

WPLYNĘŁO

Dnia 22. 11. 2022
L. dz. IL. PW / 692 / 2022

dr hab. inż. Paulina Obara, prof. PŚk
Katedra Teorii Konstrukcji i BIM
Wydział Budownictwa i Architektury
Politechnika Świętokrzyska
Al. Tysiąclecia Państwa Polskiego 7
25-314 Kielce
tel. 606-145-610
e-mail: paula@tu.kielce.pl

Kielce, 17.11.2022

Pujirto 22/11/2022
DZIEKI
Wydziału Inżynierii Lądowej
prof. dr hab. inż. Andrzej Garbacz

RECENZJA DYSERTACJI DOKTORSKIEJ

mgra inż. Arkadiusza Leśko

„ OCENA WPLYWU WILGOTNOŚCI NA POŁĄCZENIA W KONSTRUKCJACH Z DREWNA KLEJONEGO WARSTWOWO ”

1. Podstawa formalna

Podstawę opracowania recenzji stanowi Uchwała nr 499/2022 Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Lądowa i Transport Politechniki Warszawskiej z dnia 06.09.2022. Podstawę prawną niniejszej recenzji stanowi art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce.

2. Podstawowe dane o pracy

Przedmiotem oceny jest rozprawa doktorska mgra inż. Arkadiusza Leśko pt. „Ocena wpływu wilgotności na połączenia w konstrukcjach z drewna klejonego warstwowo”. Promotorem pracy doktorskiej jest prof. dr hab. inż. Wojciech Gilewski, a promotorem pomocniczym dr inż. Anna Al.-Sabouni-Zawadzka.

Rozprawa doktorska została napisana w języku polskim i została opublikowana w formie wydawnictwa książkowego o charakterze monograficznym, zgodnie z wymaganiami publikacyjnymi Oficyny Wydawniczej Politechniki Warszawskiej. Praca składa się z dziewięciu rozdziałów, które zajmują 127 stron, spisu literatury (107 pozycji), spisu rysunków (117 rysunków) oraz spisu tabel (29 tabel). Dopelnieniem pracy są streszczenia w języku polskim i angielskim, umieszczone na początku rozprawy, oraz dziewięć załączników zajmujących 35 stron. Przyjęty układ rozdziałów i sposób uporządkowania treści jest logiczny i umożliwia osiągnięcie postawionego przez Doktoranta celu naukowego.

3. Ogólna charakterystyka pracy

Dysertację otwiera **Wstęp** (5 stron, 2 rysunki), w którym Doktorant przedstawił tematykę pracy, a także jej główny cel i zagadnienia pomocnicze służące do osiągnięcia założonego celu naukowego. Istotną częścią tego rozdziału jest wyjaśnienie co zainspirowało Doktoranta do podjęcia pracy związanej z tematyką wpływu zmiany wilgotności na pracę połączeń w konstrukcjach z drewna klejonego warstwowo.

Rozdział 2 (34 strony, 32 rysunki, 9 tabel, 7 wzorów) składa się z 9-ciu podrozdziałów, które zawierają „o drewnie słów kilka”. Doktorant w sposób czytelny i zwięzły opisał strukturę drewna oraz jego właściwości fizyczne i mechaniczne. Dodatkowo opisał zasadnicze kwestie związane ze współczesnymi metodami tworzenia drewna klejonego warstwowo oraz techniki konstruowania i modelowania współczesnych połączeń konstrukcji drewnianych.

Ostatni podrozdział dotyczy najczęstszych przyczyn awarii konstrukcji z dźwigarów klejonych warstwowo, do których zaliczyć można rozwarstwienie i delaminację.

Rozdział 3 (8 stron, 6 rysunków) obejmuje przegląd literatury w zakresie badań doświadczalnych, dotyczących wpływu zmiany wilgotności na zachowanie się drewna jako materiału konstrukcyjnego. Doktorant scharakteryzował problemy i trudności związane z prowadzeniem takich badań. Do najistotniejszych zaliczył: zmienność otrzymywanych wyników, niepewności pomiarowe oraz pomiar naprężeń spowodowanych obciążeniem zmianą wilgotności

Rozdział 4 (12 stron, 9 rysunków, 2 tabele) to opis badań własnych Doktoranta, dotyczących pomiaru zmiany wilgotności. Doktorant przeprowadził dwa rodzaje badań zmiany wilgotności w warunkach naturalnych, tj. wilgotności powierzchniowej (rozdział 4.1) i wilgotności „wgląb” (rozdział 4.2). Pierwsze badanie (nieniszczące) obejmowało 6 próbek, w tym 3 próbki z drewna klejonego warstwowo i 3 – z drewna litego. W drugim Doktorant określił zmianę wilgotności dla dwóch próbek (po jednej z drewna klejonego warstwowo i litego) za pomocą badania niszczącego.

W mojej ocenie przeprowadzone przez Doktoranta badania doświadczalne są bardzo wartościowe, zwłaszcza, że pomiary zostały przeprowadzone w warunkach naturalnych a nie laboratoryjnych. Niestety sposób przedstawienia wyników budzi pewne zastrzeżenia. Szczegółowe uwagi i pytania zostaną przedstawione w punkcie 5.1 recenzji.

Rozdział 5 (14 stron, 8 rysunków, 7 tabel, 6 wzorów) to opis istotnych zagadnień z punktu widzenia normowego klasyfikowania sortymentu drewna, które bezpośrednio przekładają się na klasyfikację wytrzymałościową stosowaną w projektowaniu. Doktorant przedstawił normowe podejście dotyczące wpływu zmiany wilgotności otoczenia konstrukcji drewnianych na pracę materiału, a co za tym idzie, na zmianę jego parametrów obliczeniowych. Dodatkowo, Doktorant przedstawił analizę normową jednej z najczęstszych przyczyn awarii belek z drewna klejonego warstwowo jaką jest rozwarstwienie.

Rozdział 6 (7 stron, 1 rysunek, 19 wzorów) zawiera charakterystykę modeli teoretycznych pracy drewna oraz opis matematyczny modelu zastosowanego przez Doktoranta w symulacjach.

Rozdział 7 (8 stron, 2 rysunki, 28 wzorów) zawiera opis zastosowanego w pracy modelu numerycznego dotyczącego symulacji przepływu wilgotności w drewnie. Doktorant opisał dyskretyzację modelu materiałowego oraz modelu transportu wilgotności w drewnie. Dodatkowo Doktorant opracował dwie procedury, tj. UMAT i DFLUX, oraz opisał sposób implementacji modeli numerycznych w oprogramowaniu Abaqus.

Rozdział 8 (33 strony, 31 rysunków, 7 tabel, 6 wzorów) to opis 6 symulacji numerycznych przeprowadzonych przez Doktoranta. Dwie symulacje dotyczą walidacji procedur UMAT i DFLUX. Celem trzeciej symulacji jest oszacowanie obciążenia jakie należy przyłożyć do belki, aby uzyskać naprężenia rozwarstwiające zbliżone do wytrzymałości na rozciąganie w poprzek włókien. Kolejne dwie to symulacje połączeń w układzie belka-dźwigar, obrazujące wpływ zmiany wilgotności na obciążenia wewnętrzne łączonego elementu. Natomiast celem ostatniej symulacji jest oszacowanie wpływu zmiennego obciążenia wilgotnością na pracę dźwigara z uwzględnieniem połączeń belek dochodzących. Co istotne, Doktorant przeprowadził eksperyment, odwzorowując układ konstrukcyjny oraz obciążenia statyczne występujące w praktyce .

W mojej ocenie jest to drugi (po rozdziale 4) bardzo wartościowy rozdział. Niestety, tak jak w przypadku rozdziału 4, sposób przedstawienia wyników budzi pewne zastrzeżenia. Szczegółowe uwagi i pytania zostaną przedstawione w punkcie 5.3 recenzji.

Rozdział 9 (6 stron) stanowi zwięzłe podsumowanie pracy, w tym najważniejsze wnioski oraz kierunki dalszych badań.

Po zapoznaniu się z rozprawą doktorską stwierdzam, że praca mgr inż. Arkadiusza Leśko jest bardzo ciekawym i wartościowym opracowaniem łączącym badania doświadczalne z analizą numeryczną. Metodyka zrealizowanych badań nie budzi żadnych zastrzeżeń. Bardzo pozytywnie oceniam samą ideę i tematykę dysertacji, gdyż dotyczy bardzo istotnego problemu nowoczesnego budownictwa, w którym stosowanie konstrukcji z drewna klejonego warstwowo jest powszechne. Realizacja założonego przez Doktoranta celu dostarczyła oryginalnych wyników, charakteryzujących się dużą wartością poznawczą. Doktorant na podstawie uzyskanych wyników badań doświadczalnych oraz przeprowadzonych analiz numerycznych stwierdził, że *„zmiany wilgotności dźwigarów konstrukcyjnych z drewna klejonego warstwowo są niebezpieczne z punktu widzenia możliwej delaminacji warstw w sąsiedztwie połączeń z uwagi na zastosowany system łączników. Każde ograniczenie swobody pracy belki w postaci sztywno lub punktowo dołączonych blach węzłowych stanowi przyczynę zaburzenia równomiernej dystrybucji naprężeń rozwarstwiających, co prowadzi do ich koncentracji, w efekcie czego mogą następować lokalne zarysowania. Propagacja tych rys niesie ryzyko całkowitej delaminacji przekroju, co skutkuje awarią elementu z drewna klejonego warstwowo. Ograniczenie skrępowania nadmiarowymi łącznikami może wpłynąć pozytywnie na nośność belki na rozwarstwienie w poprzek włókien.”*

Należy dodatkowo podkreślić, że praca napisana jest językiem prostym i zrozumiałym. Przyjęty układ i sposób uporządkowania treści jest logiczny i czytelny. Rozprawa napisana jest poprawną polszczyzną, występują oczywiście błędy językowe i niezręczne sformułowania, ale nie wpływają one na ocenę merytoryczną. W moim przekonaniu Doktorant mógł jednak przyłożyć większą wagę do prezentacji graficznej (szczegóły w punkcie 6 recenzji). Dobór pozycji bibliograficznych jest trafny i wystarczający.

4. Ocena trafności wyboru tematyki i naukowej wartości rozprawy

Podjęta w rozprawie doktorskiej tematyka jest aktualna i ważna z praktycznego punktu widzenia. Badania połączeń konstrukcji drewnianych w przeważającej większości skupiają się na aspektach związanych z nośnością mechaniczną złącza. Dostatecznie przebadany jest również wpływ zmiany wilgotności drewna na cechy fizyczne i mechaniczne. Rzadko jednak spotykane są publikacje, które dotyczą symulacji, czy też badań dotyczących wpływu obciążenia niestatycznego, jakim jest wilgotność, na zachowanie połączenia jako całości. Wyraźnie widać lukę w badaniach, którą Doktorant postarał się wypełnić w zakresie modeli obliczeniowych oraz oceny zagadnień praktycznych.

Do najważniejszych oryginalnych osiągnięć Doktoranta zaliczam:

1. Badania doświadczalne przeprowadzone przez Doktoranta w warunkach naturalnych a nie laboratoryjnych.
2. Zastosowanie symulacji numerycznych, z wykorzystaniem metody elementów skończonych, uwzględniających obciążenia zmianą wilgotności.
3. Przeprowadzenie symulacji odwzorowującej układ konstrukcyjny oraz obciążenia statyczne występujące w praktyce

Chciałabym w tym miejscu nadmienić, że bardzo wysoko oceniam nakład pracy, którą Doktorant włożył w przeprowadzenie badań doświadczalnych oraz symulacji numerycznych.

5. Ocena merytoryczna rozprawy

Poniżej podano szczegółowe uwagi, spostrzeżenia i pytania do najważniejszych, w mojej ocenie, rozdziałów rozprawy doktorskiej.

5.1. Badania doświadczalne – rozdział 4

Uwagi

- Doktorant przeprowadził dwa rodzaje badań zmiany wilgotności, tj. wilgotności powierzchniowej (rozdział 4.1) i „wgląd” (rozdział 4.2). Do obu pomiarów wykorzystał te same próbki (belki) i tą samą metodę pomiarową. Wobec tego, opis próbek i metod powinien być jeden i powinien znajdować się przed rozdziałem 4.1. Uniknięto by wówczas po pierwsze powtórzeń, a po drugie sugestii, że zastosowano różne próbki i różne metody pomiarowe.

[Str. 57:

„ – 3 belki drewna litego, sosnowego, o wymiarach przekroju 10x20 (+/-0,5) cm, o długości około 105 (+/-5) cm, surowego (pochodzącego z zasobów Autora), wilgotność początkowa nie jest zdefiniowana/gwarantowana,

– 3 belki klejone warstwowo, o wymiarach przekroju 10x20x100 (+/-0,5) cm produkowane z drewna świerkowego (klej MUF) w klasie wytrzymałościowej GL24h (deklarowana przez producenta, zgodnie z PN-EN 1194:2000), czterostronnie strugane i fazowane wzdłuż dłuższych krawędzi, wilgotność gwarantowana przez producenta to 12,0 (+/-2,0)%.”

Str. 64:

„1 belka drewna litego, sosnowego (belka nr 6), o wymiarach pierwotnych przekroju 10x20 (+/-0,5) cm, o długości około 105 (+/-5) cm,

1 belka klejona warstwowo (belka nr 3), o wymiarach pierwotnych przekroju 10x20x100 (+/-0,5) cm produkowana z drewna świerkowego (klej MUF) w klasie wytrzymałościowej GL24h (deklarowana przez producenta, zgodnie z PN-EN 1194:2000), czterostronnie strugana i fazowana wzdłuż dłuższych krawędzi.”]

[Str. 57:

„Pomiary wilgotności wykonywano co 7 dni przez 10 tygodni z wykorzystaniem młotka pomiarowego „HIT3” (Rys. 41 B) wzorcowanego w Okręgowym Urzędzie Miar. Dane techniczne wilgotnościomierza:

– zakres pomiarowy: 6-60%,

– dokładność pomiaru: +/- 1% (w zakresie 6-15%), +/- 2% (w zakresie 16-28%); około 10% wartości mierzonej (w zakresie 28-60 %).”

Str. 64:

„Pomiary wykonywano wykorzystując młotek pomiarowy „HIT3” wzorcowany w OUM (Okręgowym Urzędzie Miar). Dane techniczne urządzenia:

– zakres pomiarowy: 6-60%,

– dokładność pomiaru: +/- 1% (w zakresie 6-15 %), +/- 2 % (w zakresie 16-28%); około 10% wartości mierzonej (w zakresie 28-60%).”].

- Brakuje opisu oznaczenia ścianek (z rysunków można się domyślać, że szersze ścianki to A (rys. 45, 46) i C (rys. 41)).
- Brakuje określenia sposobu ustawienia próbek (z rysunku 41a można się domyślać, że węższa ścianka to dolna powierzchnia).
- Moim zdaniem „Załącznik I. Wyniki badań doświadczalnych” (w szczególności Tab. 26 i Tab. 28) powinien być częścią rozdziału 4.1, zwłaszcza, że wniosek: „niezależnie od miejsca badań (ścianki wąskiej lub szerszej) wartość uzyskiwanych rezultatów była zbliżona (w granicach błędu pomiarowego)” str. 64, jest możliwy do potwierdzenia tylko po zapoznaniu się danymi zawartymi w tych tabelach. Z kolei, Tab. 27 i Tab. 29 są zbędne, ponieważ wyniki zestawione w tych tabelach są przedstawione graficznie w rozdziale 4 (Rys. 42, Rys. 43, Rys. 44).

- „Belki klejone warstwowo podczas pomiarów nie ulegały wyraźnemu zarysowaniu – pojawiły się mikropęknięcia mające charakter lokalny. Porównując rysunek 45 B) oraz rysunek 46 B) widoczny jest brak wypaczenia belek klejonych warstwowo – zachowały one swój pierwotny kształt pomimo zmiany wilgotności.” (str. 62). Nie rozumiem porównania – na rysunku 45b przedstawiono belki z drewna litego po zakończeniu pomiarów, natomiast na rysunku 46b odpowiednio belki drewna klejonego warstwowo.
- „Rys. 49 Badanie eksperymentalne – miejsca punktów pomiarowych kolejnych warstw belki”. Jak sugeruje tytuł rysunku powinny być podane miejsca punktów pomiarowych w sposób jednoznaczny. W obecnej formie schemat jest zbędny, ponieważ na str. 64 jest podany opis „Po każdym cięciu wykonywano pomiary w 3 miejscach belki: w okolicach środka oraz około 15-20 cm od jej krańców”.
- Na rysunku 50 przedstawione jest 11 warstw, a w Tab. 10 i Tab. 11 – 10 warstw (str. 66). Niespójność nazewnictwa – warstwa „1” na rysunku, to warstwa „0” w tabelach.
- Na rysunku 51a brakuje opisu drugiej belki (można się domyślać, że to 6C).

Pytania

- Dlaczego długości belek litych są dłuższe niż klejonych?
- Co znaczy: „20 cm nad ziemią”; czy „minimalna część krawędzi belki dotykała podparcia” (str. 58)? Opis ustawienia belek w pierwszym badaniu powinien być doprecyzowany.
- Czy to nie jest oczywiste, że „belki z drewna klejonego warstwowo zachowują się bardziej stabilnie niż belki z drewna litego przy zmianach wilgotności otoczenia” (str. 63)? Może należałoby wprowadzić jakąś miarę, zwłaszcza, że niestabilność zachowania belek litych ma miejsce tylko w pierwszych tygodniach eksploatacji (Rys. 44).
- „Przy odpowiednio długim czasie ekspozycji na warunki atmosferyczne wilgotność belek z DKW oraz drewna litego dąży do wilgotności równoważnej” (str. 63) – Co to znaczy odpowiednio długim czasie?
- Czym był podyktowany wybór belek 3 i 6 do drugiego badania?
- „Wyniki przedstawione w tabelach 10-11 pokazują, iż niezależnie od rodzaju belki (litej lub klejonej warstwowo) wilgotność na jej krańcach odbiega od wilgotności wewnątrz elementu. Związane jest to ze zwiększonymi możliwościami wnikania wilgoci w belkę na swobodnych jej krańcach.” (str. 66). Dlaczego wobec tego wilgotności na krańcach belek (pkt. pomiarowe I i III) się różnią? (np. Tab. 11 – warstwa 3 – różnica pomiędzy pkt. II i III wynosi tylko 0,4, a pomiędzy pkt. I i III – 0,9).
- Jaki sens ma ocena organoleptyczna różnych próbek na jednym rysunku? Biorąc pod uwagę stronę edycyjną pracy (wielkość rysunków, czy też „rozbicie” rysunków, np. Rys. 47a jest na str. 63, a Rys. 47b na str. 64), było mi bardzo trudno porównać odpowiednie próbki. Zdecydowanie lepszym podejściem byłoby porównanie osobno każdej próbki przed rozpoczęciem i po zakończeniu pomiarów.

5.2. Model teoretyczny, model numeryczny – rozdział 6, rozdział 7

Moje uwagi dotyczą zapisu wzorów. Abstrahując od bardzo małej czcionki (co naprawdę utrudnia ich odczytanie), zwłaszcza gdy występują ułamki zwykłe, brakuje konsekwencji w oznaczaniu wektorów (raz styl pogrubiony, raz normalny, np. wzór 34) i zmiennych (raz styl normalny, raz kursywa, np. wzory 18-20). Bardzo często są różne czcionki symboli we wzorze i ich opisie (np. wzór 16). Zdarzają się również błędy, np. wzory 37, 49.

5.3. Zagadnienia modelowe – rozdział 8

• Zadanie I – sprawdzenie procedury UMAT

- „*Celem symulacji jest weryfikacja kodu „UMAT” zaczerpniętego z artykułu (Santaoja et al., 1991).*”

Jeżeli weryfikowany jest kod programowania, to czemu porównywane są wyniki obliczeń z wynikami otrzymanymi analitycznie, zwłaszcza, że wyniki analityczne są przytoczone za artykułem (Santaoja et al., 1991)? Moim zdaniem należałoby porównać wyniki otrzymane dla modelu ABQ (CAE) i modelu ABQ (CMD) z wynikami otrzymanymi dla modelu ABQ (ART.).

- „*Rezultaty uzyskane za pomocą MES są zgodne z rozwiązaniami analitycznymi prostych, przykładowych zadań.*”

Nie rozumiem tego wniosku. Po pierwsze, analizowane było jedno zadanie, to skąd liczba mnoga? Po drugie, kiedy uznajemy, że „rezultaty są zgodne” (krok 4 – błąd 2% ABQ (CMD), 7,28% ABQ (CAE))? Po trzecie, wyniki otrzymane dla modelu „ABQ (ART.)” są inne, niż te uzyskane dla modelu ABQ (CMD), a w rozprawie Doktorant napisał: „*W tabeli 19 przedstawiono odczytane odkształcenia dla kierunków „r” (...) z modelu zbudowanego na podstawie pliku .inp zawartego w artykule (Santaoja et al., 1991) poprzez „Abaqus CMD”.*” Skąd więc różnica pomiędzy tymi dwoma modelami?

• Zadanie II – sprawdzenie procedury DFLUX

- „*Celem symulacji jest weryfikacja modelu przepływu wilgotności na podstawie artykułu (Mirianon, Fortino i Toratti, 2008). (...) Na rysunku 69 przedstawiono rezultaty przeprowadzonej symulacji oraz wyniki pomiarów z publikacji (Jönsson, 2004).*”

Rysunek 69 jest tożsamy z rysunkiem 19 publikacji (Mirianon, Fortino i Toratti, 2008) „*Figure 19. Jönsson’s glutam beam. Results after 4 months drying. Average of the humidity per each slice. Comparisons between computational and experimental results. (Jönsson 2005.)*”, wobec czego nie rozumiem co było weryfikowane. Jaki jest wkład Doktoranta? Czy procedura DFLUX została opracowana przez Doktoranta? (str. 94 – „*Opracowano procedurę DFLUX (Załącznik II) która bazuje na prawach Ficka, wzorach (18) - (20), oraz analogii ciepno-wilgotnościowej*”).

Ponadto, Doktorant powołuje się na publikację Jönsson, J. ‘*Internal stresses in the cross-grain direction in glutam induced by climate variations*’, *Holzforschung*, 58(2), pp. 154–159. DOI:10.1515/HF.2004.023, która jest z roku 2005 a nie 2004.

• Zadanie III – wybór gęstości siatki elementów skończonych

- „*ze względu na czas obliczeń oraz brak istotnego wpływu dogęszczania siatki ES na charakter naprężeń rozwarstwiających oraz wartości ugięć jako najbardziej optymalną siatkę ES w strefie połączenia uznano tę o wymiarach 1x1x1 cm*”.

Nie rozumiem tego wniosku. Po pierwsze, w rozdziale nie ma mowy o czasie obliczeń. Po drugie, co Doktorant rozumie przez „*charakter naprężeń rozwarstwiających*”?

• Zadanie IV – symulacja wpływu rodzaju połączenia „siodło – belka” na naprężenia rozwarstwiające w drewnie

- Brak konsekwencji w opisie.

Na stronie 99 (rozdział 8) Doktorant napisał: „*Niniejszy rozdział to opis szeregu symulacji zrealizowanych w ramach pracy. Aby zachować spójność przedstawiania*

poszczególnych zadań, zdecydowano się zawrzeć każdorazowo pełny zbiór przyjętych założeń. Taki sposób opisu poprawia przejrzystość treści oraz pozwala na analizę każdego zadania niezależnie.”, natomiast w zadaniu IV (rozdział 8.4) – „W związku ze znacznym podobieństwem prowadzonych symulacji część założeń została opisana w punktach poprzednich niniejszej pracy”.

Jeżeli mamy analizować każde zadanie niezależnie, to opis w każdym zadaniu powinien być kompletny i nie powinien odwoływać się do zadań wcześniejszych.

6. Uwagi redakcyjne i edytorskie

W mojej ocenie strona edycyjna pracy mogłaby być na wyższym poziomie, zwłaszcza prezentacja graficzna:

- niektóre rysunki są nieczytelne, np. Rys. 58 (str. 81),
- różne wielkości czcionek, np. Rys. 6 (str. 20),
- nie rozumiem sensu niektórych rysunków, np. Rys. 27 (str. 44), Rys. 49 (str. 66).

W pracy pojawiają się również błędy słowne i językowe np.:

- „ścianki wąskiej lub szerszej” (str. 64) – raczej ścianki węższej lub szerszej,
- „współczynnik modyfikujący” (str. 75) – raczej wartość współczynnika modyfikującego,
- „dla każdego punktu” (str. 94) – chyba punktu
- „Ugięcia pionowe” Tab. 20 (str. 109) – raczej ugięcia,
- „dostępny w Abaqusie” (str. 111) – raczej dostępny w oprogramowaniu Abaqus.

Separatorem liczby dziesiętnej jest przecinek, a nie kropka:

- str. 86 – wzór 19, wzór 20,
- str. 99 – „obciążenie statyczne, jakie przyłożono, to: -3333.3 N (węzły ściskane)”,
- str. 109 – Rys. 74, Tab. 20.

Inne uwagi

- str. 20: wzory (1)-(3) i masa drewna wilgotnego – niewłaściwe jednostki,
- “Lesko, A. (2017) ‘Contact mechanic issue in non-typical connections in hybrid timber structures’, in *MATEC Web of Conferences*. DOI:10.1051/mateconf/201711700106.”
(Leśko)
- “Sabouni-Zawadzka, A. Al, Gilewski, W. i Pełczyński, J. (2020) ‘Reduction of perpendicular to grain stress in double-tapered glulam beams with the transverse reinforcement’, *Archives of civil engineering*, 66(2), pp. 267–283.”
(Al-Sabouni-Zawadzka, A.)
- „W związku ze znikomym wpływem drugiego członu w równaniu (25)” (str. 89) – numerem 25 opisane są dwie stałe materiałowe – co należy rozumieć jako drugi człon?
- Niespotykane powoływanie się na wzory, np. „Macierz podatności w modelu ortotropowym, charakterystycznym dla drewna, można zapisać w postaci (26).” (str.89) – po tym zdaniu jest przedstawiona macierz opisana numerem (26).
- Tekst po dwukropku zasadniczo piszemy od małej litery, zwłaszcza, gdy kolejne zdania zakończone są przecinkiem np. str. 95, 96.
- Literówki: str. 116 „pomiędzy belka a siodłem sztywnym”, „nie jest zależy od przyjętego”.
- Rys. 64b (str. 99) – brak jednostek.

- W przypadku jednostek takich jak procent (%) czy stopień (°) pomiędzy liczbą a jednostką nie powinno być spacji – praktycznie w całej pracy ta zasada nie jest stosowana.

Uwagi krytyczne nie podważają znaczenia pracy i uzyskanych przez Autora wyników.

7. Wniosek końcowy

Podsumowując, opiniowana rozprawa doktorska rozwiązuje oryginalny problem naukowy jakim jest badanie wpływu wilgotności na połączenia w konstrukcjach z drewna klejonego warstwowo. W mojej ocenie sformułowany w rozprawie cel naukowy został osiągnięty.

Doktorant wykazał się bardzo dobrą znajomością aktualnego stanu wiedzy w zakresie objętym tematem pracy, umiejętnościami programowania i prowadzenia badań doświadczalnych. Zrealizował obszerny zakres tych badań, otrzymał oryginalne wyniki, przeanalizował je, krytycznie ocenił i sformułował poprawne wnioski. Świadczy to o bardzo dobrym przygotowaniu i predyspozycjach Doktoranta do samodzielnego prowadzenia prac naukowo-badawczych.

W mojej opinii rozprawa wnosi w przedmiotowym temacie istotny wkład w rozwój wiedzy w dyscyplinie inżynieria lądowa i transport i ma duże znaczenie zarówno naukowe jak i praktyczne.

Biorąc powyższe pod uwagę stwierdzam, że recenzowana rozprawa doktorska autorstwa mgr inż. Arkadiusza Leśko pt. „Ocena wpływu wilgotności na połączenia w konstrukcjach z drewna klejonego warstwowo”, spełnia wymogi stawiane pracom doktorskim zawartych w ustawie. W związku z tym stawiam wniosek o przyjęcie rozprawy i dopuszczenie jej do publicznej obrony przed Radą Naukową Dyscypliny Inżynieria Lądowa i Transport Politechniki Warszawskiej.

Paulina Obara