

**ARKADIUSZ BRUCHWALD, ELŻBIETA DMYTERKO, MAŁGORZATA DUDZIŃSKA,
LESZEK KLUZIŃSKI**

Charakterystyka pędu głównego i jego ugałęzienia u sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.), rosnącej na terenie Nadleśnictwa Olkusz

Characteristic of the main shoot and number of its branches for Scots pine
(*Pinus sylvestris* L.) in the Olkusz Forest District

ABSTRACT

Decrease in emission of harmful gases and dusts in industrialised regions of Poland triggered improvement of forest health. Results of research dealing with pine stands in the Olkusz Forest District prove that. It was shown that number of side shoots growing out in the whorl rose up to 4-5. Trees developed height increment over two times higher than the model one and as a result height growth rate increased. Examined stands moved to the higher site index class during last 25 years. The need of further research on growth processes of trees being under anthropogenic influence was emphasised.

KEY WORDS

Pinus sylvestris, industrial emissions, height growth, number of branches, site index

Wstęp

Długość pędu głównego i jego ugałęzienie stanowią jedną z ważnych cech uszkodzenia drzew [Dmyterko 1994]. Kryterium to, obok defoliacji i żywotności, jest elementem stosowanej w praktyce leśnictwa metody ustalania stref uszkodzeń lasu [Instrukcja 2003].

Sosna zwyczajna należy do gatunków drzew o monopodialnym typie wzrostu [Tomanek 1997]. Pęd główny, będący przedłużeniem osi pnia, rozwija się z pąka szczytowego. Ugałęzienie boczne tworzą pędy wyrastające z okółkowo ułożonych pąków. Ich liczba wynosi na ogół 5 i z wiekiem maleje. Powstające na krótkopędach igły utrzymują się na drzewie przeciętnie przez 3 lata.

W drzewostanach, będących pod wpływem emisji przemysłowych, pędy główne są bardzo krótkie, a ich ugałęzienie zredukowane. Niekiedy pęd główny pozbawiony jest ugałęzienia na

ARKADIUSZ BRUCHWALD

Zakład Dendrometrii i Nauki
o Produkcyjności Lasu SGGW
ul. Nowoursynowska 159
02-776 Warszawa
les_kpl@delta.sggw.waw.pl

ELŻBIETA DMYTERKO

Zakład Urządzenia i Monitoringu Lasu
Instytut Badawczy Leśnictwa
ul. Bitwy Warszawskiej 1920 r. Nr 3
00-973 Warszawa
E.Dmyterko@ibles.waw.pl

MAŁGORZATA DUDZIŃSKA

Zakład Urządzenia i Monitoringu Lasu
Instytut Badawczy Leśnictwa
ul. Bitwy Warszawskiej 1920 r. Nr 3
00-973 Warszawa
M.Dudzinska@ibles.waw.pl

LESZEK KLUZIŃSKI

Zakład Urządzenia i Monitoringu Lasu
Instytut Badawczy Leśnictwa
ul. Bitwy Warszawskiej 1920 r. Nr 3
00-973 Warszawa
L.Kluzinski@ibles.waw.pl

4 Arkadiusz Bruchwald, Elżbieta Dmyterko, Małgorzata Dudzińska, Leszek Kluziński

skutek zniszczenia pąków bocznych, nazywany jest wówczas pędem linearnym [Roloff 1989, 2001]. Przeprowadzone w latach osiemdziesiątych badania w drzewostanach sosnowych Śląska wykazały nie tylko zniekształcenia pędu głównego i jego ugałęzienia, ale całkowite zahamowanie przyrostu wysokości i tworzenie się suchoczubów na dość dużej liczbie drzew [Bruchwald, Michalak 1991a, 1991c]. Dużo drzew miało także bardzo krótką, przebarwioną koronę, z jednym rocznikiem igieł [Bruchwald, Michalak 1991b, 1991d]. Sosny były więc bardzo uszkodzone.

W ostatnim 20-letnim okresie wyraźnie zmniejszyła się wielkość emitowanych do atmosfery pyłów i gazów. U wielu sosen wyrosła silnie ugałęziona, gęsta korona słoneczna [Dmyterko, Kluziński, Bruchwald 2005] i stąd można sądzić, że drzewa zareagowały zwiększonym przyrostem grubości i wysokości. W literaturze potwierdzenie tej tezy można znaleźć w badaniach nad przyrostem grubości sosny zwyczajnej [Grabczyński 2003] i przyrostem wysokości olszy czarnej [Dmyterko 2003].

Celem pracy jest przedstawienie wyników badań, dotyczących wzrostu wysokości i stanu ugałęzienia sosny zwyczajnej. W szczególności analiza dotyczyć będzie kształtowania się z wiekiem tempa wzrostu wysokości, długości pędu głównego i pędów bocznych oraz liczby okółków. Uzyskane wyniki pozwolą w pełniejszy sposób uzasadnić tezę o poprawie stanu zdrowotnego drzewostanów sosnowych Śląska.

Materiał i metodyka badań

Badania oparto na materiale empirycznym zebrany w 27 drzewostanach sosnowych, rosnących na terenie Nadleśnictwa Olkusz, w obrębach Olkusz i Rabsztyn. Były to drzewostany jednogatunkowe i jednowiekowe, zajmujące siedliska boru świeżego. Średni wiek drzewostanów wahał się od 40 do 110 lat, a określona modelem wzrostu [Bruchwald 1986] bonitacja od 15,8 do 30,4 m. Bardzo zmienny był stopień zagęszczenia drzewostanów, bo kształtował się od katastrofalnego, wynoszącego 0,1 do maksymalnego – 1,0 [Bruchwald 1988].

W każdym z wybranych drzewostanów ścięto po 2 drzewa, należące do I lub II klasy Krafta. Na każdym z nich określono m.in.:

- stanowisko biosocjalne,
- pierśnicę,
- długość strzały w roku pomiaru (2003), następnie w dziesięciu rocznych odstępach i dalej w 3 odstępach 5-letnich,
- liczbę pędów bocznych w dziesięciu ostatnich okółkach,
- długość rocznych pędów bocznych, wyrosłych w okółkach w ciągu ostatnich 5 lat.

Po utworzeniu pomiarowej bazy danych, opracowano oryginalne programy komputerowe do jej przetwarzania. Obliczono m.in. miary położenia i dyspersji różnych cech. Jedną z tych cech było tempo wzrostu wysokości, które określa się wzorem o ogólnej postaci:

$$B = \frac{h_w}{A_{(w)}} \quad [1]$$

gdzie:

- B – tempo wzrostu wysokości, określające wysokość, jaką drzewo uzyska lub uzyskało w wieku 100 lat,
- h_w – wysokość drzewa w wieku w ,
- $A_{(w)}$ – standaryzowana funkcja wzrostu wysokości, która dla wieku drzewa 100 lat wynosi 1.

Dla sosny funkcja A ma następującą empiryczną postać:

$$A_{(w)} = \left(\frac{w}{30 + 0,278675 \cdot w^{1,2}} \right)^{1,8 - 0,0005 \cdot w + 0,00007 \cdot w^2} \quad [2]$$

gdzie w jest wiekiem drzewa.

Dla każdego drzewa obliczono również iloraz rzeczywistego 5-letniego przyrostu wysokości (Z_r) i przyrostu modelowego (Z_m):

$$il = \frac{Z_r}{Z_m} \quad [3]$$

$$Z_r = h_k - h_p \quad [4]$$

$$Z_m = h_k - B \cdot A_{(w-5)} \quad [5]$$

gdzie:

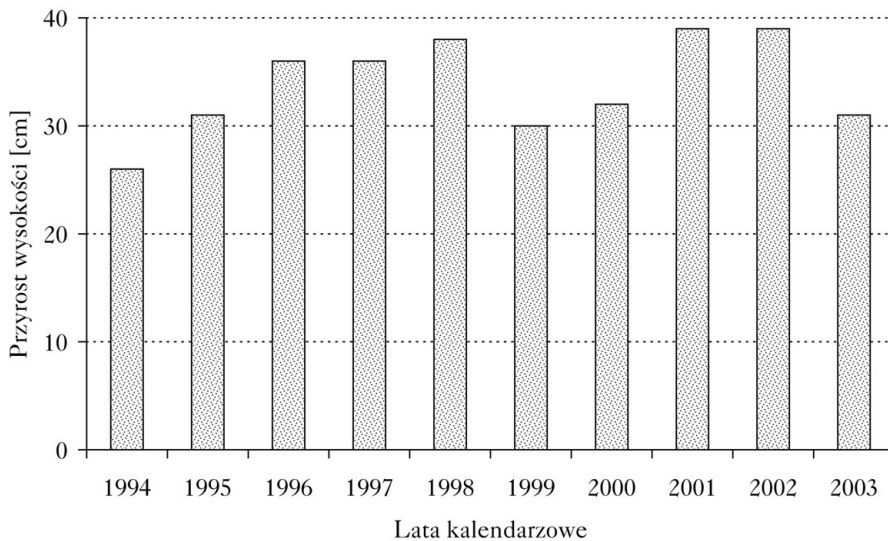
h_k – wysokość drzewa na końcu okresu,

h_p – wysokość drzewa na początku okresu.

Ilorazy przyrostów wysokości obliczono dla pięciu ostatnich 5-letnich okresów. Z teoretycznej analizy wynika, że w normalnych warunkach wzrostu ich wartości powinny wahać się wokół jedności i nie powinny zależeć od wieku drzewa.

Wyniki badań

Dla ostatnich 10-ciu sezonów wegetacyjnych określono średnią długość pędów głównych. Najkrótsze pędy wyrosły w roku 1994, najdłuższe natomiast w latach 2001 i 2002 (ryc. 1). Średnia wartość długości rocznego pędu z całego okresu wynosi 34 cm. Długość pędów zależy od wieku drzew. Dla sosen o wieku do 60 lat średnia długość rocznego pędu wynosi 38 cm, dla



Ryc. 1.

Średnie roczne przyrosty wysokości pędu głównego
Average annual increments of the main shoot height

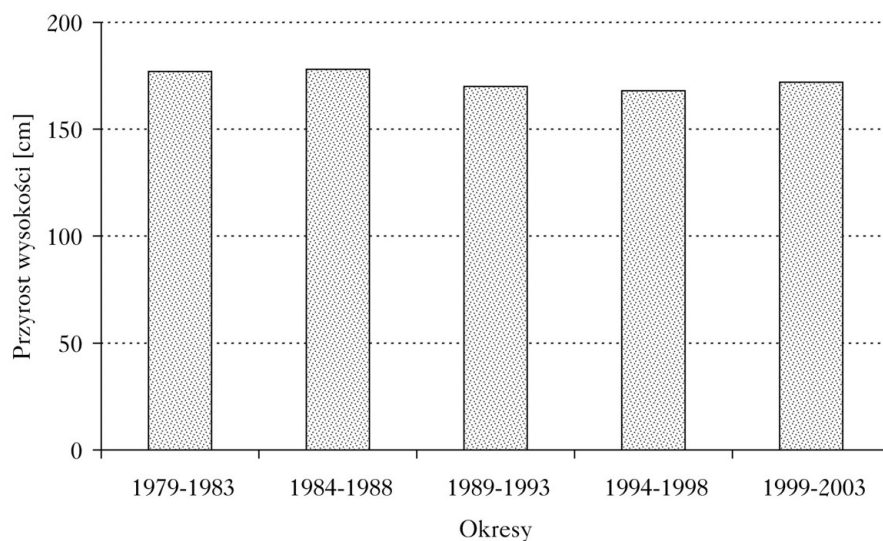
drzew o wieku 61-80 lat otrzymano 34 cm, a dla drzew najstarszych, powyżej 80 lat, 27 cm. Zmienność analizowanej cechy jest dość wysoka, odchylenie standardowe wynosi bowiem około 9 cm, a współczynnik zmienności 25%.

Średnie wartości przyrostów wysokości ustalono również dla pięciu ostatnich 5-letnich okresów. Ich wartości wynoszą około 170-180 cm i nie zależą od wieku drzewa (ryc. 2). Zaskakująco wysokie przyrosty wysokości wystąpiły w latach 1979-1983. Można sądzić, że okres ten był pierwszym, w którym drzewa zareagowały zwiększonym przyrostem na poprawę warunków środowiska.

Liczba pędów bocznych, wyrastających z pąków okółkowych, była w ciągu ostatniego dziesięciolecia dość wysoka. Średnio 3 pędy wyrosły w latach 1994 i 1995, w dalszych latach życia drzewa liczba ta wynosiła 4-5 pędów (ryc. 3).

W okresie ostatnich 5 lat długość pędów bocznych kształtowała się średnio na poziomie 15-20 cm (ryc. 4). Najkrótsze pędy powstały w 1999 r. i również wówczas wyrósł dość krótki pęd główny. Najdłuższe pędy boczne przypadają na lata 2001 i 2002, w tych sezonach wegetacyjnych wyrosły również najdłuższe pędy główne. O relacjach zachodzących między pędem głównym i pędami bocznymi świadczy iloraz ich długości. Kształtuje się on średnio na poziomie 1,9 w okresie 1999-2002 i maleje do 1,6 w sezonie 2003 (ryc. 5). W całym badanym okresie pędy główne są więc dłuższe od pędów bocznych.

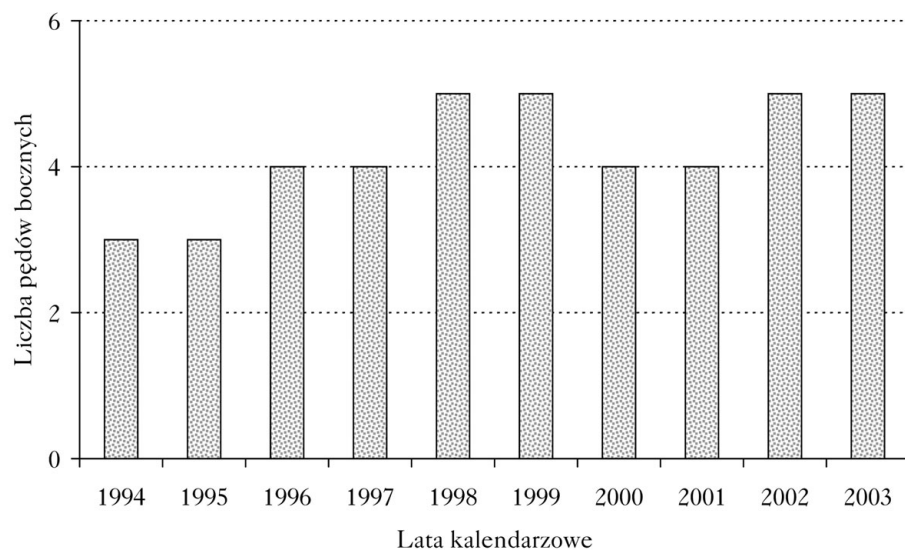
Dysponując wysokością drzewa w różnych latach jego życia, obliczono wzorem [1] tempo wzrostu wysokości dla tych lat. Jest to prognozowana do wieku lat 100 wysokość drzewa. Począwszy od 1978 r. cecha ta wyraźnie wzrasta, od wartości średniej 16,9 m do 22,2 m w roku 2003 (ryc. 6). Duże zmiany tempa wzrostu wystąpiły zarówno u drzew młodych, jak i starych. Dla drzew o wieku do 60 lat kształtują się one od 19,7 do 24,2 m, dla drzew o wieku 61-80 lat od 16,1 do 22,2 m, a dla drzew najstarszych, powyżej 80 lat, od 12,9 do 18,3 m. Różnice w tempie wzrostu wynoszą odpowiednio: 4,5 m, 6,1 m i 5,4 m. W kolejnych, pięciu ostatnich 5-letnich okresach, bonitacja drzewostanów wzrastała średnio o 1 m. Sięgając do tablic zasobności Schwappacha [1912]



Ryc. 2.

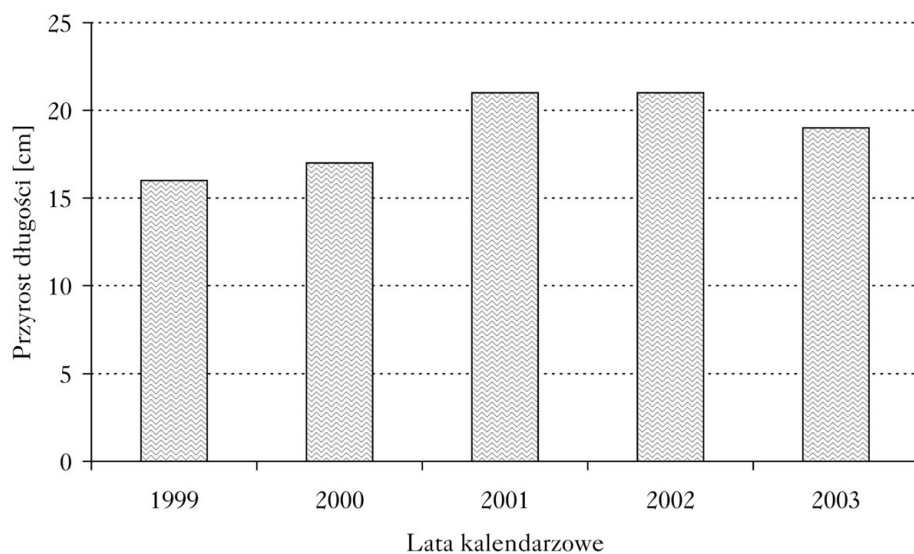
Średnie 5-letnich przyrostów wysokości pędu głównego
Average 5-year increments of the main shoot height

Charakterystyka pędu głównego i jego ugałęzienia u sosny zwyczajnej 7



Ryc. 3.

Średnia liczba pędów bocznych w okółku
Average number of side shoots in the whorl

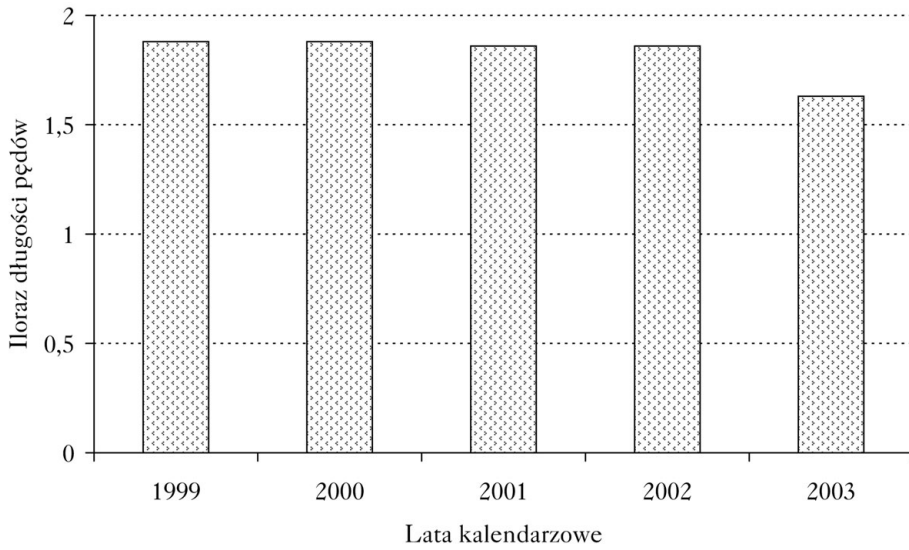


Ryc. 4.

Średnie rocznych przyrostów długości pędów bocznych
Average annual increments of side shoots length

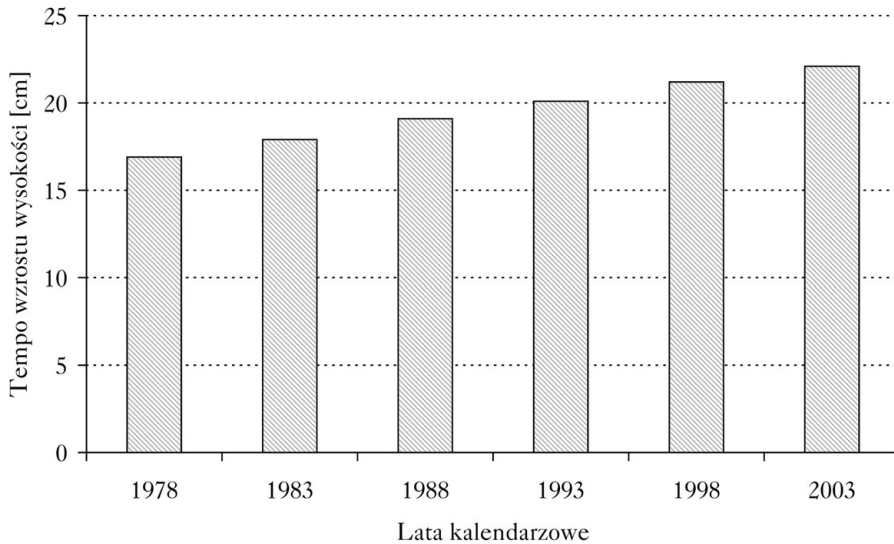
stwierdzić można, że w wieku 100 lat różnice w średniej wysokości między sąsiednimi klasami bonitacji wynoszą około 4 m. Badane drzewostany sosnowe Nadleśnictwa Olkusz w ciągu ostatnich 25 lat uzyskały więc bonitację o klasę wyższą.

Powiększanie się tempa wzrostu wysokości sosny na badanym terenie ma swe źródło w wyrastaniu długich pędów głównych w poszczególnych sezonach wegetacyjnych. Też tę poprzec



Ryc. 5.

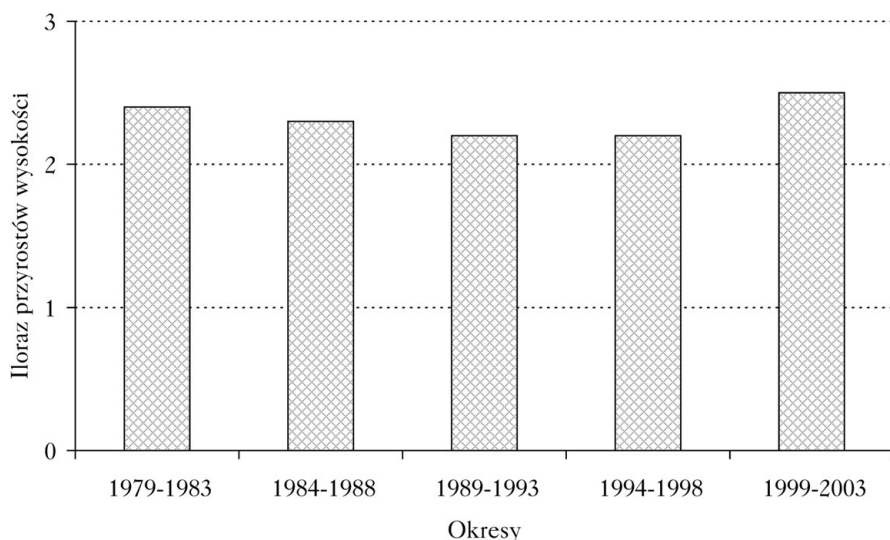
Ilorazy długości pędu głównego i średniej długości pędów bocznych
Ratios of the main shoot length and side shoots average length



Ryc. 6.

Średnie wartości tempa wzrostu wysokości dla lat kalendarzowych
Average values of height growth rate in calendar years

można wartością wskaźnika, będącego ilorazem długości pędu głównego i długości pędu modelowego, który określa się wzorem [3]. Iloraz równy jedności świadczy o wzroście wysokości drzewa zgodnym z modelem, a więc o przeciętnej dla danej bonitacji długości tworzącego się pędu. Dla badanych pięciu ostatnich 5-letnich okresów wartości ilorazów wynoszą około 2,3; pędy są więc ponad dwukrotnie dłuższe od modelowych (ryc. 7). Drzewa o wieku do 60 lat przyrastały



Ryc. 7.

Ilorazy rzeczywistego i modelowego przyrostu wysokości dla 5-letnich okresów
Ratios of real and model height increments for 5-year periods

niecو wolniej, bowiem iloraz przyrostów wysokości wynosi średnio 1,7, drzewa o wieku 61-80 lat charakteryzują się ilorazem 2,3 m, a drzewa najstarsze przyrosły ponad trzy razy więcej, niż wykazał to model wzrostu wysokości. Wynik mówiący o tym, że drzewa starsze wytworzyły względnie dłuższy pęd, jest zgodny z innym stwierdzeniem: drzewa, które miały mniejsze tempo wzrostu wysokości (według wzoru [1]) przyrastały szybciej.

Wnioski

- ✚ Lasy Nadleśnictwa Olkusz w przeszłości rosły w silnie skażonym środowisku przyrodniczym. W ostatnim 25-letnim okresie stan środowiska uległ wyraźnej poprawie. Sosna, będąca głównym gatunkiem lasotwórczym tego terenu, zaczęła wytwarzać długie pędy zarówno główne, jak i boczne. Zwiększyło się również ugałęzienie koron drzew.
- ✚ W ostatnich latach w okółkach wyrastało średnio 5 pędów bocznych. Tak duża ich liczba jest charakterystyczna dla sosny rosnącej w nieskażonym środowisku.
- ✚ Pędy główne sosny były znacznie dłuższe od pędów bocznych. U niektórych drzew ilorazy długości tych pędów przekraczały wartość 2.
- ✚ W stosunku do wartości modelowej, wyrosłe w ciągu ostatnich 25 lat pędy główne były średnio ponad dwukrotnie dłuższe. Ilorazy długości pędu głównego i modelowego były większe u drzew starszych.
- ✚ W badanym okresie powiększyło się tempo wzrostu wysokości sosen. Biorąc jako model tablice zasobności Schwappacha, bonitacja badanych drzewostanów wzrosła średnio o ponad jedną klasę. Tym samym zwiększyła się produktywność tych drzewostanów.
- ✚ Na początku okresu badań, a więc w 1978 r., drzewa młode miały większe tempo wzrostu niż stare. Wynika stąd, że drzewa młodsze lepiej adoptowały się do warunków środowiska przyrodniczego, w którym zmiany musiały zachodzić również w okresie wcześniejszym. Poznanie tej problematyki jest interesujące, prowadzi bowiem do pogłębienia wiedzy o procesach

10 Arkadiusz Bruchwald, Elżbieta Dmyterko, Małgorzata Dudzińska, Leszek Kluziński

wzrostowych, zachodzących w drzewostanach rosnących pod silnym wpływem czynników antropogenicznych.

Literatura

- Bruchwald A. 1979. Zmiana z wiekiem wysokości górnej w drzewostanach sosnowych. Sylwan 2: 1-11.
- Bruchwald A. 1986. Simulation growth model MDI-1 for Scots pine. Ann. Warsaw Agricult. Univ. SGGW-AR, For. and Wood Technol. 34: 47-52.
- Bruchwald A. 1988. Przyrodnicze podstawy budowy modeli wzrostu. Sylwan 11-12: 1-10.
- Bruchwald A., Michalak K. 1991a. Damages of the tree tops in the Olkusz chief forestry. Ann. Warsaw Agricult. Univ. SGGW-AR, For. and Wood Technol. 41: 43-46.
- Bruchwald A., Michalak K. 1991b. Defoliation of tree crowns in the pine stands of the Olkusz chief. Ann. Warsaw Agricult. Univ. SGGW-AR, For. and Wood Technol. 41: 47-50.
- Bruchwald A., Michalak K. 1991c. Damages of tree tops in Świerklaniec chief forestry. Ann. Warsaw Agricult. Univ. SGGW-AR, For. and Wood Technol. 41: 61-64.
- Bruchwald A., Michalak K. 1991d. Defoliation of tree crowns in Scots pine stands of the Świerklaniec chief forestry. Ann. Warsaw Agricult. Univ. SGGW-AR, For. and Wood Technol. 41: 65-68.
- Dmyterko E. 1994. Metodyka określania stopnia uszkodzenia drzewostanów sosnowych przez emisje przemysłowe. Prace IBL, Nr 782: 128-155.
- Dmyterko E. 2003. Charakterystyka pędu głównego dojrzałej olszy czarnej (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.). Sylwan 8: 11-18.
- Dmyterko E., Bruchwald A. 2000. Reakcja przyrostowa brzozy brodawkowatej (*Betula pendula* Roth.) rosnącej na terenie Nadleśnictwa Olkusz. Sylwan 6: 15-25.
- Dmyterko E., Kluziński L., Bruchwald A. 2005. Stan zdrowotny drzewostanów sosnowych (*Pinus sylvestris* L.) Nadleśnictwa Olkusz. Sylwan w druku.
- Grabczyński S. 2003. Metoda oceny zmiany przyrostu pierśnicy drzew w drzewostanach sosnowych regionów przemysłowych. Zeszyty Naukowe AR im. H. Kołłątaja w Krakowie. Rozprawy z. 289.
- Instrukcja Urządzenia Lasu. 2003. Centrum Informacyjne LP. Warszawa.
- Roloff A. 1989. Kronenentwicklung und Vitalitätsbeurteilung ausgewählter Baumarten der gemäßigten Breiten. Schriften aus der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen und der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt. Frankfurt am Main.
- Roloff A. 2001. Baumkronen. Verständnis und praktische Bedeutung eines komplexen Naturphänomens. Verlag Eugen Ulmer GmbH & Co, Stuttgart.
- Tomanek J. 1997. Botanika leśna. PWRiL, Warszawa.
- Schwappach A. 1912. Ertragstabellen der wichtigeren Holzarten in tabellarischen und graphischen Form. Verlag von J. Neumann.

SUMMARY

Characteristic of the main shoot and number of its branches for Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in the Olkusz Forest District

The paper presents results of research on Scots pine height growth and number of its branches. Pine stands growing in the Olkusz Forest District were examined. These forests used to grow in a heavily polluted environment. Emission from the industrial Śląsk region as well as from mines, steelworks and factories located in the neighbourhood of researched object were the background for this pollution.

Pure and even-aged stands growing on the fresh coniferous forest habitats were analysed. Their average age varied from 40 to 110 years and the site index, calculated according to Bruchwald model [1986], varied from 15,8 to 30,4 m. Stands stocking was very variable and reached values from disastrous 0,1 to maximum 1,0 [Bruchwald 1988].

Length of main shoot for last 10 vegetation seasons was measured on 54 felled sample trees. Average value of this feature in years 1994-2004 was 34 cm per year. Younger trees had longer shoots.

Number (for years 1994-2004) and length (for period 1999-2004) of side shoots were also analysed. On average 5 side shoots grew out in the whorl, which proves good conditions for the growth of Scots pine. Side shoots length reached on average 15-20 cm (see Figure 4) and was almost two times smaller than the main shoots ones.

In last 5 five-year periods mean values of height increment were 170-180 cm. Surprisingly high increments occurred in the period 1979-1983. It might be thought that it was the first period when trees responded with greater increment for improvement of environmental conditions.

On the basis of tree height in various years of its life height increment rate for those years was calculated according to the formula [1]. Since 1978 this feature rose significantly from mean 16,9 m to 22,2 in 2003, averagely 1 m in each of 5 consecutive five-year periods (see Figure 6). According to Schwappach yield tables [1912] at the age of 100 years difference in the mean height between subsequent site quality classes is about 4 meters. Basing on this it might be stated that examined Scots pine stands in the Olkusz Forest District moved to the higher site index class in last 25 years.

Increase of Scots pine height increment rate in the examined area was caused by the growth of long main shoots in individual vegetation seasons. In comparison to the model value, shoots grown during last 25 years were on average over two times longer.

Scots pine that is the main forest species of examined area began to develop long both main and side sprouts. Number of branches in tree crowns also rose. The obtained results prove improvement of forest health in surroundings of Olkusz and support thesis about upturn of natural environment in Śląsk region.