

Praktyczne obliczanie wskaźników efektywności zużycia gazu ziemnego w gospodarstwach domowych

Józef Dopke

Odbiorcy gazu ziemnego mogą kontrolować jego zużycie spisując pierwszego dnia każdego miesiąca wskazania gazomierza. Miesięczne zużycie gazu można określić również z rachunków dostawcy gazu. Często jednak rachunki dotyczą okresu dwu miesięcy a okres rozliczeniowy zaczyna się i kończy w środku miesiąca. Rozdzielenie zużycia gazu na miesiące różniące się liczbą stopniodni grzania jest utrudnione. Dlatego ta metoda jest mniej dokładna. Dla konkretnego mieszkania lub budynku można wyznaczyć wartości wskaźników efektywności zużycia gazu ziemnego najprostszą metodą przy użyciu kalkulatora. Artykuł prezentuje tę metodę. Analiza wskaźników efektywności energetycznej budynku może wskazać efektywną drogę obniżenia jego energochłonności poprzez różne działania modernizujące. Największe oszczędności zużycia gazu można uzyskać poprzez oszczędności na ogrzewaniu.

Prognozowanie zużycia gazu ziemnego

Na zużycie gazu ziemnego w gospodarstwach domowych wpływa wiele czynników. Najważniejszym jest temperatura w okresie gdy ogrzewa się mieszkania. Zużycie gazu rośnie ze spadkiem średniej temperatury powietrza zewnętrznego i maleje z jej wzrostem. Gdy temperatura powietrza osiąga pewną wartość, ogrzewanie mieszkań i innych pomieszczeń użytkowych przerywa się. Przy dalszym wzroście temperatury powietrza zużycie gazu jest stałe.

Zużycie gazu ziemnego (energii) na ogrzewanie pomieszczeń oraz na zużycie stałe można przedstawić w postaci najprostszego modelu dwuparametrowego [1]:

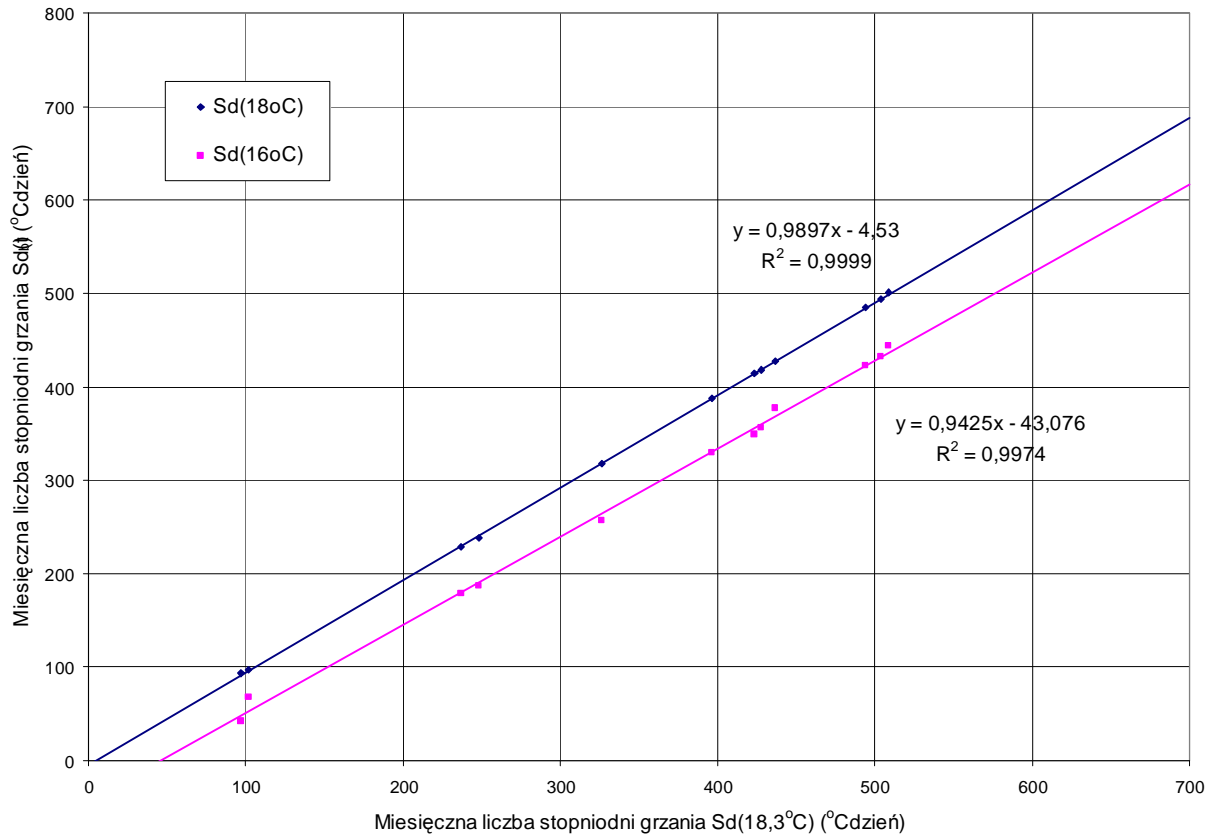
$$E = a + b \cdot Sd(t_b) + e \quad (1)$$

gdzie: E - zużycie gazu ziemnego (energii), a, b - parametry, Sd(t_b) - liczba stopniodni grzania zależna od t_b , t_b - bazowa temperatura, e – błąd metody.

Zużycie energii na ogrzewanie pomieszczeń w małych przedziałach czasu zależy liniowo od liczby stopniodni grzania. Parametr b określa wielkość zużycia gazu ziemnego (energii) na jeden stopniodzień grzania. Zużycie gazu ziemnego (energii) na cele nie związane z ogrzewaniem pomieszczeń określa parametr a. Jeżeli we wzorze (1) są stosowane dane miesięczne, to współczynniki a i b będą dotyczyły miesięcznego zużycia gazu. Błąd metody e może być spowodowany wpływem innych czynników nieuwzględnionych w modelu (1) oraz, np. w przypadku gospodarstw domowych posiadaniem przez nie obok kotła gazowego, kominka opalanego drewnem lub posiadaniem kotła opalanego gazem lub olejem opałowym zależnie od cen tych paliw.

Jeżeli temperatura bazowa zmienia się, to jedną z dróg dostosowania się do tych zmian jest dodanie do modelu (1) drugiego składnika o innej temperaturze bazowej (rys. 1). Taki zabieg automatycznie generuje optymalną temperaturę bazową, pod warunkiem że rzeczywista temperatura bazowa znajduje się między przyjętymi temperaturami bazowymi modelu [1].

$$E = a + b Sd(t_b') + c Sd(t_b'') + e \quad (2)$$



Rys. 1. Zależność miesięcznej liczby stopniodni grzania $Sd(t_b)$ dla bazowych temperatur $t_b=18^{\circ}\text{C}$ dni i $t_b=16^{\circ}\text{C}$ dni od miesięcznej liczby stopniodni grzania $Sd(18,3^{\circ}\text{C})$ dla Tczewa od stycznia 2007 r. do marca 2008 r.

Ważnym czynnikiem wpływającym na zużycie gazu ziemnego jest wiatr. Budynki tracą więcej ciepła w dni wietrzne przy tej samej temperaturze zewnętrznej powietrza. Dobrą metodą na poprawienie dokładności modelu jest używanie liczby stopniodni grzania skorygowanych o wpływ wiatru. Jeżeli w jest prędkością wiatru w km/h, to skorygowana liczba stopniodni grzania $WSd(t_b)$ wynosi [1]:

$$WSd(t_b) = Sd(t_b) \frac{\frac{w}{1,609344} + 100}{100} \quad (3)$$

Wpływ wiatru na wzrost zużycia paliw na grzanie mieszkań można prześledzić na wieloletnich danych klimatycznych Półwyspu Helskiego. Średnia wieloletnia (1996–2007) roczna liczba stopniodni grzania dla Półwyspu Helskiego wynosiła $Sd(18,3^{\circ}\text{C})=3321^{\circ}\text{C}$ dni. Skorygowana liczba stopniodni grzania od średniej rocznej prędkości wiatru wynosiła $WSd(18,3^{\circ}\text{C})=3613^{\circ}\text{C}$ dni i była wyższa o 8,8%. Największy wzrost miesięcznej liczby stopniodni grzania od wiatru występuje w grudniu i styczniu (10,5%), lutym (10,1%) i listopadzie (9,7%).

Wskaźniki efektywności zużycia gazu

Na całkowite zużycie gazu na mieszkanie składa się zużycie gazu na jego ogrzewanie, podgrzewanie wody i przyrządzanie posiłków. Zgodnie z przyjętym modelem, całkowite miesięczne zużycie gazu w gospodarstwie domowym można określić wzorem [2-5]:

$$E = d \cdot L + w_g \cdot P \cdot S_d(18,3^\circ\text{C}) \quad (4)$$

gdzie: d - miesięczne stałe zużycie gazu na podgrzewanie wody, przyrządzanie posiłków na jedną osobę ($\text{m}^3/\text{osobę}$),
 L - liczba osób w gospodarstwie domowym (osoby),
 w_g - wskaźnik efektywności zużycia gazu na ogrzewanie mieszkania ($\text{m}^3/(\text{°Cdzień m}^2)$),
 P - powierzchnia ogrzewana mieszkania (m^2),
 $S_d(18,3^\circ\text{C})$ - miesięczna liczba stopniodni grzania dla temperatury bazowej $t_b=18,3^\circ\text{C}$ (°Cdzień).

Jeżeli miesięczne zużycie gazu wyznaczy się dla 12-tu miesięcy roku i zsumuje, to otrzymuje się wzór na całkowite roczne zużycie gazu w gospodarstwie domowym:

$$E = D \cdot L + w_g \cdot P \cdot S_d(18,3^\circ\text{C}) \quad (5)$$

gdzie: $D=12d$ - roczne stałe zużycie gazu na jedną osobę ($\text{m}^3/\text{osobę}$),
 L - liczba osób w gospodarstwie domowym (osoby),
 w_g - wskaźnik efektywności zużycia gazu na ogrzewanie ($\text{m}^3/(\text{°Cdzień m}^2)$),
 P - powierzchnia ogrzewana mieszkania (m^2),
 $S_d(18,3^\circ\text{C})$ - roczna liczba stopniodni grzania dla $t_b=18,3^\circ\text{C}$ (°Cdzień).

Jeżeli całkowite roczne zużycie gazu na mieszkanie podzieli się przez liczbę stopniodni grzania i powierzchnię ogrzewaną mieszkania, to otrzymamy wskaźnik efektywności całkowitego zużycia gazu w_c

$$w_c = \frac{E}{P \cdot S_d(18,3^\circ\text{C})} = \frac{D \cdot L}{P \cdot S_d(18,3^\circ\text{C})} + w_g \quad (6)$$

Aby poprawnie wyznaczyć wskaźnik efektywności zużycia gazu na grzanie w_g dla różnych paliw z danych statystycznych, trzeba znać wszystkie wskaźniki efektywności zużycia energii. W niektórych krajach używa się, np. gaz ziemny tylko do ogrzewania mieszkania a wodę podgrzewa się i posiłki przygotowuje korzystając z energii elektrycznej. W innych krajach ogrzewa się mieszkanie i podgrzewa wodę użytkową gazem ziemnym a posiłki przygotowuje na kuchni elektrycznej.

Wskaźniki efektywności zużycia gazu dla domu wolnostojącego

Przedmiotem analizy był dom wolnostojący wykonany w tradycyjnej technologii o powierzchni ogrzewanej 112 m^2 , ogrzewany nowym kotłem dwufunkcyjnym. Dom zamieszkują dwie rodziny emerytów. Z ciepłej wody użytkowej wytwarzanej przez dwufunkcyjny piec gazowy korzystały 4 osoby. Dom wyposażony jest w kuchnię gazową czteropalnikową z piekarnikiem elektrycznym (2 osoby) oraz w drugą kuchnię elektryczną (2 osoby). Sterownik temperatury wewnętrznej ustawiony był na temperaturę 21°C .

Rachunki wystawiane przez Spółkę Obrotu Gazem nie zawsze dotyczyły dni jednego miesiąca. Najdłuższy okres w sezonie grzewczym obejmował 36 dni. Jeden rachunek poza sezonem grzewczym był wystawiony za okres od 11.06.2007 r. do 06.09.2007 r. Z rachunków wyznaczono zużycie gazu ziemnego E dla każdego miesiąca stosując aproksymację liniową (tabela 1).

Tabela 1. Zużycie gazu ziemnego E wg miesięcy w domu wolnostojącym o powierzchni ogrzewanej 112 m², temperaturze wewnętrznej powietrza 21°C, z piecem dwufunkcyjnym, jednej kuchni gazowej czteropalnikowej (piekarnik elektryczny), miesięcznej liczbie stopniodni grzania Sd(18,3°C) i miesięcznej wieloletniej liczbie stopniodni grzania Sd(18,3°C) dla Warszawy zbliżonej klimatycznie do Grudziądza.

Okres roku	Zużycie gazu E	Liczba Sd(18,3°C)	Wieloletnia liczba Sd(18,3°C)	Zużycie gazu E dla wieloletniej Sd(18,3°C)
---	m ³	°Cdzień	°Cdzień	m ³
Listopad 2006 r.	326	347	499	432
Grudzień 2006 r.	353	416	595	507
Styczeń 2007 r.	415	459	670	567
Luty 2007 r.	458	540	632	537
Marzec 2007 r.	311	362	508	439
Kwiecień 2007 r.	106	294	329	297
Maj 2007 r.	51	118	155	160
Czerwiec 2007 r.	27	16	16	50
Lipiec 2007 r.	33	0	0	37,3
Sierpień 2007 r.	33	0	0	37,3
Wrzesień 2007 r.	37	119	44	72
Październik 2007 r.	55	304	313	285
Listopad 2007 r.	411	489	499	432
Grudzień 2007 r.	459	536	595	507
Styczeń 2008 r.	467	536	670	567
Luty 2008 r.	367	429	632	537
Marzec 2008 r.	371	459	508	439
Kwiecień 2008 r.	200	309	329	297
2007 r.	2396	3237	3761	3420,6

Z analizy zmiennego zużycia gazu ziemnego E usunięto miesiące kwiecień, maj, wrzesień i październik 2007 r., w których dom był dogrzewany przy użyciu drewna pozyskiwanego z wycinki drzew owocowych. Pozostałe miesiące (od 01.11.2006 r. do 31.03.2007 r. i od 01.11.2007 r. do 30.04.2008 r.) poddano analizie. Stałe miesięczne zużycie gazu przyjęto takie jakie stwierdzono w miesiącach lipiec i sierpień 2007 r., to jest $a = d \cdot L = 33 \text{ m}^3/\text{miesiąc}$ co odpowiada zużyciu $D \cdot L = 396 \text{ m}^3/\text{rok}$ i $D = 99 \text{ m}^3/(\text{rok osobę})$. Całkowite zużycie gazu w analizowanym okresie wynosiło 4138 m^3 a zmienne zużycie 3775 m^3 . Liczba stopniodni grzania Sd(18,3°C) w Grudziądzu w analizowanym okresie wynosiła 4882°Cdni .

Następnie wyznaczono parametry prostej miesięcznego zużycia gazu ziemnego E względem miesięcznej liczby stopniodni grzania dla okresu analizy (**rys. 3**):

$$a = d \cdot L = 33 \frac{\text{m}^3}{\text{miesiac}}$$

$$b = P \cdot w_g = \frac{E - a}{Sd(18,3^\circ C)} = \frac{(4138 - 363)\text{m}^3}{4882^\circ \text{Cdzień}} = 0,773249 \frac{\text{m}^3}{^\circ \text{Cdzień}}$$

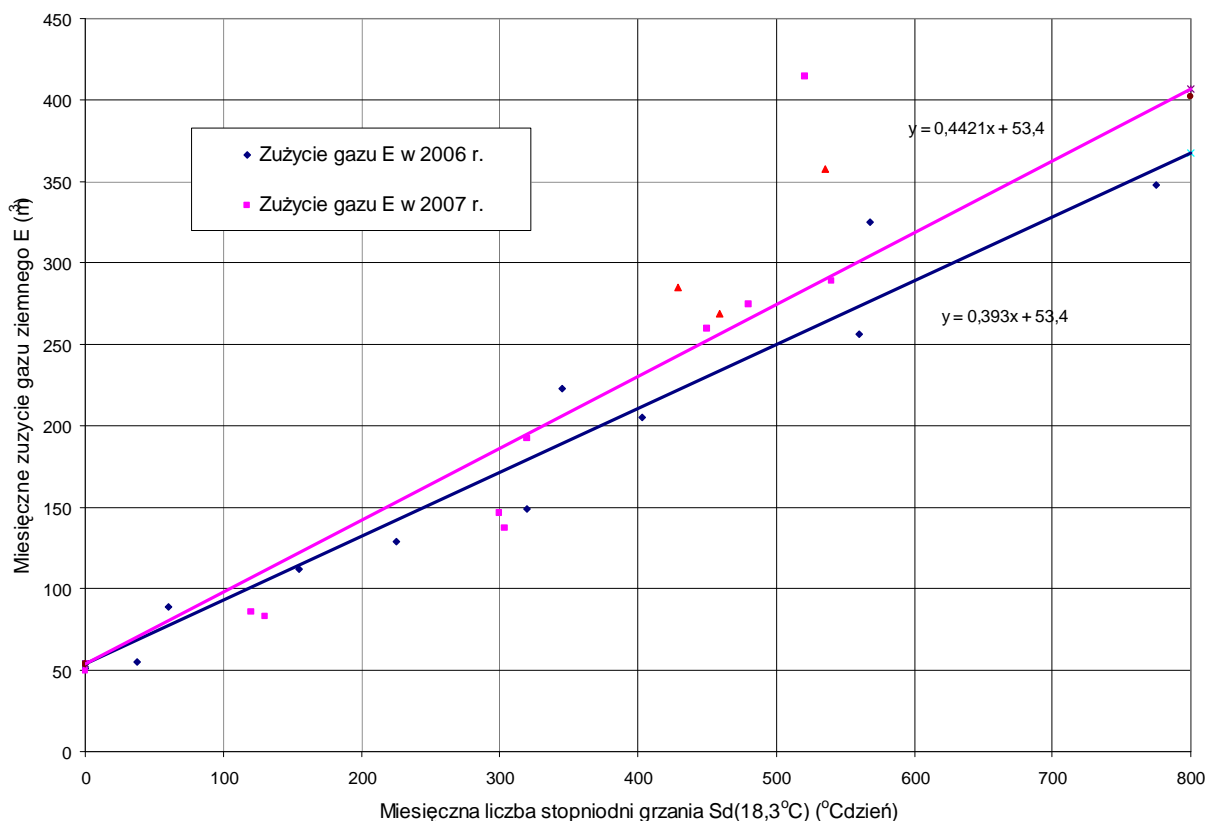
oraz wskaźnik efektywności zużycia gazu na ogrzewanie mieszkania

Jeżeli skoryguje się rzeczywiste zużycie gazu ziemnego w okresie od 01.04.2007 r. do 31.10.2007 r. o wielkość zaoszczędzoną gazu 528,6 m³ wskutek opalania drewnem, to otrzymuje się wskaźniki efektywności zużycia gazu na ogrzewanie mieszkania $w_g=0,0069$ m³/(°Cdzień m²) i całkowitego zużycia gazu $w_c=0,0078$ m³/(°Cdzień m²).

Po korekcji rzeczywistego zużycia gazu w okresie od 01.04.2007 r. do 31.10.2007 r. o wielkość zaoszczędzoną gazu otrzymuje się wskaźnik efektywności zużycia gazu w 2007 r. w wysokości: $w_g=0,00697$ m³/(°Cdzień m²) i $w_c=0,00807$ m³/(°Cdzień m²). Zużycie zmienne gazu na 1 m² powierzchni ogrzewanej wynosiło w 2007 r. 22,6 m³/m².

Zależność miesięcznego zużycia gazu ziemnego E od miesięcznej liczby stopniodni grzania Sd(18,3°C) w 2006 i 2007 r. dla podobnego domu wolnostojącego w Tczewie o powierzchni 100 m², z kotłem dwufunkcyjnym i kuchnią gazową czteropalnikową podano na **rys. 3**. Mieszkanie zamieszkiwały cztery osoby czynne zawodowo. Sterownik temperatury wewnętrznej ustawiony był na temperaturę 20°C.

Stałe zużycie gazu E wynosiło 53,4 m³/miesiąc, 641 m³/rok i 160,2 m³/(rok osobę). W 2007 r. całkowite roczne zużycie gazu E w analizowanym mieszkaniu wynosiło 2040,1 m³/rok, co przy rocznej liczbie stopniodni grzania w Tczewie Sd(18,3°C)=3165°Cdni daje wskaźnik efektywności całkowitego zużycia gazu $w_c=0,006446$ m³/(°Cdni m²). W 2007 r. zmienne zużycie wynosiło 1399,1 m³/rok a wskaźnik efektywności zużycia gazu na ogrzewanie mieszkania - $w_g=0,004421$ m³/(°Cdzień m²). Parametry prostej miesięcznego zużycia gazu E względem miesięcznej liczby stopniodni grzania wynoszą $a=53,4$ m³/miesiąc i $b=0,4421$ m³/°Cdni Zużycie zmienne gazu na 1 m² powierzchni ogrzewanej wynosiło 20,4 m³/m². Otrzymane wartości wskaźników odpowiadają wartościom dla budownictwa w PRL.



Rys. 3. Zależność miesięcznego zużycia gazu ziemnego E od miesięcznej liczby stopniodni grzania Sd(18,3°C) w 2006 i 2007 r. dla mieszkania w domu wolnostojącym w Tczewie o powierzchni 100 m², z kotłem dwufunkcyjnym, i kuchnią gazową czteropalnikową

Zależność miesięcznego zużycia gazu ziemnego E od miesięcznej liczby stopniodni grzania ma równanie dla 2007 r. (**rys. 3**);

$$E=53,4 \text{ m}^3 + 0,4421 \text{ m}^3/(\text{ }^\circ\text{Cdzień}) \cdot Sd(18,3^\circ\text{C}) \quad (9)$$

Analogicznie wyznaczono zależność miesięcznego zużycia gazu ziemnego E od miesięcznej liczby stopniodni grzania dla 2006 r. (**rys. 3**):

$$E=53,4 \text{ m}^3 + 0,393 \text{ m}^3/(\text{ }^\circ\text{Cdzień}) \cdot Sd(18,3^\circ\text{C}) \quad (10)$$

Wskaźniki efektywności zużycia gazu w 2006 r. wynoszą: na ogrzewanie mieszkania $w_g=0,00393 \text{ m}^3/(\text{ }^\circ\text{Cdzień m}^2)$ a całkowitego zużycia gazu $w_c=0,005788 \text{ m}^3/(\text{ }^\circ\text{Cdzień m}^2)$.

Ocena wskaźników efektywności zużycia gazu

Zużycie stałe na gotowanie wynosi w Polsce od 35 do 45 $\text{m}^3/(\text{rok osobę})$ [6]. Średnie zużycie gazu przez gospodarstwa domowe wyposażone tylko w kuchnię gazową we Wrocławiu na osiedlu Huby wynosiło 119 m^3/rok co odpowiadało około 42,5 $\text{m}^3/(\text{rok osobę})$. W 1997 r. British Gas Research oszacował, że zużycie gazu ziemnego w Wielkiej Brytanii na gotowanie na jedną osobę w wysokości 51-61 m^3/rok .

Średnie zużycie gazu na ogrzewanie wody użytkowej wynosiło: 140-163 $\text{m}^3/(\text{rok osobę})$ w Niemczech, 167 $\text{m}^3/(\text{rok osobę})$ w nowych domach w Finlandii, 174 $\text{m}^3/(\text{rok osobę})$ w Holandii, 189 $\text{m}^3/(\text{rok osobę})$ w USA w 2003 r. i 194 $\text{m}^3/(\text{rok osobę})$ w USA w 2004 r., 209 $\text{m}^3/(\text{rok osobę})$ w prowincji Quebec w Kanadzie i 247 $\text{m}^3/(\text{rok osobę})$ w Kanadzie dla budynków wybudowanych w 1994 r.

W Niemczech 42%, we Francji 38%, w Danii 34% i w Hiszpanii 19% gospodarstw domowych posiadało w 1996 r. zmywarkę do naczyń. Te gospodarstwa wodę zużywaną do mycia naczyń podgrzewają energią elektryczną a nie gazem. Stąd mniejsze zużycie gazu w gospodarstwach domowych wyposażonych w zmywarki do naczyń.

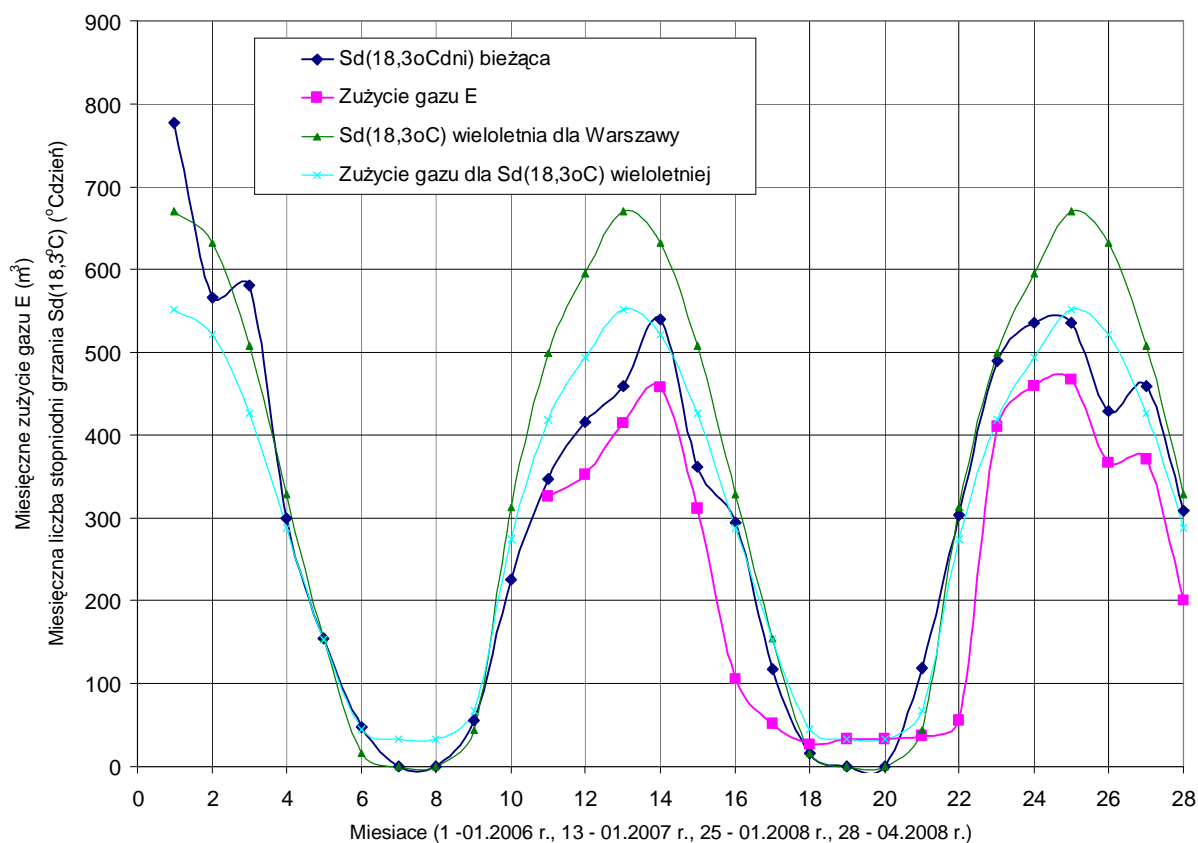
W Polsce przyjmuje się na ogrzewanie domu wolnostojącego o powierzchni 100 m^2 zużycie roczne gazu ziemnego E w ilości 1940 m^3 dla kotła kondensacyjnego i 2150 m^3 dla kotła tradycyjnego. Odpowiada to zużyciu odpowiednio 19,4 i 21,5 m^3 gazu na 1 m^2 powierzchni użytkowej domu. Stąd średnio dla Polski w_g wynosi od 0,0052 do 0,0058 $\text{m}^3/(\text{m}^2 \text{ }^\circ\text{Cdzień})$. Dom wolnostojący, zgodny z obowiązującymi przepisami w Polsce, może zużywać 12 m^3/m^2 gazu E rocznie na jego ogrzewanie, co odpowiada wartości $w_g = 0,0032 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \text{ }^\circ\text{Cdzień})$.

Na przykładzie domu w Grudziądzu można zweryfikować twierdzenia różnych gazet o bardzo wysokim zużyciu gazu ziemnego [6] w okresie od 1 listopada 2007 do 31 stycznia 2008 r. w stosunku do analogicznego okresu od 1 listopada 2006 do 31 stycznia 2007 r. Jako przyczynę podawano mniejsze ciepło spalania dostarczanego gazu.

Miesięczne zużycie gazu E w miesiącach listopad, grudzień i styczeń dobrze zgadza się z przyjętym modelem (7) (**rys. 2**). W okresie 01.11.2006 r. – 31.01.2007 r. zużycie gazu E wynosiło: całkowite 1094 m^3 , stałe 99 m^3 , zmienne 995 m^3 a liczba stopniodni grzania 1222 $^\circ\text{Cdni}$. W okresie 01.11.2007 r. – 31.01.2008 r. zużycie gazu E wynosiło: całkowite 1337 m^3 , stałe 99 m^3 , zmienne 1238 m^3 a liczba stopniodni grzania 1561 $^\circ\text{Cdni}$. W okresie 01.11.2007 r. – 31.01.2008 r. nastąpił wzrost liczby stopniodni grzania o 27,7% (1561/1222=1,2774) w stosunku do analogicznego okresu 01.11.2006 r. – 31.01.2007 r. W tym samym czasie nastąpił wzrost zużycia gazu o 24,4% (1238/995=1,244).

Wzrost zużycia gazu o 24,4% związany jest ze wzrostem liczby stopniodni grzania o 27,7%. W obecnym sezonie grzewczym temperatury powietrza zewnętrznego są niższe niż w porównywalnym okresie. Okres od 1.10.2006 r. aż do 31.03.2007 r. miał średnie miesięczne

temperatury powietrza znacznie wyższe od wieloletnich a liczbę stopniodni grzania mniejszą od wieloletniej (rys. 4). W październiku i listopadzie 2007 r. stopniodni grzania są równe tym dla średnich wieloletnich. Dopiero grudzień, styczeń i luty 2008 r. były cieplejsze od wieloletnia, ale i tak chłodniejsze niż miesiące w poprzednim sezonie grzewczym.



Rys. 4. Miesięczne zużycie gazu ziemnego E dla domu wolnostojącego w Grudziądzu o powierzchni ogrzewanej 112 m^2 z kotłem dwufunkcyjnym i kuchnią gazową czteropalnikową, miesięczna liczba stopniodni grzania $Sd(18,3^\circ\text{C})$ dla Grudziądz, miesięczna wieloletnia liczba stopniodni grzania $Sd(18,3^\circ\text{C})$ dla Warszawy (zbliżonej klimatycznie do Grudziądz) oraz miesięczne zużycie gazu dla wieloletniej $Sd(18,3^\circ\text{C})$.

Zużycie zmienne w I kw. 2007 r. wynosiło 1085 m^3 przy liczbie $Sd(18,3^\circ\text{C})=1361^\circ\text{Cdni}$ a w I kw. 2008 r. – 1106 m^3 przy liczbie $Sd(18,3^\circ\text{C})=1424^\circ\text{Cdni}$. Zużycie gazu na grzanie na stopnidzień grzania wynosiło w I kw. 2007 r. $0,797 \text{ m}^3/(\text{°Cdzień})$ a w I kw. 2008 r. zmalało do wartości $0,777 \text{ m}^3/(\text{°Cdzień})$. Nie może więc być mowy o wzroście zużycia gazu w obecnym sezonie grzewczym wskutek mniejszego ciepła spalania dostarczanego gazu ziemnego.

Przyczyny zróżnicowania zużycia gazu w gospodarstwach domowych

Wyższe rachunki za gaz w sezonie grzewczym 2007/2008 r. są związane z niższą temperaturą powietrza w stosunku do poprzedniego sezonu grzewczego. Gdyby przebieg pogody był zgodny ze średnią wieloletnią, to zużycie gazu byłoby jeszcze większe.

Gospodarstwa domowe położone w różnych regionach Polski o zależności zużycia gazu E względem stopniodni grzania opisanej równaniem ($w_g=0,004421 \text{ m}^3/(\text{°Cdzień m}^2)$ w 2007 r.)

$$E=641 \text{ m}^3 + 0,4421 \text{ m}^3/(\text{°Cdzień}) \cdot Sd(18,3^\circ\text{C}) \quad (11)$$

będą miały różne zużycie gazu ze względu na warunki klimatyczne (**tabela 2**). Dla średniej wieloletniej liczby stopniodni grzania zużycie gazu E dla identycznego domu w najzimniejszym mieście Polski Zakopanem wynosi 2748 m³/rok (**tabela 2**) a w najcieplejszych miastach Polski (Słubice, Legnica) 2189 m³/rok i różni się o 559 m³/rok. Zużycie gazu dla podobnego gospodarstwa domowego w Białymstoku i Opolu może różnić się o 288 m³/rok.

Tabela 2. Roczne zużycie gazu ziemnego E w 4 osobowych gospodarstwach domowych zamieszkujących budynek wolnostojący wyposażonych w dwufunkcyjny kocioł i kuchnię gazową czteropalnikową dla wieloletniej liczby stopniodni grzania $S_d(18,3^{\circ}\text{C})$, zużycie stałe 160,25 m³/(rok osobę), $w_g=0,004421 \text{ m}^3/({}^{\circ}\text{Cdzień m}^2)$

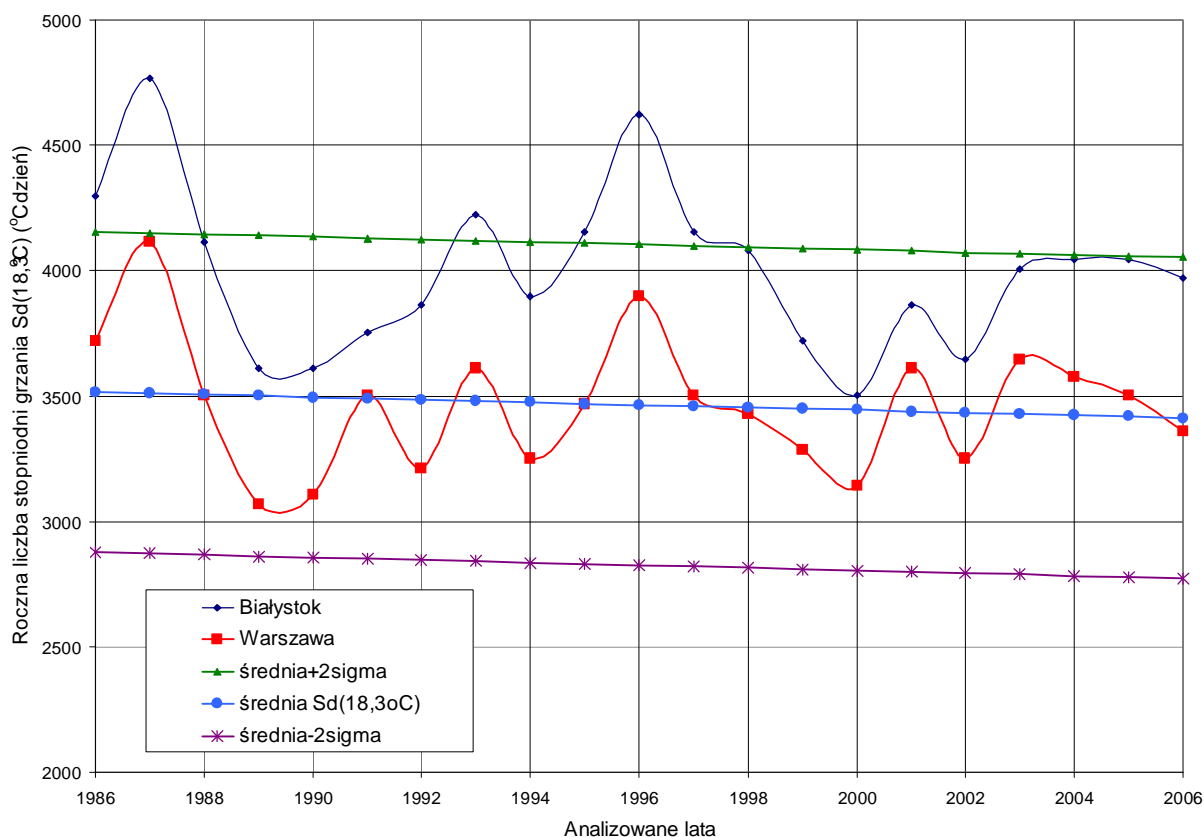
Miejscowość	Wieloletnia liczba stopniodni grzania $S_d(18,3^{\circ}\text{C})$	Roczne zużycie gazu ziemnego		
		stałe	zmiennie	całkowite
---	${}^{\circ}\text{Cdzień}$	m ³ /rok	m ³ /rok	m ³ /rok
Legnica, Słubice	3502	641	1548	2189
Opole	3538	641	1564	2205
Wrocław, Zielona Góra	3610	641	1596	2237
Poznań, Gorzów Wlk.	3646	641	1612	2253
Warszawa	3791	641	1676	2317
Kraków, Rzeszów, Łódź	3827	641	1692	2333
Łeba	3899	641	1724	2365
Lublin	3971	641	1756	2397
Kielce, Zamość	4007	641	1771	2412
Olsztyn, Gdynia	4079	641	1803	2444
Białystok	4188	641	1852	2493
Suwałki	4404	641	1947	2588
Zakopane	4765	641	2107	2748

Na **rys. 5** przedstawiono liczbę stopniodni grzania $S_d(18,3^{\circ}\text{C})$ dla Warszawy dla lat od 1986 do 2006 r. Rozpatrzmy jak może zmieniać się zmienne zużycie gazu ziemnego E na ogrzewanie dla domu wolnostojącego w Warszawie o powierzchni 112 m² z kotłem dwufunkcyjnym o równaniu $E=0,773249 \cdot S_d(18,3^{\circ}\text{C})$ jak w (8). W najzimniejszym 1987 r. $S_d(18,3^{\circ}\text{C})=4115^{\circ}\text{Cdni}$ i zmienne zużycie gazu E na ogrzewanie takiego domu wynosiło 3182 m³/rok. W najcieplejszym 1989 r. $S_d(18,3^{\circ}\text{C})$ wynosiła dla Warszawy 3069 $^{\circ}\text{Cdni}$ a zmienne zużycie gazu na ogrzewanie wynosiło 2372 m³/rok. Różnica w zużyciu gazu na ogrzewanie domu wynosiła 810 m³/rok. Średnia roczna temperatura powietrza w Warszawie w 2006 r. była zbliżona do średniej z wielolecia 1986-2006. Dla $S_d(18,3^{\circ}\text{C})=3357^{\circ}\text{Cdni}$ w 2006 r. zużycie na ogrzewanie domu wynosiło 2596 m³/rok.

Analogiczny dom w Białymstoku wykazałby zbliżone zmiany zużycia gazu E. W najzimniejszym 1987 r. $S_d(18,3^{\circ}\text{C})$ dla Białegostoku wynosiła 4765 $^{\circ}\text{Cdni}$ i zmienne zużycie gazu E na ogrzewanie takiego domu wynosiło 3685 m³/rok. W najcieplejszym 1989 r. $S_d(18,3^{\circ}\text{C})$ wynosiła dla Białegostoku 3610 $^{\circ}\text{Cdni}$ a zużycie gazu na ogrzewanie wynosiło 2791 m³/rok. Różnica w zużyciu gazu na ogrzewanie domu w tych latach wynosiła 894 m³/rok. Średnia roczna temperatura powietrza w Warszawie w 2006 r. była zbliżona do średniej z wielolecia 1986-2006. Dla $S_d(18,3^{\circ}\text{C})=3971^{\circ}\text{Cdni}$ w 2006 r. zużycie na ogrzewanie domu w Białymstoku wynosiło 3071 m³/rok.

Na **rys. 5** przedstawiono również prostą regresji $S_d(18,3^{\circ}\text{C})$ oraz dwusigmowe granice od wartości średniej dla Warszawy dla lat 1986-2006. Dla 2009 r. można prognozować, że liczba stopniodni grzania będzie znajdowała się w przedziale od 2758 $^{\circ}\text{Cdni}$ do 4037 $^{\circ}\text{Cdni}$ a progno-

zowane zmienne zużycie gazu dla domu wolnostojącego w Warszawie o powierzchni 112 m² z kotłem dwufunkcyjnym (8) będzie wynosiło od 2133 m³/rok do 3122 m³/rok.



Rys. 5. Roczna liczba stopniodni grzania $S_d(18,3^{\circ}\text{C})$ dla Warszawy i Białegostoku, prosta regresji $S_d(18,3^{\circ}\text{C})$ oraz granice dwusigmowych przedziałów dla okresu od 1986-2006 dla Warszawy.

Wnioski

Różnica między wartością wskaźnika efektywności zużycia gazu na ogrzewanie $0,00442 \pm 00697 \text{ m}^3/(\text{°Cdzień} \cdot \text{m}^2)$ stwierdzoną w starych zasobach domów w Polsce (tabela 3) a wartością $w_g=0,0032 \text{ m}^3/(\text{°Cdzień} \cdot \text{m}^2)$ jaką powinny mieć nowo wznoszone budynki zgodnie z obecnymi przepisami, określa wielkość zużycia gazu ziemnego (energii) jaką można ograniczyć poprawiając efektywność ogrzewania starych zasobów mieszkaniowych.

Docieplenie ścian, stropów i dachów, ograniczenie zysków wilgoci, wymiana kuchni gazowej na elektryczną (ograniczenie zysków wilgoci), wymiana okien, montaż ekranów za-grzejnikowych, zainstalowanie zaworów termostatycznych to drogi do obniżki zużycia energii na ogrzewanie mieszkania. Dużo ciepła można zaoszczędzić stosując racjonalną wentylację. Przed termomodernizacją budynku straty ciepła na wentylacji stanowią około 35% ogólnych strat ciepła. Po termomodernizacji stanowią nawet 60% ogólnych strat ciepła.

Tabela 3. Typ domu, powierzchnia mieszkania, temperatura wewnętrzna, wyposażenie w aparaty gazowe i wskaźniki efektywności zużycia gazu ziemnego E

Wielkość	Grudziądz 2007 r.	Grudziądz 2007 r.	Prudnik 2006-08 r.	Nowy Targ 2007 r.	Tczew 2007 r..
Typ lokalu	Wolnostojący dom	Mieszkanie w domu	Mieszkanie w domu	Wolnostojący dom	Wolnostojący dom
Powierzchnia mieszkania (m ²)	112	64,87	55,67	140	100
Liczba osób w gospodarstwie	4	2	1	6	4
Kuchnia gazowa	4 palniki i elektryczna	5 palników	5 palników	4 palniki	4 palniki
Podgrzewacz wody	--	przepływowy	--	--	--
Kocioł gazowy	dwufunkcyjny	jednofunkcyjny	dwufunkcyjny	dwufunkcyjny	dwufunkcyjny
Temperatura wewnętrzna (°C)	21	22	21	21	20
Zużycie stałe (m ³ /(osoba m ²))	99	202	--	94,7	160,2
Wskaźnik w _g (m ³ /(°Cdzień m ²))	0,00697	0,00645	0,00821	0,00503	0,00442
Wskaźnik w _c (m ³ /(°Cdzień m ²))	0,00807	0,00838	--	0,00623	0,00645
Zużycie gazu na grzanie na 1 m ² mieszkania (m ³ /m ² rok)	22,6	20,9		17,2	14,0
Zużycie gazu na grzanie na 1°Cdzień grzania (m ³ /(°Cdzień))	0,7812	0,4186	0,4571	0,7041	0,4421

Literatura

- [1] Brown R. H., Marx B. M., Corliss G. F.: Mathematical Models for Gas Forecasting. Department of Electrical and Computer Engineering. Marquette University, Milwaukee
- [2] Dopke J.: Wskaźniki efektywności zużycia energii w gospodarstwach domowych. Rynek Energii 2007 (72) nr 5.
- [3] Dopke J.: Wskaźniki efektywności zużycia energii w gospodarstwach domowych. Część 1. Domus 2007 nr 12; Część 2. Domus 2008 nr 1.
- [4] Dopke J.: Efektywność zużycia energii w gospodarstwach domowych. WWW.ogrzewnictwo.pl
- [5] Dopke J.: Zależność zużycia gazu ziemnego w gospodarstwach domowych od liczby stopniogrzań. WWW.cire.pl/rynekciepla/
- [6] Dopke J.: Gigantyczne rachunki za gaz. WWW.cire.pl , WWW.ogrzewnictwo.pl.

Józef Dopke
jozefdopke@wp.pl