

Ważny, Tomasz

Dendrochronologiczne datowanie średniowiecznego grodu warszawskiego

Kronika Zamkowa 1-2 (53-54), 117-125

2007

Artykuł został zdigitalizowany i opracowany do udostępnienia w internecie przez Muzeum Historii Polski w ramach prac podejmowanych na rzecz zapewnienia otwartego, powszechnego i trwałego dostępu do polskiego dorobku naukowego i kulturalnego. Artykuł jest umieszczony w kolekcji cyfrowej bazhum.muzhp.pl, gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych oraz w kolekcji mazowieckich czasopism regionalnych mazowsze.hist.pl.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.

Tomasz Ważny*

DENDROCHRONOLOGICZNE DATOWANIE ŚREDNIOWIECZNEGO GRODU WARSZAWSKIEGO

Drewno jest podstawowym materiałem budowlanym stosowanym przez człowieka od czasów prehistorycznych i bardzo cenionym do dzisiaj. Występuje we wszystkich warstwach kulturowych, ale ze względu na stosowanie wielu tych samych rozwiązań konstrukcyjnych już od czasów neolitycznych, jest materiałem trudnym do datowania na podstawie oceny poziomu technologicznego czy śladów narzędzi użytych do obróbki. Drewno jest także materiałem, którego stan zachowania zależy w znacznie większym stopniu od warunków przechowywania niż od jego wieku. W wypadku braku towarzyszących konstrukcjom drewnianym wyznaczników chronologicznych z pomocą przychodzą metody datowania bezwzględnego oparte na analizie materiału, a w szczególności - dendrochronologia.

Dendrochronologia - według definicji Kaennel i Schweingruberai - jest nauką o datowaniu słoju przyrostu rocznego drewna. Interpretuje ona informację zawartą w strukturze badanych słoju 1 stosuje ją do rozwiązywania zagadnień środowiskowych i historycznych. Dendrochronologia jest przede wszystkim najdokładniejszą metodą datowania. Pozwala na ustalenie wieku drewna z dokładnością do jednego roku, a w szczególnych wypadkach nawet do kilku miesięcy. Wyniki badań są przy tym całkowicie niezależne od innych wyznaczników chronologicznych.

Dendrochronologia wykorzystuje fakt, że drzewa należące do jednego gatunku reagują bardzo podobnie na te same czynniki zewnętrzne. Każdego roku drzewa rosnące w naszej strefie klimatycznej odkładają nową warstwę drewna, odgraniczoną od warstwy drewna z roku poprzedzającego. Szerokość nowej warstwy drewna zależy od warunków panujących w otoczeniu danego drzewa, a przede wszystkim od warunków klimatycznych. W rezultacie w przyrostach rocznych drzew oraz w drewnie mamy zachowany archiwalny zapis warunków klimatycznych panujących w tym regionie geograficznym, z którego pochodzi drewno. Dendrochronologia zajmuje się odczytaniem i interpretacją tego zapisu. W zależności od celu badań odczytuje się czas powstania drewna i konkretnych przyrostów, datę ścięcia drzewa, z którego pochodzi drewno, panujące w przeszłości warunki klimatyczne, zmiany warunków środowiskowych na określonym obszarze itp.

Drewno poddawane analizie dendrochronologicznej musi spełniać kilka warunków. Podstawowym warunkiem jest odpowiednia liczba zachowanych i czytelnych przyrostów rocznych, która powinna być nie mniejsza niż 50 i powinna występować w jednym ciągu, czyli nie może być przerwana. Kolejnym warunkiem jest przydatność drewna do badań dendrochronologicznych. Nie

* Prof. dr hab. T. Ważny, Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu, Wydział Sztuk Pięknych, Konserwacja i Restauracja Dzieł Sztuki oraz Cornell Tree-Ring Laboratory, B-48 Goldwin Smith Hall, Cornell University, Ithaca, NY 14853-3201, USA.

GATUNEK DREWNA	OCENA PRZYDATNOŚCI W „SZKOLNEJ” SKALI	UDZIAŁ PRÓBEK DATOWANYCH
dąb	5	70-95%
sosna	4	30-50%
jodła	5	50-80%
świerk	3 +	10-40%
buk	3 +	10-30%
olcha	2 +	pojedyncze
lipa, topola	2	0%

Tabela 1. Przydatność środkowoeuropejskich gatunków drewna dla dendrochronologii / The usefulness of central European tree species in dendrochronology

każdy gatunek drewna nadaje się do badań, gdyż struktura przyrostów rocznych powinna być czytelna, regularna i pozbawiona wad. Ocenę przydatności najważniejszych występujących w Polsce gatunków przedstawiono w tabeli i.

Gatunkiem najbardziej przydatnym dla dendrochronologii w Europie jest dąb. Dzięki korzystnym właściwościom wytrzymałościowym drewno dębowe było bardzo cenione i używane we wszystkich okresach historycznych; dzięki dużej naturalnej trwałości może

przetrwać bez większych zmian w strukturze nawet przez kilka tysięcy lat (il. 1 i 2). Drewno dębowe ma ponadto bardzo czytelne granice przyrostów rocznych (il. 3) i stosunkowo rzadko występują w jego strukturze zakłócenia budowy

1. Przekrój poprzeczny drewna dębowego.
Fot. T. Ważny / Transverse section of an oak tree.
Photo T. Ważny

2. Przekrój poprzeczny drewna tzw. czarnego dębu. Plaster drewna został wycięty z 700-letniego pnia tkwiącego w wilgotnym gruncie. Struktura drewna nie uległa zmianom, ciemne zabarwienie wynika z reakcji barwnej garbników w drewnie ze związkami żelaza rozpuszczonymi w wodzie. Fot. T. Ważny / Transverse section of so-called black oak. A slice of wood was cut from a 700-year-old stake embedded in damp earth. The structure of the timber had not undergone any changes; the dark colouring was due to the reaction of the tannin in the wood to the iron dissolved in water. Photo T. Ważny

3. Przekrój poprzeczny drewna dębu obserwowany pod mikroskopem przy powiększeniu 25 x. Strzałki wskazują granice przyrostów rocznych. Wewnątrz przyrostu wyróżnić można powstające na wiosnę porowate drewno wczesne z dużymi otworami naczyń przewodzących wodę oraz powstające latem zwarte drewno późne, pełniące w drzewie głównie funkcje mechaniczne i zapewniające odpowiednią wytrzymałość. Fot. T. Ważny / Transverse section of oak timber observed under microscope (25x). The arrows delimit the annual growth rings. In the interior of the growth ring the porous earlywood which grows in the spring is distinguishable by the large vessels conducting water, and the dense latewood which grows in the summer months mainly has a mechanical function and ensures resilience. Photo T. Ważny

anatomicznej. Ponadto dęby rosną na terenie prawie całej Europy, z wyjątkiem obszarów wysokogórskich oraz wyższych szerokości geograficznych. Odsłonięty na dziedzińcu pałacu Pod Blachą w 2004 r. fragment wału wykonany był właśnie z drewna dębowego. Była to bardzo ważna przesłanka, dająca nadzieję, że badania dendrochronologiczne dostarczą bezcennych informacji o początkach grodu warszawskiego.

Podstawą do zastosowania dendrochronologii są wzorce przyrostowe - chronologie standardowe. Chronologia stanowi rekonstrukcję przeciętnego, typowego

dla danego regionu drzewa o wieku kilkuset lub kilku tysięcy lat. Ze względu na fakt, że środkowoeuropejskie drzewa rzadko przekraczają wiek 200 lat, tylko pierwszy fragment wzorca dendrochronologicznego jest opracowywany na podstawie próbek pobieranych z rosnących drzew. Przedłużanie chronologii w przeszłość odbywa się za pomocą coraz starszego drewna, z wykorzystaniem podobieństwa powstałych w tym samym czasie serii następujących po sobie szerszych i węższych słoików (il. 4). Pierwszy segment chronologii zostaje przedłużony poprzez dopasowanie drewna z coraz starszych budynków, następnie segmenty powstają dzięki badaniom drewna archeologicznego i drzew subfossylnych. Najdłuższe europejskie chronologie opracowano dla drewna dębowego z Europy Środkowej - ich długość przekracza 10 000 lat².

Datowanie drewna odbywa się poprzez dopasowanie sekwencji wartości liczbowych charakteryzujących serię przyrostów rocznych do chronologii standardowej. Najczęściej analizowane są serie szerokości przyrostów, a pomiary wykonuje się po odpowiednim laboratoryjnym przygotowaniu próbek na specjalistycznym aparacie pomiarowym. Dokładność pomiaru wynosi 0,01 lub 0,001 mm. Analizę porównawczą wykonuje się na wykresach przyrostowych ilustrujących rytm przyrostu drewna (il. 4), a pomaga w tym specjalistyczne oprogramowanie³. Dokładność datowania zależy od stanu zachowania zewnętrznej warstwy drewna. Roczną precyzję można uzyskać tylko w wypadku zachowania najmłodszego słoika wytworzonego przez drzewo przed ścięciem.

Pierwsza seria próbek drewna średniowiecznego wału warszawskiego grodu, poddanych analizie dendrochronologicznej, pobrana została z ponad 30 dębowych belek fragmentu konstrukcji wału odsłoniętego w 2004 r. Elementy konstrukcyjne, odsłonięte po zdjęciu bruku dziedzińca pałacu Pod Blachą, były silnie zdeformowane, co miało także

4. Zasada opracowywania chronologii standardowej metodą pomostową, z zastosowaniem coraz starszego drewna. Wykresy przyrostowe umieszczone ponad skalą czasu ilustrują zmienność szerokości przyrostów rocznych w następujących po sobie latach. Fot. T. Ważny / The principle of chronology building using the standard bridging method, using progressively older timbers. The growth chart located above the time scale illustrates the variations in widths of annual growth in subsequent years. Photo T. Ważny

wpływ na strukturę drewna. Przymocowane warstwy drewna sprawiały wrażenie, jakby przetoczono po nich znaczny ciężar - był to efekt powolnego osuwania się skarpy wiślanej i nacisku ogromnych mas ziemi na drewno. Deformacja drewna oraz zniszczenie

przypowierzchniowych warstw belek poważnie utrudniły badania drewna i zmniejszyły szanse uzyskania pozytywnych rezultatów badań.

Ostatecznie do badań zakwalifikowano 28 próbek drewna, wyselekcjonowanych

5. Datowanie serii przyrostowych pierwszej serii próbek drewna z dziedzińca pałacu Pod Blachą. Rys. T. Ważny / Dating growth sequences in the first set of timber samples taken in the courtyard of the Tin-Roofed Palace. Drawing: T. Ważny

z ocalałych i odsłoniętych pozostałości umocnień grodu. Dla jedenastu z nich uzyskano pewne i niepozostawiające wątpliwości datowania. Rezultaty przedstawione zostały w postaci diagramu na il. 5. Rozkład wyników wskazuje, że **analizowana konstrukcja wału powstała na początku lat 50. XIV w.** Kilka próbek miało zachowaną kompletną zewnętrzną warstwę drewna wraz z ostatnim wytworzonym przez drzewo przed ścięciem słojem podkorowym. Deformacja

drewna nie pozwoliła jednak na uzyskanie bardziej precyzyjnych rezultatów.

Po odsłonięciu w 2006 r. dalszych fragmentów konstrukcji wału pobrano następnych 59 próbek drewna dębu; 36 spośród nich zostało wydatowanych (il. 6). Próbki z kompletną zewnętrzną warstwą drewna - białym - wyznaczają datę budowy umocnienia na lata 1351-1353. Zdecydowana większość drzew została ścięta późną jesienią 1352 r. lub zimą 1352/1353 r. Pierwsze drzewa zostały

ścięte już w 1351 r. Jedna z próbek pochodzących z pierwszej serii została wydatowana na 1348 r., jednak w tym wypadku mogło to być wtórne użycie drewna lub wykorzystanie pnia drzewa obumarłego (lub przewróconego przez wiatr) w 1348 r. Duża ilość przebadanych i precyzyjnie wydatowanych próbek pozwala na wychwycenie i prawidłową interpretację tego rodzaju wyników odbiegających od pozostałych.

Drewno użyte do budowy konstrukcji wału średniowiecznego grodu warszawskiego pochodziło ze 100-150-letnich dębów. Struktura drewna, a zwłaszcza nieregularne przyrosty roczne wskazują, że były to drzewa rosnące w nie najlepszych warunkach siedliskowych, przypuszczalnie na skarpie wiślanej i u jej podnóża. Struktura przyrostów rocznych dębów z warszawskiego wału zdecydowanie odbiega od struktury drewna dwustuletnich dębów, rosnących powoli i regularnie w pierwotnych puszczech dawnej Polski. Do budowy wału użyto gorszego jakościowo drewna, zdecydowanie różniącego się pod tym względem od drewna dębowego, będącego już wówczas głównym

towarem eksportowym Mazowsza. Wysoogatunkowe drewno dębowe pochodzące z puszczy dorzecza Wisły można spotkać w wielu obiektach zabytkowych i muzeach zachodniej Europy od Lubeki po Londyn i Paryż⁷. Poszukiwane było zarówno przez warsztaty szkutnicze, stolarskie czy ciesielskie, jak i przez wyspecjalizowane pracownie, produkujące podłoża obrazów zwane podobraziami dla mistrzów malarstwa europejskiego. Z powodów ekonomicznych budowniczy warszawskich umocnień ścięli zapewne drzewa z najbliższej rosnącego lasu. Pod względem jakościowym drewno było gorsze od drewna dębów rosnących obecnie w Lasu Bielańskim, ale w zupełności wystarczające do umocnienia wału grodowego.

Oprócz konstrukcji wału prace archeologiczne prowadzone na dziedzińcu pałacu Pod Blachą przyniosły inne ciekawe znalezisko - klepki drewnianej beczki. Beczka również została wykonana z drewna dębowego, a klepki powstały poprzez promieniowe rozłupanie pnia świeżo ściętego drzewa. Bardzo dobry stan zachowania drewna oraz liczne i czytelne przyrosty roczne pozwoliły na

7. Datowanie serii przyrostowych dębowych klepek z dziedzińca pałacu Pod Blachą. Rys. T. Ważny / Dating the growth sequences in the oak staves found in the courtyard of the Tin-Roofed Palace. Drawing: T. Ważny

8. Pochodzenie drewna beczki z dziedzińca pałacu Pod Blachą. Fot. T. Ważny / Origin of the wooden barrels found in the courtyard of the Tin-Roofed Palace. Photo T. Ważny

poddanie beczki szczegółowym badaniom dendrochronologicznym.

Badania objęły 12 klepek beczki. Wszystkie zostały wydatowane. Pomimo braku zewnętrznej warstwy drewna - bielu, który został odcięty podczas produkcji klepek - możliwa była rekonstrukcja tej strefy dzięki równomiernemu rozkładowi wyników. Analizowane klepki wykonane zostały z pni dwóch drzew, z wyjątkiem klepki nr 15. Najmłodszy zachowany przyrost roczny pochodził z 1635 r. (il. 7). Data ścinki drzew, uzyskana po dodaniu brakujących przyrostów bielu, to „około lub po 1650 r.". Uwzględniając transport i sezonowanie drewna, otrzymujemy **lata 50. XVII w. jako datę produkcji beczki.**

Drzewa rosnące w tych samych warunkach w określonym regionie geograficznym rosną w tym samym rytmie i formują podobne przyrosty roczne. Pozwala to na identyfikację elementów drewnianych pochodzących z tego samego miejsca, a w dalszej kolejności - na ustalenie geograficznego regionu, z którego

pochodzą. Serie przyrostowe reprezentujące analizowany obiekt porównywane są z zestawem chronologii regionalnych. Najwyższe podobieństwo uzyskane pomiędzy porównywanymi sekwencjami wskazuje na region pochodzenia drewna. Dendrochronologia pozwala więc nie tylko na ustalenie wieku drewna, ale i na określenie jego pochodzenia.

Porównanie serii przyrostowych drewna klepek beczki z europejskimi chronologiami dębu jednoznacznie wskazało na zachodnią część Niemiec: Nadrenię lub dorzecze Mozeli (il. 8). Beczka znaleziona w Warszawie przebyła długą drogę z zachodnich Niemiec, prawdopodobnie z winem. Dodatkowo wykonano porównanie serii przyrostowej beczki z chronologiami reprezentującymi Nadrenię oraz dolinę Mozeli w celu sprecyzowania, czy beczka mogła zawierać wino reńskie, czy też raczej mozelskie. Współczynniki korelacji przy porównaniu z obydwoma wzorcami były równie wysokie, a więc nie uzyskano odpowiedzi na postawione powyżej pytanie.

PRZYPISY

¹ M. Kaennel, F. H. Schweingruber, *Multilingual glossary of dendrochronology*, Birmensdorf 1995, 467 s.

² M. Spurk, M. Friedrich, J. Hoffmann, S. Remmele, B. Frenzel, H. H. Leuschner, B. Kromer, *Revisions and extensions of the Hohenheim oak and pine chronologies - new evidence about the timing of the younger Dryas/Preboreal-transition*, „Radiocarbon” 40: 1998.

³ Metody dendrochronologii stosowane w archeologii szczegółowo opisali m.in.: M. G. L. Baillie, *Tree ring dating and archaeology*, London, Canberra 1982, 274 s., T. Ważny, *Dendro-*

chronologiczne datowanie obiektów zabytkowych w Polsce, Gdańsk 2001, 120 s., P. I. Kuniholm, *Archaeological dendrochronology*, „Dendrochronologia” 20: 2002, nr 1-2, s. 63-68.

⁴ T. Ważny, *The origin, assortments and transport of Baltic timber*, w: C. van de Velde, J. van Acker, H. Beeckman, F. Verhaeghe (eds.), *Constructing Wooden Images: proceedings of a symposium on the organization of labour and working practices of late Gothic carved altarpieces in the Low Countries*, Brussels, 25-26 October 2002, Brussels 2005, s. 115-126.

Tomasz Ważny*

DENDROCHRONOLOGICAL DATING OF THE MEDIEVAL WARSAW STRONGHOLD

SUMMARY

In 2004, after discovering the remains of a wooden rampart in the courtyard of the Tin-Roofed Palace adjoining the Royal Castle in Warsaw, the decision was made to conduct a dendrochronological analysis (otherwise known as *tree-ring dating*) in order to establish the age of the find. Of the 30 timber samples taken, which were selected from the salvaged and excavated remains of the rampart, 28 were suitable for a dendrochronological investigation. It was possible to obtain very precise dating for 11 of the samples. The results have been presented in a diagram (see Fig. 5). The results indicate that **the part of the rampart which was analysed was constructed at the beginning of the 1350s**. In several of the samples, the outer layer of wood next to the bark (i.e. the *sapwood*), with the tree's last formed growth ring before the tree was felled,

had been preserved in its entirety. However, deformation of the timber prevented a more precise result from being obtained.

After unearthing further sections of the rampart in 2006, another 59 oak samples were taken, 36 of which were dated (Fig. 6). The samples contained total sapwood, and it was determined that the ramparts were built between 1351-1353. The majority of the trees were felled in the late autumn of 1352 or the winter of 1352/1353. The first trees were felled in 1351. One of the samples deriving from the first sequence was dated 1348, however, in this case, it may have indicated that the wood was reused or that the trunk of a dead tree was used (or one which had been knocked down by the wind). By analysing a large number of samples it was possible to correctly interpret the precise date of the rampart.

*Professor Dr. Tomasz Ważny, Nicolaus Copernicus University, Institute for the Study, Conservation and Restoration of Cultural Heritage, ul. Sienkiewicza 30/32, 87-100 Toruń, Poland and Cornell Tree-Ring Laboratory, B-48 Goldwin Smith Hall, Cornell University, Ithaca, NY 14853-3201, USA.

The timber used in the construction of the defensive rampart in Medieval Warsaw came from 100-150-year-old oak trees. The structure of the timbers, and in particular the irregular annual growth patterns, indicated that it came from trees which had not been growing in the most suitable habitats, probably on the escarpment of the Vistula or at its base. The annual growth pattern of oak trees originating from Warsaw's embankment differs vastly from that of 200-year-old oaks growing slowly and regularly in the primaeval forests of Old Poland. Poorer quality wood was used to construct the rampart, and it was very different from the oak timber which, at that time, was the main product exported from Mazowsze. High quality oak wood originating from the forests growing in the Vistula river basin can be found in many monuments and museums in Western Europe, from Lubeck through to London and Paris.¹ This oak was not only sought by boatbuilders, woodworkers, and carpenters but also by specialist ateliers which made the supports for the paintings of Western European masters. For economic reasons, Warsaw's ramparts were constructed from trees felled in the woods growing nearby, which were well-suited to the purpose.

Apart from excavating the remains of the rampart, archaeological work was also undertaken in the courtyard of the Tin-Roofed Palace, where the staves of a wooden barrel were found. The barrel was also made from oak timber, and the staves were made by splitting through the trunk of a newly-felled tree. The timber was very well preserved and many annual growth rings were visible, thus enabling the barrel to be analysed in detail. Twelve of the staves were analysed and they were all dated. Despite the lack of sapwood, which was

cut away when the staves were made, it was possible to reconstruct it due to the tight grouping of end dates. The analysed staves were made from the trunks of two trees, except for stave no. 15. The youngest preserved annual growth ring was dated 1635 (Fig. 7). The felling date was obtained by adding the missing sapwood growth, and was established as being "ca. or after 1650." Taking into consideration the transportation and seasoning of the wood, we can determine that **the barrel was made around 1650.**

Trees from the same geographical region growing under similar conditions will tend to develop the same patterns of ring growth in a given year. This makes it possible to identify timber elements deriving from the same place, and then to establish the geographical region from which they originate. The growth patterns of the analysed objects can then be compared with the chronologies for the region. Dendrochronology, therefore, not only makes it possible to establish the age of the timber to be established but also its origins.

By matching the tree-ring patterns of the staves to European oak chronologies, it was possible to establish that the timber came from West Germany, from along the Rhine or the Moselle river basins (Fig. 8). The barrel which was found in Warsaw had therefore travelled a long way and was probably filled with wine. In order to try and establish whether the barrel could have contained wine from the Rhinelands or whether it was more likely to have been from the Moselle area, the barrel's tree-ring sequences were matched with the chronologies along the Rhine and the Moselle valley. The correlation was high in both cases, and therefore the question could not be answered.

¹ T. Wązny, *The origin, assortments and transport of Baltic timber*, in: C. van de Velde, J. van Acker, H. Beeckman, F. Verhaeghe (eds.), *Constructing Wooden Images: proceedings of a symposium on the organization of labour and working practices of late Gothic carved altarpieces in the Low Countries*, Brussels 25-26 October 2002, Brussels 2005, pp. 115-126.