

Barbara Misztal\*

## Wpływ degradacji matrycy na nośność krytyczną ściskanych prętów drewnianych

### Influence of degradation of matrix on critical carrying capacity of compressed wooden rods

#### 1. Wstęp

Podatność drewna na oddziaływanie środowiska spowodowała, że od wieków stosowano różnorodne metody jego zabezpieczenia. Aby zwiększyć trwałość obiektów z drewna stosowano metody chemiczne i fizyczne niszczące szkodliwe czynniki wpływu środowiska. Używano preparatów chemicznych niszczących biologiczne szkodniki drewna: grzyby, pleśnie i owady. Stosowano również metody fizyczne, w tym gotowanie np. desek na podobrazia [1] (2004). Zajmowano się zwykle tym co jest niszczące dla szkodników, mniej wpływem preparatu lub metody zabezpieczenia na właściwości drewna wynikające z jego budowy.

Kozakiewicz i Matejak w pracy [1] opisują skład chemiczny i fizyczną budowę drewna. Podają wymiary pojedynczego włókna drzewnego decydującego o wytrzymałości. W zależności od gatunku drewna ma ono różne wymiary, a typowe to długość około 3500  $\mu\text{m}$  i średnica około 1/15 do 1/20 długości. Włókna drzewne o różnorodnym upakowaniu, rozmieszczone są w masie komórek miękiszowych. Zarówno cechy włókien jak i komórek miękiszowych zależą od gatunku drzewa jak i różnorodnych warunków, w których to drzewo wyrosło. Wspólne jest jednak to, że komórki miękiszowe jako żywe, odznaczają się podatnością lepkosprężystą, natomiast komórki tworzące włókna drzewne to komórki martwe, usztywniające kompozyt. Podstawowym budulcem komórek drewna jest celuloza i lignina, oraz hemicelulozy. Są one zbudowane z węgla, wodoru

#### 1. Introduction

Susceptibility of wood to the influence of the environment caused that there have been applied varied methods of its protection for ages. In order to increase strength of objects made from wood, chemical and physical methods which counteract the destructive influence of the environment were applied. Chemical preparations destructive to biological pests of wood: fungi, moulds and insects were used. Physical methods were also applied, in this boiling e.g. boards to be used as the base for painting [1] (2004). Usually it was rather the destructive action towards pests that was the object of interest than the influence of the preparation or the method of wood protection on the woods properties resulting from its structure.

Kozakiewicz and Matejak in their work [1] describe the chemical analysis and the physical structure of wood. They present the dimensions of a single wood filament which are decisive for its strength. Depending on the kind of wood it has various dimensions, and typically its length is about 3500  $\mu\text{m}$  and diameter about 1/15 to 1/20 of the length. Wood filaments of varied packing up are disposed in the mass of ground tissue cells. Both the features of filaments and of ground tissue cells depend on the species of the tree and on the varied conditions in which this tree grew. However, that ground tissue cells as living ones are characterized by viscoelastic strain, whereas cells forming wood filaments are dead cells, stiffening the composite material. The basic building material of the cells of wood are cellulose and lignin, and hemicelluloses. They are built from carbon,

i grup wodorotlenowych o różnorodnej budowie łańcuchowej.

Taka budowa drewna pozwala domniemywać, że każdy sposób oddziaływania na drewno: preparatami chemicznymi, temperaturą i ciśnieniem wywołuje procesy zmieniające właściwości fizyczne drewna, zwłaszcza właściwości mechaniczne miękiszu stanowiącego matrycę kompozytu.

## 2. Badania

Włóknista budowa pozwala na traktowanie drewna jako kompozytu włóknistego o matrycy lepko-sprężystej. Mianem matrycy określono zespół komórek w których rozmieszczone są włókna drzewne. Dla potrzeb wykorzystania drewna do budowy konstrukcji inżynierskich ważne jest poznanie wpływu metod przygotowania drewna na jego wytrzymałość. Dane na temat wytrzymałości drewna po impregnacji próżniowo ciśnieniowej środkiem solnym w temperaturach 20°C, 50°C, 100°C, 150°C, 200°C, 230°C opisano w pracy [2] (2004). Próbki badano statycznie i dynamicznie. W badaniach statycznych przeprowadzono badania: na zginanie, na ściskanie wzdłuż włókien, na ściskanie w poprzek włókien, na rozciąganie wzdłuż włókien. W badaniach dynamicznych badano wytrzymałość na zginanie dynamiczne i udarność drewna. Autorki [2] wykazały, że stosowanie metod impregnacji próżniowo ciśnieniowej środkiem solnym w istotny sposób wpływa na parametry wytrzymałościowe drewna. Jest to tendencja zmniejszenia wytrzymałości próbek impregnowanych w stosunku do próbek nieimpregnowanych. Bednarek, Kaliszek-Wietecha (2004) [2] podają, że związane to jest z naruszeniem struktury drewna na skutek oddziaływania za pomocą zmian ciśnienia i podciśnienia oraz wprowadzenia impregacyjnego środka solnego.

Zmiany w budowie drewna na skutek działania ciśnienia i temperatury ilustrują wyniki badań przeprowadzone przez Finnish ThermoWood Association podane w ThermoWood Handbook [3] (2003). Zbadano próbki drewna sosnowego i świerkowego poddanego wyparzaniu w temperaturze od 190°C do 240°C pod ciśnieniem.

Fotografie na rys. 1 [3] pokazują zmiany w budowie drewna przed i po procesie wyparzania w temperaturze 215°C. Można zauważyć ubytki materiału wypełniającego pomiędzy włóknami drewna, świadczące o degradacji matrycy kompozytu.

hydrogen and hydroxyl groups of varied chain structure.

Such structure of wood allows to allege that each way of treating wood: with chemical preparations, temperature and pressure results in processes changing physical properties of wood, especially the mechanical properties of the ground tissue making up the matrix of the composite material.

## 2. Investigations

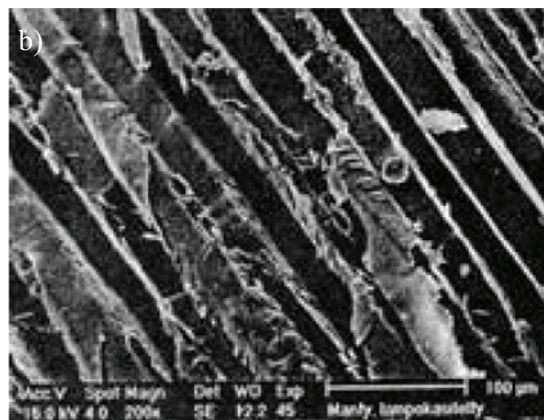
Fibrous structure allows to treat wood as fibrous composite material of viscoelastic matrix. The name matrix applies to the aggregate of cells in which wood filaments are disposed. In order to utilize wood for building engineering constructions it is important to know the influence of the methods of wood preparation on its strength. Data concerning the subject of strength of wood after vacuum pressure impregnation with saline agent at temperatures 20°C, 50 °C, 100°C, 150°C, 200°C, 230°C were presented in the work [2] (2004). Samples were studied statically and dynamically. In the static investigations the following tests were conducted: bending, compression along the filaments, compression transversely to the filaments, tension along the filaments. In the dynamic investigations bending strength and impact resistance of wood were studied. The Authors [2] showed that applying methods of vacuum-pressure impregnation with a saline agent influenced on the strength parameters of wood essentially. There occurs some tendency to decrease the strength of impregnated samples in the relation to not impregnated samples. Bednarek, Kaliszek-Wietecha (2004) [2] presented that this is connected with disarrangement of the structure of wood in the consequence of acting using changes of pressure and underpressure and introducing the impregnating saline agent.

Changes in the structure of wood in the consequence of working of pressure and temperature are illustrated by the results of investigations conducted by Finnish ThermoWood Association laid out in ThermoWood Handbook [3] (2003). Samples of pine wood and spruce wood subjected to high pressure steaming at the temperature from 190°C to 240°C underwent testing.

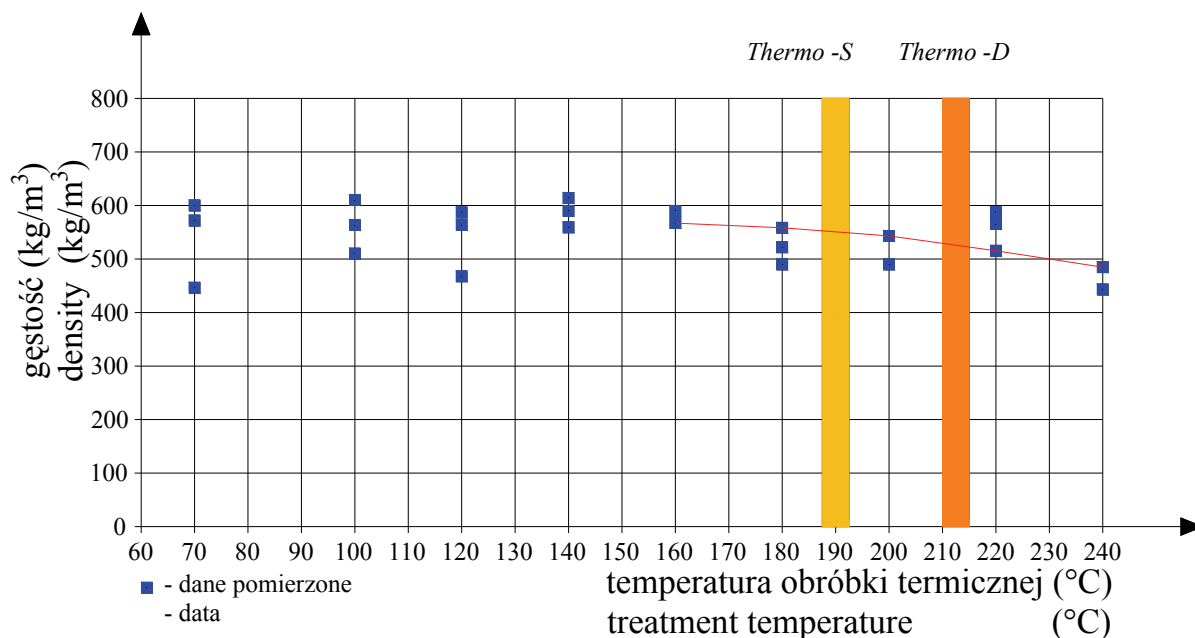
Photographs in fig. 1 [3] show the changes in the structure of wood before and after process of steaming at temperature 215°C. One can notice losses of material filling spaces between the filaments of the wood, which testifies degradation of the matrix of the composite material.

Potwierdzeniem degradacji matrycy są badania gęstości drewna sosnowego w funkcji temperatury pokazane na rys. 2.

The investigations of density of pinewood in the function of temperature showed on fig. 2 confirm the fact of degradation of the matrix.



Rys. 1. Fotografie pod mikroskopem drewna sosnowego[3]: a) przed obróbką termiczną, b) po obróbce termicznej  
Fig. 1. Photomicrograph of pinewood [3]: a) before heat treatment, b) after heat treatment



Rys. 2. Zależność gęstości drewna sosny od temperatury [3]  
Fig. 2. Temperature dependence of the density of pinewood [3]

Na rys. 2 pokazano linią ciągłą wykres zmniejszania się gęstości drewna sosny wywołany wyparaniem desek w wysokich temperaturach, pod ciśnieniem. Im większa jest temperatura obróbki, tym większe jest zmniejszenie gęstości drewna. Zmniejszeniu gęstości drewna po procesie wyparzenia towarzyszą zmiany cech wytrzymałościowych. Wygrzewanie w podwyższonej temperaturze zmienia wytrzymałość na ściskanie i zginanie drewna. Z krótkich prób wytrzymałościowych drewna Thermowood, opracowanych w [3] wynika, że następuje zmiana wytrzymałości na ściskanie krótkich próbek z drewna świerku, wyparzanych w temperaturze 220 °C przez 1 godzinę (próbka 1) i przez 3 godziny (próbka 3), oraz w temperaturze 225 °C przez 2 godziny (próbka 2),

The graph in fig. 2 presents decreasing of pine wood density resulting from steaming boards in high temperatures, under the pressure (showed with the continuous line). The higher the temperature of the processing, the larger decrease of wood density is. The decrease in wood density after the process of steaming is accompanied by changes in the strength parameters. Heating in increased temperature changes compressive and bending strength of wood. From the short strength tests of the wood Thermowood, worked out in [3] it results that change of compressive strength of short samples made from spruce wood, steamed at the temperature 220°C for 1 hour (sample 1) and for 3 hours (sample 3), and at the temperature 225°C for 2 hours (sample 2), took place in relation

w stosunku do próbki świadka niepoddanej obróbce termicznej. W porównaniu z próbką niepoddana obróbce, autorzy [3] podają, że inny jest charakter zniszczenia próbek ściskanych. Próbki z drewna Thermowood, poddanego ścisnaniu rozsypują się. Taki model zniszczenia kruchego, nie poprzedzony znamioną dla drewna jednolitego emisją akustyczną, wymaga znaczącego zwiększenia współczynnika bezpieczeństwa konstrukcji.

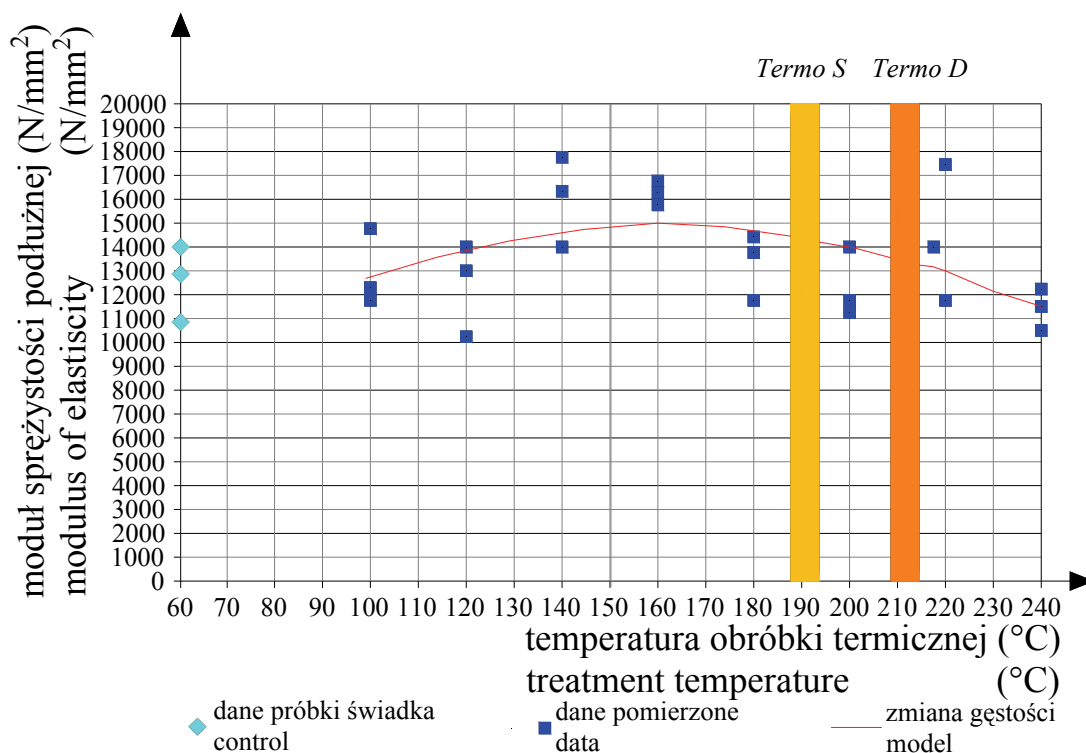
Autorka stara się wyjaśnić zjawisko kruchego pęknięcia drewna poddanego ścisnaniu po obróbce termicznej w odrębnej pracy, biorąc pod uwagę wyniki badań Finnish Thermowood Association podane w pracy [3] oraz prace [4] (1996) i [5] (1997)

Badania zmian modułu sprężystości podłużnej drewna sosnowego z [3] pokazano na rys. 3. Na wykresie (rys. 3) widać zmniejszenie modułu sprężystości drewna sosnowego poddanego obróbce termicznej w stosunku do próbek niepoddanych obróbce termicznej [3]. Im wyższa temperatura obróbki tym mniejszy jest moduł sprężystości podłużnej. Należy nadmienić, że moduł sprężystości podłużnej drewna wpływa na nośność krytyczną prętów o średniej i dużej długości.

to the reference sample not subjected to thermal processing. In comparison with the sample not subjected to the processing, authors [3] present that the character of destruction of the compressed samples is different. The samples from the wood Thermowood, crumble when subjected to pressure. Such model of fragile destruction, not preceded by acoustic emission characteristic for the solid wood, requires significant enlargement of the safety coefficient of the construction.

The author is trying to explain the phenomenon of fragile cracking of the wood after thermal processing subjected to compression in a separate work, taking into consideration the results of investigations of Finnish Thermowood Association presented in the work [3] and works [4] (1996) and [5] (1997).

The investigation of changes in the longitudinal modulus of elasticity of pine wood, from [3] have been shown in fig. 3. In this graph (fig. 3) it is visible that there is some decrease in the modulus of elasticity of the pine wood subjected to thermal processing in relation to the samples not subjected to thermal processing [3]. The higher temperature of the processing, the lower the longitudinal modulus of elasticity is. One should mention that the longitudinal modulus of elasticity of wood influences on critical carrying capacity of rods of average and large length.



Rys. 3. Zmniejszenie modułu sprężystości drewna sosny po obróbce termicznej [3]  
Fig. 3. Decrease in the modulus of elasticity of pinewood after heat treatment [3]

Średnie zmniejszenie modułu sprężystości drewna w temperaturze 240 °C w stosunku do drewna w temperaturze 60°C pokazane na rys. 3 wynosiło około 11%.

Average decrease in the modulus of elasticity of wood at temperature 240°C in relation to wood at temperature 60°C showed on fig. 3 was about 11%.

### 3. Nośność krytyczna prętów ściskanych

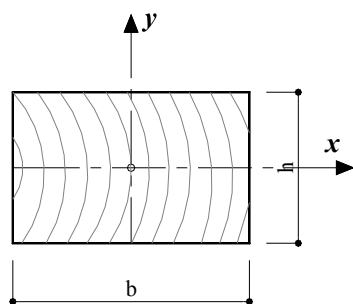
Degradacja miększu (żywych komórek, w których zatopione są włókna drzewne) zilustrowana na rys. 1 oraz zmniejszenie gęstości drewna sosny (rys. 2) sugeruje zmniejszenie modułu sprężystości podłużnej  $E$  mimośrodowo zginanych prętów drewnianych. Jednakże należy również oczekiwać znaczącego zmniejszenia modułu sprężystości poprzecznej  $G$  wskutek degradacji matrycy.

Wpływ degradacji miększu na wytrzymałość krytyczną drewna po obróbce termicznej można wyjaśnić na podstawie modelu kompozytu zbrojonego podłużnie włóknami. Zachowanie włókna zatopionego w lepko sprężystej matrycy opisał Kowal w pracy [4] (1996), jako zjawisko zależne od geometrii i rozmieszczenia włókien oraz właściwości matrycy. Na rys. 4 wg [4] pokazano generowanie sił poprzecznych wskutek amplifikacji poprzecznego wygięcia wstępnego  $y_0$  pręta. Wyboczenie związane ze ściskaniem dotyczy zarówno pręta jak i pojedynczego włókna. Siły poprzeczne stowarzyszone ze ściskaniem włókien, generują spiętrzenie odkształceń postaciowych na powierzchni włókien i naprężenie styczne w matrycy.

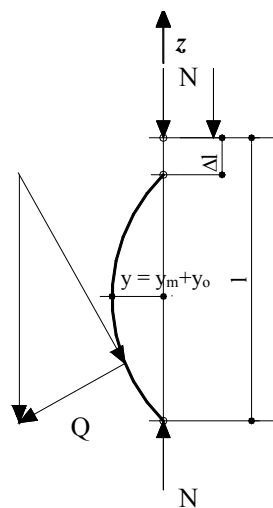
### 3. Critical carrying capacity of compressed rods

Degradation of the ground tissue (alive cells surrounding wood filaments) which has been illustrated in fig. 1 and the decrease in pine wood density (fig. 2) suggest decrease in the longitudinal modulus of elasticity  $E$  of wooden rods bent off-centre. Yet one should expect significant decrease in the modulus of rigidity  $G$  as a result of the degradation of matrix.

One can explain the influence of the degradation of ground tissue on the critical strength of wood after thermal processing on the basis of a model of composite material longitudinally reinforced with filaments. Kowal, in the work [4] (1996), described the performance of the filament surrounded by viscoelastic matrix as a phenomenon dependent on geometry and the distribution of filaments and the properties of the matrix. In fig. 4, according to [4], generating of transverse forces as a result of amplification of preliminary transverse deflection of the rod  $y_0$  was shown. Buckling connected with the compression regards both the rod and a single filament. Transverse forces associated with the compression of filaments generate piling up of non dilatational strain on the surface of filaments and tangential strain in the matrix.



a) przekrój pręta  
rod cross-section



b) generowanie siły poprzecznej  
transverse force generation

$y_0$  – wygięcie wstępne pręta,  $y_m$  – przemieszczenie wynikające ze zginania podłużnego  
 $y_0$  – preliminary deflection of the rod,  $y_m$  – dislocation resulting from longitudinal bending

Rys. 4. Generowanie sił poprzecznych w ściskanym pręcie drewnianym obciążonym wstępnym wygięciem [5]  
Fig. 4. Generation of transverse forces in a compressed wooden rod with preliminary deflection applied [5]

Kowal w pracy [4] opisuje przemieszczenie poprzeczne pręta ściskanego obciążonego wstępnym wygięciem równaniem (1):

$$EJy^{IV} + N\left(y + y_0 + \delta_0 \sin \frac{n\pi z}{l}\right)'' = 0 \quad (1)$$

Kowal, in the work [4], describes transverse dislocation of the compressed rod with preliminary deflection applied, with the help of equation (1):

gdzie:  $y_0 = \delta_0 \sin \frac{n\pi z}{l}$  – wstępne wygięcie,  $y_q$  – wpływ sił poprzecznych,  $EJy''''$  – jednostkowy opór pręta,  $Ny''$  – obciążenie zewnętrzne generujące siły poprzeczne.

Przemieszczenie  $y$  generuje siły poprzeczne stowarzyszone z wyboczeniem.

Nośność krytyczną ściskanych prętów drewnianych z uwzględnieniem wpływu sił poprzecznych Kowal [4] oblicza ze wzoru (2)

$$N_{kr} = \frac{N_e}{1 + \frac{N_e k}{AG_{zr}}} = N_e / \eta \quad (2)$$

gdzie:  $N_e$  – eulerowska nośność krytyczna,  $k$  – współczynnik kształtu przekroju pręta: -1,2 dla przekroju prostokątnego, 1,195 dla kołowego,  $A$  – przekrój pręta,  $G$  – moduł sprężystości poprzecznej drewna.

Współczynnik  $\eta$  wpływu sił poprzecznych zmniejszający nośność krytyczną prętów drewnianych obliczono ze wzoru(3):

$$\eta = 1 + \frac{\pi^2 Ek}{G \lambda^2} \quad (3)$$

gdzie  $\lambda = l_w / i_{\min}$ ,  $l_w$  – długość wyboczeniowa pręta,  $i_{\min}$  – promień bezwładności przekroju.

Na rys. 5 pokazano wykres sporządzony na podstawie [4] współczynnika  $\eta$  zmniejszającego nośność pręta kompozytowego w funkcji  $E/G$  oraz smukłości  $\lambda$ . Wykres sporządzono dla stosunków modułu sprężystości podłużnej  $E$  do modułu sprężystości poprzecznej  $G$  w przedziale od 8 do 60.

Największy wpływ sił poprzecznych na nośność krytyczną prętów drewnianych jest dla prętów o smukłości  $\lambda < 20$ . Im większa smukłość pręta tym bardziej nośność krytyczna pręta kompozytowego zbliża się do nośności eulerowskiej. Przy stałym stosunku  $E/G$  współczynnik  $\eta$  maleje wraz ze zwiększaniem smukłości. Przy stałej smukłości mniejszej od 80 współczynnik  $\eta$  znacząco rośnie wraz ze wzrostem stosunku  $E/G$ .

W miarę zwiększania stosunku  $E/G$  zmniejsza się nośność krytyczna prętów, szczególnie drewnianych, w których  $E/G$  jest rzędu 30.

W odniesieniu do drewna zjawiska te dotyczą prętów bez sęków.

Rys. 5 i 6 ilustrują jak ważna jest matryca w zwiększaniu nośności pojedynczych włókien obciążonych siłami poprzecznymi. Nośność pojedynczych włókien wpływa na nośność całego pręta drewnianego. W celu obliczenia nośności

wherein:  $y_0 = \delta_0 \sin \frac{n\pi z}{l}$  – preliminary deflection,  $y_q$  – influence of transverse forces,  $EJy''''$  – specific resistance of the rod,  $Ny''$  – external load generating transverse forces.

The dislocation  $y$  generates transverse forces associated with buckling.

Critical carrying capacity of compressed wooden rods taking into account the influence of transverse forces, Kowal [4] calculates from equation (2)

wherein:  $N_e$  – Euler's critical carrying capacity,  $k$  – the coefficient of shape of the cross-section of the rod: -1.2 for a rectangular section, 1.195 for a circular section,  $A$  – cross-section area of the rod,  $G$  – the modulus of rigidity of wood.

The coefficient  $\eta$  of the influence of transverse forces reducing critical carrying capacity of wooden rods was calculated from equation (3):

wherein:  $\lambda = l_w / i_{\min}$ ,  $l_w$  – buckling length of the rod,  $i_{\min}$  – radius of inertia of the section.

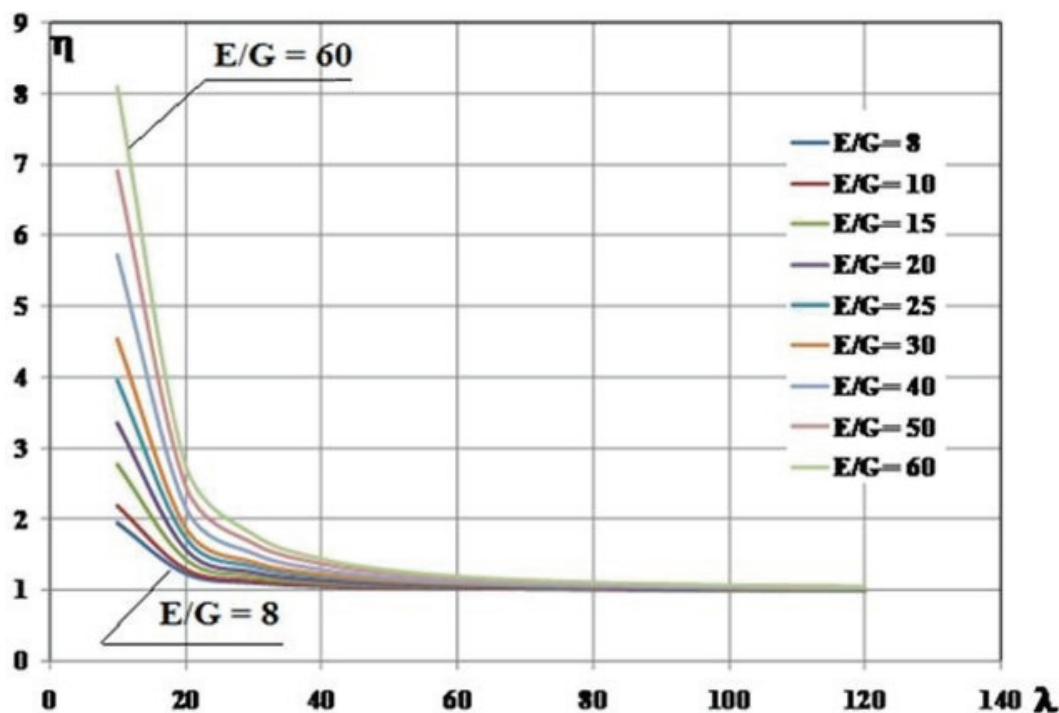
The graph prepared on the basis [4] shown in fig. 5 presents the coefficient  $\eta$  reducing carrying capacity of the composite rod in the function  $E/G$  and slenderness ratio  $\lambda$ . The graph has been prepared for the ratio of longitudinal modulus of elasticity  $E$  to modulus of rigidity  $G$  in the range from 8 to 60.

The largest influence of transverse forces on the critical carrying capacity of wooden rods is for the rods of slenderness ratio  $\lambda < 20$ . The higher the slenderness ratio of the rod, the more the critical carrying capacity of the composite rod approaches to the Euler's carrying capacity. For the constant ratio  $E/G$  the coefficient  $\eta$  diminishes together with the growth of slenderness ratio. For the constant slenderness ratio, lower than 80, the coefficient  $\eta$  significantly grows together with the growth of the ratio  $E/G$ .

As the ratio  $E/G$  increases the critical carrying capacity is reduced for rods, particularly wooden, in which  $E/G$  is in the range of 30.

In the reference to wood these phenomena relate to the rods without knots.

Figs. 5 and 6 illustrate how important the matrix is in enlarging the carrying capacity of single filaments put under load of transverse forces. The carrying capacity of single filaments influences on the carrying capacity of the whole wooden rod. In order



Rys. 5. Wykres współczynników zmniejszających nośność krytyczną prętów ściskanych  
 Fig. 5. Graph of the coefficients which reduce the critical carrying capacity of compressed rods

krytycznej prętów ściskanych z drewna poddanego obróbce termicznej należy zredukować moduł sprężystości podłużnej  $E_{sr} = Ek$ . Należałoby zredukować również moduł sprężystości poprzecznej  $G$ , jednakże w badaniach literaturowych, nie natrafiono na badania modułu sprężystości poprzecznej po obróbce termicznej.

Do wyznaczenia ścieżki równowagi statycznej 3 przyjęto zmniejszenie modułu sprężystości podłużnej według badań z pracy *ThermoWood Handbook*. Zmniejszenie modułów po procesie termicznym przyjęto do poziomu:  $E_i/E_0 = 0,89$ . Ponieważ w literaturze nie znaleziono danych na temat zmian modułu sprężystości  $G$  pod wpływem temperatury, założono, że degradacja będzie co najmniej równa degradacji modułu sprężystości podłużnej  $E$ .

Na rys. 6 pokazano zmniejszenie nośności pręta (krzywa 3), na skutek działania sił poprzecznych i zmniejszenia modułu sprężystości podłużnej drewna wskutek obróbki termicznej. Krzywa 1 obrazuje ścieżkę równowagi statycznej (SRS) bez uwzględniania wpływu sił poprzecznych. Krzywa 2 obrazuje przykład SRS z uwzględnieniem wpływu sił poprzecznych dla  $E/G = 20$ , smukłości  $\lambda = 40$ . Krzywa 3 obrazuje SRS takiego samego pręta z uwzględnieniem degradacji matrycy.

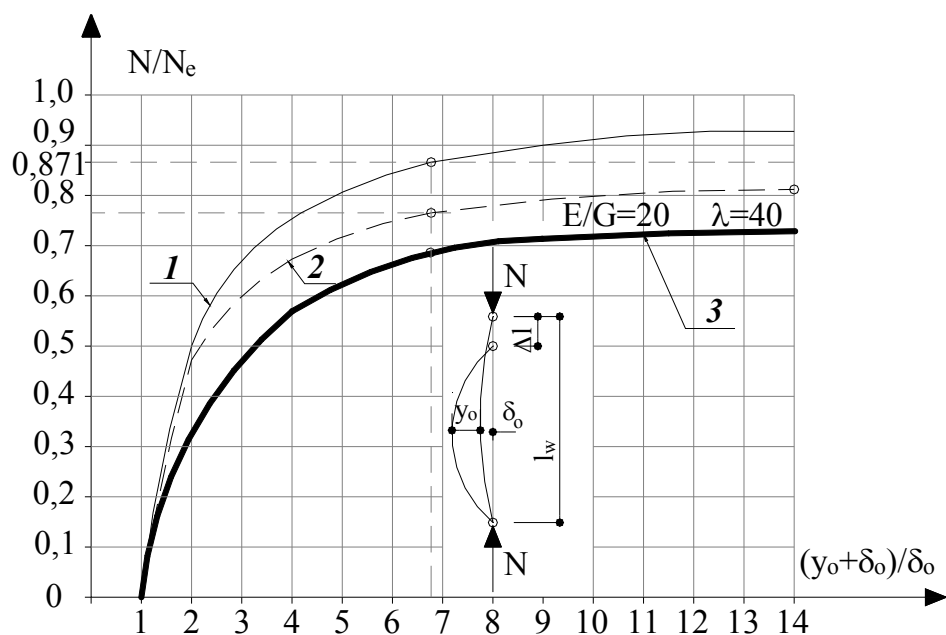
W pracy nie rozpatrywano zjawisk zachodzących w prętach o małej smukłości. Będzie to przedmiotem odrębnej pracy.

to calculate the critical carrying capacity of compressed rods made from the wood subjected to thermal processing the longitudinal modulus of elasticity should be reduced,  $E_{sr} = Ek$ . One should also reduce the modulus of rigidity  $G$ , yet in the literature research no investigation of the modulus of rigidity after the thermal processing have been found.

In order to determine the static equilibrium path 3, it was accepted to decrease the longitudinal modulus of elasticity according to investigations in the work *ThermoWood Handbook*. The decrease in the modulus after the thermal process was accepted to the level:  $E_i/E_0 = 0.89$ . As no data pertaining to the changes of the modulus of elasticity  $G$  under the influence of temperature were found in the literature, it was assumed that degradation will be at least equal degradation of the longitudinal modulus of elasticity  $E$ .

Decrease in carrying capacity of the rod (curve 3), in the consequence of working of transverse forces and the decrease in the longitudinal modulus of elasticity of wood as a result of thermal processing thereof has been shown in fig. 6. Curve 1 illustrates the static equilibrium path (SRS) without taking into account the influence of transverse forces. Curve 2 illustrates an example of SRS with taking into consideration the influence of transverse forces for  $E/G = 20$ , slenderness ratio  $\lambda = 40$ . Curve 3 illustrates SRS of the same rod with taking into consideration the degradation of the matrix.

The phenomena taking place in rods of low slenderness ratio were not considered in the work. This will be the object of a separate work.



Rys. 6. Przykład SRS: 1) bez wpływu sił poprzecznych, 2) z wpływem sił poprzecznych  
 $\delta_0$  – losowa imperfekcja elementu drewnianego  
 Fig. 6. Example SRS: 1) without effect of transverse forces, 2) with effect of transverse forces  
 $\delta_0$  – random imperfection of wooden element

#### 4. Wnioski

Degradacją matrycy można wytłumaczyć rozsiptywanie się prętów drewnianych, w krótkich próbach ściskania odnotowane w pracy [3]. Żle umocowane w matrycy włókna drzewne pękają lawinowo pod wpływem ściskania. W artykule nie rozpatrywano zjawisk zachodzących w prętach o małej smukłości. Będzie to przedmiotem odrębnej pracy.

W podsumowaniu należy podkreślić, że włókniasta budowa drewna upodabnia ten materiał budowlany do kompozytów włóknistych. Zjawisko wyboczenia pojedynczego włókna w matrycy lekko sprężystej przekłada się na globalną nośność ściskanych prętów z drewna zgłasza małej długości.

Z prac Kowala [4], [5] wynika, że nośność kompozytu włóknistego zależy od zamocowania włókien w lekko-sprężystej matrycy. Aby podnieść lub przynajmniej utrzymać wytrzymałość drewna należy zatroszczyć się o matrycę, w której naturalnie rozmieszczone są włókna. Współczesne metody przygotowania desek do budowy prętów z drewna klejonego i jednolitego, pomijają ten fakt, pomimo, że pojawiają się prace różnych badaczy sygnalizujących problem zmniejszania się wytrzymałości drewna zabezpieczonego preparatami solnymi lub metodami przemysłowymi, przed wbudowaniem w konstrukcję.

#### 4. Conclusions

It is the degradation of the matrix that can explain crumbling of wooden rods in the short tests of compression presented in the work [3]. The wood filaments which are poorly fixed in the matrix crack in the avalanche mode under the influence of compression. The phenomena taking place in rods of low slenderness ratio were not considered in the work. This will be the object of a separate work.

It should be pointed out in the summary that fibrous construction of wood makes this building material similar to the fibrous composite materials. The phenomenon of buckling of an individual filament in the viscoelastic matrix can be carried over to the global carrying capacity of compressed rods made from wood, especially of small length.

From Kowal works [4], [5] it results that carrying capacity of fibrous composite material depends on seizing the filaments in the viscoelastic matrix. In order to raise or at least keep at the same level the strength of wood one should take care of the matrix in which the filaments are naturally disposed. The present methods of preparation of boards for constructing beams/rods made from glued wood and made from solid wood, ignore this fact, in spite of various scientists having signaled the problem of decreasing of strength of timber elements which underwent protection with saline preparations or by industrial methods, before building them in into the construction.



## Literatura • References

- [1] Kozakiewicz P., Matejak M., *Klimat a drewno zabytkowe*, Wydawnictwo SGGW, Warszawa 2002.
- [2] Bednarek Z., Kaliszek-Wietecha A., *Wytrzymałość drewna impregnowanego ogniochronnym środkiem solnym metodą próżniowo-ciśnieniową*, 50. JUBILEUSZOWA KONFERENCJA NAUKOWA Komitetu Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN i Komitetu Nauki PZTIB „Krynica 2004”, 12-17 września 2004.
- [3] Finnish Thermowood Association, *ThermoWood handbook*; Helsinki 2003; 08.04.2003 [www.thermowood.fi](http://www.thermowood.fi)
- [4] Kowal Z., *Nośność krytyczna słupów drewnianych jako kompozytów włóknistych*, Sympozjum „Drewno i materiały drewnopochodne w konstrukcjach budowlanych”, Szczecin – Międzyzdroje 5-6 września 1996.
- [5] Kowal Z., Trąbski L., *Brittle Fracture of Compressed Composite Rods (Krucze pękanie krótkich ściskanych prętów kompozytowych)*, V International Symposium on Brittle Matrix Composite (BMC5), Warsaw 13-15 October 1997, s. 409-416.

---

\* Politechnika Wroclawska, Wroclaw, Polska  
Wroclaw University of Technology, Wroclaw, Poland

---

## Streszczenie

W artykule wykazano, że termomechaniczna i chemiczna obróbka hamująca korozję biologiczną wpływa na degradację pozakomórkowej matrycy. Degradacja zmniejsza moduł sprężystości drewna i zmienia mechanizm niszczenia drewna.

Powyższe zjawiska były włączone do teoretycznego oszacowania krytycznej nośności ściskanej belki drewnianej, poddanej traktowaniu termomechanicznemu. Efekt odkształcenia postaciowego był uwzględniony w analizie.

## Abstract

It was indicated in the paper that thermo-mechanical and chemical bio-corrosion inhibiting treatment influences on the extracellular matrix degradation. The degradation decreases the modulus of elasticity of wood and changes the mechanism of wood destruction.

The above phenomena were included in the theoretical estimation of the critical carrying capacity of compressed thermo-mechanically treated timber beams. Non-dilatational strain effect was included in the analysis.