

# Zastosowanie intensywności odbicia światła niebieskiego w datowaniu drewna historycznego

Barbara Spyt, Ryszard J. Kaczka, Kamil Kściuczuk, Maja Zawadzka

**Abstrakt.** Intensywność odbicia światła niebieskiego (ION) jest jednym z najnowszych narzędzi badawczych w dendrochronologii. W ciągu ostatnich lat z powodzeniem wykorzystuje się ją głównie w badaniach dendroklimatycznych. Celem niniejszej pracy było przetestowanie użyteczności ION w datowaniu drewna historycznego. Badania prowadzone były w Tatrach Zachodnich, a ich przedmiotem było drewno z opuszczonych szałasów pasterskich. Pobrano prawie 400 prób z drewna świerków pospolitych *Picea abies* L. Karst. z 15 szałasów. Wykorzystano dwie świerkowe chronologie: a) chronologię szerokości przyrostów zbudowaną z 212 drzew i obejmującą okres 1695-2014 oraz b) chronologię ION, bazującą na 154 drzewach i opracowaną dla okresu 1718-2014. Zastosowanie ION pozwoliło na wydatowanie znacznie większej liczby prób (tylko szerokości przyrostów: 39%, tylko ION: 73%, kombinacja dwóch proxy: 79%). Daty otrzymane z zastosowaniem ION nie tylko potwierdzają te otrzymane przy użyciu szerokości przyrostów, ale w wielu przypadkach dostarczają dodatkowych, wiarygodnych datowań, gdy tradycyjna metoda analizy szerokości słoików zawodzi.

**Słowa kluczowe:** intensywność odbicia światła niebieskiego, drewno historyczne, datowanie dendrochronologiczne, świerk pospolity (*Picea Abies* L. Karst.), szałas pasterskie, Tatry

**Abstract. Application of Blue Intensity in the dating of the historical wood.** Blue Intensity (BI) is one of the latest proxies in dendrochronology. In the last few years BI has been successfully used in dendroclimatology. The research aimed at testing the BI method in dating historical wood. Studies were conducted in Tatra Mountains (Western Carpathians) in Poland. Almost 400 beams of *Picea abies* wood from 15 abandoned shepherd's shelters were sampled. Two Norway spruce reference chronologies were used: i) tree-ring width chronology (TRW) from 212 spruces covering the period 1695-2014; ii) Blue Intensity chronology (BI) from 154 spruces covering the period 1718-2014. The results showed that the application of the BI to dating the archaeological wood provide higher amount of successfully dated beams (only TRW: 39%, only BI: 73%, combination of TRW and BI: 79%). BI results not only confirmed dates of TRW dating, but also provided the timber cutting date when the TRW failed.

**Keywords:** Blue Intensity, historical wood, Norway spruce (*Picea Abies* L. Karst.), tree-ring dating, shepherd's shelters, Tatra Mountains

## Wstęp

Intensywność Odbicia światła Niebieskiego (ION) jest jednym z najnowszych narzędzi w dendrochronologii. McCarroll i in. (2002) przedstawili studium nowego źródła informacji pozyskanego z rocznych przyrostów drzew: wykorzystanie niebieskiej składowej widma światła odbitego od powierzchni drewna do analiz cyfrowych obrazów drewna. Współcześnie metoda ta prężnie się rozwija (Babst i in. 2009, Campbell i in. 2011, 2007), ale do tej pory wykorzystywana była głównie w badaniach dendroklimatologicznych w Kanadzie (Wilson i in. 2014), Skandynawi (Björklund i in. 2014, Wilson i in. 2012), a także w Polsce (Kaczka i Czajka 2014). Narzędzie to wykorzystano również w kilku rekonstrukcjach klimatu (McCarroll i in. 2011, Wilson i in. 2012, Young i in. 2012, Björklund i in. 2013). Jednak ION może mieć zastosowanie także w pozostałych gałęziach dendrochronologii. Jedną z dziedzin, która mogłaby skorzystać z zalet nowej metody jest dendroarcheologia, która przy datowaniu elementów drewnianych bazowała do tej pory wyłącznie na szerokości przyrostów oraz anatomicznych cechach drewna (Ważny 1993, Krąpiec 1998, Nash 2002, Nechita 2013).

Celem badań było przetestowanie przydatności intensywności odbicia światła niebieskiego do datowania drewna historycznego pochodzącego z szałasów pasterskich z Tatr Zachodnich.

## Material i metody

Na sześciu polanach pasterskich, zlokalizowanych w trzech dolinach w Tatrach Zachodnich (Chochołowska, Kościeliska i Strążyska) opróbowano 15 szałasów pasterskich. Dzięki dobremu zachowaniu drewna możliwe było pobieranie prób standardowym świdrem przyrostowym Presslera. Łącznie pobrano 375 odwiertów. Szalasy te budowane były z lokalnego i najłatwiej dostępnego materiału - świerka pospolitego (*Picea abies* L. Karst.) rosnącego na terenie zróżnicowanym pod względem wysokości n.p.m. (1020-1410 m n.p.m.). W 78% (298 belek) zachowany był przyrost podkorowy.

Próby wklejono w listewki, wyszlifowano papierem ściernym o gramaturze 600, aż do uzyskania dobrej widoczności cewek. Próby skanowano z użyciem skanera Epson 10000XL i oprogramowania SilverFast 7.0 LaserSoft Imaging Incorporated wraz z kalibracją kolorów ICC (Image Calibration Consortium) z użyciem wzorca 7/2 wydrukowanego na papierze Kodak Professional Endura. Kalibracja kolorów jest elementem niezbędnym przy cyfrowych analizach obrazów (Rydval i in. 2014). Dla każdej z prób zmierzono sekwencję szerokości przyrostów (TRW) oraz intensywność odbicia światła niebieskiego (ION) dla drewna późnego. Do datowania wykorzystano dwie świerkowe chronologie referencyjne: a) chronologię szerokości przyrostów zbudowaną z 212 drzew i obejmującą okres 1695-2014 oraz b) chronologię ION bazującą na 154 drzewach opracowaną dla okresu 1718-2014 (Kaczka i Czajka 2014). Datowania i porównanie wyników dla dwóch użytych źródeł informacji przeprowadzono wizualnie i statystycznie. Sprawdzano wartość testu t Studenta oraz współczynnika korelacji Pearsona. Przyjęto wartość graniczną dla t Studenta  $\geq 4$ , powyżej której belka uznana została za wydatowaną (Baillie i Pilcher 1973, Baillie 1982).

## Wyniki

Datowanie na podstawie szerokości przyrostów umożliwiło określenie roku powstania ostatniego słoja dla 145 belek z 15 szałasów, co stanowi jedynie 39% z pobranych prób

(Tab. 1). Z kolei dzięki zastosowaniu intensywności odbicia światła niebieskiego, liczba wydатовanych belek wzrosła do 273 (73%), czyli prawie dwukrotnie więcej niż w przypadku zastosowania jedynie szerokości przyrostów. Jednak największą skuteczność w datowaniu uzyskano dzięki kombinacji tych dwóch metod. W efekcie uzyskano wiarygodną statystycznie datę w 79% przypadków (296 belek). Przy datowaniu z zastosowaniem ION uzyskuje się wyższe dopasowanie datowanych belek do chronologii referencyjnej. Wyższe są zarówno średnie, jak i maksymalne parametry testu t Studenta (średni=6,3; maksymalny=12,7) oraz współczynnika korelacji (0,54/0,85) w porównaniu z szerokością przyrostów (odpowiednio test t 5,9/11,3 i współczynnik korelacji 0,51/0,79). Najczęstszym utrudnieniem w datowaniu drewna historycznego jest niewystarczająca liczba przyrostów badanego elementu. Wydatowane dzięki TRW belki mają średnio 100 przyrostów. Wielkość ta jest mniejsza dla prób wydатовanych ION (średnio 95), a przy kombinacji obu metod średnia jest o 10 przyrostów niższa od tych wydатовanych metodą klasyczną. Oznacza to, iż dzięki zastosowaniu ION możliwe jest datowanie krótszych sekwencji przyrostowych. Elementy, których nie udało się wydutować (21% z wszystkich opróbowanych belek), to przede wszystkim belki zawierające krótkie sekwencje osobnicze (średnia ilość przyrostów = 68), choć w jednostkowym przypadkach mogą to być nawet 200-letnie sekwencje przyrostów.

**Tab. 1.** Wyniki datowania 375 belek z szałasów pasterskich z wykorzystaniem szerokości przyrostów (TRW) i intensywności odbicia światła niebieskiego (ION)

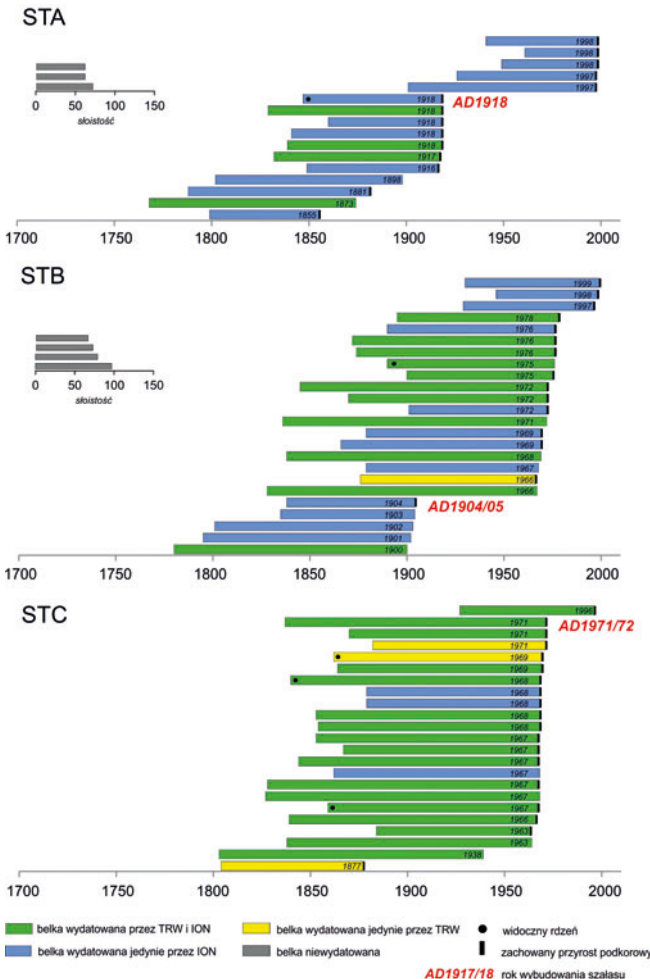
*Tab. 1. The results of dating the 375 beams from shepherd's shelters based on Tree-ring width (TRW) and Blue Intensity (ION)*

		Datowanie TRW	Datowanie ION	Datowanie TRW+ION	Niewydutowane
Liczba belek	szt.	145	273	295	80
	%	39	73	79	21
Wartość korelacji Pearsona z chronologią referencyjną	maksymalna	0,79	0,85	-	-
	średnia	0,51	0,54	-	-
	minimalna	0,33	0,33	-	-
Wartość t Studenta	maksymalna	11,3	12,7	-	-
	średnia	5,9	6,3	-	-
	minimalna	0,4	0,4	-	<4,0
Liczba słoików	minimalna	44	40	40	31
	średnia	102	95	93	68
	maksymalna	222	222	222	224

W przypadku każdego z 15 badanych szałasów datowanie z zastosowaniem ION umożliwiało określenie roku ścięcia większej liczby drzew, niż przy zastosowaniu jedynie TRW. W przypadku 12 budynków skuteczność datowania TRW nie przekraczała 50% (od 10 do 49%). Datowanie jedynie przy zastosowaniu ION w zależności od szałasu zwiększyło odsetek wydатовanych prób do 50-89%. Przykładem takich budynków są szałas STA i STB na Polanie na Stołach (Ryc. 1). W przypadku pierwszego z nich dzięki TRW możliwe było wydutowanie jedynie 4 belek, co nie pozwala na pewne określenie daty wybudowania szałasu, ani czasu przeprowadzonych remontów. Po połączeniu obu metod możliwe było wydutowanie 89% opróbowanych belek z tego szałasu (16 belek). W pozostałych trzech szałasach datowanie poprzez

TRW było znacznie skuteczniejsze (62-87%). Dzięki dodaniu wyników z ION w przypadku dwóch szalaszów możliwe było wydatowanie wszystkich opróbowanych belek. Przykładem takiego budynku jest szalasz STC. Jest to również budynek, w którym obie metody bardzo skutecznie się uzupełniają. Aż 17 belek (73%) zostało równocześnie wydatowanych dzięki jednej i drugiej metodzie. Pozostałe 6 prób zostało wydatowanych jedynie przez ION (3 belki) lub jedynie przez TRW (3 belki).

Sprawdzono wpływ długości sekwencji osobniczych na wiarygodność i jakość datowania TRW i ION (Ryc. 2). Z definicji tego testu wynika, że liczba przyrostów wpływa na wartości testu t. Zależność ta jest istotnie wyższa dla TRW ( $R^2=0,13$ ;  $p<0,001$ ) niż dla ION ( $R^2=0,08$ ;  $p<0,001$ ). Potwierdza to, iż datowanie TRW jest bardziej wrażliwe na długość sekwencji przyrostowej od ION.



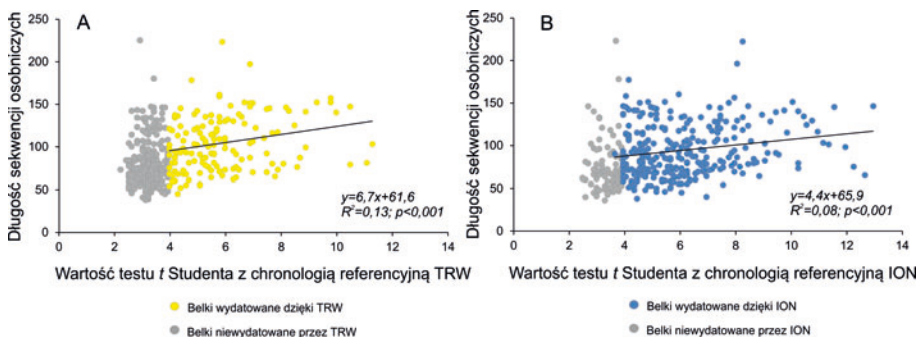
Jako, że wyniki analiz wskazują na dużą skuteczność kombinacji datowań opartych na obydwu źródłach informacji, sprawdzono czy istnieją zależności między nimi. W tym celu zestawiono pary (ION i TRW) wartości testów t Studenta dla 375 prób. Uwzględniając przyjęty wcześniej próg testu t Studenta  $\geq 4$  wyniki można podzielić na cztery grupy (Ryc. 3): A) belki, które udało się

**Ryc. 1.** Porównanie wyników datowania belek z wykorzystaniem szerokości słoju rocznych (TRW) i intensywności odbicia światła niebieskiego (ION) z trzech szalaszów pasterskich (STA, STB i STC) na Polanie na Stołach w Dolinie Kościeliskiej

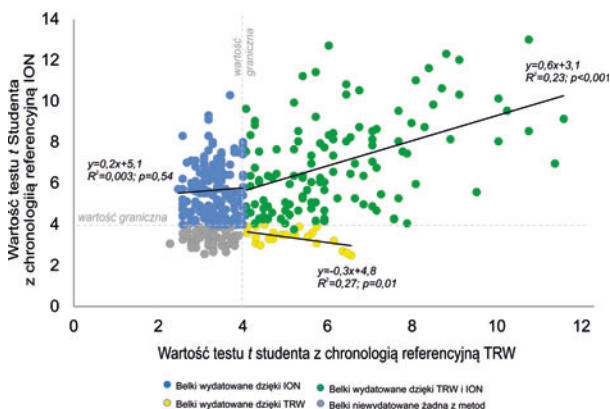
*Fig. 1. The comparison of tree-ring width (TRW) and blue intensity (ION) dating results for three shepherd shelters (STA, STB i STC) localized at Polana na Stołach glade in Kościeliska Valley*

wydatować jedynie przy zastosowaniu ION (41%). W tej grupie nie tylko wszystkie wartości test t Studenta dla TRW są niskie, ale również większość wyników dla ION osiąga niewielkie wartości. Nie stwierdzono zależności między tymi wynikami. B) próby wydatowane obydwoma metodami (32%). Istnieje zależność statystyczna pomiędzy wynikami testu t Studenta ( $R^2=0,23$ ;  $p<0,001$ ). C) belki wydatowane jedynie dzięki TRW (6%). To najmniej liczna grupa, która co ciekawe, charakteryzuje się negatywnym trendem zależności badanych elementów: wyższym wartościom testu t Studenta dla TRW odpowiadają niższe wartości uzyskane dla ION. D) próby, których nie udało się wydatować żadną z metod (11%).

Intensywność odbicia światła niebieskiego charakteryzuje się dużym potencjałem w datowaniu drewna historycznego. W niniejszych badaniach dzięki niej możliwe było wydatowanie dwukrotnie większej liczby elementów drewnianych niż jedynie przy zastosowaniu tradycyjnej metody opartej na analizach szerokości przyrostów. Można się spodziewać, że skuteczność metody kombinowanej (TRW i ION) wzrośnie jeszcze bardziej w przypadku zastosowania metodyki polegającej na opracowywaniu chronologii obiektu, zamiast zestawiania pojedynczych dendrogramów z chronologiami referencyjnymi (Krapiec 1996, Szychowska-Krapiec 2003). Intensywność odbicia światła niebieskiego ma jednak swoje ograniczenie związane głównie z możliwością wykorzystania ich jedynie dla gatunków iglastych.



Ryc. 2. Wpływ długości sekwencji osobniczych na wyniki datowania z zastosowaniem TRW (A) i ION (B)  
 Fig. 2. The influence of annual rings on the results of TRW (A) and ION (B) dating



Ryc. 3. Porównanie wyników testu t Studenta otrzymanych dla 375 badanych sekwencji szerokości przyrostów i ION  
 Fig. 3. The comparison between results of Test (Student's test) acquired for all 375 TRW and ION measurements

## Wnioski

- Zastosowanie intensywności odbicia światła niebieskiego (ION) w badaniach drewna historycznego pozwala na wydatowanie znacznie większej liczby prób w porównaniu z datowaniem wykorzystującym szerokości przyrostów (TRW).
- Daty otrzymane z zastosowaniem ION nie tylko są zgodne z tymi otrzymanymi przy użyciu TRW, ale w wielu przypadkach dostarczają wiarygodnych datowań, gdy tradycyjna metoda analizy szerokości słoju zawodzi.
- Przy zastosowaniu TRW możliwe było wydatowanie od 10% do 83% belek z poszczególnych szalásów. Przy wykorzystaniu ION skuteczność datowania wzrosła do 42%, a nawet 100% w przypadku niektórych szalásów. Przy zastosowaniu obydwu metod jednocześnie (TRW i ION) skuteczność datowania osiągała poziom 50-100% belek z szalásu.
- Dzięki zastosowaniu kombinacji datowania ION i TRW spośród 375 prób możliwe było wydatowanie 79% prób, w porównaniu do 39% wydatowanych jedynie dzięki TRW.
- Skuteczność datowania z zastosowaniem TRW oraz ION jest zależny od liczby słoju w próbie. Jednak zależność ta jest wyraźniejsza w przypadku TRW. Stosowanie ION umożliwia wydatowanie krótszych sekwencji osobniczych.

## Podziękowania

Badania prowadzone były w ramach projektu finansowanego przez NCN nr. 2013/11/B/ST10/04764 pt. „Zastosowanie analiz intensywności odbicia światła niebieskiego jako nowego źródła danych w dendrochronologicznych badaniach zmian klimatu Europy” oraz projektu nr. NN306049139 „Geograficzna i czasowa zmienność zapisu czynników środowiskowych w przyrostach rocznych drzew i jej wpływ na dendrochronologiczne rekonstrukcje klimatu Karpat”.

## Literatura

- Babst F., Frank D.C., Büntgen U., Nievergelt D., Esper J. 2009. Effect of sample preparation and scanning resolution on the Blue Reflectance of *Picea abies*. TRACE–Tree Rings in Archaeology, Climatology and Ecology 7: 188-195.
- Baillie M.G.L. 1982. Tree-Ring Dating and Archaeology. University of Chicago Press, Chicago, IL 1982.
- Baillie M.G.L., Pilcher J.R. 1973. A simple cross-dating program for tree-ring research. Tree-Ring Bulletin, 33: 7-14.
- Björklund J. A., Gunnarson B.E., Seftigen K., Esper J., Linderholm H.W. 2013. Is blue intensity ready to replace maximum latewood density as a strong temperature proxy? A tree-ring case study on Scots pine from northern Sweden. Climate of the Past Discussions 9: 5227-5261.
- Björklund J.A., Gunnarson B.E., Seftigen K., Esper J., Linderholm H.W. 2014. Blue intensity and density from northern Fennoscandian tree rings, exploring the potential to improve summer temperature reconstructions with earlywood information. Climate of the Past Discussions 10: 877-885.
- Campbell R., McCarroll D., Loader N., 2007. Blue intensity in *Pinus sylvestris* tree-rings: developing a new palaeoclimate proxy. The Holocene 17: 821-828.
- Campbell R., McCarroll D., Robertson I., Loader N.J., Grudd H., Gunnarson B. 2011. Blue Intensity In *Pinus sylvestris* Tree Rings: A Manual for A New Palaeoclimate Proxy. Tree-Ring Research 67: 127-134.

- Kaczka R.J., Czajka B. 2014. Intensywność odbicia światła niebieskiego jako nowy nośnik informacji w badaniach dendrochronologicznych. *Studia i Materiały CEPL* 40: 273-281.
- Krapiec M. 1996. Dendrochronologiczne datowanie zwęglonych prób drewna z wczesnośredniowiecznej półziemanki z Krakowa-Nowej Huty-Wyciąża (stanowisko 5B). *Materiały archeologiczne Nowej Huty*, 19, 129-134.
- Krapiec M. 1998. Dendrochronological dating of early medieval fortified settlements in Poland. W: J. Henning, AT Ruttkay (red.), *Fruhmittelalterlicher Burgenbau in Mittel-und Osteuropa*. Bonn, 257-266.
- McCarroll D., Pettigrew E., Luckman A., Guibal F., Edouard J.-L. 2002. Blue Reflectance Provides a Surrogate for Latewood Density of High-Latitude Pine Tree Rings. *Arctic, Antarctic and Alpine Research* 34: 450-453.
- McCarroll D., Tuovinen M., Campbell R., Gagen M., Grudd H., Jalkanen R., Loader N.J., Robertson I. 2011. A critical evaluation of multi-proxy dendroclimatology in northern Finland. *Journal of Quaternary Science* 26: 7-14.
- Nash S.E. 2002. Archaeological tree-ring dating at the millennium. *Journal of Archaeological Research*, 10(3): 243-275.
- Nechita C. 2013. The dendroarchaeology—review of dating the patrimony items across the globe. *Journal of Horticulture, Forestry and Biotechnology* 17(2): 34-40.
- Rydval M., Larsson L.Å., McGlynn L., Gunnarson B.E., Loader N. J., Young G.H., Wilson R., 2014. Blue Intensity for dendroclimatology: Should we have the blues? Experiments from Scotland. *Dendrochronologia* 32 (3): 191-204.
- Szychowska-Krapiec E. 2003. Application of dendrochronological analysis in dating of timbers from the Wieliczka Salt Mine. *Bulletin of the Polish Academy of Sciences. Earth Sciences*, 51(2): 99-11.
- Ważny T. 1993. Dendrochronological dating of the Lusatian Culture settlement at Biskupin Poland—first results. *News WARP*, 14: 3-5.
- Wilson R., Loader N.J., Rydval M., Patton H., Frith A., Mills C.M., Crone A., Edwards C., Larsson L., Gunnarson B.E. 2012. Reconstructing Holocene climate from tree rings: The potential for a long chronology from the Scottish Highlands. *The Holocene* 22: 3-11.
- Wilson R., Rao R., Rydval M., Wood C., Larsson L.-A., Luckman B.H. 2014. Blue Intensity for dendroclimatology: The BC blues: A case study from British Columbia, Canada. *The Holocene* 24: 1428-1438.
- Young G.H.F., McCarroll D., Loader N.J., Gagen M.H., Kirchhefer A.J., Demmler J.C. 2012. Changes in atmospheric circulation and the Arctic Oscillation preserved within a millennial length reconstruction of summer cloud cover from northern Fennoscandia. *Climate Dynamics* 39: 495-507.

**Barbara Spyt\*, Ryszard J. Kaczka, Kamil Kściuczyk, Maja Zawadzka**

Wydział Nauk o Ziemi, Uniwersytet Śląski

\*barbaraspyt@wp.pl