

MARCIN KOPROWSKI, ANDRZEJ ZIELSKI, TOMASZ SKOWRONEK

Analiza przyrostów rocznych dwóch sosen (*Pinus sylvestris* L.) o nietypowej budowie strzały na terenie Nadleśnictwa Borne Sulinowo*

Analysis of tree rings of two atypical pines (*Pinus sylvestris* L.) in the Borne Sulinowo Forest District

ABSTRACT

Koprowski M., Zielski A., Skowronek T. 2011. Analiza przyrostów rocznych dwóch sosen (*Pinus sylvestris* L.) o nietypowej budowie strzały na terenie Nadleśnictwa Borne Sulinowo. Sylwan 155 (8): 555-562.

The study aimed at dendrochronological and dendroclimatological analysis of radial increments of two Scots pine specimens of atypical stems (fig. 1). Investigated trees grew in the Borne Sulinowo Forest District (tab.). Although the individuals differ with age, the anomaly occurs almost in the same time (fig. 2). Tree-ring widths of analysed pines show greater similarity before the anomaly onset. Atypical stem construction results in variable growth pattern within individual tree. Samples from 'ridges' are more similar to the master chronology. Climate conditions (temperature in April and June) significantly influence tree ring formation within 'rows' of tree at site #2 (fig. 3-4). Frost damages originating from extremely low temperature in winter 1956 may be the cause of the observed stem anomaly.

KEY WORDS

dendrochronology, Scots pine, atypical stem

ADDRESSES

Marcin Koprowski ⁽¹⁾ – e-mail: koper@umk.pl

Andrzej Zielski ⁽²⁾

Tomasz Skowronek ⁽³⁾

⁽¹⁾ Pracownia Dendrochronologiczna; Uniwersytet Mikołaja Kopernika; ul. Gagarina 9; 87-100 Toruń

⁽²⁾ Katedra Analiz Środowiskowych, Kartografii i Geologii Gospodarczej; Akademia Górniczo-Hutnicza; al. Mickiewicza 30; 30-059 Kraków

⁽³⁾ Nadleśnictwo Borne Sulinowo, al. Niepodległości 32, 78-449 Borne Sulinowo

Wstęp

Osobliwy okaz sosny zwyczajnej odkryto (T. Skowronek) w 1995 roku na terenie oddziału 259f Nadleśnictwa Borne Sulinowo [Danielewicz, Maliński 1998]. Po kilkuletnich poszukiwaniach, w oddziale 371d odnaleziono (K. Szymański) drugą, podobną sosnę (tab.). Okazy te mają wzdłuż całej prawie długości pnia niespotykane wałkowate zgrubienia drewna (ryc. 1). Dysponując dwoma przypadkami takiej anomalii w budowie strzały postanowiono przeprowadzić badania dendrochronologiczne i dendroklimatologiczne. Spodziewano się otrzymać odpowiedź na następujące pytania:

- w którym roku rozpoczynają się pojawiać w drewnie wałkowate zgrubienia?
- czy owe zgrubienia (anomalie) rozpoczynają się u obu badanych okazów synchronicznie?

* Praca wykonana w ramach umowy BS AGH nr 11.11.140.560

- jak kształtuje się szerokość słoja w „rowkach”, a jak w „żebrach”?
- czy badane okazy reagują na klimat podobnie jak drzewa o typowo wykształconej strzale?
- czy możliwe jest wyjaśnienie przyczyn pojawienia się deformacji pnia ?

Materiał i metody

Próby zostały pobrane przy pomocy świdra Presslera na wysokości 130 cm od podstawy pnia. Pobrano po dwa wywierty z każdego badanego okazu – jeden w miejscu „rowka”, drugi w miejscu „żebra” (ryc. 1). Charakterystykę zbadanych drzew przedstawiono w tabeli.

Tabela.

Lokalizacja i charakterystyka badanych drzew
Location and characteristic of analysed trees

	Stanowisko 1	Stanowisko 2	Stanowisko wzorcowe
Symbol prób	solewos1 – „żebro” solewos2 – „rowek”	sosk2a – „żebro” sosk2b – „rowek”	bsst
Obręb	Broczyno	Broczyno	Broczyno
Leśnictwo	Wielboki	Dobrzyca	Dobrzyca
Oddział	259 f	371 d	457 f
Wysokość	25 m	21 m	25 m
Pierśnica	30 cm	27 cm	37 cm
Liczba „zeber”	15	10	
Głębokość „rowka”	do 5,5 cm	do 5,0 cm	
Długość skrętu	20 metrów	15 metrów	
Kierunek skrętu	w lewo	w prawo	



Ryc. 1.

Pobieranie próby z atypowego pnia (R – rowek; Ż – żebro)
Sample collection from atypical stem (R – row; Ż – ridge)

Na stanowisku wzorcowym w oddziale 457f wytypowano 10 drzew bez zewnętrznych oznak chorobowych, z których pobrano po dwa wywierty, po jednym ze strony wschodniej i zachodniej. Zebrane próby zostały poddane standardowej procedurze preparacji [Zielski, Krąpiec 2004]. Następnie zeskanowano je i za pomocą programu CooRecorder (www.cybis.se) zmierzono szerokość przyrostów rocznych z zaokrągleniem do 0,01 mm. W celu wytypowania takich sekwencji osobniczych, które posłużą do złożenia chronologii wzorcowej dla badanego terenu, wykorzystano program CDendro (www.cybis.se). Podobieństwo pomiędzy poszczególnymi próbami zostało wyznaczone na podstawie wartości współczynnika korelacji, t i GL. Kolejnym etapem budowania chronologii dla poszczególnych stanowisk było testowanie wytypowanych prób. Wykorzystano do tego program COFECHA [Grissino-Mayer 2001], który analizuje każdą serię w stosunku do utworzonej chronologii wzorcowej i porównuje wartości współczynników korelacji. Tak wyselekcjonowane sekwencje posłużyły do złożenia chronologii. W celu synchronizacji ciągów pomiarowych szerokości słoików rocznych z latami kalendarzowymi, skorelowano je z chronologią lokalną BSST0012 i chronologiami regionalnymi drewna *Pinus sylvestris* (KUJAWPOM). Istotność korelacji pomiędzy ciągami pomiarów słoików drewna badanych prób została wyliczona za pomocą testu t-Studenta według wzoru:

$$t = r \frac{\sqrt{N-2}}{\sqrt{1-r^2}}$$

gdzie:

- N – liczba porównywanych par danych,
- r – współczynnik korelacji.

Test t określa stopień podobieństwa między poszczególnymi próbami [Baillie, Pilcher 1973].

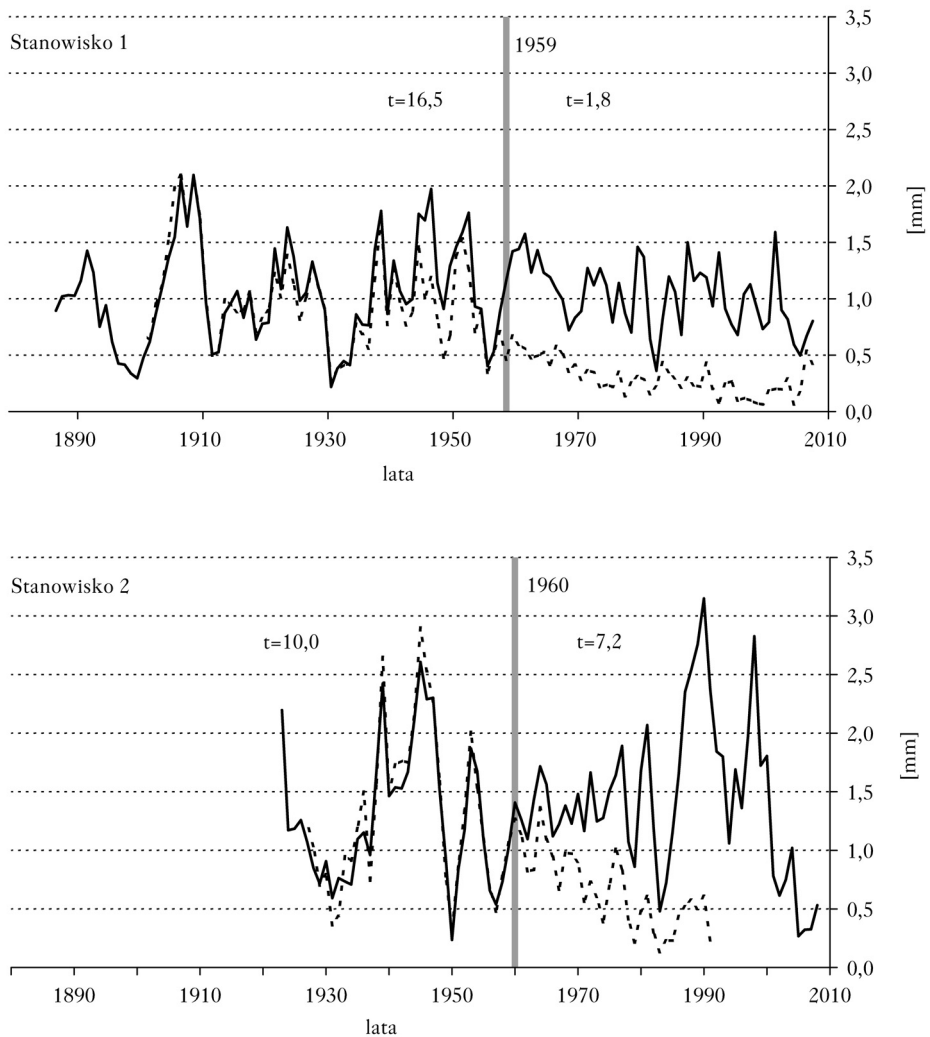
Do dalszych badań zastosowano dwa rodzaje chronologii. Chronologię rzeczywistą złożono z uśrednionych wartości przyrostów rocznych. Chronologię rezydualną otrzymano po zastosowaniu pakietu dplR [Bunn 2008]. Detrendyzację i indeksację przeprowadzono według standardowych procedur opisanych przez Cooka i in. [1990].

Wykorzystane w analizie dane klimatyczne pochodzą ze stacji IMGiW w Chojnicach (53°42'N, 17°33'E). Sumy miesięczne opadów atmosferycznych obejmują lata 1962-2008, a wartości średniej miesięcznej temperatury – okres od 1951 do 2008 [Klein Tank i in. 2002]. Decyzję o wykorzystaniu danych z Chojnic, które są oddalone od stanowiska badawczego w linii prostej o około 80 km, podjęto po skorelowaniu ich z danymi z bliżej położonego, ale posiadającego krótszą serię obserwacyjną Wałcza. Istotną informację w badaniach dendroklimatologicznych niesie „wyrażony sygnał populacji” (ang. expressed population signal, EPS). Wartość EPS mówi o tym, jak ograniczona liczba prób w chronologii ma się do teoretycznej chronologii reprezentującej populację o nieskończonej liczbie drzew. Wartość EPS większa niż 0,85 wskazuje na to, że chronologia złożona z wytypowanych prób może być wykorzystana do badań dendroklimatologicznych, gdyż takie próby reprezentują jednorodny sygnał [McCarroll, Loader 2004]. W celu wyznaczenia parametrów klimatycznych, które wpływają na kształtowanie przyrostów rocznych badanych sosen, zastosowano program DENDROCLIM2002 [Biondi, Waikul 2004]. Do badań użyto chronologii rezydualnej.

Wyniki i dyskusja

ANALIZA WZORU PRZYROSTOWEGO. Najstarszy zmierzony przyrost w drzewie z oddziału 259f został odłożony w 1887, natomiast na w drzewie z oddziału 371d – w roku 1923. Mimo że obydwa zdeformowane drzewa różnią się wiekiem, początek rozwijania się deformacji pnia przypada

bez mała na ten sam rok (ryc. 2). W obu okazach do momentu pojawienia się różnicy w szerokości słoja rytm przyrostowy jest w drzewie prawie identyczny ($t=16,5$ i $t=10,0$). Porównując wzory przyrostowe dla całej sekwencji te wartości wynoszą odpowiednio 7,1 i 12,2. W przypadku stanowiska pierwszego wzór przyrostowy jest zdecydowanie różny w „rowku” i na „żebrze” ($t=1,8$), natomiast w przypadku drzewa ze stanowiska drugiego wartość t wynosząca 7,2 wskazuje na to, że zmiana w rytmie przyrostowym ma jedynie charakter ilościowy, czyli dotyczy redukcji szerokości przyrostu rocznego. Jednak w analizowanej próbie przyrost ustaje po 1991 roku. Badając podobieństwo tych czterech sekwencji do chronologii wzorcowej okazało się, że rytm przyrostowy z „żeber” wykazuje większe podobieństwo ($t=4,0$ i $t=4,3$) do chronologii wzorcowej niż przyrost drewna z części skompresowanej ($t=3,0$ i $t=3,0$).



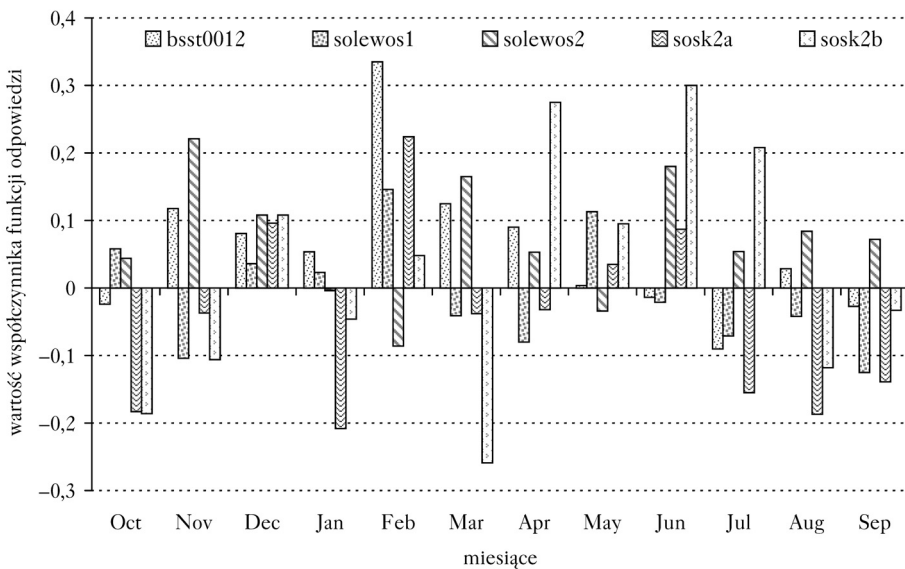
Ryc. 2.

Szerokość przyrostów rocznych
Tree-ring widths of Scots pine

Zmiany, które polegają na skręceniu pnia, określane są terminem „lateral modification” [Schweingruber i in. 2006]. Autorzy ci prezentują również obraz anatomiczny przekroju poprzecznego podobnie skręconej łodygi *Empetrum album*. Charakterystyczne są niekompletne, klinowate przyrosty (ang. wedging rings) [Kaennel, Schweingruber 1995]. Ponieważ na próbie z „rowka” na stanowisku 1 brak jest przyrostów od 1992 do 2008, również tutaj mamy do czynienia z takim zjawiskiem. Przyczyną takiej budowy pnia są raczej czynniki genetyczne niż środowiskowe [Schweingruber i in. 2006]. Podobnie skręcony świerk został zaobserwowany w Finlandii [Karhu 1995]. Budowa taka często widoczna jest u gatunków tropikalnych, np. u *Juniperus procera* z Etiopii, i jest to raczej cecha gatunkowa niż wywołana przez środowisko. W takim przypadku pomiarów przyrostów dokonuje się w częściach pnia charakteryzujących się większym przyrostem, czyli w „żebrach” [Wils i in. 2009].

ANALIZA DENDROKLIMATOLOGICZNA. Analizując udział klimatu w kształtowaniu wzoru przyrostowego drzew stanowiących punkt odniesienia stwierdzono, iż znaczną rolę odgrywa temperatura lutego (ryc. 3 i 4). Wartość EPS dla stanowiska referencyjnego wynosi 0,914, co wskazuje na to, że chronologia złożona z wytypowanych prób może być wykorzystana do badań dendroklimatologicznych. W przypadku drzew skręconych rola klimatu u sosny ze stanowiska pierwszego nie jest wyraźnie zaznaczona. Analiza funkcji odpowiedzi nie wykazała wartości istotnych statystycznie (ryc. 3 i 4). W przypadku drzewa ze stanowiska drugiego próba z „żebra” (sosk2a) wykazała dużą wartość współczynnika funkcji odpowiedzi w lutym (temperatura), jednak nie była to wartość istotna statystycznie (ryc. 4). Druga próba z tego drzewa (sosk2b), wyraźnie reagowała zmianami szerokości przyrostów rocznych na temperaturę kwietnia i czerwca (ryc. 4).

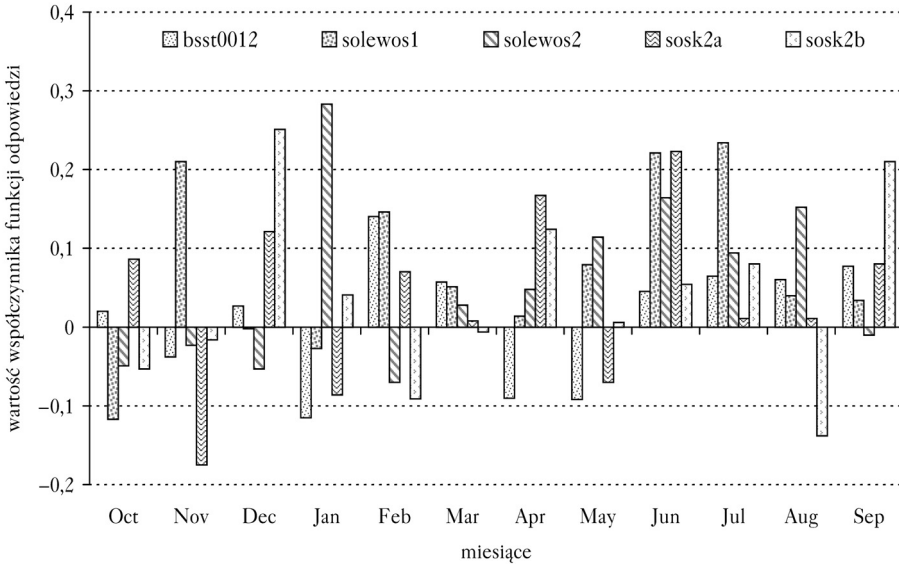
Reakcja na parametry klimatyczne sosen referencyjnych z Nadleśnictwa Borne Sulinowo jest typowa dla tego gatunku na obszarze Polski. Rola temperatury lutego i marca była pod-



Ryc. 3.

Wpływ temperatury na przyrosty roczne chronologii wzorcowej i prób pobranych z drzew o zdeformowanej strzale

Influence of temperature on growth of pines constituting master chronology and trees with atypical stems
 symbole prób w tabeli; sample codes in table



Ryc. 4.

Wpływ opadów na przyrosty roczne chronologii wzorcowej i prób pobranych z drzew o zdeformowanej strzale

Influence of precipitation on growth of pines constituting master chronology and trees with atypical stems
symbole prób w tabeli; sample codes in table

kreślana przez wielu autorów [Zielski i in. 2010]. Wpływ temperatury przełomu lutego i marca jest na tyle istotny, że wielowiekowe chronologie służą do rekonstrukcji klimatu na obszarze północnej [Koprowski i in. 2010] i południowej [Szychowska-Krąpiec 2010] Polski. Wydaje się zatem, że brak reakcji na temperaturę lutego czy marca u drzew ze zdeformowanymi pniami świadczy (szersze przyrosty w „żebrach”, węższe w „rowkach”) również o zmianach jakościowych przejawiających się w braku lub w nietypowej reakcji kambium na warunki pogodowe. W przypadku próby sosk2b istotne wartości funkcji odpowiedzi uzyskano dla temperatury kwietnia i czerwca. Reakcja na warunki termiczne w kwietniu wydaje się być opóźnioną reakcją na niską temperaturę w marcu. Odpowiedź na temperaturę w czerwcu odbiega od typowego modelu dla sosny w Polsce północnej i może to być spowodowane deformacją pnia.

Ponieważ drzewa na stanowisku wzorcowym są wrażliwe na temperaturę lutego, zanalizowano ekstremalne zjawiska pogodowe, które miały miejsce krótko przed 1959 rokiem. Na podstawie danych klimatycznych dostępnych w bazie European Climate Assessment & Dataset [Klein Tank i in. 2002] stwierdzono, iż przyczyną obserwowanej anomalii pnia mogły być uszkodzenia mrozowe spowodowane przez ekstremalne przymrozki w 1956 roku. Średnia minimalna temperatura dobowa w tym roku wynosiła $-14,8^{\circ}\text{C}$, podczas gdy średnia wartość tego parametru w latach 1951-2010 wynosi $-4,6^{\circ}\text{C}$.

Wnioski

- ✦ Początek rozwijania się deformacji pnia przypada bez mała na ten sam rok – 1959 na stanowisku 1 i 1960 na stanowisku 2.
- ✦ Szerokość przyrostów rocznych w zdeformowanym drzewie wykazuje większe podobieństwo do momentu tworzenia się anomalii.

- ♣ Drzewa na stanowisku wzorcowym są wrażliwe na temperaturę lutego. U drzewa ze stanowiska 2 stwierdzono istotny statystycznie wpływ temperatury kwietnia i czerwca.
- ♣ Przyczyną obserwowanej anomalii pnia mogły być uszkodzenia mrozowe spowodowane przez ekstremalne przymrozki w lutym 1956 roku.

Literatura

- Baillie M. G. L., Pilcher J. R. 1973. A simple crossdating program for tree-ring research. *Tree-Ring Bulletin* 33: 7-14.
- Biondi F., Waikul K. 2004. DENDROCLIM2002: A C++ program for statistical calibration of climate signals in tree-ring chronologies. *Computers & Geosciences* 30: 303-311.
- Bunn A. G. 2008. A dendrochronology program library in R (dplR). *Dendrochronologia* 26: 115-124.
- Cook E. R., Briffa K., Shiyatov S., Mazepa A., Jones P. D. 1990. Data analysis. W: Cook E. R., Kairiukstis L. A. [red.]. *Methods of dendrochronology: applications in the environmental sciences*. Boston: International Institute for Applied Systems Analysis, Kluwer Academic Publishers. 97-162.
- Danielewicz W., Maliński T. 1998. Osobliwy przypadek anomalnej budowy strzały sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.). *Rocznik Dendrologiczny* 46: 67-74.
- Grissino-Mayer H. D. 2001. Evaluating crossdating accuracy: A manual and tutorial for the computer program COFECHA. *Tree-Ring Research* 57 (2): 205-221.
- Kaennel M., Schweingruber F. H. 1995. *Multilingual Glossary of Dendrochronology*. Birmensdorf. Swiss Federal Institute for Forest, snow, and Landscape Research. Berne, Stuttgart, Vienne, Haupt.
- Karhu N. 1995. *Vihreät jäättiläiset, Suomen paksuimmat puut*. Publications of the Finnish Dendrological Society 7.
- Klein Tank A. M. G., Wijngaard J. B., Können G. P., Böhm R., Demaree E. G., Gocheva A., Mileta M., Pashiardis S., Hejkrlik L., Kern-Hansen C., Heino R., Bessemoulin P., Müller-Westermeier G., Tzanakou M., Szalai S., Palsdottir T., Fitzgerald D., Rubin S., Capaldo M., Maugeri M., Leitass A., Bukantis A., Aberfeld R., Vanengelen A. F. V., Forland E., Mieties M., Coelho F., Mares C., Razuvaev V., Nieplova E., Cegnar T., Antoniolopez J., Dahlström B., Moberg A., Kirchhofer W., Ceylan A., Pachaliuk O., Alexander L. V., Petrovic P. 2002. Daily dataset of 20th-century surface air temperature and precipitation series for the european climate assessment. *Int. J. Climatol*, 22: 1441-1453.
- Koprowski M., Przybylak R., Zielski A., Pospieszyska A. 2010. Tree rings of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) as a source of information about past climate in northern Poland. *International Journal of Biometeorology*. (DOI: 10.1007/s00484-010-0390-5).
- McCarroll D., Loader N. J. 2004. Stable isotopes in tree rings. *Quaternary Science Reviews* 23: 771-801
- Schweingruber F. H., Börner A., Schulze E-D. 2006. *Atlas of Woody Plant Stems. Evolution, Structure, and Environment Modifications*. Springer. Berlin, Heidelberg, New York.
- Szychowska-Krapiec E. 2010. Long-term chronologies of pine (*Pinus sylvestris* L.) and fir (*Abies alba* Mill.) from the Małopolska Region and their paleoclimatic interpretation. *Folia Quaternaria* 79: 124.
- Wils T. H. G., Robertson I., Eshetu Z., Sass-Klaassen U. G. W., Koprowski M. 2009. Periodicity of growth rings in *Juniperus procera* from Ethiopia inferred from crossdating and radiocarbon dating. *Dendrochronologia* 27: 45-58.
- Zielski A., Krapiec M. 2004. *Dendrochronologia*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Zielski A., Krapiec M., Koprowski M. 2010. *Dendrochronological Data*. W: Przybylak R., Majorowicz J., Brzdil R., Kejna M. [red.]. *The Polish Climate in the European Context: An Historical Overview*. Springer. 191-217.

SUMMARY

Analysis of tree rings of two atypical pines (*Pinus sylvestris* L.) in the Borne Sulinowo Forest District

In 1995 peculiar Scots pine specimen was found in the Borne Sulinowo Forest District [Danielewicz, Maliński 1998]. After some years, similar individual was discovered nearby. Both trees have unusually formed stems that consist of 'ridges' and 'rows' (fig. 1). These pines as well as 10 growing in the neighbourhood were sampled for dendrochronological and dendroclimatological analyses. Although the individuals differ with age, the anomaly occurs almost in the same time (fig. 2). Tree-ring widths of pine from site #1 show greater similarity before the anomaly onset (t=16.2).

In compressed wood, dendrochronological signal in 'rows' differed much ($t=1.8$). In tree at site #2 increment ceased in 1991 totally. Reference trees reacted positively to February temperature, while pine from site #1 showed no significant relationship with climate. 'Ridge' in tree at site #2 reacted positively to April and June temperature. This correlation with temperature in April may be delayed reaction to thermal conditions in March. Relationship from June is different from typical for Scots pine in northern Poland and might be caused by stem deformation (fig. 3-4). Frost damages originating from extremely low temperature in winter 1956 may be the cause of the observed stem anomaly.