

Prądnik. Prace Muz. Szafera	19	75–88	2009
-----------------------------	----	-------	------

JAKUB WOJKOWSKI¹, JÓZEF PARTYKA²

¹Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, Katedra Ekologii, Klimatologii i Ochrony Powietrza
Al. A. Mickiewicza 24/28, 30–059 Kraków

²Ojcowski Park Narodowy, 32–047 Ojców 9

WARUNKI ŚNIEŻNE W OJCÓWIE

Nival conditions in Ojców

ABSTRACT. The paper contains the description of nival conditions in the Prądnik Valley in the Ojców National Park (ONP) based on daily observations conducted at two meteorological stations. The observations and measurements were carried out at three standard for climatological stations times: at 6.00, 12.00 and 18.00 UTC, since the appearance of snow cover until its complete disappearance. Mean values of the number of days with snowfall, the frequency of snow occurrence and the number of days with snow cover as well as monthly and annual averages were calculated using standard statistical methods.

KEY WORDS: snow, snow cover, nival conditions, topoclimate, Prądnik Valley, GIS, ONP

WSTĘP

Podczas występowania ujemnej temperatury powietrza opady atmosferyczne przybierają postać stałą. Najczęściej wtedy pojawia się opad w postaci śniegu, ale może również wystąpić w postaci krup śnieżnych i lodowych, pyłu diamentowego, igiełek lodowych, itp. Są to stałe produkty kondensacji pary wodnej zawartej w atmosferze, a ich postać zależy od warunków termiczno-wilgotnościowych panujących w chmurze i jej otoczeniu. Najczęściej opady śniegu towarzyszą chmurom *Altostratus*, *Cumulonimbus* i *Nimbostratus*.

Według przyjętej w meteorologii definicji, śnieg jest opadem atmosferycznym w postaci stałej składającym się z drobnych kryształków lodu, często połączonych ze sobą w różne formy; między innymi w gwiazdki i blaszki (Niedźwiedź, red. 2003). Opady śniegu prowadzą do powstania porowatej pokrywy śnieżnej, która stanowi mniej lub bardziej zwartą warstwę śniegu. Pokrywa śnieżna według przyjętej w meteorologii definicji, jest śniegiem, który zalega na powierzchni ziemi i przykrywa ją całkowicie lub w 50% i więcej (Niedźwiedź, red. 2003). Stanowi ona specyficzny element przyrody posiadający określone cechy i właściwości, w którym nieprzerwanie zachodzą zmiany i przeobrażenia pod wpływem czynników zewnętrznych i wewnętrznych. Do czynników zewnętrznych należy temperatura, wiatr, promieniowanie i wilgotność powietrza, natomiast do wewnętrznych nacisk kolejnych warstw śniegu oraz temperatura wewnątrz pokrywy śnieżnej. W zależ-

ności od wyżej wymienionych czynników oraz czasu trwania przerwy pomiędzy dwoma kolejnymi opadami śniegu, warstwy śniegu ulegają przemianie zarówno na powierzchni jak i wewnątrz.

Pokrywa śnieżna odgrywa bardzo wiele ważnych ról w środowisku. W gospodarce wodnej stanowi rodzaj zbiornika retencyjnego, gromadzącego w okresie zimy zapas wody, który następnie uwalniany jest podczas wiosennych roztopów. Duże znaczenie dla uwilgotnienia gleby ma stopniowe topnienie pokrywy śnieżnej, zwłaszcza przy niezamarzniętej glebie, co zapobiega szybkiemu spływowi wód roztopowych i nie wywołuje gwałtownych wezbrań. W bilansie promieniowania, a przez to również w bilansie cieplnym, pokrywa śnieżna wpływa na kształtowanie się stosunków termicznych w przygruntowej warstwie powietrza i glebie oraz łagodzi dobowe amplitudy temperatur. Dla życia biologicznego w ściółce czy darni pokrywa śnieżna stanowi płaszcz ochronny przed wymarzaniem, dzięki swoim właściwościom termoizolacyjnym. Dla roślin dodatkowo stanowi warstwę ochronną przed zwierzętami roślinożernymi.

Pierwsze informacje o grubości pokrywy śnieżnej w Ojcowie pochodzą z początku XX w., kiedy przy ówczesnym zakładzie hydropatycznych „Goplana” uruchomiono stację meteorologiczną (Kwietniewski 1901). Dokładniejsze badania warunków śnieżnych w Ojcowskim Parku Narodowym (OPN) zapoczątkował dopiero J. Klein, który prowadził je w latach 1964–1967. Dotyczyły one obserwacji grubości pokrywy śnieżnej oraz długości jej zalegania (Klein 1974). W późniejszym okresie (1989–1992), obserwacje i pomiary pokrywy śnieżnej wykonywane były na nieistniejącej już dziś stacji meteorologicznej „Pod Berłem” (PB), jednak wyniki tych obserwacji nie zostały dotąd opublikowane. Obserwacje pokrywy śnieżnej rozpoczęto w Ojcowie w 1990 r. na stacji meteorologicznej „Park Zamkowy” (PZ) należącej do Dyrekcji OPN. Wyniki z tych obserwacji zawierają prace K. Jaros (2003), E. Nalepy (2007) oraz E. Brzeźniaka i J. Partyki (2008).

Brak szerszego opracowania dotyczącego warunków śnieżnych w OPN skłonił autorów do podjęcia badań w tym zakresie. Ich celem była charakterystyka warunków śnieżnych na podstawie materiału obserwacyjnego ze stacji PZ, a także niepublikowanych danych ze stacji PB w Dolinie Prądnika.

METODA BADAŃ

Do charakterystyki warunków śnieżnych wykorzystano wyniki codziennych obserwacji pokrywy śnieżnej wykonanych w Ojcowie na dwóch stacjach meteorologicznych: PB i PZ. Dane niwalne z nieistniejącej już dziś stacji PB pochodziły z lat 1989–1992. Stacja ta zlokalizowana była w pobliżu willi „Pod Berłem” w Ojcowie na stoku o ekspozycji północno-wschodniej, około 40 m nad dnem Doliny Saspowskiej na wysokości 360 m n.p.m. (19°49'34"E, 50°12'07"N). Wyniki obserwacji ze stacji PZ dotyczyły okresu 1990–2009. Stacja ta położona jest na wysokości 322 m n.p.m. na dnie Doliny Prądnika w Parku Zamkowym (19°49'44"E, 50°12'35"N). Codzienne obserwacje obejmowały rejestrację rodzaju opadu, obecności pokrywy śnieżnej oraz pomiar jej grubości. Obserwacje i pomiary wykonywane były w trzech standardowych dla stacji klimatologicznych terminach – o godzinie 6.00, 12.00 i 18.00 czasu uniwersalnego UTC (tj. 7.00, 13.00 i 19.00 czasu zimowego oraz 8.00, 14.00 i 20.00 czasu letniego) od dnia pojawienia się pokrywy śnieżnej, aż do dnia jej

ostatecznego zaniku. Posługując się standardowymi metodami statystycznymi obliczono średnie wartości liczby dni z opadem śniegu, częstość występowania i liczbę dni z pokrywą śnieżną, oraz średnią w poszczególnych miesiącach oraz średnie roczne.

WYNIKI BADAŃ

Opady śniegu

Opady w postaci śniegu odnotowano w Ojcowie od października do kwietnia. Średnia data wystąpienia pierwszego opadu śniegu w Ojcowie przypadała na 11 listopada (tab. 1). Najwcześniejszy opad śniegu w badanym wieloleciu pojawił się jesienią, 13 października 2009 r. Ostatnie opady śniegu występowały wiosną i przypadały średnio na 5 kwietnia. Najpóźniejszy opad śniegu w badanym wieloleciu notowano wiosną 26 kwietnia 2006 r.

Tabela 1. Skrajne daty występowania opadu śniegu w Ojcowie (PZ) w latach 1990–2009

Table 1. Dates of the first and the last occurrence of snowfall in Ojców (PZ) in the years 1990–2009

Charakterystyka Characteristic	Średnia data Average date	Najwcześniejszy The earliest		Najpóźniejszy The latest	
		Data Date	W sezonie zimowym In the winter season	Data Date	W sezonie zimowym In the winter season
Pierwszy dzień z opadem śniegu The first day with snow	11.11	13.10	2009/2010	16.12	2000/2001
Ostatni dzień z opadem śniegu The last day with snow	05.04	16.03	1998/1999	26.04	1996/1997

W ciągu roku w Dolinie Prądnika notowano średnio 48 dni z opadem śniegu (tab. 2). Obejmowało to 13,1% wszystkich dni z opadem atmosferycznym. W porównaniu do badań przeprowadzonych w Krakowie za lata 1901–2000 częstość opadów śniegu w Ojcowie była mniejsza o 5,6% (Twardosz 2007).

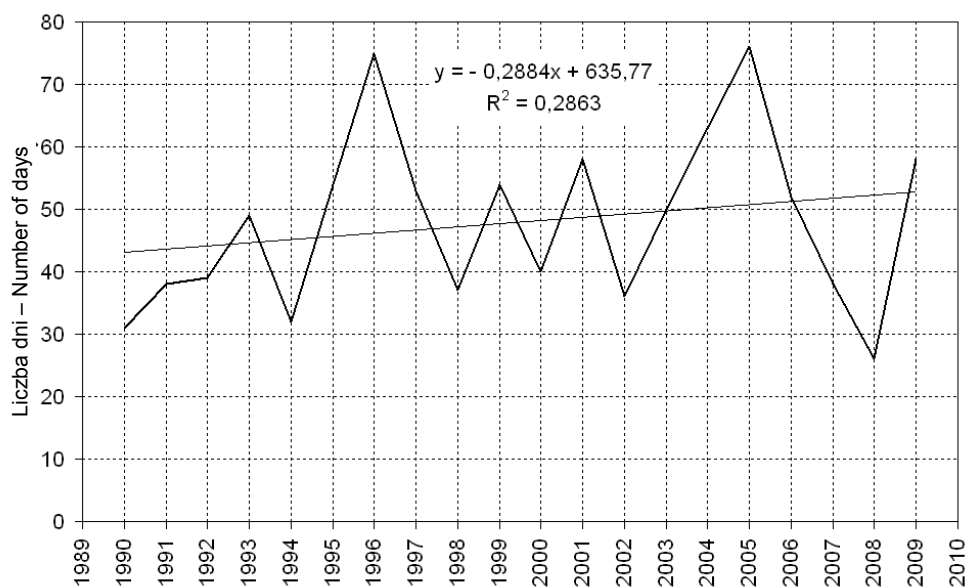
W przebiegu tych miesięcy największym udziałem (37,3%) opadów śniegu charakteryzował się luty. Niewiele mniejsza ich częstość (32,9%) zaznaczała się w grudniu, a następnie w styczniu (33,5%). W kwietniu opady śniegu zdarzały się nieznacznie częściej niż w październiku, ale w porównaniu do pozostałych miesięcy, w których notowano opady w tej postaci, były zjawiskiem sporadycznym.

Tabela 2. Średnia miesięczna liczba dni z opadem śniegu i ich częstość [%] w Parku Zamkowym w Ojcowie w latach 1990–2009

Table 2. Mean monthly number of snowy days and the frequency of snowfall [%] in the Park Zamkowy in Ojców in the years 1990–2009

Śnieg – Snow	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok Year
Liczba dni Number of days	11	11	7	3	0	0	0	0	0	1	5	11	48
Częstość Frequency %	33,5	37,3	23,8	10,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	16,3	32,9	13,1

W badanym wieloleciu liczba dni z opadem śniegu ulegała znacznym zmianom w poszczególnych latach (ryc. 1). Analizowany okres odznaczał się niewielkim wzrostem liczby dni z opadem śniegu o około $0,3 \text{ dnia} \cdot \text{rok}^{-1}$, ale nie był statystycznie istotny. Najbardziej śnieżnym rokiem był 1996 (75 dni) i 2005 (76 dni), a najmniej rok 2008 (28 dni), 1990 (31 dni) i 1994 (32 dni). Najwięcej dni z opadem śniegu zaobserwowano w grudniu 2001 (25 dni) oraz w styczniu 2004 (22 dni). Najdłuższym, nieprzerwanym ciągiem dni z opadami śniegu był 24-dniowy okres od 15 grudnia 2001 do 7 stycznia 2002 r.



Ryc. 1. Wieloletni przebieg średniej liczby dni z opadem śniegu w Ojcowie (PZ) w latach 1990–2009

Fig. 1. Multiannual course of the mean number of days with snowfall in Ojców (PZ) in the years 1990–2009

Porównując liczbę dni z opadem śniegu, zarejestrowaną w Ojcowie na obu stacjach meteorologicznych PB i PZ, w analogicznym okresie (1990–1992) nie stwierdzono większych rozbieżności. Różnice zaobserwowano za to w sumach opadu. W okresie od listopada do marca suma opadu na stoku o ekspozycji północno-wschodniej (PB) była średnio o 23,2 mm wyższa niż na dnie Doliny Prądnika (PZ).

Skrajne daty występowania pokrywy śnieżnej

Za dzień z pokrywą śnieżną uznano dzień, w którym w porannym terminie obserwacyjnym (6.00 UTC) pokrywa śnieżna zajmowała co najmniej połowę obserwowanego obszaru i miała średnią grubość co najmniej 1 cm.

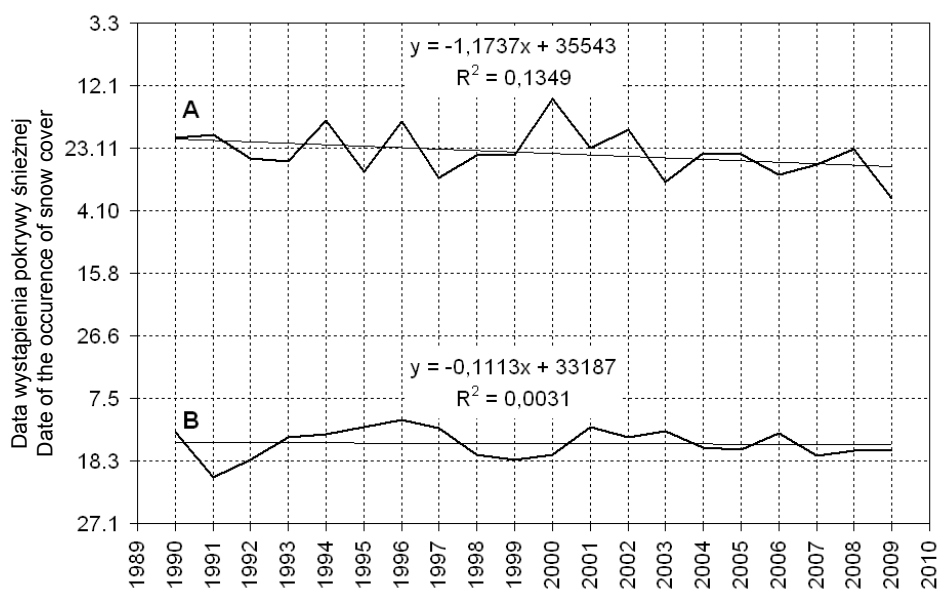
Pierwszy dzień z pokrywą śnieżną obserwowano w Ojcowie zwykle pod koniec drugiej dekady listopada (średnio 19 listopada). Pierwszej pokrywy śnieżnej można jednakże spodziewać się już w połowie października (tab. 3). Sytuacja taka miała miejsce w sezonie zimowym 2009/2010. W rozpatrywanym okresie były również sezony zimowe, w czasie których pokrywa śnieżna pojawiła się po raz pierwszy dopiero w styczniu (zima 2000/2001). Analiza regresji wykazała, że pierwsze wystąpienie pokrywy śnieżnej cechuje tendencja do przyspieszania się jej pojawu (ryc. 2).

Ostatnie pojawienie się pokrywy śnieżnej w Ojcowie przypadało średnio na 1 kwietnia. Charakterystyka ta cechuje się dużą zmiennością w czasie (ryc. 2). W sezonie 1990/1991 pokrywa śnieżna zaniknęła ostatecznie już 5 marca, podczas gdy w sezonie 1995/1996 obserwowano ją dopiero wiosną 20 kwietnia. Pomimo znacznej zmienności z roku na rok, ostatni dzień z pokrywą śnieżną nie wykazywał wyraźnej tendencji zmian w analizowanym wieloletniu. W porównaniu do badań Kleina (1974) z okresu 1964–1967, średnia data pierwszego i ostatniego dnia z pokrywą śnieżną w Dolinie Prądnika miała miejsce dwa dni później (tab. 3).

Tabela 3. Skrajne daty występowania pokrywy śnieżnej w Ojcowie (PZ) w latach 1990–2009

Table 3. Dates of the first and the last occurrence of snow cover in Ojcow (PZ) in the years 1990–2009

Charakterystyka Characteristic	Średnia data Average date	Najwcześniejszy The earliest		Najpóźniejszy The latest	
		Data Date	W sezonie zimowym In the winter season	Data Date	W sezonie zimowym In the winter season
Pierwszy dzień z pokrywą śnieżną The first day with snow cover	19.11	14.10	2009/2010	01.01	2000/2001
Ostatni dzień z pokrywą śnieżną The last day with snow cover	01.04	05.03	1990/1991	20.04	1995/1996



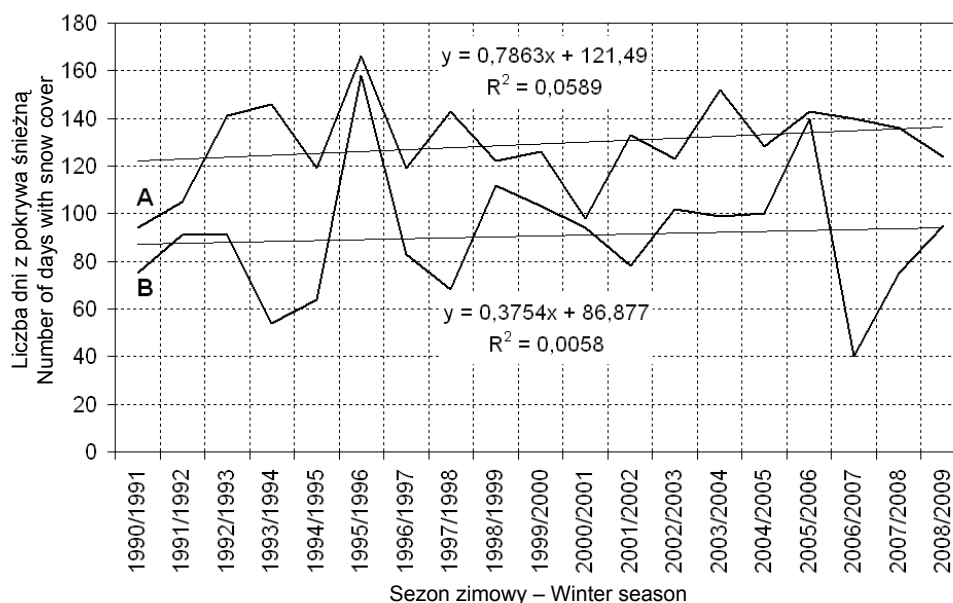
Ryc. 2. Data wystąpienia pierwszej (A) i ostatniej (B) pokrywy śnieżnej w Ojcowie (PZ) w latach 1990–2009

Fig. 2. Date of the first (A) and the last (B) occurrence of snow cover in Ojcow (PZ) in the years 1990–2009

W okresie 1989–2009 nie zaobserwowano w Ojcowie na obu stacjach meteorologicznych PB i PZ ani jednego przypadku pojawienia się pokrywy śnieżnej w okresie od 21 kwietnia do 13 października. Pomimo, jak już wcześniej wspomniano, występowania w tym okresie sporadycznych opadów śniegu, mała jego ilość i temperatura powyżej 0°, uniemożliwiały już w tym okresie uformowanie się stałej pokrywy śnieżnej.

Długość zalegania pokrywy śnieżnej

Potencjalny okres występowania pokrywy śnieżnej, czyli czas pomiędzy jej pierwszym i ostatnim pojawieniem się w sezonie zimowym, trwał w Ojcowie średnio 132 dni. Jak widać na rycinie 3, w badanym wieloleciu długość okresu z pokrywą śnieżną ulegała znacznym zmianom w poszczególnych latach. Najdłuższy taki okres obserwowano w sezonie zimowym 1995/1996 (166 dni), najkrótszy zaś w czasie zimy 1990/1991 (94 dni) i 2000/2001 (98 dni). W odniesieniu do badań Kleina (1974) z okresu 1964–1967, średnia długość okresu z pokrywą śnieżną była dokładnie taka sama (132 dni). W porównaniu natomiast do badań przeprowadzonych w Krakowie za okres 1901–2000 (Falarz 2007), potencjalny okres występowania pokrywy śnieżnej w Ojcowie był dłuższy o 10 dni.



Ryc. 3. Liczba dni z potencjalną (A) i trwałą (B) pokrywą śnieżną w Ojcowie (PZ) w latach 1990–2009

Fig. 3. Number of days with the potential (A) and permanent snow cover (B) in Ojcow (PZ) in the years 1990–2009

Rzeczywisty czas zalegania pokrywy śnieżnej był w Ojcowie na stacji PZ znacznie krótszy od czasu jej potencjalnego występowania (ryc. 3). W sezonie zimowym notowano średnio 91 dni z pokrywą śnieżną. Jak wynika z tabeli 4, najdłużej pokrywa śnieżna zalegała w styczniu, lutym i grudniu, odpowiednio 25, 22 i 20 dni. W analizowanym 20-leciu sezonowa liczba dni z pokrywą śnieżną zmieniała się od 40 podczas zimy 2006/2007 do 158 w sezonie 1995/1996.

Porównując czas zalegania pokrywy śnieżnej zarejestrowany w Ojcowie na obu stacjach meteorologicznych PB i PZ w analogicznym okresie (1990–1992) stwierdzono, że podczas skąpych w pokrywę śnieżną zim (taka sytuacja miała miejsce w sezonie zimowym 1989/1990 i 1990/1991), nie występowały różnice w długościach czasu zalegania śniegu. Podczas bardziej śnieżnych zim, co można było już zaobserwować w sezonie 1991/1992, początek trwałej pokrywy śnieżnej rozpoczynał się wcześniej na stacji PB o 1 dzień i kończył się o 2 dni później niż na stacji PZ. W porównaniu do badań Kleina (1974) z okresu 1964–1967, średnia długość okresu z trwałą pokrywą śnieżną w Dolinie Prądnika była o 35 dni dłuższa (tab. 4).

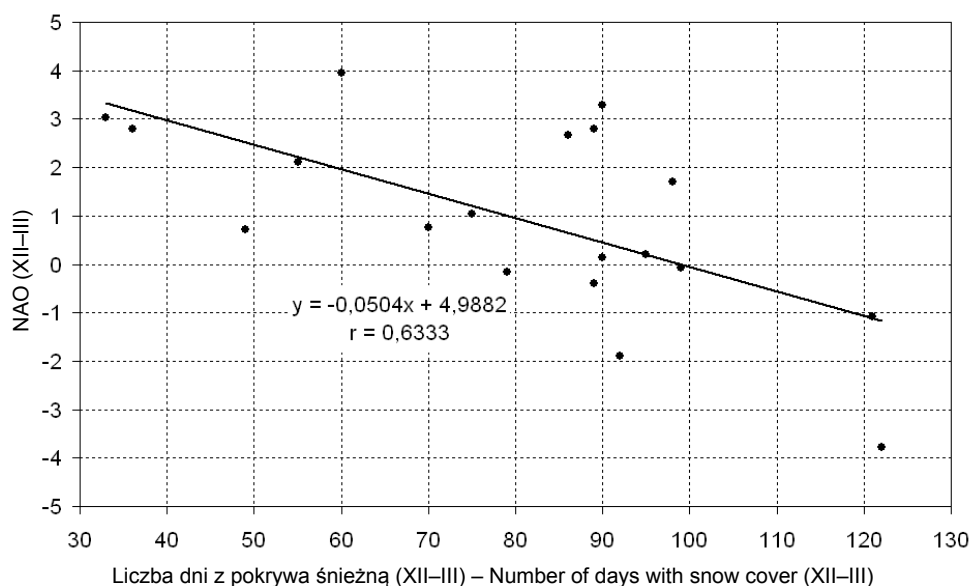
Tabela 4. Liczba dni z trwałą pokrywą śnieżną w Ojcowie (PZ) w latach 1990–2009

Table 4. Number of days with the permanent snow cover in Ojców (PZ) in the years 1990–2009

Sezon zimowy Winter season	X	XI	XII	I	II	III	IV	Cały sezon zimowy Whole winter season
1990/1991	0	0	30	12	28	5	0	75
1991/1992	0	0	27	31	25	7	0	91
1992/1993	0	0	21	15	28	22	1	91
1993/1994	0	19	15	4	13	1	5	54
1994/1995	0	0	13	30	9	8	2	64
1995/1996	0	16	31	31	29	31	4	158
1996/1997	0	0	18	31	22	8	20	83
1997/1998	6	13	16	11	12	10	4	68
1998/1999	0	14	31	27	28	12	0	112
1999/2000	0	14	25	31	21	12	0	103
2000/2001	0	0	16	31	28	17	0	94
2001/2002	0	7	31	31	5	3	2	78
2002/2003	0	0	24	25	28	18	1	102
2003/2004	0	0	20	31	26	22	7	99
2004/2005	0	10	4	31	28	27	0	100
2005/2006	0	11	31	31	28	31	0	140
2006/2007	0	4	2	8	23	3	8	40
2007/2008	0	20	21	24	4	6	0	75
2008/2009	0	6	10	31	28	20	0	95
min	0	0	2	4	4	1	0	40
max	6	20	31	31	29	31	20	158
Średnia / Mean	0	7	20	25	22	14	3	91

Badania wykazały, że liczba dni z pokrywą śnieżną w Ojcowie była ściśle związana ze strefową cyrkulacją atmosfery. Współczynnik korelacji r pomiędzy sezonową liczbą dni z pokrywą śnieżną, a wskaźnikiem Oscylacji Północnoatlantyckiej (NAO) od grudnia do marca wyniósł 0,63 i był istotny statystycznie (ryc. 4). Z analizy regresji wynika, że krótkie okresy zalegania pokrywy śnieżnej miały związek z częstą adwekcją nad obszar Polski Południowej względnie ciepłego w zimie powietrza znad Oceanu Atlantyckiego.

Długość zalegania pokrywy śnieżnej w Ojcowie jeszcze silniej była związana z temperaturą powietrza (ryc. 5). Obliczony współczynnik korelacji r pomiędzy sezonową liczbą dni z pokrywą śnieżną, a średnią temperaturą zimy wyniósł 0,82 i był również statystycznie istotny. Bardzo podobne wyniki uzyskano podczas badań warunków niwalnych dla Krakowa (Trepiańska 1973, Falarz 2007).



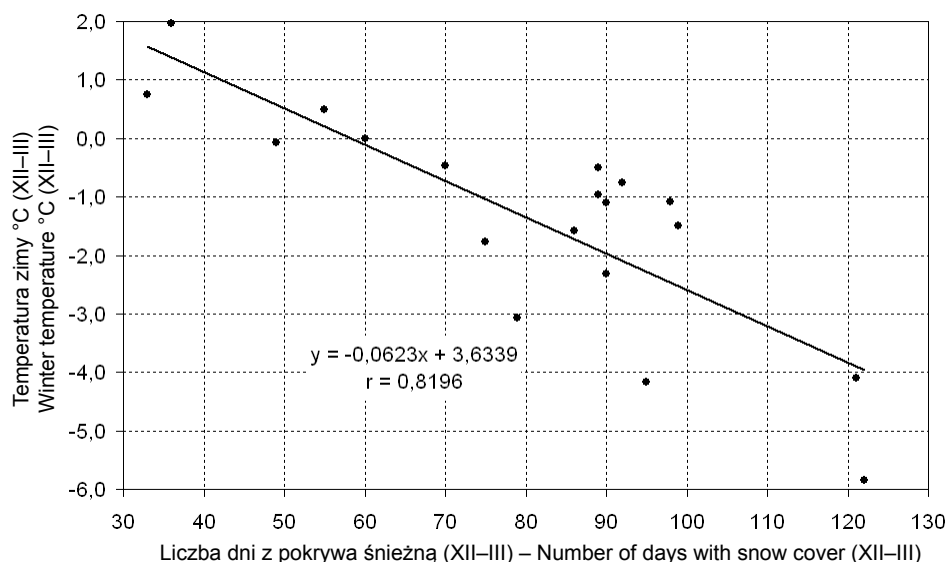
Ryc. 4. Zależność liczby dni z pokrywą śnieżną od wskaźnika NAO w Ojcowie (PZ) w okresie od grudnia do marca w latach 1990–2009

Fig. 4. Dependence of the seasonal number of days with snow cover on the NAO index in Ojców (PZ) within the period from December to March in the years 1990–2009

Grubość pokrywy śnieżnej

Grubość pokrywy śnieżnej w Ojcowie kształtowała się wprost proporcjonalnie do liczby dni z pokrywą śnieżną. W analizowanym 20-leciu, policzona dla całego sezonu zimowego średnia grubość warstwy śniegu wyniosła 8 cm (tab. 5). W przebiegu wieloletnim, najgrubszą średnią warstwą śniegu charakteryzowały się sezony zimowe 1995/1996 (28 cm) i 2005/2006 (25 cm). Do sezonów o najcieńszej pokrywie śnieżnej należały zimy 1990/1991, 1993/1994, 1997/1998 oraz 2006/2007. W okresie zimy, najwyższą średnią miesięczną grubością pokrywy charakteryzował się luty i styczeń, odpowiednio 15 i 14 cm oraz niewiele mniejszą grudzień (11 cm).

Porównując grubość pokrywy śnieżnej w Ojcowie na obu stacjach meteorologicznych PB i PZ w analogicznym okresie (1990–1992) stwierdzono, że śnieg zawsze grubszą warstwą zalegał na północno-wschodnim stoku (PB), co wynikało z wyższych sum opadów. Podczas skąpych w pokrywę śnieżną zim, różnice w grubości warstwy śniegu były niewielkie, średnio 1 cm, natomiast podczas bardziej śnieżnych różnice te wynosiły średnio 3 cm. Największa różnica grubości pokrywy śnieżnej pomiędzy obiema stacjami PB i PZ wyniosła 7 cm i zanotowano ją w następujących dniach: 19.01.1992, 8–9.02.1992 i 17.03.1992.



Ryc. 5. Zależność liczby dni z pokrywą śnieżną od średniej temperatury zimy w Ojcowie (PZ) w okresie od grudnia do marca w latach 1990–2009

Fig. 5. Dependence of the seasonal number of days with snow cover on the mean winter temperature in Ojców (PZ) within the period from December to March in the years 1990–2009

W porównaniu do badań Kleina (1974) z okresu 1964–1967, grubość pokrywy śnieżnej w Dolinie Prądnika w poszczególnych miesiącach od listopada do kwietnia różniła się ale średnia grubość za cały sezon zimowy była, taka sama i wynosiła 9 cm.

Absolutne maksima grubości pokrywy śnieżnej w Ojcowie oraz ich daty wystąpienia w poszczególnych miesiącach sezonu zimowego przedstawiono na rycinie 6. W dniu 17 lutego 2006 r. zarejestrowano najgrubszą w historii 21-letnich obserwacji pokrywę śnieżną (60 cm). Do jej uformowania doprowadziły 8-dniowe opady śniegu, które spowodowały wzrost miąższości zalegającej i tak już grubej pokrywy śnieżnej (42 cm) o kolejne 18 cm. Warto też zwrócić uwagę na wyjątkowo grubą warstwę śniegu jak na tę porę roku zarejestrowaną 3 kwietnia 1996 r. (50 cm). Spowodowały je nadzwyczaj obfite opady śniegu, po adwekcji powietrza z kierunku wschodniego w układzie niżowym (sytuacja Ec; Niedźwiedź 2010). Pokrywa ta całkowicie zaniknęła dopiero 18 kwietnia.

Na rycinie 7 przedstawiono średnią grubość pokrywy śnieżnej obliczoną dla każdego dnia sezonu zimowego z uwzględnieniem wartości zerowych. Możemy tu zaobserwować charakterystyczny dla Ojcowia cykl przyrostu i spadku grubości pokrywy śnieżnej. Prędkość przyrostu pokrywy śnieżnej jesienią i zimą była mniejsza niż prędkość jej spadku wiosną. Od połowy października do 10 listopada trwała pokrywa śnieżna nie zdołała się jeszcze uformować. Dopiero w okresie od 11 listopada do 18 lutego następował stopniowy wzrost grubości pokrywy śnieżnej. Jak widać na wykresie (ryc. 7) nie był to jednostajny przyrost lecz wzrost w którym zaznaczyły się cztery wyraźne maksima grubości warstwy śniegu; 26 listopada (5,7 cm), 2 stycznia (11,0 cm), 27 stycznia (13,5 cm) i 18 lutego (15,3 cm). Po tym okresie następował dość systematyczny spadek średniej grubości pokrywy śnieżnej, aż do drugiej dekady kwietnia.

Tabela 5. Średnia grubość pokrywy śnieżnej (cm) w Ojcowie (PZ) w latach 1990–2009

Table 5. Mean snow cover depth (cm) in Ojców (PZ) in the years 1990–2009

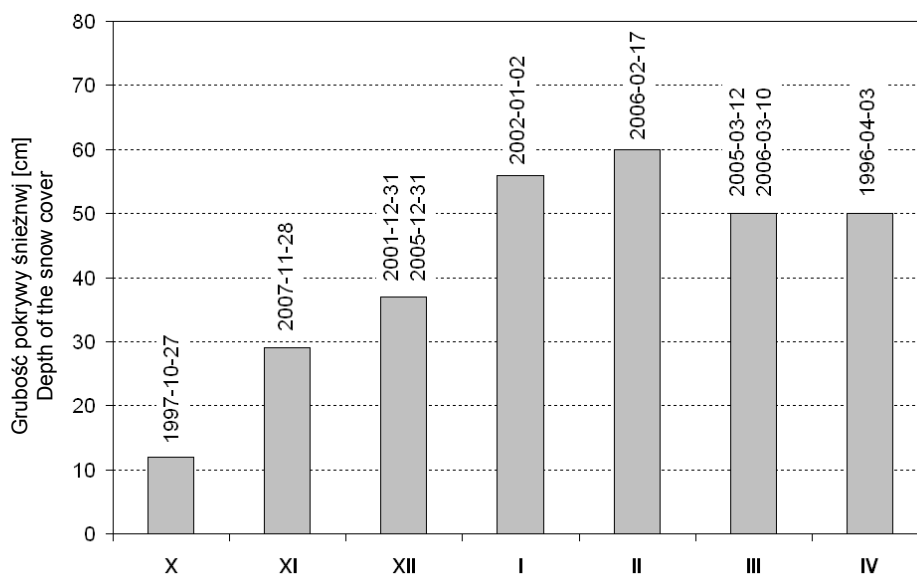
Sezon zimowy Winter season	X	XI	XII	I	II	III	IV	Cały sezon zimowy Whole winter season
1990/1991	0	0	4	2	16	1	1	3
1991/1992	0	0	10	10	9	2	0	4
1992/1993	0	0	7	8	13	8	0	5
1993/1994	0	0	0	5	8	3	0	3
1994/1995	0	0	4	47	9	6	4	9
1995/1996	0	29	56	30	37	34	0	28
1996/1997	0	0	2	13	7	2	11	4
1997/1998	3	3	5	3	6	3	2	3
1998/1999	0	7	13	5	25	5	0	8
1999/2000	0	9	5	13	4	5	0	5
2000/2001	0	0	5	6	10	5	0	4
2001/2002	0	4	19	28	2	2	1	8
2002/2003	0	0	4	7	13	6	1	5
2003/2004	1	0	5	20	17	21	5	9
2004/2005	0	3	5	11	33	22	0	11
2005/2006	0	5	49	34	44	41	0	25
2006/2007	0	2	2	7	9	3	2	3
2007/2008	0	12	17	5	2	2	0	5
2008/2009	0	3	6	6	17	4	0	5
min	0	0	0	2	2	1	0	3
max	3	29	56	47	44	41	11	28
Średnia / Mean	0	4	11	14	15	9	1	8

W analizowanym wieloleciu maksymalny przyrost grubości pokrywy śnieżnej z dnia na dzień wyniósł 20 cm. Wystąpił on w Ojcowie (PZ) dwukrotnie, 28 marca 1993 r. po adwekcji powietrza z kierunku wschodniego w układzie niżowym (sytuacja Ec; Niedźwiedź 2010) oraz 1 stycznia 2004 r. po adwekcji powietrza z kierunku północno-wschodniego w układzie niżowym (sytuacja NEc; Niedźwiedź 2010). Najwyższy spadek grubości pokrywy śnieżnej z dnia na dzień wyniósł 12 cm i zanotowano go 13 grudnia 1998 r. Nastąpił on po adwekcji powietrza z kierunku zachodniego w układzie niżowym (Wc; Niedźwiedź 2010), której towarzyszyły opady deszczu.

Rodzaj pokrywy śnieżnej

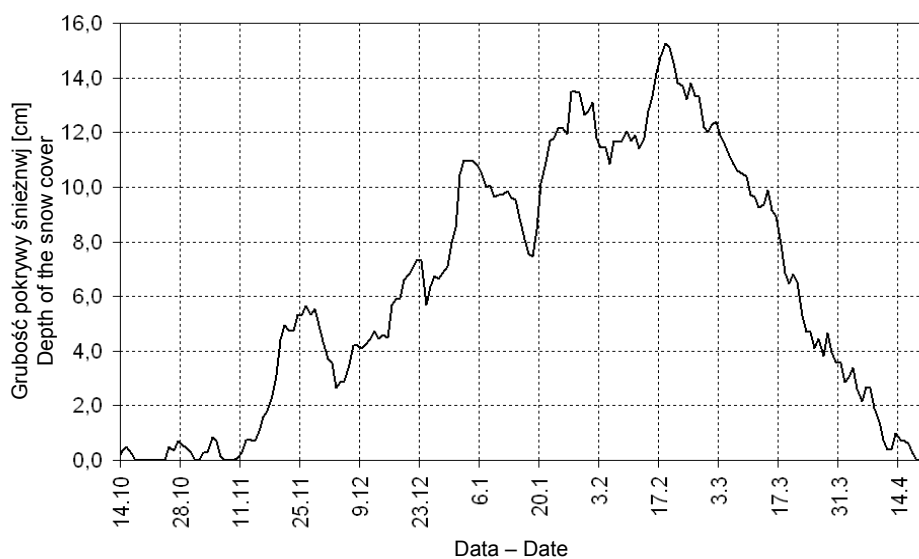
Na podstawie dobowych i miesięcznych wartości grubość pokrywy śnieżnej można dokonać klasyfikacji jej rodzaju według kryteriów zaproponowanych przez J. Chrzanowskiego (1988). Klasyfikacja ta zakłada 6 rodzajów pokrywy śnieżnej (tab. 6).

Jak wynika z przeprowadzonych badań (tab. 5), przeciętny sezon zimowy w Ojcowie (PZ) charakteryzował się w poszczególnych miesiącach następującymi rodzajami pokrywy śnieżnej: śladową w październiku, cienką w listopadzie, umiarkowaną w grudniu, grubą w styczniu i lutym, umiarkowaną w marcu i śladową w kwietniu.



Ryc. 6. Absolutne miesięczne maksima grubość pokrywy śnieżnej w Ojcowie (PB, PZ) w okresie 1989–2009

Fig. 6. Absolute monthly maximum depths of snow cover in Ojcow (PB, PZ) in the period of 1989–2009



Ryc. 7. Średnia grubość pokrywy śnieżnej w Ojcowie (PZ) w dniach od 14 października do 20 kwietnia (1990–2009)

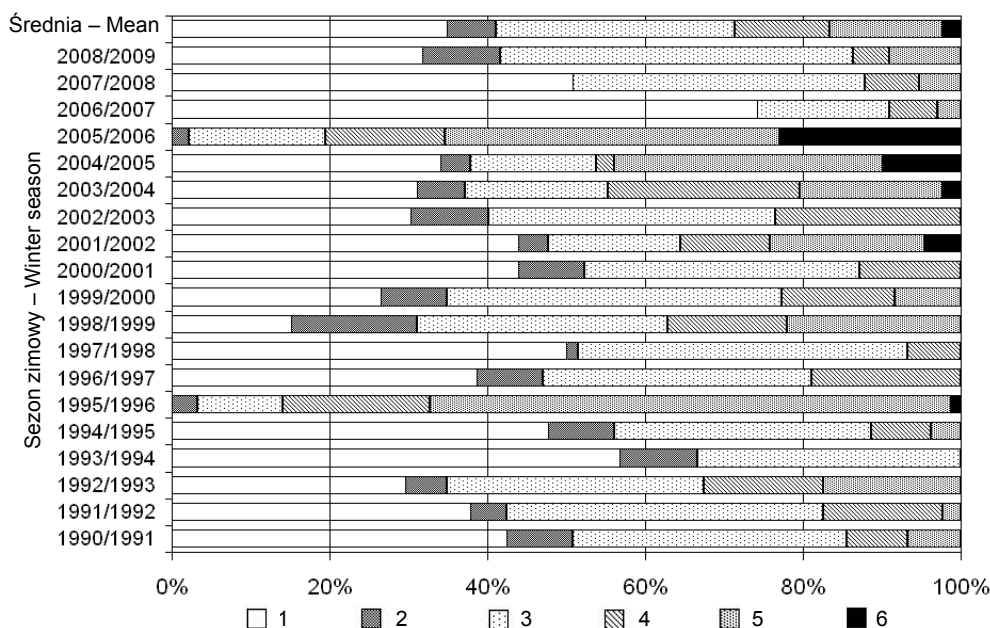
Fig. 7. Mean snow cover depth in Ojcow (PZ) in the period from 14 October to 20 April (1990–2009)

Tabela 6. Klasyfikacja grubości pokrywy śnieżnej (Chrzanowski 1988)

Table 6. Snow depth classification (Chrzanowski 1988)

Rodzaj pokrywy śnieżnej Snow cover type	Grubość pokrywy śnieżnej [cm] Snow depth	
	dobowa – dayly	miesięczna – monthly
Śladowa – Trace	≤ 1	≤ 1
Cienka – Thin	2 – 10	2 – 5
Umiarkowana – Moderate	11 – 20	6 – 10
Gruba – Thick	21 – 40	11 – 20
Bardzo gruba – Very thick	41 – 60	21 – 30
Niezwykle gruba – Extremely thick	> 60	> 30

Dobrym wskaźnikiem charakteryzującym w sezonie zimowym warunki sprzyjające tworzeniu i utrzymywaniu się warstwy śniegu jest udział dni z poszczególnymi rodzajami pokrywy śnieżnej. W analizowanym wieloleciu udział ten ulegał znacznym zmianom (ryc. 8). W śnieżnych sezonach zimowych (1995/1996, 2005/2006) największym udziałem charakteryzowała się pokrywa gruba, natomiast w sezonach ze skąpą warstwą śniegu (1993/1994, 1997/1998, 2006/2007, 2008/2009) pokrywa cienka. Podczas przeciętnego sezonu zimowego największy udział miała pokrywa cienka (30%). Dużo mniejszym udziałem charakteryzowała się pokrywa gruba (14%) i umiarkowana (12%), natomiast najrzadziej obserwowano pokrywę bardzo grubą (2%) i śladową (6%).



Ryc. 8. Procentowy udział dni z różnymi rodzajami pokrywy śnieżnej w Ojcowie (PZ) (1990–2009): 1 – brak pokrywy śnieżnej, 2 – śladowa, 3 – cienka, 4 – umiarkowana, 5 – gruba, 6 – bardzo gruba

Fig. 8. Percentage of days with different types of snow cover in Ojców (PZ) (1990–2009): 1 – lack of snow cover, 2 – trace, 3 – thin, 4 – moderate, 5 – thick, 6 – very thick

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Pokrywa śnieżna w badanym okresie w Ojcowie zalegała dłużej niż w sąsiedztwie Ojcowskiego Parku Narodowego i w Krakowie. Największym udziałem w opadach śniegu wyróżniał się miesiąc luty. Liczba dni z pokrywą śnieżną w badanym okresie 1989–2009 wynosiła od 28 do 75. Średnia grubość pokrywy śnieżnej w tym czasie osiągała zaledwie 8 cm, sporadycznie dochodząc do ponad 50 cm. Najdłużej śnieg utrzymywał się w dnach dolin, a najwcześniej znikał ze stoków eksponowanych na południe. W badanym okresie nie zanotowano gwałtownego topnienia śniegu. Kilka lat wcześniej zjawisko to wystąpiło (w dniu 2 lutego 1985 r.) powodując szybkie wezbranie wody w potoku Prądnik i zalanie dna doliny między wsiami Sułoszowa i Prądnik Korzkiewski. Było to spowodowane gwałtowną odwilżą przy zamrożonej glebie, co przyspieszało spływ powierzchniowy wód roztopowych do potoków. W analizowanym, ponad 20-letnim okresie, zanikanie pokrywy śnieżnej następowało stopniowo. Powolny proces uwalniania wody z wiosennych roztopów w tym czasie miał pozytywny wpływ na bilans wodny i uwilgotnienie gleby.

Praca naukowa finansowana ze środków na naukę w latach 2007–2010 jako projekt badawczy Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego Nr N306 044 32/3178.

PIŚMIENNICTWO

- Brzeźniak E., Partyka J. 2008. *Warunki klimatyczne Ojcowskiego Parku Narodowego*, [w:] A. Klasa, J. Partyka (red.), *Monografia Ojcowskiego Parku Narodowego. Przyroda*. Wyd. OPN. Ojców, s. 121–136.
- Chrzanowski J. 1988. *Pokrywa śnieżna w Polsce, klasyfikacja jej grubości i regionalizacja*. „Materiały badawcze IMGW”, seria: Meteorologia, **15**: 1–43.
- Falarz M. 2007. *Pokrywa śnieżna*, [w:] D. Matuszko (red.), *Klimat Krakowa w XX wieku*. Wyd. IGiGP UJ. Kraków, s. 139–147.
- Jaros K. 2003. *Warunki klimatyczne i bioklimatyczne Ojcowskiego Parku Narodowego*. Praca magisterska, IGiGP UJ, maszynopis.
- Klein J. 1974. *Mezo- i mikroklimat Ojcowskiego Parku Narodowego*. „Studia Naturae”, ser. A, **8**: 1–105.
- [Kwietniewski W.] w.k. 1901. *Stacya meteorologiczna w Ojcowie*. „Wszechświat”, **20**, 15: 238–239.
- Nalepa E. 2007. *Charakterystyka warunków i wybranych zjawisk meteorologicznych w Ojcowskim Parku Narodowym*. Praca magisterska, Wydział Inżynierii Środowiska i Geodezji Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie, maszynopis.
- Niedźwiedz T. (red.), *Słownik meteorologiczny*. Wyd. IMGW. Warszawa 2003.
- Niedźwiedz T. 2010. *Kalendarz typów cyrkulacji atmosfery dla Polski południowej – zbiór komputerowy*, Uniwersytet Śląski, Katedra Klimatologii, Sosnowiec.
- Trepińska J. 1973. *Prawdopodobieństwo wystąpienia pokrywy śnieżnej w Krakowie*, „Przegląd Geofizyczny”, **18**(26), 1–2: 27–32.
- Twardosz R. 2007. *Opady atmosferyczne*, [w:] D. Matuszko (red.), *Klimat Krakowa w XX wieku*. Wyd. IGiGP UJ. Kraków, s. 127–138.
- Niedźwiedz T. (red.), *Słownik meteorologiczny*. Wyd. IMGW. Warszawa 2003.

SUMMARY

The paper presents the description of nival conditions in the Ojców National Park (ONP) based on daily observations conducted at two meteorological stations: Pod Berłem (PB) – in the years 1989 – 1992, and Park Zamkowy (PZ) within the twenty-year period of 1990 – 2009. Daily observations and measurements were carried out at three standard for climatological stations times (6.00, 12.00 and 18.00 UTC) since the day of the snow cover appearance until the day of its complete disappearance. The investigations included the registration of snowfall types and snow cover presence, and snow depth measurements.

Precipitation in the form of snow occurred in Ojców from October to April. The average date of the first snowfall occurrence in Ojców was 11 November. Within the studied multiannual period, the earliest snowfall was on 13 October 2009. Last snowfalls were in spring and occurred, on average, on 5 April. The latest during the discussed years snowfall was on 26 April 2006. In the Prądnik Valley, on average, 48 days with snowfall were recorded yearly, which made 13.1% of all days with atmospheric precipitation. The highest percentages of snowfall were noted in February (37.3%), January (33.5%) and December (32.9%). The largest numbers of days with snowfall were recorded in 1996 (75 days) and 2005 (76 days), and the smallest number was noted in 2008 (28 days). The longest ceaseless snowfall sequence was the 24-day period from 15 December 2001 to 7 January 2002.

The observations showed that in Ojców the number of days with snow cover was closely connected with the zonal atmospheric circulation and air temperature. Within the discussed period, the mean snow cover depth was 8 cm. In the multiannual course, the deepest average snow layers were recorded in the winter seasons of 1995/1996 (28 cm) and 2005/2006 (25 cm). The winters of 1990/1991, 1993/1994, 1997/1998 and 2006/2007 were seasons with the thinnest snow layers. In winter, the highest mean monthly snow cover depths were observed in February and January, 15 and 14 cm respectively, and a slightly lower one was noted in December (11 cm). In the discussed multiannual period, the maximum from day to day snow cover growth was 20cm and occurred in Ojców twice – on 28 March 1993 and on 1 January 2004, and the largest from day to day decrease in snow cover depth was 12cm and was noted on 13 December 1998. Within an average winter season in Ojców, several snow cover types could be observed in individual months. These were: trace snow cover in October, thin in November, moderate in December, thick in January and February, moderate in March, and trace in April.