

# Zużycie gazu ziemnego w gospodarstwach domowych skorygowane o wpływ klimatu

## Józef Dopke

### Wstęp

Rynek energii zależy mocno od przebiegu pogody w sezonie grzewczym. Analiza korelacji zużycia energii elektrycznej, oleju opałowego lub gazu ziemnego względem liczby stopniodni grzania daje odpowiedź czy prognozowanie zużycia tych paliw z liczby stopniodni grzania będzie skuteczne. Długoterminowe prognozowanie popytu na gaz obejmuje prognozowanie roczne w okresie od 5 do 10 lat naprzód. Służy do zrozumienia trendów zużycia gazu przez różne grupy konsumentów, planowania długoterminowych zakupów gazu i ich optymalizacji, prognozowania szczytowego obciążenia i przesyłu. Zagadnienia przedstawione w artykule dotyczą długoterminowego prognozowania popytu. Dalej przedstawiona będzie analiza trendów zużycia gazu ziemnego przez odbiorców domowych i komercyjnych wybranych stanów USA (Wisconsin 4328°Cdni, Iowa 3921°Cdni, Michigan 3861°Cdni, Illinois 3531°Cdni, Indiany 3274,4°Cdni) o liczbie stopniodni grzania ważonej zaludnieniem zbliżonej do terytorium Białorusi (4299°Cdni), Łotwy (4237°Cdni), Litwy (4218°Cdni), Ukrainy (3752°Cdni), Polski (3719°Cdni) i Niemiec (3252°Cdni). W 2005 r. sprzedaż gazu ziemnego dla odbiorców domowych wynosiła: 11,3 mld m<sup>3</sup> w Illinois, 10,2 mld m<sup>3</sup> w Michigan, 4,2 mld m<sup>3</sup> w Indiana, 3,7 mld m<sup>3</sup> w Wisconsin i 1,9 mld m<sup>3</sup> w Iowa.

### Prognozowanie zużycia gazu ziemnego

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

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

gdzie: E - zużycie gazu ziemnego, a, b - parametry, Sd(t<sub>b</sub>) - liczba stopniodni grzania zależna od t<sub>b</sub>, t<sub>b</sub> - 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 na jeden stopniodzień grzania. Zużycie gazu ziemnego 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 gospodarstwa domowe obok kotła gazowego, kominka opalanego drewnem lub posiadaniem kotła opalanego gazem lub olejem opałowym zależnie od cen tych paliw (w stanach północno-wschodnich USA). Również odbiorcy komercyjni i przemysłowi stosują kotły na gaz ziemny i olej opałowy.

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. Taki zabieg automatycznie generuje optymalną temperaturę bazową, pod warunkiem że rzeczywista temperatura bazowa znajduje się między przyjętymi temperaturami bazowymi modelu [1].

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

W USA jako temperatury bazowe przyjmuje się t<sub>b</sub>'=65°F (=18,3°C) oraz t<sub>b</sub>''=55°F (=12,8°C). Budynki tracą więcej ciepła w dni wietrzne przy tej samej temperaturze zewnętrz-

nej powietrza. Dobrą metodą na poprawienie dokładności modelu jest używanie liczby stopniodni grzania skorygowanych o wpływ wiatru [1].

### Korelacja sprzedaży gazu względem stopniodni grzania

Stan Iowa, ze średnią wieloletnią (1971-2000) liczbą stopniodni grzania ważoną zaludnieniem 3921,1°Cdni [2], jest najbardziej klimatycznie zbliżony do Polski (3719°Cdni) i Ukrainy (3752°Cdni). Z polskich [3] miast średnią wieloletnią  $Sd(18,3^{\circ}\text{C})$  równą 4007°Cdni mają Kielce i Zamość, 3971°Cdni Olsztyn, Lublin i Siedlce oraz 3863°Cdni Rzeszów i Kraków.

Na rys. 1 przedstawiono prostą regresji miesięcznej sprzedaży gazu ziemnego dla odbiorców: domowych, komercyjnych, komunalnych, przemysłowych [4] i sumaryczną w stanie Iowa względem miesięcznej liczby stopniodni grzania w okresie 01.1993-03.2007 r. Sprzedaż dla odbiorców komunalnych jest sumą sprzedaży dla odbiorców domowych i komercyjnych (sklepy, urzędy, szkoły, szpitale, budynki użyteczności publicznej). W okresie od stycznia 1993 r. do marca 2007 r. miesięczna sprzedaż dla odbiorców domowych stanu Iowa jest silnie skorelowana liniowo z liczbą stopniodni grzania ze współczynnikiem korelacji  $R=0,982$  (tabela 1) a równanie (1) ma postać:

$$E[Sd(18,3^{\circ}\text{C})]=28,275 \text{ mln m}^3/\text{miesiąc} + 0,4704 \text{ mln m}^3/({}^{\circ}\text{Cdzień miesiąc})Sd(18,3^{\circ}\text{C}) + e$$

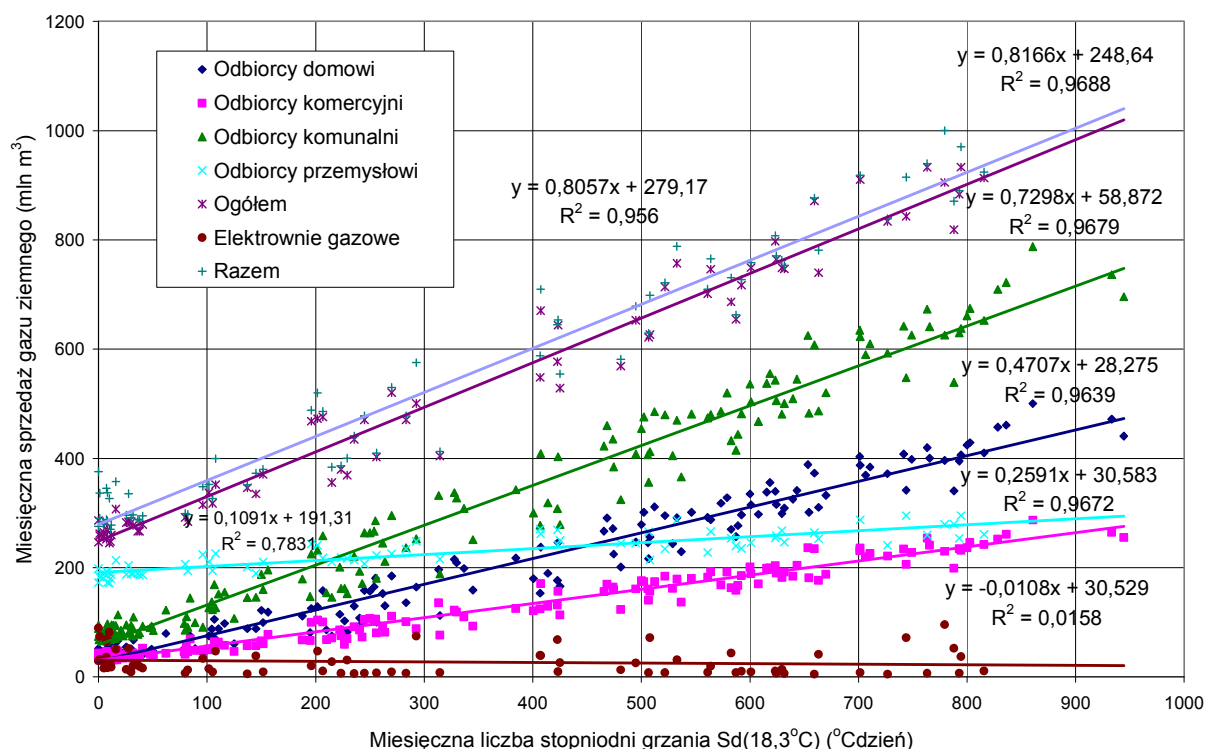
gdzie:  $Sd(18,3^{\circ}\text{C})$  – miesięczna liczba stopniodni grzania dla  $t_b=18,3^{\circ}\text{C}$  [5, 6].

Dla odbiorców komunalnych oszacowane wartości estymatorów parametrów prostej regresji wynoszą  $a=58,872 \text{ mln m}^3/\text{miesiąc}$  i  $b= 0,7298 \text{ mln m}^3/({}^{\circ}\text{Cdzień miesiąc})$  a współczynnik korelacji  $R=0,984$ . Również sprzedaż gazu dla odbiorców przemysłowych jest silnie skorelowana z  $Sd(18,3^{\circ}\text{C})$ . Wartości estymatorów wynoszą  $a=191,31 \text{ mln m}^3/\text{miesiąc}$  i  $b= 0,1091 \text{ mln m}^3/({}^{\circ}\text{Cdzień miesiąc})$  a współczynnik korelacji  $R=0,885$ . Świadczy to, że część, chociaż mała, zużycia gazu w przemyśle przeznaczona jest na ogrzewanie.

Miesięczna sprzedaż gazu ziemnego dla elektrowni gazowych ma ujemny współczynnik  $b= -0,0108 \text{ mln m}^3/({}^{\circ}\text{Cdzień miesiąc})$ . Im niższa temperatura a wyższa liczba stopniodni grzania tym zużycie gazu przez elektrownie gazowe jest mniejsze. Elektrownie te wytwarzają prąd elektryczny w szczycie letniego zapotrzebowania prądu na klimatyzację pomieszczeń w czasie letnich upałów. Maksymalna sprzedaż gazu dla elektrowni gazowych występuje w miesiącach letnich. W tym przypadku do wzoru (1) lub (2) należy wprowadzić dodatkowy czynnik związany z liczbą stopniodni chłodzenia  $SdCH((t_b'))$  dla temperatury bazowej  $t_b'=65^{\circ}\text{F}$  ( $=18,3^{\circ}\text{C}$ ).

*Tabela 1. Wartości estymatorów parametrów prostej regresji miesięcznej sprzedaży gazu ziemnego dla odbiorców: domowych, komercyjnych, komunalnych, przemysłowych (01.2001-02.2007), ogółem, elektrowni gazowych (01.2001-02.2007) oraz razem (suma) względem miesięcznej liczby stopniodni grzania  $Sd(18,3^{\circ}\text{C})$  w stanie Iowa w okresie 01.1993-03.2007 r.*

Odbiorcy	R	a	b
---	---	mln m <sup>3</sup> /miesiąc	mln m <sup>3</sup> /({}^{\circ}\text{Cdzień miesiąc})
Domowi	0,982	28,275	0,4707
Komercyjni	0,984	30,583	0,2591
Komunalni	0,984	58,872	0,7298
Przemysłowi	0,885	191,310	0,1091
Ogółem	0,984	248,64	0,8166
Elektrownie gazowe	-0,126	30,529	-0,0108
Razem	0,978	279,170	0,8057



Rys. 1. Proste regresji miesięcznej sprzedaży gazu ziemnego dla odbiorców: domowych, komercyjnych, komunalnych, przemysłowych (01.2001-02.2007), ogólna, dla elektrowni gazowych (01.2001-02.2007) oraz sumaryczna sprzedaż (razem) [4] względem miesięcznej liczby stopniodni grzania  $Sd(18,3^{\circ}C)$  [2] dla stanu Iowa, USA w okresie od 01.1993 r. do 03.2007 r.

W dłuższym przedziale czasu współczynnik korelacji miesięcznej sprzedaży gazu ziemnego dla odbiorców komunalnych względem  $Sd(18,3^{\circ}C)$  wynosi: 0,984 w Iowa (01.1993-03.2007 r.), 0,976 w Michigan (01.1993-12.2006 r.), 0,991 w Wisconsin (01.1993-12.2006 r.) i 0,994 w Illinois (01.1995-8.2006 r.). Korelacja jest silna dla okresów wieloletnich, pomimo znacznych wzrostów cen gazu dla wszystkich typów odbiorców w analizowanym czasie.

W krótszym okresie czasu od stycznia 2001 r. do grudnia 2005 r. miesięczna sprzedaż gazu ziemnego dla poszczególnych odbiorców w stanie Iowa jest również silnie skorelowana liniowo z  $Sd(18,3^{\circ}C)$  (tabela 2). W innych stanach współczynnik korelacji miesięcznej sprzedaży gazu dla odbiorców komunalnych [7] względem  $Sd(18,3^{\circ}C)$  wynosi: 0,924 w Iowa (01.2001-12.2005 r.), 0,974 w Michigan (01.2002-12.2005 r.) i 0,992 w Illinois (01.2001-08.2006 r.)

Tabela 2. Wartości estymatorów parametrów prostej regresji (1) miesięcznej sprzedaży gazu ziemnego dla odbiorców: domowych, komercyjnych, komunalnych, przemysłowych i sumaryczna (ogółem) względem miesięcznej liczby stopniodni grzania  $Sd(18,3^{\circ}C)$  w stanie Iowa w okresie 01.2001-12.2005 r.

Odbiorcy	R	a	b
---	----	mln m <sup>3</sup> /miesiąc	mln m <sup>3</sup> /( <sup>o</sup> Cdzień miesiąc)
Domowi	0,920	35,007 5	0,424 9
Komercyjni	0,928	35,745 5	0,238 2
Komunalni	0,924	70,770 7	0,663 0
Przemysłowi	0,864	189,536 9	0,102 3
Ogółem	0,930	260,383 0	0,764 8

Popyt na gaz ziemny w USA jest sztywny. Duże zmiany cen powodują małe zmiany popytu co jest związane z brakiem alternatywnego tańszego paliwa. Gaz ziemny był najtańszym paliwem stosowanym do ogrzewania mieszkań w latach 1980-2000 [8]. Cena oleju opałowego jest zbliżona do ceny gazu ziemnego, ponieważ wielu odbiorców domowych, komercyjnych i przemysłowych ma kotły opalane zarówno gazem ziemnym jak i olejem opałowym. Cena energii elektrycznej była w 2001 r. w USA trzykrotnie wyższa niż gazu ziemnego.

Również sprzedaż dla odbiorców przemysłowych jest w niewielkim stopniu zależna od stopniodni grzania. Jednak sprzedaż gazu dla odbiorców przemysłowych można planować, ponieważ mają oni bardzo duże stałe zużycie i niewielkie zużycie zmienne a liczba odbiorców przemysłowych nie jest duża.

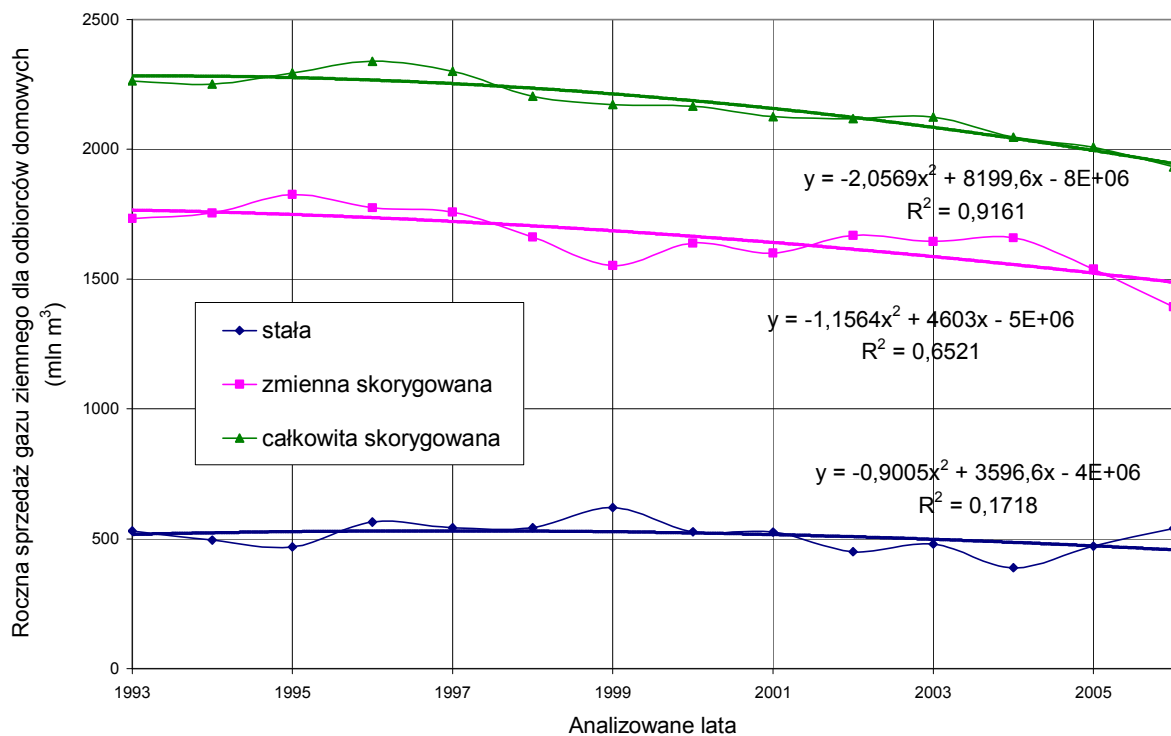
### Roczna sprzedaż gazu skorygowana o wpływ klimatu

Odbiorcy komunalni ze względu na ich dużą liczbę powinni być poddani badaniom trendów zużycia gazu. Aby sprzedaż gazu oczyścić z wpływu klimatu w sezonie grzewczym wydziela się z wolumenu sprzedaży gazu ziemnego część stałą oraz część zmienną zależną od liczby stopniodni grzania. Zmienną sprzedaż gazu dzieli się przez liczbę stopniodni grzania stwierdzoną w analizowanych roku a następnie mnoży się przez średnią wieloletnią liczbę stopniodni grzania ważoną zaludnieniem obszaru dostarczania gazu (tabela 3), aby po ponownym zsumowaniu ze sprzedażą stałą otrzymać całkowitą sprzedaż gazu oczyszczoną z wpływu pogody (rys. 2, 3). Tak skorygowana sprzedaż gazu może służyć do analizy zmian popytu niezależnych od pogody.

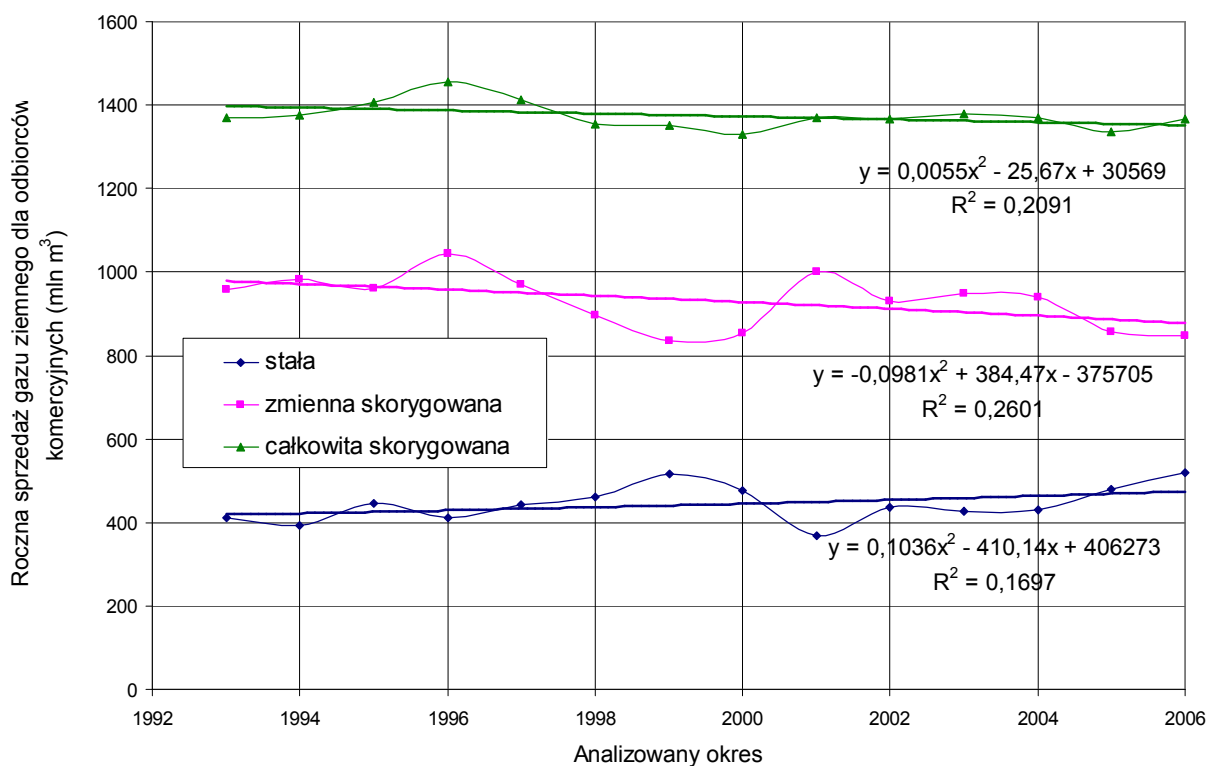
*Tabela 3. Średnia wieloletnia (1971-2000) ważona zaludnieniem liczba stopniodni grzania  $S_d(18,3^{\circ}C)$  dla wybranych stanów USA [2] oraz liczba zgazyfikowanych gospodarstw domowych w 2004 r.*

Stan	$S_d(18,3^{\circ}C)$		Liczba gospodarstw domowych odbierających gaz ziemny
	Wartość średnia	Odchylenie standardowe	
---	$^{\circ}Cdni$	$^{\circ}Cdni$	sztuk
Wisconsin	4328,3	282,2	1 569 719
New Jersey	4191,3	189,4	2 582 714
Iowa	3921,1	275,6	839 415
Michigan	3861,1	240,0	3 161 370
Illinois	3530,6	251,7	3 754 132
Nowy Jork	3397,8	201,1	4 199 302
Ohio	3317,2	236,7	3 250 068
Pensylwania	3285,0	197,8	2 591 458
Indiana	3274,4	229,4	1 588 738

Z trendu zmian rocznej sprzedaży gazu ziemnego dla odbiorców domowych w stanie Iowa skorygowanej do średniej wieloletniej liczby stopniodni grzania można prognozować roczny spadek sprzedaży o 50,626 mln m<sup>3</sup> w ostatnim roku. W przypadku odbiorców komercyjnych obserwuje się również spadek sprzedaży gazu (rys. 3), pomimo wzrostu stałej sprzedaży.



Rys. 2. Krzywe regresji rocznej sprzedaży gazu ziemnego dla odbiorców domowych [4] ze zmienną i całkowitą sprzedażą skorygowaną do średniej wieloletniej (1971-2000) liczby stopniodni grzania  $S_d(18,3^{\circ}\text{C})=3921,1^{\circ}\text{Cdni}$  [2] dla stanu Iowa w latach 1993-2006.

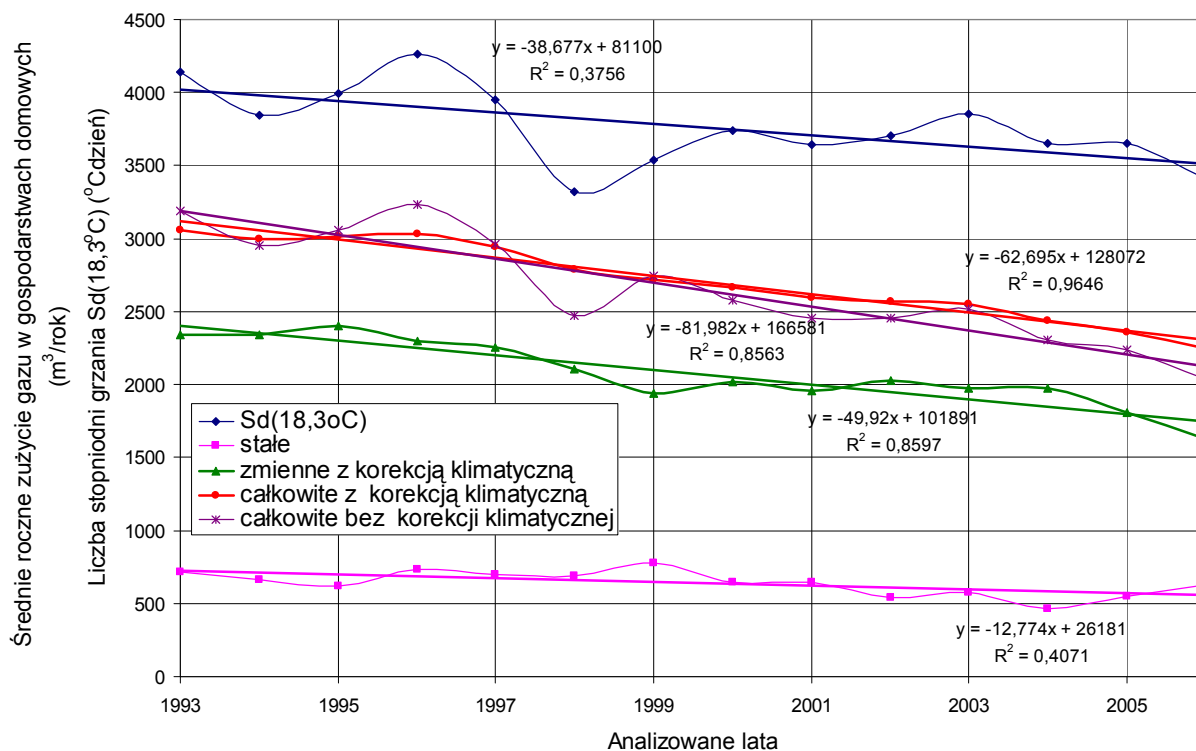


Rys. 3. Roczna sprzedaż gazu ziemnego dla odbiorców komercyjnych [4] ze zmienną sprzedażą skorygowaną do średniej wieloletniej (1971-2000) liczby stopniodni grzania  $S_d(18,3^{\circ}\text{C})=3921,1^{\circ}\text{Cdni}$  [2] dla stanu Iowa w latach 1993-2006.

## Średnie zużycie gazu w gospodarstwach domowych skorygowane o wpływ klimatu

Średnie roczne stałe zużycie gazu na przygotowanie posiłków i podgrzewanie wody zależy od liczby osób w gospodarstwie domowym i posiadanych urządzeń gazowych. Zmienne zużycie gazu na ogrzewanie zależy od: liczby stopniodni grzania, wielkości zajmowanego mieszkania przez gospodarstwo, stopnia izolacji termicznej budynku i jego wieku, 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 i ceny.

W wielu stanach USA średnie roczne zużycie gazu w gospodarstwach domowych maleje w latach 1993-2005 szybciej niż liczba stopniodni grzania w skutek ocieplenie klimatu. Prosta regresji rocznego całkowitego zużycia gazu ziemnego w gospodarstwach domowych stanu Iowa (rys. 4) ma postać  $y = -81,982x + 166581$ , gdzie  $x$  – rok od 1993 do 2006 r. Po skorygowaniu zmiennego zużycia do średniej wieloletniej (1971-2000 r.) liczby stopniodni grzania  $S_d(18,3^{\circ}\text{C})=3921,1^{\circ}\text{Cdni}$ , prosta regresji całkowitego zużycia gazu ma postać  $y = -62,695x + 128072$ , gdzie  $x$  – rok od 1993 do 2006 r. Całkowite zużycie gazu bez korekcji klimatycznej waha się tak jak waha się bieżąca liczba stopniodni grzania (rys. 4). Po korekcji klimatycznej wahania całkowitego zużycia gazu w gospodarstwach domowych praktycznie nie występują.

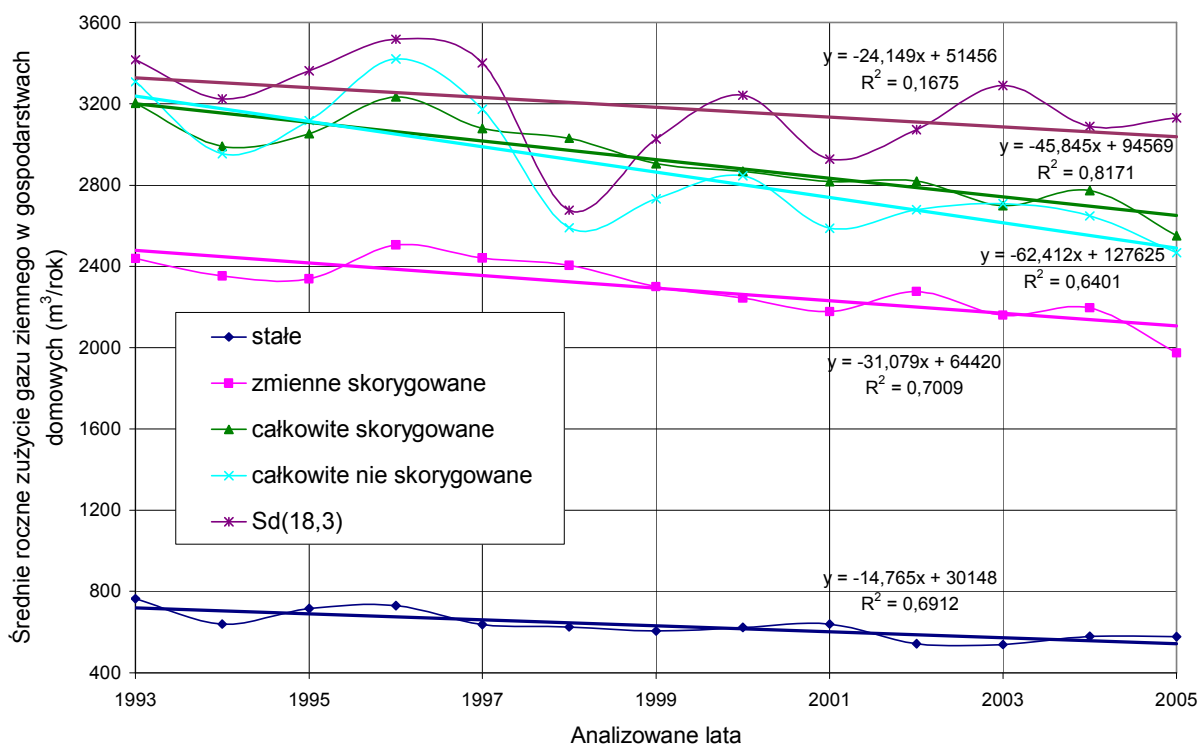


Rys. 4. Proste regresji średniego rocznego zużycia gazu ziemnego w gospodarstwach domowych [4] ze zmiennym i całkowitym zużyciem skorygowanym do średniej wieloletniej (1971-2000) liczby stopniodni grzania  $S_d(18,3^{\circ}\text{C})=3921,1^{\circ}\text{Cdni}$  [2] oraz  $S_d(18,3^{\circ}\text{C})$  dla stanu Iowa w latach 1993-2006.

W Iowa co roku następuje spadek średniego rocznego zużycia gazu ziemnego w gospodarstwach domowych o 81,982 m³/rok, z tego o 19,287 m³/rok (23,5%) z powodu ocieplenia klimatu.. Spadek zużycia nie spowodowany ociepleniem klimatu wynosi 62,695 m³/rok, z tego o 12,774 m³/rok z powodu zmniejszenia stałego zużycia gazu a 49,921 m³/rok z powodu zmiennego zużycia gazu na ogrzewanie. W stanie Iowa średnia liczba osób w gospodarstwie

domowym spadła z 2,42 w 2004 r. do 2,38 w 2005 r. Średnie roczne stałe zużycie gazu na osobę wynosiło 240,5 m<sup>3</sup>/rok w 2004 r. i 239,1 m<sup>3</sup>/rok w 2005 r. Ten spadek spowodowany jest modernizacją urządzeń gazowych takich jak: kuchnie podgrzewacze wody, suszarki gazowe, stosowaniem elektrycznych urządzeń do przyrządzania posiłków itp.

Prosta regresji całkowitego zużycia gazu ziemnego w gospodarstwach domowych skorygowana do średniej wieloletniej (1971-2000) liczby stopniodni grzania 3274,4°Cdni dla stanu Indiana (rys. 5) ma postać  $y = -45,845x + 94569$ , gdzie  $x$  – rok od 1993 do 2005 r. W stanie Indiana co roku następuje spadek średniego rocznego zużycia gazu ziemnego w gospodarstwach domowych o 62,412 m<sup>3</sup>/rok, z tego o 16,567 m<sup>3</sup>/rok z powodu ocieplenia klimatu w okresie sezonu grzewczego. Spadek zużycia nie spowodowany ociepleniem klimatu wynosi 45,845 m<sup>3</sup>/rok, z tego o 14,765 m<sup>3</sup>/rok z powodu zmniejszenia stałego i 31,08 m<sup>3</sup>/rok z powodu zmniejszenia zmiennego zużycia gazu na ogrzewanie. W stanie Indiana średnia liczba osób w gospodarstwie domowym spadła z 2,51 w 2004 r. do 2,49 w 2005 r. Średnie roczne stałe zużycie gazu na osobę wynosiło 222,7 m<sup>3</sup>/rok w 2004 r. i 218,5 m<sup>3</sup>/rok w 2005 r.



Rys. 5. Roczna liczba stopniodni grzania  $Sd(18,3^{\circ}C)$ , średnie roczne zużycie gazu ziemnego w gospodarstwach domowych [4], całkowite skorygowane i nie skorygowane, zmienne zużycie skorygowane do średniej wieloletniej (1971-2000) liczby stopniodni grzania  $Sd(18,3^{\circ}C) = 3274,4^{\circ}Cdni$  [2] oraz stałe dla stanu Indiana w latach 1993-2005.

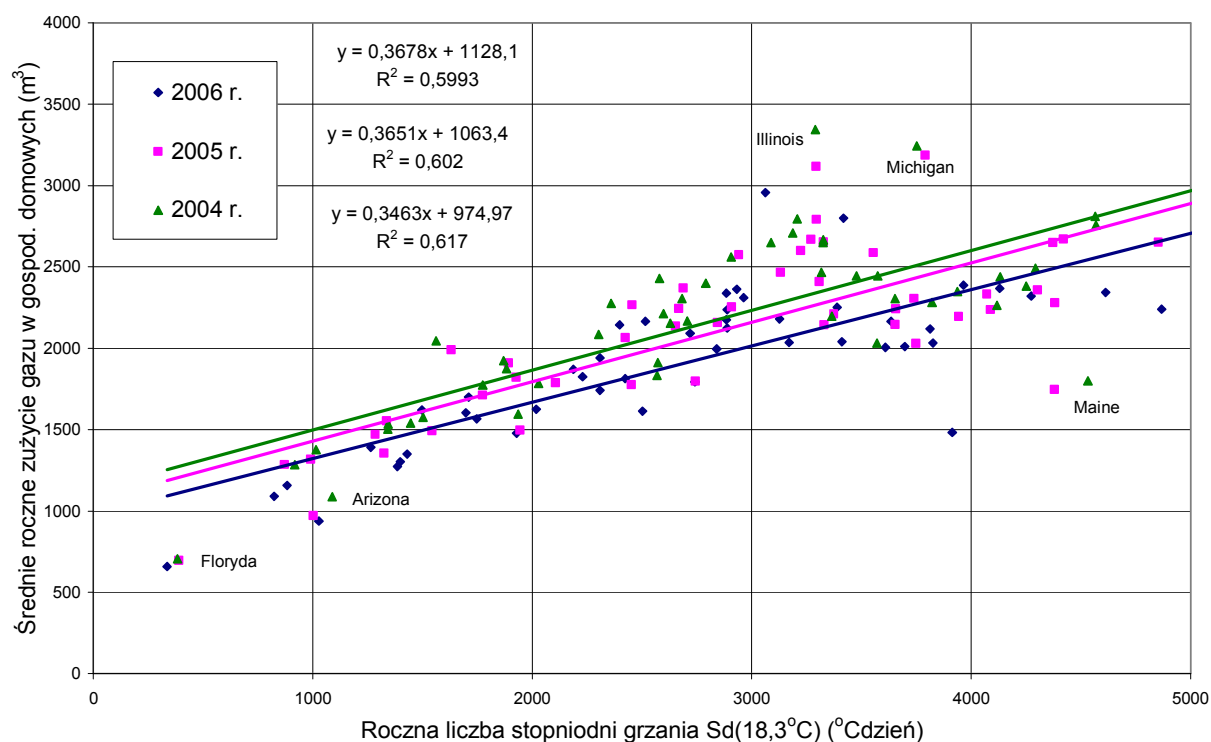
Tempo spadku średniego rocznego zużycia gazu ziemnego w gospodarstwach domowych (tabela 4) jest w 26,5% w stanie Indiana, 23,5% w Iowa, 18,5% w Michigan i 23,7% w Wisconsin wynikiem ocieplenia klimatu w sezonie grzewczym. Pozostały spadek zużycia gazu w gospodarstwach domowych spowodowany jest poprawą termoizolacji budynków, obniżeniem temperatury w pomieszczeniach, ogrzewaniem pomieszczeń tylko w czasie przebywania w nich ludzi bądź wyłączania z ogrzewania części pomieszczeń.



Tabela. 4. Wartości estymatorów parametrów prostych regresji  $y=ax+b$  (gdzie  $x$  – rok od 1993 do 2005 r.) średniego rocznego zużycia gazu ziemnego w gospodarstwach domowych oraz liczby stopniodni grzania  $S_d(18,3^{\circ}\text{C})$  dla wybranych stanów USA.

Stan	Średnie roczne zużycie gazu ziemnego w gospodarstwach domowych								Sd(18,3oC)	
	stałe		zmiennie skorygowane		całkowite skorygowane		całkowite nie skorygowane			
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
---	m <sup>3</sup> /rok	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /rok	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /rok	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /rok	m <sup>3</sup>	°Cdzień /rok	°Cdzień
Indiana	-14,765	30148	-31,079	64420	-45,845	94569	-62,412	127625	-24,149	51456
Iowa	-12,774	26181	-49,92	101891	-62,695	128072	-81,982	166581	-38,67	81100
Michigan	-19,916	40683	-39,118	80928	-59,034	121611	-72,44	148317	-21,02	45742
Wisconsin	-14,441	29515	-28,69	59455	-43,131	88970	-56,551	115716	-28,714	61557

Tempo spadku stałego rocznego zużycia gazu w gospodarstwach domowych wynosiło od 12,8 m<sup>3</sup>/rok w Iowa, 14,4 m<sup>3</sup>/rok w Wisconsin, 14,8 m<sup>3</sup>/rok w Indiana i 19,9 m<sup>3</sup>/rok w Michigan. Średnie roczne stałe zużycie gazu ziemnego w gospodarstwach domowych USA (rys. 6) spadło o 64,7 m<sup>3</sup>/rok w 2005 r. i o 88,43 m<sup>3</sup>/rok w 2006 r. względem 2004 r.



Rys. 6. Średnie roczne zużycie gazu ziemnego w gospodarstwach domowych stanów USA w latach 2004, 2005 i 2006.

## Wnioski

Współczynniki korelacji sprzedaży gazu ziemnego dla odbiorców komunalnych względem liczby stopniodni przyjmują wartości wyższe od 0,92 dla analizowanych stanów. Korelacja jest silna także dla okresów wieloletnich, pomimo znacznych wzrostów cen gazu ziemnego dla wszystkich typów odbiorców w analizowanym czasie.

Tempo spadku średniego rocznego zużycia gazu ziemnego w gospodarstwach domowych jest w 73,5% w stanie Indiana, 76,5% w Iowa, 81,5% w Michigan i 76,7% w Wisconsin spowodowane innymi czynnikami niż ocieplenie klimatu. Większa część spadku zużycia gazu w gospodarstwach domowych spowodowana jest różnymi rodzajami racjonalizacji zużycia gazu.



Znajomość trendu zmian zużycia gazu ziemnego w gospodarstwach domowych pozwala na długoterminowe prognozowanie popytu w okresie od 5 do 10 lat. Zwiększa wiarygodność planowania długoterminowych zakupów gazu i ich optymalizacji, prognozowania szczytowego obciążenia i planowania przesyłu.

#### **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] U.S. Department of Commerce. National Oceanic and Atmospheric Administration. National Environmental Satellite, Data and Information Service. National Climatic Data Center, Asheville. [www.ncdc.noaa.gov/oa/documentlibrary/hcs/hcs.html](http://www.ncdc.noaa.gov/oa/documentlibrary/hcs/hcs.html)
- [3] U. Kossowska-Cezak „Meteorologia i klimatologia. Pomiary, obserwacje, opracowania”, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa-Łódź 2000
- [4] U.S. Energy Information Administration. <http://tonto.eia.doe.gov/bdnav/ng/hist/n3010us2m.htm>
- [5] Dopke J.: Zależność zużycia gazu ziemnego w gospodarstwach domowych od liczby stopniodni grzania. Rynek Energii nr 5 (66) 2006.
- [6] Dopke J.: Zależność zużycia gazu ziemnego w gospodarstwach domowych od liczby stopniodni grzania. GWiTS 2007 (LXXXI) nr 3.
- [7] Dopke J.: Analiza korelacji sprzedaży gazu ziemnego dla odbiorców domowych, komercyjnych i przemysłowych względem liczby stopniodni grzania. Gaz, Woda i Technika Sanitarna 2007 nr 12.
- [8] Battles S.J., Hojjati B. Two decades of U.S. Household Trends in Energy-Intensity Indicators: A Look at the Underlying Factors. U. S. Energy Information Administration

Józef Dopke  
[jozefdopke@wp.pl](mailto:jozefdopke@wp.pl)