

## SPADEK WYTRZYMAŁOŚCI MECHANICZNEJ DREWNA ŚWIERKOWEGO NA SKUTEK ZNISZCZEŃ SPOWODOWANYCH PRZEZ OWADY

Henryk ŻELAZNY\*, Bartłomiej BEDNARZ

*Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej, Instytut Budownictwa  
ul. Willowa 2, 43-309 Bielsko-Biała, e-mail: hzelazny@ath.bielsko.pl*

**Streszczenie:** W pracy zbadano o ile może zmniejszyć się wytrzymałość mechaniczna drewna świerkowego z powodu zniszczenia tkanki drzewnej przez szkodniki techniczne. W ocenie zginania uzyskano około 1,6-krotne zmniejszenie wytrzymałości drewna uszkodzonego, przy rozciąganiu wzdłuż włókien wytrzymałość doraźna zmalała 1,4 razy, natomiast przy rozciąganiu w poprzek włókien niespodziewanie odnotowano 1,4-krotny wzrost tej wytrzymałości. Badanie próbek na ściskanie wzdłuż włókien pozwoliło stwierdzić, że wytrzymałość drewna zniszczonego przez owady zmalała około dwukrotnie, a przy ścinaniu w poprzek włókien obniżyła się nawet 2,8-krotnie. Uzyskane wyniki potwierdzają znaczne obniżenie się niezawodności konstrukcji drewnianych na skutek zniszczeń struktury materiałowej przez owady, co nie może nie mieć znaczenia w bezpieczeństwie użytkowania obiektów budowlanych.

**Słowa kluczowe:** drewno świerkowe, wytrzymałość, szkodniki techniczne.

### 1. WSTĘP

Drewno należy do najstarszych materiałów budowlanych, a jego walory konstrukcyjne oraz szereg właściwości fizycznych i chemicznych stanowią, że jako materiał przenoszący obciążenia nie ma sobie równych. Ten cenny surowiec przez obróbkę nie tworzy materiałów odpadowych. Trociny, kora, gałęzie i strużyny są surowcem między innymi do produkcji płyt budowlanych [6].

Tradycja budownictwa drewnianego w Polsce niezmiennie trwa od czasów pradawnych do współczesnych, a obfitość lasów na terenie Polski i powszechna dostępność drewna sprawiły, że materiał ten przez wieki był relatywnie tani [4]. W drewnianych budynkach we wsiach i miasteczkach osiągnięto najwyższy poziom rozwiązań konstrukcyjnych i plastycznych [1]. Drewno ma dużo cennych zalet, jest lekkie, a przy tym osiąga dużą wytrzymałość [12]. Ma dobre właściwości ciepłochronne [1], tłumi i pochłania dźwięki

[12]. Daje się łatwo obrabiać prostymi narzędziami [1], bez trudu można je ciąć, piłować, łupać, gładzić i polerować [12]. Ponadto drewno charakteryzuje się dobrymi właściwościami wytrzymałościowymi (na ściskanie, zginanie i rozciąganie) oraz wyjątkowo korzystnym wskaźnikiem wytrzymałości na obciążenia własne [2].

Drewno nie jest materiałem budowlanym wolnym od wad, a najważniejsze z nich to: budowa anizotropowa (niejednorodna), usterki i odchylenia od normalnego rozwoju drzewa oraz sęki, ograniczenie sortymentów drzewnych uwarunkowane tak podłużną, jak i poprzeczną budową drzewa, wpływ wilgotności na konstrukcyjne właściwości drewna [3]. Do cech ujemnych tego materiału konstrukcyjnego należy także palność, paczenie się, pęknięcie i ograniczona trwałość niczym nie zabezpieczonego drewna [12]. Jedną z wad drewna, do powstania których przyczyniają się czynniki biologiczne, są chodniki owadzie, czyli uszkodzenia spowodowane żerowaniem dorosłych owadów i ich larw [7]. Szkodniki te pożywiając się tkanką drzewną osłabiają strukturę drewna i przyczyniają się do zniszczenia konstrukcji [12]. Ponadto niektóre gatunki owadów zawlekają w drążone chodniki zarodniki grzybów barwiących i rozkładających drewno [5]. Owady niszczące drewno należą do grupy szkodników technicznych i przechodzą one cztery stadia rozwojowe – jajo, larwa, poczwarka, owad dojrzały, a najbardziej niebezpieczna jest larwa – to ona drąży chodniki i powoduje w nich zmiany strukturalne [11]. Chodniki te mogą być drążone we wszystkich gatunkach drzew, przy czym wyróżnia się ich następujące rodzaje [5]:

- chodniki powierzchniowe – są to ślady żerowania owadów na pograniczu kory i drewna, wnikające w drewno na głębokość nie większą od 2 mm. Nie obniżają one wartości drewna; mogą stanowić wskaźnik obumarcia drzew na pniu (posusz), a tego typu szkody może wyrządzać np. kornik drukarz;

\*Autor korespondencyjny, e-mail: hzelazny@ath.bielsko.pl

- chodniki płytkie – są to ślady żerowania owadów w drewnie, wnikaące na głębokość 2 do 50 mm od powierzchni bocznej;

- chodniki głębokie – są to ślady żerowania owadów w drewnie, wnikaące w głąb na odległość przekraczającą 50 mm od powierzchni bocznej kłody (szkodnikiem może być np. zmorsznik czerwony).

Do najczęściej spotykanych w Polsce owadów szkodników drewna należą: spuszczel (*Hylotrupes bajulus* L), trzpieniek olbrzym (*Sirex gigas* L), rytel pospolity (*Hylocoetus dermestoides*), drwalnik paskowany (*Xyloterus lineatus*), kołatek uparty (*Anobium pertinax*), kołatek meblowy (*Anobium domesticus*) [8]. Jednym z najpospolitszych owadów jest także miazgowiec [7]. Niszczenie szkodników, które znajdują się w drewnie, jest trudne i może odbywać się trzema metodami [6]:

- mechaniczną, polegającą na usuwaniu zaatakowanych części i elementów przez ociosanie lub wymianę,

- fizyczną, polegającą na nagrzeniu elementu do temperatury 60 °C,

- chemiczną, polegającą na użyciu chemicznych preparatów przez powlekanie, nasycanie i gazowanie.

Destrukcyjną drewna związaną z działalnością owadów szkodników drewna – obok gnicia – nazywa się korozją biologiczną, a na jej pojawienie się zazwyczaj mają wpływ przyczyny [8]:

1) biologiczne:

- wprowadzenie do budowy elementów zagrzybionych,

- rozbudowa obiektów, do których wprowadzono elementy porażone przez grzyby i owady, bez wykonania robót impregnacyjno-odgrzybienionych;

- przeniesienie się owadów z pobliskich zabudowań, składowisk itp.

2) techniczne:

- zawilgocenie obiektu, np. na skutek braku odpowiedniej izolacji przeciwwilgociowej oraz na skutek uszkodzonych:

rynien i rur spustowych, pokrycia dachowego, przewodów i urządzeń wodno-kanalizacyjnych,

- brak właściwej wentylacji konstrukcji i pomieszczeń,

- niewłaściwa eksploatacja obiektu połączona ze wzrostem zawilgocenia.

Oprócz czynników biologicznych rozkład tkanek obniżający trwałość drewna powodować mogą czynniki [7]:

- chemiczne, do których zalicza się żrące działanie kwasów i zasad oraz utlenianie elementarnych składników drewna,

- fizyczne, czyli niszczące działanie powietrza, temperatury i wody.

Od uszkodzeń mechanicznych, które mogą być spowodowane właśnie przez owady wskutek wydrążenia chodników w elementach drewnianych, a także od zawilgocenia, gatunku i klasy, od wad wrodzonych i zdrowotności zależy wytrzymałość drewna [6]. Stąd należałoby przypuszczać, że drewno zaatakowane przez owady szkodniki utraci część swojej wytrzymałości

mechanicznej, rozumianej jako wytrzymałość na działanie zewnętrznych sił mechanicznych [13].

Celem pracy było zbadanie o ile może zmniejszyć się wytrzymałość mechaniczna drewna świerkowego z powodu zniszczenia tkanki drzewnej przez szkodniki techniczne.

## 2. MATERIAŁ I METODY

Ocenę cech wytrzymałościowych drewna świerkowego wykonano w specjalistycznym laboratorium Bielskiego Centrum Kształcenia Ustawicznego i Praktycznego na maszynie Zwick Roell – rys. 1. Wszystkie próbki miały normowych kształty i wymiary, odpowiednie do rodzaju badań. W celu otrzymania pełnej charakterystyki mechanicznej przeprowadzono pomiary wytrzymałości na zginanie, na rozciąganie wzdłuż włókien, na rozciąganie w poprzek włókien, na ściskanie wzdłuż włókien i na ścinanie w poprzek włókien. W każdym oznaczeniu wytrzymałości doraźnej jako wartość miarodajną uznawano średnią arytmetyczną z trzech powtórzeń. Do pomiarów porównawczych użyto powietrzno-suchego drewna świerkowego zdrowego oraz uszkodzonego poprzez owady. Nie identyfikowano rodzaju szkodników technicznych uznając, iż jest to mniej istotne od faktu, że wydrążyły one wyraźnie widoczne chodniki głębokie, co spowodowało zniszczenie drewna, w szacunkowej ocenie wynoszące około 15%.

Przebieg prób wytrzymałościowych w postaci zależności obciążenie-przemieszczenie zobrazowano na wykresach z wartościami uśrednionymi z trzech prób.

Wytrzymałość doraźną na zginanie wyznaczono z zależności

$$F_{m,D} = 3F_{max} \cdot l_d \cdot (2b \cdot h^2)^{-1} \text{ [MPa]}$$

gdzie:

$F_{max}$  – siła niszcząca, N,

$l_d$  – rozstaw podpór, mm,

$b$  – szerokość próbki, mm,

$h$  – wysokość próbki, mm.

Wytrzymałość doraźną na rozciąganie wzdłuż włókien obliczono ze wzoru

$$f_{r,0,D} = F_{max} \cdot A^{-1} \text{ [MPa]}$$

gdzie:

$F_{max}$  – siła niszcząca, N,

$A$  – powierzchnia przekroju zrywanej części próbki, mm<sup>2</sup>.

Wytrzymałość doraźną na rozciąganie w poprzek włókien określono z pomocą zależności

$$f_{r,90,D} = F_{max} \cdot A^{-1} \text{ [MPa]}$$

gdzie:

$F_{\max}$  – siła niszcząca, N,

A – powierzchnia przekroju zrywanej części próbki, mm<sup>2</sup>.

Wytrzymałość doraźną na ściskanie wzdłuż włókien określono ze wzoru

$$F_{c,0,D} = F_{\max} \cdot A^{-1} \text{ [MPa]}$$

gdzie:

$F_{\max}$  – siła niszcząca, N,

A – powierzchnia przekroju ściskanej próbki, mm<sup>2</sup>.

Wytrzymałość doraźną na ścinanie w poprzek włókien obliczono następująco

$$f_{v,90,D} = F_{\max} \cdot (a \cdot b)^{-1} \text{ [MPa]}$$

gdzie:

$F_{\max}$  – siła niszcząca, N,

a – wymiar próbki w kierunku promieniowym, mm,

b – wymiar próbki w kierunku stycznym, mm.



Rys. 1. Stanowisko do badań wytrzymałościowych próbek zdrowego i porażonego drewna świerkowego

Fig. 1. Stand for strength testing healthy and shocked samples of spruce wood

### 3. WYNIKI I ICH OMÓWIENIE

W tab. 1 zestawiono siły niszczące pomierzone w trzech powtórzeniach oraz uśrednione wartości tych sił dla poszczególnych rodzajów wytrzymałości w badaniach przeprowadzonych na zdrowym i porażonym drewnie świerkowym.

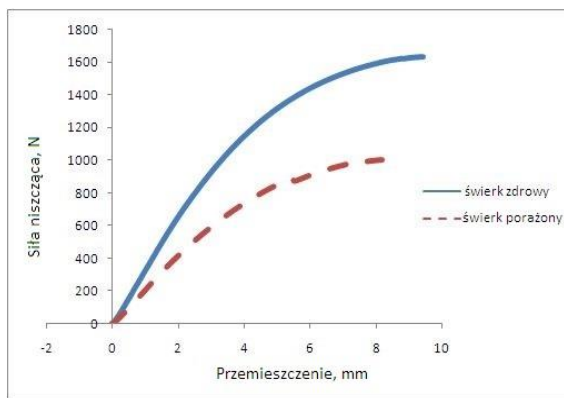
Tab. 1. Siły niszczące w trzech powtórzeniach oraz ich uśrednione wartości uzyskane w ocenie poszczególnych rodzajów

wytrzymałości próbek zdrowego i porażonego drewna świerkowego

Tab.1 Destructive forces in three repeats and their averaged values obtained by evaluating kinds of endurance healthy and shocked samples of spruce wood

Rodzaj wytrzymałości	Drewno	Wartość siły niszczącej [N]			
		Numer powtórzenia			Wartość średnia
		1	2	3	
Zginanie	zdrowe	1610	1660	1530	1600
	porażone	1055	850	945	950
Rozciąganie wzdłuż wł.	zdrowe	8010	6090	9300	7800
	porażone	6030	5090	6070	5730
Rozciąganie w poprzek wł.	zdrowe	647	639	391	559
	porażone	656	893	835	795
Ściskanie wzdłuż wł.	zdrowe	19000	20000	18000	19000
	porażone	10000	10002	998	10000
Ścinanie w poprzek wł.	zdrowe	1970	2090	2130	2063
	porażone	660	665	896	740

Na rys. 2 zamieszczono zaznaczony linią ciągłą wykres ugięcia próbki zdrowego drewna świerkowego w zależności od obciążenia w badaniu wytrzymałości na zginanie. Jej doraźna wartość wyniosła 72,00 MPa przy maksymalnej sile niszczącej 1600 N, a dla drewna uszkodzonego przez szkodniki techniczne – wykres kreskowy na rys. 1 – zmalała do 42,75 MPa przy sile zniszczenia 950 N. Oznacza to około 1,6-krotne zmniejszenie wytrzymałości drewna z wydrążonymi chodnikami przez owady. Jest to dość znaczny spadek tej cechy mechanicznej przy zniszczeniu zaledwie w kilkunastu procentach próbek poddanych zginaniu i nie może nie mieć wpływu na bezpieczeństwo użytkowania konstrukcji, która uległa korozji biologicznej. Przykład awarii budowlanej, spowodowanej utratą nośności więźby drewnianej na skutek tego typu korozji, przedstawiono na rys. 3.



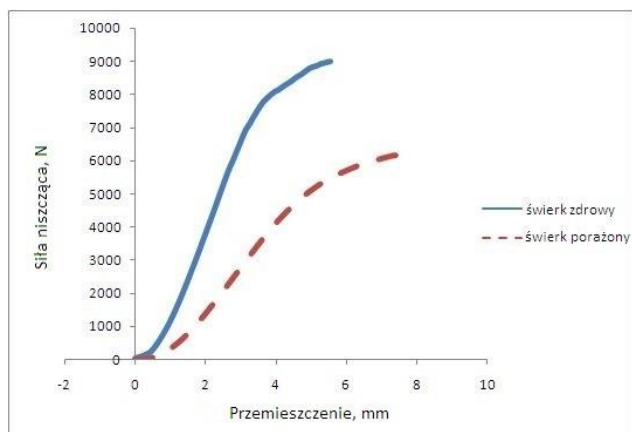
Rys. 2. Krzywe zależności obciążenie – ugięcie próbek dla badania wytrzymałości zdrowego i porażonego drewna świerkowego na zginanie

Fig. 2. The curves of variation load and deflection of the samples in three repeats for testing the strength of healthy and shocked spruce wood on bending



Rys. 3. Zawalenie się dachu budynku jednorodzinnego pod wpływem zniszczenia więźby drewnianej przez owady  
 Fig. 3. Collapsing roof of a detached house as a result of damage by insects

Na rys. 4 przedstawiono w postaci wykresu uśrednione wyniki badań próbek: świerku zdrowego (linia ciągła) i uszkodzonego przez owady (linia kreskowa) na wytrzymałość wzdłuż włókien przy rozciąganiu. W pierwszym przypadku wytrzymałość doraźna wyniosła 32,50 MPa, a w drugim, to znaczy dla próbek z wydrążonymi chodnikami, zaledwie 23,88 MPa. Różnice te świadczą o tym, że na skutek zniszczenia tkanki drzewnej wytrzymałość badanych próbek zmalała o około 1,4 razy. Na rys. 5. przedstawiono rozciąganie jednej próbki drewna świerkowego wzdłuż włókien.

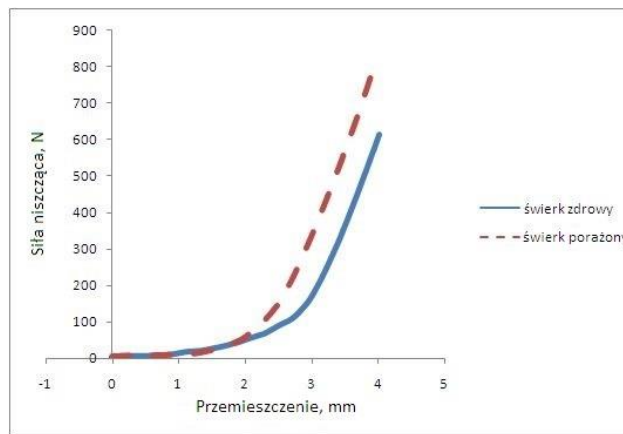


Rys. 4. Krzywe zależności obciążenie – wydłużenie próbek dla badania wytrzymałości zdrowego i porażonego drewna świerkowego na rozciąganie wzdłuż włókien  
 Fig. 4. The curves of variation load and elongation of the samples in three repeats for testing the strength of healthy and shocked spruce wood on stretching along the fibers



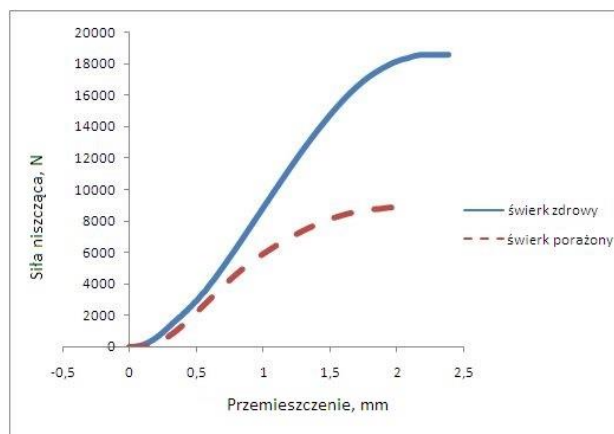
Rys. 5. Rozciąganie próbki drewna świerkowego wzdłuż włókien  
 Fig. 5. Stretching along the fibers of sample spruce wood

Pomiary wytrzymałości drewna świerkowego na rozciąganie w poprzek włókien zobrazowano na rys. 6. Maksymalna siła działająca na nie zniszczoną przez szkodniki techniczne próbkę o przekroju 480 mm<sup>2</sup> wyniosła 559 N, co wskazuje na wytrzymałość doraźną równą 1,16 MPa. Drewno uszkodzone uległo rozerwaniu dopiero przy sile 795 N, co świadczyłoby nawet o 43% wzroście wytrzymałości drewna świerkowego (1,66 MPa) po wydrążeniu w nim chodników przez owady. Należy jednak przypuszczać, że próbki drewna porażonego miałyby w stanie nieuszkodzonym znacznie większą wytrzymałość od porównawczych próbek drewna zdrowego, bowiem cechy mechaniczne tego materiału budowlanego o pochodzeniu roślinnym mają bardzo duże rozrzuty.



Rys. 6. Krzywe zależności obciążenie – wydłużenie próbek dla badania wytrzymałości zdrowego i porażonego drewna świerkowego na rozciąganie w poprzek włókien  
 Fig. 6. The curves of variation load and elongation of the samples in three repeats for testing the strength of healthy and shocked spruce wood on stretching across the fibers

Badanie próbek na ściskanie wzdłuż włókien pozwoliło stwierdzić, że wytrzymałość drewna zniszczonego przez owady zmalała prawie dwukrotnie – rys. 7. Siła niszcząca przedstawiona na wykresie linią ciągłą dla drewna zdrowego osiągnęła maksymalną wartość 19000 N, a dla skorodowanego biologicznie 10000 N. Wytrzymałości doraźne wyniosły zatem odpowiednio 48,00 MPa i 25 MPa. Z pomiarów tych wynika, że zniszczenie tkanki drzewnej przez szkodniki techniczne ma szczególnie duże znaczenie w elementach ściskanych, czyli głównie słupach. Jedną z odkształconych próbek w tym doświadczeniu przedstawiono na rys. 8.

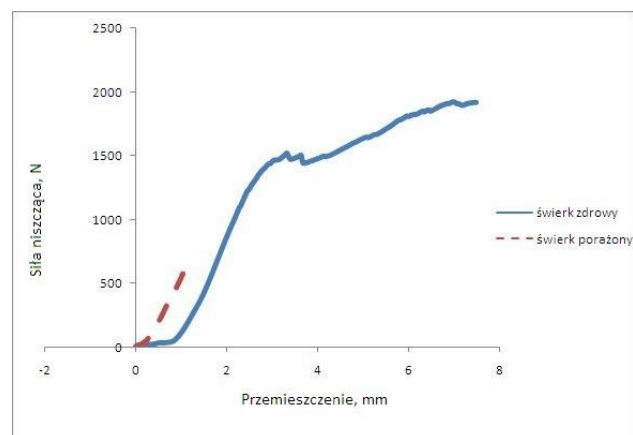


Rys. 7. Krzywe zależności obciążenie – skrócenie próbek dla badania wytrzymałości zdrowego i porażonego drewna świerkowego na ściskanie wzdłuż włókien  
Fig. 7. The curves of variation load and reduction of the samples in three repeats for testing the strength of healthy and shocked spruce wood on compression along the fibers



Rys. 8. Odkształcona próbka zdrowego drewna świerkowego na skutek ściskania wzdłuż włókien  
Fig. 8. Deformed sample of spruce wood as a result compression along the fibers

Jeszcze więcej, bo nawet 2,8-krotnie, obniżyła się wytrzymałość skorodowanego biologicznie drewna świerkowego przy ścinaniu w poprzek włókien. Na rys. 9 przedstawiono linią ciągłą wzrost siły niszczącej i przesunięcie się sąsiednich przekrojów próbki wykonanej z drewna zdrowego, a linią kreskową kształtowanie się tych parametrów dla drewna z głębokimi chodnikami. Wytrzymałość doraźna na ścinanie w poprzek włókien w tej serii badań dla drewna świerkowego bez uszkodzeń była równa 6,87 MPa, natomiast dla próbek ze zniszczoną tkanką drzewną wyniosła zaledwie 2,47 MPa.



Rys. 9. Krzywe zależności obciążenie – przesunięcie się sąsiednich przekrojów próbek dla badania wytrzymałości zdrowego i porażonego drewna świerkowego na ścinanie w poprzek włókien  
Fig. 9. The curves of variation load and displacement of the samples in three repeats for testing the strength of healthy and shocked spruce wood on shear across the fibers

Na podstawie przeprowadzonych badań sformułowano następujące wnioski:

1. Z wyjątkiem wytrzymałości zdrowego i porażonego drewna świerkowego na rozciąganie w poprzek włókien, wartości wszystkich pozostałych cech mechanicznych (wytrzymałości doraźne) drewna uszkodzonego przez owady zmniejszyły się od 1,4 do 2,8 razy w stosunku do elementów bez zniszczonej tkanki drzewnej.
2. Uzyskane wyniki w analizie wytrzymałości mechanicznej drewna świerkowego potwierdzają znaczne obniżenie się niezawodności konstrukcji drewnianych na skutek zniszczeń struktury materiałowej przez szkodniki techniczne, co ma istotny wpływ na bezpieczeństwo użytkowania obiektów budowlanych.
3. Dla uogólnienia wyników badań należałoby przeprowadzić podobne pomiary z dużo większą ilością powtórzeń.

## STRENGTH DECREASE OF SPRUCE WOOD AS A RESULT OF DAMAGE BY INSECTS

**Summary:** The purpose of the work was to examine how much it can decrease strength spruce wood damaged by insects. In bending test was obtained about 1,6 times strength reduction of damaged wood. When stretching along the fibers ad-hoc endurance decreased 1,4 times, while at stretching across the fibers unexpectedly detected 1,4 times strength increase. In compression test was obtained about double reduction of ad-hoc strength. On shear across the fibers detected 2,8 times decrease of endurance. Results confirm significant reduction of reliability of wooden constructions as a result of damage by insects, what is important for structural safety.

### Literatura

- [1] Bogusz W. *Projektowanie architektoniczne i budownictwo regionalne*. WSiP, Warszawa 1998
- [2] Bryl B., Kołodziej J., Pelc K. *Mechanizacja produkcji zwierzęcej z elementami budownictwa inwentarskiego*. PWRiL, Warszawa 1986
- [3] Gołębiowski Z. *Konstrukcje drewniane*. PWN, Warszawa 1975
- [4] Kłosek Kamila (red.). *Architektura drewniana*. CARTA BLANCA Sp. z o.o., Olsztyn 2010
- [5] Kozarski P. *Konserwacja domu*. Polskie Stowarzyszenie Mykologów Budownictwa, Wrocław 1997
- [6] Lenard J. *Budownictwo wiejskie*. SGGW, Warszawa 1993
- [7] Lenkiewicz W., Zdarska-Wis I. *Ciesielstwo*. WSiP, Warszawa 1989
- [8] Mielczarek Z. *Budownictwo drewniane*. Arkady, Warszawa 1994
- [9] Thierry J., Zaleski S. *Remonty budynków i wzmacnianie konstrukcji*. Arkady, Warszawa 1982
- [10] Wojciechowski L. *Materiały budowlane w budownictwie indywidualnym*. Arkady, Warszawa 1988
- [11] Żenczykowski W. *Budownictwo ogólne T. 1 Materiały i wyroby budowlane*. Arkady, Warszawa 1992