

**Grzegorz B. Durło**

Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, Wydział Leśny,  
Katedra Ochrony Lasu i Klimatologii Leśnej  
31–425 Kraków, al. 29 listopada 46  
e-mail: rldurlo@cyf-kr.edu.pl

**MOŻLIWOŚCI ADAPTACJI DRZEWOSTANÓW  
ŚWIERKOWYCH DO ZMIENIAJĄCYCH SIĘ WARUNKÓW  
KLIMATYCZNYCH W BESKIDZIE ŚLĄSKIM**

**The possibility of adaptation of spruce forests  
in Beskid Śląski Mts. to changing climatic conditions**

**Summary.** This paper presents the results of climatological elaboration of pluvial and thermal conditions in Beskid Śląski Mts. The data comes from measurements from 1957–2008 which collected at 25 meteorological stations and posts situated in Beskid Śląski region. The aim of this study was evaluation of the climate changeability on spruce stand stability in Beskid Śląski lower subalpine forest zone. The work includes studies on the adaptation possibility of spruce forest to present and future climate in Western Beskids. The study used historical data and a series of meteorological data generated using a model WGENK (Kuchar 2005) a range of 100 years. Calculation procedure based on two scenarios, the CO<sub>2</sub> concentration of 130% and 200% by 2050. Based on the results the productive potential of spruce stands in the forest subalpine zone was performed.

**Słowa kluczowe:** zmiany klimatu, leśnictwo, Beskid Śląski

**Key words:** climate change, forestry, Beskid Śląski

**WSTĘP**

Ekstremalne zjawiska meteorologiczne obserwowane w ostatnich latach wzbudzają coraz większy niepokój leśników. Występowanie tych zjawisk warunkowane jest wprawdzie naturalnymi procesami zachodzącymi w atmosferze, jednak zagrożenia wynikające z ich oddziaływania na las bywają bardzo groźne. Obserwowany od lat proces zamierania świerczyn beskidzkich dowodzi, że prawdopodobnie zmiany siedliskowe następują znacznie szybciej aniżeli

pokoleniowa wymiana drzew. Wydaje się, że przemiany zachodzące w środowisku dokonały się tak szybko, że świerk nie poradził sobie z dostosowaniem do nich. Leśnicy upatrują przyczyn tego stanu zarówno ze strony czynników abiotycznych, jak i biotycznych, nie wyłączając skutków oddziaływania szkodliwych substancji antropogenicznych. Wyniki badań dotyczące klimatu obszarów górskich, uzyskane w ostatnich latach, wskazują na zmiany zachodzące w rozkładzie niektórych parametrów klimatycznych, czego dowodem są różnice między bieżącymi wskaźnikami a normą klimatyczną (Migała 2005, Durło 2010). Szczególnie istotne dla reżimu klimatycznego wydają się zmiany zachodzące na powierzchni terenu związane z procesem zamierania drzewostanów świerkowych. Na dużym obszarze bowiem w strefie piętra umiarkowanie chłodnego doszło do raptownego odsłonięcia powierzchni gleby, co w znacznym stopniu, zdaniem leśników, może zmodyfikować dotychczasowe wartości parametrów bilansu cieplnego oraz wodnego na tym terenie. Zmiany te wydają się na tyle istotne, że mogą spowodować modyfikację dotychczasowych warunków topoklimatycznych w niektórych rejonach masywu. Rozpoznanie charakteru tych zjawisk i ustalenie ich prawdopodobnego przebiegu w przyszłości stanowi istotny element planowania przestrzennego i gospodarowania zasobami przyrodniczymi (Hess i in. 1984, Durło 2003, Durło 2004, 2006, 2007, 2010, Feliksik i Durło 2004, Migała 2005, Balon 2007).

### OBIEKT BADAŃ

Obiektem badań był obszar Beskidu Śląskiego, obejmującego swym zasięgiem teren około 700 km<sup>2</sup>, który na blisko 50% powierzchni pokrywają lasy. Większość z nich to drzewostany świerkowe, obejmujące swym zasięgiem piętro regla dolnego i górnego w zakresie wysokości od 400 do 1200 metrów n.p.m. Lasy Beskidu Śląskiego w ciągu ubiegłego wieku uległy drastycznym przemianom; szacuje się, że obecnie około 70–80% beskidzkich zbiorowisk stanowią sztuczne świerczyny (Wilczek 1995). Pozostałe obszary zajmują zbiorowiska naturalnej buczyny storczykowej, łągów jesionowych, jaworzyny górskiej, dolnoreglowy bór jodłowo-świerkowy oraz w wyższych położeniach ubogie kwaśne buczyny (Barański 2007). Beskid Śląski rozciąga się od wysokości 295 m n.p.m. w części północno-zachodniej do 1257 m n.p.m. w kulminacji masywu Skrzycznego. Najbardziej zróżnicowany pod względem wysokościowym rejon obejmuje zlewnie potoku Leśna, Kalonka i Żylica w masywie Skrzycznego. Najmniej zróżnicowany orograficznie jest rejon obejmujący zlewnie Olzy i Czadeczki w południowo-zachodniej części Beskidu Śląskiego, przy granicy z Republiką Czeską. Średni spadek terenu wynosi 14°, dominują zbocza o nachyleniu od 5 do 20°, których udział wynosi łącznie 64%. Beskid Śląski należy do karpackiej

strefy klimatycznej, położonej w obszarze klimatu umiarkowanego, kształtowanego przede wszystkim przez masy powietrza polarnego morskiego, napływające z kierunku zachodniego i północno-zachodniego. Zgodnie z klasyfikacją Romera (1949), omawiany obszar należy do regionu klimatycznego gór, Krainy Beskidu Śląskiego i Zachodniego F7, Dziedziny Beskidu Śląskiego F71. W obszarze tym występują wartości gradientów klimatycznych 20–24, w tym najwyższe we wschodniej części regionu. Okołowicz (1966) zaklasyfikował obszar Beskidu Śląskiego do Krainy Karpackiej, Dzielnicy nr 2 Beskidu Śląskiego i Żywieckiego, w wariancie klimatu kształtowanego pod silnym wpływem gór.

## METODY BADAŃ

Materiałem wyjściowym do opracowania charakterystyki klimatu Beskidu Śląskiego były dane meteorologiczne z okresu 1956–2008 uzyskane z archiwum IMGW w Warszawie i GCHM w Katowicach. W opracowaniu wykorzystano następujące materiały: dzienniki klimatologiczne, dzienniki spostrzeżeń opadowych, dzienniki obserwatora, miesięczne wykazy spostrzeżeń meteorologicznych, roczniki meteorologiczne, roczniki opadowe, paski z rejestratorów meteorologicznych, a także zbiory elektronicznych baz danych: GCOS (*Global Climate Observing System*), ICTP (*International Center of Theoretical Physics*), dane z serwisu DC NOAA obejmujące zbiory wskaźników miesięcznych z wiekolecia 1948–2008. Pełny, jednorodny, 50-letni ciąg danych zgromadzono z 6 stacji (Bielsko Biała, Istebna Kubalonka, Nowy Dwór, Ustroń Równica, Wisła Centrum i Cieszyn), w pozostałych przypadkach ciągu były krótsze przeciętnie o kilkanaście lat; braki obejmują koniec lat 90. ubiegłego wieku i pierwsze lata obecnego stulecia, co było związane z reorganizacją sieci obserwacyjno-pomiarowej IMGW na tym terenie oraz zmianą sposobu pomiaru. Niekompletne ciągi danych uzupełniono zgodnie z metodyką opracowań zawartą w pracach Pruchnickiego (1987), Petersona i Easterlinga (1994) oraz Tuomenvirtty (2001).

Na obszarze Beskidu Śląskiego funkcjonuje obecnie 25 posterunków meteorologicznych; większość z nich pracuje w systemie półautomatycznym lub automatycznym. Posterunki są zlokalizowane w obrębie całej jednostki fizycznogeograficznej w pełnym zakresie wysokościowym. 14 posterunków jest położonych we wklęsłych formach terenu, pozostałe na wypukłych. Opracowania analityczne i kartograficzne dotyczą temperatury powietrza i opadu atmosferycznego. Podstawy teoretyczne analizy geostatystycznej zaczerpnięto z prac McBratney'a i Webstera (1981), Spruilla i Candelii (1990), Van Groenigena i Steina (1998), Warricka i Myersa (1987) oraz Winkelsa i Steina (1997). Analizę statystyczną przeprowadzono, wykorzystując pakiet STATISTICA 9.0 (StatSoft, Inc. (2007). STATISTICA (Data Analysis Software System, version 9.0).

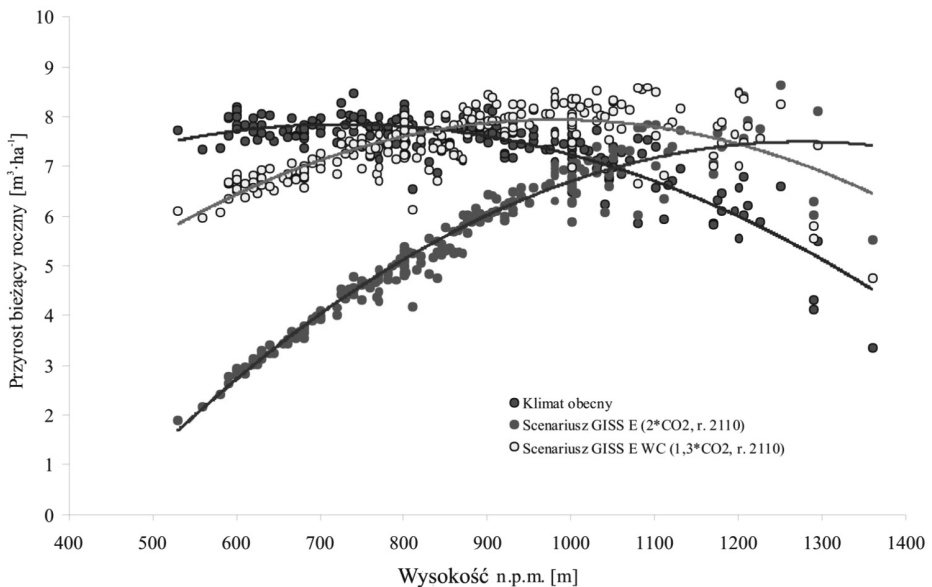
Analizę klimatu Beskidu Śląskiego prowadzono w kilku aspektach. Pierwszy z nich dotyczył danych archiwalnych, historycznych zapisów informacji o przebiegu i rozkładzie warunków meteorologicznych na badanym obszarze. Drugi aspekt dotyczył szczegółowej analizy warunków klimatycznych dwóch ostatnich dekad, a w zasadzie okresu po 1988 roku, uznanym za rok bazowy prognozy stężenia CO<sub>2</sub> w swobodnej atmosferze. Ostatni aspekt jest związany z modelowaniem warunków klimatycznych na podstawie scenariuszy klimatycznych na przyszłość. Serie danych poszczególnych elementów meteorologicznych generowano za pomocą generatora WGENK (Richardson, Wright 1984, Richardson 1985, Kuchar 2005). W trakcie procedury obliczeniowej zaproponowano dwa warianty prognozy koncentracji CO<sub>2</sub>; w pierwszym przypadku przyjęto założenie o podwojeniu stężenia dwutlenku węgla do 2050 roku (GISS\_E), drugi wariant zakłada wzrost koncentracji gazu na poziomie 130% w tym samym okresie GISS\_E\_WC (Durło 2010).

## WYNIKI BADAŃ

Średnia temperatura roczna w Beskidzie Śląskim wyznaczona na podstawie danych z 25 stacji i posterunków meteorologicznych wynosi 6,3°C, z odchyleniem 0,7°C. Najwyższa średnia występuje na posterunkach w Goleszowie, Górkach Wielkich i Bielsku Białej; wynosi ona od 7,7 do 7,9°C, z przeciętnym odchyleniem 0,8°C. Średnia roczna temperatura w tej strefie wysokościowej zwiększa się nieznacznie ku zachodowi, osiągając w Cieszynie 8,1°C; najniższa występuje na szczycie Skrzycznego (1254 m n.p.m.) i wynosi 3,1°C, z odchyleniem 0,8°C. Obszar Beskidu Śląskiego jest podzielony w układzie wysokościowym na 3 piętra klimatyczne: umiarkowanie ciepłe, umiarkowanie chłodne i chłodne. W stosunku do danych historycznych uległy one modyfikacji polegającej na przesunięciu granicy pięter w nieco wyższe partie masywu. Analiza danych historycznych pozwoliła stwierdzić, że obszar piętra chłodnego, obejmujący tereny o wysokości od 980 m n.p.m. do wierzchołków wzniesień, wynosił około 8,1 km<sup>2</sup>, co stanowiło 1,2% ogólnej powierzchni obszaru Beskidu Śląskiego. Obecnie strefa ta obejmuje zaledwie 3,6 km<sup>2</sup>, co stanowi nieco powyżej 0,5% powierzchni masywu i obejmuje jedynie część wierzchowinową masywu Skrzycznego i Baraniej Góry w Paśmie Wiślańskim. Piętro umiarkowanie chłodne rozciąga się obecnie od wysokości 690 do 1070 m n.p.m. i obejmuje 317 km<sup>2</sup>, co stanowi 46,6% badanego obszaru. W stosunku do warunków z lat 1956–1985 zasięg pionowy tego piętra zwiększył się o około 80 metrów. Piętro umiarkowanie ciepłe obejmuje obszar 358 km<sup>2</sup> od wysokości 280 metrów n.p.m. do granicy piętra umiarkowanie chłodnego.

Średnia suma roczna opadów atmosferycznych w Beskidzie Śląskim wynosi 1200 mm, z odchyleniem 160 mm. Najbardziej obfity w opady jest lipiec, a najmniej opadów przypada na luty i marzec. Strefa najwyższych opadów obejmuje wierzchowinowe i szczytowe partie Pasma Wiślańskiego. Najmniej opadów jest w południowo-wschodniej części masywu w okolicach Rajczy, Węgierskiej Górki i Milówki. Przeciętny stosunek sumy opadów zimy do lata wynosi 71%; najwyższy jest w partiach wierzchowinowych, a najniższy w dolinach i u podnóży stoków.

Realizacja scenariusza zmian klimatu, zakładającego podwojenie stężenia  $\text{CO}_2$  w atmosferze do roku 2050, której skutkiem byłby wzrost temperatury do wartości około  $8,9^\circ\text{C}$  oraz redukcją sumy opadu w okresie letnim o około 12% do roku 2100, wpłynęłaby znacząco na pogorszenie warunków produkcyjnych w reglu dolnym Beskidu Śląskiego. W tych warunkach potencjalny bieżący przyrost roczny miąższości drzewostanu świerkowego w wieku 100 lat wyniósłby przeciętnie około  $3,7 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ , z odchyleniem  $1,2 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ , przy obecnym  $7,6 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ , co stanowi redukcję o blisko 50% (ryc. 1). Przeciętny przyrost roczny do wysokości 800 metrów n.p.m. nie osiągnąłby nawet poziomu  $4 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ , przy obecnym  $14 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ . W przypadku drugiej wersji scenariusza (GISS\_E\_WC) wzrost temperatury do wartości  $6,9^\circ\text{C}$  oraz redukcja sumy opadu w okresie



**Ryc. 1.** Przyrost bieżący roczny drzewostanów świerkowych w Beskidzie Śląskim według różnych wariantów prognozy klimatu (Socha 2010)

**Fig. 1.** The current spruce stand increment in Beskid Śląski according to different variants of climate scenarios (Socha 2010)

lata o około 7–9% spowodowałyby niewielką redukcję bieżącego przyrostu rocznego w strefie regla dolnego; spadek ten wyniósłby  $1,1 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$  (15%). Powyżej wysokości 850–900 metrów natomiast nastąpiłaby poprawa przyrostu o blisko  $1,0 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ , co wydaje się zrozumiałe, zważywszy na prognozę korzystniejszej dla wzrostu i wegetacji roślin temperatury w tej strefie.

## DYSKUSJA WYNIKÓW

Analiza prognozowanych warunków termicznych na obszarze Beskidu Śląskiego wskazuje na wzrost temperatury średniej rocznej w stosunku do lat 1957–1986; najwyraźniejszy wzrost jest w przypadku średniej z okresu letniego. Niekorzystnie prezentują się wyniki wyznaczone na podstawie scenariusza GISS\_E, zakładają one bowiem dalszą tendencję wzrostową o  $0,32^\circ\text{C}$  na 10 lat. Konsekwencją tego jest wydłużenie się okresu wegetacyjnego w skrajnych przypadkach nawet o 1 miesiąc (tab. 1). Sytuacja ta w terenie górskim stwarza ogromne niebezpieczeństwo szkód od przymrozków wczesnych i późnych, a to z kolei może wpłynąć na stan zdrowotny drzew, szczególnie w drzewostanach młodszych klas wieku. Analiza prognozowanych warunków pluwialnych na obszarze Beskidu Śląskiego wskazuje na utrzymanie dotychczasowej sumy rocznej opadu w stosunku do lat 1957–1980. Kilka mniej obfitych w opady lat z przełomu wieku (1981–2008) wpłynęło na nieco niższą sumę wieloletnią, jednak opady z 2009, jak i 2010 roku zrównoważą tę sumę w ostatniej dekadzie. Znacznie gorzej prezentują się opady w lecie i w okresie wegetacji. Obecnie jest to spadek o 8% w stosunku do lat 1960. i 1970. (tab. 2). Prognoza oparta na scenariuszu GISS w pierwszym przypadku daje wynik o 12% niższy, a drugim o blisko 9%. Rezultaty te nie są optymistyczne, jeśli weźmiemy pod uwagę wymagania świerka w tej strefie klimatycznej. Analiza danych wieloletnich wskazuje, że minimalna suma opadów w cieplej porze roku, zapewniająca korzystne warunki wegetacji świerczyni dolnoregłowych, nie powinna być niższa aniżeli 800 mm.

Prawdą jest, że średnia roczna temperatura powietrza w Beskidzie Śląskim w ciągu ostatnich 50 lat wykazała kierunkową dodatnią zmianę ( $0,71^\circ\text{C}$ ), jednak ocena tego modelu nie była statystycznie istotna. Zakładając, mimo wszystko, że współczynnik kierunkowy funkcji regresji utrzymałby podobny poziom do roku 2050, możemy spodziewać się przeciętnej rocznej temperatury powietrza w Beskidzie Śląskim na poziomie  $7,2^\circ\text{C}$ , z odchyleniem  $0,9^\circ\text{C}$ . Podobne wnioski prezentuje w swym opracowaniu Migala (2005), podając zbliżone parametry dla arbitralnie przyjętej przez siebie „hipotezy minimum” dla wybranych stanowisk w Karpatach Zachodnich. Analizując serie danych o stężeniu  $\text{CO}_2$  z środkowej części Europy i Karpat Zachodnich, trudno zaakceptować prognozy zamieszczone w pierwszych trzech raportach IPCC, z 1990, 1995 i 2001 roku (Smith

**Tabela 1.** Wartości średnie temperatury (°C) i długość okresu wegetacyjnego (dni) w różnych okresach i prognozy według scenariuszy GISS w wariantach E i E\_WC  
**Table 1.** Mean temperature values (°C) and vegetation period (days) in different periods and prognoses of GISS\_E and GISS\_E\_WC scenarios

Średnia temperatura (°C)	Okres		Prognoza	
	1957–1986	1987–2006	GISS_E 2100	GISS_E_WC 2100
Rok	5,5	6,2	8,9	6,9
Wiosna	5,1	5,8	9,0	6,7
Lato	13,6	14,2	17,1	15,3
Jesień	4,0	3,9	6,6	4,8
Zima	-3,3	-3,2	-0,2	-2,3
Okres wegetacyjny	10,6	11,5	14,4	12,5
Roczna maksymalna	9,0	9,4	12,6	10,5
Roczna minimalna	2,4	2,6	5,4	3,5
Długość okresu wegetacyjnego (dni)	189	193	228	204

**Tabela 2.** Sumy i charakterystyki opadów w różnych okresach i prognozy według scenariuszy GISS w wariantach E i E\_WC  
**Table 2.** The sums and the characteristics of precipitations in different periods and prognoses of GISS\_E and GISS\_E\_WC scenarios

Średnia suma opadów (mm)	Okres		Prognoza	
	1961–1980	1981–2008	GISS_E 2100	GISS_E_WC 2100
Rok	1306,1	1278,7	1302,8	1308,3
Wiosna	364,5	356,0	345,3	345,2
Lato	419,6	368,3	356,6	381,3
Jesień	268,3	290,0	303,6	308,1
Zima	252,2	264,4	297,3	274,0
Okres wegetacyjny	865,5	800,2	768,1	793,3
Średnia liczba dni z opadem – rok	200	198	196	202
Stosunek sumy opadów zimowych do letnich (%)	61,0	71,7	83,3	71,8

i Pitts 1997), aczkolwiek należy przyznać, że autorzy kolejnych opracowań redukują pierwotne założenia, czego przykładem jest znacznie odbiegający od poprzednich obraz przyszłego klimatu w Europie, zawarty w ostatnim raporcie. Proponowany w czwartej syntezie IPCC wariant uśredniony z 6 modeli klimatycznych podaje zakres zmiany na poziomie od 1,1°C do 2,8°C w roku 2050.

A zatem wyniki uzyskane w niniejszym opracowaniu są zbliżone do dolnej granicy scenariusza optymistycznego (Solomon i in. 2007). Przyjęty na potrzeby niniejszego opracowania model dał zbliżone wartości prognozy, bowiem zmiana średniej rocznej temperatury powietrza w Beskidzie Śląskim do roku 2100 została oszacowana na poziomie  $1,1^{\circ}\text{C}$  z odchyleniem  $0,8^{\circ}\text{C}$ . Opisana sytuacja nie powinna zatem spowodować widocznych zmian w ekosystemach roślinnych tego regionu w ciągu kolejnych dekad. Odmiennie prezentuje się sytuacja, jeśli w modelowaniu uwzględnimy parametry prognozy zaproponowane w III raporcie IPCC (McCarthy i in. 2001). Uzyskane wartości sygnalizują dość radykalne zmiany w reżimie klimatycznym tego obszaru. Wzrost średniej temperatury w lecie czy w okresie wegetacyjnym w takim zakresie może wyraźnie zaburzyć dotychczasowy układ fitoklimatyczny. Prognozowana zmiana może spowodować ekspansję zjawisk obserwowanych dotychczas jedynie na pogórzu i stopniowe przesuwanie się granic klimatycznych nawet o ponad 250 metrów. Warunki te mogą okazać się nieodpowiednie dla roślinności do wysokości 800 metrów n.p.m. Sytuacja ta może znacznie ograniczyć możliwości adaptacji drzewostanów świerkowych nie tylko z uwagi na prognozowane tempo zmian, ale również z uwagi na uwarunkowania biologiczne tego gatunku (Socha 2010).

W zakresie klimatu pluwialnego różnice uwidaczniają się szczególnie w sumach opadów w okresach kwartalnych. Widoczna jest przede wszystkim redukcja sumy opadów w lecie na korzyść opadów zimowych (tab. 2). W wariacie zbliżonym do bieżącej sytuacji stosunek opadów zimy do lata pozostanie na niezmiennym poziomie około 70%, a w przypadku wzrostu opadów okresu zimowego o 15% w roku 2050 (GISS\_E) należy spodziewać się wzrostu tego stosunku do 83%. W sytuacji, gdy okres wegetacyjny trwałby przeciętnie 228 dni w roku, a rozkład opadów byłby w miarę równomierny, nie zaspokoiliby to potrzeb drzewostanów dolnoreglowych nawet w 80%. Realizacja takiego trendu wydaje się jednak mało prawdopodobna. Biorąc pod uwagę wyniki przeprowadzonej analizy oraz rezultaty modelowania prawdopodobnych zmian w przyszłości, wydaje się, że scenariusz zakładający wzrost średniej rocznej temperatury powietrza o  $1,0^{\circ}\text{C}$  i zwiększenie opadów w okresie zimy o 5%, przy nieznacznym obniżeniu sumy opadów w lipcu i sierpniu, jest możliwy do zaakceptowania.

## WNIOSKI

1. Obecna tendencja wzrostu średniej rocznej temperatury powietrza spowoduje podwyższenie zasięgu pięter klimatycznych o około 80 metrów; w przypadku pesymistycznego scenariusza GISS\_E zmiany te mogą doprowadzić w Beskidzie Śląskim do zaniku piętra chłodnego i umiarkowanie chłodnego, a granice pięter klimatycznych mogą przesunąć się nawet o 250 metrów.



2. Scenariusz zakładający w Beskidzie Śląskim wzrost średniej rocznej temperatury powietrza o 1,0°C do roku 2050 oraz zwiększenie opadów w okresie zimy o 5–6%, przy nieznacznym zmniejszeniu sumy opadów w lipcu i sierpniu, możliwy jest do zaakceptowania.
3. Prognoza zmian warunków klimatycznych oparta na wariancie GISS\_E\_WC wskazuje, że warunki wzrostu i rozwoju drzewostanów świerkowych w piętrze regla dolnego nieznacznie się pogorszą, jednak zmiany te nie powinny wpłynąć w istotny sposób na gospodarkę leśną w tym piętrze klimatycznym.
4. Możliwości adaptacji drzewostanów świerkowych do zmieniających się warunków klimatycznych w Beskidzie Śląskim w następnych 90 latach są duże, na co wskazuje prognoza rocznego przyrostu przeciętnego i bieżącego na tym obszarze.
5. Uwzględniając dotychczasowe wyniki badań i obserwacji oraz przedstawione w pracy potencjalne skutki zmian warunków klimatycznych, należałoby ograniczyć udział świerka w drzewostanach regla dolnego do wysokości 800 metrów; optymalne dla wzrostu pozostaje piętro powyżej 850 metrów n.p.m.

Badania finansowane w ramach Projektu MNISW o numerze NN 309160538

## Literatura

- Balon J., 2007, *Stabilność środowiska przyrodniczego Karpat Zachodnich powyżej górnej granicy lasu*. Wyd. IGiGP UJ, Kraków.
- Barański M., 2007, *Beskid Śląski*. Wyd. Rewasz, Pruszków, ss. 250.
- Durło G., 2003, *The microclimatic typology of Jaworzyna Krynicka Massif and Black Stream Valley*. Sylwan, 2, 58–66.
- Durło G., 2004, *The geoinformatical method in climatological elaborations*. Acta Agroph., 3, 235–245.
- Durło G., 2006, *The optimization of measurement post quantity for climatic spatial differentiation in diversified relief terrain*. Annales, UMCS, Ser. Geograph., 61, 138–146.
- Durło G., 2007, *Klimatyczny bilans wodny okresów wegetacyjnych w Beskidach Zachodnich*. Acta Agroph., 10 (3), 553–562.
- Durło G., 2010, *Leśny okres wegetacyjny na obszarze LKP Lasy Beskidu Śląskiego*. Sylwan, 154 (8), 577–584.
- Feliksik E., Durło G., 2004, *Climatological characteristic of the area of the Carpathian Regional Gene Bank in the Wisła Forest District*. Dendrob., 51, 43–51.
- Hess M., 1965, *Piętra klimatyczne w Karpatach Zachodnich*. Zesz. Nauk. UJ, Prace Geogr., 11, 1–268.
- Hess M., Niedźwiedz T., Obrębska-Starkel B., 1984, *A method of characterizing the thermal relations in mountainous areas the lower Beskid range in the Polish Carpathians as example*. Geojour., 8, 251–257.

- Kuchar L., 2005, *Zmodyfikowany model WGENK generowania dobowych danych meteorologicznych na potrzeby modelowania agrometeorologicznego*. Woda, Środ., Obsz. Wiej., 5, (14), 185–196.
- McBratney A., Webster R., 1981, *The design of optimal sampling schemes for logical estimation and mapping of regionalised variables*. Part II. Program and examples. Comp. Geosci., 7, 335–365.
- McCarthy J., Canziani O., Leary N., 2001, *Climate change, impacts, adaptation and vulnerability*. Contribution of WG II. Third Assessment Report of IPCC. Cambridge Univ. Press.
- Migała K., 2005, *Piętra klimatyczne w górach Europy a problem zmian globalnych*. Wyd. Uniw. Wroc. Stud. Geogr., 78, 1–150
- Okołowicz W., 1966, *Regiony klimatyczne*. [w:] *Polska. Atlas geograficzny*. PPWK, Warszawa.
- Peterson T., Easterling D., 1994, *Creation of homogeneous composite climatological reference series*. Int. Jour. Climat., 14, 671–680.
- Pruchnicki J., 1987, *Metody opracowań klimatologicznych*. PWN, Warszawa.
- Richardson C., 1985, *Weather simulation of daily climatic data for agronomic models*. Agron. Jour., 74, 510–514.
- Richardson C., Wright D., 1984, *WGEN A model for generating daily weather variables*. US Dep. of Agric. ARS 8, 1–83.
- Romer E., 1949, *Regiony klimatyczne Polski*. Prace Wrocł. Tow. Nauk., Seria B, nr 16, Wrocław, ss.26.
- Smith J., Pitts G., 1997, *Regional climate change scenarios for vulnerability and adaptation assessments*. Climatic Change, 36, 1–2, 3–21.
- Socha J., 2010, *Wskaźniki wzrostu świerka i prognoza zmian warunków siedliskowych dla tego gatunku w oparciu o różne scenariusze zmian klimatu*. Maszynopis, Raport z Grantu NFOŚ Nr BZ 637/KEkL/2010.
- Solomon S., Qin M., Manning Z., Chen M., Marquis K., Tignor A., Miller H., 2007, *Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC*. Cambridge Univ. Press.
- Spruill T. Candela L., 1990, *Two approaches to design of monitoring networks*. Grou. Weat. 28 (3), 430–442.
- StatSoft, Inc., 2009, *STATISTICA (data analysis software system), version 9.0*. www.statsoft.com.
- Tuomenvirta H., 2001, *Homogeneity adjustments of temperature and precipitation series – Finnish and Nordic data*. Int. Jour. Climat., 21(4), 495–506.
- Van Groenigen J., Stein A., 1998, *Constrained optimization of spatial sampling using continuous simulated annealing*. Jour. Envir. Qual., 27, 1078–1086.
- Warrick A., Myers D., 1987, *Optimization of sampling locations for variogram calculations*. Water Resour. Res., 23, 496–500.
- Wilczek Z., 1995, *Zespoły leśne Beskidu Śląskiego i zachodniej części Beskidu Żywieckiego na tle zbiorowisk leśnych Karpat Zachodnich*. Wyd. UŚ.
- Winkels H., Stein A., 1997, *Optimal cost-effective sampling for monitoring and dredging of contaminated sediments*. Jour. Environ. Qual., 26, 933–946.