

**Grzegorz Majewski, Dariusz Gołaszewski,
Wiesława Przewoźniczuk, Tomasz Rozbicki**

Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska SGGW,
Zakład Meteorologii i Klimatologii,
02–787 Warszawa, ul. Nowoursynowska 166
e-mail: grzegorz_majewski@sggw.pl

WARUNKI TERMICZNE I ŚNIEŻNE ZIM W WARSZAWIE W LATACH 1978/79–2009/10

Thermal and snow conditions of winters in Warsaw 1978/79–2009/10

Summary. Thermal and snow conditions of winters in Warsaw in the period 1978/79–2009/10 (32 winter seasons) was presented in the paper. Measurement data of meteorological station Ursynów-WULS (SGGW) including mean, maximum and minimum values of daily air temperature and daily snow cover depth was used to the analysis ($\lambda_E 21^{\circ}02'52''$, $\phi_N 52^{\circ}09'38''$, elevation a.s.l. 102,5 m). The station is situated in southern part of Warsaw. Winter meteorological conditions were presented Winter Severity Index and Winter Snowiness Index by Paczos (1985). In studied period variety of thermal and snow conditions of winters is stated. According to thermal severity and snowiness classification moderately severe and moderately snowy winters occur in Warsaw the most frequent.

Słowa kluczowe: zima, ostrość termiczna, śnieżność zimy, Warszawa

Key words: winter, winter severity, winter snowiness, Warsaw

WSTĘP

Wzrost średniej temperatury powietrza w okresie ostatniego 30-lecia jest wyraźny. Zimy stały się łagodniejsze i znaczna ich część jest prawie bezśnieżna, wiosna stała się cieplejsza od jesieni, pojawiły się też gorące lata. Na szczególną uwagę zasługują ostatnie 20-lecie XX wieku oraz początek wieku XXI, w których nastąpiło wyraźne zwiększenie tempa ocieplenia (Kožuchowski, Żmudzka 2001, Żmudzka 2009). W latach 1951–2006 tempo wzrostu średniej rocznej temperatury w Polsce wynosiło 0,02°C na rok (Żmudzka 2009).

Pomiary prowadzone na stacji meteorologicznej Ursynów-SGGW od 1960 r. potwierdzają wzrost średniej rocznej temperatury powietrza. Tłumaczy się go jest m.in. postępującą urbanizacją – procesem wpływającym na zmianę klimatu lokalnego Ursynowa (Rozbicki i in. 2005). W publikacjach dotyczących ocieplenia klimatu znajdują się informacje, że wzrost temperatury wyraźniej uwidacznia się w pierwszej połowie roku kalendarzowego, a więc zimy stają się łagodniejsze, wcześniej pojawia się przedwiośnie (Kozuchowski red. 2004). Autorzy niniejszego artykułu uznali więc za istotne przeanalizowanie warunków termicznych i śnieżnych zim w ciągu ostatniego 30-lecia i zbadanie tendencji ich ostrości i śnieżności.

Badaniem „ostrości” lub „mroźności” zim zajmowało się wielu badaczy, stosując różne wskaźniki i kryteria oceny. Podstawę do obliczeń stanowiły wartości średniej dobowej, maksymalnej i minimalnej temperatury powietrza. Paczos (1985) w swojej pracy *Zagadnienie klasyfikacji zim w świetle różnych kryteriów termicznych* dzieli charakterystyki ostrości zim na 3 grupy. Do pierwszej grupy zalicza te opracowania, w których do oceny warunków termicznych zim stosowano sumy średnich dobowych wartości temperatury poniżej 0°C lub sumy wartości temperatury minimalnej albo maksymalnej poniżej lub powyżej 0°C . Brakuje jednak jednolitych kryteriów klasyfikacji zim opartych na tej metodzie. Druga grupa metod badawczych oparta jest na średniej temperaturze powietrza w okresie zimy i jej odchyleniu od średniej wieloletniej. Miesiące, jakie są brane pod uwagę w obliczeniach, to: listopad-marzec, grudzień-marzec lub grudzień-luty, a nawet styczeń-luty. Klasyfikację zim na podstawie średniej temperatury z miesięcy grudzień-luty i odchylenia standardowego od średniej wieloletniej zaproponowały Lorenc i Suwalska-Bogucka (1995). Trzecia grupa to opracowania, w których autorzy posługują się formułami matematycznymi wyrażającymi zależność „wskaźnika ostrości zim” od różnych charakterystyk klimatologicznych okresu zimowego, takich m.in., jak: liczba dni ze średnią temperaturą dobową $\leq 0^{\circ}\text{C}$, średnia temperatura dobowa $\leq 0^{\circ}\text{C}$, suma wartości temperatury maksymalnej z dni o $t_{\max} \leq 0^{\circ}\text{C}$ (Piotrowicz 2003), suma wartości temperatury minimalnej z dni o $t_{\min} \leq 0^{\circ}\text{C}$, suma średnich dobowych wartości temperatury powietrza $< 0^{\circ}\text{C}$ w okresie zimowym, przy czym za okres zimowy najczęściej uznaje się miesiące od grudnia do lutego, od grudnia do marca lub od listopada do marca. Wymienić tu można wskaźniki ostrości zim opracowane przez Labrijana, Kosibę i Osokina (Janasz 2000 za Paczosem 1985).

W większości prac dokonano charakterystyki termicznej zim. W znacznie mniejszej liczbie prac poruszono problem warunków termicznych i śnieżnych łącznie (Paczos 1985, Janasz 2000, Olba-Zięty, Grabowski 2007).

Klasyfikacja zim jest zadaniem niełatwym, co wynika ze zmienności i kontrastowości pogody w naszym klimacie. Warunki meteorologiczne zim w Polsce kształtują się głównie pod wpływem oddziaływania Niżu Islandzkiego i Wyżu

Azorskiego oraz Wyżu Rosyjskiego. Wynika stąd duża zmienność wewnątrzsezonowa i wieloletnia zim.

MATERIAŁ I METODA

Dane pomiarowe wykorzystane w opracowaniu pochodziły ze stacji meteorologicznej Ursynów-SGGW (λ_E 21°02'52" ϕ_N 52°09'38", h n.p.m. 102,5 m) należącej do Zakładu Meteorologii i Klimatologii SGGW, usytuowanej w południowej części Warszawy. Materiałem źródłowym były średnie dobowe, minimalne i maksymalne wartości temperatury powietrza oraz dobowe wysokości pokrywy śnieżnej z zim 1978/79–2009/10.

Najczęściej za zimę przyjmuje się okres trzech miesięcy, od 1 grudnia do 28 lub 29 lutego jest to tzw. zima meteorologiczna. W niniejszym opracowaniu charakterystyka ostrości termicznej i śnieżności zim dotyczyła okresu od grudnia do marca. Włączenie marca do sezonu zimowego podyktowane było faktem częstego występowania w tym miesiącu zjawisk pogodowych typowych dla tej pory roku, tzn. ujemnych wartości temperatury powietrza w ciągu doby, jak również wymogami zastosowanej metody.

Ostrość termiczną zim określono za pomocą wskaźnika liczbowego (1) opracowanego przez Paczosa (1982):

$$WOz = (1 - 0,25 \cdot t) \cdot 0,8325 + 0,0144 \cdot d_z + 0,0087 \cdot d_m + 0,0045 \cdot d_{bm} - 0,0026 \cdot S_t \quad (1)$$

gdzie: WOz – wskaźnik ostrości termicznej zim, t – średnia temperatura powietrza sezonu zimowego ($^{\circ}C$), d_z – liczba dni zimowych (ze średnią temperaturą dobową poniżej $0^{\circ}C$), d_m – liczba dni mroźnych (z temperaturą maksymalną poniżej $0^{\circ}C$), d_{bm} – liczba dni bardzo mroźnych (z temperaturą minimalną poniżej $-10^{\circ}C$), S_t – suma średnich dobowych wartości temperatury poniżej $0^{\circ}C$.

Wartości wskaźnika ostrości termicznej mieszczą się w zakresie od 0 w przypadku zim najłagodniejszych do 10 – najbardziej mroźnych. W opracowanej przez Paczosa formule wprowadzono modyfikację zaproponowaną przez Janasz (2000). Modyfikacja wzoru polega na uwzględnieniu w obliczeniach liczby dni bardzo mroźnych, rozumianych jako dni z temperaturą maksymalną, a nie jak proponował Paczos – z temperaturą minimalną w ciągu doby poniżej $-10^{\circ}C$.

Do obliczenia wskaźnika „śnieżności zim” posłużono się formułą (2) zaproponowaną również przez Paczosa (1982):

$$Wsn = 0,0409 \cdot d_{ps} + 0,0246 \cdot d_{ps20} + 0,00007 \cdot S_h \quad (2)$$

gdzie: Wsn – wskaźnik śnieżności zimy w zakresie od 0 do 10, d_{ps} – liczba dni z pokrywą śnieżną o grubości powyżej 1 cm, d_{ps20} – liczba dni z pokrywą śnieżną o grubości powyżej 20 cm, S_h – suma grubości pokrywy śnieżnej.

Wykorzystując średnią wieloletnią wartość wskaźników ostrości WOz i śnieżności Wsn zim oraz ich odchylenia standardowe, wydzielono (podobnie jak uczynili to Paczos (1982) i Janasz (2000)) 3 grupy zim, ze względu na ostrość termiczną: zimy mroźne ($WOz \geq \overline{WOz} + \sigma$), umiarkowanie mroźne ($WOz - \sigma < WOz < \overline{WOz} + \sigma$) i łagodne ($WOz \leq \overline{WOz} - \sigma$) oraz ze względu na śnieżność: zimy śnieżne ($Wsn \geq \overline{Wsn} + \sigma$), umiarkowanie śnieżne ($\overline{Wsn} - \sigma < Wsn < \overline{Wsn} + \sigma$) i małośnieżne ($Wsn \leq \overline{Wsn} - \sigma$).

Wartości obliczonych wskaźników ostrości termicznej i śnieżności zim w 32-leciu (1978/79–2009/10) zamieszczono w tab. 1.

WYNIKI I DISKUSJA

Średnia temperatura powietrza w zimie (XII-III) w Warszawie w latach 1978/79–2009/10 wynosiła $0,1^{\circ}\text{C}$, przy czym wahała się od $-4,2^{\circ}\text{C}$ w 1995/96 do $3,8^{\circ}\text{C}$ w 1989/90 roku (tab. 1). Przebieg średniej temperatury powietrza jest bardzo zmienny z roku na rok, o czym świadczy m.in. wartość odchylenia standardowego, które wyniosło $2,2^{\circ}\text{C}$. Najchłodniejszym miesiącem jest styczeń z temperaturą średnią $-1,7^{\circ}\text{C}$. W analizowanym okresie średnia temperatura w styczniu zmieniała się jednak w bardzo dużym zakresie, od $-12,0^{\circ}\text{C}$ w 1987 r. do $3,8^{\circ}\text{C}$ w 2007 r.; zakres wahań wyniósł $15,8^{\circ}\text{C}$. Największym wahaniom podlegała temperatura w styczniu i lutym; odchylenie standardowe temperatury w tych miesiącach wynosiło odpowiednio $3,8^{\circ}\text{C}$ i $3,5^{\circ}\text{C}$ (tab. 1). Drugim najchłodniejszym miesiącem w roku jest luty, ze średnią wieloletnią temperaturą w Warszawie $-0,7^{\circ}\text{C}$. Najcieplejszy z analizowanych miesięcy jest marzec, ze średnią wieloletnią temperaturą $3,0^{\circ}\text{C}$. Odchylenie standardowe temperatury w tym miesiącu wyniosło $2,2^{\circ}\text{C}$ (tab. 1).

W badanym okresie 1978–2010, obejmującym 32 zimy, wskaźnik ostrości termicznej zim zmieniał się od 0,59 (1988/89) do 5,21 (1995/96) (tab. 1); wartość średnia tego wskaźnika wyniosła 2,46. Wystąpiło 6 typów zim: od bardzo łagodnych do umiarkowanie mroźnych (tab. 2). Najwięcej – 43,8% wszystkich przypadków – stanowiły zimy łagodne i bardzo łagodne, o wskaźniku WOz o wartości $0,01 \div 2,0$. Zima 1995/96 o najwyższym wskaźniku – 5,21 została zakwalifikowana jako umiarkowanie mroźna. W badaniach Olba-Zięty i Grabowskiego (2007), dotyczących Doliny Biebrzy, zima ta została zaliczona do bardzo mroźnych. Pozostałe zimy, o których mowa w pracy wymienionych autorów, również zostały zakwalifikowane o stopień wyżej niż w niniejszym opracowaniu. Stosunkowo wysokim wskaźnikiem WOz – $4,01 \div 5$, wyróżniły się 4 zimy: 1978/79, 1984/85, 1986/87 i 2002/03. Zima 1978/79 charakteryzowała się podobnym wskaźnikiem na większości stacji w Polsce (Paczos 1985).

Tabela 1. Średnia miesięczna temperatura powietrza oraz wskaźniki: ostrości (WOz) i śnieżności (Wsn) zim w Warszawie (1978/79–2009/10)**Table 1.** Mean monthly air temperature in winter and the indexes of winter severity (WOz) and snowiness (Wsn) in Warsaw (1978/79–2009/10)

Zima	Średnia temperatura powietrza (°C)						WOz	Wsn
	XII	I	II	III	XII–II	XII–III		
1978/79	-4,1	-5,9	-5,2	2,3	-5,1	-3,2	4,54	4,76
1979/80	1,6	-5,9	-1,8	-0,8	-2,0	-1,7	3,57	0,95
1980/81	-0,7	-2,8	-0,8	3,9	-1,4	-0,1	2,68	1,90
1981/82	-3,3	-3,6	-2,0	3,5	-3,0	-1,4	3,26	1,88
1982/83	1,5	3,8	-2,0	4,6	1,1	2,0	1,20	1,11
1983/84	-0,3	0,5	-1,5	1,4	-0,4	0,0	2,22	0,83
1984/85	-0,7	-7,8	-8,5	2,4	-5,7	-3,7	4,60	2,21
1985/86	1,9	-1,3	-9,3	2,3	-2,9	-1,6	3,37	2,79
1986/87	0,0	-12,0	-0,6	-2,1	-4,2	-3,7	4,67	3,17
1987/88	0,9	0,6	0,7	1,2	0,7	0,9	1,66	1,03
1988/89	1,0	2,3	4,1	5,7	2,5	3,3	0,59	0,25
1989/90	1,1	2,1	5,1	6,9	2,8	3,8	0,67	0,41
1990/91	0,2	0,3	-3,7	4,5	-1,1	0,3	2,25	1,20
1991/92	-1,0	-0,9	1,2	3,8	-0,2	0,8	1,84	0,17
1992/93	-0,1	0,6	-1,0	1,3	-0,2	0,2	2,28	1,33
1993/94	2,4	2,5	-2,4	4,2	0,8	1,7	1,23	0,25
1994/95	1,0	-1,6	3,3	3,1	0,9	1,5	1,68	0,79
1995/96	-5,3	-5,5	-5,1	-0,9	-5,3	-4,2	5,21	2,81
1996/97	-4,9	-3,6	2,4	3,6	-2,0	-0,6	2,98	0,62
1997/98	0,0	0,9	3,9	2,3	1,6	1,8	1,53	0,37
1998/99	-2,0	0,6	-0,7	5,1	-0,7	0,8	2,12	1,70
1999/00	1,3	-0,9	3,2	4,0	1,2	1,9	1,26	0,74
2000/01	2,3	0,3	0,2	3,0	0,9	1,5	1,58	0,53
2001/02	-3,6	-0,1	4,3	5,4	0,2	1,5	1,93	1,95
2002/03	-6,0	-2,4	-4,4	2,6	-4,3	-2,6	4,22	3,21
2003/04	1,8	-4,1	0,9	4,4	-0,5	0,7	2,16	1,86
2004/05	2,5	1,7	-2,4	0,8	0,6	0,7	2,07	2,43
2005/06	0,6	-7,3	-2,1	0,3	-3,0	-2,1	3,80	3,88
2006/07	4,6	3,8	-1,0	7,4	2,5	3,7	0,66	0,79
2007/08	0,5	1,3	3,5	4,0	1,8	2,3	1,10	0,21
2008/09	1,8	-2,2	-0,2	3,1	-0,2	0,6	1,89	1,16
2009/10	-0,8	-8,0	-1,7	4,1	-3,5	-1,6	3,88	4,15
Średnia	-0,2	-1,7	-0,7	3,0	-0,9	0,1	2,46	1,61
Najwyższa	4,6	3,8	5,1	7,4	2,7	3,8	5,21	4,76
Najniższa	-6,0	-12,0	-9,3	-2,1	-5,7	-4,2	0,59	0,17
Odchylenie standardowe	2,5	3,8	3,5	2,2	2,5	2,2	1,29	1,24

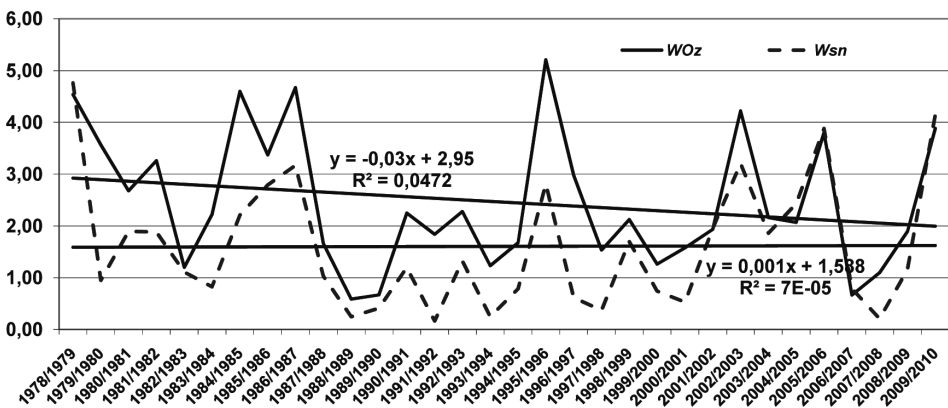
W badanym okresie 1978–2010 najzimniejszym miesiącem był styczeń 1987, o średniej miesięcznej temperaturze $-12,0^{\circ}\text{C}$, średnich dobowych od $-0,4$ do $-24,4^{\circ}\text{C}$ i absolutnym minimum temperatury $-29,2^{\circ}\text{C}$. Wskaźnik WOz osiągnął wartość 4,67 i zima 1986/87 została zakwalifikowana do chłodnych. Zima 2009/10, ze średnią temperaturą powietrza z 4 miesięcy (XII-III) $-1,6^{\circ}\text{C}$, została zakwalifikowana do umiarkowanie chłodnych – wskaźnik WOz wyniósł 3,88.

Tabela 2. Typy ostrości termicznej zim w Warszawie (1978/79–2009/10)

Table 2. Types of winter severity in Warsaw (1978/79–2009/10)

Typ ostrości zimy	WOz	Zimy	Częstość (%)	
I	Bardzo łagodna	0,01–1	1988/89, 1989/90, 2006/07	9,4
II	Łagodna	1,01–2	1982/83, 1987/88, 1991/92, 1993/94, 1994/95, 1997/98, 1999/00, 2000/01, 2001/02, 2007/08, 2008/09	34,4
III	Umiarkowanie łagodna	2,01–3	1980/81, 1983/84, 1990/91, 1992/93, 1998/99, 2003/04, 2004/05	21,9
IV	Umiarkowanie chłodna	3,01–4	1979/80, 1981/82, 1985/86, 1996/97, 2005/06, 2009/10	18,8
V	Chłodna	4,01–5	1978/79, 1984/85, 1986/87, 2002/03	12,5
VI	Umiarkowanie mroźna	5,01–6	1995/96	3,1

Wskaźnik śnieżności zim przyjmował wartości od 0,17 zimą 1991/92 do 4,76 zimą 1978/79, jedną z ostrzejszych w omawianym okresie (tab. 3). Sugeruje to występowanie zależności między wskaźnikami WOz i Wsn. Na rycinie 1



Ryc. 1. Przebieg wartości wskaźników ostrości (WOz) i śnieżności (Wsn) zim w Warszawie oraz ich trendy (1978/79–2009/10)

Fig. 1. Course of winter severity index (WOz) and winter snowiness index (Wsn) and their trend in Warsaw in the period 1978/79–2009/10

Tabela 3. Typy śnieżności zim w Warszawie (1978/79–2009/10)**Table 3.** Types of winter snowiness in Warsaw (1978/79–2009/10)

Typ śnieżności zimy		Wsn	Zimy	Częstość (%)
I	Ekstremalnie małośnieżna	0,01–1	1979/80, 1983/84, 1988/89, 1989/90, 1991/92, 1993/94, 1996/97, 1997/98, 1999/00, 2000/01, 2006/07, 2007/08	37,5
II	Niezwykłe małośnieżna	1,01–2	1980/81, 1981/82, 1982/83, 1987/88, 1990/91, 1992/93, 1994/95, 1998/99, 2001/02, 2003/04, 2008/09	34,4
III	Bardzo małośnieżna	2,01–3	1984/85, 1995/96, 2004/05	9,4
IV	Umiarkowanie małośnieżna	3,01–4	1985/86, 1986/87, 2002/03, 2005/06	12,5
V	Małośnieżna	4,01–5	1978/79, 2009/10	6,3

widać wyraźnie, że oba wskaźniki mają podobny przebieg w wieloleciu. Obliczony współczynnik korelacji między nimi, istotny statystycznie, wyniósł 0,79 i jest zbliżony do obliczonego przez innych autorów: 0,81 (Olba-Zięty 2007) w odniesieniu do Doliny Biebrzy i średniego dla Polski 0,88 (Paczos 1982). Znamienne jest, że wymienieni autorzy otrzymali taki wynik na podstawie innych okresów badawczych i innych stacji.

Średni wskaźnik śnieżności analizowanych zim wyniósł 1,61. Zimy o największym wskaźniku śnieżności zostały zaliczone do typu V – „zimy małośnieżne”, w którym wskaźnik Wsn wynosił od 4,01 do 5,0. Były to zimy 1978/79 i 2009/10. Najwięcej – 37,5% wszystkich przypadków – stanowiły zimy „ekstremalnie małośnieżne” (Wsn od 0,01 do 1,00).

Przynależność zim do typów termiczno-śnieżnych przedstawiono w tab. 4. Najwięcej – 60% stanowiły zimy umiarkowanie mroźne i umiarkowanie śnieżne. Do grupy zim mroźnych i śnieżnych zaliczono 5, w tym 3 po roku 2000 (z lat 2002/03, 2005/06, 2009/10).

Tabela 4. Klasyfikacja termiczno-śnieżna zim (1978/79–2009/10)**Table 4.** Snowiness and thermal classification of winter seasons (1978/79–2009/10)

Typ	Zimy mroźne	Zimy umiarkowanie mroźne	Zimy łagodne
Zimy śnieżne	1978/79, 1986/87, 2002/03, 2005/06, 2009/10	–	–
Zimy umiarkowanie śnieżne	1984/85, 1995/96	1979/80, 1980/81, 1981/82, 1982/83, 1983/84, 1985/86, 1987/88, 1990/91, 1992/93, 1994/95, 1996/97, 1997/98, 1998/99, 1999/00, 2000/01, 2001/02, 2003/04, 2004/05, 2008/09	1989/90, 2006/07
Zimy małośnieżne	–	1991/92, 1993/94	1988/89, 2007/08

WNIOSKI

1. W okresie 1978–2010 stwierdzono dość znaczną różnorodność warunków termicznych i śnieżnych zim na stacji meteorologicznej Ursynów-SGGW, czego dowodem jest znaczny zakres zmian współczynnika ostrości termicznej (WOz od 0,59 1988/89 do 5,21 1995/96) i śnieżności (Wsn od 0,17 1991/92 do 4,76 1978/79).
2. Pod względem ostrości termicznej w rozpatrywanym okresie najostrejsze były zimy: 1978/79 (WOz = 4,54), 1984/85 (WOz = 4,60), 1986/87 (WOz = 4,67), 1995/96 (WOz = 5,21) i 2002/03 (WOz = 4,22).
3. Pod względem śnieżności w rozpatrywanym okresie najbardziej śnieżne były zimy: 1978/79 (Wsn = 4,76), nazywana często „zimą stulecia”, jak również zima 2009/10 (Wsn = 4,15). Obie zimy zostały zakwalifikowane do piątej grupy typów śnieżności jako zimy mało śnieżne.
4. Według kryteriów termiczno-śnieżnych w Warszawie najczęściej występują zimy umiarkowanie mroźne i umiarkowanie śnieżne. Nie stwierdzono natomiast zim umiarkowanie mroźnych i śnieżnych, łagodnych i śnieżnych, mroźnych i mało śnieżnych.
5. Stwierdzono występowanie istotnej statystycznie dodatniej korelacji ($r = 0,79$) między wskaźnikiem ostrości termicznej i śnieżności zim w Warszawie, tj. wzrostowi ostrości zimy z reguły towarzyszy wzrost jej śnieżności.

Literatura

- Janasz J., 2000, *Warunki termiczne śnieżne zim w Lublinie (1960/61–1994/95)*. Acta Agroph. 34, 71–78.
- Kożuchowski K., Żmudzka E., 2001, *Ocieplenie w Polsce: skala i rozkład sezonowy zmian temperatury powietrza w drugiej połowie XX wieku*. Prz. Geof., 46, 1–2, 81–90.
- Kożuchowski K. (red.), 2004, *Skala i tendencje współczesnych zmian temperatury powietrza w Polsce*. [w:] *Skala, uwarunkowania i perspektywy współczesnych zmian klimatycznych w Polsce*. Wyd. „Biblioteka”, Łódź, 25–45.
- Lorenc H., Suwalska-Bogucka M., 1995, *Tendencje termiczne zim w Polsce jako wskaźnik oceny zmienności klimatu*. Wiadomości IMGW, 18, 1.
- Olba-Zięty E., Grabowski J., 2007, *Warunki termiczne i śnieżne zim doliny Biebrzy w latach 1980/1981–2004/2005*. Acta Agroph., 10(3), 625–634.
- Paczos S., 1982, *Stosunki termiczne i śnieżne zim w Polsce*. Rozpr. hab., UMCS, Lublin, 24.
- Paczos S., 1985, *Zagadnienie klasyfikacji zim w świetle różnych kryteriów termicznych*. Annales UMCS, 40, 7, 133–155.

-
- Piotrowicz K., 2002–2003, *Warunki termiczne zim w Krakowie w latach 1792–2002*. Folia Geogr., ser. Geographica-Physica, 33–34, 89–104.
- Rozbicki T., Gołaszewski D., Łykowski B., 2005, *Wpływ budowy dzielnicy mieszkaniowej Ursynów na klimat lokalny*. Woda – Środowisko – Obszary Wiejskie, 5, zeszyt specjalny (14).
- Żmudzka E., 2009, *Współczesne zmiany klimatu Polski*. Acta Agroph., 3(2), 555–568.