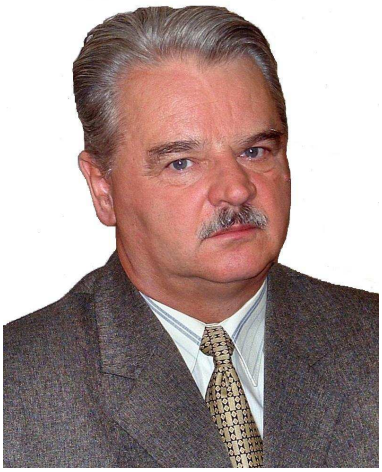
Dobór stałej we wzorze Hitchin'a przy obliczaniu liczby stopniodni grzania dla Łodzi

Józef Dopke



Słowa kluczowe: stopniodni grzania, liczba stopniodni grzania, liczba stopniodni grzania w wieloleciu, temperatura bazowa, średnia dobowa temperatura, średnia miesięczna temperatura, zużycie energii, wzór Hitchin'a,

Streszczenie

Omówiono liniową zależność zużycia energii na ogrzewanie budynków od liczby stopniodni grzania. Obliczono miesięczną liczbę stopniodni grzania Sd(15^o) z definicji ze średnich dziennych temperatur powietrza w Łodzi w wieloleciu 2001-2010. Przedstawiono wykresy skumulowanej liczby Sd(15^o) w miesiącach sezonów grzewczych od 2001/2002 r. do 2010/2011 r. Oszacowano wartość stałej k we wzorze Hitchin'a z danych wielolecia 2001-2010 dla Łodzi. Przy użyciu różnych wartości stałej k obliczono miesięczne liczby stopniodni grzania Sd(15^o) ze średnich miesięcznych temperatur powietrza i przeprowadzono analizę błędu. Dla założonych wartości stałej k obliczono liczbę Sd(15^o) dla temperatur bazowych 12^oC, 13^oC, 14^oC, 15^oC, 16^oC, 17^oC, 18^oC i $18{,}3^oC$ dla 2006 i dla wielolecia 1971-2000. Przedstawiono wartości stałej k dla Warszawy, Gdańska, Łodzi i Wrocławia obliczone dla wielolecia 2006-2010.

Stopniodni grzania

Stopniodni grzania są ilościowym wskaźnikiem określającym zapotrzebowanie na energię do ogrzewania domów mieszkalnych i budynków użyteczności publicznej. Stosuje się je do wszystkich paliw, ogrzewania elektrycznego oraz ogrzewania centralnego z kotłowni osiedlowej. Stopniodni grzania bazują na analizach gazowych systemów grzewczych domów mieszkalnych. Rezultaty tych analiz wykazały, że istnieje liniowa zależność między zużyciem gazu ziemnego na ogrzewanie i różnicą między temperaturą zewnętrzną, od której rozpoczyna się ogrzewanie i średnią dobową temperaturą powietrza zewnętrznego. Temperatura powietrza wewnątrz budynku była średnio o 2^oC do 3^oC wyższa niż powietrza zewnętrznego. Jeżeli w Wielkiej Brytanii średnia temperatura powietrza w mieszkaniach wynosiła 18^oC, to przyjmowano jako temperaturę bazową $15{,}6^oC$ (60^oF). W USA przyjmowano średnią temperaturę powietrza w mieszkaniach 20^oC i wtedy przyjmowano jako temperaturę bazową $18{,}3^oC$ (65^oF). Od tego czasu poprawiła się izolacja termiczna budynków oraz zwiększyła się liczba wewnętrznych źródeł ciepła w budynkach.

W rzeczywistości każdy użytkownik mieszkania ogrzewanego indywidualnym systemem grzewczym sam podejmuje decyzje o momencie rozpoczęcia ogrzewania domu i o utrzymywanej temperaturze wewnętrznej powietrza. Rzeczywista temperatura bazowa, od której obecnie gospodarstwa domowe zamieszkujące domy wolnostojące rozpoczynają ogrzewanie mieszkań, waha się od 12^oC do 18^oC. Zależy ona w dużym stopniu od jakości izolacji termicznej budynku, przyzwyczajeń ludzi i klimatu. Ostatnio przyjmowane temperatury bazowe wynoszą od 10^oC do 15^oC. Dla dobrze izolowanych domów temperatura bazowa może być niższa, np. 12^oC, ponieważ coraz liczniejsze wewnętrzne źródła ciepła (pralki. lodówki, żelazka, suszarki, komputery, telewizory, radia, lampy, ludzie) w większym stopniu dogrzewają mieszkania.

W celu obliczenia strat ciepła w budynku bierze się pod uwagę takie czynniki jak:

- współczynnik przenikalności ciepła wszystkich części budynku, które są przyczyną strat ciepła (ściany, okna, drzwi itd.),
- zewnętrzną powierzchnię tych części budynku;
- różnice między wewnętrzną i zewnętrzną temperaturą powietrza budynku,
- straty wentylacji.

Ciepło grzania wymagane do utrzymania stałej temperatury wewnętrznej określa wzór

$$q = uA(t_w - t_z) + I \quad \text{dla } t_w > t_z \tag{1}$$

gdzie: q - ciepło wymagane do utrzymania stałej temperatury wewnętrznej,
u - całkowity współczynnik przenikania ciepła przez elementy budynku,
A - powierzchnia elementów budynku,
t_w - temperatura wewnętrzna powietrza,
t_z - temperatura zewnętrzna powietrza,
I - wewnętrzne zyski energii od ludzi, urządzeń i promieniowania słonecznego.

Bazowa temperatura t_b jest temperaturą zewnętrzną, powyżej której praca systemu grzewczego nie jest wymagana. Wstawiając warunki $t_b=t_z$ i q=0 do **(1)** i rozwiązując względem t_b otrzymujemy

$$t_b = t_w - I/uA \tag{2}$$

Równanie **(2)** dostarcza definicji bazowej temperatury t_b jako temperatury wewnętrznej powietrza pomniejszonej o poziom wewnętrznych zysków energii. Jako średnią temperaturę powietrza w mieszkaniu przyjmuje się 20^{o}C, ale w wielu krajach wynosi ona nawet 22^{o}C.

Obliczanie liczba stopniodni grzania ze średniej dziennej temperatury powietrza

Jeżeli ogrzewanie od ludzi i urządzeń w domu wraz z energią od promieniowania słonecznego może podwyższyć temperaturę o 6^{o}C, to wystarczy aby przy temperaturze zewnętrznej 15^{o}C zapewnić temperaturę 21^{o}C w mieszkaniu bez ogrzewania. Jeżeli temperatura zewnętrzna powietrza jest niższa niż 15^{o}C, to wtedy ogrzewanie jest niezbędne do zapewnienia temperatury wewnętrznej 21^{o}C. Dla każdego dnia wyznacza się średnią dobową temperaturę powietrza zewnętrznego $t_{śr}(i)$. Za dni grzewcze przyjmuje się dni, w których średnia dobowa temperatura zewnętrzna jest niższa niż t_b. Dla temperatury bazowej 15^{o}C i średniej dobowej temperatury $t_{śr}(i)$=10^{o}C dzienna liczba stopniodni grzania wynosi $(t_b - t_{śr}(i))\cdot 1\text{dzień}=(15^oC-10^oC)\cdot 1\ \text{dzień}=5^oC\cdot\text{dni}$..

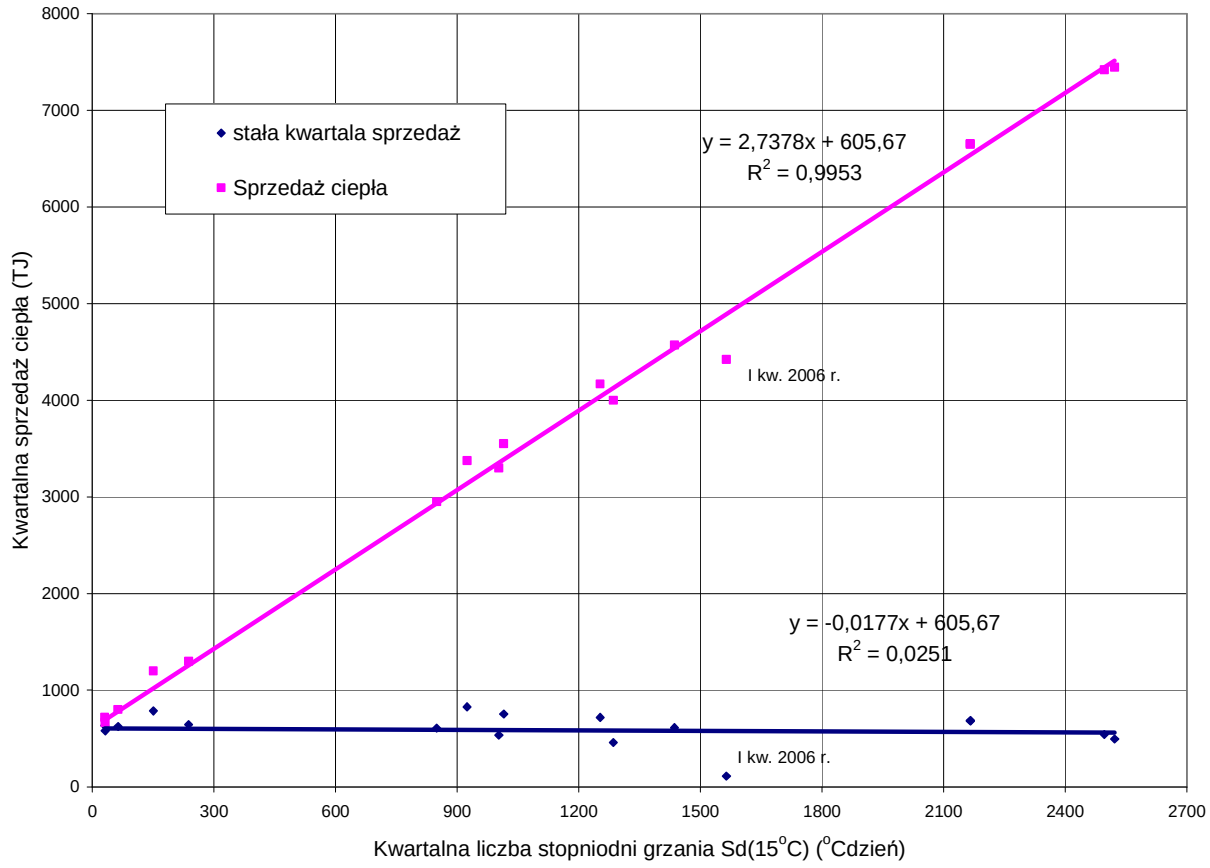
W USA**,** Wielkiej Brytanii, Kanadzie i Niemczech, liczbę stopniodni grzania oblicza się ze średniej dziennej temperatury powietrza zewnętrznego **[1]**:

$$Sd(t_b)= \begin{cases} \sum_{i=1}^{n}[t_b - t_{śr}(i)] & dla..t_{śr}(i) \le t_b \\ 0 & dla..t_{śr}(i) > t_b \end{cases} \tag{3}$$

Metoda zakłada, że ogrzewanie jest wyłączone w dniach kiedy średnia dzienna temperatura powietrza jest większa od temperatury bazowej**.**

Uśrednioną rzeczywistą temperaturę bazową dla obszaru dostaw gazu ziemnego można wyznaczyć z zależności między zużyciem gazu przez odbiorców komunalnych a temperaturą zewnętrzną powietrza **[2]**. Dla obszaru obsługiwania PGNiG S. A. wynosiła ona 18,5^{o}C w 1987 r. i 15,2^{o}C w 1998 r. Duże osiedla domów wielopiętrowych ocieplonych styropianem o

grubości 100 mm i ogrzewanych osiedlowymi ciepłowniami rozpoczynają ogrzewanie przy średniej temperaturze dobowej t_b=15°C (**rys. 1**). Dalej założono temperaturę bazową 15°C, przy której rozpoczynało się średnio ogrzewanie mieszkań w Polsce.



Rys. 1. Prosta regresji E=a+bSd(15°C) kwartalnej sprzedaży ciepła CO+CWU względem kwartalnej liczby stopniodni grzania Sd(15°C) dla dużego Zakładu Energetyki Cieplnej dla okresu od I kw. 2005 r. do III kw. 2009 r.

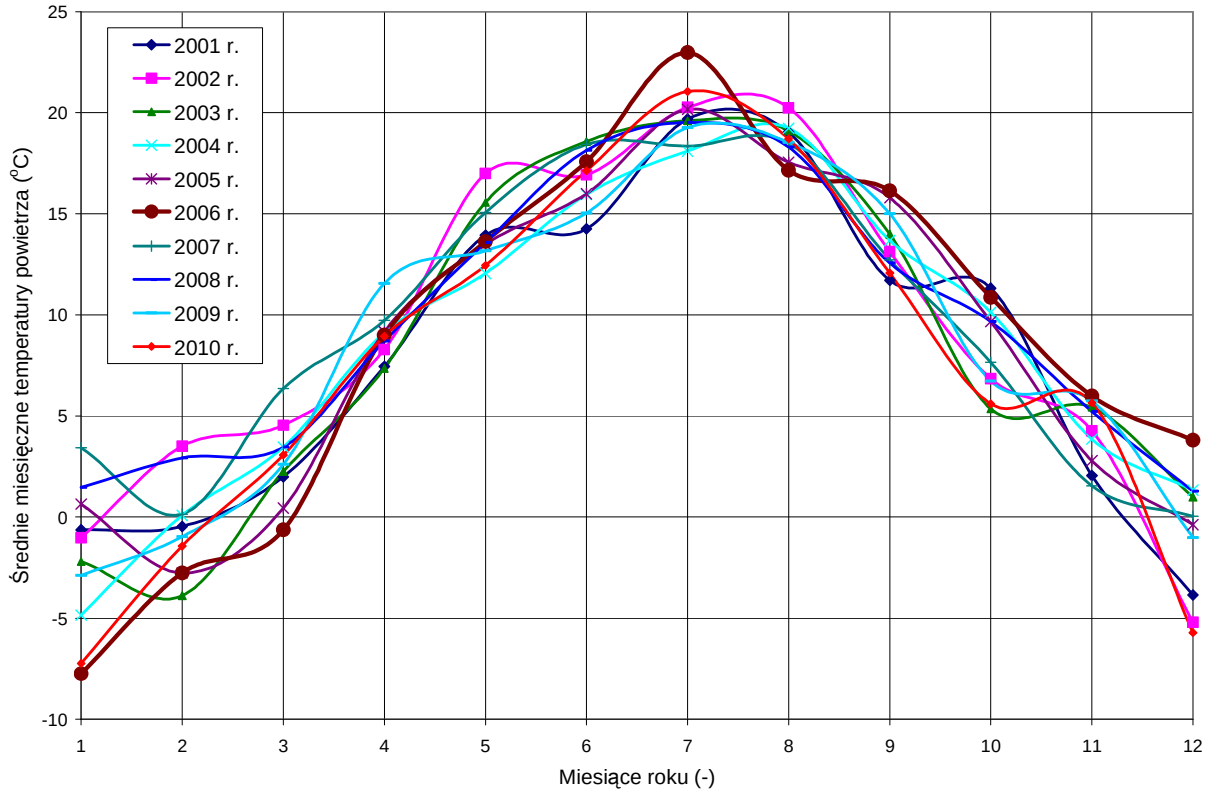
Energia w gospodarstwach domowych przeznaczona jest na ogrzewanie pomieszczeń, grzanie wody, przygotowanie posiłków, suszenie odzieży i bielizny. To zużycie można przedstawić w postaci modelu (**rys. 1**) **[1]**:

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

gdzie: E - zużycie energii,
a, b - współczynniki,
$Sd(t_b)$ - funkcja liczby stopniodni w zależności od t_b,
t_b - bazowa temperatura zewnętrzna, powyżej której praca systemu grzewczego nie jest wymagana,
e – błąd metody.

Średnie miesięczne temperatury powietrza w Łodzi

Ze średnich dziennych temperatur powietrza **[3]** dla Łodzi (51°43’58’’N, 019°23’59’’E, 190 m npm) obliczono wartości estymatorów parametrów rozkładu normalnego dla każdego miesiąca analizowanych lat 2001-2010 (**rys. 2, 3**).



Rys. 2. Średnie miesięczne temperatury powietrza w Łodzi w latach 2001-2010 (51°43’58’’N, 019°23’59’’E, 190 m npm)

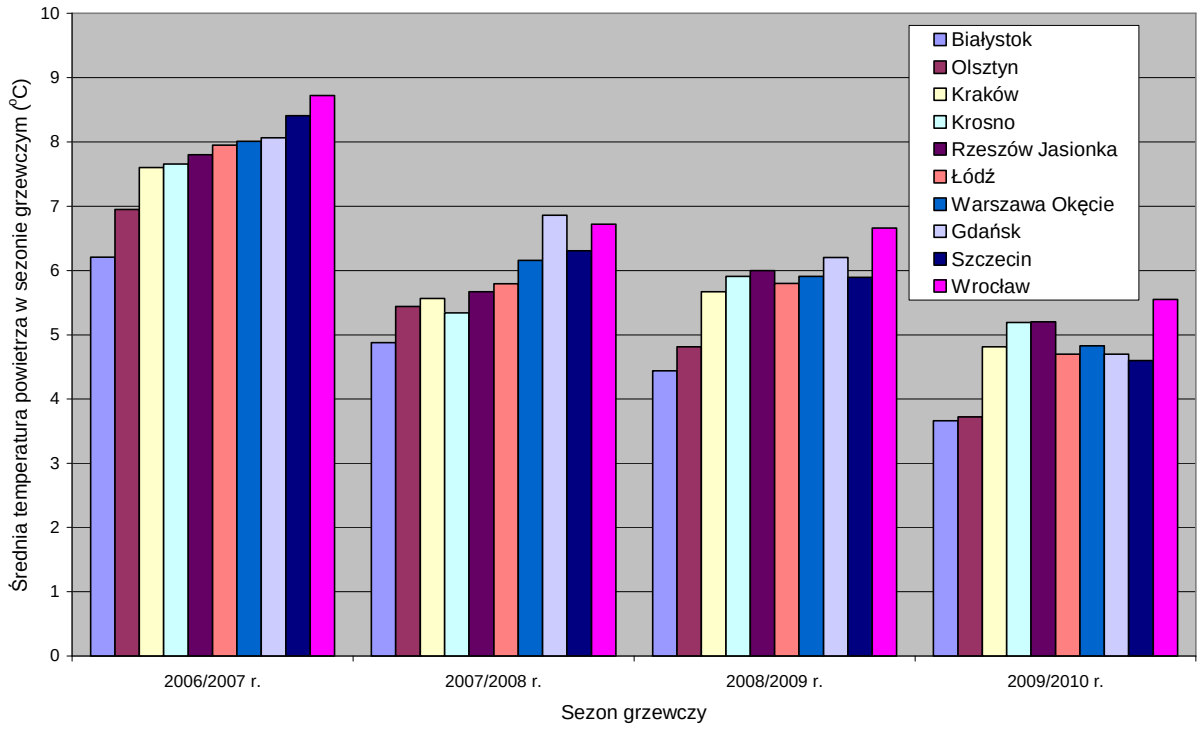
W latach 2006-2007 zanotowano na terenie wielu krajów europejskich rekordową temperaturę kolejnych 12 miesięcy, które w większości przypadały na miesiące sezonu grzewczego 2006/2007 r. Lipiec 2006 r. ze średnią temperaturą 23,5°C i grudzień 2006 r. ze średnią temperaturą 3,9°C były najcieplejszymi miesiącami w Warszawie od 1779 r. Również średnie temperatury powietrza we wrześniu (16,1°C), październiku (10,7°C), listopadzie (5,9°C) 2006 r. były znacząco wyższe od średnich temperatur dla wielolecia 1961-2000, które wynosiły odpowiednio 13,3°C, 7,8°C i 2,3°C. W styczniu, marcu i kwietniu 2007 r. średnie miesięczne temperatury były także znacząco wyższe od średnich wielolecia 1961-2000.

Podobny przebieg pogody miał miejsce również w Łodzi. Średnie temperatury powietrza we wrześniu (16,1°C), październiku (10,9°C), listopadzie (6°C) i grudniu (3,8°C) 2006 r. były znacząco wyższe od średnich temperatur dla wielolecia 2001-2010, które wynosiły odpowiednio 13,7°C, 8,1°C, 4,8°C i -0,3°C. W styczniu (3,4°C), lutym (0,1°C), marcu (6,4°C), kwietniu (9,7°C) i maju (15,1°C) 2007 r. średnie miesięczne temperatury były także znacząco wyższe od średnich wielolecia 2001-2010, które wynosiły odpowiednio -2,2°C, -0,4°C, 3°C, 9,6°C i 13,6°C.

Średnia temperatura powietrza w miesiącach sezonu grzewczego od 1 września 2006 r. do 31 maja 2007 r. wynosiła 7,9°C (**tabela 1**) i była wyższa o 2,4°C od średniej temperatury powietrza w sezonie grzewczym w wieloleciu 2001-2010. Najzimniejszym sezonem grzewczym był sezon 2002/2003 r.

Tabela 1. Średnia temperatura powietrza i skumulowana liczba stopniodni grzania Sd(15°C) w dziewięciu miesiącach sezonów grzewczych w latach 2001-2010 dla Łodzi

Lp.	Sezon grzewczy	Średnia temperatura sezonu grzewczego	Skumulowana liczba Sd(15°C) dla sezonu grzewczego	Skumulowana Sd(15°C)/ skumulowanej Sd(15°C)$_{2006/2007\ r.}$
---	---	°C	°C·dzień.	---
1	2006/2007 r.	7,95	2032	1,000
2	2001/2002 r.	5,95	2540	1,250
3	2007/2008 r.	5,79	2538	1,249
4	2008/2009 r.	5,81	2551	1,255
5	2004/2005 r.	5,56	2633	1,295
6	2003/2004 r.	5,07	2755	1,356
7	2009/2010 r.	4,70	2846	1,400
8	2005/2006 r.	4,38	2965	1,459
9	2002/2003 r.	4,24	3029	1,491



Rys. 3. Średnia temperatura powietrza w wybranych miastach Polski w sezonach grzewczych od 2006/2007 r. do 2009/2010 r.

Miesięczne liczby stopniodni grzania dla Łodzi obliczone z definicji

W **tabeli 2** podano miesięczną liczbę stopniodni grzania Sd(15°C) dla dwunastu miesięcy lat 2001-2010 a w **tabeli 3** i na **rys. 4** dla dziewięciu miesięcy dziewięciu sezonów grzewczych od 2001/2002 r. do 2009/2010 r.

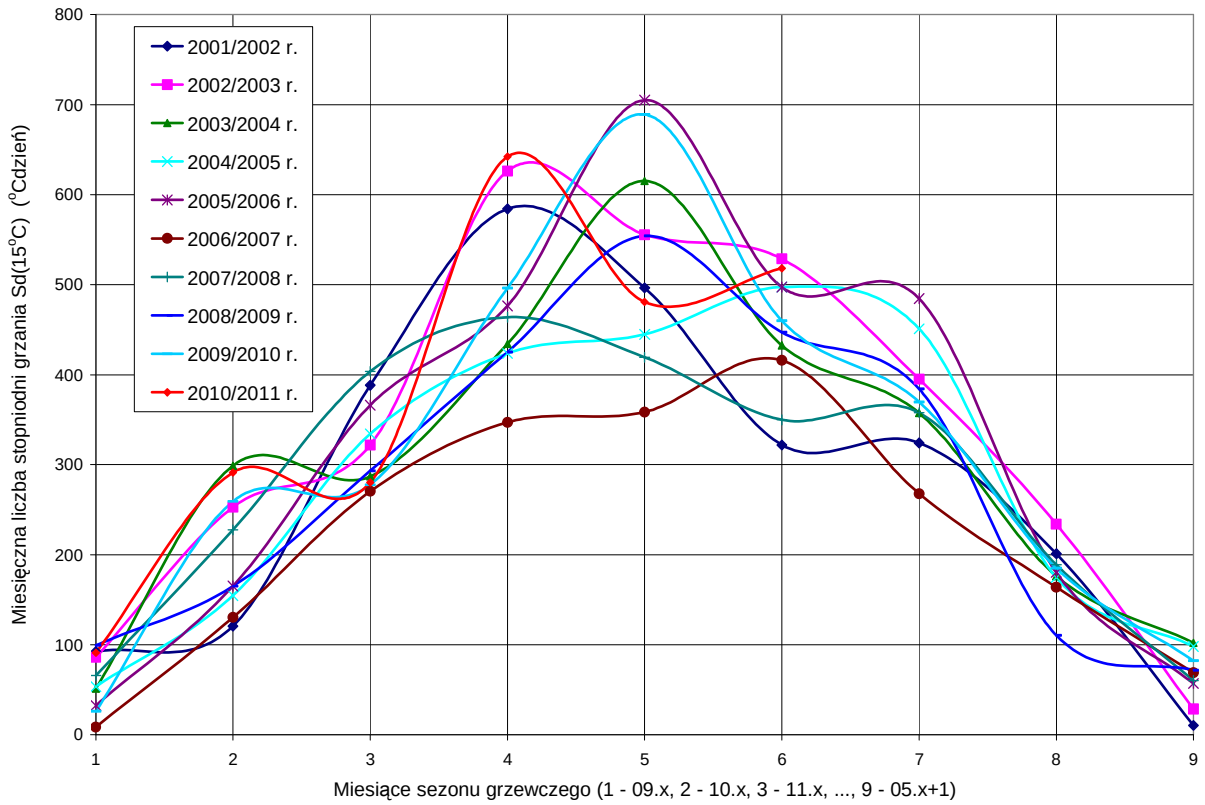
Tabela 2. Miesięczna liczba stopniodni grzania Sd(15°C) dla temperatury bazowej t_b=15°C dla Łodzi (51°43'58''N, 019°23'59''E, 190 m npm) w latach 2001-2010 obliczona z definicji

Miesiąc	Miesięczna liczba Sd(15°C) obliczona z definicji										
	2001 r.	2002 r.	2003 r.	2004 r.	2005 r.	2006 r.	2007 r.	2008 r.	2009 r.	2010 r.	śred.
1	484,5	496,6	555,5	615,3	444,9	705,1	358,6	419,4	554,3	689,1	**532,3**
2	432,9	322	528,8	432,6	497,3	497,3	416	349,9	447,1	460,1	**438,4**
3	403	324,2	395	357,4	451,1	484,5	267,8	357,8	384,2	369,7	**379,5**
4	229,9	201,2	234,1	176,2	174,8	180,4	164,1	189	110,6	185,1	**184,5**
5	54,3	10,5	28,6	102,2	98,1	57	69,2	60,3	71,8	82,5	**63,5**
6	40,8	16,5	3,8	14,1	33,9	29,2	2,1	5,1	37	14,8	**19,7**
7	0	0,2	0	7,8	0,9	0	8,4	1	2,9	0	**2,1**
8	5,9	0	1,8	0,9	7,3	5,9	8,8	4,9	0,7	9,8	**4,6**
9	92,3	85,9	51,4	53,6	32,5	8,7	65,9	99,5	26	91	**60,7**
10	120,9	252,8	299	154,7	165,3	130,3	227,7	165	259,2	291,4	**206,6**
11	388,2	322	286,9	334,3	366,2	270,4	403,6	293,3	277,8	280,4	**322,3**
12	584,2	626,4	434,3	423,7	476,5	347,1	463,9	425,2	496,2	642,2	**492**
suma	**2836,9**	**2658,3**	**2819,2**	**2672,8**	**2748,8**	**2715,9**	**2456,1**	**2370,4**	**2667,8**	**3116,1**	**2706,2**

Tabela 3. Miesięczna liczba stopniodni grzania Sd(15°C) obliczona z definicji dla t_b=15°C dla Łodzi dla dziewięciu miesięcy sezonów grzewczych w latach 2001-2011 oraz ich suma. Średnia bez sezonu 2010/2011 r.

Miesiąc	Miesięczna liczba Sd(15°C) obliczona z definicji										
	2001/ 2002 r.	2002/ 2003 r.	2003/ 2004 r.	2004/ 2005 r.	2005/ 2006 r.	2006/ 2007 r.	2007/ 2008 r.	2008/ 2009 r.	2009/ 2010 r.	2010/ 2011 r.	średnia
Wrzesień	92,3	85,9	51,4	53,6	32,5	**8,7**	65,9	99,5	26	91	57,3
Październik	120,9	252,8	299	154,7	165,3	**130,3**	227,7	165	259,2	291,4	197,2
Listopad	388,2	322	286,9	334,3	366,2	**270,4**	403,6	293,3	277,8	280,4	327
Grudzień	584,2	626,4	434,3	423,7	476,5	**347,1**	463,9	425,2	496,2	642,2	475,3
Styczeń	496,6	555,5	615,3	444,9	705,1	**358,6**	419,4	554,3	689,1	480,8	537,6
Luty	322	528,8	432,6	497,3	497,3	**416**	349,9	447,1	460,1	518,2	439,0
Marzec	324,2	395	357,4	451,1	484,5	**267,8**	357,8	384,2	369,7	---	376,9
Kwiecień	201,2	234,1	176,2	174,8	180,4	**164,1**	189	110,6	185,1	---	179,5
Maj	10,5	28,6	102,2	98,1	57	**69,2**	60,3	71,8	82,5	---	64,5
Suma	2540,1	3029,1	2755,3	2632,5	2964,8	2032,2	2537,5	2551	2845,7	2304	2654,2

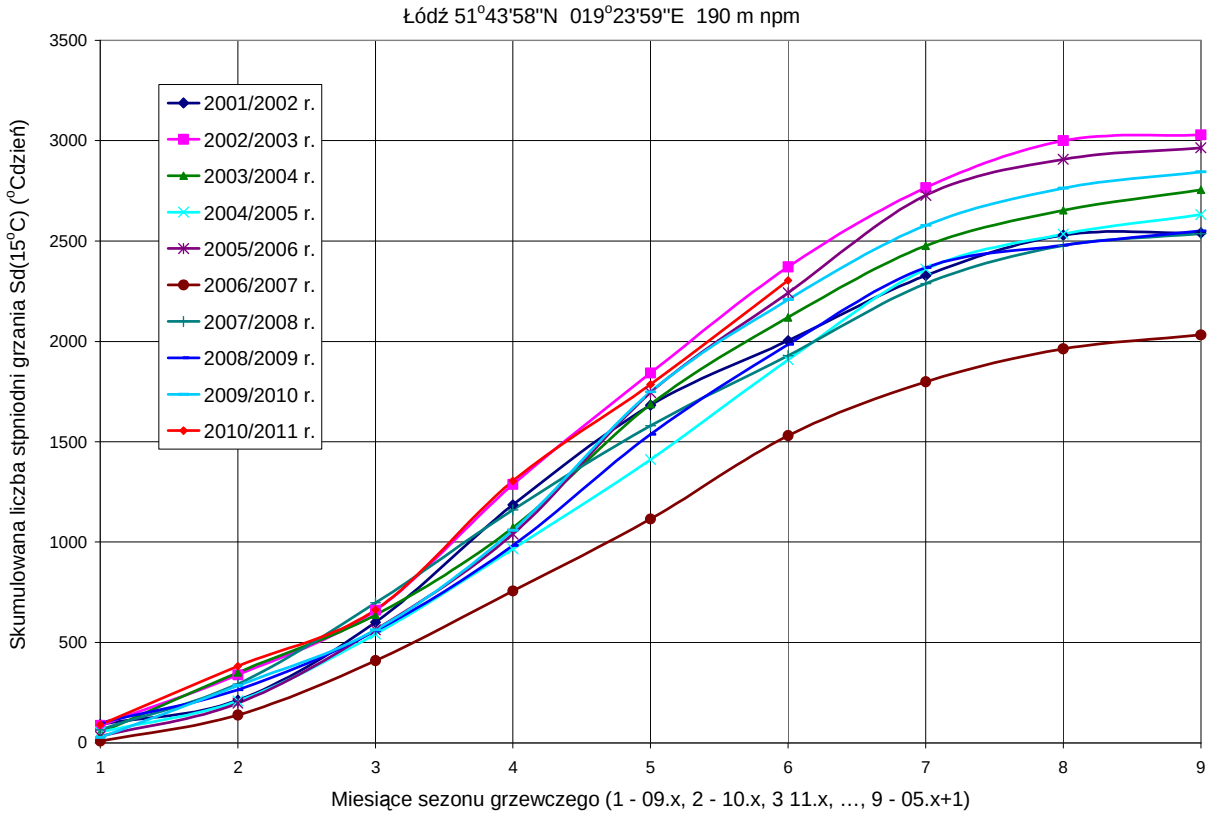
Najcieplejszym sezonem grzewczym liczonym od 1 września do 31 maja następnego roku był w Łodzi (i w Polsce) sezon 2006/2007 r. ze średnią temperaturą powietrza 7,9°C (**tabela 1)** i skumulowaną liczbą stopniodni grzania Sd(15°C)=2032°C·dzień. Najzimniejszym sezonem grzewczym był sezon 2002/2003 r. ze średnią temperaturą powietrza 4,2°C i skumulowaną liczbą stopniodni grzania Sd(15°C)=3029°C·dzień. Sezon grzewczy 2008/2009 r. był sezonem o liczbie stopniodni grzania Sd(15°C)=2551°C·dni najbardziej zbliżonym do wartości średniej Sd(15°C) z dziewięciu analizowanych sezonów grzewczych równych 2567°C·dni.



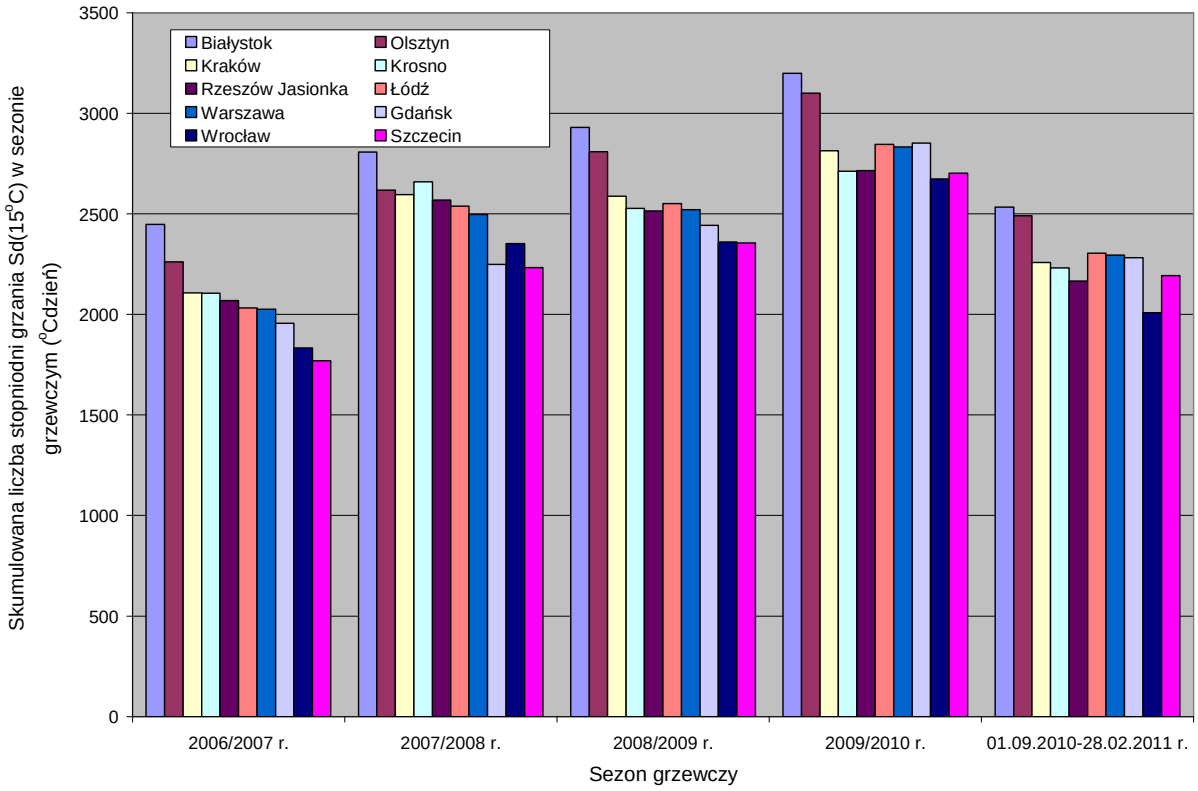
Rys. 4. Miesięczna liczba stopniodni grzania Sd(15°C) obliczona z definicji dla temperatury bazowej t_b=15°C dla Łodzi dla dziewięciu miesięcy sezonów grzewczych w latach 2001-2011

Różnice klimatyczne spowodowały, że w najzimniejszym sezonie 2002/2003 r. zużyto na ogrzewanie budynków o 49,1% więcej energii niż w najcieplejszym sezonie grzewczym 2006/2007 r. (**rys. 5**). Od najcieplejszego sezonu 2006/2007 r. kolejne sezony grzewcze są zimniejsze co powoduje większe zużycie energii na ogrzewanie budynków o: 24,9% w sezonie 2007/2008 r., 25,5% w sezonie 2008/2009 r. i 40% w sezonie 2009/2010 r. Obecny sezon grzewczy 2010/2011 r. również będzie zimniejszy. Wrzesień 2010 r. był chłodny z średnią temperatura powietrza 12,1°C, październik 2010 r. był najzimniejszy od wielu lat i miał średnią temperaturę 5,6°C. Listopad był ciepły (5,7°C) prawie jak listopad w najcieplejszym sezonie 2006/2007 r. Grudzień 2010 r. był najzimniejszym miesiącem od wielu lat ze średnią temperaturą powietrza -5,7°C. Skumulowana liczba stopniodni grzania Sd(15°C) obliczona do 28.02.2011 r. wynosiła Sd(15°C)=2304°C·dzień i była większa niż w tym samym czasie w poprzednim sezonie grzewczym 2009/2010 r. kiedy Sd(15°C)=2208°C·dzień.

Na **rys. 5** i **6** przedstawiono skumulowaną miesięczną liczbę stopniodni grzania Sd(15°C) **[4, 5]** dla dziewięciu miesięcy analizowanych sezonów grzewczych dla Łodzi.



Rys. 5. Skumulowana liczba stopniodni grzania Sd(15°C) obliczona z definicji dla t_b=15°C dla Łodzi dla dziewięciu miesięcy sezonów grzewczych w latach 2001-2011



Rys. 6. Skumulowana liczba stopniodni grzania Sd(15°C) obliczona z definicji dla temperatury bazowej t_b=15°C dla wybranych miast dla dziewięciu miesięcy sezonów grzewczych od 2006/2007 r. do 2009/2010 r. oraz dla okresu od 01.09.2010 r. do 28.02.2011 r.

W **tabeli 4** podano udział miesięcznej liczby Sd(15°C) w skumulowanej liczbie Sd(15°C) w sezonie grzewczym. W sezonie 2009/2010 r. zużyto we wrześniu 0,9%, w październiku 9,1%, listopadzie 9,8%, w grudniu 17,4%, w styczniu 24,2%, w lutym 16,2%, w marcu 13%, kwietniu 6,5% i w maju 2,9% całego sezonowego zużycia energii na ogrzewanie budynków. Średnio w dziewięciu sezonach grzewczych (**tabeli 6**) w miesiącach grudzień, styczeń, luty zużyto 55,4%, w okresie od 1 listopada do 31 marca - zużyto 81% a od 1 października do 30 kwietnia – 95,3% całego zużycia paliw w sezonie grzewczym.

Tabela 4. Udział miesięcznej liczby Sd(15°C) w skumulowanej liczbie Sd(15°C) w sezonie grzewczym dla Łodzi dla sezonów grzewczych od 2001/2002 r. do 2009/2010 r.

Okres	Udział miesięcznej liczby Sd(15°C) w skumulowanej liczbie Sd(15°C) w sezonie grzewczym (-)									
	2001/ 02 r.	2002/ 03 r.	2003/ 04 r.	2004/ 05 r.	2005/ 06 r.	2006/ 07 r.	2007/ 08 r.	2008/ 09 r.	2009/ 10 r.	Średnia
Wrzesień	0,036	0,028	0,019	0,020	0,011	0,004	0,026	0,039	0,009	0,021
Październik	0,048	0,083	0,109	0,059	0,056	0,064	0,090	0,065	0,091	0,074
Listopad	0,153	0,106	0,104	0,127	0,124	0,133	0,159	0,115	0,098	0,124
Grudzień	0,230	0,207	0,158	0,161	0,161	0,171	0,183	0,167	0,174	0,179
Styczeń	0,196	0,183	0,223	0,169	0,238	0,176	0,165	0,217	0,242	0,201
Luty	0,127	0,175	0,157	0,189	0,168	0,205	0,138	0,175	0,162	0,166
Marzec	0,128	0,130	0,130	0,171	0,163	0,132	0,141	0,151	0,130	0,142
Kwiecień	0,079	0,077	0,064	0,066	0,061	0,081	0,074	0,043	0,065	0,068
Maj	0,004	0,009	0,037	0,037	0,019	0,034	0,024	0,028	0,029	0,025
Grud.-luty	**0,552**	**0,565**	**0,538**	**0,519**	**0,566**	**0,552**	**0,486**	**0,559**	**0,578**	**0,546**
List.-marzec	**0,833**	**0,801**	**0,772**	**0,817**	**0,853**	**0,817**	**0,786**	**0,825**	**0,806**	**0,812**
Paźdz.-kwiec.	**0,960**	**0,962**	**0,944**	**0,942**	**0,970**	**0,962**	**0,950**	**0,933**	**0,962**	**0,954**

Obliczenie stopniodni grzania z wzoru Hitchin'a

Nie zawsze dane są średnie dobowe temperatury powietrza, aby można obliczyć liczbę stopniodni grzania z definicji. Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej publikuje średnie miesięczne temperatury powietrza. Ze średniej miesięcznej temperatury można obliczyć liczbę stopniodni grzania dla wybranej temperatury bazowej wg wzoru Hitchin'a **[6]:**

$$Sd(t_b) = \frac{t_b - t_{śr}}{1 - \exp[-k(t_b - t_{śr})]} * L \qquad (5)$$

gdzie: t_b – wybrana temperatura bazowa;
$t_{śr}$ – średnia temperatura dla analizowanego okresu;
k – stała;
L – liczba dni w analizowanym okresie.

$$k = \frac{2{,}5}{\sigma} \qquad (6)$$

gdzie: σ – odchylenie standardowe średniej dziennej temperatury w analizowanym miesiącu.

Aby poprawnie obliczyć miesięczną liczbę stopniodni grzania z wzoru Hitchin'a należy z meteorologicznych danych historycznych oszacować najlepszą wartość stałej k, która najdokładniej szacuje stopniodni grzania $Sd(t_b)$. W Wielkiej Brytanii przyjmuje się wartość stałej

k **[6]** we wzorze Hitchin'a od 0,66 dla Heathrow i Birmingham, 0,7 dla Manchester, 0,74 dla Glasgow, 0,78 dla Cardiff i średnio 0,71 dla całego terytorium.

Oszacowanie stałej k we wzorze Hitchin'a dla Łodzi

Z obliczonych wartości estymatora odchylenia standardowego dla każdego miesiąca obliczono wartość stałej k=2,5/σ. W ostatnim wierszu **tabeli 5** podano wartość średnią stałej k w analizowanym roku a w ostatniej kolumnie wartość średnią stałej k dla dwunastu miesięcy lat 2001-2010.

Tabela 5. Wartości stałej k= k=2,5/σ dla dwunastu miesięcy dziesięciolecia 2001-2010

Miesiąc	Wartości stałej k= k=2,5/σ										
	2001 r.	2002 r.	2003 r.	2004 r.	2005 r.	2006 r.	2007 r.	2008 r.	2009 r.	2010 r.	$k_{śr.}$
1	0,863	0,397	0,399	0,565	0,543	0,406	0,576	0,635	0,571	0,561	**0,552**
2	0,572	0,756	0,791	0,474	0,668	0,719	0,707	0,751	0,783	0,62	**0,684**
3	0,667	0,781	0,615	0,502	0,53	0,528	1,109	0,886	1,054	0,394	**0,707**
4	0,611	0,684	0,443	0,851	0,703	0,68	0,689	0,988	0,835	0,788	**0,727**
5	0,893	0,99	0,774	0,814	0,446	1,028	0,465	0,962	0,892	0,981	**0,825**
6	1,018	0,696	0,903	1,163	0,68	0,569	0,999	1,035	0,689	0,707	**0,846**
7	1,064	0,781	0,816	0,75	0,804	0,96	0,643	0,893	0,689	0,63	**0,803**
8	0,761	1,776	0,847	0,884	0,929	1,031	0,796	0,891	1,168	0,741	**0,982**
9	1,105	0,584	0,789	0,882	0,666	1,266	1,269	0,566	0,996	1,006	**0,913**
10	0,686	0,727	0,566	0,675	0,662	0,709	0,918	1,088	0,635	1,172	**0,784**
11	0,858	0,675	0,713	0,661	0,667	0,87	0,841	0,585	0,886	0,456	**0,721**
12	0,698	0,544	0,869	1,022	1,017	0,822	0,655	0,826	0,415	0,526	**0,739**
$k_{śr.}$	**0,816**	**0,783**	**0,710**	**0,770**	**0,693**	**0,799**	**0,806**	**0,842**	**0,801**	**0,715**	**0,774**

Średnia ogólna stałej k wynosi 0,774 w przypadku gdy liczy się ją z dwunastu miesięcy i dziesięciu lat 2001-2010 oraz 0,739 w przypadku gdy liczy się ją tylko dla dziewięciu miesięcy sezonu grzewczego, który w naszym klimacie rozpoczyna się we wrześniu a kończy w maju następnego roku. Ta druga wartość stałej powinna być uwzględniania przy obliczeniach liczby stopniodni grzania stosowanych w ciepłownictwie, przy prognozowaniu zużycia paliw na ogrzewanie budynków i emisji CO_2 do atmosfery.

W **tabelach 6-8** podano obliczone z wzoru Hitchin'a liczby stopniodni grzania dla założonych wartości stałej k 0,71; 0,74; 0,77; 0,85; 0,9; 0,95 oraz dla rzeczywistej wartości k obliczonej ze średnich dobowych temperatur analizowanego miesiąca i porównano z wartościami poprawnymi obliczonymi z wzoru definicyjnego. Największe różnice występują dla najmniejszych wartości $Sd(t_b)$ a więc najcieplejszych miesięcy sezonu grzewczego – września i maja.

Tabela 6. Miesięczna liczba stopniodni grzania Sd(15°C) dla Łodzi obliczona z definicji, dla wartości stałej k wyznaczonej ze średnich dziennych temperatur miesiąca oraz założonych wartości stałej k=0,71; 0,74; 0,77; 0,85; 0,9; i 0,95 dla najzimniejszego sezonu 2002/2003 r.

Miesiąc	Liczba stopniodni grzania Sd(15°C)							
	z definicji	$k=k_{rz}$	k=0,71	k=0,74	k=0,77	k=0,85	k=0,9	k=0,95
	°Cdni	°Cdni	°Cdni	°Cdni	°Cdni	°Cdni	°Cdni	°Cdni
09.2002	85,9	84,4	76,3	74,9	73,5	70,5	68,9	67,5
10.2002	252,8	253,5	253,6	253,4	253,3	253,1	253,0	252,9
11.2002	322	322,2	322,1	322,1	322,1	322,0	322,0	322,0
12.2002	626,4	626,4	626,4	626,4	626,4	626,4	626,4	626,4
01.2003	555,5	555,9	555,5	555,5	555,5	555,5	555,5	555,5
02.2003	528,8	**528,8**	**528,8**	**528,8**	**528,8**	**528,8**	**528,8**	**528,8**
03.2003	395	395,2	395,0	395,0	395,0	395,0	395,0	395,0
04.2003	234,1	237,4	230,4	230,2	230,0	229,8	229,6	229,6
05.2003	28,6	31,9	35,5	33,7	32,1	28,4	26,4	24,7

Tabela 7. Miesięczna liczba stopniodni grzania Sd(15°C) dla Łodzi obliczona z definicji, dla wartości stałej k wyznaczonej ze średnich dziennych temperatur miesiąca oraz założonych wartości stałej k=0,71; 0,74; 0,77; 0,85; 0,9; i 0,95 dla średniego sezonu 2008/2009 r.

Miesiąc	Liczba stopniodni grzania Sd(15°C)							
	z definicji	$k=k_{rz}$	k=0,71	k=0,74	k=0,77	k=0,85	k=0,9	k=0,95
	°Cdni	°Cdni	°Cdni	°Cdni	°Cdni	°Cdni	°Cdni	°Cdni
09.2008	99,5	97,6	88,8	87,4	86,2	83,6	82,2	81,0
10.2008	165	165,5	168,9	168,3	167,8	166,8	166,4	166,1
11.2008	293,3	294,3	293,6	293,5	293,5	293,4	293,4	293,3
12.2008	425,2	425,2	425,2	425,2	425,2	425,2	425,2	425,2
01.2009	554,3	554,3	554,3	554,3	554,3	554,3	554,3	554,3
02.2009	447,1	447,1	447,1	447,1	447,1	447,1	447,1	447,1
03.2009	384,2	384,2	384,3	384,3	384,2	384,2	384,2	384,2
04.2009	110,6	109,4	113,0	112,0	111,1	109,1	108,1	107,3
05.2009	71,8	70,4	77,9	76,4	75,0	71,8	70,2	68,7

Tabela 8. Miesięczna liczba stopniodni grzania Sd(15°C) dla Łodzi obliczona z definicji, dla wartości stałej k wyznaczonej ze średnich dziennych temperatur miesiąca oraz założonych wartości stałej k=0,71; 0,74; 0,77; 0,85; 0,9; i 0,95 dla najcieplejszego sezonu 2006/2007 r.

Miesiąc	Liczba stopniodni grzania Sd(15°C)							
	z definicji	$k=k_{rz}$	k=0,71	k=0,74	k=0,77	k=0,85	k=0,9	k=0,95
	°Cdni	°Cdni	°Cdni	°Cdni	°Cdni	°Cdni	°Cdni	°Cdni
09.2006	8,7	10,6	27,4	25,8	24,3	20,9	19,1	17,5
10.2006	130,3	135,3	135,3	134,4	133,6	132,0	131,3	130,7
11.2006	270,4	270,5	270,8	270,7	270,7	270,5	270,5	270,4
12.2006	347,1	347,1	347,2	347,2	347,2	347,1	347,1	347,1
01.2007	358,6	359,1	358,7	358,7	358,7	358,6	358,6	358,6
02.2007	416	416,0	416,0	416,0	416,0	416,0	416,0	416,0
03.2007	267,8	267,8	268,4	268,3	268,2	268,0	267,9	267,9
04.2007	164,1	162,5	162,0	161,5	161,0	160,0	159,6	159,3
05.2007	69,2	65,6	42,6	40,8	39,2	35,4	33,4	31,6

W najcieplejszym sezonie 2006/2007 r. wzór Hitchin'a lepiej szacuje Sd(15°C) dla większych wartości stałej k=0,95 gdy wrzesień 2006 r. jest cieplejszy lub dla mniejszych wartości stałej k=0,71 dla zimniejszego maja 2007 r.. Wartości Sd(15°C) dla grudnia, stycznia i lutego wzór Hitchin'a bardzo dobrze szacuje dla wartości k od 0,71 do 0,95. W najzimniejszym sezonie 2002/2003 r. wzór Hitchin'a lepiej szacuje Sd(15°C) dla mniejszych wartości stałej k=0,71 gdy wrzesień 2002 r. był cieplejszy lub dla większych wartości stałej k=0,85 dla zimniejszego maja 2003 r. Wartości Sd(15°C) dla grudnia, stycznia i lutego wzór Hitchin'a bardzo dobrze szacuje dla wartości k od 0,71 do 0,95. Szacowanie w miesiącach październik, listopad, marzec, kwiecień liczby stopniodni grzania z wzoru Hitchin'a jest dostatecznie dokładne dla wartości k od 0,71 do 0,95.

W **tabeli 9** podano błąd oszacowania liczby stopniodni grzania Sd(15°C) obliczony z wzoru:

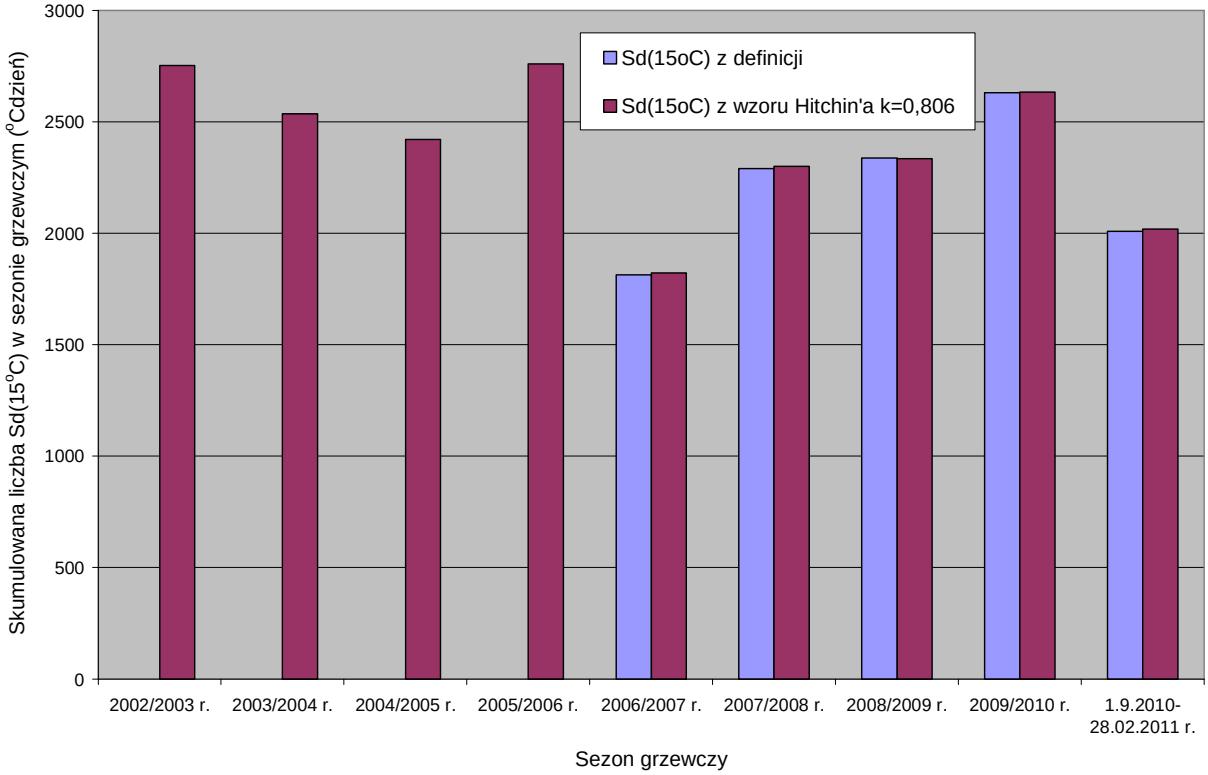
$$e = \frac{Sd(15^o C)_k - Sd(15^o C)_{pop}}{Sd(15^o C)_{pop}} * 100\% \qquad (7)$$

gdzie: $Sd(15^oC)_k$ – liczba stopniodni grzania dla ustalonej wartości stałej k,
$Sd(15^oC)_{pop}$ – poprawna liczba stopniodni grzania obliczona z wzoru definicyjnego.

Tabela 9. Błąd oszacowania miesięcznej liczby stopniodni grzania Sd(15°C) dla Łodzi przy pomocy wzoru Hitchin'a dla wartości stałej k_{rz} wyznaczonej ze średnich dziennych temperatur miesiąca oraz założonych wartości stałej k=0,71; 0,74; 0,77; 0,85; 0,9; i 0,95.

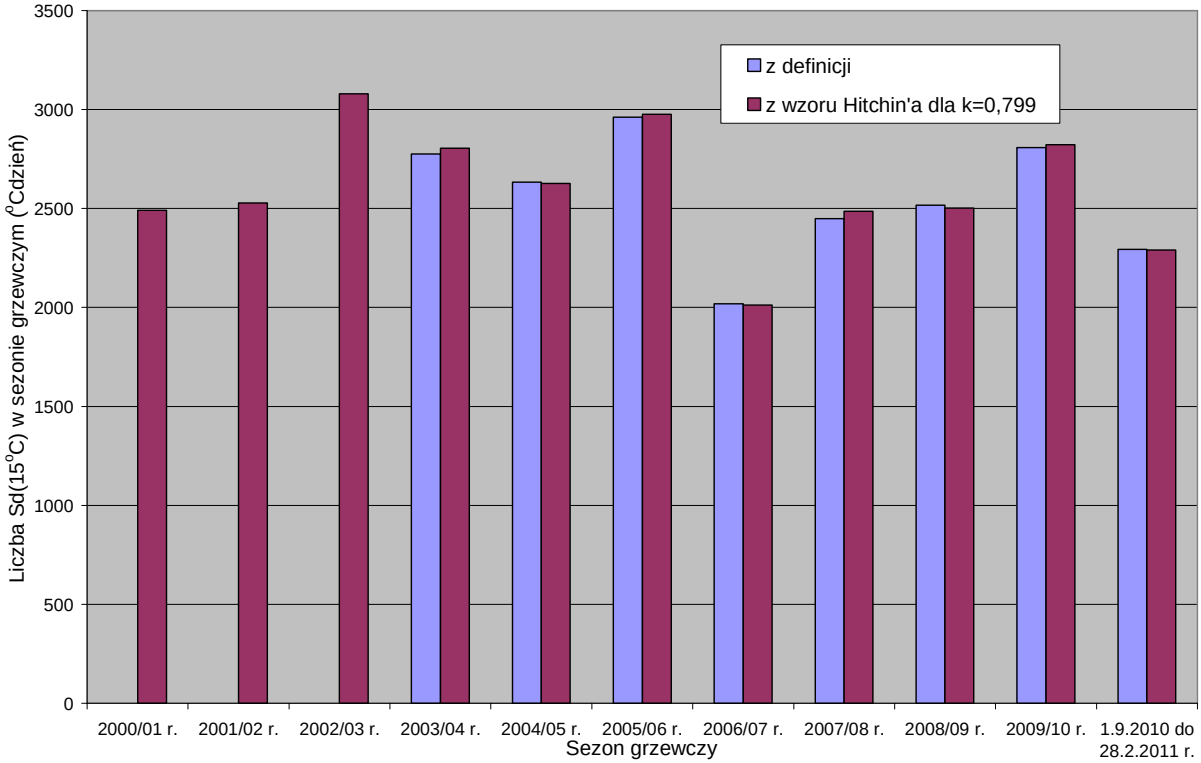
Miesiąc	Błąd e						
	k_{rz}	k=0,71	k=0,74	k=0,77	k=0,85	k=0,9	k=0,95
	%	%	%	%	%	%	%
09.2008	-1,888	-10,786	-12,123	-13,331	-16,026	-17,396	-18,571
10.2008	0,314	2,345	1,993	1,695	1,104	0,846	0,649
11.2008	0,333	0,100	0,076	0,057	0,028	0,018	0,013
12.2008	0,000	0,005	0,003	0,002	0,000	-0,001	-0,001
01.2009	0,006	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
02.2009	0,001	0,002	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001
03.2009	0,004	0,019	0,014	0,011	0,006	0,005	0,004
04.2009	-1,096	2,195	1,250	0,412	-1,394	-2,270	-2,997
05.2009	-1,922	8,518	6,383	4,438	0,024	-2,268	-4,270
09.2009	15,675	62,341	55,752	49,677	35,574	28,032	21,284
10.2009	-0,594	-0,836	-0,898	-0,946	-1,028	-1,058	-1,077
11.2009	0,027	0,140	0,106	0,080	0,038	0,024	0,015
12.2009	0,128	-0,002	-0,002	-0,002	-0,003	-0,003	-0,003
01.2010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
02.2010	0,003	0,000	0,000	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001
03.2010	0,921	0,023	0,016	0,012	0,006	0,004	0,003
04.2010	-0,994	-0,482	-0,709	-0,897	-1,258	-1,408	-1,519
05.2010	4,531	14,702	13,077	11,612	8,356	6,710	5,302
09.2010	1,942	10,379	9,069	7,896	5,321	4,040	2,958
10.2010	0,002	0,126	0,095	0,072	0,034	0,021	0,013
11.2010	1,433	0,135	0,103	0,078	0,039	0,026	0,017
12.2010	0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001
01.2011	0,007	0,004	0,003	0,003	0,002	0,002	0,002
02.2011	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001

W analizowanych latach największe błędy oszacowania występują dla małych wartości liczby stopniodni grzania, które występują we wrześniu i maju. W tych dwóch miesiącach zużyto: 3,8% energii na ogrzewanie w całym sezonie 2006/2007 r., 5% - w całym sezonie 2007/2008 r., 6,7% - w całym sezonie 2008/2009 r., 3,8% - w całym sezonie 2009/2010 r. Ewentualne błędy w oszacowaniu liczby Sd(15^{o}C) (**rys. 7, 8**) w tych dwóch miesiącach będą miały mały wpływ na prognozowanie zużycia paliw na ogrzewanie budynków w całym sezonie grzewczym.



Rys. 7. Skumulowana liczba stopniodni grzania Sd(15^{o}C) w sezonach grzewczych od 2002/3003 r. do 2009/2010 r. oraz w okresie od 01.09.2010 r. do 28.02.2011 r. dla Wrocławia II (51^{o}06'00''N, 016^{o}52'58''E, 124 m npm) obliczona z definicji ze średnich dziennych temperatur powietrza oraz z wzoru Hitchin'a z średnich miesięcznych temperatur powietrza dla k=0,806.

Mniejsze błędy oszacowania występują dla października i kwietnia i wahają się od -2,997% do 3,829% dla analizowanego wielolecia. Błąd oszacowania w pozostałych miesiącach sezonu grzewczego (listopad, grudzień, styczeń luty, marzec) jest pomijalnie mały dla stałej k od 0,71 do 0,95. W tych miesiącach zużyto: 81,7% energii na ogrzewanie w całym sezonie 2006/2007 r., 78,6% - w całym sezonie 2007/2008 r., 82,5% - w całym sezonie 2008/2009 r., 80,6% - w całym sezonie 2009/2010 r.



Rys. 8. Skumulowana liczba stopniodni grzania Sd(15°C) w sezonach grzewczych od 2000/3001 r. do 2009/2010 r. oraz w okresie od 01.09.2010 r. do 28.02.2011 r. dla Warszawy Okęcia (59°10'01''N, 020°58'01''E, 106 m npm) obliczona z definicji ze średnich dziennych temperatur powietrza oraz z wzoru Hitchin'a z średnich miesięcznych temperatur powietrza dla k=0,799.

Obliczenie liczby Sd(t_b) dla dowolnej t_b

W **tabeli 10** podano miesięczną liczbę stopniodni grzania obliczoną z definicji dla temperatury bazowej od 12°C do 18,3°C dla Łodzi. Te wartości Sd(t_b) są wartościami poprawnymi. W **tabelach 11-14** podano miesięczna liczbę stopniodni grzania dla analogicznego zakresu temperatury bazowej obliczoną z wzoru Hitchin'a dla stałej k równej: 0,71; 0,74; 0,77 i 0,85. Obliczone wartości Sd(t_b) najbardziej różnią się od wartości poprawnych (**tabela 10**) dla miesięcy od maja do września.

Tabela 10. Miesięczna liczba stopniodni grzania Sd(t_b) dla temperatury bazowej t_b od 12°C do 18,3°C obliczona z definicji dla Łodzi w 2006 r.

t_b	Liczba stopniodni grzania Sd(t_b) obliczona z definicji (°C·dzień)											
---	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
12°C	612,1	413,3	391,5	102,9	11,4	5,8	0,0	0,0	0,0	58,1	180,4	254,1
13°C	643,1	441,3	422,5	127,2	23,1	12,4	0,0	1,2	0,8	78,3	210,4	285,1
14°C	674,1	469,3	453,5	153,1	38,1	20,4	0,0	3,2	4,4	102,7	240,4	316,1
15°C	75,2	497,3	484,5	180,4	57,0	29,2	0,0	5,9	8,7	130,3	270,4	347,1
16°C	736,1	525,3	515,5	210,2	79,6	39,0	0,0	11,8	22,7	159,1	300,4	378,1
17°C	767,1	553,3	546,5	240,2	106,4	49,7	0,0	27,0	38,2	190,1	330,4	409,1
18°C	798,1	581,3	577,5	270,2	135,8	61,1	1,2	47,1	59,3	221,1	360,4	440,1
18,3 °C	807,4	589,7	586,8	279,2	144,8	64,8	1,8	53,4	67,3	230,4	369,4	449,4

Tabela 11. Miesięczna liczba stopniodni grzania Sd(t_b) dla temperatury bazowej od 12°C do 18,3°C obliczona z wzoru Hitchin'a dla stałej k=0,71 dla Łodzi w 2006 r.

Wielkość	Liczba stopniodni grzania Sd(t_b) obliczona z definicji (°C·dzień)											
---	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
Sd(12°C)	612,1	413,3	391,5	102,3	23,1	3,3	0,1	4,2	6,9	63,5	183,0	254,9
Sd(13°C)	643,1	441,3	422,5	127,6	34,6	5,5	0,3	7,1	11,4	84,7	211,9	285,5
Sd(14°C)	674,1	469,3	453,5	154,6	49,6	9,2	0,5	11,7	18,0	108,9	241,2	316,3
Sd(15°C)	705,1	497,3	484,5	182,8	68,2	14,8	0,9	18,5	27,4	135,3	270,9	347,2
Sd(16°C)	736,1	525,3	515,5	211,7	90,2	22,9	1,5	28,2	40,2	163,4	300,6	378,2
Sd(17°C)	767,1	553,3	546,5	241,0	114,9	34,2	2,7	41,4	56,5	192,6	330,5	409,1
Sd(18°C)	798,1	581,3	577,5	270,7	141,8	48,9	4,6	58,1	76,1	222,5	360,5	440,1
Sd(18,3°C)	807,4	589,7	586,8	279,6	150,2	54,0	5,4	63,9	82,6	231,6	369,5	449,4

Tabela 12. Miesięczna liczba stopniodni grzania Sd(t_b) dla temperatury bazowej od 12°C do 18,3°C obliczona z wzoru Hitchin'a dla stałej k=0,74 dla Łodzi w 2006 r.

Wielkość	Liczba stopniodni grzania Sd(t_b) obliczona z definicji (°C·dzień)											
---	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
Sd(12°C)	612,1	413,3	391,5	101,1	21,6	2,7	0,1	3,6	6,1	61,9	182,5	254,7
Sd(13°C)	643,1	441,3	422,5	126,7	32,9	4,8	0,2	6,3	10,2	83,3	211,6	285,4
Sd(14°C)	674,1	469,3	453,5	154,0	47,9	8,2	0,4	10,5	16,6	107,7	241,0	316,3
Sd(15°C)	705,1	497,3	484,5	182,3	66,6	13,5	0,7	17,0	25,8	134,4	270,7	347,2
Sd(16°C)	736,1	525,3	515,5	211,4	88,8	21,4	1,2	26,5	38,5	162,7	300,6	378,1
Sd(17°C)	767,1	553,3	546,5	240,8	113,8	32,5	2,2	39,6	54,8	192,2	330,5	409,1
Sd(18°C)	798,1	581,3	577,5	270,5	141,0	47,2	4,0	56,4	74,6	222,2	360,4	440,1
Sd(18,3°C)	807,4	589,7	586,8	279,5	149,4	52,4	4,7	62,2	81,2	231,3	369,4	449,4

Tabela 13. Miesięczna liczba stopniodni grzania Sd(t_b) dla temperatury bazowej od 12°C do 18,3°C obliczona z wzoru Hitchin'a dla stałej k=0,77 dla Łodzi w 2006 r.

Wielkość	Liczba stopniodni grzania Sd(t_b) obliczona z definicji (°C·dzień)											
---	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
Sd(12°C)	612,1	413,3	391,5	100,1	20,1	2,3	0,1	3,1	5,3	60,3	182,2	254,6
Sd(13°C)	643,1	441,3	422,5	126,0	31,3	4,2	0,1	5,5	9,2	82,0	211,4	285,3
Sd(14°C)	674,1	469,3	453,5	153,4	46,2	7,3	0,3	9,5	15,3	106,7	240,9	316,2
Sd(15°C)	705,1	497,3	484,5	182,0	65,1	12,3	0,5	15,7	24,3	133,6	270,7	347,2
Sd(16°C)	736,1	525,3	515,5	211,2	87,5	20,0	1,0	25,0	36,9	162,2	300,5	378,1
Sd(17°C)	767,1	553,3	546,5	240,7	112,8	30,9	1,9	38,0	53,3	191,8	330,5	409,1
Sd(18°C)	798,1	581,3	577,5	270,5	140,3	45,7	3,4	54,8	73,3	222,0	360,4	440,1
Sd(18,3°C)	807,4	589,7	586,8	279,4	148,8	50,8	4,1	60,6	80,0	231,2	369,4	449,4

Tabela 14. Miesięczna liczba stopniodni grzania Sd(t_b) dla temperatury bazowej od 12°C do 18,3°C obliczona z wzoru Hitchin'a dla stałej k=0,85 dla Łodzi w 2006 r.

Wielkość	Liczba stopniodni grzania Sd(t_b) obliczona z definicji (°C·dzień)											
---	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
Sd(12°C)	612,1	413,3	391,5	97,8	16,8	1,5	0,0	2,0	3,8	56,8	181,5	254,3
Sd(13°C)	643,1	441,3	422,5	124,3	27,5	2,9	0,1	3,9	7,0	79,0	210,9	285,2
Sd(14°C)	674,1	469,3	453,5	152,4	42,5	5,4	0,1	7,2	12,4	104,4	240,7	316,2
Sd(15°C)	705,1	497,3	484,5	181,3	61,7	9,7	0,3	12,8	20,9	132,0	270,5	347,1
Sd(16°C)	736,1	525,3	515,5	210,7	84,7	16,8	0,6	21,5	33,2	161,2	300,5	378,1
Sd(17°C)	767,1	553,3	546,5	240,5	110,7	27,3	1,2	34,2	49,8	191,1	330,4	409,1
Sd(18°C)	798,1	581,3	577,5	270,3	138,8	42,0	2,3	51,2	70,3	221,6	360,4	440,1
Sd(18,3°C)	807,4	589,7	586,8	279,3	147,5	47,2	2,8	57,1	77,1	230,8	369,4	449,4

Obliczenie liczby Sd(t_b) dla wielolecia 1971-2000

W przypadku rozpatrywania okresów wieloletnich najczęściej dostępna jest tylko średnia miesięczna temperatura powietrza. Średnie miesięczne liczby stopniodni grzania dla wielolecia 1971-2000 dla Łodzi obliczono dla oszacowanej stałej k=0,74 dla temperatur bazowych od 12°C do 18,3°C (**tabela 15).** Dane z wielolecia służą często jako baza porównawcza do oceny czy bieżący sezon grzewczy jest zimniejszy czy cieplejszy od średniego w wieloleciu.

Tabela 15. Średnia miesięczna liczba stopniodni grzania Sd(t_b) w wieloleciu 1971-2000 dla t_b od 12°C do 18,3°C obliczona z wzoru Hitchin'a dla stałej k=0,74 dla Łodzi

Wielkość	Liczba stopniodni grzania Sd(t_b) obliczona z definicji (°C·dzień)											
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
tśr	-2	-1	2,8	7,7	13,4	16,1	17,7	17,6	13	8,2	2,8	-0,4
k=2,5/S	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74
dni	31	28,25	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Sd(12°C)	434,0	367,3	285,5	134,6	23,9	6,2	2,6	2,8	27,4	125,3	276,3	384,4
Sd(13°C)	465,0	395,5	316,4	162,2	36,0	10,4	4,6	4,9	40,6	153,2	306,2	415,4
Sd(14°C)	496,0	423,8	347,3	190,8	51,9	16,9	7,9	8,4	57,4	182,3	336,1	446,4
Sd(15°C)	527,0	452,0	378,2	220,0	71,5	26,3	13,1	13,8	77,7	212,2	366,0	477,4
Sd(16°C)	558,0	480,3	409,2	249,5	94,4	39,1	20,9	21,9	101,0	242,6	396,0	508,4
Sd(17°C)	589,0	508,5	440,2	279,3	120,0	55,5	32,0	33,3	126,6	273,2	426,0	539,4
Sd(18°C)	620,0	536,8	471,2	309,2	147,5	75,5	46,7	48,4	153,8	304,0	456,0	570,4
Sd(18,3°C)	629,3	545,2	480,5	318,1	156,1	82,1	51,9	53,7	162,2	313,3	465,0	579,7

Wnioski

W Wielkiej Brytanii przyjmuje się wartość stałej k **[6]** we wzorze Hitchin'a od 0,66 dla Heathrow i Birmingham, 0,7 dla Manchester, 0,74 dla Glasgow, 0,78 dla Cardiff i średnio 0,71 dla całego terytorium (**tabela 16 i 17**).

Tabela 16. Średnia miesięczna i roczna liczba stopniodni grzania Sd(15°C) w wieloleciu 2006-2010 dla wybranych miast

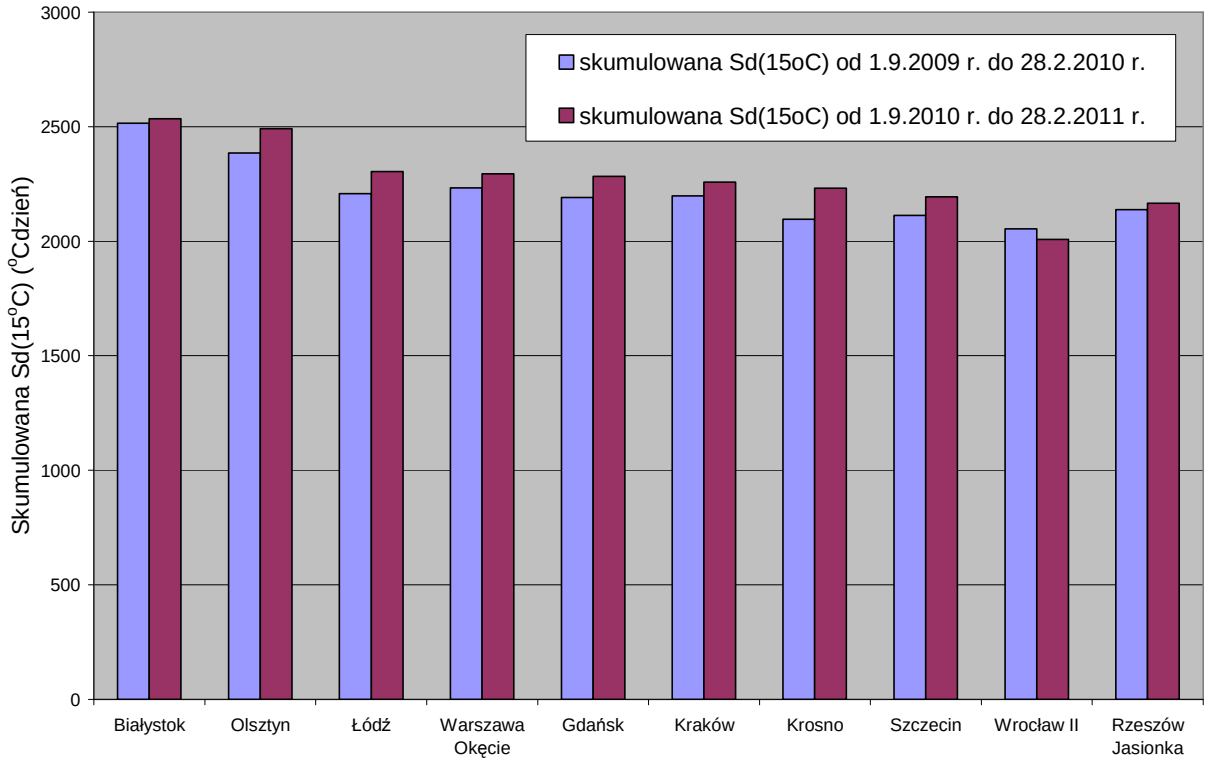
Okres	Średnia roczna i miesięczna liczba stopniodni grzania Sd(15°C) w wieloleciu 2006-2010 (°C·dzień)								
	War-szawa	Gdańsk	Łódź	Wro-cław	Glasgow	Birmin-gham	Man-chester	Cardiff	He-athrow
Styczeń	553	520	545	505	352	343	344	313	311
Luty	441	421	434	396	316	316	309	282	281
Marzec	359	364	373	338	307	287	289	267	251
Kwiecień	160	190	166	142	206	193	190	174	147
Maj	56	76	68	51	145	123	122	109	86
Czerwiec	12	14	18	12	67	53	57	41	28
Lipiec	1	0	2	1	40	27	30	19	11
Sierpień	4	2	6	3	53	34	33	24	15
Wrzesień	54	34	58	45	82	67	62	47	35
Październik	202	188	215	187	166	147	145	107	106
Listopad	304	296	305	276	267	253	252	208	207
Grudzień	471	454	475	451	400	374	373	327	325
Rok	**2617**	**2559**	**2665**	**2407**	**2401**	**2217**	**2206**	**1918**	**1803**

Tabela 17. Średnia wartość stałej k we wzorze Hitchin'a w wieloleciu dla wybranych miast

Okres	Stała k				
	Warszawa	Gdańsk	Wrocław	Łódź	Łódź
---	2006-2010	2006-2010	2006-2010	2006-2010	2001-2010
9 miesięcy	0,799	0,873	0,806	0,780	0,774
12 miesięcy	0,821	0,912	0,825	0,793	0,739

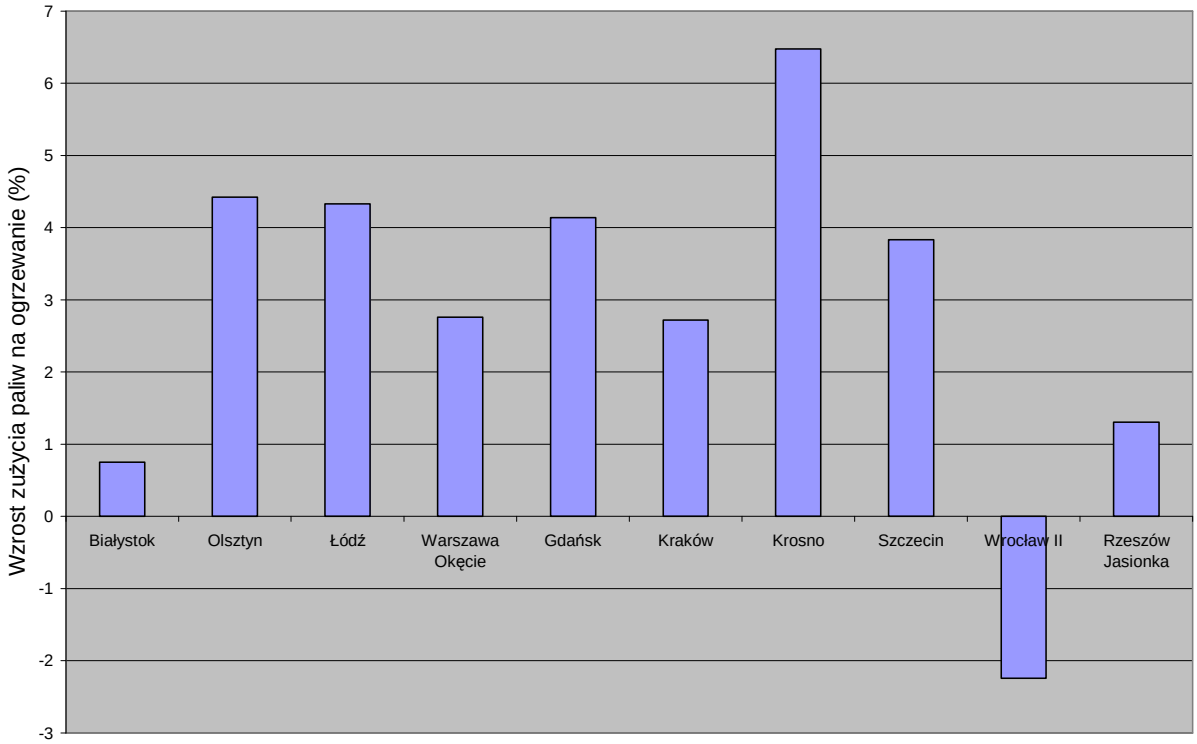
Przyjęcie dla Łodzi stałej k równej 0,71; 0,74 czy 0,77 we wzorze Hitchin'a dla miesięcy październik, listopad, grudzień, styczeń, luty marzec i kwiecień pozwala na dostatecznie dokładne obliczenie liczby stopniodni grzania dla temperatur bazowych od 12°C do 18,3°C. Dla cieplejszych miesięcy sezonu grzewczego (września i maja) błąd obliczenia liczby $Sd(t_b)$ jest większy.

W obecnym sezonie grzewczym liczonym od 01.09.2010 r. do 28.02.2011 r. liczba stopniodni grzania jest wyższa niż w analogicznym okresie poprzedniego sezonu grzewczego **(rys. 9).** Wyjątkiem jest tylko Wrocław.



Rys. 9. Skumulowana liczba stopniodni grzania Sd(15°C) w okresie od 01.09.2009 r. do 28.02.2010 r. oraz od 01.09.2010 r. do 28.02.2011 r. obliczona z definicji ze średnich dziennych temperatur powietrza dla wybranych miast Polski

Taki przebieg pogody spowodował, że dla tych dziewięciu miast w tym okresie obecnego sezonu grzewczego zużycie paliw na ogrzewanie będzie większe, np. o 6,5% w przypadku Krosna, 4,4% w przypadku Olsztyna i 4,3% w przypadku Łodzi niż w analogicznym okresie poprzedniego sezonu grzewczego (**rys. 10**). Tylko we Wrocławiu zużycie paliw w tym okresie będzie mniejsze o 2,2%.



Rys. 10. Wzrost zużycia paliw na ogrzewanie budynków w okresie od 01.09.2010 r. do 28.02.2011 r. w stosunku do analogicznego okresu poprzedniego sezonu grzewczego od 01.09.2009 r. do 28.02.2010 r. dla wybranych miast Polski

Literatura

[1] Degree-days: theory and application TM41:2006. The Chartered Institution of Building Services Engineers 222 Balham High Road, London SW129BS.

[2] M. Błaziak, M. Reszczyńska. Magazyn Polski Gaz i Nafta PGNiG S. A. 1998.

[3] OGIMET. www.ogimet.com

[4] Dopke J.: Skumulowane zmienne zużycie gazu w sezonie grzewczym. www.cire.pl 02.03.2009 r.

[5] Dopke J.: Zależność skumulowanego zużycia gazu względem skumulowanej liczby stopniodni grzania w sezonie grzewczym. Gaz, Woda i Technika Sanitarna 2009 nr 1.

[6] www.energylens.com/articles/degree-days. Degree-Days - Handle with Care!.

Józef Dopke
jozefdopke@wp.pl

All rights reserved. This work may not be translated or copied in whole or in part without the written permission of the publisher (Józef Dopke, jozefdopke@wp.pl) , except for brief excerpts in connection with reviews or scholary analysis. Use in connection with any form of information storage and retrieval, electronic adaptation, computer software, or by similar or dissimilar methodology now known or hereafter developed is forbidden.