

Obliczanie wskaźników efektywności zużycia gazu ziemnego w gospodarstwach domowych

Józef Dopke

Słowa kluczowe: Liczba stopniodni grzania, temperatura bazowa, gaz ziemny, zużycie gazu, wskaźniki efektywności zużycia gazu

Streszczenie: W artykule podano definicje wskaźników efektywności zużycia gazu ziemnego w gospodarstwach domowych oraz omówiono najprostszą metodę ich oszacowania. Wskaźniki mogą być stosowane jako miary sprawności energetycznej i do oceny zmian tej sprawności po termomodernizacji budynku. Omówiono wyniki oszacowania wskaźników efektywności zużycia gazu dla budynków wolnostojących i mieszkań w domach wielolokalowych. Przedstawiono wpływ temperatury bazowej na dokładność prognozowania miesięcznego zużycia gazu ziemnego. Podano roczne zużycie gazu na ogrzewanie w gospodarstwach domowych na 1 m² powierzchni mieszkania i na 1 (m²°Cdzień). Przedstawiono wpływ zróżnicowania klimatycznego Polski na zmienne zużycie gazu na ogrzewanie budynków.

Wstęp

Odbiorcy gazu ziemnego mogą kontrolować jego zużycie spisując pierwszego dnia każdego miesiąca wskazania gazomierza. Jest to najdokładniejsza metoda szacowania wskaźników efektywności energetycznej budynku. Miesięczne zużycie gazu można również określić z rachunków dostawcy gazu. Często jednak rachunki dotyczą okresu dwu czy trzech 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 a bezkrytyczne stosowanie metody regresji prowadzi do dodatkowych błędów w szacowaniu stałego zużycia gazu. Dlatego nie należy bezkrytycznie stosować metody regresji, lecz wyznaczyć zużycie stałe gazu z dziennego zużycia gazu w miesiącach letnich a następnie wyznaczyć współczynnik kierunkowy prostej miesięcznego zużycia gazu ziemnego względem liczby stopniodni grzania.

Dla konkretnego mieszkania lub budynku można wyznaczyć wartości wskaźników efektywności zużycia gazu ziemnego taką 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

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

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

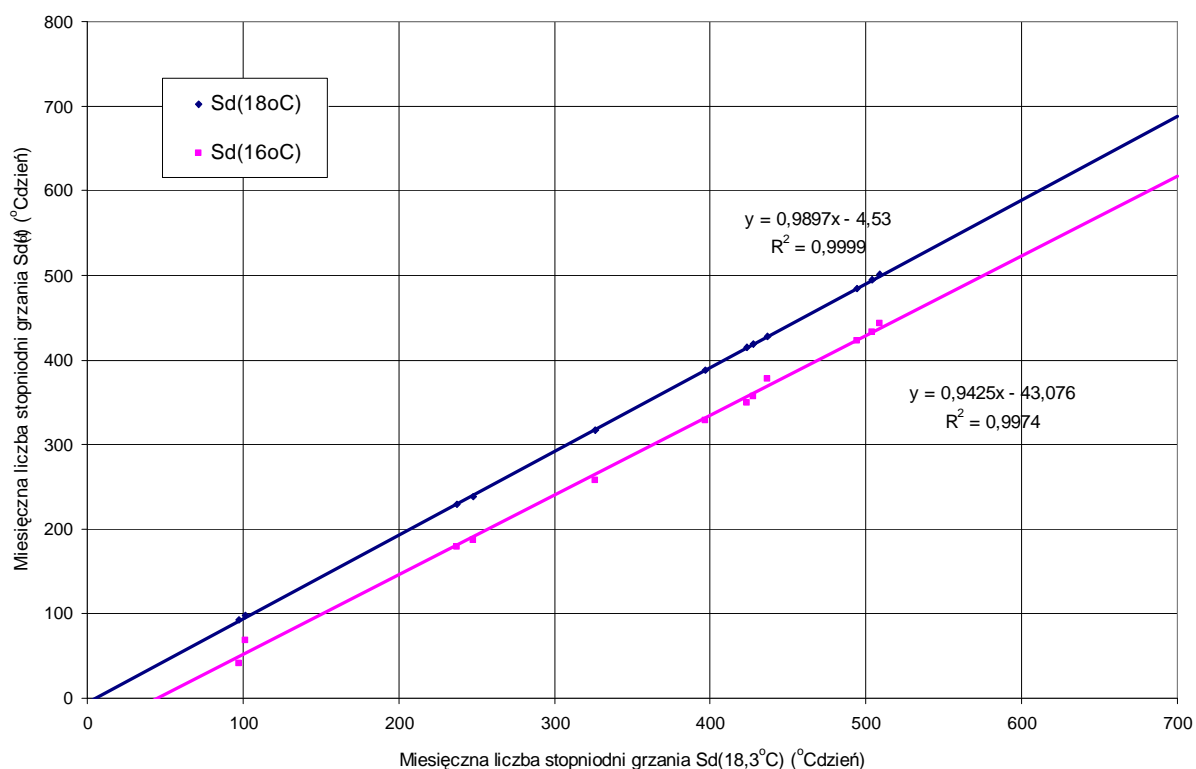
gdzie: E - zużycie gazu ziemnego (energii), a, b - parametry, Sd(t_b) - liczba stopniodni grzania zależna od t_b, t_b - bazowa temperatura, e – błąd metody.

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 o średnią roczną prędkość 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]:

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

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 ($\text{m}^3/(^{\circ}\text{Cdzień m}^2)$),
 P - powierzchnia ogrzewana mieszkania (m^2),
 $Sd(18,3^{\circ}\text{C})$ - miesięczna liczba stopniodni grzania dla temperatury bazowej $t_b=18,3^{\circ}\text{C}$ ($^{\circ}\text{Cdzień}$).

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:

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

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 ($\text{m}^3/(^{\circ}\text{Cdzień m}^2)$),
 P - powierzchnia ogrzewana mieszkania (m^2),
 $Sd(18,3^{\circ}\text{C})$ - roczna liczba stopniodni grzania dla $t_b=18,3^{\circ}\text{C}$ ($^{\circ}\text{Cdzień}$).

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 :

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

Wskaźniki efektywności zużycia gazu dla domu wolnostojącego w Tczewie

Przedmiotem analizy było mieszkanie w budynku wolnostojącym w Tczewie wykonanym w tradycyjnej technologii. Powierzchnia ogrzewana mieszkania wynosiła 100 m^2 . Mieszkanie ogrzewane jest dwufunkcyjnym kotłem i wyposażone w kuchnię gazową czteropalnikową z piekarnikiem elektrycznym. Mieszkanie zamieszkują cztery osoby czynne zawodowo. Sterownik temperatury wewnętrznej ustawiony był na temperaturę 20°C .

Rachunki wystawiane przez dostawcę gazu nie zawsze dotyczyły dni jednego miesiąca. Niektóre rachunki w sezonie grzewczym obejmowały 19 dni, inne 38 dni. Rachunki poza sezonem grzewczym były wystawione za okres od 21.06.2007 r. do 14.09.2007 r. lub od 13.07.2006 r. do 20.09.2006 r. Z rachunków wyznaczono zużycie gazu ziemnego E dla każdego miesiąca stosując aproksymację (**tabela 1**). Rozdział zużycia gazu na poszczególne mie-

siące jest obarczony dużym błędem, ponieważ większość okresów rozliczeniowych zaczynała się i kończyła w połowie miesiąca. Takie oszacowanie miesięczne zużycia gazu jest mniej dokładne niż spisywanie stanu gazomierza każdego pierwszego dnia miesiąca.

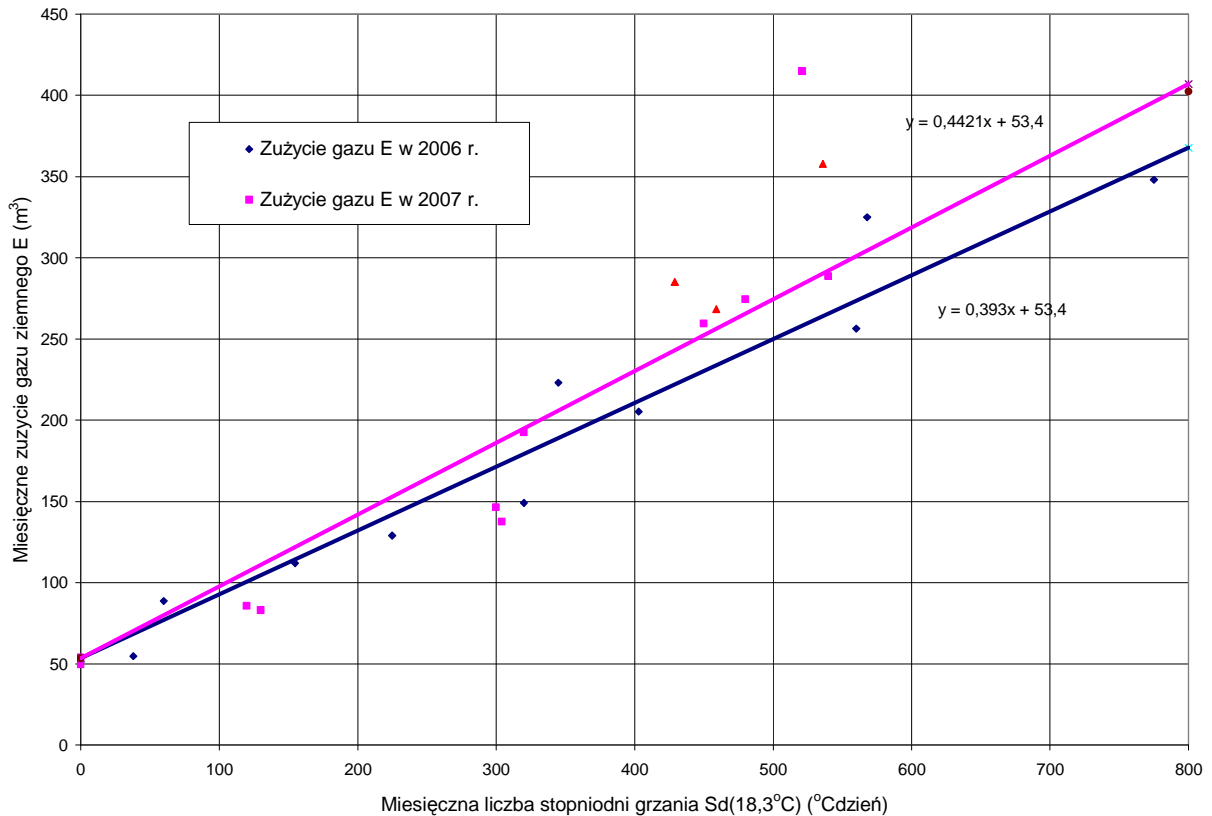
Tabela 1. Zużycie gazu ziemnego E wg miesięcy w mieszkaniu powierzchni ogrzewanej 100 m², temperaturze wewnętrznej powietrza 20°C, z piecem dwufunkcyjnym, kuchnią gazową czteropalnikową, miesięczna bieżąca dla Tczewa i wieloletnia (1961-1990) liczba stopniodni grzania Sd(18,3°C) dla Gdyni

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) wg (9)
---	m ³	°Cdzień	°Cdzień	m ³
Styczeń 2006 r.	348,1	775	654	338,6
Luty 2006 r.	325	568	613	320,7
Marzec 2006 r.	256,5	560	593	312,0
Kwiecień 2006 r.	149	320	330	197,3
Maj 2006 r.	112	155	261	167,2
Czerwiec 2006 r.	54,8	38	125	107,9
Lipiec 2006 r.	53,5	0	0	53,4
Sierpień 2006 r.	51,2	0	0	53,4
Wrzesień 2006 r.	88,7	60	195	138,4
Październik 2006 r.	129	225	287	178,6
Listopad 2006 r.	223,2	345	389	223,0
Grudzień 2006 r.	205,3	403	632	329,0
Styczeń 2007 r.	259,7	450	654	338,6
Luty 2007 r.	288,8	540	613	320,7
Marzec 2007 r.	192,6	320	593	312,0
Kwiecień 2007 r.	146,3	300	330	197,3
Maj 2007 r.	85,7	120	261	167,2
Czerwiec 2007 r.	49,7	0	125	107,9
Lipiec 2007 r.	53,7	0	0	53,4
Sierpień 2007 r.	53,7	0	0	53,4
Wrzesień 2007 r.	83,1	130	195	138,4
Październik 2007 r.	137,5	304	287	178,6
Listopad 2007 r.	274,4	480	389	223,0
Grudzień 2007 r.	414,9	521	632	329,0
Styczeń 2008 r.	358	536	654	338,6
Luty 2008 r.	285,1	429	613	320,7
Marzec 2008 r.	268,5	459	593	312,0
2006 r.	1996,3	3449	4079	2419,5
2007 r.	2040,1	3165	4079	2419,5
I kw. 2008 r.	911,6	1424	1860	971,3

Stałe zużycie gazu E obliczono jako średnią arytmetyczną z zużycia w czerwcu, lipcu i sierpniu 2002 r., 2006 i 2007 r. Wynosiło ono 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 $w_c = 0,006446 \text{ m}^3/(\text{°Cdni m}^2)$. Stałe roczne zużycie gazu w 2007 wynosiło $641 \text{ m}^3/\text{rok}$ a zmienne $1399,1 \text{ m}^3/\text{rok}$. Wskaźnik efektywności zużycia gazu na ogrzewanie mieszkania wynosił $w_g = 0,004421 \text{ m}^3/(\text{°Cdzień m}^2)$. Parametry prostej miesięcznego zużycia gazu E względem miesięcznej liczby stopniodni grzania wynoszą $a = 53,4 \text{ m}^3/\text{miesiąc}$ i $b = 1399,1 \text{ m}^3/3165 \text{ °Cdni} = 0,4421 \text{ m}^3/\text{°Cdni}$. Zużycie zmienne gazu na 1 m^2 powierzchni ogrzewanej wynosiło $20,4 \text{ m}^3/\text{m}^2$. Otrzymane wartości wskaźników odpowiadają wartościom dla budownictwa w PRL.



Rys. 2. Zależność miesięcznego zużycia gazu ziemnego E od miesięcznej liczby stopniodni grzania $S_d(18,3^\circ\text{C})$ w 2006 i 2007 r. dla mieszkania w domu wolnostojącym w Tczewie o powierzchni 100 m^2 , z kotłem dwufunkcyjnym, i kuchnią gazową czteropalnikową

Zależność miesięcznego zużycia gazu ziemnego E od miesięcznej liczby stopniodni grzania ma równanie dla 2007 r. (**rys. 2**):

$$E = 53,4 \text{ m}^3 + 0,4421 \text{ m}^3/(\text{°Cdzień}) \cdot S_d(18,3^\circ\text{C}) \quad (7)$$

Analogicznie wyznaczono zależność miesięcznego zużycia gazu ziemnego E od miesięcznej liczby stopniodni grzania dla 2006 r. (**rys. 2**):

$$E = 53,4 \text{ m}^3 + 0,393 \text{ m}^3/(\text{°Cdzień}) \cdot S_d(18,3^\circ\text{C}) \quad (8)$$

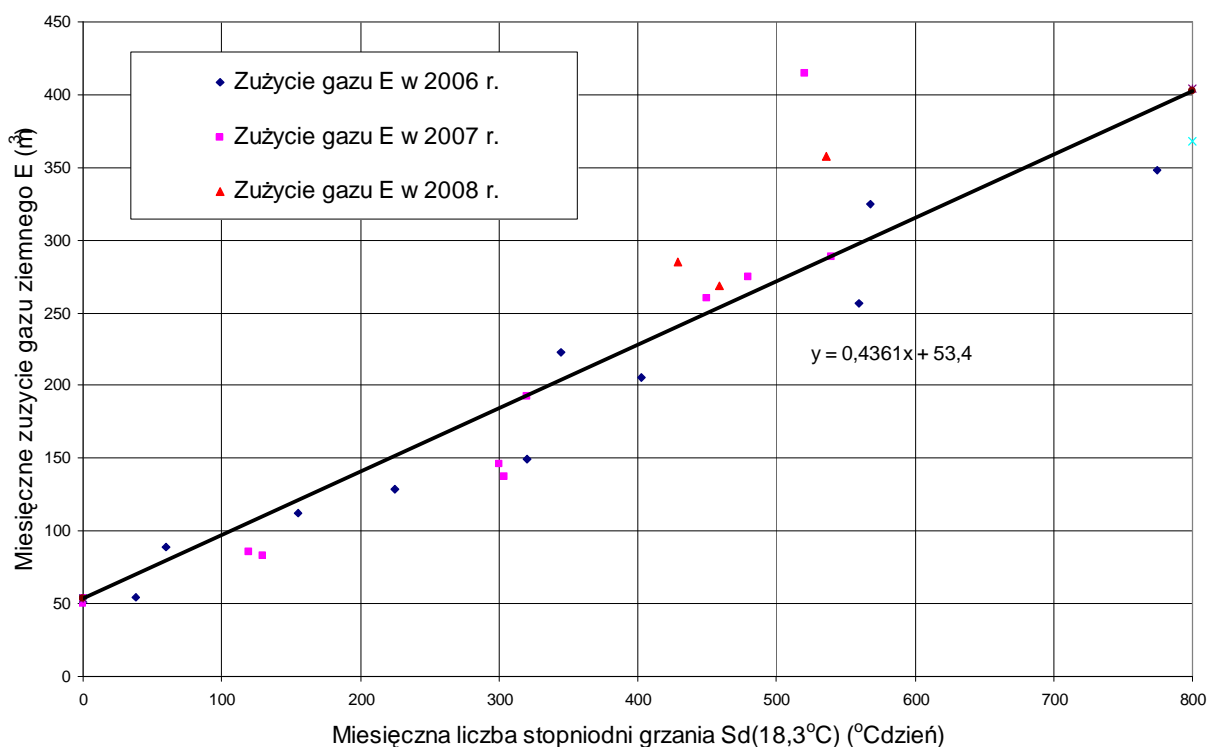
Wskaźniki efektywności zużycia gazu w 2006 r. wynoszą: na ogrzewanie mieszkania $w_g = 0,00393 \text{ m}^3/(\text{°Cdzień m}^2)$ a całkowitego zużycia gazu $w_c = 0,005788 \text{ m}^3/(\text{°Cdzień m}^2)$.

Ze względu na małe różnice między prostymi (7) i (8) dla 2006 r. i 2007 r. wyznaczono prostą miesięcznego zużycia gazu ziemnego E względem miesięcznej liczby stopniodni grzania dla całego okresu analizy od 01.2006 r. do 03.2008 r. (rys. 3):

$$a = d \cdot L = 53,4 \frac{m^3}{miesiac}$$

$$b = P \cdot w_g = \frac{E - a}{Sd(18,3^\circ C)} = \frac{(1996,3 + 2040,1 + 911,6 - 35,4 \cdot 27)m^3}{(3449 + 3165 + 1424)^\circ Cdni} = 0,4361 \frac{m^3}{^\circ Cdni}$$

$$w_g = \frac{b}{P} = \frac{0,4361 \frac{m^3}{^\circ Cdni}}{100m^2} = 0,004361 \frac{m^3}{^\circ Cdni \cdot m^2}$$



Rys. 3. Zależność miesięcznego zużycia gazu ziemnego E od miesięcznej liczby stopniodni grzania Sd(18,3°C) w okresie od stycznia 2006 r. do marca 2008 r. dla domu wolnostojącego w Tczewie o powierzchni 100 m², z kotłem dwufunkcyjnym i kuchnią gazową czteropalnikową

$$w_c = \frac{E}{P \cdot Sd(18,3^\circ C)} = \frac{(1996,3 + 2040,1 + 911,6)m^3}{100m^2 \cdot (3449 + 3165 + 1424)^\circ Cdni} = 0,006156 \frac{m^3}{^\circ Cdni \cdot m^2}$$

Zależność miesięcznego zużycia gazu E od liczby stopniodni grzania określa równanie:

$$E = 53,4 m^3 + 0,4361 m^3 / (^\circ Cdn) \cdot Sd(18,3^\circ C) \quad (9)$$

Zależność rocznego zużycia gazu E od liczby stopniodni grzania określa równanie:

$$E = 641 m^3 + 0,4361 m^3 / (^\circ Cdn) \cdot Sd(18,3^\circ C) \quad (10)$$

Wskaźniki efektywności zużycia gazu dla domu wolnostojącego w Grudziądzu

Przedmiotem analizy był dom wolnostojący wykonany w tradycyjnej technologii o powierzchni ogrzewanej 112 m², ogrzewany nowym kotłem dwufunkcyjnym. Dom zamieszkuje 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 2).

Tabela 2. 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), Sd(12°C) i miesięcznej wieloletniej liczbie stopniodni grzania Sd(18,3°C) dla Warszawy zbliżonej klimatycznie do Grudziądza.

Okres roku	Zużycie gazu E	Liczba		Wieloletnia liczba Sd(18,3°C) °Cdzień	Zużycie gazu E dla wieloletniej Sd(18,3°C) m ³
		Sd(18,3°C) °Cdzień	Sd(12°C) °Cdzień		
---	m ³	°Cdzień	°Cdzień	°Cdzień	m ³
Listopad 2006 r.	326	347	179,7	499	432
Grudzień 2006 r.	353	416	236,7	595	507
Styczeń 2007 r.	415	459	264,1	670	567
Luty 2007 r.	458	540	364,0	632	537
Marzec 2007 r.	311	362	174,0	508	439
Kwiecień 2007 r.	106	294	114,5	329	297
Maj 2007 r.	51	118	0	155	160
Czerwiec 2007 r.	27	16	0	16	50
Lipiec 2007 r.	33	0	0	0	37,3
Sierpień 2007 r.	33	0	0	0	37,3
Wrzesień 2007 r.	37	119	0	44	72
Październik 2007 r.	55	304	114,5	313	285
Listopad 2007 r.	411	489	300,2	499	432
Grudzień 2007 r.	459	536	341,1	595	507
Styczeń 2008 r.	467	536	341,1	670	567
Luty 2008 r.	367	429	264,1	632	537
Marzec 2008 r.	371	459	264,1	508	439
Kwiecień 2008 r.	200	309	127,4	329	297
2007 r.	2396	3237	1672,4	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 ta-

kie 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 $S_d(18,3^\circ\text{C})$ w Grudziądzu w analizowanym okresie wynosiła 4882°Cdn .

Następnie wyznaczono parametry prostej miesięcznego zużycia gazu ziemnego E względem miesięcznej liczby stopniodni grzania dla okresu analizy (**rys. 4**):

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

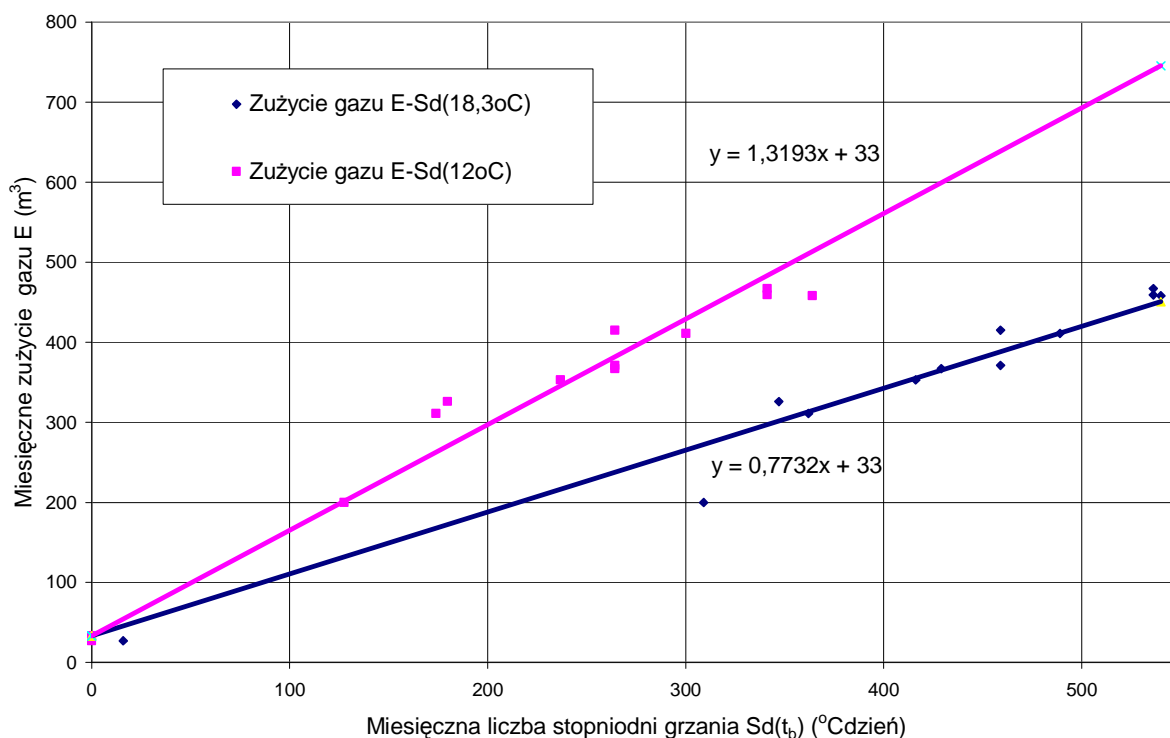
$$b = P \cdot w_g = \frac{E - a}{S_d(18,3^\circ\text{C})} = \frac{(4138 - 363)\text{m}^3}{4882^\circ\text{Cdzień}} = 0,773249 \frac{\text{m}^3}{^\circ\text{Cdzień}}$$

oraz wskaźnik efektywności zużycia gazu na ogrzewanie mieszkania:

$$w_g = \frac{b}{P} = \frac{0,773249 \frac{\text{m}^3}{^\circ\text{Cdzień}}}{112\text{m}^2} = 0,0069 \frac{\text{m}^3}{^\circ\text{Cdzień} \cdot \text{m}^2}$$

i wskaźnik efektywności całkowitego zużycia gazu:

$$w_c = \frac{E}{P \cdot S_d(18,3^\circ\text{C})} = \frac{4138\text{m}^3}{112\text{m}^2 \cdot 4882^\circ\text{Cdzień}} = 0,00757 \frac{\text{m}^3}{^\circ\text{Cdzień} \cdot \text{m}^2}$$



Rys. 4. Proste regresji miesięcznego zużycia gazu ziemnego E dla domu wolnostojącego w Grudziądzu o powierzchni ogrzewanej 112 m^2 z kotłem dwufunkcyjnym (4 osoby) i kuchnią gazową czteropalnikową (2 osoby) względem miesięcznej liczby stopniodni grzania $S_d(18,3^\circ\text{C})$ i $S_d(12^\circ\text{C})$ dla okresu od 01.11.2006 r. do 31.03.2007 r. i od 01.11.2007 r. do 30.04.2008 r.

Zależność miesięcznego zużycia gazu E od liczby stopniodni grzania określa równanie:

$$E=33 \text{ m}^3 + 0,773249 \text{ m}^3/(\text{°Cdzień}) \cdot Sd(18,3\text{°C}) \quad (11)$$

a rocznego zużycia gazu E od liczby stopniodni grzania określa równanie:

$$E=396 \text{ m}^3 + 0,773249 \text{ m}^3/(\text{°Cdzień}) \cdot Sd(18,3\text{°C}) \quad (12)$$

Analogiczna zależność miesięcznego zużycia gazu E od liczby stopniodni grzania Sd(16°C) określa równanie:

$$E=33 \text{ m}^3 + 0,901277 \text{ m}^3/(\text{°Cdzień}) \cdot Sd(16\text{°C}) \quad (13)$$

a dla liczby stopniodni grzania Sd(12°C):

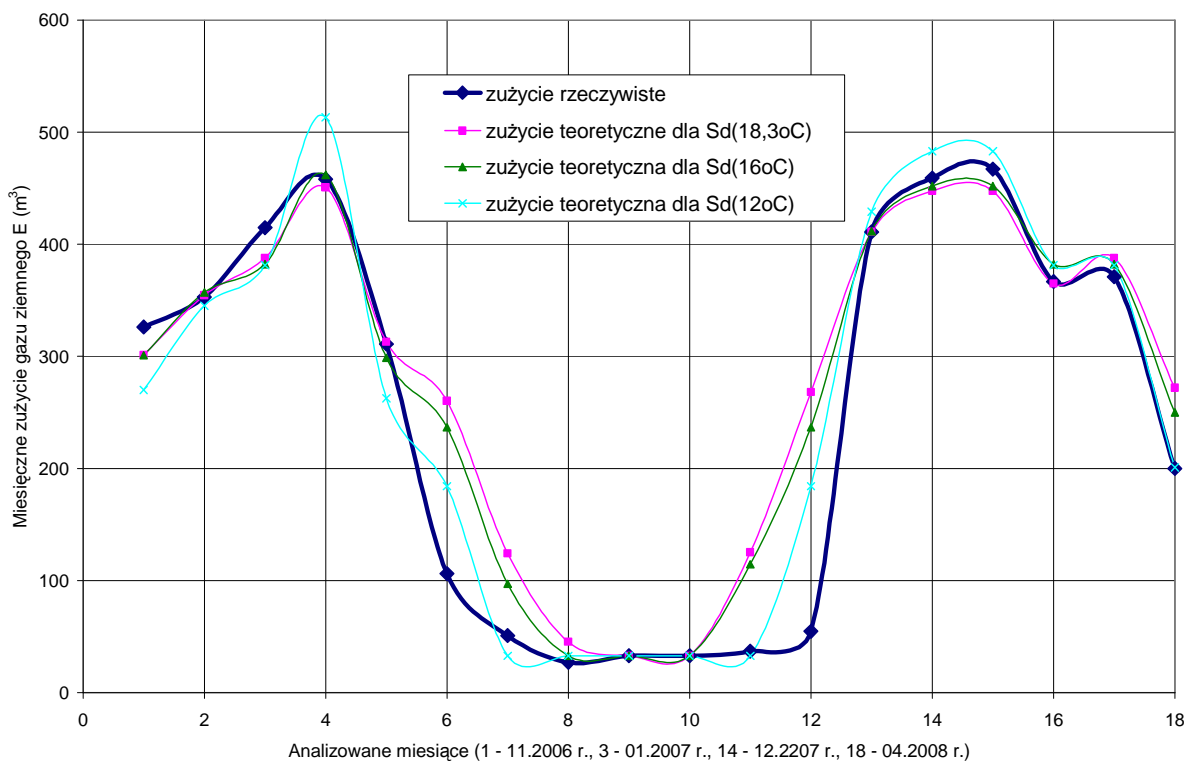
$$E=33 \text{ m}^3 + 1,319261 \text{ m}^3/(\text{°Cdzień}) \cdot Sd(12\text{°C}) \quad (14)$$

Punkty [Sd(12°C); E] lepiej układają się wzdłuż prostej **(14)**, jeżeli do opisu zużycia gazu przyjmuje się temperaturę bazową 12°C. W tym przypadku wskaźniki efektywności zużycia gazu wynoszą: $w_g=0,011779 \text{ m}^3/(\text{°Cdzień m}^2)$ i $w_c=0,013224 \text{ m}^3/(\text{°Cdzień m}^2)$ dla Sd(12°C).

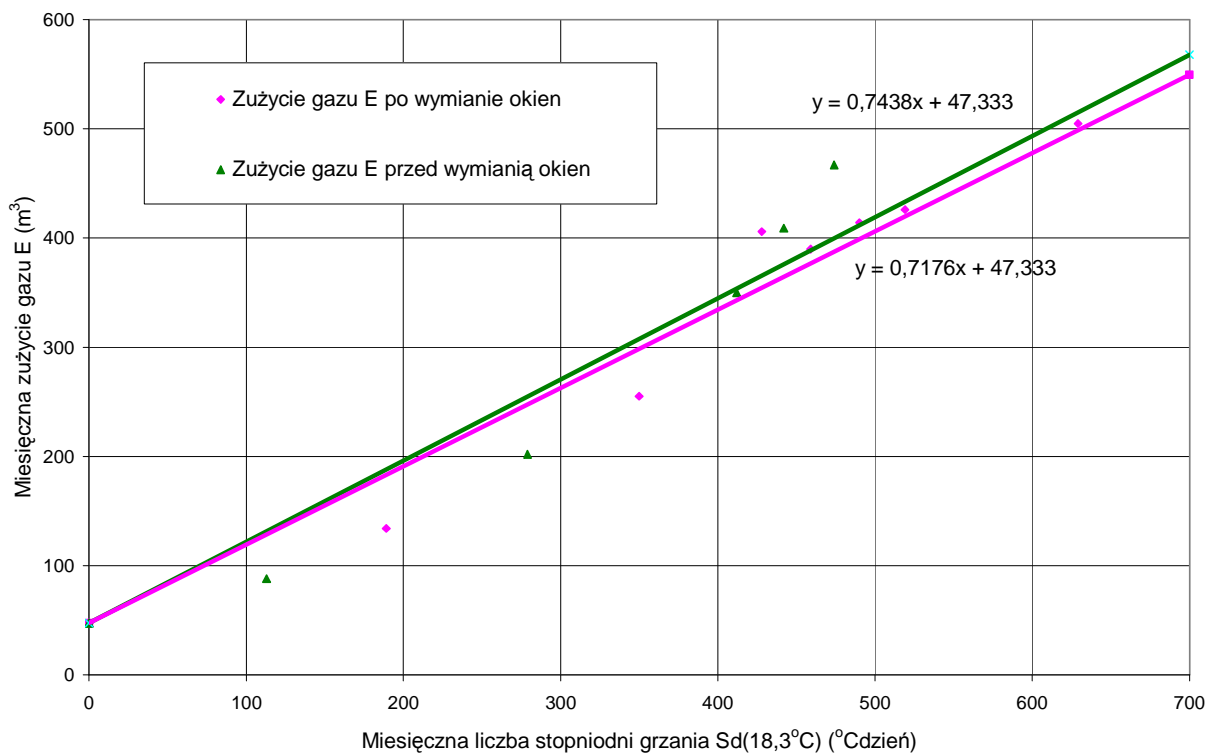
Po korekcji rzeczywistego zużycia gazu w okresie od 01.04.2007 r. do 31.10.2007 r. o wielkość zaoszczędzoną gazu otrzymuje się wskaźnik efektywności zużycia gazu w 2007 r. w wysokości: $w_g=0,00697 \text{ m}^3/(\text{°Cdzień m}^2)$ i $w_c=0,00807 \text{ m}^3/(\text{°Cdzień m}^2)$. Zużycie zmienne gazu na 1 m² powierzchni ogrzewanej wynosiło w 2007 r. 22,6 m³/m².

Na **rys. 5** podano rzeczywiste i teoretyczne zużycie gazu ziemnego E obliczone z miesięcznej liczby stopniodni grzania Sd(12°C), Sd(16°C) i Sd(18,3°C) dla domu wolnostojącego w Grudziądzu. Największe odchylenie rzeczywistego zużycia gazu od teoretycznego występuje w miesiącach kwiecień, maj, wrzesień i październik 2007 r., w którym dom był dodatkowo ogrzewany drewnem.

Rys. 6 przedstawia zależność miesięcznego zużycia gazu ziemnego E względem liczby stopniodni grzania Sd(18,3°C) dla domu wolnostojącego w okolicach Nowego Targu wykonanego w tradycyjnej technologii o powierzchni ogrzewanej 140 m². Dom wyposażony był w kocioł dwufunkcyjny i kuchnię gazową czteropalnikową z piekarnikiem elektrycznym a zamieszkały był przez trzy osoby dorosłe i trójkę dzieci. Sterownik temperatury wewnętrznej ustawiony był na temperaturę 21°C.



Rys. 5. Rzeczywiste i teoretyczne zużycie gazu E obliczone z miesięcznej liczby stopniodni grzania $S_d(12^{\circ}C)$, $S_d(16^{\circ}C)$ i $S_d(18,3^{\circ}C)$ dla domu wolnostojącego w Grudziądzu o powierzchni 112 m^2 z kotłem dwufunkcyjnym (4 osoby) i kuchnią gazową czteropalnikową (2 osoby) dla okresu od 01.11.2006 r do 31.03.2007 r. i od 01.11.2007 r. do 30.04.2008 r.



Rys. 6. Proste regresji miesięcznego zużycia gazu ziemnego E dla domu wolnostojącego w okolicach Nowego Targu o powierzchni ogrzewanej 140 m^2 z kotłem dwufunkcyjnym i kuchnią gazową czteropalnikową z piekarnikiem elektrycznym względem miesięcznej liczby stopniodni grzania $S_d(18,3^{\circ}C)$ dla Nowego Targu

Mieszkanie w budynku wielolokalowym w Grudziądzu

Przedmiotem analizy było mieszkanie w budynku cztero mieszkaniowym w Grudziądzu wykonanym w tradycyjnej technologii przed drugą wojną światową. Powierzchnia ogrzewana mieszkania wynosiła 64,87 m². Mieszkanie ogrzewane jest jednofunkcyjnym kotłem i wyposażone w przepływowy podgrzewacz wody i kuchnię gazową pięciopalnikową. Mieszkanie zamieszkuje dwoje emerytów. Sterownik temperatury wewnętrznej ustawiony był na temperaturę 22°C.

Analizie poddano zużycie gazu ziemnego E w okresie od 01.01.2006 r. do 31.03.2007 r. Rachunki wystawiane przez dostawcę gazu nie zawsze dotyczyły dni jednego miesiąca. Niektóre rachunki w sezonie grzewczym obejmowały 27 dni, inne 35 dni. Rachunki poza sezonem grzewczym były wystawione za okres od 11.06.2007 r. do 06.09.2007 r. lub od 02.06.2006 r. do 01.09.2006 r. Z rachunków wyznaczono zużycie gazu ziemnego E dla każdego miesiąca stosując aproksymację.

Stałe zużycie gazu E obliczono jako średnią arytmetyczną z zużycia w czerwcu, lipcu i sierpniu 2006 i 2007 r. Wynosiło ono 33,667 m³/miesiąc, 404 m³/rok i 202 m³/(rok osobę). W 2007 r. całkowite roczne zużycie gazu E w analizowanym mieszkaniu wynosiło 1759 m³/rok, co przy rocznej liczbie stopniodni grzania w Grudziądzu $S_d(18,3^{\circ}\text{C})=3237^{\circ}\text{Cdni}$ daje wskaźnik efektywności całkowitego zużycia gazu $w_c=0,008377 \text{ m}^3/(^{\circ}\text{Cdni m}^2)$. Stałe roczne zużycie gazu w 2007 wynosiło 404 m³/rok a zmienne 1355 m³/rok. Wskaźnik efektywności zużycia gazu na ogrzewanie mieszkania wynosił $w_g=0,006453 \text{ m}^3/(^{\circ}\text{Cdzień m}^2)$. Parametry prostej miesięcznego zużycia gazu E względem miesięcznej liczby stopniodni grzania wynoszą $a=33,667 \text{ m}^3/\text{miesiąc}$ i $b=1355 \text{ m}^3/3237^{\circ}\text{Cdni}=0,4186 \text{ m}^3/^{\circ}\text{Cdni}$. Zużycie zmienne gazu na 1 m² powierzchni ogrzewanej wynosiło 20,9 m³/m². Otrzymane wartości wskaźników odpowiadają wartościom dla przedwojennego budownictwa.

Zależność miesięcznego zużycia gazu ziemnego E od miesięcznej liczby stopniodni grzania ma równanie dla 2007 r.:

$$E=33,667 \text{ m}^3 + 0,4186 \text{ m}^3/(^{\circ}\text{Cdzień}) \cdot S_d(18,3^{\circ}\text{C}) \quad (15)$$

Ze względu na małe różnice między prostymi dla 2006 r. i 2007 r. wyznaczono prostą miesięcznego zużycia gazu ziemnego E względem miesięcznej liczby stopniodni grzania dla całego okresu analizy od 01.01.2006 r. do 31.03.2008 r. (rys. 7):

$$b = P \cdot w_g = \frac{E - a}{S_d(18,3^{\circ}\text{C})} = \frac{(1895 + 1759 + 746 - 33,667 \cdot 27) \text{ m}^3}{(3466 + 3237 + 1424)^{\circ}\text{Cdni}} = 0,4296 \frac{\text{m}^3}{^{\circ}\text{Cdni}}$$

$$w_g = \frac{b}{P} = \frac{0,4296 \frac{\text{m}^3}{^{\circ}\text{Cdni}}}{64,87 \text{ m}^2} = 0,006622 \frac{\text{m}^3}{^{\circ}\text{Cdni} \cdot \text{m}^2}$$

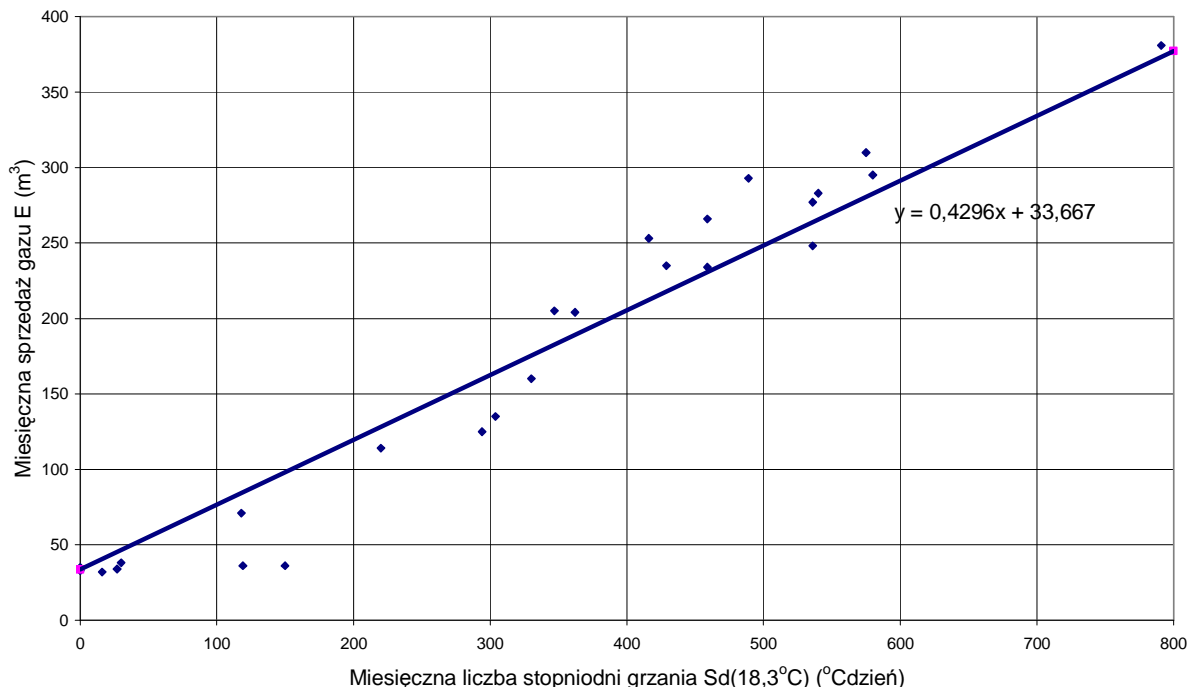
$$w_c = \frac{E}{P \cdot S_d(18,3^{\circ}\text{C})} = \frac{(1895 + 1759 + 746) \text{ m}^3}{64,87 \text{ m}^2 \cdot (3466 + 3237 + 1424)^{\circ}\text{Cdni}} = 0,008346 \frac{\text{m}^3}{^{\circ}\text{Cdni} \cdot \text{m}^2}$$

Zależność miesięcznego zużycia gazu E od liczby stopniodni grzania określa równanie

$$E=33,667 \text{ m}^3 + 0,4296 \text{ m}^3/(^{\circ}\text{Cdzień}) \cdot S_d(18,3^{\circ}\text{C}) \quad (16)$$

Zależność rocznego zużycia gazu E od liczby stopniodni grzania określa równanie

$$E=404 \text{ m}^3 + 0,4296 \text{ m}^3/(\text{°Cdzień}) \cdot Sd(18,3\text{°C}) \quad (17)$$



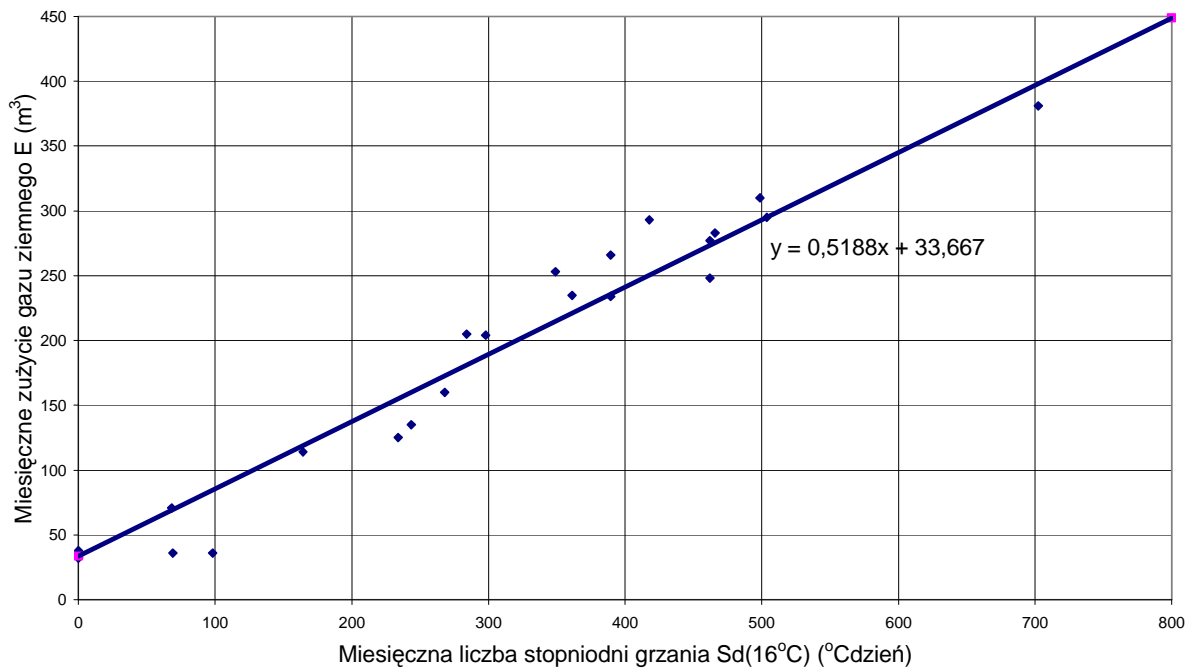
Rys. 7. Zależność miesięcznego zużycia gazu E od miesięcznej liczby stopniodni grzania Sd(18,3°C) w okresie od stycznia 2006 r. do marca 2008 r. dla mieszkania w domu cztero mieszkaniowym zbudowanym przed II wojną światową w Grudziądzu o powierzchni 64,87 m², z kotłem jednofunkcyjnym, przepływowym podgrzewaczem wody użytkowej i kuchnią gazową pięciopalnikową

Wyznaczono również prostą miesięcznego zużycia gazu ziemnego E względem miesięcznej liczby stopniodni grzania Sd(16°C) dla całego okresu analizy od 01.01.2006 r. do 31.03.2008 r. (**rys. 8**). W przypadku przyjęcia niższej temperatury bazowej 16°C punkty [Sd(16°C); E] lepiej układają się wokół prostej:

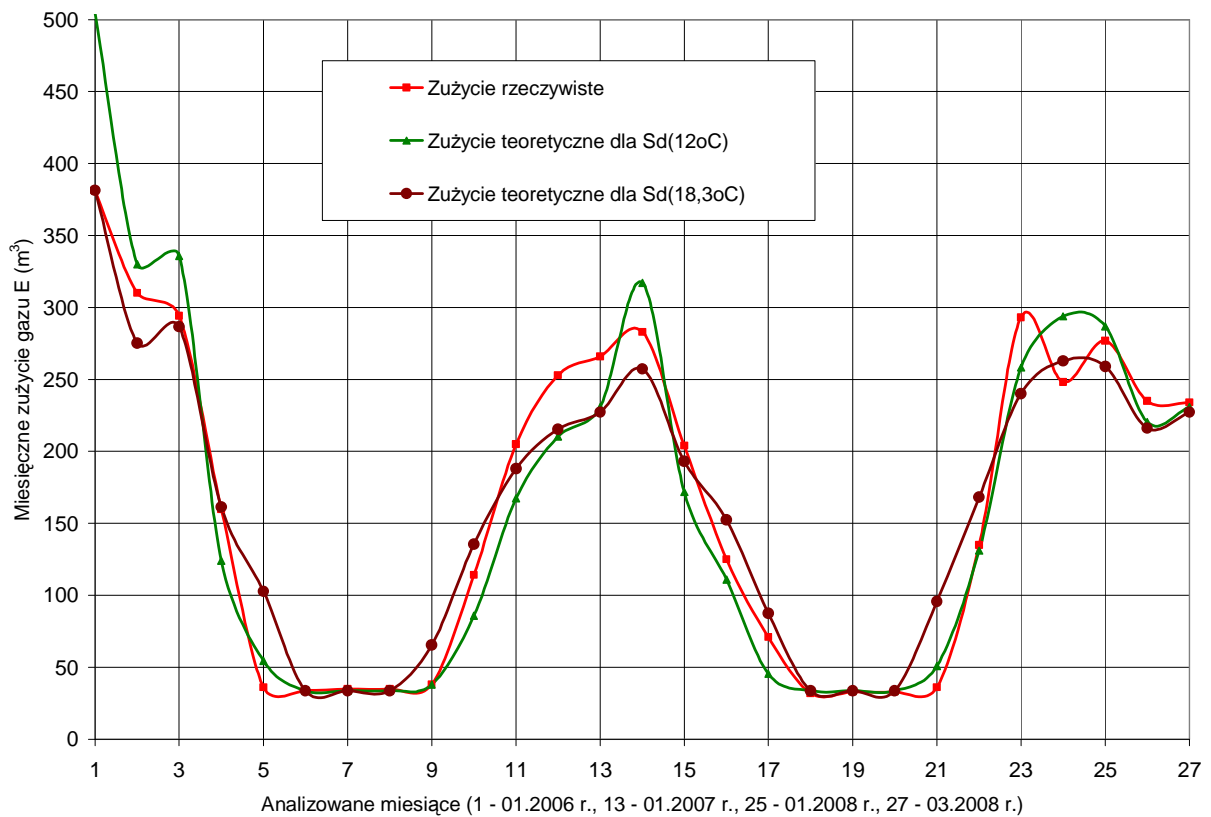
$$E=33,667 \text{ m}^3 + 0,5188 \text{ m}^3/(\text{°Cdzień}) \cdot Sd(16\text{°C}) \quad (18)$$

niż na **rys. 7** wokół prostej dla temperatury bazowej 18,3°C.

Na **rys. 9** przedstawiono rzeczywiste i teoretyczne zużycie gazu ziemnego E obliczone z miesięcznej liczby stopniodni grzania Sd(12°C) i Sd(18,3°C) w okresie od stycznia 2006 r. do marca 2008 r. dla analizowanego mieszkania.



Rys. 8. Zależność miesięcznego zużycia gazu ziemnego E od miesięcznej liczby stopniodni grzania Sd(16°C) w okresie od stycznia 2006 r. do marca 2008 r. dla mieszkania w domu cztero mieszkaniowym w Grudziądzu, zbudowanym przed 1939 r., o powierzchni 64,87 m², z kotłem jednofunkcyjnym, przepływowym podgrzewaczem wody użytkowej i kuchnią gazową pięciopalnikową



Rys. 9. Rzeczywiste i teoretyczne zużycie gazu ziemnego E obliczone z miesięcznej liczby stopniodni grzania Sd(12°C) i Sd(18,3°C) w okresie od stycznia 2006 r. do marca 2008 r. dla mieszkania w Grudziądzu jak na rys. 8

Mieszkanie w budynku wielolokalowym w Tczewie

Przedmiotem analizy było mieszkanie w budynku wielomieszkaniowym w Tczewie wykonanym w tradycyjnej technologii przed drugą wojną światową. Powierzchnia ogrzewana mieszkania wynosiła 42,5 m². Mieszkanie ogrzewane jest dwufunkcyjnym kotłem i wyposażone w kuchnię gazową pięciopalnikową. Mieszkanie zamieszkują dwie osoby. Sterownik temperatury wewnętrznej ustawiony był na temperaturę 21-23°C.

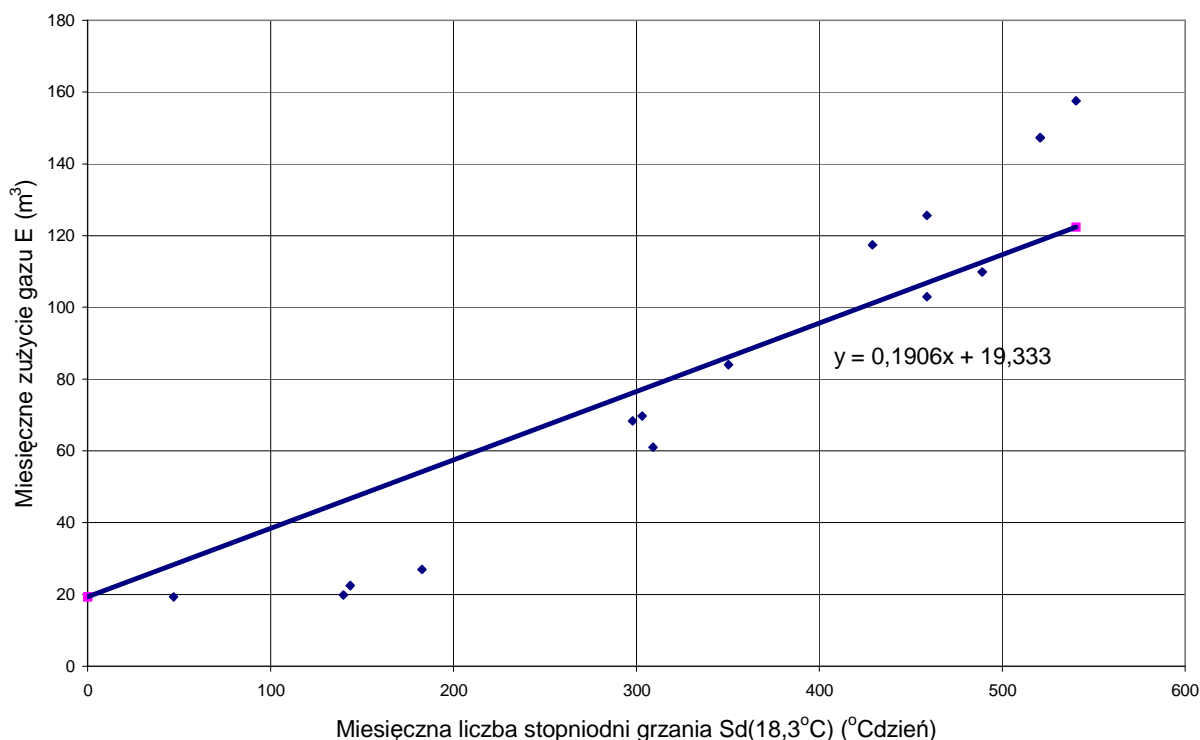
Rachunki wystawiane przez Spółkę Obrotu Gazem nie dotyczyły dni jednego miesiąca. Niektóre rachunki w sezonie grzewczym obejmowały trzy miesiące. Zależność miesięcznego zużycia gazu E od liczby stopniodni grzania Sd(18,3°C) określa równanie (rys. 10):

$$E=19,333 \text{ m}^3 + 0,1906 \text{ m}^3/(\text{°Cdzień}) \cdot Sd(18,3\text{°C}) \quad (19)$$

Zależność rocznego zużycia gazu E od liczby stopniodni grzania określa równanie:

$$E=232 \text{ m}^3 + 0,1906 \text{ m}^3/(\text{°Cdzień}) \cdot Sd(18,3\text{°C}) \quad (20)$$

Wartość wskaźnika efektywności zużycia gazu na ogrzewanie mieszkania dla okresu od stycznia 2006 r. do marca 2008 r. wynosi $w_g=0,004485 \text{ m}^3/(\text{°Cdzień m}^2)$. Wartość wskaźnika efektywności zużycia gazu na ogrzewanie mieszkania dla 2007 r. wynosi $w_g=0,004509 \text{ m}^3/(\text{°Cdzień m}^2)$ a $w_c=0,006168 \text{ m}^3/(\text{°Cdzień m}^2)$.



Rys. 10. Zależność miesięcznego zużycia gazu ziemnego E od miesięcznej liczby stopniodni grzania Sd(18,3°C) w okresie od stycznia 2007 r. do maja 2008 r. dla mieszkania (2 osoby) w domu wielomieszkaniowym zbudowanym przed II wojną światową w Tczewie o powierzchni ogrzewanej 42,5 m², z kotłem dwufunkcyjnym i kuchnią gazową pięciopalnikową

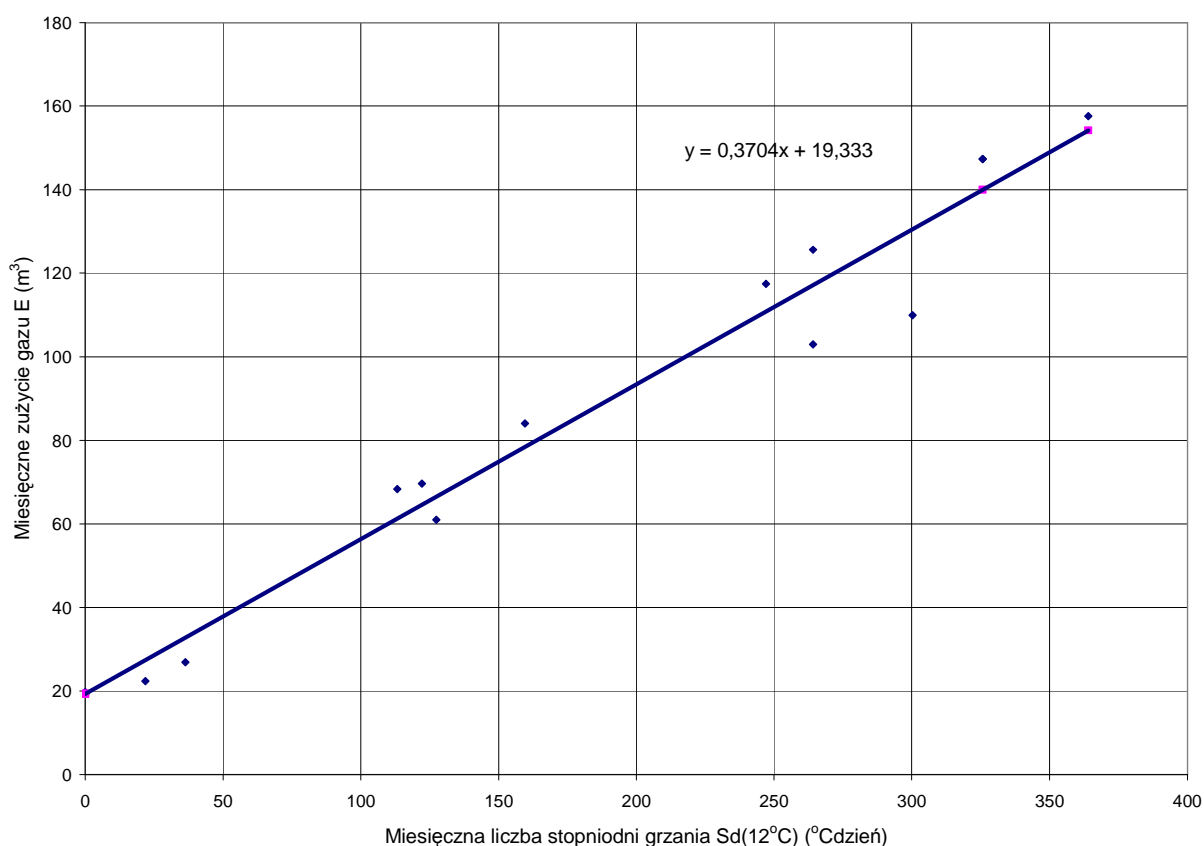
Zależność miesięcznego zużycia gazu E od liczby stopniodni grzania $S_d(12^\circ\text{C})$ określa równanie (**rys. 11**):

$$E = 19,333 \text{ m}^3 + 0,3704 \text{ m}^3/(\text{ }^\circ\text{Cdzień}) \cdot S_d(12^\circ\text{C}) \quad (21)$$

Zależność rocznego zużycia gazu E od liczby stopniodni grzania określa równanie:

$$E = 232 \text{ m}^3 + 0,3704 \text{ m}^3/(\text{ }^\circ\text{Cdzień}) \cdot S_d(12^\circ\text{C}) \quad (22)$$

Wartość wskaźnika efektywności zużycia gazu na ogrzewanie mieszkania obliczona dla $S_d(12^\circ\text{C})$ dla okresu od stycznia 2007 r. do maja 2008 r. wynosi $w_g = 0,008715 \text{ m}^3/(\text{ }^\circ\text{Cdzień m}^2)$. Wartość wskaźnika efektywności zużycia gazu na ogrzewanie mieszkania obliczona dla $S_d(12^\circ\text{C})$ dla 2007 r. wynosi $w_g = 0,00888 \text{ m}^3/(\text{ }^\circ\text{Cdzień m}^2)$ a $w_c = 0,01215 \text{ m}^3/(\text{ }^\circ\text{Cdzień m}^2)$.



Rys. 11. Zależność miesięcznego zużycia gazu ziemnego E od miesięcznej liczby stopniodni grzania $S_d(12^\circ\text{C})$ w okresie od stycznia 2007 r. do maja 2008 r. dla mieszkania (2 osoby) w domu wielomieszkaniowym zbudowanym przed II wojną światową w Tczewie o powierzchni ogrzewanej $42,5 \text{ m}^2$, z kotłem dwufunkcyjnym i kuchnią gazową pięciopalnikową

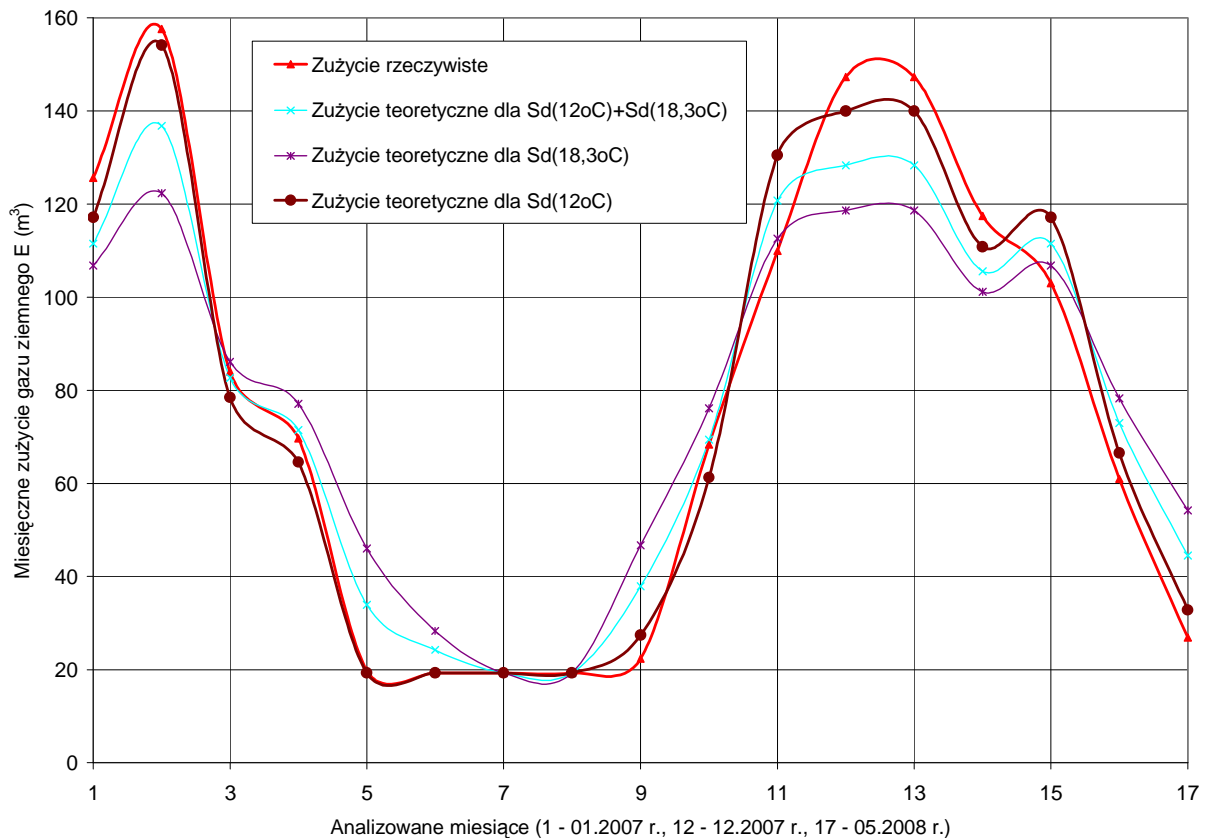
Użycie temperatury bazowej 12°C lepiej opisuje miesięczne zużycie gazu ziemnego w przypadku analizowanego mieszkania niż przyjęcie $t_b = 18,3^\circ\text{C}$ (**rys. 12**). Szczególnie dobrze aproksymowane jest zużycie gazu ziemnego w miesiącach (kwiecień–październik) o małym zmiennym zużyciu gazu.

Użycie wzoru (2) i metody średnich prowadzi do równania:

$$E = 19,333 + 0,1042179 \cdot S_d(18,3^\circ\text{C}) + 0,167894923 \cdot S_d(12^\circ\text{C}), \quad (23)$$

które nie opisuje dokładniej (**rys. 12**) rzeczywistego zużycia gazu ziemnego E w analizowanym gospodarstwie niż użycie jedynie do opisu stopniodni grzania z temperaturą bazową 12 °C.

Przyjęcie zbyt wysokiej temperatury bazowej 18,3°C prowadzi do mniej dokładnego opisanie miesięcznego zużycia gazu. Często jednak stopniodni grzania dla niższych temperatur bazowych nie są powszechnie dostępne. Wtedy lepiej stosować temperaturę bazową $t_b=18,3^{\circ}\text{C}$, ponieważ jakikolwiek monitoring zużycia energii, nawet niedokładny, jest lepszy niż żaden. Prowadzi bowiem do oszczędności energii.



Rys. 12. Rzeczywiste i teoretyczne zużycie gazu ziemnego E obliczone z miesięcznej liczby stopniodni grzania $S_d(12^{\circ}\text{C})$ i $S_d(18,3^{\circ}\text{C})$ i ich kombinacji (2) w okresie od stycznia 2007 r. do maja 2008 r. dla mieszkania (2 osoby) w domu wielomieszkaniowym zbudowanym przed II wojną światową w Tczewie o powierzchni ogrzewanej $42,5\text{ m}^2$, z kotłem dwufunkcyjnym i kuchnią gazową pięciopalnikową

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 budyn-

ków wybudowanych w 1994 r. W analizowanych polskich gospodarstwach domowych zużycie stałe gazu wynosiło od 94,7 do 202 m³/(rok osobę).

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 m² zużycie roczne gazu ziemnego E w ilości 1940 m³ dla kotła kondensacyjnego i 2150 m³ dla kotła tradycyjnego. Odpowiada to zużyciu odpowiednio 19,4 i 21,5 m³ gazu na 1 m² powierzchni użytkowej domu. Stąd średnio dla Polski w_g wynosi od 0,0052 do 0,0058 m³/(m²°Cdzień) dla Sd(18,3°C). W analizowanych domach wolnostojących zużycie gazu ziemnego E wynosiło od 14 do 22,6 m³/m². Dom wolnostojący, zgodny z obowiązującymi przepisami w Polsce, może zużywać 12 m³/m² gazu E rocznie na jego ogrzewanie, co odpowiada wartości w_g=0,0032 m³/(m²°Cdzień) dla Sd(18,3°C).

Przyczyny różnicowania zużycia gazu w gospodarstwach domowych

Wyższe rachunki za gaz w sezonie grzewczym 2007/2008 r. były 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 m³/(°Cdzień m²) w 2007 r.):

$$E=641 \text{ m}^3 + 0,4421 \text{ m}^3/(\text{°Cdzień}) \cdot Sd(18,3\text{°C}) \quad (23)$$

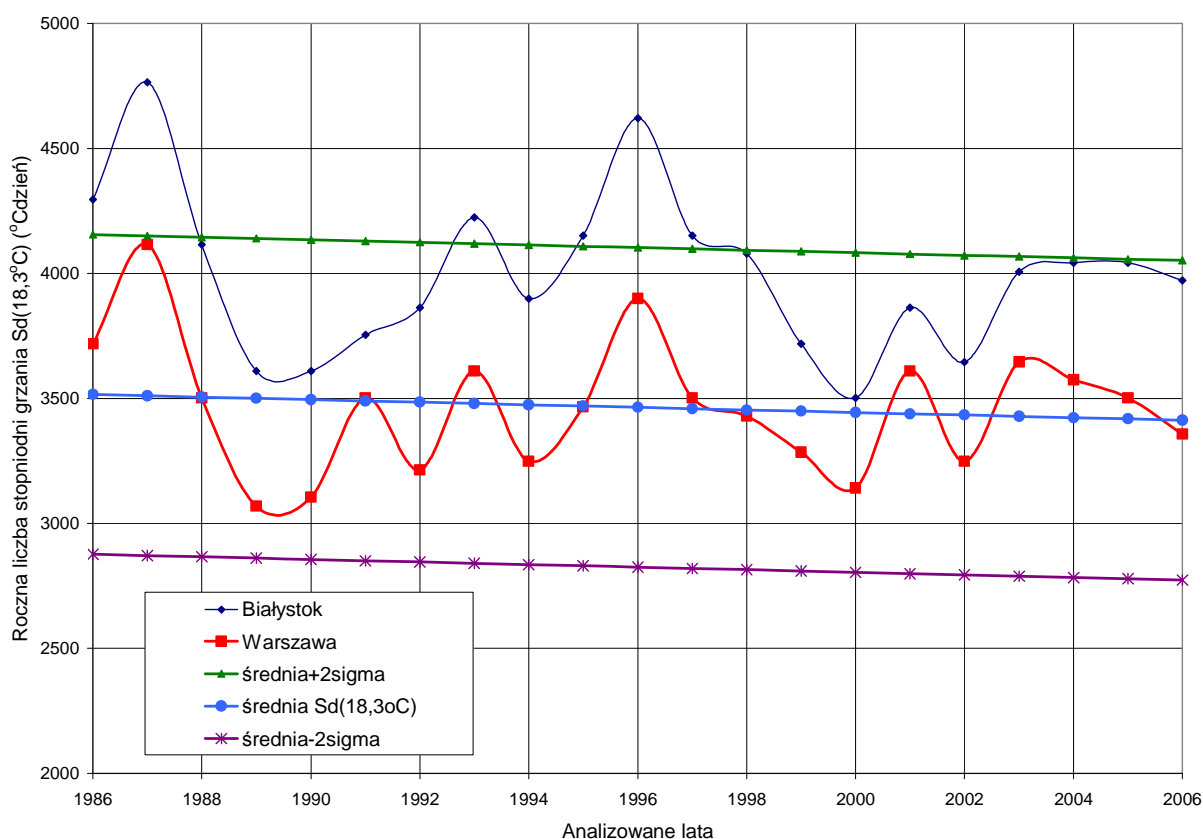
będą miały różne zużycie gazu ze względu na warunki klimatyczne (**tabela 3**). Dla średniej wieloletniej liczby stopniodni grzania zużycie gazu E dla identycznego domu w najzimniej-

Tabela 3. 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 Sd(18,3°C), zużycie stałe 160,25 m³/(rok osobę), w_g=0,004421 m³/(°Cdzień m²)

Miejscowość	Wieloletnia liczba stopniodni grzania Sd(18,3°C)	Roczne zużycie gazu ziemnego		
		stałe	zmiennie	całkowite
---	°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

szym mieście Polski Zakopanem wynosi 2748 m³/rok (**tabela 3**) 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.

Na **rys. 13** przedstawiono roczną 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 domu wolnostojącego w Warszawie o powierzchni 112 m² z kotłem dwufunkcyjnym o równaniu $E=0,773249 \cdot S_d(18,3^{\circ}\text{C})$ (**11**). W najzimniejszym 1987 r. $S_d(18,3^{\circ}\text{C})=4115^{\circ}\text{Cdn}$ 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^oCdni 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 $S_d(18,3^{\circ}\text{C})=3357^{\circ}\text{Cdn}$ w 2006 r. zużycie na ogrzewanie domu wynosiło 2596 m³/rok.



Rys. 13. 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.

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^oCdni 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^oCdni 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 Białymstoku w 2006 r. była zbliżona do średniej z wielolecia 1986-2006. Dla $S_d(18,3^{\circ}\text{C})=3971^{\circ}\text{Cdn}$ w 2006 r. zużycie na ogrzewanie domu w Białymstoku wynosiło 3071 m³/rok.

Na **rys. 13** przedstawiono 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 stopniogrzań będzie znajdowała się w przedziale od 2758°Cdni do 4037°Cdni a prognozowane zmienne zużycie gazu dla domu wolnostojącego w Warszawie o powierzchni 112 m^2 z kotłem dwufunkcyjnym (**11**) może wynosić od $2133\text{ m}^3/\text{rok}$ do $3122\text{ m}^3/\text{rok}$.

Wnioski

Różnica między wartością wskaźnika efektywności zużycia gazu na ogrzewanie $0,00442\div 0,00697\text{ m}^3/({}^{\circ}\text{Cdzień}\cdot\text{m}^2)$ stwierdzoną w starych zasobach domów w Polsce (**tabela 4**) a wartością $w_g=0,0032\text{ m}^3/({}^{\circ}\text{Cdzień}\cdot\text{m}^2)$ 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 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 4. Typ domu, powierzchnia mieszkania, temperatura wewnętrzna, wyposażenie w aparaty gazowe i wskaźniki efektywności zużycia gazu ziemnego E dla liczby stopniogrzań $S_d(18,3^{\circ}\text{C})$

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 ($^{\circ}\text{C}$)	21	22	21	21	20
Zużycie stałe ($\text{m}^3/(\text{osoba}\text{ m}^2)$)	99	202	--	94,7	160,2
Wskaźnik w_g ($\text{m}^3/({}^{\circ}\text{Cdzień}\text{ m}^2)$)	0,00697	0,00645	0,00821	0,00503	0,00442
Wskaźnik w_c ($\text{m}^3/({}^{\circ}\text{Cdzień}\text{ m}^2)$)	0,00807	0,00838	--	0,00623	0,00645
Zużycie gazu na grzanie na 1 m^2 mieszkania ($\text{m}^3/\text{m}^2\text{ rok}$)	22,6	20,9	--	17,2	14,0
Zużycie gazu na grzanie na 1°Cdzień grzania ($\text{m}^3/({}^{\circ}\text{Cdzień})$)	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.
- [7] Degree Days – Handle with Care! www.energylens.com/articles/degree-days

Józef Dopke
jozefdopke@wp.pl