

ZALEŻNOŚĆ ZUŻYCIA GAZU ZIEMNEGO W GOSPODARSTWACH DOMOWYCH OD LICZBY STOPNIODNI GRZANIA

Autor: Józef Dopke

(„Rynek Energii” – 5/2006)

Słowa kluczowe: stopniodni grzania, średnie roczne zużycie gazu ziemnego w gospodarstwach domowych

Streszczenie. W artykule omówiono liczbę stopniodni grzania stosowaną do określenia zapotrzebowania na energię do ogrzewania budynków. Przedstawiono prostą regresji zużycia gazu ziemnego w gospodarstwach domowych względem ważonej zaludnieniem liczby stopniodni grzania dla poszczególnych stanów USA i wydzielono stałe zużycie gazu ziemnego oraz zmienne, zależne od stopniodni grzania. Omówiono wpływ wyposażenia i powierzchni mieszkań, wieku, typu i izolacji budynków, średniej liczby osób i wielkości dochodów gospodarstw domowych w USA na zużycie gazu ziemnego. Podano wielkość zużycia gazu na gotowanie i grzanie wody. Oszacowano średnie i maksymalne roczne zużycie gazu ziemnego w gospodarstwach domowych w wybranych krajach i w Polsce. Podano kwantyle rozkładu rocznego zużycia gazu ziemnego w gospodarstwach domowych w USA według ich przychodów i porównano z rocznym zużyciem gazu w Polsce. Przedstawiono trendy zmian w zużyciu gazu w gospodarstwach domowych w różnych krajach i stanach USA. Podano przykłady zastosowania liczby stopniodni grzania do oszacowania skorygowanych trendów zmian zużycia gazu oczyszczonych z wpływów anomalii pogodowych. Zwrócono uwagę na potrzebę liczenia ważonych zaludnieniem stopniodni grzania w celu prognozowania zapotrzebowania na energię do ogrzewania budynków.

1. WSTĘP

Gaz ziemny używa się w gospodarstwach domowych do przygotowania posiłków, podgrzewania wody użytkowej i ogrzewania mieszkania. W zależności od cen nośników energii, ich dostępności oraz dochodów gospodarstw domowych, wykorzystuje się na te cele również: olej opałowy, energię elektryczną[^], LPG (propan-butan), węgiel lub drewno, a w budownictwie wielorodzinnym energię cieplną. Zużycie gazu na przygotowanie posiłków i podgrzewanie wody zależy od liczby osób w gospodarstwie domowym. Zużycie gazu ziemnego na ogrzewanie zależy od: strefy klimatycznej, w której znajduje się gospodarstwo domowe, wielkości zajmowanego mieszkania, stopnia izolacji termicznej budynku, rodzajów odbiorników gazu w gospodarstwie domowym (kocioł CO lub dwufunkcyjny CWU, tradycyjny lub kondensacyjny, ogrzewacz gazowy), zachowania członków gospodarstwa (wewnętrzna temperatura mieszkania), dochodów gospodarstw domowych, ceny oraz ciepła spalania gazu ziemnego.

2. STOPNIODNI GRZANIA

Jedną z metod określania wielkości zużycia energii na ogrzewanie mieszkania jest metoda stopniodni. Wymaga ona przyjęcia temperatury bazowej, która jest średnią temperaturą wewnątrz budynku pomniejszoną o zyski energii od wewnętrznych źródeł. Najczęściej jako temperaturę bazową t_b wybiera się 18°C (lub $65^{\circ}\text{F}=18,3^{\circ}\text{C}$ w USA). Jeżeli ogrzewanie od ludzi i urządzeń w domu może podwyższyć temperaturę o 4°C , to wystarczy aby przy temperaturze zewnętrznej 18°C zapewnić temperaturę 22°C w mieszkaniu bez ogrzewania.

Tabela 1

Bieżące oraz średnie wieloletnie stopniodni grzania dla lat 1980-2004. Źródło: Eurostat. Environment and Energy 5/2006.

Kraj	Liczba stopniodni grzania Sd(18°C) w °Cdni		
	2003	2004	1980-2004

Finlandia	5658	5536	5826
Szwecja	5227	5268	5423
Estonia	4421	4306	4420
Lotwa	4245	4213	4243
Litwa	4076	4047	4071
Polska	3602	3518	3605
Austria	3474	3561	3569
Czechy	3455	3472	3559
Dania	3287	3274	3479
Słowacja	3458	3387	3440
Wielka Brytania	3084	3075	3354
Niemcy	3135	3186	3244
Luksemburg	2953	3172	3216
Słowenia	3039	3049	3044
Węgry	3078	2872	2917
Irlandia	2665	2730	2916
Holandia	2766	2774	2905
Belgia	2711	2798	2882
Francja	2361	2480	2494
Włochy	1971	2010	2085
Hiszpania	1770	1915	1856
Grecja	1732	1567	1698
Portugalia	1261	1368	1302
Cypr	728	763	787
Malta	583	500	564
UE-25	3247	3239	3386

Za dni grzewcze przyjmuje się dni, w których średnia temperatura zewnętrzna jest niższa niż 18°C. Stopniodni grzania $S_d(t_b)$ są zdefiniowane jako $t_b - t_{sr}$, gdzie t_{sr} jest średnią temperaturą danego dnia. Dzień ze średnią temperaturą dzienną 10°C będzie miał 8°Cdni grzania. Stopniodni grzania dla całego roku oblicza się sumując stopniodni dla wszystkich 365 dni. Stopniodni Celsjusza S_{d_c} nie są identyczne ze stopniodniami Fahrenheita S_{d_F} stosowanymi w USA. Dziewięć jednostek stopni Fahrenheita równa się pięciu jednostkom stopni Celsjusza i dlatego $S_{d_c} = (5/9)S_{d_F}$.

Stopniodni oblicza się dla miast, stanów w USA, regionów oraz jako średnią krajową (**tabela 1**). Oblicza się również średnie wieloletnie stopniodni grzania. Liczba stopniodni grzania jest stosowana w USA i Kanadzie do prognozowania zużycia energii na cele grzewcze.

3. WAŻONE ZALUDNIENIEM STOPNIODNI GRZANIA

World Resource Institute [1,3] wykonał obliczenia stopniodni dla temperatury bazowej 18°C dla 171 krajów. Obliczenie to zostało wykonane dla wszystkich możliwych lokalizacji stacji meteorologicznych a wyniki ważone były zaludnieniem danego obszaru. Stosując ważenie zapewnia się, że duże skupiska ludności będą bardziej reprezentowane w tym wskaźniku niż obszary o małym zaludnieniu. Takie krajowe ważone stopniodni (**tabela 3**) odzwierciedlają zapotrzebowanie na energię na grzanie średniego obywatela danego kraju. Liderem w zapotrzebowaniu na energię

W Europie największą średnią wieloletnią (1980-2004 r.) liczbę stopniodni grzania ma Finlandia (5826°Cdni), następnie Szwecja i Estonia. Najmniejszą liczbę $Sd(18^{\circ}C)$ mają Portugalia (1302°Cdni), Cypr (787°Cdni) i Malta (564°Cdni). Ta liczba stopniodni grzania jest uśredniona dla terytorium kraju. W [9] podano zależność:

- między liczbą stopniodni grzania dla roku a średnią roczną temperaturą (**tabela 2**)
 $Sd(t_b=18,3^{\circ}C)*361(18,3-t_{sr,r})$ (2)
dla $t_{sr,r}$ mniejszej od 12°C,

- między liczbą stopniodni grzania dla zimy (grudzień-luty) a średnią temperaturą dla zimy t_z
 $Sd(t_b=18,3^{\circ}C)\approx 90,1(18,3-t_z)$, (3)

- oraz między liczbą stopniodni grzania w styczniu a średnią temperaturą stycznia t_{stycz}
 $Sd(t_b=18,3^{\circ}C)*31(18,3-t_{stycz})$. (4)

do ogrzewania jest Mongolia z liczbą 6681°Cdni, następnie Federacja Rosyjska 5235°Cdni, Finlandia 5212°Cdni, Estonia 4605°Cdni, Kazachstan 4575°Cdni, Norwegia 4535°Cdni, Kanada 4493°Cdni i Szwecja 4375°Cdni. Średni obywatel Federacji Rosyjskiej potrzebuje około 4 razy więcej energii na ogrzanie takiego samego domu niż średni obywatel Hiszpanii (1431°Cdni), Portugalii (1367 °Cdni) czy Grecji (1269°Cdni) i około 3 razy więcej niż średni obywatel Włoch (1838°Cdni) i dwa razy więcej niż średni obywatel Francji (2478°Cdni). Zbliżone zużycie energii na cele grzewcze powinno wystąpić w takich krajach jak Ukraina (3752°Cdni), Polska (3719°Cdni), Dania (3621°Cdni), Czechy (3569°Cdni) i Słowacja (3498°Cdni) dla tej samej wielkości domu i tej samej izolacji. Ale dla statystycznego mieszkania to zużycie gazu ziemnego na rok wynosi dla Ukrainy (1019 m³), Polski (1746 m³), Danii (2668 m³) i Czech (1309 m³), jeżeli będzie ono miało podobną izolację termiczną. USA i Federacja Rosyjska będą miały statystycznie takie samo średnie zużycie gazu na ogrzewanie mieszkania pomimo, że liczba stopniodni dla Federacji Rosyjskiej jest dwa razy większa, ponieważ średnia powierzchnia mieszkania w USA jest dwukrotnie większa niż w Federacji Rosyjskiej.

Tabela 2

Średnie temperatury oraz liczba dni sezonu ogrzewczego $Ld_{(t_b)}$ i stopniodni grzania $Sd(t_b)$ według [10,11] oraz dla $t_b = 18,3^{\circ}\text{C}$ według (2) i (4) dla wybranych miejscowości

Miejscowość	Średnia temperatura			Według		Liczba stopniodni dla $t_b = 18,3^{\circ}\text{C}$ wg (2) i (4)	
	stycznia	lipca	roczna	$Ld_{(t_b)}$	$Sd(t_b)$	stycznia	roczna
	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$	dni	$^{\circ}\text{Cdni}$	$^{\circ}\text{Cdni}$	$^{\circ}\text{Cdni}$
Hel	-0,6	17,2	8,3	---	---	---	3610
Szczecin	-0,9	18,3	8,3	242	3781	595	3610
Chojnice	-2,9	16,9	7,0	---	---	---	4079
Suwałki	-4,9	17,9	6,2	---	---	---	4368
Warszawa	-2,9	18,6	7,8	222	3885	657	3791
Siedlce	-4,0	16,6	7,1	---	---	---	4043
Zielona Góra	-1,3	18,1	8,2	---	---	---	3646
Białystok	-4,1	18,4	7,0	232	4248	694	4079
Radom	-2,6	18,7	8,0	---	---	---	3718
Lublin	-3,5	18,4	7,4	222	3776	676	3935
Opole	-2,0	17,5	8,0	222	3684	629	3718
Wrocław	-1,1	18,8	8,7	227	3707	601	3466
Kraków	-2,5	18,8	8,2	222	3776	645	3646
Tarnów	-1,8	19,1	8,8	---	---	---	3430
Jarosław	-3,6	18,2	7,6	---	---	---	3863
Bolesławiec	-1,7	17,5	7,8	---	---	---	3791
Myślenice	-2,2	18,2	8,1	---	---	---	3682
Zakopane	-4,9	14,7	5,0	---	---	---	4801

4. WPLYW STREFY KLIMATYCZNEJ NA ZUŻYCIE GAZU

Zużycie gazu ziemnego można przedstawić w postaci modelu:

$$E = a + b Sd(t_b) + e, \quad (4)$$

gdzie: E - zużycie energii, a , b - współczynniki, $Sd(t_b)$ - funkcja liczby stopniodni w zależności od t_b , t_b - bazowa temperatura, e - błąd metody.

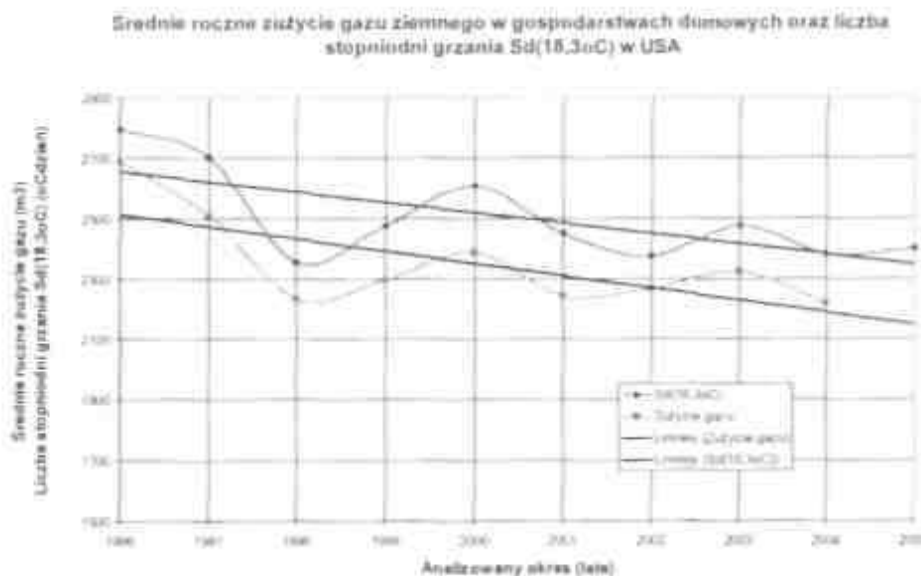
Zużycie energii na cele nie związane z grzaniem jest stałe i określa je współczynnik a . Zużycie energii na grzanie pomieszczeń w małych przedziałach czasu zależy liniowo od liczby stopniodni grzania. Współczynnik b określa wielkość zużycia energii na jeden stopniodeń. Jeżeli we wzorze (4) są stosowane dane roczne, to współczynniki a i b będą określały odpowiednio: roczne stałe i zmienne zużycie gazu.

Na **rys. 1** podano średnie roczne zużycie gazu ziemnego w gospodarstwach domowych oraz liczbę stopniodni grzania w USA w latach od 1996 do 2005. Trend zmian liczby stopniodni grzania jest malejący, co wskazuje na ocieplenie klimatu w ostatnich dziesięciu latach. Prosta regresji średniego zużycia gazu jest prawie równoległa do prostej regresji liczby stopniodni grzania. Zużycie gazu zmienia się tak jak zmienia się liczba stopniodni grzania.

Tabela 3

Liczba ważonych zaludnieniem stopniodni grzania dla $t_b=18^{\circ}\text{C}$,
średnia powierzchnia mieszkania w 1999 r. lub 2000 r., średnia
liczba osób w gospodarstwie domowym.

Kraj	Sd(18°C)	Powierz- chnia mieszkania	Liczba osób w gospodar- stwie
---	°Cdni	m ²	osoby
Fed. Rosyjska	5235	81,1	2,8
Finlandia	5212	85,7	2,2
Estonia	4605	109,5	2,4
Norwegia	4535	127,0	2,2
Kanada	4493	--	2,6
Szwecja	4375	92,6	2,1
Białoruś	4299	45,9	2,6
Lotwa	4237	92,4	2,7
Litwa	4218	70,9	2,6
Ukraina	3752	50,5	3,2
Polska	3719	87,3	3,1
Dania	3621	137,0	2,2
Czechy	3569	68,2	2,7
Słowacja	3498	82,5	2,9
Austria	3446	96,0	2,4
Szwajcaria	3419	--	2,3
Słowenia	3290	113,0	3,1
Niemcy	3252	97,0	2,2
Rumunia	3157	73,1	2,8
Węgry	3057	52,0	2,6
Holandia	3035	--	2,3
Belgia	3009	133,1	2,4
Irlandia	2977	70,2	3,0
W. Brytania	2810	79,8	2,4
Bulgaria	2624	65,2	2,7
Francja	2478	81,3	2,4
USA	2159	188,0	2,6
Turcja	2048	128,0	4,6
Japonia	1901	--	--
Włochy	1838	--	3,0
Hiszpania	1431	120,8	3,2
Portugalia	1367	--	3,0
Grecja	1269	--	3,0
Malta	725	--	--
Cypr	710	144,8	--

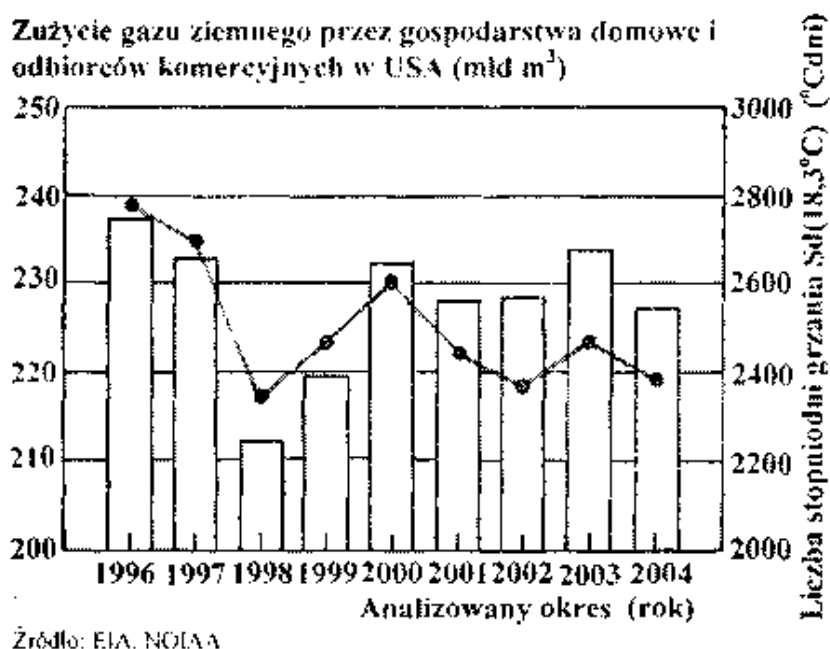


Rys. 1. Średnie roczne zużycie gazu ziemnego w gospodarstwach domowych oraz liczba stopniodni grzania $S_d(18,3^{\circ}\text{C})$ w USA w latach od 1996 do 2005.

Na rys. 2. przedstawiono zależność między średnim rocznym zużyciem gazu ziemnego przez gospodarstwa domowe i odbiorców komercyjnych w USA w latach od 1996 do 2004 i ważoną zaludnieniem liczbą stopniodni grzania. Zużycie gazu przez gospodarstwa domowe i odbiorców komercyjnych (szpitale, szkoły, handel, budynki publiczne), służące w dużej części na ogrzewanie pomieszczeń, jest mocno skorelowane z liczbą stopniodni grzania.

Zużycie energii na ogrzewanie mieszkania o tej samej wielkości i izolacji termicznej w Warszawie ($S_d(18^{\circ}\text{C})=3791^{\circ}\text{Cdn}$) będzie dwukrotnie większe niż w Montpellier (1875°Cdn) we Francji czy Genui (1494°Cdn) lub Rzymie (1570°Cdn). Jeżeli liczba stopniodni dla sezonu grzewczego jest dwukrotnie większa, to zużycie energii na ogrzewanie mieszkania jest dwukrotnie większe. Tę prawidłowość można zilustrować na przykładzie średniego rocznego zużycia gazu ziemnego w gospodarstwach domowych w stanach USA. Największe zużycie gazu występuje w najbardziej na północ wysuniętym stanie Alaska (ze średnią wieloletnią 1971-2000 r. liczbą stopniodni ważoną zaludnieniem równą 6403°Cdn), Północnej Dakocie (5248°Cdn), Minnesocie (4864°Cdn), a najmniejsze w takich południowych stanach jak Kalifornia (1463°Cdn), Arizona (1200°Cdn), Teksas (1108°Cdn). Luizjana (991°Cdn), Floryda (386°Cdn) i Hawaje (11°Cdn). Od tych ogólnych zależności odbiegają stany Michigan (3861°Cdn) i Illinois (3530°Cdn), (rys. 3) z bardzo dużym zużyciem gazu, ze względu na niskie ceny gazu wydobywanego w obu stanach, oraz stan Maine (4451°Cdn), z bardzo małym zużyciem gazu w stosunku do ważonej zaludnieniem liczby stopniodni grzania. W stanie Maine było tylko 18385 gospodarstw (3,6%) odbierających gaz ziemny przewodowy.

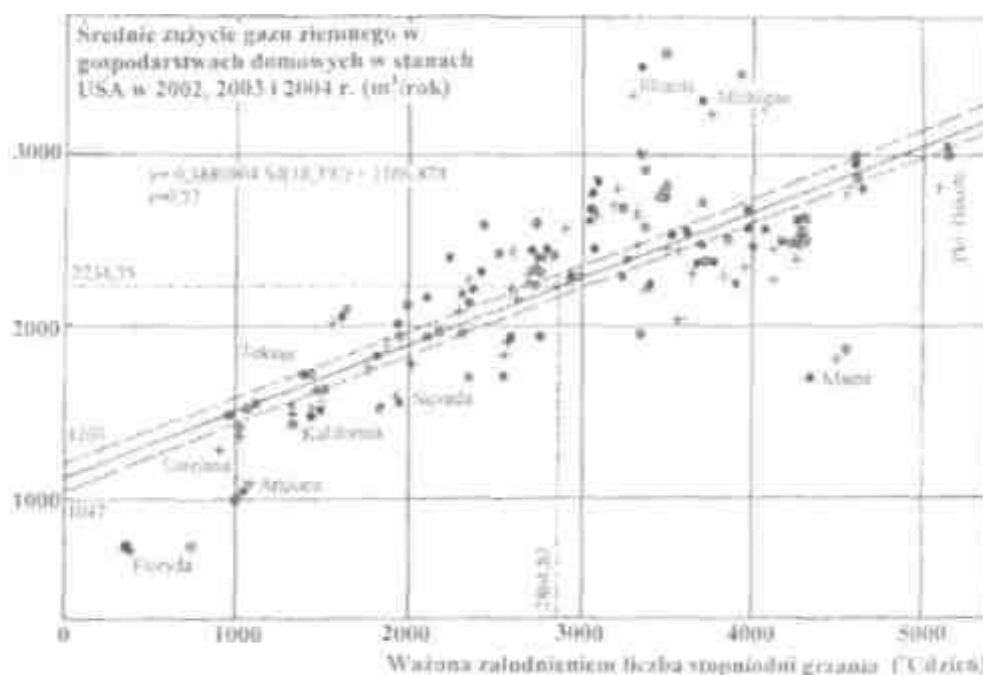
Odchylenia od prostej regresji występują dla wszystkich trzech analizowanych lat. Powodują je czynniki stałe takie jak wielkość mieszkań w poszczególnych stanach, różne wyposażenie w urządzenia gazowe i sprzęt gospodarstwa domowego oraz różna liczba osób w gospodarstwach domowych. Brak zmywarki do naczyń powoduje większe zużycie gazu na grzanie wody do zmywania naczyń. Im nowsze mieszkania, tym lepsze ich wyposażenie i lepsza izolacja budynków.



Rys. 2. Zależność między średnim rocznym zużyciem gazu ziemnego przez gospodarstwa domowe i odbiorców komercyjnych w USA w latach od 1996 do 2004 i wazoną zaludnieniem liczbą stopniodni grzania (krzywa lamana).

W równaniu regresji (rys. 3) współczynnik $b=0,3880904 \text{ m}^3/\text{°Cdzień}$ określa wielkość zużycia gazu na jeden stopnidzień i rok. Zużycie gazu na cele nie związane z grzaniem określa współczynnik $a=1106,878 \text{ m}^3/\text{rok}$. Dwustronne granice przedziału ufności dla współczynnika a wynoszą 1047 i 1207 m^3/rok dla poziomu ufności 0,95. Z tego można obliczyć, że zużycie gazu na cele nie związane z ogrzewaniem wynosi od 403 do 464 m^3/rok na osobę dla poziomu ufności 0,95, średnio 426 m^3/rok .

Średnia liczba osób w gospodarstwie domowym w USA wynosiła 2,6. Gospodarstwa domowe w stanach Hawaje, Kalifornia i Utah liczą od 2,87 do 3,13 osób, w stanach Idaho, Nevada, Arizona, Nowy Meksyk, Teksas, Luizjana, Missisipi, Georgia, Illinois, Nowy Jork i New Jersey od 2,62 do 2,74 osób a najmniej liczne gospodarstwa składające się z 2,16 osób występują w stanach Floryda, Montana, Północna Dakota, Vermont, Maine, Iowa, Kentucky i Zachodnia Wirginia.



Rys. 3. Empiryczna prosta regresji (y(Sd) – równanie regresji, r - współczynnik korelacji) średniego rocznego zużycia gazu ziemnego w gospodarstwach domowych w stanach USA w latach 2002, 2003 i 2004 względem ważonej zaludnieniem liczby stopniodni grzania. Liniami przerywanymi zaznaczono granice 95% obszaru ufności dla teoretycznej prostej regresji

Stosowanie gazu ziemnego w USA zmienia się znacząco kiedy porówna się rok budowy budynków (**tabela 4**). Roczne zużycie gazu ziemnego gospodarstwach domowych w budynkach zbudowanych przed 1950 r. jest największe i wynosi około 2718 m³/rok. Najwięcej nowych budynków znajduje się w dużych aglomeracjach stanu Teksas, a najstarsze budynki występują w dużych aglomeracjach stanów Massachusetts, New Jersey, Kalifornia, Illinois i Michigan.

Zużycie gazu ziemnego przez gospodarstwa domowe zmienia się w zależności od typu mieszkania (**tabela 5, 6**). Jednorodzinne domy zużywają najczęściej gazu ziemnego, około 2605 m³/rok. Najmniejsze zużycie gazu ziemnego występuje w budynkach wielorodzinnych w wysokości 1019 m³/rok. Te mieszkania były mniejsze niż średnia krajowa i dlatego zużywały mniej energii na ogrzewanie. Ruchome domy rzadziej stosują gaz ziemny częściej energię elektryczną lub LPG do ogrzewania.

Kwantyle zużycia gazu ziemnego w gospodarstwach domowych w USA podano w **tabeli 6**. Kwantyle rzędu P opisują rozkład rocznego zużycia gazu ziemnego i tak 5% wszystkich gospodarstw domowych zużywa rocznie więcej niż 5323 m³, a 95% mniej niż 5323 m³. W 1997 r. w USA 90% wszystkich gospodarstw domowych zużywało rocznie od 340 do 5323 m³ gazu ziemnego, a średnie roczne zużycie gazu wynosiło 2350 m³.

Tabela 4
Zużycie gazu ziemnego przez gospodarstwo domowe oraz procent gospodarstw domowych w USA w 1997 r., które stosują gaz ziemny według roku budowy domu. Źródło: EIA, Residential Energy Consumption Survey 1997.

Rok budowy domu	Procent gospodarstw, które używają gaz ziemny		Zużycie gazu ziemnego przez gospodarstwo domowe
	jako główne paliwo do ogrzewania	do innych celów	
---	%	%	m ³ /gospodarstwo
Wszystkie gospodarstwa domowe	54	61	2350
1949 r. i wcześniej	66	75	2718
1950 do 1959	66	74	2293
1960 do 1969	59	67	2095
1970 do 1979	42	48	2152
1980 do 1989	38	43	2039
1990 do 1997	48	54	2265

Tabela 5
Zużycie gazu ziemnego na gospodarstwo domowe oraz procent gospodarstw domowych w USA w 1997 r., które stosują gaz ziemny według typów mieszkań. Źródło: EIA, Residential Energy Consumption Survey 1997.

Typ zamieszkanego mieszkania	Procent gospodarstw, które używają gaz ziemny		Zużycie gazu ziemnego na gospodarstwo domowe
	jako główne paliwo do ogrzewania	do innych celów	
---	%	%	m ³ /gospodarstwo
Wszystkie gospodarstwa domowe	54	61	2350
Domy jednorodzinne	59	64	2605
Domy 2 do 4 lokalowe	63	68	2407
Domy powyżej 5 lokali	35	56	1019
Domy ruchome	33	37	1925

Tabela 6
Kwantyle rzędu P rocznego zużycia gazu ziemnego według typów mieszkań w USA w 1997 r. Źródło: 1997 Residential Energy Consumption Survey

Typ mieszkania	Kwantyl rzędu P rocznego zużycia gazu ziemnego w gospodarstwie domowym w m ³						
	0,05	0,10	0,25	0,50	0,75	0,90	0,95
Wszystkie gospodarstwa domowe	340	623	1218	2095	3199	4360	5323
Domy ruchome	481	595	1076	1784	2577	3483	3992
Domy jednorodzinne	680	963	1586	2435	3426	4587	5493
Domy bliźniaki jednorodzinne	510	623	1161	2039	3228	4332	5465
Domy wielorodzinne 2-4 mieszkaniowe	311	595	1161	2067	3199	4530	5691
Domy wielorodzinne o 5 i więcej mieszkaniach	113	142	396	849	1472	2039	2237

5. ZUŻYCIE GAZU ZIEMNEGO WEDŁUG PRZEZNACZENIA

W 1997 r. na 101,5 mln gospodarstw domowych w USA [6], 8,1 mln używało LPG (około 8%), 5,6 mln gospodarstw domowych używało LPG do ogrzewania mieszkań, 3,3 mln do podgrzewania wody a 4,8 mln do innych celów. Publikacja [6] podaje szczegółowe wielkości dotyczące końcowego zużycia LPG według jego przeznaczenia.

Roczne zużycie LPG na gospodarstwo domowe w USA w 1997 r. przeliczone z Btu na m³ rosyjskiego gazu ziemnego podano w **tabeli 7**. Ogółem w USA gospodarstwa domowe zużywały 2029 m³ gazu na rok w tym 1248 m³ na ogrzewanie mieszkania, 642 m³ na podgrzewanie wody i 139 m³ gazu na inne cele (gotowanie, opalanie kominków). Największe zużycie gazu występowało w regionie Środkowo-zachodnim, do którego należą między innymi stany Michigan, Illinois, Minnesota, Północna Dakota, Ohio, Indiana o najwyższym zużyciu gazu ziemnego w gospodarstwach domowych w USA.

Roczne zużycie gazu LPG na osobę w gospodarstwie domowym w USA w przeliczeniu na równoważną objętość gazu ziemnego rosyjskiego podano w **tabeli 8**. Gospodarstwa domowe używające LPG mogą być reprezentatywną próbką dla wszystkich gospodarstw domowych w USA. Można więc przyjąć, że podobne zużycie gazu na poszczególne cele występować będzie w grupie gospodarstw korzystających z gazu ziemnego przewodowego.

Badania zużycia energii pozwalają określić wielkość zużycia gazu ziemnego na ogrzewanie na gospodarstwo domowe w wysokości: 136 m³ na Florydzie, 544 m³ w Kalifornii, 843 m³ w Teksasie i 2093 m³ w stanie Nowy Jork.

W USA największe zużycie gazu ziemnego występuje w gospodarstwach domowych o najwyższych rocznych przychodach (**tabela 9**) i wynosi 6399 m³ (kwantyl rzędu P=0,95). 5% gospodarstw o rocznych przychodach większych niż 75000 dolarów zużywa rocznie więcej niż 6399 m³. W grupie wszystkich gospodarstw 95% zużywa rocznie mniej niż 5323 m³ a 5% więcej niż ta wartość.

Średnie roczne zużycie energii na ogrzewanie wody użytkowej w przeliczeniu na gaz ziemny na osobę w budynkach zbudowanych w 1994 r. wynosił od 304 m³ w Saskatchewan, 285 m³ w Albercie, 266 m³ w Manitobie i Ontario, 247 m³ w Kolumbii Brytyjskiej i Nowej Szkocji i średnio w Kanadzie do 209 m³ w Quebec i Nowym Brunszwiku (**tabela 10**). W tych prowincjach, w których jest duży udział gazu ziemnego w zużyciu energii na ogrzewanie wody występuje większe średnie roczne zużycie energii na podgrzewanie wody użytkowej. Urządzenia gazowe do podgrzewania wody mają mniejszą sprawność niż elektryczne. Z **tabeli 10** wynika ścisły związek między zużyciem energii na ogrzewanie pomieszczeń a średnią liczbą stopniogrzań dla prowincji Kanady.

Tabela 7
Roczne zużycie LPG w przeliczeniu na m³ gazu ziemnego rosyjskiego 36782 Btu/Nm³ w gospodarstwach domowych w USA według końcowego zastosowania i według regionów w 1997 r. [6]

Przeznaczenie	USA ogółem	Region Północno-wschodni	Region Środkowo-zachodni	Region Południowy	Region Zachodni
---	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³
Ogrzewanie mieszkań	1248	1047	1786	881	1142
Podgrzewanie wody	642	647	710	544	693
Na inne urządzenia	139	109	160	144	128
Razem	2029	1803	2656	1569	1963

Tabela 8

Roczne zużycie LPG w przeliczeniu na m³ gazu ziemnego rosyjskiego 36782 Btu/Nm³ na osobę w gospodarstwach domowych w USA na podgrzewanie wody i gotowanie według regionów USA w 1997 r.

Przeznaczenie	USA Ogółem	Region Północno-wschodni	Region Środkowo-zachodni	Region Południowy	Region Zachodni
---	m ³ /osobę	m ³ /osobę	m ³ /osobę	m ³ /osobę	m ³ /osobę
Podgrzewanie wody	247	249	273	209	267
Na inne urządzenia	53	42	62	55	49
Razem	300	291	335	264	316

Tabela 9

Kwantyle rzędu P rocznego zużycia gazu ziemnego według dochodów gospodarstw domowych w USA w 1997 r. Źródło: 1997 Residential Energy Consumption Survey

Roczne dochody gospodarstw domowych	Kwantyle rzędu P rocznego zużycia gazu ziemnego w gospodarstwach domowych w m ³						
	0,05	0,10	0,25	0,50	0,75	0,90	0,95
dolar USA							
miej niż 100000	113	198	765	1529	2463	3851	4587
Od 10000 do 14999	198	566	991	1812	2605	3851	4559
Od 15000 do 19999	428	623	1019	1869	2775	4106	4728
Od 20000 do 24999	340	595	1189	2039	3115	3964	4955
Od 25000 do 34999	340	623	1302	2124	3086	4134	4955
Od 35000 do 49999	425	708	1331	2152	3228	4559	5408
Od 50000 do 74999	623	1048	1671	2492	3483	4615	5323
więcej niż 75000	510	765	1472	2605	3653	5465	6399
Wszystkie gospodarstwa	340	623	1218	2095	3200	4360	5323

Tabela 10

Średnie roczne zużycie energii przeliczone na gaz ziemny według prowincji Kanady dla nowych budynków zbudowanych w 1994 r. z liczbą stopniodni grzania

Prowincja	Stopniodni grzania Sd(18,3 °C)	Średnie roczne zużycie energii przeliczonej na gaz ziemny		
		ogółem	ogrzewanie mieszkań	ogrzewanie wody
---	°Cdni	m ³ /rok	m ³ /rok	m ³ /rok
Kolumbia Brytyjska	3159	2220	1579	641
Alberta	5331	3503	2763	740
Saskatchewan	5936	3452	2663	789
Manitoba	5993	3058	2367	691
Ontario	4196	2812	2121	691
Quebec	4874	2372	1829	543
Nowy Brunzwik	4760	2121	1578	543
Nowa Szkocja	4123	2516	1875	641
Nowa Funlandia	4837	2516	1924	592
Kanada	4782	2713	2072	641

6. OSZACOWANIE ŚREDNIEGO I MAKSYMALNEGO ZUŻYCIA GAZU

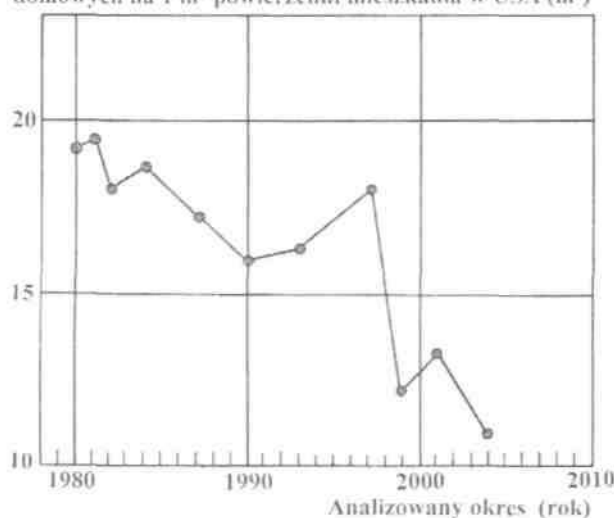
Czasopismo „Murator” przyjmuje w Polsce na ogrzewanie domu o powierzchni 100 m² zużycie gazu ziemnego wysokometanowego GZ-50 w ilości 1940 m³ dla kotła kondensacyjnego i 2150 nr dla kotła tradycyjnego. Odpowiada to zużyciu odpowiednio 19,4 i 21,5 m³ gazu GZ-50 na 1 m² powierzchni użytkowej domu (rys. 4). Dalej zakłada się na ogrzewanie mieszkania zużycie roczne gazu GZ-50 w wysokości 20 m³ na 1 m² powierzchni użytkowej mieszkania. Na przygotowanie posiłków zakłada się zużycie roczne 50 m³ gazu GZ-50 na jedną osobę, a na podgrzewanie ciepłej wody użytkowej - 250 m³ gazu GZ-50 na jedną osobę. W tabeli 11 podano prognozowane roczne zużycie gazu GZ-50 w zależności od liczby osób w gospodarstwie oraz wyposażenia w urządzenia gazowe.

Tabela 11

Założone typy gospodarstw domowych, ich wyposażenie w urządzenia gazowe oraz roczne zużycie gazu na poszczególne cele w Polsce

Odbiorniki gazowe			Liczba osób w gospodarstwie	Powierzchnia mieszkania	Roczne zużycie gazu na		
kuchnia gazowa	podgrzewacz wody	kocioł CO			ogrzewanie	gotowanie i podgrzewanie wody	gotowanie, podgrzewanie wody i ogrzewanie
sztuk	sztuk	sztuk	osoby	m ²	m ³	m ³	m ³
1	1	1	2	100	2000	600	2600
1	1	1	3	100	2000	900	2900
1	1	1	4	100	2000	1200	3200
1	1	1	5	100	2000	1500	3500
1	1	1	2	150	3000	600	3600
1	1	1	3	150	3000	900	3900
1	1	1	4	150	3000	1200	4200
1	1	1	5	150	3000	1500	4500
1	1	1	3	200	4000	900	4900
1	1	1	4	200	4000	1200	5200
1	1	1	5	200	4000	1500	5500
1	1	1	6	200	4000	1800	5800
1	1	1	4	250	5000	1200	6200
1	1	1	5	250	5000	1500	6500

Średnie roczne zużycie gazu ziemnego w gospodarstwach domowych na 1 m² powierzchni mieszkania w USA (m³)



Rys. 4. Średnie roczne zużycie gazu ziemnego w gospodarstwach domowych w USA na 1 m² powierzchni mieszkania w latach od 1980 do 2004.

Do oszacowania maksymalnego rocznego zużycia gazu w gospodarstwach domowych niezbędna jest znajomość liczby osób w gospodarstwach oraz średniej powierzchni mieszkań. Procent gospodarstw domowych o liczbie pięć i więcej osób wynosi: 17,8% w Irlandii, 17,4% w Polsce, 15,4% w Portugalii, 14,7% w Słowacji, 14,5% w Rumunii, 14,3% w Hiszpanii, 13,1% w Grecji, 11,6% na Ukrainie, 11,3% we Włoszech, 10,8% w USA, 10,5% na Łotwie, 9,5% w Bułgarii, 9% na Węgrzech, 8,8% w Czechach, 8,3% na Litwie, 7,9% we Francji, 7,8% w Austrii, 7,4% w Belgii, 6,6% w Wielkiej Brytanii, 6,5% w Szwajcarii i Finlandii, 6,3% w Holandii, 5,4% w Danii, 5,3% w Szwecji i 4,5% w Niemczech. Liczba osób w 17,4% gospodarstw domowych w Polsce wynosi 5 i więcej, co będzie powodowało duże zużycie gazu na grzanie wody i gotowanie. Takie pięcioosobowe gospodarstwo domowe z mieszkaniem o powierzchni 200 m² będzie zużywało około 5500 m³ gazu na rok. Dane o średniej powierzchni mieszkań różnią się w zależności od lat oddania ich do użytku. Np. dla Polski źródła podają średnią wielkość mieszkania 87,3 m² w 1999 r. podczas gdy średnia powierzchnia oddanych za 11 miesięcy 2005 r. 96336 mieszkań wynosiła 107,5 m². W tej grupie nowych mieszkań następuje w Polsce największy przyrost gospodarstw domowych wyposażonych w kotły gazowe.

Ze stanów liczydeł trzydziestu gazomierzy G4 wyprodukowanych w 2001 r. i zdjętych z eksploatacji w 2005 r. oszacowano roczne zużycie gazu GZ-50 o wielkości od 74, 150, 220, 750, 1000 m³/rok aż do 4900, 5625, 6250 i 6500 m³/rok. Grupa czternastu gazomierzy odmierzyła od 1250 do 2500 m³/rok. Podane w **tabeli 11** wielkości nie są więc zawyżone. Oszacowane maksymalne zużycia gazu ziemnego w gospodarstwach domowych w USA w 1997 r. są bardzo zbliżone do analogicznych wartości w Polsce.

Istotny wpływ na zużycie gazu na ogrzewanie ma izolacja termiczna budynku. Wymagana grubość izolacji termicznej w różnych krajach Europy dla wznoszonych obecnie budynków wynosi od 250 mm w Szwecji, 200 mm w Danii, Norwegii i Finlandii, 150 mm we Francji, 100 mm w Polsce, Niemczech, Wielkiej Brytanii, Irlandii, Holandii, Czechach, Słowacji i Austrii do 50 mm w Belgii, Portugalii, Hiszpanii, Włoszech, Grecji i Turcji.

W grupie krajów o grubości izolacji termicznej 100 mm, zużycie gazu na wszystkie cele w gospodarstwie domowym można szacować mnożąc powierzchnię mieszkania przez 20 m³ gazu na każdy m powierzchni mieszkania oraz mnożąc przez iloraz ważonych stopniocdni dla analizowanego kraju i Polski. Następnie należy dodać wielkość zużycia gazu na gotowanie i podgrzewanie wody na osobę pomnożone przez liczbę osób w gospodarstwie. I tak dla Niemiec otrzymano $97 \times 20 \times 3252 / 3719 + 182 \times 2,2 = 2096$ m³ gazu, dla Ukrainy $50,5 \times 20 \times 3752 / 3719 + 233 \times 3,2 = 1765$ m³ gazu a dla Wielkiej Brytanii $79,8 \times 20 \times 2810 / 3719 + 218 \times 2,4 = 1729$ m³ gazu. Dla Austrii oszacowane zużycie gazu wynosi $96 \times 20 \times 3446 / 3719 + 182 \times 2,4 = 2216$ m³ podczas gdy w latach 1997-2000 to zużycie wynosiło od 2052 do 2247 m³. W **tabeli 12** podano tak oszacowane roczne zużycie gazu w gospodarstwach domowych. W ostatnim wierszu podano statystyczne średnie zużycie gazu ziemnego w gospodarstwach domowych na podstawie różnych źródeł. Różnice w oszacowaniu dla Ukrainy wynikają z faktu, że ogrzewanie mieszkań gazem stosuje się w domach jednorodzinnych, gdzie powierzchnia użytkowa jest większa niż w budynkach wielokondygnacyjnych w miastach.

Szacując maksymalne zużycie gazu ziemnego [4] należy użyć w obliczeniach zamiast średniej liczby osób w gospodarstwach, kwantylu 0,95 rozkładu liczby osób w gospodarstwie. Należy zwiększyć również powierzchnię mieszkania. W USA i w Polsce maksymalne zużycie jest ponad dwukrotnie większe niż średnie zużycie gazu w gospodarstwach domowych.

Podobne będzie na Ukrainie a w pozostałych krajach nieco mniejsze ze względu na mniejsze zużycie na gotowanie i grzanie wody w mniej licznych gospodarstwach domowych.

Tabela 12
Średnie roczne zużycie gazu wysokometanowego w gospodarstwach domowych. * w latach 1996-1999 w gminie Szubin 80% gospodarstw posiadało kocioł gazowy CO

Wielkość	Niemcy	Polska	Ukraina	W. Brytania
Zużycie gazu na gotowanie na osobę (m ³)	45,5	42,5÷49	42,5÷49	51÷61
Zużycie gazu na gotowanie i podgrzewanie wody na osobę (m ³)	182	233	233	218
Średnia liczba osób w gospodarstwie	2,2	3,1	3,2	2,4
Powierzchnia mieszkania	97,0	87,3	50,5	79,8
Liczba stopniodni (°Cdni)	3252	3719	3752	2810
Zużycie gazu na ogrzewanie statystycznego mieszkania 20 m ² gazu/m ² w Polsce, 3719 °Cdni (m ³)	1696	1746	1019	1206
Oszacowane średnie zużycie gazu na gotowanie, podgrzewanie wody i ogrzewanie mieszkań (m ³)	2096	2468	1765	1729
Statystyczne zużycie gazu na gospodarstwo domowe (m ³)	1938÷2087	2167÷2788 (Szubin)*	2561	1676

7. TRENDY ZMIAN ZUŻYCIA GAZU W GOSPODARSTWACH DOMOWYCH

W 1980 r. w Holandii średnie roczne zużycie gazu w gospodarstwach wynosiło 3145 m³/rok (rys. 4). W 1980 r. rząd holenderski przyjął narodowy program poprawy izolacji budynków w wyniku czego od 1980 r. aż do 1989 r. następował spadek zużycia energii do celów bytowych w gospodarstwach domowych. W 1998 roku średnie roczne zużycie gazu spadło do wartości 1910 m³/rok, by w 2000 r. wzrosnąć do 1965 m³/rok [2]. Między 1980 i 1985 r. ceny netto gazu ziemnego wzrosły w Holandii z 13,85 eurocentów do 25,23 eurocentów za 1 m³, co wymusiło racjonalizację zużycia gazu i poprawę izolacji budynków. W tych latach spadek zużycia gazu był największy. Dodatkowymi czynnikami spadku zużycia gazu były: wzrost wartości opałowej gazu oraz sprawności podgrzewaczy wody i kotłów, które trudno oszacować.

Średnie gospodarstwo domowe w USA zużywało w 2004 r. o 38% mniej gazu ziemnego niż przed 24 lata (rys. 5). Średnie ogólnokrajowe zużycie gazu ziemnego w gospodarstwach domowych wynosiło 3058 m³ w 1980 r., 2477 m³ w 1990 r., 2387 m³ w 2000 r., 2324 m³ w 2003 r. i 2214 m³ w 2004 r. Ten trend zużycia gazu ziemnego występuje w wielu stanach USA. Tylko zużycie gazu w bardzo zurbanizowanych stanach takich jak Nowy Jork i New Jersey nie maleje. W stanie Nowy Jork 37% budynków zbudowano przed 1940 r. podczas gdy na Florydzie jedynie 5%, w Kalifornii 10% a w Teksasie 8%.

Wzrost cen gazu ziemnego jest podstawowym czynnikiem ekonomicznym skłaniającym gospodarstwa domowe do zmniejszenia zużycia energii. Poprawa izolacji ścian budynku i dachu powoduje zmniejszenie strat ciepła i istotny spadek zużycia gazu na ogrzewanie mieszkania. Drugim czynnikiem zmniejszającym zużycie gazu na ogrzewanie mieszkania jest zmniejszenie strat ciepła na wentylacji. Jednym z zanieczyszczeń powietrza w mieszkaniach, wymagającym odpowiedniej ilości powietrza do jego odprowadzenia, jest para wodna. Źródłem pary wodnej w mieszkaniu są: ludzie (40-80 g/h), spalany gaz w kuchniach gazowych, podgrzewaczach wody (1,6 kg/m³ gazu), gotowanie potraw, mycie naczyń, kąpiel (100-600 g/h), suszenie bielizny w mieszkaniu (1000-2000 g/kg), kwiaty 500-1000 g/doba. Dlatego wymagana jest pewna ilość powietrza potrzebna do odprowadzenia zysków wilgoci z

mieszkania. Aby zminimalizować ilość powietrza niezbędnego do odprowadzenia wilgoci, należy zmniejszyć zyski wilgoci. Można to osiągnąć przez: gotowanie pod przykryciem lub w naczyniach typu ZEPTEK, racjonalne korzystanie z palników kuchni gazowej, wymiana kuchni gazowej na elektryczną zmywanie naczyń w zmywarce, suszenie bielizny na zewnątrz mieszkania lub w mieszkaniu po odwirowaniu na bardzo wysokich obrotach (1000 obr./min), stosowanie okapu nad kuchnią gazową z odprowadzeniem do kanału wentylacyjnego, zastosowanie boileru elektrycznego zamiast gazowego podgrzewacza wody, lokalizowanie kratki wentylacyjnych grawitacyjnych bezpośrednio nad źródłem wilgoci. W efekcie można wymienić tradycyjne okna na okna o dużej szczelności i doprowadzać do mieszkania powietrze w ilości uznawanych za minimalne przez obowiązujące przepisy.



Rys. 4. Średnie roczne zużycie gazu ziemnego w gospodarstwach domowych w Holandii w latach 1980-2003 oraz cena brutto gazu w cenach porównywalnych z 1990 r. [2]



Rys. 5. Średnioroczne zużycie gazu ziemnego w gospodarstwie domowym oraz średnie ceny gazu ziemnego w USA w latach od 1967 do 2004

Wszystkie te przedsięwzięcia modernizujące gospodarstwa domowe zmniejszają zużycie gazu bezpośrednio (likwidacja gazowego podgrzewacza wody i kuchni gazowej) lub pośrednio ograniczając straty ciepła do otoczenia. Te zmiany mogą zwiększyć zapotrzebowanie na energię cieplną lub elektryczną. Mniejsza część spadku zużycia gazu będzie dotyczyła zużycia stałego związanego z modernizacją gazowych podgrzewaczy wody i kuchni gazowych.

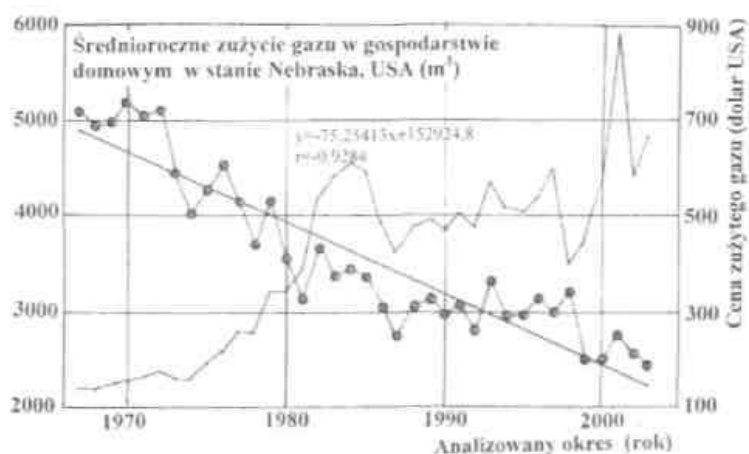
W stanie Nebraska w 2003 r. średnie roczne zużycie gazu zmalało o 4% do 2435 m³/rok; a średni roczny koszt zakupu gazu ziemnego wzrósł o 21% do 673 dolarów w porównaniu do poprzedniego roku. Wysokość rachunku dla średniego gospodarstwa domowego była rekordowa w 2001 r. i wynosiła 854 dolarów USA i była najwyższa od 35 lat (**rys. 6**). Każdy skokowy wzrost cen gazu powodował spadek zużycia gazu w gospodarstwach domowych. Pomimo spadku cen gazu w następnych latach nie następował powrót do poprzedniego większego zużycia gazu w gospodarstwach.

Na **rys. 7** przedstawiono średnie roczne zużycie gazu ziemnego w gospodarstwach domowych w stanach Michigan i Illinois w latach 1967-2004. Oba stany oraz Nebraska mają zbliżoną liczbę stopniogrzań do Polski, Ukrainy, Danii, Czech, Słowacji i Austrii. Zużycie gazu ziemnego w stanie Michigan spadło z około 5000 m³/rok w 1970 r. do około 3200 m³/rok w 2004 r. Podobny spadek zużycia wystąpił w stanie Illinois. Analogiczny spadek zużycia gazu w gospodarstwach wystąpił w stanie Wisconsin, Teksas oraz Kalifornii. W Kalifornii zużycie gazu spadło z około 3200 m³/rok w 1972 r. do 1500 m³/rok w 2004 r. W stanie Nowy Jork zużycie gazu w gospodarstwach domowych jest prawie stałe.

W Nebrasce w 1970 roku liczba stopniogrzań wynosiła 3608°Cdni przy średnim rocznym zużyciu gazu przez gospodarstwa domowe wynoszącym 5181 m³/rok co odpowiadało zużyciu około 1,436 m³/°Cdzień rok. W 2003 roku liczba stopniogrzań wynosiła 3487°Cdni przy średnim rocznym zużyciu gazu wynoszącym 2435 m³/rok co odpowiada zużyciu około 0,698 m³/°Cdzień rok (**rys. 8**). Dla całego USA średnie roczne zużycie gazu w gospodarstwie domowym na jeden stopniogrzań Celsjusza wynosiło: 0,961 w 1996 r., 0,928 w 1999 r., 0,915 w 2000 r., 0,915 w 2001 r., 0,954 w 2002 r., 0,938 w 2003 r. i 0,929 w 2004 r.

Dla obszaru dostarczania gazu ziemnego przez Pied-mont Natural Gas Company Inc. and Subsidiaries w Północnej Karolinie [4,5] zużycie gazu w gospodarstwach domowych wynosiło: 1,128 m³/°Cdzień rok) w 2000 r., 1,035 m³/°Cdzień rok) w 2001 r., 1,069 m³/°Cdzień rok) w 2002 r., 1,093 m³/°Cdzień rok) w 2003 r., 1,054 m³/°Cdzień rok) w 2004 r.

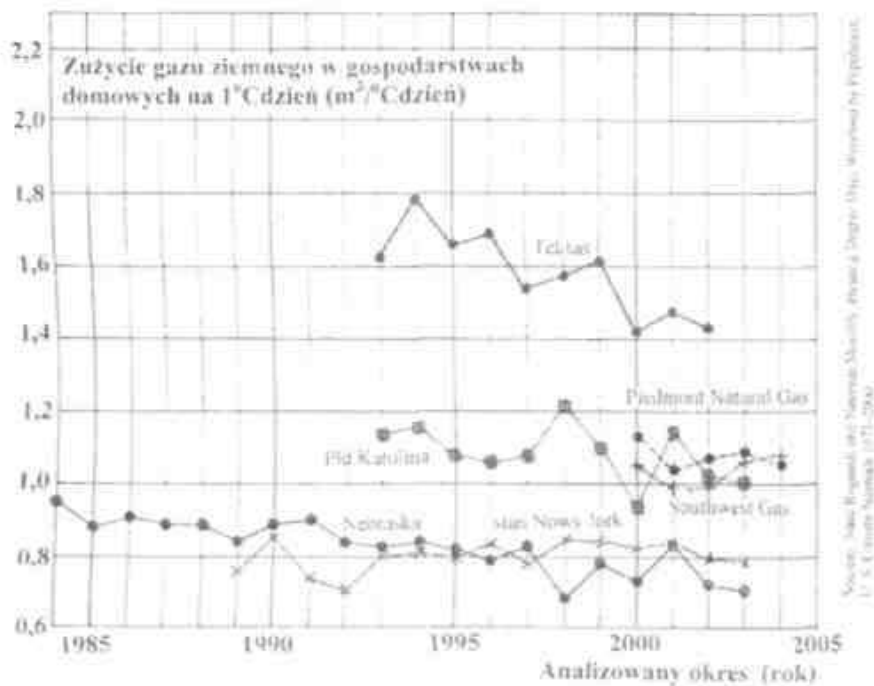
Dla obszaru obsługiwanego przez Southwest Gas Company w Kalifornii [4,5] zużycie gazu w gospodarstwach wynosiło: 1,098 m³/°Cdzień rok) w 2000 r., 1,069 m³/°Cdzień rok) w 2001 r., 1,053 m³/°Cdzień rok) w 2002 r., 1,088 m³/°Cdzień rok) w 2003 r., 1,054 m³/°Cdzień rok) w 2004 r.



Rys. 6. Prosta regresji $y(x)$ – równanie regresji, r - współczynnik korelacji) średniego rocznego zużycia gazu ziemnego w gospodarstwach domowych w stanie Nebraska oraz cena za zużyty gaz w analizowanym roku w dolarach dla okresu od 1967 do 2003 r.



Rys. 7. Średnie roczne zużycie gazu ziemnego w gospodarstwach domowych w stanie Michigan i Illinois, USA w latach 1967 do 2004 r.

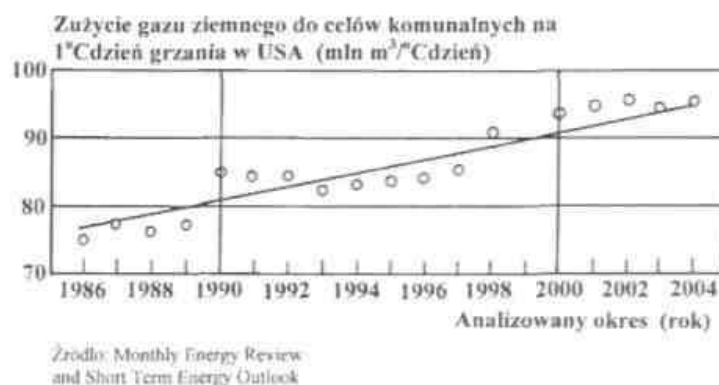


Rys. 8. Zużycie gazu ziemnego w gospodarstwach domowych na jeden stopniociepota grzania w wybranych stanach USA i na obszarze obsługiwanym przez Piedmont Natural Gas Company Inc. And Subsidiaries, Płn. Karolina i Southwest Gas Company, Kalifornia

Średnie zużycie gazu w gospodarstwach domowych w Kanadzie wynosiło: na obszarze dostarczania przez Terasen Gas Distribution w Kolumbii Brytyjskiej 3230 m³ w 1990 r. i 2799 m³ w 2003 r. Dla liczby Sd(t_b=18,3°C)=3035°Cdni dla tej prowincji odpowiada to zużyciu 0,922 m³/°Cdzień rok w 2003 r. Dla obszaru obsługiwanego przez ATCO Gas w Albercie średnie zużycie gazu wynosiło 3633 m³, co dla liczby Sd(t_b=18,3°C)=5536°Cdni dla Alberty odpowiada zużyciu 0,656 m³/°Cdzień rok.

W USA wyznacza się zużycie gazu ziemnego oraz innych paliw na jeden stopniociepota grzania oraz wyznacza trend jego zmian (**rys. 9**). Z tych danych prognozuje się przyszłe zużycie gazu w zależności od prognozowanego przebiegu pogody.

Dla Austrii liczba stopniociepota Celsjusza wynosiła 4180 w 1996 r. i 3780 w 1997 r. Dla tych lat zużycie gazu ziemnego przez gospodarstwa domowe wynosiło odpowiednio 2,7608 mld m³ w 1996 r. i 2,5984 mld m³ w 1997 r. i odpowiadało to zużyciu od 0,66 do 0,687 mln m³/°Cdni rok. Średnia wieloletnia dla Austrii wynosi 4068°Cdni.



Rys. 9. Zużycie gazu ziemnego do celów komunalnych (gospodarstwa domowe plus odbiorcy komercyjni) na jeden stopniocdzień grzania w USA

8. WNIOSKI

Średnie roczne zużycie gazu na osobę na podgrzewanie wody i przygotowanie posiłków wynosiło około: 300 m³ w USA, 290 m³ w Kanadzie, 285 m³ w Polsce i na Ukrainie, 280 m³ w Wielkiej Brytani i 230 m³ w Niemczech [5]. To zużycie gazu jest więc bardzo zbliżone. Różne roczne zużycia gazu na ogrzewanie mieszkania uzależnione są od liczby stopniocdnia grzania w danym kraju. Średnie zużycie gazu ziemnego na ogrzanie 1 m² powierzchni mieszkania w USA wynosiło około 11 m³/rok w 2004 r., podczas gdy w Polsce zakłada się obecnie zużycie około 20 m³/rok. Istnieje więc dalsza możliwość spadku zużycia gazu w Polsce w części przeznaczanej na ogrzewanie pomieszczeń. Maksymalne zużycia gazu ziemnego w USA i w Polsce są zbliżone. Należy oczekiwać, że podobne trendy spadku zużycia gazu w gospodarstwach domowych jakie miały miejsce w USA wystąpią również w Polsce.

Średnia cena gazu w USA dla gospodarstw domowych w kwietniu 2006 r. wynosiła 0,469 dolarów/m (1,48 zł/m³). Ceny gazu ziemnego w USA w 2005 r. były bardzo zróżnicowane i wynosiły 0,367 dolarów/m³ (1,16 zł/m³) w stanie Michigan, 0,381 dolarów/m³ (1,20 zł/m³) w stanie Nebraska, 0,522 dolarów/m³ (1,65 zł/m³) w stanie Nowy Jork do 0,739 dolarów/m³ (2,33 zł/m³) na Florydzie. Średnia cena gazu ziemnego w USA wynosiła 0,452 dolarów/m (1,42 zł/m³). W taryfie W-3 Mazowieckiej Spółki Gazownictwa z września 2006 r. ceny zmienne wynoszą 0,72 zł/m³ za gaz i 0,3495 zł/m³ za przesył gazu. Z VAT-em otrzymuje się cenę 1,304 zł/m³ plus opłaty stałe 24,20 zł/miesiąc plus VAT. Opłaty stałe powodują wzrost ceny o 0,142 zł/m³ przy zużyciu gazu 2500 m³/rok. Cena za gaz ziemny w taryfie W-3 wynosi więc 1,446 zł/m³ i jest zbliżona do ceny gazu w USA w kwietniu 2006 r. Cena za gaz w Polsce jest wyższa niż w wielu stanach USA w 2005 r. Porównanie cen netto gazu ziemnego w krajach Unii Europejskiej wskazuje, że ceny netto w Polsce, w Wielkiej Brytanii, Czechach i Słowacji są zbliżone. Wzrost cen gazu w Polsce przyspieszy spadek jego zużycia na ogrzewanie, analogicznie jak miało to miejsce w USA i w krajach europejskich.

Liczba stopniocdnia grzania jest dobrym narzędziem do przewidywania popytu na dowolne paliwo przeznaczone na ogrzewanie pomieszczeń. Powinna być wyznaczana corocznie dla obszaru obsługiwanego przez polskich dostawców energii cieplnej i gazu ziemnego i porównywana z zużyciem energii. Znajomość zużycia energii (gazu) na stopniocdnia grzania pozwala obiektywnie badać trendy zmian zużycia energii spowodowanych termomodernizacjami budynków oraz poprawą sprawności kotłów i podgrzewaczy wody.

LITERATURA

- [1] Crawley Drury B.: Development of Degree Day and Degree Hour Data for International Locations. December 1994. D.B. Crawley Consulting, Washington D.C.
- [2] Berkhout, dis. P.H.G, ms. drs. MS. A. Ferrer-i-Carbonell en drs. A.C. Muskens: Het effect van de REB ophuishoudelijk energiegebruik, een econometrische analyse, eindrapport, SEO, Amsterdam, 2001.
- [3] Baumert K., Selman M.: Heating and Cooling Degree Days, World Resources Institut, 2003.
- [4] Dopke L: Prognozowanie zużycia gazu ziemnego w gospodarstwach domowych na podstawie liczby stopniodni grzania. Materiały konferencji „Rynek Gazu 2006”, Kazimierz Dolny n. Wisłą, 2006.
- [5] Dopke J.: Zużycie gazu ziemnego w gospodarstwach domowych i trendy jego zmian. Nowoczesne Gazownictwo nr 1 (XI) 2006.
- [6] Energy Information Administration, Office of Markets and End Use, Forms EIA-457 A-G of the 1997 Residential Energy Consumption Survey
- [7] Gorczyca M.: Wydatki na ciepło polskich gospodarstw domowych. Rynek Energii 2004, nr 5.
- [8] Houck J. E.: Reduction in Residential Natural Gas Consumption in California through the Use of Natural Gas Room Heaters and Wood Stoves. OMNI Cosulting Services, Inc.5465 SW Western Ave., Beaverton, Oregon 97005. 18 lipca 2001 r.
- [9] McKay G.A., Allsoppt: Lhe role of climate in effecting energy demand/supply w Bach W., Pankrath L, Williams L: Interactions of Energy and Climate. pp 53-72. D. Reidel Publishing Company, Dordrecht, Holland.
- [10] Nowakowski E.: Objętość zbiorników na paliwa płynne. Rynek Instalacyjny 2005 nr 4.
- [11] PN-B-02025:2001 Obliczanie sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynków mieszkalnych i zamieszkania zbiorowego.
-

ESTIMATING THE NATURAL GAS USE IN HOUSEHOLDS BASED ON HEATING DEGREE DAYS

Key words: heating degree days, natural gas, natural gas use in households, reduction in residential natural gas consumption, annual average natural gas consumption per household.

Summary. The heating degree days (HDDs) are used to estimate the amount of energy required for residential space heating during the cool season. HDDs are calculated by using daily maximum and minimum air temperature and then compared with an experimentally determined base air temperature equal 18,3oC (65oF). The normal base temperature for published regional heating degree days is: 14oC in the Greece, 15,5oC in the UK, 17oC in the Sweden and 20oC in the Italy and Switzerland. The base temperature are generally higher in the South, reflecting both somewhat higher thermostat settings and lower insulation levels of the building stock. Degree days calculations can also be made for regions. In the United States, for example, the National Climatic Data Center calculates heating degree days for each state and geographic region as well as a U. S. National average. HDDs are calculated using population census as the weighted average. This paper gives HDDs to base temperatures of 12oC, 17oC, 18oC and 19oC for different locations in Europe and to base temperature of 18oC for countries of Europe. Natural gas in households uses for space heating, followed for water heating, cooking and clothes drying. Author discusses relationships between annual per-household consumption of natural gas for each state of United States from 2002, 2003, 2004 and heating degree days weighted by population. The paper presents an annual per-household consumption of natural gas for space heating and for water heating and cooking in U. S. States. This paper shows annual natural gas consumption per American households by type of housing unit, census region, year constructed of housing unit, household income and average household size. Figures illustrate the historical residential natural gas consumption trends for Netherlands, Nebraska, Illinois, Michigan, Wisconsin, New York, Texas, California and United States. The graphical presentation of buildings sector natural gas consumption per heating degree day for U. S. 1986-2004. HDDs can be a useful tool to engineers, in estimating the domestic heating natural gas consumption, as well as in applied climate studies and urban air pollution, offering relevant information and support.

Józef Dopke, mgr inż., Kierownik Laboratorium Zakładowego, APATOR METRIX S. A., 83-110 Tczew, ul. Piaskowa 3, e-mail: jozef.dopke@metrix.pl