

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>.

## Spis treści

1. Wstęp
  - 1.1 Dodatkowe objaśnienie zadania ogrzewania
  - 1.2 Motywacja do przedłożonego badania
  - 1.3 Konieczne podstawy i informacje drugoplanowe potrzebne do zrozumienia projektu i jego ocena
    - 1.3.1 Energetyczno-gospodarcze podstawy i długotrwałość
    - 1.3.2 Podstawy techniczno-ciepłne
    - 1.3.3 Aspekty medyczne
    - 1.3.4 Zasadnicze przepływy energii przy systemach grzewczych: pierwotna energia, wtórna energia, energia końcowa, energia użytkowa
    - 1.3.5 Podział systemów grzewczych według źródeł energii
    - 1.3.6 Podział systemów grzewczych zgodnie z rodzajem dystrybucji ciepła
    - 1.3.7 Specjalne konstrukcje grzejników i powierzchni grzewczych
    - 1.3.8 Rola akumulowanej masy dla energii cieplnej w systemach grzewczych
    - 1.3.9 Przyporządkowanie ogrzewania podczerwienią
- 2 Pokrewne prace
- 3 Założenie badania
  - 3.1 Rozważane systemy
  - 3.2 Porównanie przepływów energii
  - 3.3 Hipoteza badania
  - 3.4 Objekt pomiaru
  - 3.5 Instalacja badawcza: Instalacje i urządzenia pomiarowe
  - 3.6 Próbną eksploatacja
- 4 Wyniki i ocena
  - 4.1 Wyniki pomiaru
  - 4.2 Porównanie wartości całkowitych zużyć energii w okresie badawczym
- 5 Interpretacja wyników
  - 5.1 Interpretacja ze względu na zużycie energii
  - 5.2 Interpretacja ze względu na koszty
  - 5.3 Interpretacja ze względu na długotrwałość/ekologię
  - 5.4 Interpretacja ze względu na aspekty medyczne i wellness
  - 5.5 Krytyczne uwagi do treści na stronach internetowych i w wypowiedziach reklamowych w prospektach producentów
- 6 Wnioski i perspektywa
- 7 Bibliografia

## Załączniki

Załącznik A: tabele

Załącznik B: zdjęcia

## 1 Wstęp

### 1.1 Zasadnicze wyjaśnienie zadania ogrzewania

Ogrzewanie służy zasadniczo temu, aby utrzymać temperaturę wewnątrz budynków pomimo spadających temperatur na zewnątrz w zakresie temperatur, który ludzie mogą znieść i mogą w nich przeżyć. To jest konieczne w okolicach, gdzie temperatury na zewnątrz znacznie spadają poniżej 20°C.

W tym celu stworzono pojęcie okresu grzewczego. Jako okres grzewczy określa się okres czasu, w którym pracuje instalacja grzewcza, aby utrzymać temperaturę wewnątrz pomieszczeń według wskaźnika jakim jest 20°C. Odnośnikiem w Niemczech jest średnia temperatura na zewnątrz, wynosząca 15°C, tak zwana granica grzewcza.

Nie ma prawnych regulacji dotyczących okresu grzewczego, ponieważ konieczność i rozmiary systemu grzewczego zależą od klimatu, położenia i wysokości geograficznej i innych czynników takich jak standard izolacji budynku i w każdym miejscu jest potrzebny inny system grzewczy. W przypadku ekstremalnym jest nawet możliwa tak dobra izolacja budynku, że nawet na terenach, gdzie pojawia się mróz nie potrzeba w ogóle systemu grzewczego i wystarcza wykorzystanie czytego ciepła procesowego. Stosowane zwykle standardy izolacji, szczególnie istniejące standardy, kształtują się jeszcze poniżej. W zapotrzebowaniu energetycznym gospodarstwa domowego ogrzewanie wynosi obecnie średnio 76% (patrz **ilustracja 1.1**). Potrzebny jest więc system grzewczy, który spełnia zadanie ogrzewania możliwie długotrwale, wydajnie i korzystnie cenowo.

Zapotrzebowanie na energię gospodarstwa domowego



**Ilustracja 1.1: Zapotrzebowanie na energię – gospodarstwo domowe**

(<http://de.wikipedia.org/wiki/Energieeinsparung>)

### 1.2 Motywacja do przedłożonego badania

Motywacją było sformułowanie pytania, czy ogrzewanie podczerwienią jest sensownym rozwiązaniem, jeśli chodzi o problem ogrzewania. Na ten temat były częściowe pytania takie jak:

Czy nadaje się w ogóle jako ogrzewanie w budownictwie mieszkalnym?

Czy jeśli o koszty jest konkurencyjne do innych systemów grzewczych?

Czy bilans ekologiczny jest konkurencyjny wobec innych systemów grzewczych?

Czy nadaje się w praktyce?

Czy można nim dysponować bez zastrzeżeń to znaczy co będzie, jeśli każdy to będzie robić?

Na te pytania próbowano już odpowiedzieć w poprzednim projekcie zespołu „Budowanie ekologiczne” w latach 1994-1996. Badano tam w domu o niskiej energii, czy nadają się promienniki podczerwieni w wykonaniu z włóknem żarowym (promienniki łazienkowe i kościelne).

z powodu oczywistych rozdzwiązków w tamtym czasie, jeśli chodzi o ceny energii pomiędzy olejem/ gazem i prądem badanie zostało jednak przedwcześnie przerwane. Poza tym okazało się, że konstrukcja zastosowanych promienników nie nadawała się jako wyłączne ogrzewanie do ciągłej pracy.

Wraz ze zmianą cen energii i kiedy rynek dojrzał do konstrukcji jako promienników powierzchniowych, które pracują praktycznie bez zużycia i nadają się do ciągłej pracy, na nowo zajęto się tym tematem. Najpierw przeszukano internet, aby wybrać odpowiednie, nadające się promienniki.

Głównymi kryteriami wyboru była fizyczna przydatność jako promiennik podczerwieni (patrz także poniżej):

- temperatury powierzchniowe w zakresie od ok. 60°C do 120°C (więcej niż 50% czystego udziału promieniowania) i

- żadnej akumulowanej masy (szybkie włączanie i wyłączenie).

Na koniec nawiązano kontakt z producentem wybranego produktu i ustalono współpracę odnośnie badania.

W tym miejscu zwrócono wyraźnie uwagę na to, że nie chodzi tutaj o porównawcze badanie pomiędzy różnymi oferentami albo produktami, lecz o zasadniczą przydatność promienników podczerwieni specjalnie promienników powierzchniowych do ogrzewania pomieszczeń w mieszkaniach.

### **1.3 Konieczne podstawy i informacje drugoplanowe potrzebne do zrozumienia projektu i jego ocena**

#### **1.3.1 Energetyczno-gospodarcze podstawy i długotrwałość**

Jako gospodarke energią określa się całkowitą infrastrukturę, która jest konieczna, aby zagwarantować zasilanie energią.

Do tego dochodzi rozwój źródeł energii, pozyskiwanie energii, akumulacja energii, transport energii, przemiana energii i handel energią.

Z perspektywy kosmosu pierwotną podstawą każdej gospodarki energetycznej są trzy zasadnicze źródła energii do dyspozycji, z której powstają wszystkie nośniki energii przez przetwarzanie:

promieniowanie słoneczne, grawitacja i własne ciepło planet.

Promieniowanie drugoplanowe jako teoretycznie czwarte źródło nie nadaje się do wykorzystania jeśli chodzi o gospodarke energetyczną. Promieniowaniem drugoplanowym jest każde promieniowanie elektromagnetyczne, które jest wytwarzane przez gwiazdy, pulsary, kwazary etc. w głębinach wszechświata i jest wysyłane z zewnątrz do naszego systemu słonecznego.

Promieniowanie słoneczne powstaje przez reakcje termojądrowe w słońcu. Ono umożliwia życie na naszej planecie Ziemi i jest z dużą przewagą największym użytecznym źródłem energii w systemie słonecznym. Dlatego próbuje się w fizyce jądrowej, aby wykorzystać to źródło energii w formie technicznie możliwej do realizacji reakcji termojądrowej na ziemi.

Nie rozwiązano jednak w większości związanych z tym problemów fizycznych i technicznych, tak, że to źródło energii nie będzie niebawem do dyspozycji albo przynajmniej jest bardzo niepewne.

Grawitację spowodowaną przez masę ciał niebieskich da się wykorzystać, ponieważ księżyc okrąża ziemię. Przez to powstają np. przyptywy i odptywy z możliwością uzyskania energii w elektrowniach pływowych.

Energia cieplna ziemi powstaje zasadniczo przez rozszczepienie jądra atomowego wewnątrz ziemi. Ciepło można wykorzystać np. w sposób geotermiczny.

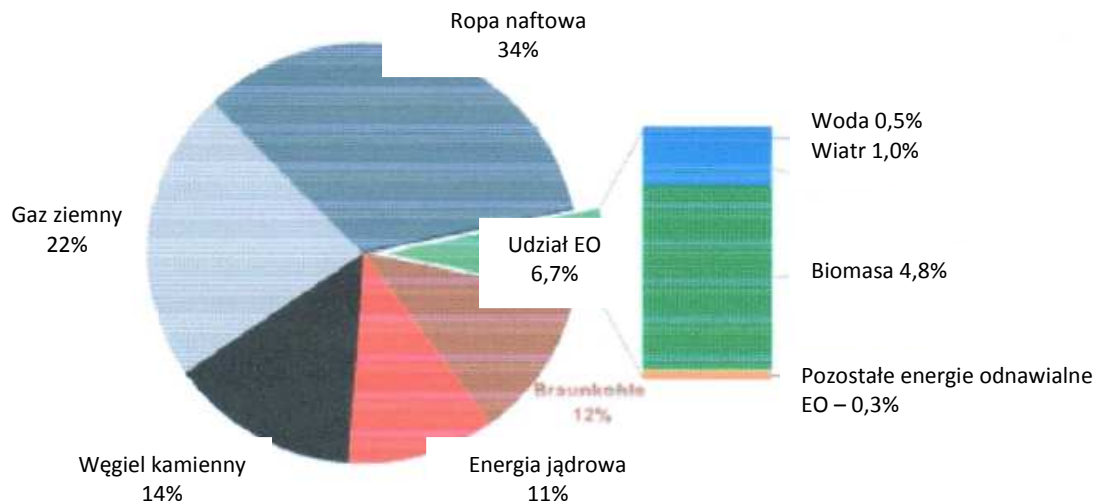
Na **ilustracji 1.2** przedstawiono trzy użyteczne pierwotne źródła energii i powstające z tego regeneracyjne i kopalne formy energii względnie nośniki energii.

1. Przez reakcję termojądrową w słońcu powstaje energia elektromagnetyczna w formie promieniowania, którą można wykorzystać bezpośrednio albo pośrednio.

Bezpośrednie wykorzystanie promieniowania zachodzi z wykorzystaniem energii słonecznej przez przetwarzanie światła słonecznego

Jak pokazano na **ilustracji 1.3** przeważająca część zasilania energią jest pokrywana przez kopalne nośniki energii.

Od lat dziewięćdziesiątych w ramach ustawowego wspierania gospodarki energetycznej w Niemczech na bazie energii odnawialnych uczestniczą gospodarstwa domowe ( Ustawa o dostawach energii elektrycznej z odnawialnych źródeł energii w sieci publicznej, Ustawa o Odnawialnych Źródłach Energii)



**Ilustracja 1.3: Zużycie pierwotnej energii – Niemcy**

Pojęcie „długotrwałości” pochodzi pierwotnie z leśnictwa. Oznacza tam sposób gospodarowania lasem, przy którym zawsze bierze się tyle drzewa, ile może znów odrosnąć, tak, aby las nie został całkowicie wykarczowany, ale aby mógł się znów w pełni zregenerować.

Ogólnie „długotrwałość” oznacza takie wykorzystanie systemu, że ten system pozostaje zachowany w swoich istotnych strukturach i że jego stan może się regenerować w naturalny sposób.

W gospodarce energetycznej tylko regeneracyjne źródła energii spełniają warunki długotrwałości, ponieważ samodzielnie dostarczają ciągłego – w prężności „odrastającego” prądu, który według ludzkich kryteriów jest nieskończony, nieograniczony.

Z powodu ograniczoności kopalnych nośników energii i wzrastających negatywnych skutków ubocznych ich wykorzystania takich jak ocieplenie, zanieczyszczenie środowiska naturalnego, wzrastające koszty energii w następstwie niedoboru i ich następstw socjalnych, konieczne jest możliwie jak najszybsze przejście na energie regeneracyjne. O tym postanowiono już międzynarodowym porozumieniem agendy 21 na „Konferencji o Ochronie Środowiska i Rozwoju Organizacji Narodów Zjednoczonych (UNCED) w Rio de Janeiro w roku 1992, które zostało podpisane prawie przez wszystkie kraje świata.

<http://de.wikipedia.org/wiki/Nachhaltigkeit>

[http://de.wikipedia.org/wiki/Agenda\\_21](http://de.wikipedia.org/wiki/Agenda_21)

Szybkie przejście na regeneracyjne nośniki energii jest bardzo pilne, ponieważ ilość energii potrzebnej do celów grzewczych w przeciętnym gospodarstwie domowym wynosi około 3/4 całkowitego zapotrzebowania na energię.

### 1.3.2 Podstawy techniczno-ciepłne

Energia termiczna (także nazywana energią cieplną albo ciepłem) jest energią, która jest skumulowana w nieuporządkowanym ruchu atomów albo molekuł materiału. Jest ona wielkością stanu materiału i jest mierzona w dżulach.

Termiczna energia i temperatura są zależne od siebie w stosunku

$$E_{th} = m \cdot c \cdot T$$

przy czym  $E_{th}$  jest energią termiczną,  $T$  - absolutną temperaturą,  $m$  - masą i  $c$  - specyficzną pojemnością cieplną. Specyficzna pojemność cieplna zależy ponownie od temperatury to znaczy związek nie jest proporcjonalny. Dochodzi do tak zwanych przejść faz tak jak przy topiącym się lodzie, przy którym część doprowadzanej energii jest zużywana do procesu topnienia bez wzrostu temperatury.

Pomiędzy dwoma systemami o różnych temperaturach ich temperatury wyrównują się przez przewodzenie ciepła z systemu cieplejszego do zimniejszego, aż oba mają taką samą temperaturę. Mówi się wtedy o równowadze termicznej.

Przenoszenie ciepła następuje poprzez przewodzenie ciepła, konwekcję i promieniowanie ciepłe.

[http://de.wikipedia.org/wiki/Thermische\\_Energie](http://de.wikipedia.org/wiki/Thermische_Energie)

#### Przewodzenie ciepła

Przy przewodzeniu ciepła (zwanej także dyfuzją ciepła albo przewodnictwem) ciepło jest przekazywane dalej w materiale stałym albo w cieczy w spoczynku w następstwie różnicy temperatur od cząsteczki do cząsteczki przez wzajemnie oddziaływanie międzycząsteczkowe. To zachodzi także pomiędzy wieloma ciałami materiałów stałych albo cieciami, które się dotykają i są w stosunku do siebie w spoczynku. Ze względu na prawo zachowania energii nie traci się przy tym energii cieplnej. Przy przewodnictwie ciepła transportowana jest termiczna energia, ale nie są transportowane żadne cząsteczki z jednego miejsca do drugiego.

W technice grzewczej najczęściej nie uwzględnia się efektów wywołanych przez przewodnictwo ciepła. Odgrywają tylko rolę przy stratach np. przez złą izolację palników albo przewodów rurowych.

<http://de.wikipedia.org/wiki/Wärmeleitung>

(Recknagel, Sprenger, Schramel: Taschenbuch für Heizung und Kilmatechnik – Wydanie kieszonkowe o ogrzewaniu i klimatyzacji, Oldenbourg Wissensch. Vlg- Wydawnictwo Naukowe; wydanie 68 (1997/98) Strona 135 ff)

#### Konwekcja (unoszenie ciepła)

Konwekcja jest formą przenoszenia ciepła (wymiany ciepła), która polega na transporcie cząsteczek, które niosą ze sobą energię cieplną. W technice grzewczej mówi się o konwekcji bez wymiany materiału to znaczy zachodzi przenoszenie ciepła z ciała stałego do cieczy (np. woda albo powietrze, która przejmuje transport ciepła. Na termicznej warstwie granicznej pomiędzy ciałem stałym i cieczą jest najpierw przewodnictwo cieplne pomiędzy powierzchniami ciał i pomiędzy znajdującymi się bezpośrednio na powierzchni ciała cząsteczkami cieczy. Nie dochodzi jednak do termicznej równowagi, ponieważ w zależności od spadków temperatury rozgrzane albo schłodzone cząsteczki są nieprzerwanie odtransportowywane i zastępowane nowymi, tak długo jak jest różnica w stosunku do temperatury otoczenia, a więc istnieje spadek temperatury.

W mieszkaniu i jego otoczeniu w najczęściej stosowanym ogrzewaniu ciepłą wodą medium transportującym ciepło jest woda w procesie konwekcji w zamkniętym obiegu rurowym pomiędzy palnikiem i wewnętrzną stroną grzejnika. Na stronie zewnętrznej grzejnika rolę medium transportującego ciepło spełnia powietrze. Przy tym występuje tak zwana wolna konwekcja to znaczy powietrze rozciąga się przez ocieplenie i porusza się do góry, a od dołu napływa chłodniejsze powietrze nad podłogą. Zamiast często stosowanych grzejników radiatorów można zastosować grzejniki powierzchniowe, ogrzewane wodą powierzchnie podłogowe, ścienne albo sufitowe albo inne konstrukcje. Zasadniczo wszędzie występuje konwekcja.

Przenoszona z grzejnika przez konwekcję do powietrza moc cieplna jest proporcjonalna do różnicy temperatur pomiędzy grzejnikiem a powietrzem i reaguje na ogrzewanie.

$P_{HL} = w \cdot A \cdot (T_H - T_L)$ , przy czym  $w$  oznacza współczynnik przenoszenia ciepła w ( $W/m^2K$ ),  $A$  – powierzchnię grzejnika,  $T_H$  – temperaturę grzejnika a  $T_L$  – temperaturę powietrza.

Konwekcja zależy przy danym grzejniku zasadniczo od różnicy temperatur pomiędzy grzejnikiem a otaczającym go powietrzem w pomieszczeniu.

(Recknagel, Sprenger, Schramel: Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik – Wydanie kieszonkowe o ogrzewaniu i klimatyzacji, Oldenbourg Wissensch. Vlg- Wydawnictwo Naukowe; wydanie 68 (1997/98) Strona 135 ff)

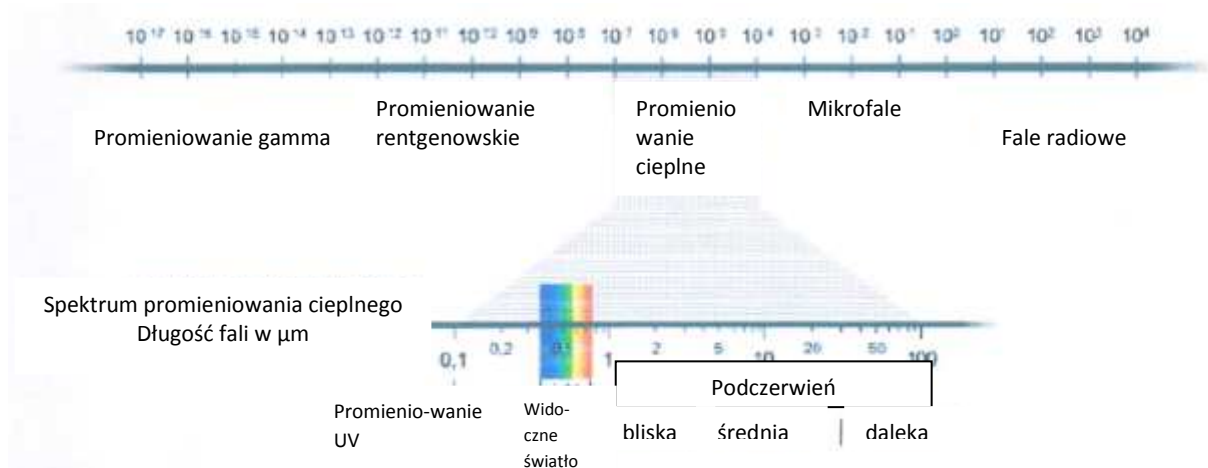
(Dillmann, Andreas (2005): Karl Wieghardt: Theoretische Strömungslehre – Teoretyczna mechanika cieczy, Universitätsverlag – Wydawnictwo Uniwersyteckie, Göttingen)

(H.Oertel (wydawca): Prandtl-Führer durch die Strömungslehre – przewodnik po mechanice cieczy. Grundlagen und Phänomene – Podstawy i fenomeny, Vieweg 2002 (wydanie 11)

<http://de.wikipedia.org/wiki/Konvektion>

### Promieniowanie ciepłe i promieniowanie podczerwone

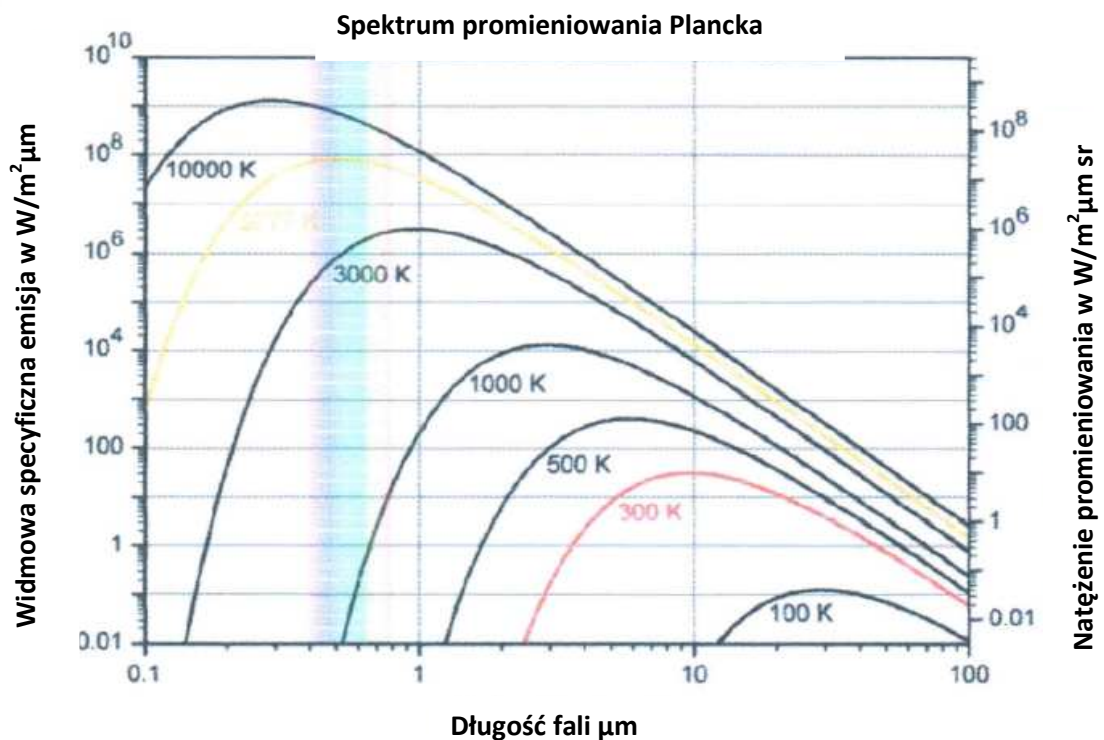
Jako promieniowanie ciepłe określa się tę część ze spektrum promieniowania elektromagnetycznego, które wysyła każde ciało w zależności od jego temperatury, o ile różni się ona od absolutnej temperatury punktu zerowego 0 K. Jako forma wymiany ciepła nie jest ona powiązana z materią i występuje w przeciwieństwie do przewodzenia ciepła i konwekcji także w próżni. Najbardziej znanym promieniowaniem ciepłym jest promieniowanie słoneczne, które można podzielić na promieniowanie ultrafioletowe, widoczne światło i promieniowanie podczerwone (patrz **ilustracja 1.4**).



### Ilustracja 4.1: Promieniowanie ciepłe w spektrum elektromagnetycznym

Spektralny podział intensywności promieniowania (spektrum promieniowania Plancka) zależy od temperatury powierzchni ciała wysyłającego promienie. Im bardziej gorąca powierzchnia tym wyższe maksimum intensywności i tym dalej przesuwa się to maksimum aż do krótszych długości fali.





**Ilustracja 1.5: Spektrum promieniowania doskonale czarnego ciała**

Na **ilustracji 1.5** przedstawiono wyidealizowane spektra dla tak zwanego „czarnego ciała”. Przykładowe jest przy tym podkreślenie wypromieniowanie ludzkiego ciała (300 kelwinów) i słońca (5777 kelwinów). Idealizacja czarnego ciała oznacza, że pokazane spektrum zostaje całkowicie wypromieniowane. W rzeczywistości są jednak tak zwane „szare ciała”, przy których wypromieniowanie jest ustalone współczynnikiem  $\epsilon$  ( $0 < \epsilon < 1$ ). Jednak  $\epsilon$  jest przy większości powierzchni w budynkach bliska prawie 1. Stąd w praktyce nie powstaje z reguły żadna godna wzmianki różnica pomiędzy czarnym i szarym ciałem.

Bardzo ważne jest, aby nie mylić współczynnika promieniowania  $\epsilon$  (nazywanego także liczbą promieniowania) ze sprawnością promieniowania promiennika podczerwieni. To jest często występujący błąd przy podawaniu danych technicznych oferowanych na rynku produktów. Współczynnik promieniowania podaje moc promieniowania promiennika podczerwieni w stosunku do mocy promieniowania idealnego, doskonałego czarnego ciała, sprawność (skuteczność) promieniowania, udział podanej mocy promieniowania w stosunku do doprowadzanej mocy elektrycznej.

(patrz także: Fröse, H-D.: Elektrische Heizsysteme – elektryczne systemy grzewcze, Pflaum Verlag – Wydawnictwo Pflaum, 1995, 23ff)

Według Stefana Boltzmanna całkowita intensywność emisyjności ciała to:

$M = \sigma \cdot T^4$  (prawo Stefana Boltzmanna) z  $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2 \text{K}^4)$  (stałą Stefana Boltzmanna, i  $T$  = absolutną temperaturą powierzchni ciała).

Całkowita intensywność wzrasta więc silnie z czwartą potęgą temperatury. Na metr kwadratowy powierzchni słońce wypromiowuje więc około 400-krotność mocy promieniowania w porównaniu z ludzkim ciałem, chociaż temperatura wynosi nieco więcej niż 19-krotność.

Także przy prawie Stefana Boltzmanna pracuje się najpierw z idealizacją. Robi się to w ten sposób, jak gdyby ciało było samo we wszechświecie. W rzeczywistości występują jednak liczne ciała przez wzajemną wymianę promieniowania wzajemnie na siebie oddziaływujące. Przy czym wysyłana z jednego ciała energia promieniowania jest częściowo absorbowana na powierzchni innego ciała a częściowo odbijana. Absorbowana ilość energii przyczynia się do ocieplenia i powoduje zwiększenie wypromieniowania.

Wypromieniowana moc ciała zgodnie z prawem Stefana Boltzmanna

$P = \sigma \cdot A \cdot T^4$  z  $A$  = powierzchnia ciała

W ten sposób wymiana promieniowania pomiędzy dwoma ciałami wynosi

$$P_{12} = \sigma \cdot k \cdot (T_1^4 - T_2^4)$$

Przy czym  $k$  oznacza stopień wymiany promieniowania, który zależy od wielkości wzajemnie do siebie zwróconych powierzchni ciał i od współczynników emisji  $\epsilon_1$  i  $\epsilon_2$ .

Wymiana promieniowania zachodzi ciągle pomiędzy wszystkimi ciałami i teoretycznie kończy się dopiero wtedy, kiedy wszystkie ciała mają taką samą temperaturę.

W rzeczywistości w ogrzewanym pomieszczeniu powierzchniami biorącymi udział jako powierzchnie promieniowania są powierzchnie grzejników, ścian, sufitów, podłóg, okien, drzwi, ludzi, zwierząt itd. Ponieważ grzejniki albo powierzchnie grzewcze mają najwyższą temperaturę i stale jest dostarczana do nich ta energia, to w idealnym przypadku temperatura wszystkich innych powierzchni wzrastałaby tak długo, aż wszystkie powierzchnie w pomieszczeniu osiągnęłyby temperaturę powierzchni grzewczych.

W technice grzewczej ze spektrum promieniowania cieplnego tylko promieniowanie podczerwone odgrywa rolę. Jest tam skracane i często określane jako promieniowanie podczerwone, chociaż promieniowanie podczerwone jest tylko częścią promieniowania cieplnego.

Zgodnie z normą DIN 5031 promieniowanie podczerwone dzieli się na zakresy długości fal IR-A (0,78  $\mu\text{m}$  do 1,4  $\mu\text{m}$ ), IR- B (1,4  $\mu\text{m}$  do 3,0  $\mu\text{m}$ ) i IR- C (3,0  $\mu\text{m}$  do 100,0  $\mu\text{m}$ ).

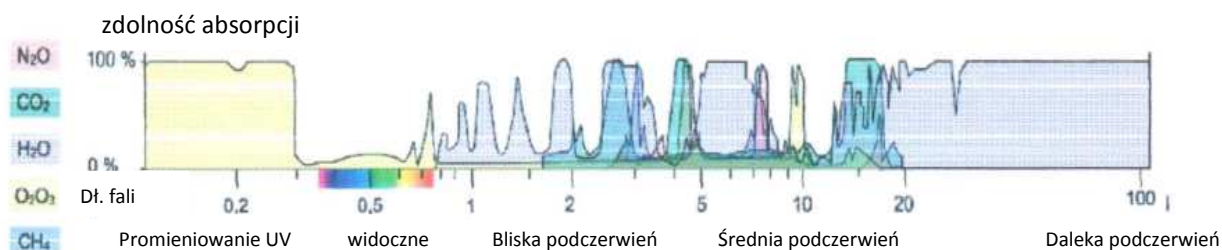
Inny podział to podział na bliską, średnią i daleką podczerwień, która jest zwykle stosowana w naukach geograficznych (patrz **ilustracja 1.4**). Daleka podczerwień i IR-C są identyczne. To jest zakres promieniowania, w którym pracują zastosowane w tym projekcie instalacje ogrzewania podczerwienią.

#### Absorpcja promieniowania cieplnego w powietrzu

Obok przekazywania energii pomiędzy ciałami przez wymianę promieniowania jest także przekazywanie energii od ciała do otaczającej je cieczy przez absorpcję wysyłanej energii promieniowania w cieczy.

W technice grzewczej absorpcja promieniowania podczerwonego występuje w powietrzu, które z reguły ma jednak znacznie mniejszy udział w przekazywaniu energii niż konwekcja.

Stopień absorpcji w zależności od długości fali pokazuje **ilustracja 1.6**.



#### Ilustracja 1.6: Spektra absorpcji różnych substancji w powietrzu

Łatwo rozpoznać, że przez wysoką wilgotność powietrza mogą być absorbowane duże części promieniowania podczerwonego.

Poza tym można rozpoznać okno przepływu w zakresie ok. 7  $\mu\text{m}$  do 13  $\mu\text{m}$ , w którym promieniowanie podczerwone prawie bez przeszkód może się rozprzestrzeniać w powietrzu. Zaznaczone tam zakresy absorpcji dla ozonu, węglowodorów i tlenków azotu nie odgrywają w pomieszczeniu żadnej roli. Maksimum promieniowania zastosowanego podczerwonego promieniowania C znajduje się idealnie w tym oknie przepływu. Z powodu granicy przy 7  $\mu\text{m}$  temperatura powierzchniowa promiennika nie powinna przekraczać 120°C. Dolna granica temperatury powierzchniowej powinna być ustalona przez stosunek udziału promieniowania i konwekcji i nie powinna przekraczać 60°C (patrz poniżej).

[\(http://www.webgeo.de/beispiele/rahmen.pho?string=de:1;k\\_304:1;\)](http://www.webgeo.de/beispiele/rahmen.pho?string=de:1;k_304:1;)

<http://www.ikg.rwth-aachen.de/Planck/planck1.html>

[http://de.wikipedia.org/wiki/Plancksches\\_Strahlungsgesetz](http://de.wikipedia.org/wiki/Plancksches_Strahlungsgesetz)

[http://de.wikipedia.org/wiki/Schwarzer\\_Körper](http://de.wikipedia.org/wiki/Schwarzer_Körper)

[http://de.wikipedia.org/wiki/Elektromagnetisches\\_Spektrum](http://de.wikipedia.org/wiki/Elektromagnetisches_Spektrum)

<http://de.wikipedia.org/wiki/Infrarotstrahlung>

<http://de.wikipedia.org/wiki/Wärmestahlung>

<http://de.wiki.wikipedia.org/wiki/Strahlungsaustausch>

<http://www.ing-buero-ebel.de/strahlung/Strahlungsaustausch%20-%20Wikipedia.htm>

(Bähr, H.D., Stephan, K.: Wärme- und Stoffübertragung, wydanie 4, Springer Verlag – Wydawnictwo Springer, Berlin 2004)

### **Komfort**

W technice grzewczej i w klimatyzacji (termiczny) komfort oznacza zakres temperatury w otoczeniu i zakres stanu powietrza, w którym człowiek czuje się najlepiej. W tym celu wprowadzono pojęcia takie jak „postrzegana temperatura” i „temperatura komfortu”.

### **Postrzegana temperatura i temperatura komfortu**

Instalacja grzewcza nie służy tylko po to, aby przy niskich temperaturach na zewnątrz zagwarantować przeżycie, lecz także, powinna się przyczyniać do komfortowego klimatu w pomieszczeniu. Obiektywnymi wielkościami pomiaru są do tego tak zwana postrzegana temperatura i temperatura komfortu, które są przedmiotem normy DIN 33 403, DIN EN ISO 7730 i normy DIN 1946. Temperatura komfortu przedstawia hiponim postrzeganej temperatury i z tego wynika przy danych, standaryzowanych, fizjologicznych i indywidualnych parametrach z tej postrzeganej temperatury w pomieszczeniach, która wytwarza na bazie normy DIN EN ISO 7730 przy statystycznej, znaczącej liczbie osób stopień zadowolenia z klimatem w pomieszczeniu co najmniej 90%.

Postrzegana temperatura i temperatura komfortu zależą od

- temperatury powietrza w pomieszczeniu
- temperatury promieniowania otoczenia
- rozprzodzenie temperatury w powietrzu (stratyfikacja powietrza)
- prąd/strumień powietrza (przeciąg) i
- relatywna wilgotność powietrza.

Obszerne przedstawienie tego tematu znajdują Państwo w

(Recknagel, Sprenger, Schramel: Taschenbuch für Heizung und Kilmatechnik – Wydanie kieszonkowe o ogrzewaniu i klimatyzacji, Oldenbourg Wissensch. Vlg- Wydawnictwo Naukowe; wydanie 68 (1997/98) Strona 50 ff)

### **Temperatura powietrza w pomieszczeniu**

Temperatura powietrza w pomieszczeniu jest wielkością fizyczną, która opisuje energetyczny stan powietrza w pomieszczeniu. Jest podawana w kelwinach (K) albo w stopniach Celsjusza (°C). W przedłożonym raporcie stosuje się °C. W kelwinach podaje się różnice temperatur.

Temperatura powietrza w pomieszczeniu podaje bezpośrednio ilość energii cieplnej w powietrzu, która może wzajemnie oddziaływać na otoczenie pomieszczenia albo na znajdujące się w nim przedmioty i ludzi. To zachodzi przy różnicy temperatur w stosunku do powietrza przez przewodnictwo cieplne od cieplejszej do zimniejszej strony. Fizjologicznie przewodnictwo cieplne jest odczuwane przez ciało ludzkie jako ochłodzenie, odwrotnie jako ocieplenie.

<http://de.wikipedia.org/wiki/Temperatur>

### **Temperatura promieniowania otoczenia**

Temperatura promieniowania otoczenia jest średnią temperaturą powierzchni ograniczających pomieszczenie pojedynczych powierzchni (ściany, podłoga, sufit, powierzchni drzwi, okien, powierzchnie grzejników). Powstaje z ilorazu sumy produktów z pojedynczych powierzchni i ich temperatury i sumy pojedynczych powierzchni:

$$T_u = (\sum A_i t_i / \sum A_i)$$

Projekt badawczy, pomiar porównawczy ogrzewanie podczerwienią/gazem Dr.-Ing. Peter Kosack, Politechnika Kaiserslautern

Z:

$A_i$ : powierzchnia pojedynczej powierzchni i

$t_i$ : temperatura pojedynczej powierzchni i

Jest ona w połączeniu z postrzeganą temperaturą także miarą odczuwanego przez ludzi promieniowania ciepłego z otoczenia.

### **Asymetria temperatury promieniowania**

Kiedy ściany pomieszczenia mają bardzo różne temperatury powierzchni, może to mieć wpływ na komfort, chociaż przeciętna temperatura promieniowania otoczenia znajduje się w przyjemnym zakresie. Wtedy mówi się o asymetrii temperatury promieniowania. Z tego powodu nie ma sensu, stosowania temperatur powyżej ok. 120 °C, ponieważ asymetrie są wtedy znacznie odczuwalne. Przy niekorzystnym położeniu promienników podczerwieni jak np. naprzeciw okien, zakłócająca jest już asymetria przy ok. 80 °C. Promienniki podczerwieni powinny być montowane na ścianach po stronie okien albo w poprzek. Przy montażu na suficie należy zachować odstęp co najmniej metra od pozycji głowy. W pozycji stojącej ma to tylko sens w wysokich pomieszczeniach, takich jakie można znaleźć jeszcze w starym budownictwie.

(Gutachten über die thermische Behaglichkeit in Wohnräumen hinsichtlich elektrischer Heizflächen – Ekspertyza o termicznym komforcie w pomieszczeniach mieszkalnych odnośnie elektrycznych powierzchni grzewczych, Prof. Dr.-Inż. Bruno Graff, Listopad 2006;

<http://ihs-europe.de/wp-content/uploads/2009/03/gutachten-ueber-infraheat-vproffgraff-in-pdf-datei.pdf>)

(Forschungsbericht - Raport badawczy B I 5 80 01 97 – 14, Prof. Dr.-Inż. Gerhard Hausladen, Optimierung der Anordnung von Heizflächen und Lüftungselementen mittels Strömungssimulation – Optymalizacja przyporządkowania powierzchni grzewczych i elementów wentylacji za pomocą symulacji strumienia, Universität Gesamthochschule – Uniwersytet – Szkoła Wyższa – Kassel, 1999)

### **Rozprowadzenie temperatury w powietrzu (stratyfikacja powietrza)**

Wśród możliwych rozproszczeń temperatury w pomieszczeniu tylko rozprowadzenie pionowe czyli stratyfikacja powietrza jest ważna dla postrzeganej temperatury. Poziome albo nieregularne rozprowadzenia albo nie zachodzą albo nie uwzględnia się ich przez powstające prądy powietrza.

Pod pojęciem stratyfikacja powietrza rozumie się przebieg temperatury w zależności od wysokości nad ziemią. Przebieg temperatury zależy od rodzaju ogrzewania, izolacji cieplnej i szczelności pomieszczenia wobec powietrza z zewnątrz.

Przebieg temperatury powinien być możliwie stały. Badania (np. (Oelsen, B.W., M. Scholer i P.O. Fanger, Indoor Climate – klimat wewnątrz pomieszczeń, 36 Strona 561/579 (1979))) wykazały, że już różnice temperatur od 1 K na metr wysokości przeszkadzają.

### **Prąd powietrza**

Prąd/strumień powietrza jest spowodowanym różnicami temperatur ruchem wszystkich cząsteczek powietrza w określonym punkcie w pomieszczeniu. Jest podawany jako średnia prędkość cząsteczek powietrza w m/s. Ma on w przypadku, kiedy cząsteczki powietrza są chłodniejsze niż otaczające je powietrze w pomieszczeniu i kiedy ruch przebiega w jednym kierunku szczególnie duży wpływ na komfort. Mówi się wtedy o przeciągu.

Zgodnie z normą ISO 7730 i normą VDI 2083 prądy powietrza poniżej 0,1 m/s nie przeszkadzają i nie mają żadnego wpływu na komfort.

<http://de.wikipedia.org/wiki/Luftzug>)

### **Wilgotność powietrza**

Wilgotność powietrza opisuje udział pary wodnej w powietrzu. Ponieważ zdolność wchłaniania powietrza dla molekuł wody zależy od temperatury różni się pomiędzy absolutną i względną wilgotnością powietrza. Im cieplejsze jest powietrze, tym większa jest wchłaniana ilość wody. Absolutna wilgotność powietrza jest podawana jako ilość wody na objętość przestrzeni/pomieszczenia ( $\text{g/m}^3$ ).

Projekt badawczy, pomiar porównawczy ogrzewanie podczerwienią/gazem Dr.-Inż. Peter Kosack, Politechnika Kaiserslautern

Względna wilgotność powietrza jest stosunkiem aktualnej ilości wody w powietrzu do maksymalnej możliwej ilości wody przy danej temperaturze powietrza i podaje się ją w procentach. Od względnej wilgotności powietrza zależy parowanie wody ze skóry. Przez parowanie powstaje przy tym ciepło parowania dyfuzyjnego na skórze.

Dla komfortu przy temperaturach powietrza ok. 20°C wokół wilgotności względne odgrywają rolę dopiero poniżej 30% albo powyżej 70% (norma DIN 1946).

<http://de.wikipedia.org/wiki/Luftfeuchte>

### **Temperatura operacyjna**

W praktyce komfort zależy w pierwszej linii od temperatury powietrza w pomieszczeniu i temperatury promieniowania otoczenia ewentualnie jeszcze od przeciągów. Dlatego w normie DIN ISO EN 7730 zdefiniowano jeszcze pojęcie temperatury operacyjnej, które dokładnie rejestruje te wielkości. (Recknagel, Sprenger, Schramel: Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik – Wydanie kieszonkowe o ogrzewaniu i klimatyzacji, Oldenbourg Wissensch. Vlg- Wydawnictwo Naukowe; wydanie 68 (1997/98) Strona 54 ff)

(Forschungsbericht - Raport badawczy B I 5 80 01 97 – 14, Prof. Dr.-Inż. Gerhard Hausladen, Optimierung der Anordnung von Heizflächen und Lüftungselementen mittels Strömungssimulation – Optymalizacja przyporządkowania powierzchni grzewczych i elementów wentylacji za pomocą symulacji strumienia, Universität Gesamthochschule – Uniwersytet – Szkoła Wyższa – Kassel, 1999)

W najprostszym przypadku bez przeciągów temperatura operacyjna  $T_o$  jest wartością średnią z temperatury powietrza w pomieszczeniu  $T_r$  i średniej temperatury promieniowania otoczenia  $T_u$ :

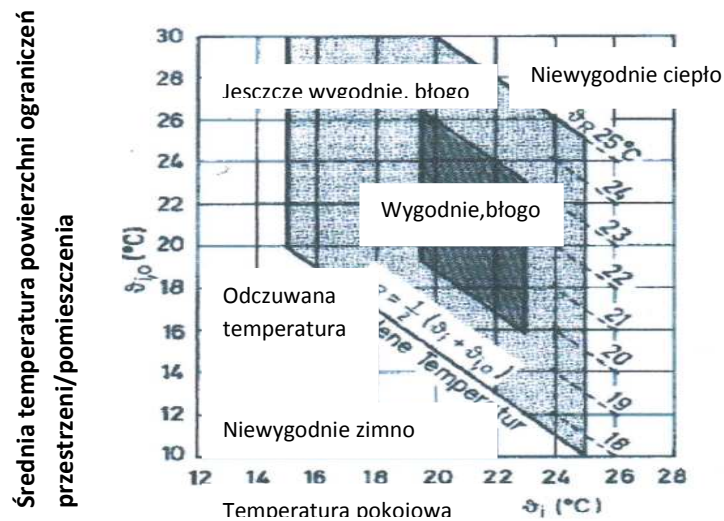
$$T_o = (T_r + T_u)/2$$

Optymalna temperatura operacyjna zależy wtedy w zasadzie od aktywności i ubioru ludzi. Przy czynności siedzącej i lekkim ubiorze optymalna jest na przykład temperatura przy 21.5°C.

Przy wyborze i wymiarach instalacji grzewczej razem z przynależną techniką regulacji wystarczy spełnić wymagania, aby celowo uzyskać określoną temperaturę operacyjną. Przy klimatyzacji wymagania są wyższe i muszą być spełnione wszystkie wymagania, aby uzyskać ustawione temperatury postrzegane a więc np. reguluje się także wilgotność powietrza.

Temperatura operacyjna jest przedstawiana w formie pól komfortu w diagramach temperatury promieniowania – temperatury powietrza (patrz **Ilustracja 1.7**)

Tendencyjnie wyższe temperatury promieniowania są odczuwane jako przyjemniejsze w stosunku do wyższych temperatur powietrza. Instalacja grzewcza, która zasadniczo wytwarza wyższe temperatury promieniowania niż temperatury powietrza jest więc preferowana ze względu na komfort.



Zakres obowiązywania

Względna wilgotność powietrza  $\phi_p$  od 30 do 70%

Ruch powietrzaw od 0 do 20 cm/s

Dalekoidąca zgodność temperatur wszystkich ograniczających pomieszczenie powierzchni (według H.Reiher i W.Frank)

## Ilustracja 1.7: Diagram temperatury promieniowania-temperatury powietrza

### 1.3.3 Aspekty medyczne

#### Alergicy/astmatycy

Przed wszystkim alergicy uczuleni na kurz są dotknięci techniką grzewczą. Jako alergię na kurz określa się uczulenie i reakcje alergiczne na odchody roztoczy, które mogą wywoływać nieżyt nosa, świąd i astmę alergiczną. Ta reakcja systemu immunologicznego nie jest powodowana bezpośrednio przez kurz, lecz przez odchody roztoczy, które żyją w kurzu. Te odchody przyczepiają się do kurzu i „wzbijają się” za pomocą każdej formy konwekcji. Im niższy udział konwekcji tym lepiej dla alergików. Uwarunkowany zasadą najniższy udział konwekcji ma ogrzewanie promieniami podczerwonymi.

(Wilfried Diebschlag, Brunhilde Diebschlag: Haustaballergien – allergie na kurz. Gesundheitliche und hygienische Aspekte – aspekty zdrowotne i higieniczne, 2 wydanie, Herbert Utz Verlag – Wydawnictwo Herberta Utza, München – Monachium 2000)

#### Medyczne leczenie/terapia ciepłem

Terapia medyczna promieniowaniem podczerwonym należy do zakresu terapii fizykalnej albo fizjoterapii. Tam zajmuje się medycznymi formami leczenia, które polegają na fizykalnych zasadach takich jak ciepło, prąd elektryczny, promieniowanie podczerwone i promieniowanie ultrafioletowe, zastosowanie wody i leczenie mechaniczne takie jak masaże. Szczególnie zastosowanie C-promieniowania podczerwonego, które można znaleźć także przy saunach na podczerwień jest dobrze zbadane w terapii bólu, przy przeciążeniach aparatu ruchu i przy leczeniu zakłóceń krążenia. Ogrzewanie promieniowaniem podczerwonym daje więc zasadniczo pozytywny medyczny-terapeutyczny efekt. Poza tym jest to ta część promieniowania, który nas i tak stale otacza w życiu codziennym, ponieważ jest więcej albo mniej wypromieniowywana przez wszystkie przedmioty.

Projekt badawczy, pomiar porównawczy ogrzewanie podczerwiecią/gazem Dr.-Inż. Peter Kosack, Politechnika Kaiserslautern

Strona 16/52

(Richter W., Schmidt.: Milde Ganzkörper-Hyperthermie mit Infrarot-C-Strahlung – łagodna hipertermia całego ciała z C-promieniowaniem podczerwonym. Z Onkol/J Onkol 34 (2002) 49 – 58)

(Schmidt. W., Heinrich H., Wolfram G.: Detoxifikation und Immunstimulation durch Infrarot-C-Strahlung – Detoksykacja (detoks) i stymulacja immunologiczna C-promieniowaniem podczerwonym. Biol. Med. 33 (2004) 66 – 68)

#### **1.3.4 Zasadnicze przepływy energii przy systemach grzewczych: energia pierwotna, wtórna, energia Ziemi, energia użyteczna**

Jako pierwotną energię określa się pod względem energetyczno-ekonomicznym energię, która z występującymi w naturze źródłami energii jest do dyspozycji jako wolna albo związana forma energii.

Do tego należą przedstawione powyżej energie spektrum energii:

- odnawialne energie takie jak biomasa, energia wodna, energia słoneczna, ciepło Ziemi (geotermia) i energia wiatru,
- kopalne energie takie jak węgiel brunatny, węgiel kamienny, gaz ziemny i ropa i
- energia jądrowa (uran).

Energie wtórne albo nośniki energii powstają przez procesy przetwarzania, podczas których dochodzi do strat, takie jak spalanie, rozszczepienie jądra atomowego, albo rafinowanie. Nośnikami energii są np. gaz, energia elektryczna, benzyna, nafta oświetleniowa i ogrzewanie centralne.

Energia, którą otrzymuje konsument po dalszych ewentualnych stratach podczas przetwarzania i wymiany określa się jako energię końcową.

Energia użyteczna jest w końcu tą energią, która jest do dyspozycji konsumenta końcowego przez bezpośrednie zastosowanie albo po przetworzeniu z energii końcowej dla wymaganej energii w formie usługi. Do energii użytkowej należą ciepło, zimno, światło, praca mechaniczna albo fale dźwiękowe.

Z reguły ilość energii użytkowej jest mniejsza niż ilość energii końcowej, ponieważ przy przetwarzaniu energii z energii końcowej są straty. Żarówka wytwarza np. zarówno światło jak i ciepło z energii końcowej - prąd. Normalnie jednak nie korzysta się z ciepła.

(<http://de.wikipedia.org/wiki/Primärenergie>)

(<http://de.wikipedia.org/wiki/Sekundärenergie>)

(<http://de.wikipedia.org/wiki/Endenergie>)

(<http://de.wikipedia.org/wiki/Nutzenergie>)

#### **1.3.5 Podział systemów grzewczych według źródeł energii**

Z podowu aspektów ekologicznych sensowny jest podział systemów grzewczych zgodnie z zastosowanymi źródłami energii do przetwarzania w ciepło i według ich pochodzenia.

Fizycznie mamy do czynienia z czterema różnymi formami energii:

- energia chemiczna: paliwa stałe, olej, gaz
- energia elektryczna
- energia promieniowania słonecznego
- (środowisko naturalne-) ciepło

Energia promieniowania słonecznego i ciepło środowiska naturalnego są same z siebie regeneracyjnymi formami energii. Przy chemicznej i elektrycznej energii zależy to od położenia źródeł energii, czy są regeneracyjne czy nie. Czasami pochodzenie jest mieszane. W ten sposób regeneracyjny udział w zasilaniu prądu wynosi tymczasem więcej niż 15% i do rurociągów gazu ziemnego dodaje się regionalnie, różne, jednak generalnie jeszcze niskie udziały kilku procent biogazu. Paliwa stałe i olej można całkowicie wytworzyć z biomasy i dostarczyć konsumentowi.

Ponieważ przejście do energii regeneracyjnych w zasilaniu energii jest w sumie relatywnie długim procesem przez stulecia należy przy wyborze systemu grzewczego zwracać uwagę na możliwie prostą i kompletną możliwość użytkową energii regeneracyjnych.

### **1.3.6 Podział systemów grzewczych zgodnie z rodzajem dystrybucji ciepła**

#### **Pojedyncze ogrzewanie**

Jako pojedyncze ogrzewanie określa się rodzaje ogrzewania, przy których ciepło jest wytwarzane z dostarczonej formy energii takich jak gaz, olej, drewno albo prąd dopiero w pojedynczych pomieszczeniach za pomocą niezależnych przetworników energii. Źródło ciepła znajduje się więc w pojedynczych pomieszczeniach i ma za cel, ogrzewać bezpośrednio otoczenie, w którym stoi, niezależnie od innych pomieszczeń. Dystrybucja ciepła zachodzi także w tym samym pomieszczeniu.

Do pojedynczych rodzajów ogrzewania należą otwarty komin, zamknięte piece takie jak piec kominkowy, piec kaflowy, piec podstawowy, piec stałopalny z przyłączonym zbiornikiem oleju i pojedynczy piec gazowy z przyłączem gazu bezpośrednio w pomieszczeniu albo napędzane elektrycznie instalacje ogrzewania rezystencyjnego takie jak termowentylatory, elektryczne podgrzewane radiatory, promienniki na podczerwień (grzejniki promiennikowe), elektryczne podgrzewanie podłogowe albo elektryczne ogrzewanie akumulacyjne.

#### **Ogrzewanie centralne**

Przy ogrzewaniu centralnym konwerter energii końcowej na ciepło i związane z tym źródło ciepła znajduje się centralnie w budynku albo w kompleksie budynków. Energia cieplna musi być rozdzielona odpowiednimi mediami takimi jak woda, para wodna albo gorące powietrze najpierw do pojedynczych pomieszczeń, potem grzejnikami albo powierzchniami grzewczymi w pomieszczeniu.

Najdalej rozpowszechnionym ogrzewaniem centralnym w Niemczech jest gazowe ogrzewanie centralne z gorącą wodą jako medium transportu, tak zwane centralne ogrzewanie wodą. Dalszymi rodzajami ogrzewania są centralne ogrzewanie olejem, różne rodzaje ogrzewania pompami cieplnymi i ogrzewanie Pellet.

W przedłożonym badaniu porównuje się centralne ogrzewanie gazowe z decentralnym systemem ogrzewania z pojedynczych instalacji grzewczych na podczerwień.

#### **Zasada wymiany ciepła w pomieszczeniu mieszkalnym: ogrzewanie konwekcyjne i ogrzewanie promieniowaniem**

W tym raporcie badawczym mówi się o ogrzewaniu promieniowaniem, kiedy oddawany w procesie promieniowania przez grzejniki albo powierzchnie grzejne udział ilości energii wynosi powyżej 50%. To jednak nie często osiąga się w praktyce (patrz poniżej).

Odpowiednio mówi się o ogrzewaniu konwekcyjnym, kiedy oddawany w procesie promieniowania przez grzejniki albo powierzchnie grzejne udział ilości energii wynosi powyżej 50%.

Prawie przy wszystkich dostępnych na rynku ogrzewaniach rozchodzi się od ogrzewania konwekcyjne.

Szczególne wskazówka:

Każda forma grzejnika albo powierzchni grzewczej oddaje energię cieplną zarówno przez promieniowanie a także przez konwekcję, w najczęściej zanedbywanym udziale nawet dodatkowo przez przewodzenie ciepła. Decydujący jest stosunek pomieszania. Przez złe albo niezrozumiałe przedstawienie w prospektach, na stronach internetowych i innych publikacjach branży grzewczej często stwarza się wrażenie, jak gdyby były każdorazowo „czyste” instalacje grzewcze promieniowaniem albo konwekcyjne. Te można tylko osiągnąć tylko w przybliżeniu podczas fizycznego eksperymentu dużym nakładem pracy. I technicznej odnoszącej się do ogrzewania praktyce jeszcze do tego daleko.

#### **Udziały ogrzewania konwekcyjnego i promieniowaniem przy różnych grzejnikach i powierzchniach grzewczych**

Zasadniczo rozdzielenie udziału konwekcyjnego i promieniowania zależy od temperatury powierzchni, jakości powierzchni i konstrukcji grzejnika.



Przy najprostszej konstrukcji wolno stojących grzejników płytowych z jedną płytą, współczynnik promieniowania wynosi prawie 1 i przy normalnej wielkości ok. pół do jednego metra kwadratowego oba udziały są takie same przy temperaturze ok. 60°C do 70°C temperaturze powierzchni.

Przy niższych temperaturach powierzchni przeważa udział konwekcyjny, przy wyższych temperaturach powierzchni udział promieniowania.

Przy skomplikowanych konstrukcjach takich jak kaloryfery, radiatory z rur stalowych, radiatory żebrów i grzejniki płytowe z wielu płyt i blach konwekcyjnych udział konwekcji silnie wzrasta i może nawet wynosić 90% przy wysokich temperaturach zasilania i powierzchni wynoszących 90°C.

Odwrotnie przy prostej powierzchni grzewczej zwiększa się wraz z wzrastającą powierzchnią udział promieniowania. Z tego powodu przy powierzchni więcej niż 10 metrów kwadratowych osiąga się równość ciepła konwekcyjnego i promieniowania przy ok. 45°C do 50°C temperatury powierzchni.

(Recknagel, Sprenger, Schramel: Taschenbuch für Heizung und Kilmatechnik – Wydanie kieszonkowe o ogrzewaniu i klimatyzacji, Oldenbourg Wissensch. Vlg- Wydawnictwo Naukowe; wydanie 68 (1997/98) str. 435 ff i str. 938 ff i str. 836)

### **1.3.7 Specjalne konstrukcje grzejników i powierzchni grzewczych**

#### **Piec kaflowy i kominek**

Piece kaflowe i kominki bez kanałów powietrznych są w swoim zachowaniu dotyczącym wypromieniowania podobne do prostego grzejnika płytowego, powierzchnia jest z reguły większa poprzez korpus w formie kwadratu. Ponieważ temperatury powierzchni wynoszą typowo 80°C jest to klasyczne ogrzewanie promieniowaniem.

Przy piecach kaflowych i wielu kominach z kanałami powietrznymi przeważa jednak przez silne efekty kominkowe udział konwekcji.

#### **Listwa grzewcza**

Listwa grzewcza (określana także jako listwowe ogrzewanie przypodłogowe) jest specjalną formą grzejnika konwekcyjnego. Listwy grzewcze przebiegają najczęściej po stronie wewnętrznej ścian zewnętrznych gęsto nad podłogą. Elementy grzewcze listwy grzewczej składają się z rury, w której przepływa gorąca woda z wieloma na niej umocowanymi płytkami lamelowymi. Przez płytki wytwarza się lokalny efekt kominkowy (konwekcja). Listwy grzewcze tworzą welon ciepłego powietrza wzdłuż ściany albo powierzchni szklanych okien. Przez to ocieplają się powierzchnie ścian i okien. Przez w ten sposób powstającą temperaturę promieniowania powierzchni ustawia się pożądany komfort. Ponieważ welon ciepłego powietrza jest bardzo cienki w porównaniu do prądu powietrza innych konwekcyjnych instalacji grzewczych i się wolno porusza, to wewnętrzne powietrze w pomieszczeniu ogrzewa się wolniej i pozostaje z reguły poniżej temperatury welonu ciepłego powietrza.

Listwa grzewcza przedstawia w związku z tym zoptymalizowaną formę ogrzewania konwekcyjnego. Aby mogła się stać ogrzewaniem promieniowym, należałoby ogrzać temperatury powierzchni ściany albo powierzchni szklanych przez welon ciepłego powietrza do temperatury co najmniej 45°C, jednak nie o to chodzi.

#### **Wielkopowierzchniowe instalacje grzewcze (ogrzewanie sufitowe, ściennie i podłogowe)**

Instalacje grzewcze wielkopowierzchniowe powstają najczęściej przez ułożone, elastyczne rury grzewcze w tynku stropów, sufitów i ścian albo w jastrychu podłóg. Mówi się wtedy każdorazowo o ogrzewaniu sufitowym, ściennym albo podłogowym. Przez przewodzenie ciepła powierzchnie ocieplają się i troszczą się o przyjemną średnią temperaturę promieniowania. Powietrze ogrzewa się przeważnie przez powolną konwekcję. To samo obowiązuje, kiedy zamiast rur grzewczych z przepływającą wodą stosuje się elektrycznie napędzane przewody grzewcze albo folie grzewcze.

Listwa grzewcza i wielkopowierzchniowe instalacje grzewcze określa się przez pomyłkę jako ogrzewania promieniowaniem, chociaż oddają one z reguły mniej niż 50% doprowadzonej energii cieplnej albo energii elektrycznej w formie promieniowania do pomieszczenia. Przez to określenie ma się na myśli ich zaletę, że troszczą się o wysoką, średnią temperaturę promieniowania otoczenia, ponieważ powierzchnie pomieszczenia nagrzewają się częściowo bezpośrednio a częściowo przez udział promieniowania i częściowo przez welon powietrza. Idealne byłoby przy wielkopowierzchniowych instalacjach grzewczych, kiedy wszystkie powierzchnie graniczne pomieszczenia były utrzymywane na niskim poziomie temperatur ok. 20°C do 25°C. To prowadziłoby do tego, że pomiędzy powierzchniami pomieszczenia a ubraną, ludzką powierzchnią ciała praktycznie nie byłoby żadnej wymiany ciepła, ponieważ temperatury powierzchni w przybliżeniu są takie same.

Właśnie to jest odczuwane jako szczególnie przyjemne. Ta oddawana z takich instalacji grzewczych moc cieplna do pomieszczenia zachodzi przeważnie przez konwekcję i przez absorpcję promieniowania do powietrza w pomieszczeniu.

Zalety są podobne jak przy prawdziwym ogrzewaniu na zasadzie promieniowania:

- żadnego zapotrzebowania miejsca dla grzejników w pomieszczeniu w obszarze przebywania
- żadnego gromadzenia się kurzu na grzejnikach;
- mniejszy gradient temperatury przez wysokość pomieszczenia;
- mniejsza temperatura powietrza niż przy konwencjonalnym ogrzewaniu konwekcyjnym; z tego wynika fizjologicznie korzystne rozgrzanie człowieka;
- żaden albo niewielki osad wilgotności na elementach konstrukcyjnych, co zapobiega powstawaniu pleśni.

### **1.3.8 Rola masy kumulowanej dla energii cieplnej w systemach grzewczych.**

Zarówno w pojedynczych instalacjach grzewczych jak i ogrzewaniu centralnym energia cieplna jest akumulowana pośrednio przed jej przekazaniem dalej do pomieszczenia w systemie grzewczym. W zależności od systemu grzewczego te akumulacje są różnej wielkości w zależności od ich masy. Ogólnie obowiązuje: im większa masa tym większa akumulacja ciepła.

Takimi masami akumulacyjnymi są woda w grzejniku i sam grzejnik. Cegły szamotowe w kominkach albo przy ogrzewaniu elektrycznym albo jaskrych w instalacjach ogrzewania przypodłogowego.

Wcześniej, kiedy to palony paliwami stałymi piec podstawowy był standardem i nie było jeszcze uregulowanych instalacji grzewczych, pożądana była możliwie duża masa akumulacyjna. Piec był ładowany wtedy jeden albo dwa razy na dzień paliwem i masa akumulacyjna troszczyła się o regularne oddawanie ciepła do pomieszczenia, także wtedy kiedy ogień nie wygasł jeszcze w piecu.

To zdarzało się jeszcze przy później rozpowszechnionych instalacjach grzewczych olejem i gazem bez regulacji i prostych zaworów na grzejnikach.

Jeśli dalsze przekazywanie do pomieszczenia odbywa się w przybliżeniu równomiernie z wytwarzaniem energii, to wielkość masy akumulacyjnej nie odgrywa żadnej roli.

To nie zachodzi przy nowoczesnych systemach grzewczych z regulacją temperatury w pomieszczeniu i domach z małym zapotrzebowaniem na energię. Zmienne promieniowanie słoneczne, korzystanie z dodatkowych źródeł ciepła (np. piekarnik) albo otwieranie okna powodują konieczność szybkiej reakcji regulacji ogrzewania.

Regulator może wstrzymać albo dopuścić tylko dopływ ciepła do akumulatora, a nie dalsze przekazanie energii cieplnej z masy akumulacyjnej do pomieszczenia.

W przypadku, kiedy trzeba szybko napalić, przy dużych masach akumulacji jest silne czasowe opóźnienie. Przy instalacjach ogrzewania podłogowego, które jako masa akumulacyjna muszą nagrzać kompletny jaskrych to opóźnienie może trwać przez kilka godzin.

W odwrotnym przypadku, kiedy przy dodatkowym nagrzewaniu pomieszczenia np. przez nagrzanie pomieszczenia przez nisko stojące zimowe słońce przez okno południowe, dopływ ciepła przez ogrzewanie należy przerwać, inaczej dojdzie przez już zebraną ciepłą wodę do ogrzewania w grzejnikach do przegrzania pomieszczenia i niepotrzebnego zużycia energii.

Technicznie odnośnie regulacji mówi się o przekroczeniu i ociążałości regulacji.

Energooszczędne ogrzewanie z regulatorem powinno mieć stąd wobec utartego mniemania możliwie małą masę akumulacyjną w grzejnikach albo powierzchniach grzewczych. Zasobnik przy instalacjach ogrzewania centralnego pozostaje nienaruszony, ponieważ oddawanie ciepła do pomieszczeń jest kontrolowane regulacją. Duża masa akumulacyjna przy promiennikach podczerwieni prowadzi do tego, że promiennik każdorazowo po każdym włączeniu i po każdym wyłączeniu przez regulację pozostaje przez długi czas w zakresie temperatur pomiędzy temperaturą otoczenia (temperaturą powietrza) i 60°C. To znaczy, że ma się doczynienie z długimi czasami nagrzewania i ochładzania znacznie powyżej 5 minut, zamiast idealnie mniej niż 1 minuta. W tym czasie promiennik podczerwieni działa jak ogrzewanie konwekcyjne. Zalety jako promiennika podczerwieni traci się wtedy całkowicie przy wykorzystaniu takiego promiennika, im wyższa jest masa akumulacyjna. Wiele takich „promienników podczerwieni” jest także ogrzewaniem konwekcyjnym z podwyższonym udziałem promieniowania. To obowiązuje także dla zainstalowanych blisko powierzchni ściany elektrycznych folii grzewczych, które mianowicie wobec klasycznych instalacji grzewczych powierzchni uzyskują duże temperatury powierzchni, ale mają kompletną ścianę jako znajdującą się w tyle masę akumulacyjną. W sumie oddają mniej niż 50% doprowadzonej energii elektrycznej jako promieniowanie podczerwone. Z reguły powstaje przy montażu blisko podłogi dodatkowo dużopowierzchniowa konwekcja welon powietrza podobnie jak przy listwie grzewczej.

Projekt badawczy, pomiar porównawczy ogrzewanie podczerwienią/gazem Dr.-Inż. Peter Kosack, Politechnika Kaiserslautern

<http://de.wikipedia.org/wiki/Heizungsregler>  
<http://de.wikipedia.org/wiki/Überschwingen>

(Otto Föllinger: Regelungstechnik – Technika regulacji, Verlag – wydawnictwo Hüthig)  
(Lutz & Wendt: Taschenbuch der Regelungstechnik – Wydanie kieszonkowe techniki regulacji/sterowania Verlag – wydawnictwo Harry Deutsch)  
(Fröse, H-D.: Elektrische Heizsysteme – elektryczne systemy grzewcze, Pflaum Verlag – wydawnictwo Pflaum 1995)

### **1.3.9 Przeporządkowanie ogrzewania podczerwieni**

Jako ogrzewanie podczerwieni określa się instalacje grzewcze zgodnie z poniższą definicją: to są

- pojedyncze instalacje grzewcze
- ogrzewania promiennikowe to znaczy więcej niż 50% czystego udziału promieniowania energii cieplnej, która jest oddawane do pomieszczenia i
- maksimum promieniowania znajduje się w zakresie promieniowania podczerwonego (także przy instalacjach grzewczych, które wypromieniowują widoczny udział to znaczy żarzą się czerwono)

Oddane promieniowanie ogrzewania podczerwieni odpowiada naturalnemu promieniowaniu podczerwonemu w świetle słonecznym widocznego zakresu.

#### **Gazowe ogrzewanie podczerwieni**

Gazowe ogrzewanie podczerwieni albo tak zwane promienniki stosuje się w przemyśle albo na kempingu z gazem palnym, najczęściej z ciekłym gazem, przy stationarnym zastosowaniu rzadziej także gazem ziemnym. Przy tym płomień gazu rozgrzewa ciało żarzące się. Promienniki przemysłowe mogą być stosowane wyłącznie jako ogrzewanie hal. Dla promienników gazowych należy przestrzegać szczególnych przepisów bezpieczeństwa. Ze względu na to nie nadają się do obszaru mieszkalnego. W ostatnich latach stosuje się coraz więcej promienników tarasowych (nazywane także „płaszczem grzejnym”) na zewnątrz jak np. w kawiarenkach. Także one nie nadają się do pomieszczeń mieszkalnych.

Gazowe ogrzewanie podczerwieni należy do promienników wysokotemperaturowych, w których energia do ogrzewania jest wytwarzana w emitującym elemencie konstrukcji i jest wypromieniowywana z wysoką temperaturą (kilkaset do tysiąca stopni). Formę ogrzewania stosuje się, aby oddać energię w większym odstępnie albo w większym zakresie. Przez wysoką temperaturę zachodzi z reguły zagrożenie pożarem, które trzeba opanować i podjąć odpowiednie środki bezpieczeństwa.

#### **Elektryczne ogrzewanie podczerwieni**

##### **Promienniki elektryczne, kwarcowe i jasne (gazowe)**

Elektryczne grzejniki promiennikowe należą także do promienników wysokotemperaturowych i funkcjonują w zasadzie jak żarówka, jednak z reguły z nawiniętym na nośnik ceramiczny drutem oporowym, który poprzez prąd elektryczny żarzy się. Przy większości grzejników promiennikowych maksimum promieniowania znajduje się w B – zakresie promieniowania podczerwonego to znaczy żarzą się na odcień ciemnoczerwony. Szczególne miejsce zajmuje promiennik kwarcowy. Jego maksimum promieniowania znajduje się w A-zakresie promieniowania podczerwonego, żarzy się odcieniem jasnoczerwonym i włókno żarówki jest otoczone kwarcową szklaną rurą, aby możliwie dobrze przepuścić promieniowanie. Promienniki kwarcowe mają wśród promienników podczerwieni z ponad 95% najwyższy udział promieniowania. Promienniki podczerwieni, których maksimum promieniowania znajduje się w A albo B zakresie promieniowania podczerwonego, są określane jako jasne promienniki (gazowe), ponieważ żarzą się w sposób widoczny.

##### **Ciemne promienniki**

Promiennik podczerwieni, którego maksimum promieniowania znajduje się w C-zakresie promieniowania podczerwonego określa się jako ciemny promiennik, ponieważ nie ma żadnego widocznego udziału światła. Rozróżniamy gazowe i elektryczne ciemne promienniki.

Szczególną konstrukcją ciemnego promiennika jest napędzane elektrycznie ogrzewanie powierzchniowe podczerwieni. Jego temperatury powierzchni są najczęściej poniżej 150°C.

Najczęstszymi konstrukcjami są te z blachy z wbudowaną spiralą grzejącą i te gdzie stosuje się folie węglowe przez które przepływa prąd, które są zawieszane w ramie.

Takie powierzchnie grzewcze na podczerwień stosuje się w przedłożonym badaniu.

### **Skuteczność promieniowania**

Dla napędzanego gazem ogrzewania podczerwienią obowiązuje obok wytycznej o gazie (90/296/EWG) opisana w normie DIN EN 416-2 i w normie DIN EN 419-2 skuteczność promieniowania. Obie są miarodajne dla racjonalnego wykorzystania energii i ekonomiczności, przy czym dąży się do skuteczności promieniowania (odpowiada udziałowi promieniowania podczerwonego) możliwie najdalej powyżej 50%.

Dla elektrycznie napędzanych instalacji grzewczych podczerwienią analogicznie skutecznością promieniowania wyznacza się stosunek pomiędzy mocą promieniowania podczerwonego i doprowadzoną mocą elektryczną, na co jeszcze jednak brak normy.

### 3. Założenie badania

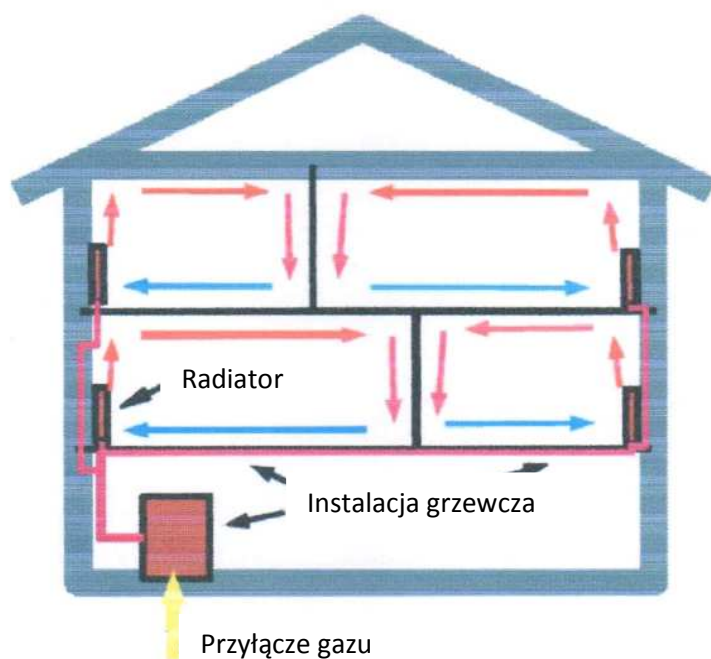
Aby odpowiedzieć na wyżej postawione pytania, ustalono najpierw na poziomie abstrakcyjnym odpowiednie obiekty badawcze. Rozchodzi się przy tym o systemy ogrzewania gazowego (centralne ogrzewanie wodne) i ogrzewanie podczerwienią.

#### 3.1 Rozważane systemy

System – ogrzewanie gazowe:

Podstawą jest najbardziej rozpowszechniona struktura eksploatowanego w starym budownictwie centralnego ogrzewania gazowego z centralnym palnikiem gazowym i nieogrzewaną piwnicą, obiegami gorącej wody do poszczególnych pomieszczeń i regulowanymi zaworami radiatorami. Zasadniczo można przenieść wyniki na strukturalnie podobne obiekty.

Pierwotnym nośnikiem energii i jednocześnie energią końcową jest dostarczany gazociągami gaz ziemny. Nie uwzględnia się strat na drodze przesyłu z gazowni do przyłącza domowego. Energia użyteczna jest oddawana do powietrza pomieszczeń mieszkalnych energią cieplną przez konwekcję (patrz **ilustracja 3.1.**). Powstający przy tym prąd powietrzny wytwarza dużą różnicę temperatur pomiędzy górami a dołami w pomieszczeniu.



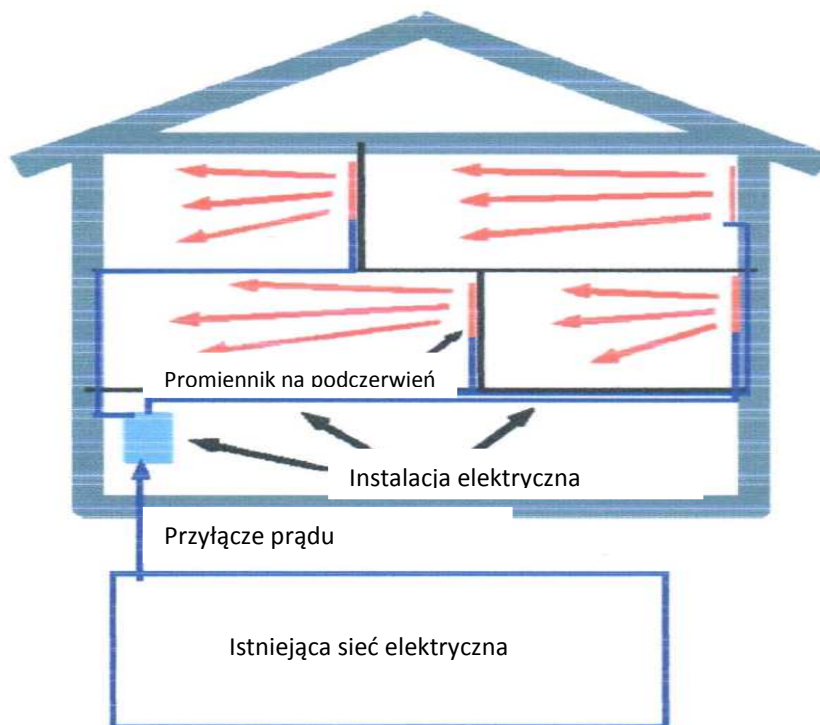
#### Ilustracja 3.1: Zasadnicza budowa centralnego gazowego ogrzewania ciepłą wodą

System – ogrzewanie podczerwienią

Powierzchniowe promienniki podczerwieni są instalowane de centralnie podobnie jak dowolnie zawieszone obrazy na ścianach pomieszczeń i przyłączone instalacją elektryczną. Alternatywnie jest także możliwy montaż na suficie podobnie jak światło powierzchniowe (żadnego wbudowywania w sufit).

Do systemu należy poza tym proporcjonalnie zainstalowana publiczna sieć elektryczna (patrz ilustracja 3.2). Pierwotny nośnik energii jest w sieci elektroenergetycznej mieszanka nośników energii pierwotnej w stosunku do zasilania prądem.

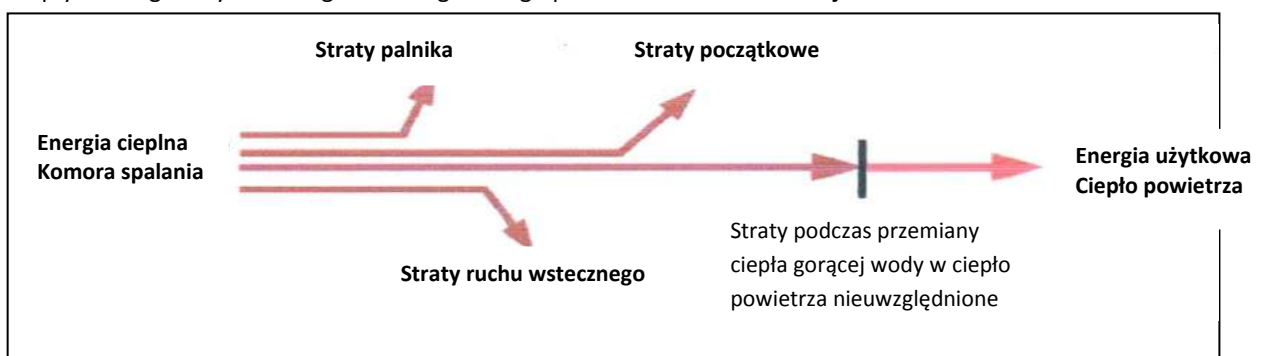
Energią użytkową jest oddawana do pomieszczenia mieszkalnego podczerwona energia promieniowania.



**Ilustracja 3.2: Zasadnicza budowa ogrzewania podczerwiecią**

### 3.2 Porównanie przepływów energii

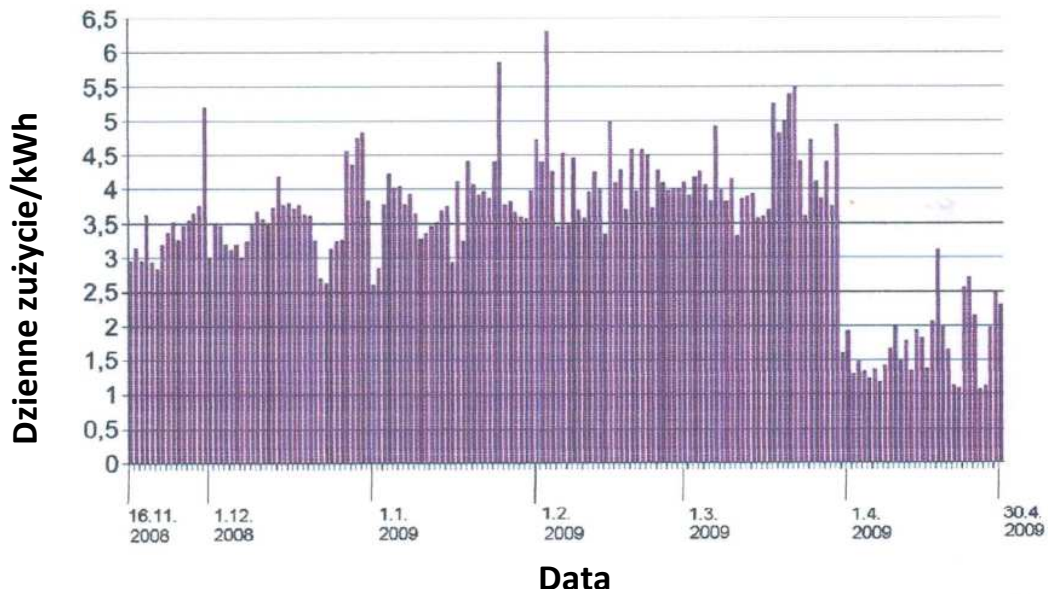
Przepływ energii w systemie ogrzewania gazowego przedstawiono na **ilustracji 3.3**



**Ilustracja 3.3: Przepływ energii w ogrzewaniu gazowym**

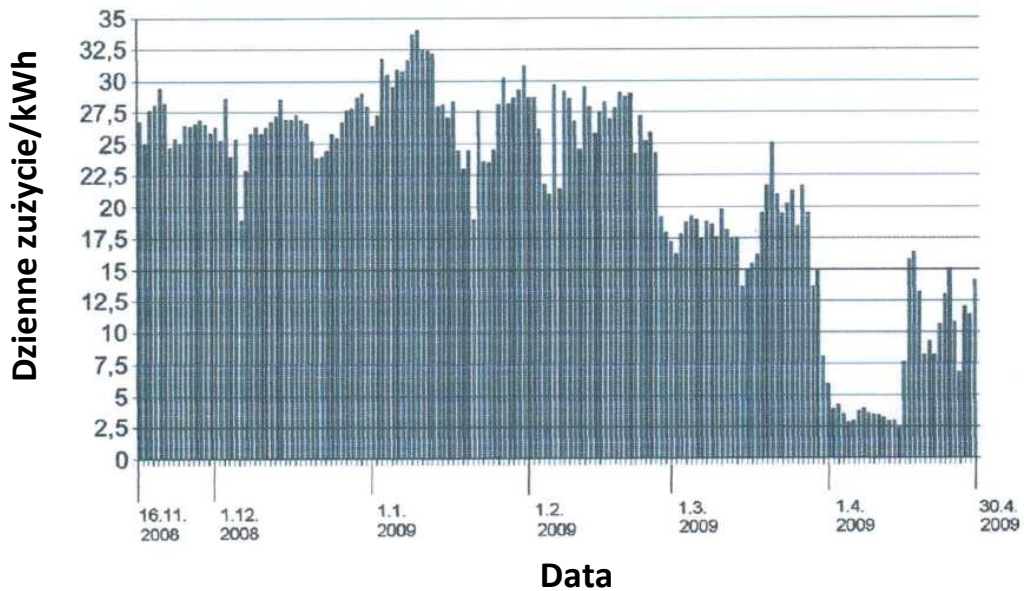
Pierwotny nośnik energii gaz ziemny podczas jego dostawy do domu jednocześnie energią końcową i jest przetwarzany podczas spalania w palniku w ok. 10 kWh energii cieplnej na metr kwadratowy gazu. Część z tego dostaje się do obiegu ciepłej wody, reszta to straty palnika.

### Zużycie energii - kuchnia/sieć

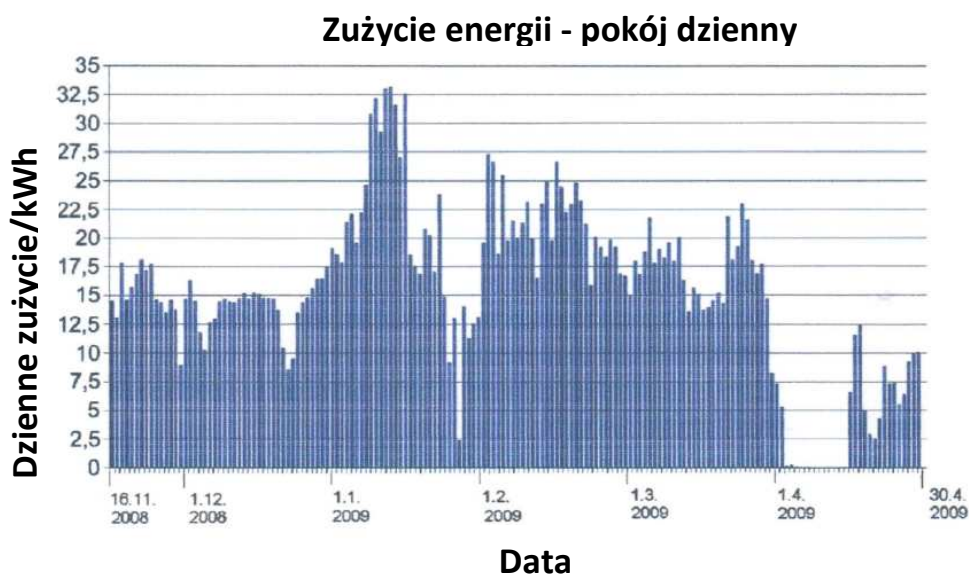


Ilustracja 4.2: Zużycie grupy 2 (kuchnia/sieć)

### Zużycie energii - biuro/sypialnia

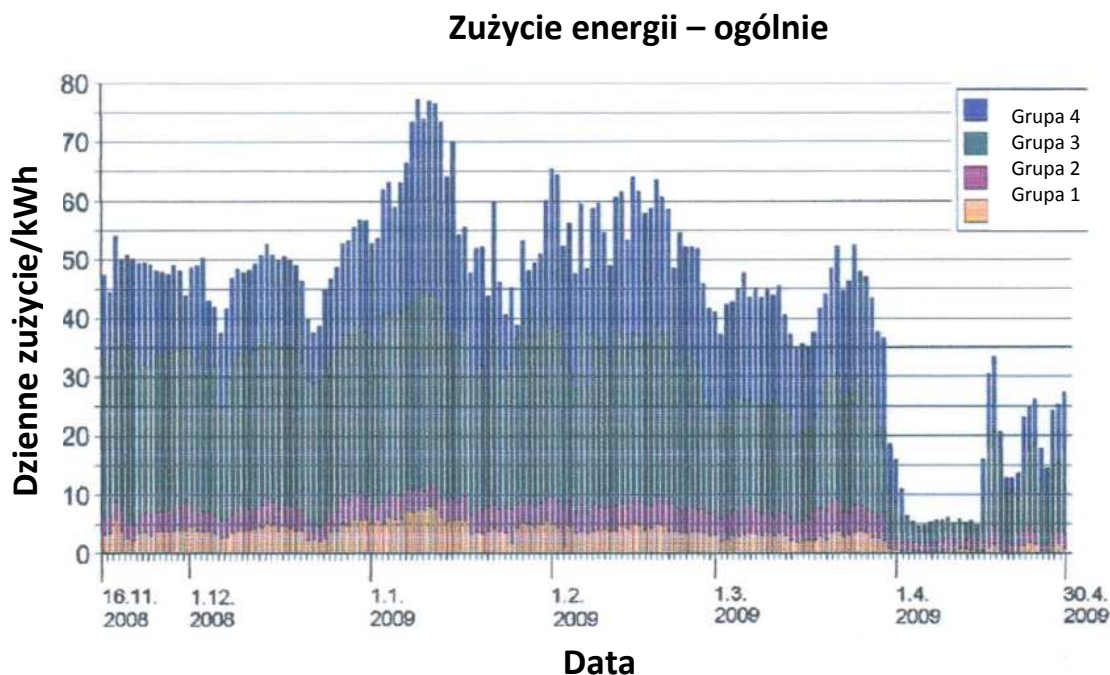


Ilustracja 4.3: Zużycie grupy 3 (biuro/sypialnia)



Ilustracja 4.4: Zużycie grupy 4 (pokój dzienny)

Na ilustracji 4.5 przedstawiono grupy zużycia w ich sumach dziennych.



Ilustracja 4.5: Całkowite zużycie dzienne energii wszystkich grup

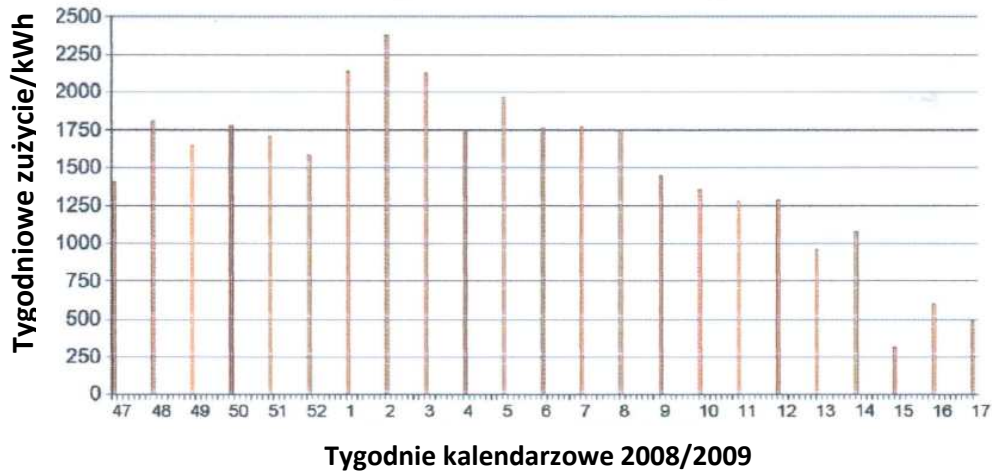
**Całkowite zużycie gazowego ogrzewania podczerwienią w całym okresie pomiaru wynosiło podsumowując 7305,92 kWh.**



### Zużycie energii ogrzewania gazowego

Zużycie **ogrzewania gazowego podczerwienią** zostało ujęte tygodniowo licznikiem gazu. Zużyta ilość gazu została przeliczona przez miejscowego dostawcę podanymi czynnikami w energię. Przedstawiono to na **ilustracji 4.6**.

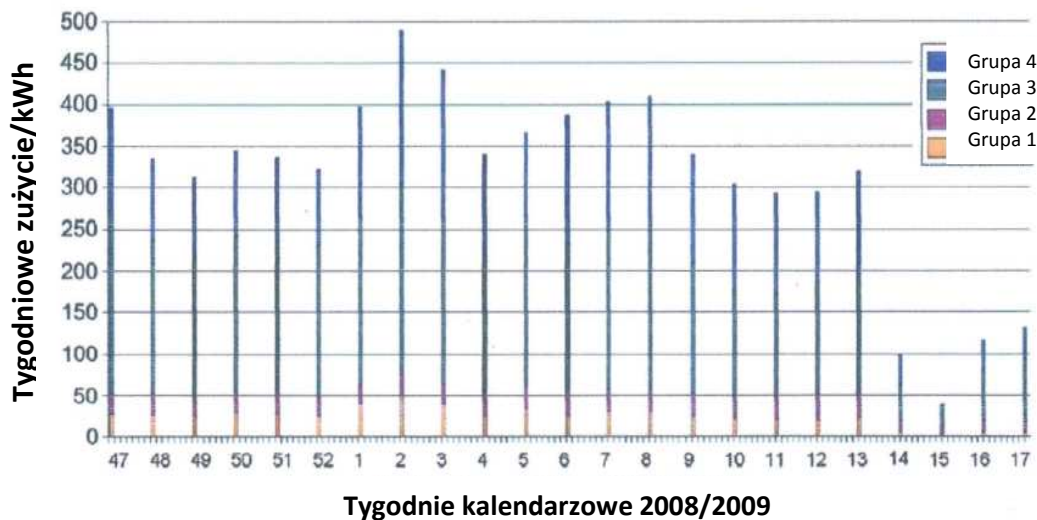
### Zużycie energii – gaz - ogólnie



**Ilustracja 4.6: Tygodniowe zużycie energii ogrzewania gazowego**

W porównaniu z tym zużycie energii ogrzewania podczerwienią przedstawiono na **ilustracji 4.7**.

### Zużycie energii – promieniowanie podczerwone - ogólnie



**Ilustracja 4.7: Tygodniowe zużycie energii ogrzewania promieniowaniem podczerwonym**  
**Całkowite zużycie ogrzewania gazowego w całym okresie pomiaru było 34742,33 kWh.**

Oddzielny pomiar ilości energii do ogrzewania ciepłej wody spowodowałby znaczny nakład przy instalacjach i zaniechano go. Ponieważ przeważnie do kąpeli potrzebna była ciepła woda, ustalono ryczałt 400 kWh na osobę dla okresu pomiaru wynoszącego 5, 5 miesiąca (zwykle stosowane wartości standardowe włącznie z wodą do kąpeli wynoszą pomiędzy 800 kWh i 1000 kWh na osobę i rok). Dla regularnie obecnych mieszkańców w związku z tym zużycie wynosi 1200 kWh.

**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 zużycie energii odniesiono je do danych powierzchni mieszkalnych.

W związku z tym otrzymano:

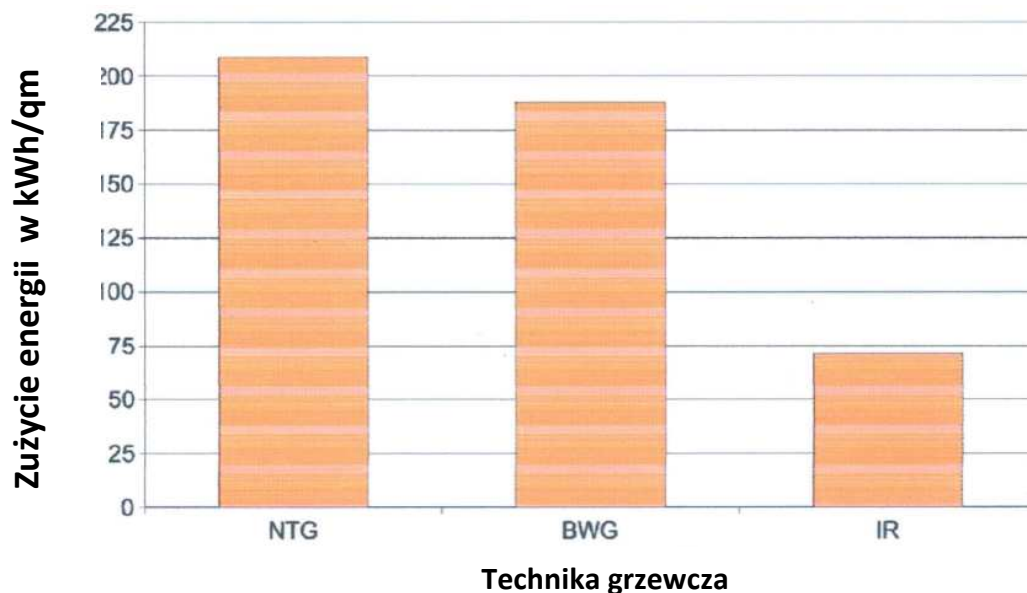
**Odnoszące się do powierzchni mieszkalnej zużycie całkowite ogrzewania podczerwienią** w okresie pomiaru wynosiło w związku z tym  $7305,92 \text{ kWh}/102,6 \text{ m}^2 = \mathbf{71,21 \text{ kWh/m}^2}$

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

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

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

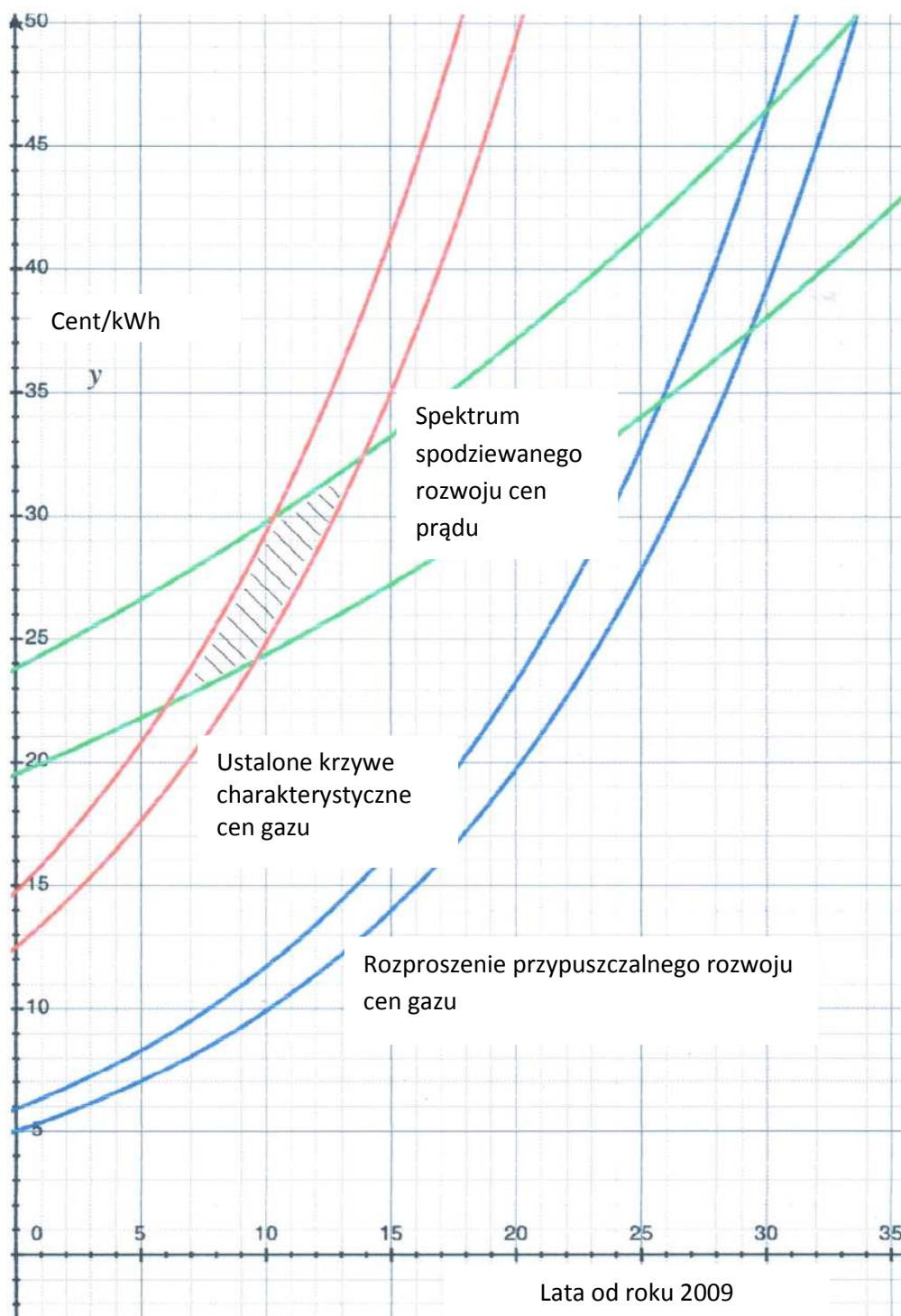
**Ilustracja 5.1** pokazuje, że dolna rozpatrywana charakterystyczna krzywa ceny gazu i górna charakterystyczna krzywa ceny prądu przetną się w około 14 roku to znaczy, że najpóźniej wtedy zużycie ogrzewania promieniowaniem podczerwonym będzie korzystniejsze niż ogrzewania gazem. Ponieważ koszty inwestycyjne 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):**

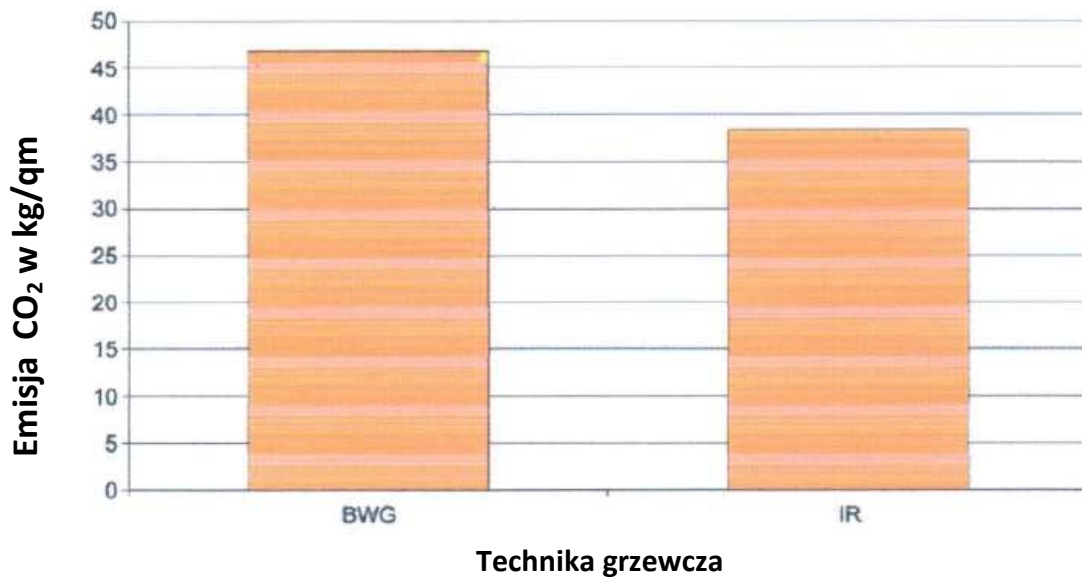
$$541 \text{ g/kWh} \times 71,21 \text{ kWh/m}^2 = 38,52 \text{ kg/m}^2$$

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.

### **Dyskusja na temat jakości energii**

W dyskusji na temat zastosowania energii elektrycznej do celów grzewczych stosuje się bardzo często pojęcie egzergii, ponieważ jest miarą dla tego udziału energii zastosowanych form energii, który może być stosowany maksymalnie. Im wyższa egzergia tym wyższa fizyczna jakość formy energii. Energia elektryczna ma według tego znacznie wyższą jakość niż energia cieplna.

Z powodu tej definicji jakości często powszechna jest opinia, że „szkoda” energii elektrycznej do grzania. Taka ocena mija się całkowicie z tematem długotrwałości. Jak już szczegółowo zaprezentowano w informacjach wstępnych na temat form energii i długotrwałości istotne jest w pierwszej linii, czy energia bierze swój początek z regeneracyjnego źródła czy nie. To określa ekologiczną jakość formy energii. Właśnie najbardziej bogate w potencjał regeneracyjne energie takie jak słońce i wiatr można szczególnie łatwo zastosować do uzyskania energii elektrycznej. Energia końcowa w formie prądu elektrycznego ze źródeł regeneracyjnych musi więc zachować najwyższy priorytet.

Instalacja grzewcza na podczerwień, napędzana 100% regeneracyjnie wytworzoną energią jest jednym z najbardziej długotrwałych instalacji grzewczych. Ponieważ koszty dla 100% regeneracyjnego prądu dla gospodarstwa domowego są w międzyczasie zrównywane z ofertami konwencjonalnymi, to tutaj także nie istnieje już żadna przeszkoda, aby przedkładać ten prąd nad klasyczną mieszanką prądu (patrz powyżej).

### **5.4 Interpretacja ze względu na aspekty medyczne i wellness**

Chociaż nie podjęto żadnego wyraźnego badania medycznego albo „wellness”, mieszkańcy albo goście niepytani, rzucając się w oczy wyrażali w tym kierunku swoją subiektywną ocenę.

Były następujące typowe wypowiedzi:

- żadnego zapachu kurzu/zapachu ogrzewania; ta właściwość była pozytywnie obierana szczególnie przez osoby z astmą, którzy stanowili sporą część gości;
- ciepłe stopy (w przeciwieństwie do wcześniejszej sytuacji z ogrzewaniem konwekcyjnym)
- świeże (chłodne) powietrze;
- przytulne ciepło

W obiekcie, w którym dokonywano pomiaru, nie było żadnych chronicznych problemów z powstawaniem pleśni. Pomimo tego można generalnie powiedzieć, że wysuszenie ścian przeciwdziała powstawaniu pleśni i wszystkimi z tym związanymi problemami zdrowotnymi.

### **5.5 Krytyczne uwagi do treści na stronach internetowych i wypowiedzi reklamowych w prospektach producentów**

Podczas trwania projektu przeprowadzono wiele rozmów z gośćmi, osobami odwiedzającymi obiekt, w którym odbywał się pomiar. Poza tym było wiele zapytań dotyczących projektu zarówno ze strony fachowców jak i ze strony zainteresowanych laików, którzy zwrócili uwagę na projekt poprzez stronę internetową. Podczas tych rozmów i w związku z zapytaniami było wiele pytań dotyczących stron internetowych i prospektów producentów. W tym miejscu zajęto się najczęstszymi błędami w tamtych wypowiedziach reklamowych:

- perpetuum mobile i bajeczny, fantastyczna skuteczność promieniowania

Przez złe zastosowanie równań promiennie-fizycznych bardzo często twierdzi się, że z promienników na podczerwień oddawane jest więcej mocy promieniowania niż jest dostarczana w formie mocy elektrycznej.

Promiennik na podczerwień byłby wtedy perpetuum mobile to znaczy byłoby to naruszenie prawa zachowania energii fizyki. Takie wypowiedzi są bezsensowne i niepoważne.

Także niepoważne są ekstremalne wypowiedzi odnośnie skuteczności promieniowania. Nie można osiągnąć wartości ponad 90% ciemnych promienników ze względów technicznych. Dane od 98% do 100% odnoszą się w sumie do skuteczności zmiany energii elektrycznej w energię cieplną a więc udział promieniowania podczerwonego i udział konwekcji razem, a nie odnoszą się tylko do promieniowania podczerwonego. Jednak stwarza się wrażenie, jak gdyby była to skuteczność promieniowania.



- instalacje ogrzewania podczerwieni, które nimi nie są

Kilku oferentów sprzedaje klasyczne, elektryczne instalacje grzewcze takie jak ogrzewanie podłogowe, sufitowe albo ściennie z wbudowanymi foliami grzewczymi jak i elektrycznie napędzane radiatory jako ogrzewanie podczerwieni. Przy tym rozchodzi się jednak o konwekcyjne instalacje grzewcze z trochę podwyższonym udziałem promieniowania w porównaniu do konwencjonalnych konwekcyjnych instalacji grzewczych.

Nie da się w związku z tym uzyskać z dużym prawdopodobieństwem takich oszczędności jak w przypadku powyżej w projekcie badawczym z prawdziwymi promiennikami podczerwieni uzyskanymi oszczędnościami.

Podobnie jest z elektrycznie napędzonymi, swobodnie ustawianymi powierzchniowymi instalacjami grzewczymi, których temperatury powierzchni wynoszą poniżej 60°C (typowo 30°C do 50°C) albo przy których przez rodzaj konstrukcji powstaje silna konwekcja (efekt kominkowy). Także przy nich przeważa udział konwekcji.

Także te instalacje grzewcze są zachwalane kwiecistymi słowami jako ogrzewanie podczerwieni, chociaż zgodnie z definicją powyżej nimi nie są.

## 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.

## 7. Bibliografia

Poniżej podano podstawowe podręczniki jako informacje ogólne. Z powodu lepszego przyporządkowania zastosowana bezpośrednio w raporcie literatura jest podawana w odnośnych rozdziałach (w nawiasach).

Kübler Thomas: Infrarot-Heizungstechnik für Großräume – Technika grzewcza na podczerwień dla dużych pomieszczeń, Vulkan Verlag – Wydawnictwo Vulkan 2001

Herwig, Heinz: Wärmeübertragung A-Z: Systematische und ausführliche Erläuterungen wichtiger Größen und Konzepte - Wymiana ciepła A-Z: systematyczne i dokładne objaśnienia ważnych wielkości i koncepcji, Springer, Berlin, Wydanie 1, 2000

Polfike, Wolfgang; Kopitz, Jan: Wärmeübertragung. Grundlagen, analytische und numerische Methoden – Wymiana ciepła. Podstawy, , metody analityczne i numeryczne, z pakietem oprogramowania Scilab na CD-ROM; Pearson Studium 2005

Herr. Horst: Wärmelehre. Technische Physik 3- Thermodynamika. Fizyka techniczna 3; Europa-Lehrmittel – Europejskie Pomoce Naukowe; 4 wydanie, 2006

Konstantin, Panos: Praxisbuch Energiewirtschaft: Energieumwandlung, - transport und –beschaffung im liberalisierten Markt – praktyczna książka – gospodarka energią: przetwarzanie, transport i jakość energii w zliberalizowanym rynku, Springer, Berlin, 2 wydanie.

Petermann, Jürgen (wydawca); Sichere Energie im 21. Jahrhundert – Bezpieczna energia w 21 wieku; Hoffman i Campe, 2008

Załączniki

Załącznik A: Tabele

Tabela 1: Dienne wartości pomiarowe zużycia prądu – ogrzewanie podczerwienią według grup pomiaru

## Załączniki

### Załącznik A: Tabele

Tabela 1: Dienne wartości pomiarowe zużycia prądu – ogrzewanie podczerwienią według grup pomiaru

Data	Grupa 1 [kWh]	Grupa 2 [kWh]	Grupa 3 [kWh]	Grupa 4 [kWh]
16.11.08	3,275	2,953	26,739	14,517
17.11.08	3,315	3,153	42,995	13,064
18.11.08	5,724	2,953	27,581	17,812
19.11.08	3,824	3,623	28,052	14,595
20.11.08	2,678	2,937	29,465	15,728
21.11.08	2,233	2,834	28,239	16,828
22.11.08	3,369	3,194	24,664	18,079
23.11.08	3,534	3,375	25,364	17,131
24.11.08	2,957	3,520	24,997	17,679
25.11.08	3,842	3,261	26,415	14,653
26.11.08	3,750	3,465	26,348	24,369
27.11.08	3,885	3,544	26,546	13,572
28.11.08	3,957	3,648	26,901	14,598
29.11.08	4,199	3,757	26,448	13,738
30.11.08	3,967	5,202	25,856	8,896
01.12.08	4,636	2,990	26,293	14,686
02.12.08	3,949	3,502	25,245	16,293
03.12.08	3,719	3,465	28,555	14,503
04.12.08	3,907	3,204	23,987	11,793
05.12.08	3,354	3,120	25,323	10,242
06.12.08	2,664	3,199	18,922	12,618
07.12.08	2,775	2,996	22,896	12,983
08.12.08	3,419	3,238	25,765	14,439
09.12.08	3,976	3,476	26,298	14,675
10.12.08	3,968	3,681	25,748	14,480
11.12.08	4,103	3,558	26,260	14,363
12.12.08	4,336	3,479	26,707	14,752
13.12.08	4,609	3,723	27,223	15,136
14.12.08	5,218	4,193	28,501	14,713
15.12.08	5,015	3,579	26,927	15,165
16.12.08	3,941	3,791	26,914	15,092
17.12.08	4,740	3,709	27,309	14,795
18.12.08	4,463	3,761	26,870	14,788
19.12.08	4,031	3,630	26,618	14,694
20.12.08	3,855	3,615	25,165	13,680
21.12.08	2,291	3,251	23,854	10,339
22.12.08	2,340	2,707	23,950	8,533
23.12.08	2,110	2,628	24,445	9,465

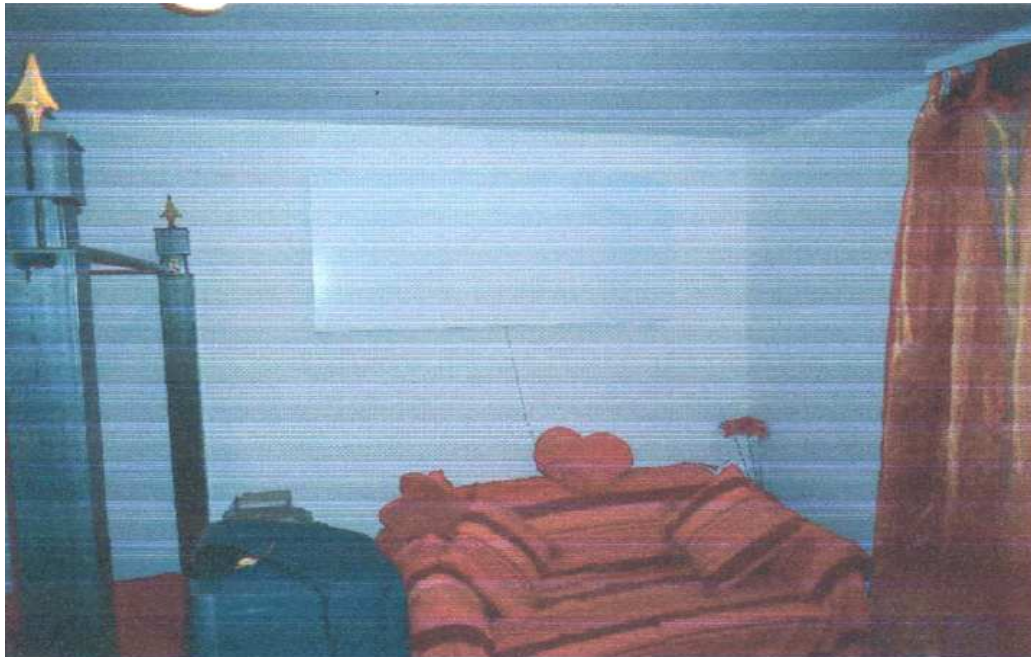
Tabela 2: Tygodniowa wartości pomiarowe zużycia prądu – ogrzewanie promieniami podczerwonymi według grup pomiaru

Tygodnie kalendarzowe 2008/2009	Wartości tygodniowe Grupa 1 [kWh]	Wartości tygodniowe Grupa 2 [kWh]	Wartości tygodniowe Grupa 3 [kWh]	Wartości tygodniowe Grupa 4 [kWh]
47	27,95	25,02	215,1	127,75
48	26,58	26,4	183,51	97,51
49	25	22,48	171,22	93,12
50	29,63	25,35	186,5	102,56
51	28,34	25,52	183,66	98,61
52	24,47	23,88	181,6	92,68
1	39,53	23,88	201,48	132,84
2	49,34	26,03	223,1	191,56
3	39,4	24,7	200,52	177,2
4	24,56	30,49	165,59	118,93
5	34,94	27,1	204,37	100,11
6	25,08	30,86	178,06	153,33
7	30,43	27,8	190,79	153,93
8	30,83	29,69	194,23	154,72
9	23,93	28,13	156,99	130,22
10	20,34	29,15	127,3	127,13
11	19,83	29,15	122,63	121,32
12	19,05	33,23	133,66	108,62
13	22,1	28,86	134,11	134,42
14	5,43	13,79	43,47	35,91
15	3,13	10,87	24,23	0,16
16	5,33	13,65	61,29	35,54
17	5,27	12,37	75,09	38,6

Tabela 3: Tygodniowa wartości pomiarowe zużycia prądu – ogrzewanie gazowe

Data	Stany licznika gaz	Tygodnie kalendarzowe 2008/2009	Zużycie tygodniowe gazu Metr sześcienny	Zużycie tygodniowe gazu kWh
16.11.08	61766			
23.11.08	61901	47	135	1408,05
30.11.08	62075	48	174	1814,82
07.12.08	62233	49	158	1647,94
14.12.08	62404	50	171	1783,53
21.12.08	62568	51	164	1710,52
28.12.08	62720	52	152	1585,36
04.01.09	62925	1	205	2138,15
11.01.09	63153	2	228	2378,04
18.01.09	63357	3	204	2127,72
25.01.09	63525	4	168	1752,24
01.02.09	63713	5	188	1960,84
08.02.09	63882	6	169	1762,67
15.02.09	64052	7	170	1773,1
22.02.09	64220	8	168	1752,24
01.03.09	64359	9	139	1449,77
08.03.09	64489	10	130	1355,9
15.03.09	64611	11	122	1272,46
22.03.09	64734	12	123	1282,89
29.03.09	64826	13	92	959,56
05.04.09	64929	14	103	1074,29
12.04.09	64959	15	30	312,9
19.04.09	65017	16	58	604,94
26.04.09	65064	17	47	490,21
30.04.09	65097		33	344,19

Załącznik B: Zdjęcia

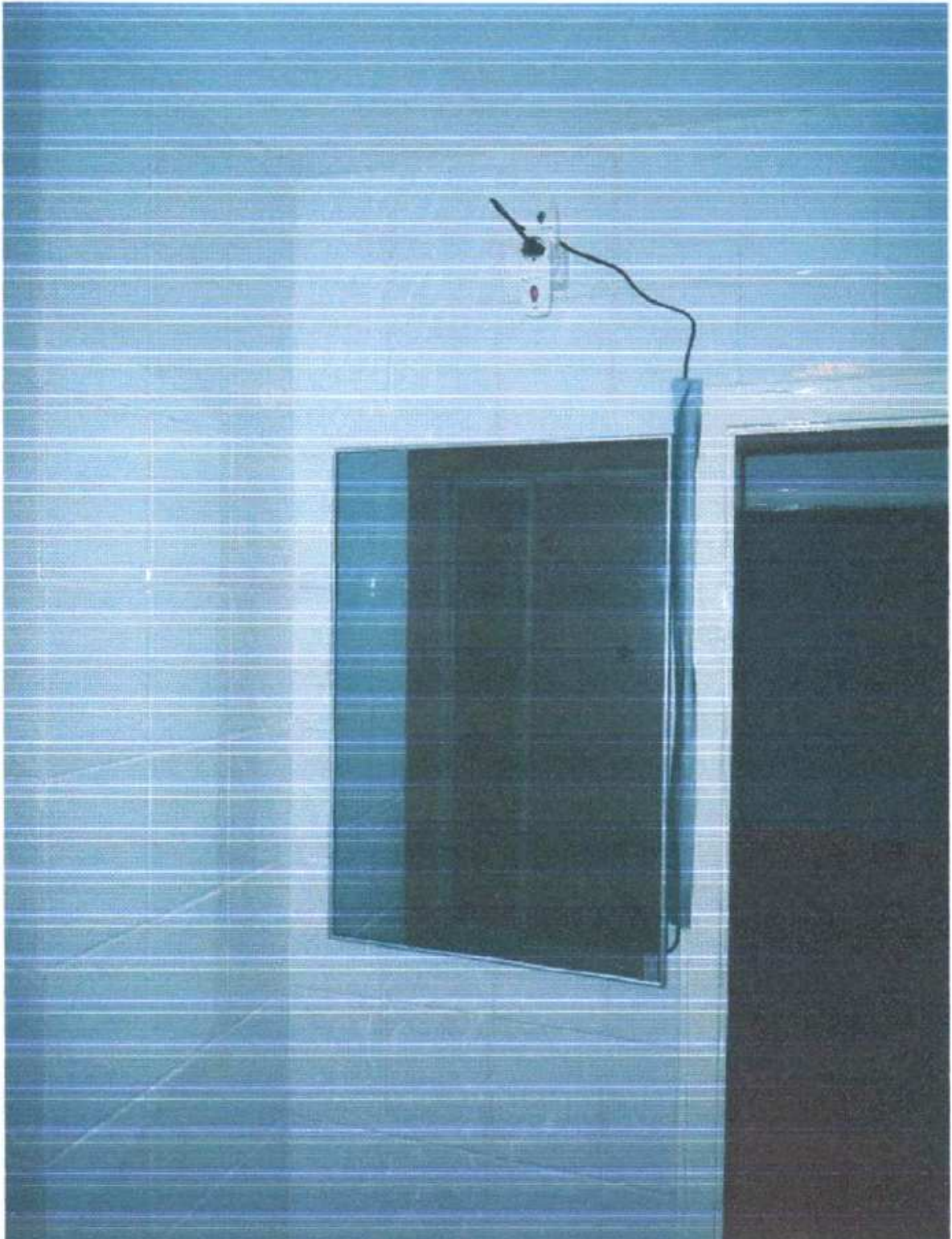


Zdjęcie B1: sypialnia



Zdjęcie B2: pokój dzienny





Zdjęcie B3: łazienka



Zdjęcie B4: kuchnia



Zdjęcie B5: sieni



Zdjęcie B6: gabinet