatacyjne w warunkach polskich

Cena energii elektrycznej w Polsce to 0,50 zł/kWh

Koszt ogrzewania elektrycznego podczerwienią w przeliczeniu na 1 m<sup>2</sup> w sezonie grzewczym

$$71,21 \text{ kWh/m}^2 \times 0,50 \text{ zł/kWh} = 35,60 \text{ zł/m}^2$$

Cena gazu ziemnego w Polsce to 0,18 zł/kWh

Koszt ogrzewania gazowego wodnego (konwekcja) w przeliczeniu na 1 m<sup>2</sup> w sezonie grzewczym

$$208,73 \text{ kWh/m}^2 \times 0,18 \text{ zł/kWh} = 37,57 \text{ zł/kWh}$$

Zużycie energii całkowitej ogrzewania gazowego wodnego (konwekcja) w technologii ogrzewania kondensacyjnymi kotłami grzewczymi

$$187,85 \text{ kWh/m}^2 \times 0,18 \text{ zł/kWh} = 33,81 \text{ zł/kWh}$$

**Oznacza to, że koszty ogrzewania elektrycznego promiennikami podczerwieni i ogrzewania gazowego są porównywalne.**

**W niniejszym opracowaniu nie brano pod uwagę kosztów inwestycyjnych. Z doświadczenia jednak wiemy, iż koszty inwestycyjne przy ogrzewaniu konwekcyjnym – gazowym są trzykrotnie wyższe aniżeli koszty inwestycyjne przy ogrzewaniu promiennikowym – elektrycznym.**

### 5.3 Interpretacja ze względu na długotrwałość/ekologię

#### Emisje CO<sub>2</sub>

Średnia wartość emisji CO<sub>2</sub> wynosi 541 g/kWh podczas wytwarzania prądu w Niemczech w roku 2007 (źródło: BDEW). Nowsze dane nie zostały jeszcze opublikowane, dlatego ta wartość służy za podstawę. Ponieważ udział energii regeneracyjnych w „mieszance” prądu ciągle wzrasta, aktualna wartość emisji jest raczej niższa.

Przy porównaniu emisji CO<sub>2</sub> celowo posłużyła całoroczna mieszanka prądu, chociaż udział prądu z elektrowni węglowych i związany z tym udział CO<sub>2</sub> w półroczu zimowym jest większy niż latem. To samo obowiązuje dla udziału prądu w elektrowniach wiatrowych, których wydajność jest stale zwiększana. W pierwszej linii chodzi o to, aby uzyskać w przybliżeniu punkt zaczepienia. Aby sprostać wymaganiom należałoby w sposób konsekwentny uwzględnić obok wahań czasowych także wahania przestrzenne. Taka dokładna obserwacja odwróciłaby w sumie uwagę od trendu przejścia jak najszybciej na energie regeneracyjne. Zalecenie dla paliw kopalnych z powodu krótkotrwałej niskiej emisji CO<sub>2</sub> byłoby kontra produktywna do tego trendu, ponieważ użytkowanie ustalono na co najmniej 20 lat.

Jako wielkość porównawczą dla ogrzewania gazowego stosuje się wartość standardowa dla gazowej techniki ogrzewania kotłami grzewczymi wynosząca 249 g/kWh (IWU 2006- Instytut Obrabiarek i Obróbki Plastycznej), chociaż w obiekcie, gdzie dokonywano pomiaru jest zainstalowane silniejsze emisyjnie niskotemperaturowe ogrzewanie gazowe. Dlatego należy dla porównania posługiwać się rachunkowo skorygowaną wartością zużycia dla gazowej techniki ogrzewania kotłami grzewczymi (BWG) w obiekcie, w którym odbywa się pomiar.

Ustala się emisje z odnoszącym się do powierzchni mieszkalnej zużyciem energii, wtedy uzyskuje się:

Odnosząca się do powierzchni mieszkalnej **emisja CO<sub>2</sub> ogrzewania promieniami podczerwonymi (IR):**

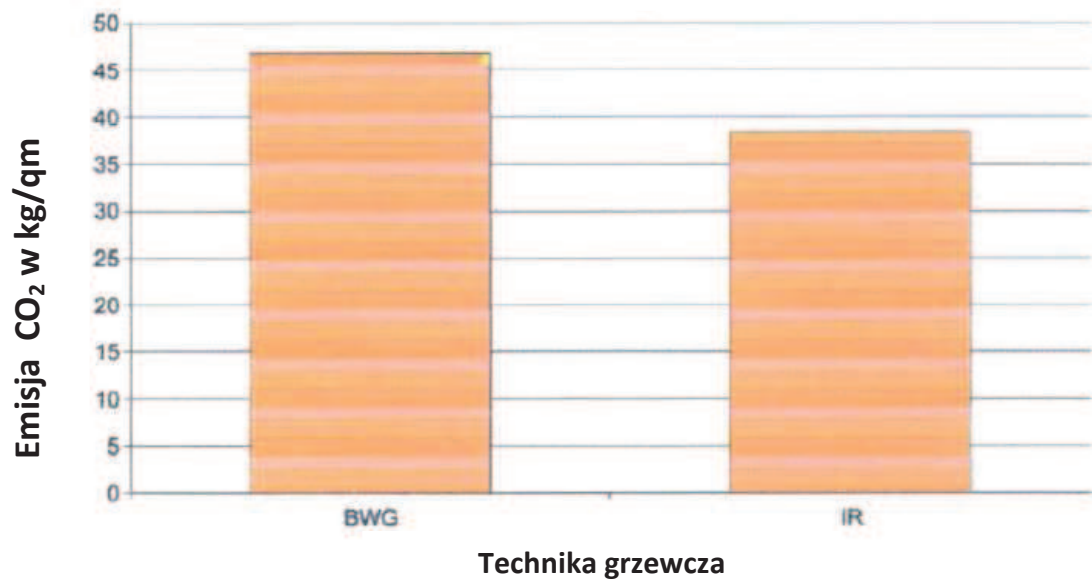
$$541 \text{ g/kWh} \times 71,21 \text{ kWh/m}^2 = 38,52 \text{ kg/m}^2$$

Odnosząca się do powierzchni mieszkalnej **emisja CO<sub>2</sub> ogrzewania gazowego kotłami grzewczymi (BWG):**

$$249 \text{ g/kWh} \times 187,85 \text{ kWh/m}^2 = 46,77 \text{ kg/m}^2$$

Wartości są unaocznione na **ilustracji 5.2.**

## Emisje CO<sub>2</sub> w odniesieniu do powierzchni mieszkalnej



### Ilustracja 5.2: Porównanie emisji CO<sub>2</sub>

Różnica pomiędzy obiema wartościami jest tak wystarczająco duża, że możliwa jest generalne stwierdzenie, że ogrzewanie promieniami podczerwonymi odnośnie emisji CO<sub>2</sub> wypada lepiej niż ogrzewanie gazowego. To się liczy tym bardziej przy zastosowaniu 100% regeneracyjnego prądu.



## 6. Wnioski i perspektywa

W przedłożonym badaniu pokazano, że ogrzewanie podczerwienią jest sensowną alternatywą w stosunku do konwencjonalnych systemów grzewczych.

Do tej pory nie jest ono uwzględnione albo jest uwzględnione niewystarczająco w normach (np. Strahlungswirkungsgrad bei elektrischen Flächenheizungen – skuteczność promieniowania przy elektrycznych grzewczych instalacjach powierzchniowych) i rozporządzeniach (np. EnEV – Rozporządzenie o Oszczędności Energii).

W Rozporządzeniu o Oszczędności Energii jest zrównywane z konwencjonalnymi elektrycznymi bezpośrednimi instalacjami grzewczymi, chociaż przez zasadę ogrzewania promieniowaniem wobec zazwyczaj utartych elektrycznych bezpośrednich instalacji grzewczych na bazie konwekcji pozwala oczekiwać znacznych oszczędności.

Przy wymienionych powyżej wewnątrz-firmowych porównaniach mówi się, jeśli chodzi o zastosowanie pomiędzy elektrycznymi podłogowymi systemami grzewczymi albo nocnymi akumulacyjnymi instalacjami grzewczymi i ogrzewaniem podczerwienią typowo o 50% oszczędności. Te wypowiedzi zostały także pośrednio potwierdzone przez przedłożony projekt, ponieważ porównania wewnątrz-firmowe pomiędzy ogrzewaniem na podczerwień a ogrzewaniem gazowym zostały w całości bezpośrednio potwierdzone.

Właśnie zastosowanie nocnego ogrzewania akumulacyjnego i elektrycznego ogrzewania podłogowego byłoby ze względu na prostą realizację (niewielka albo żadnej dodatkowej instalacji elektrycznej, tylko montaż promienników na podczerwień) i szczególnie niskie koszty inwestycyjne (typowo o połowę mniej odpowiedniego kondensacyjnego ogrzewania gazowego) łatwym do wykonania posunięciem w celu zwiększenia wydajności.

Dalszymi kryteriami jakości, przemawiającymi za ogrzewaniem podczerwienią są:

- niskie koszty inwestycyjne
- żadnych kosztów dodatkowych (np. kominiarz)
- wolność jeśli chodzi o konserwację
- w 100 % napędzana regeneracyjnie.

Chociaż nie dokonano żadnych badań porównawczych odnośnie produktów, wyrobów, można zestawzić z przedłożonego badania ogólne właściwości dla promienników podczerwienią (ciemnych promienników) w zakresie mieszkalnym:

- temperatury powierzchni pomiędzy 60°C i 120°C,
- żadnych mas akumulacyjnych i
- możliwie najprostsze, płaskie nadbudowy, aby zminimalizować udział konwekcji.

W dalszych badaniach należy użyć przykładowych wyników przedłożonego badania w obszernej bazie danych. Szczególnie należy ustalić w związku z tym kryteria wyboru i kryteria odnośnie rozmiarów systemów grzewczych podczerwienią zarówno przy remoncie jak i w zakresie nowego budownictwa.

Szczególnie interesującym byłoby przy tym zastosowanie nocnego ogrzewania akumulacyjnego.

Poza tym uzupełniające są sensowne alternatywy, aby wynaleźć możliwie długotrwałe i wydajne ogrzewanie wody pitnej wobec metod konwencjonalnych.