

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr. inż. Piotra Grobelnego pt.

Zintegrowany model konstytutywny drewna

wykonanej pod kierunkiem dr. hab. inż. Włodzimierza Idczaka, prof. WAT

1. Podstawa recenzji

Podstawą wykonania recenzji jest pismo Przewodniczącego Rady Dyscypliny Naukowej „Inżynieria Lądowa i Transport” Wojskowej Akademii Technicznej im. Jarosława Dąbrowskiego w Warszawie, płk. prof. dr. hab. inż. Michała Kędzierskiego, z dnia 12 maja 2022 r. (znak WYCH/N/00220/2022), z prośbą o wykonanie recenzji ww. rozprawy doktorskiej. Do pisma dołączono przedmiotową rozprawę doktorską w wersji papierowej.

2. Przedmiot recenzji

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska, którą zredagowano na łącznie 188 stronach, o standardowym dla tego typu opracowań formatowaniu i stylu. Na pracę składa się strona tytułowa, dedykacja (1 strona), streszczenia w j. polskim i angielskim (po 2 strony), spis treści (2 strony), przydatny w tego typu pracy (z wysokim udziałem zapisów matematycznych) wykaz użytych skrótów i ważniejszych oznaczeń (1 strona), osiem zasadniczych rozdziałów pracy (165 stron) oraz spis użytej w rozprawie literatury (11 stron). Strony 2, 4 i 12 są wakatami (stronami pustymi).

Spośród zasadniczych rozdziałów pracy, najobszerniejszym jest rozdział 7 (80 stron, co stanowi 48% objętości zasadniczej części pracy), zatytułowany „Weryfikacja numeryczna zintegrowanego modelu konstytutywnego drewna”. Następnie rozdziały 6 – „Zintegrowany model konstytutywny drewna” (26 stron, tj. 16%) – oraz 2 – „Właściwości drewna” (25 stron, tj. 15%). Kolejno rozdziały: 5 – „Wybór hipotezy wyężeniowej” (16 stron, tj. 10%), 3 – „Aktualny stan badań” (10 stron, tj. 6%), 8 – „Wnioski końcowe oraz dalsze zalecenia” (5 stron, tj. 3%), 2 – „Cel i zakres pracy” (2 strony), 1 – „Wstęp” (1 strona).

Układ pracy oceniam ogólnie jako poprawny, jednak z pewnym zastrzeżeniem. Mankamentem, moim zdaniem, jest brak wyodrębnionego rozdziału, w którym szczegółowo powinny być poddane dyskusji wyniki przedstawione w rozdziale 7 (a szczególnie w podrozdziałach 7.3. i 7.4.). Treści poszczególnych rozdziałów odpowiadają ich tytułom, a ich udział w zasadniczej części pracy dobrano właściwie – z zastrzeżeniem do rozdziału 8, w którym oprócz wniosków i dalszych zaleceń (zgodnie z tytułem) można znaleźć (choć zaledwie w zarysie) dyskusję wyników zaprezentowanych w rozdziale 7.

3. Ocena szczegółowa

We wstępie pracy (str. 13) słusznie zauważono, że drewno – najstarszy materiał konstrukcyjny używany przez człowieka – aktualnie jest coraz chętniej stosowane, w tym w budownictwie. Nie chodzi tutaj jednak wyłącznie o budynki typu domy jednorodzinne, domki letniskowe, ale również budynki użyteczności publicznej, domy wielokondygnacyjne (wieżowce). Drewno rzeczywiście posiada szereg zalet, na tle innych materiałów konstrukcyjnych, które po krótko wymienił Doktorant w tym miejscu rozprawy. Warto z pewnością zauważyć, że przy racjonalnie prowadzonej gospodarce leśnej, drewno samo z siebie jest materiałem ekologicznym, magazynującym dwutlenek węgla, co czyni je materiałem przyszłości. Stąd też wybór tego przedmiotu dociekań w ramach ocenianej pracy postrzegam wysoce pozytywnie. Do tego bardzo ogólnie zredagowanego rozdziału pracy mam następujące (drobne) zastrzeżenia – str. 13, 12 wers od góry – pisownia – dlaczego „micro” ale „makro”? Ponadto, już od tego miejsca w pracy pojawiają się liczne błędy interpunkcyjne, głównie polegając na tym, że przecinki są tam, gdzie ich być nie powinno i odwrotnie (np. str. 13, 2 wers od góry w 2 akapicie – brak przecinka przed „a także”, natomiast na str. 14, 1 wers w 2 akapicie podrozdziału 2.1. przecinka być nie powinno: „pomiędzy (...), a warstwą”). Są to oczywiście drobnostki, które jednak już od samego początku lektury nie robią dobrego wrażenia na czytelniku.

W rozdziale 2 opisano – niestety niezbyt rzetelnie – właściwości drewna. Rozdział ten podzielono na 4 podrozdziały, z których ostatni jeszcze na dwie kolejne sekcje. W tzw. zawieszonym tekście (nienależącym do żadnego z podrozdziałów) w rozdziale 2 podano, że „Na podstawie badań mikro i makroskopowych drewna oraz jego właściwości fizycznych i mechanicznych zaproponowany zostanie model reologiczny (...)”. Można się po takim zapisie spodziewać, że w ramach ocenianej pracy przeprowadzono te badania, co – jak wynika z dalszej lektury – nie jest prawdziwe. Zawarte w rozdziale 2.1. informacje nt. makroskopowej budowy drewna są niejednokrotnie nieprecyzyjne, a niekiedy nawet błędne. Na str. 14 podano, że w drewnie wyróżnia się trzy zasadnicze przekroje: wzdłuż włókien, w poprzek włókien styczny i w poprzek włókien promieniowo. Tymczasem są to kierunki anatomiczne drewna (które poprawnie zilustrowano na rycinie 2.1.), a nie przekroje. Zasadniczy przekrój poprzeczny jest przecież jeden, a zasadnicze przekroje podłużne dwa – styczny i promieniowy. Ale trzeba przyznać, że na str. 15 informacje te już podano poprawnie. Zadziwiająca są powtórzenia (na str. 14 i 15) informacji o tym, gdzie znajduje się drewno w pniu, że stanowi największą część objętości pnia, a także o wspomnianych przekrojach i rysunku drewna na poszczególnych przekrojach. Ponadto wspomniane w tym miejscu rozprawy *promienie rdzeniowe* lepiej moim zdaniem nazywać *promieniami drzewnymi* (nie wszystkie promienie drzewne zaczynają się przecież od rdzenia – tj. promienie wtórne; w podpisie ryciny 2.4. użyto terminu *promienie tykodrzewne*, co należy uznać za słuszne, przy czym praktycznie nie stosowane w praktyce; w dalszej części pracy – od str. 19 – terminy te są stosowane zamiennie – raz *promienie tykodrzewne*, a innym razem *promienie rdzeniowe*). Rycina 2.2. jest niewyraźna – we współczesnych podręcznikach do nauki o drewnie można znaleźć obrazy znacznie lepszej jakości (powoływanie się w tym miejscu rozprawy na pracę doktorską z 2014 roku, dotyczącą zastosowania modeli porowatych biomateriałów w procesach projektowania i symulacji, uważam przynajmniej za niewłaściwe). Nieprawdziwa jest informacja, że przewody żywiczne w drewnie sosny są niewidoczne „gołym okiem” (str. 15, 2 akapit od dołu strony). Natomiast promienie drzewne u sosny rzeczywiście są niewidoczne nieuzbrojonym okiem, ale w wielu gatunkach liściastych (np. dąb, grab) szerokie lub pozornie szerokie promienie są doskonale

widoczne. Na stronie 16, w piątym wersie od góry, użyto raz „słoi”, a w kolejnym zdaniu „słojów” (wyrazy te co prawda można stosować zamiennie, natomiast w obrębie jednego tekstu w celu zachowania spójności, lepiej moim zdaniem jest zdecydować się wyłącznie na jedną z form). Wielokrotnie, jednak konsekwentnie, zastosowano łącznik zamiast myślnika (np. str. 16, 17). Na str. 16 w 3 akapicie podano, że „Szczególnie wyraźnie uwypatnia się porowata strefa drewna wczesnego u pierścieniowo naczyniowych gatunków liściastych”. Warto było moim zdaniem uściślić jednak, że najwyższe wskaźniki cyklicznej niejednorodności, spośród trzech podstawowych grup rodzajowych drewna, wykazuje drewno iglaste. Na ryc. 2.3. wbrew podpisowi nie są widoczne podłużne przewody żywiczne. Na str. 17 podano, że drewno twarde posiada „większy ciężar właściwy i wyższe właściwości mechaniczne” (domyślam się, że „większy” i „wyższe”, niż drewno bielaste). Stwierdzenie to może wprowadzać w błąd, ponieważ w przypadku gatunków iglastych (dominujących – np. w Polsce – jako drewno konstrukcyjne) drewno twarde ma przecież zwykle (przynajmniej w części obejmującej tkankę młodocianą) szerokie przyrosty roczne, a więc niski udział drewna późnego i w związku z tym niską gęstość. Drewno bielaste natomiast – zwykle słoje węższe niż w strefie twardej, a zatem wyższy udział drewna późnego, wyższą gęstość i zarazem wyższą wytrzymałość. Przywołane w ocenianej pracy stwierdzenie jest prawdziwe dla drewna o jednakowych parametrach makrostrukturalnych przyrostów rocznych w strefie bielastej i twardej (co w praktyce – szczególnie w obrębie pojedynczego drzewa – jest spotykane zwykle tylko w obrębie tkanki dojrzałej), a także dla drewna liściastego pierścieniowonaczyniowego. Faktem pozostaje, że w wyniku procesu twarzenia drewna, mogą ulec poprawie jego niektóre właściwości mechaniczne, choć przede wszystkim fizyczne, np. wspomniana w pracy trwałość.

Podobnie jak w rozdziale 2.1. sytuacja wygląda w rozdziale 2.2. Na rycinie 2.5. nie uwzględniono kilku symboli (a, 1, 2, 3, 4), które wyjaśniono w podpisie tej ryciny. Trudno jest się zgodzić z treścią ostatniego akapitu na str. 19. U gatunków krajowych pierścieniowonaczyniowych (np. dąb) naczynia są bardzo dobrze widoczne makroskopowo. Tymczasem w rozprawie podano, że u gatunków krajowych naczynia mają niewielką średnicę (poniżej 0,1 mm i „są niewidoczne gołym okiem”). Przykładowo, w drewnie dębu szypułkowego średnica naczyń wczesnych wynosi zwykle od 0,1 do 0,4 mm a niekiedy dochodzi do 1 mm. Zdumiewające jest źródło literaturowe ryciny 2.6. (praca doktorska z 2010 roku, dotycząca reologicznych właściwości drewna budowlanego), na której niezbyt fortunnie przedstawiono późną i wczesną osiową cewkę sosny. Typowe cewki późne mają zdecydowanie węższe ściany promieniowe (widoczne na przedmiotowej rycinie) oraz grubsze ściany komórkowe od typowych cewek wczesnych. Na rycinie 2.6. obie cewki zdają się mieć jednakową szerokość ściany promieniowej i zbliżone grubości ściany komórkowej. Informacja zawarta na stronie 20 (ostatni akapit) nt. wpływu wilgotności drewna na wytrzymałość drewna jest pewnego rodzaju uogólnieniem. Nie zawsze (np. przy rozciąganiu, ścinaniu i zginaniu wzdłuż włókien) drewno ma najwyższą wytrzymałość przy wilgotności 0% (stan *zupełnie suchy*, a nie *suchy*, jak podano w tym miejscu pracy). W tym zakresie ewidentnie nie przestudiowano wcale nie tak nowych doniesień literaturowych. Nie od dzisiaj wiadomo również, że w procesach reologicznych drewno zupełnie suche może wykazywać większą podatność na pęcznienie w porównaniu do drewna powietrznosuchego (nie tylko przy wymienionych powyżej sposobach obciążania, ale również podczas podłużnego ściskania¹).

¹ Helińska-Rackowska L. (1973): Wpływ wilgotności na odkształcenia drewna sosnowego długotrwałe ściskanego w poprzek włókien. Prace Komisji Technologii Drewna PTPN 34: 6-63. Informacje na ten temat można znaleźć

Niezbyt precyzyjne (w moim odbiorze niewłaściwe) jest używanie terminu „wilgoć” („cząstka wilgoci” str. 20-21, czy tym bardziej „wilgoć drewna” w streszczeniu na str. 6) – cząsteczka ciecicy, cząsteczka wody, wilgotność drewna – to moim zdaniem terminy godne użycia w rozprawie doktorskiej. Ryciny 2.8. i 2.9. pojawiają się w pracy zanim o nich wspomniano w tekście. W tym miejscu pracy (ostatni akapit na str. 20 oraz str. 21) pojawia się nagle, ku zaskoczeniu czytelnika (wśród podstawowego opisu mikrostruktury drewna) wtrącenie tłumaczące przyczyny zjawisk reologicznych w drewnie. Następnie od str. 22, jak gdyby nigdy nic, opisano strukturę ściany komórkowej (dlaczego akurat cewki? – patrz wers 6 na str. 22 – czy włókno, lub naczynie ma inną strukturę ściany komórkowej?). Źródło rycin 2.10. i 2.11. (ta szczególnie mało czytelna) ponownie wprowadzają czytelnika w zakłopotanie, żeby nie powiedzieć osłupienie (115 – praca doktorska nt. reologicznych właściwości drewna budowlanego). Niezrozumiała jest dywagacja (poparta źródłem literaturowym 115) zawarta w 4 akapicie od góry strony 23, gdzie podano, że drewno jest naturalnym kompozytem włóknistym, który tworzy ukierunkowana, wielopoziomowa architektura krystalicznej struktury celulozowej i obszary amorficzne zbudowane z ligniny. Tymczasem celuloza przecież tworzy obszary krystaliczne i amorficzne. Bezpostaciowa lignina inkrustuje szkielet celulozowy drewna. Na szczęście w dalszej części tego rozdziału (str. 23/24) informacje te są już uporządkowane. Generalnie cały ten rozdział jest w moim odczuciu nieco chaotyczny, przeplatają się w nim różne informacje w nawiązaniu do procesów reologicznych, jak i bez wykazania związku z nimi.

W podrozdziale 2.3. scharakteryzowano podstawowe fizyczne i mechaniczne właściwości drewna. Zaskoczeniem jest podział drzew na dwie grupy: pierścieniowo i rozpieńchłonaczeniowe. Pierwsze trzy akapity tego podrozdziału dotyczą zatem tylko drewna liściastego. Dlaczego nie wspomniano w tym miejscu pracy o drewnie iglastym? Drewno iglaste jest przecież bardzo chętnie stosowane jako materiał konstrukcyjny – przynajmniej w Europie. Jeszcze większym zaskoczeniem jest informacja podana w trzecim akapicie tego podrozdziału (na str. 27), że drewno pierścieniowonaczeniowe (np. dąb) ma niższe właściwości mechaniczne, niż rozpieńchłonaczeniowe (np. lipa) – skąd te rewelacje? (brak w tekście pracy odwołania do źródła). Zastanawiające są opisy niektórych właściwości drewna np. jego barwy, w kontekście związku z tematem rozprawy (zmiana barwy na skutek działania grzybów to sinizna, a nie jak podano w pracy – str. 27 – sinica). Autor, nie tylko w tym miejscu pracy, stosuje różne zapisy grup rodzajowych drewna (np. pierścieniowo-naczeniowe, pierścieniowo naczeniowe, pierścieniowonaczeniowe – która forma jest poprawna zdaniem Autora i dlaczego nie zastosowano konsekwencji w tym zapisie?). Ponadto nieprecyzyjny jest opis (str. 28) dotyczący występowania wody w drewnie. Podano, że obniżenie wilgotności drewna od stanu powietrznosuchego (za stan powietrznosuchy od wielu już lat w naszym klimacie przyjmuje się średnią wartość wilgotności drewna wynoszącą 12%, a nie 15) możliwe jest tylko przez suszenie sztuczne. Zaręczam, na podstawie własnej prawie 30-letniej praktyki, że naturalne suszenie drewna możliwe jest do znacznie niższej wilgotności (nawet ok. 6%). Ponadto podano, że stan suchy drewna można utrzymać tylko w warunkach laboratoryjnych. Co Autor rozumie przez określenie „stan suchy” drewna? Czy stanu drewna o wilgotności 6% nie można określić takim terminem? Niezrozumiała jest również informacja, że „w elementach konstrukcji drewno o dużej wilgotności pęka i odkształca się”. Co oznacza użyte sformułowanie „o dużej

również np. w dostępnej w Internecie rozprawie: Roszyk E. (2016): Wilgotnościowe i ultrastrukturalne uwarunkowania parametrów mechanicznych drewna sosny (*Pinus sylvestris* L.) rozciąganego wzdłuż włókien. Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, Rozprawy naukowe, nr 485, ISBN 978-83-7160-844-5.

wilgotności”? Drewno o wysokiej wilgotności, czyli bliskiej punktu nasycenia włókien, a szczególnie powyżej tego punktu, zwierające wodę wolną? Jeżeli tak, to dlaczego takie drewno zdaniem Doktoranta pęka i odkształca się? Szkoda, że jednemu z najważniejszych parametrów fizycznych drewna, w tym drewna konstrukcyjnego, jakim jest jego gęstość, poświęcono w pracy zaledwie kilka zdań (ostatni akapit na str. 28). Informacje te są do tego bardzo pobieżne i niepełne (np. gęstość drewna podaje się nie tylko w kg/m^3 , a kategorii gęstości jest więcej, niż wymieniono w pracy, np. nie wspomniano o gęstości nominalnej drewna). Wielką stratą dla tej – czysto podręcznikowej – części pracy jest albo brak źródeł literaturowych, albo powoływanie się na pracę doktorską, o której wspomniałem wcześniej. Podręcznik prof. Krzysika z 1957 roku, z całym moim ogromnym szacunkiem do dokonań tego Autora, też nie jest aktualnie właściwym wyborem (kolejne wydania zostały poprawione i uzupełnione). Dlaczego nie uwzględniono zdecydowanie łatwiej dostępnych, nowszych podręczników, w tym zagranicznych autorów? Na szczęście lepiej pod tym względem wygląda oceniany podrozdział pracy od str. 29 – chociaż tylko w niektórych miejscach, dotyczących anizotropii, ortotropii, właściwości lepko-sprężystych drewna. Przy opisywaniu podstawowych właściwości mechanicznych drewna, Doktorant cytuje jedynie prace 8 (praca doktorska) i 87 (Krzysik 1957). Na str. 29 (3 akapit od góry) podano (moim zdaniem niezbyt fortunnie), że „budowa struktury wewnętrznej [drewna] charakteryzuje się porowatością i anizotropią”. Czym jest budowa struktury drewna? Czy rzeczywiście budowa struktury [drewna] charakteryzuje się anizotropią? Generalnie domyślam się, co Autor miał na myśli (że ze względu na swoją strukturę drewno jest materiałem anizotropowym), ale doktorat to jednak praca naukowa... Na str. 30 w pierwszym akapicie od góry podano, że wytrzymałość na ściskanie drewna (jak domyślam się po treści drugiego akapitu na tej samej stronie, chodzi tutaj o kierunek podłużny drewna) jest o ok. 30% mniejsza od wytrzymałości na rozciąganie. Skąd ta informacja? Jakiego stanu wilgotnościowego drewna ona dotyczy? W stanie mokrym wytrzymałość na rozciąganie podłużne drewna może być ponad cztery razy wyższa niż na ściskanie. A to ze względu na zróżnicowany (zarówno jakościowy, ale przede wszystkim ilościowy) wpływ wilgotności drewna na jego wytrzymałość przy ścisaniu i rozciąganiu podłużnym. Dalej w pracy wrócono do tematu wody w drewnie – strasznie irytująca ta plątanina tematów – przecież o tym już była mowa chociażby na str. 28. Nieprecyzyjna jest informacja, że drewno świeżo ścięte ma wilgotność między 50 a 80%. Świeżo ścięte iglaste drewno twardzielowe może mieć bowiem wilgotność tylko nieco wyższą od punktu nasycenia włókien (30%), a iglaste drewno bielaste nawet od 120 do 250% (średnio 160%). Dalsze informacje na temat wody w drewnie zamieszczone na str. 30 są powtórzeniem informacji zawartych na str. 28 (z tymi samymi błędami – stan powietrznosuchy itd.). W przedostatnim akapicie (str. 30) powinna być podana temperatura $103\pm 2^\circ\text{C}$, a nie $100\pm 5^\circ\text{C}$ (żeby wysuszyć drewno do stanu zupełnie suchego temperatura powietrza musi być przynajmniej równa temperaturze wrzenia wody). Po tym powtórzeniu Autor pracy kontynuuje opis sprężystego zachowania się drewna, nawiązuje do zjawisk reologicznych, ale bez uwzględnienia wilgotności drewna – po co zatem na str. 30 wspomniano o wodzie w drewnie? Autor zamiennie stosuje określenia własności i właściwości drewna. Które określenie jest zdaniem Doktoranta właściwe? czy może są to synonimy? i dlaczego nie zastosowano konsekwentnej terminologii? Dlaczego w podrozdziale dotyczącym właściwości mechanicznych drewna wspomniano, spośród podstawowych właściwości mechanicznych, tylko o rozciąganiu i ścisaniu. Nie wspomniano słowem o tak ważnym z punktu widzenia konstrukcyjnego zginaniu. Znacznie ciekawiej zredagowano analizowany podrozdział pracy od str. 31, gdzie zawarto rozważania nt. sprężystości i plastyczności materiałów konstrukcyjnych. Zamieszczone informacje poparto stosownymi

źródłami literaturowymi, za wyjątkiem tych dotyczących drewna – w tym przypadku ponownie mowa głównie o źródłach 8 i 87 (pierwszy akapit od góry na str. 32). O jakiej „niemniejszej” pracy jest mowa w siódmym wersie od góry na str. 33? Chodzi o pracę 36 (Ferreira i in. 2015) czy ocenianą rozprawę? Jeżeli o tę drugą, to pewną wątpliwość (co być może jest niedopowiedzeniem) budzą dane liczbowe zaprezentowane na ryc. 2.20. i 2.21. Jakiego gatunku sosny dotyczą te dane? Przy jakiej wilgotności drewna było ono rozciągane?

W podrozdziale 2.4. opisano „czynniki ekologiczne powodujące degradację sztywności i nośności i drewna” (pisownia oryginalna z tytułu podrozdziału). Treść tego podrozdziału oparto tylko na jednej normie (brak wskazania innych źródeł literaturowych), a sprowadza się ona do podstawowych definicji i krótkiej charakterystyki klas użytkowania drewna. Podrozdział ten podzielono dopiero następnie na dwie kolejne części: 2.4.1. – w której opisano czynniki abiotyczne; 2.4.2. – w której opisano czynniki biotyczne. Do czynników abiotycznych zaliczono głównie wady drewna (pomimo, że wcześniej – str. 34 – podano, że czynniki abiotyczne, to czynniki atmosferyczne), a także grzyby powodujące siniznę (!) – patrz dwa ostatnie akapity podrozdziału 2.4.1. Tylko przy ostatnich akapitach obu tych części odwołano się do literatury.

Rozdział 3 pracy dotyczy aktualnego stanu badań, czyli przeglądu literatury. Przegląd ten rozpoczęto od badań na temat budowy mikroskopowej i makroskopowej drewna oraz jego właściwości sprężystych, reologicznych i plastycznych. Chociaż niektóre z uwzględnionych w tym miejscu źródeł literaturowych trudno uznać za aktualne (jak wprost wynika z tytułu rozdziału), np. prace: 1, 87, to należy podkreślić i docenić, że zdecydowana większość cytowanych prac pochodzi z XXI wieku. Szkoda, że zupełnie pominięto w tej analizie (i w ogóle w całej rozprawie doktorskiej) takich autorów jak profesorowie Jan Raczkowski, Ryszard Ganowicz, Stefan Poliszko, Waldemar Moliński (nie wspominając o autorze niniejszej recenzji), reprezentujących poznańską (moim nieskromnym i zapewne nieobiektywnym zdaniem silną) szkołę nauki o drewnie, w tym reologicznych właściwości drewna. Doktorant dowiódł jednak, że analizowana tematyka jest nadal aktualna i ważna, zarówno z naukowego jak i praktycznego punktu widzenia. Na podstawie dość rzetelnie (w odróżnieniu od poprzednich rozdziałów pracy) zredagowanego, a przede wszystkim wykonanego, przeglądu literatury Autor zauważył (str. 47), że dotychczasowe modelowanie konstytutywne drewna uwzględnia jego cechy sprężyste, lepko-sprężyste lub sprężysto-plastyczne. Wiele zagadnień związanych z anizotropią drewna, jego właściwościami reologicznymi (pełzanie, relaksacja naprężeń) oraz plastycznymi, jest jednak rozpatrywane oddzielnie. Do tego rzadko uwzględnia się rodzaj drewna (czyli co konkretnie?) czy szeroko rozumiane tzw. czynniki ekologiczne. Na tej podstawie Doktorant sformułował tezę, że właściwości lepko-sprężysto-plastyczne drewna uwzględniające rodzaj drewna, czas trwania obciążenia oraz czynniki ekologiczne, mogą być przedstawione w postaci zintegrowanego równania konstytutywnego drewna. Biorąc pod uwagę rozważania dokonane w rozdziale 3, tezę tę oceniam jako poprawnie sformułowaną, poza wątpliwością (na podstawie lektury dalszej części pracy, a także streszczenia – 8 i 9 wers w 3 akapicie na str. 5) co do poprawności zastosowania terminu „rodzaj drewna” (przez rodzaj drewna w nauce o drewnie rozumie się jednostkę taksonomiczną w obrębie rodziny, obejmującą grupę spokrewnionych gatunków drewna; nazwa rodzajowa jest pierwszą z nazw łacińskich w binominalnej nomenklaturze; zdaje się, że nie o to chodziło Autorowi (?)).

W rozdziale 4 Doktorant określił cel i zakres pracy. Celem pracy było potwierdzenie tezy sformułowanej w rozdziale 3, które to sformułowanie rzekomo (zdaniem Doktoranta) poprzedzono „wszechstronnym scharakteryzowaniem problemu i dokonaniem szerokiego przeglądu rozważanego obszaru badań” – zdanie w pierwszym akapicie na str. 49 wyrażające

recenzenta. Jako, że rozdział 3 rzeczywiście przygotowano dość starannie, w porównaniu z poprzednimi rozdziałami – zgadzam się w tej kwestii z Doktorantem. Następnie Autor krótko scharakteryzował kolejne rozdziały pracy (od 5 do 8), w których przedstawił sposoby i efekty realizacji założonego celu.

W rozdziale 5 dokonano wyboru hipotezy wytężeniowej. Poprzedzono to zdefiniowaniem izotropii, ortotropii i anizotropii. W czwartym akapicie na str. 51 podano informację, że spośród trzech podstawowych (zasadniczych) kierunków anatomicznych, drewno jest najmniej sztywne w kierunku promieniowym, a kierunek styczny drewna wyróżnia się średnią sztywnością. Skąd pochodzi ta informacja? Dlaczego nie podano źródła? Z podręczników do nauki o drewnie (relatywnie nowych) wynika, że zwykle w kierunku promieniowym sztywność drewna jest większa, niż w kierunku stycznym (np. cytowany w innym miejscu ocenianej pracy podręcznik 119: Pożgaj i in. 1993). Traktując drewno jako materiał ortotropowy Doktorant rozważył następujące hipotezy wytężeniowe: Hubera-Misesa-Hencky'ego, Hill'a, Hu-Marina. Po wnikliwych dociekaniach, biorąc pod uwagę specyfikę drewna, ostatecznie zdecydował się na hipotezę Hu-Marina.

Kluczowym rozdziałem pracy, posiadającym identyczny tytuł, jak tytuł rozprawy doktorskiej (co oceniam jako niefortunne), jest rozdział 6. Podzielono ten rozdział na cztery podrozdziały. W trzech pierwszych kolejno wnikliwie opisano: jednowymiarowy lepko-sprężysto-plastyczny stan naprężeń i odkształceń, płaski lepko-sprężysto-plastyczny stan naprężeń i odkształceń, przestrzenny lepko-sprężysto-plastyczny stan naprężeń i odkształceń. W ostatnim natomiast zestawiono relacje konstytutywne drewna, uwzględniając te trzy stany i rodzaje odkształceń. Zestawienia tego dokonano w postaci przejrzystego diagramu z wyraźnym zaznaczeniem oryginalnego zintegrowanego równania konstytutywnego.

W ramach rozdziału 7 dokonano numerycznej weryfikacji zaproponowanego w rozdziale 6 modelu konstytutywnego drewna. Do modelowania postanowiono wybrać tarczę w płaskim stanie naprężeń i odkształceń. Wybór ten został w pracy odpowiednio uzasadniony. Stałe lepko-sprężystości oraz funkcji pełzania Doktorant zapożyczył z innej pracy doktorskiej (115), do której recenzentowi nie udało się niestety dotrzeć. Na podstawie danych tabeli 7.2. rodzą się bowiem następujące pytania. Dlaczego dla poszczególnych poziomów wilgotności drewna uwzględniono różne liczebności próbek? Jak wytłumaczyć, że moduł sprężystości liniowej (E_0) drewna o wilgotności 37% jest wyższy niż dla drewna o wilgotności 9,5% i porównywalny z drewnem o wilgotności 4,8%? W jaki sposób obliczono przeciętne wartości poszczególnych parametrów uwzględnionych w tabeli 7.3.? (dane tej tabeli w żaden sposób – oprócz wilgotności drewna – nie korespondują z danymi zebranymi w tabeli 7.2.). Nie jest w pełni jasne jakie to teoretyczne i eksperymentalne przebiegi funkcji pełzania zilustrowano na rycinach 7.1.-7.3. (nie opisano tego moim zdaniem w tym miejscu pracy wystarczająco precyzyjnie; dopiero po lekturze rozdziału 8 nieco się rozjaśniło...). Ponadto proszę o wyjaśnienie, dlaczego w tym miejscu pracy (od str. 96) mowa jest o kierunku wzdłuż włókien, w poprzek włókien i kierunku promieniowym? (przecież kierunek promieniowy jest kierunkiem w poprzek włókien). Dywagacje na ten temat zawarte w drugim akapicie na str. 93, w nawiązaniu do ryciny 7.18, która pojawia się dopiero na str. 105, nie są dla mnie w pełni zrozumiałe (o jaki kierunek promieniowy, czyli promień, chodzi?). Uzyskane efekty przeprowadzonej weryfikacji można jednak uznać za zadowalające – (choć warto sobie jednak zadać pytanie jak to się stało, w świetle danych zebranych w tabelach 7.2. i 7.3.). Pozytywną weryfikację zaproponowanych w pracy modeli potwierdza treść rozdziału 8 „Wnioski końcowe oraz dalsze zalecenia”. Jednym z mankamentów pracy jest jednak brak pogłębionej analizy otrzymanych wyników. W podrozdziałach od 7.3. do 7.4.4. przedstawiono

bardzo dużo różnych wyników, głównie w postaci wykresów, praktycznie bez głębszego (naukowego) rozważania, nie wspominając o odniesieniu się do literatury (dyskusja wyników). Uczyniono to dopiero – i to dość skrótowo (moim zdaniem) – w rozdziale 8 (w którym zgodnie z tytułem jest miejsce na wnioski i dalsze zalecenia, a nie na dyskusję wyników), podając m.in., że uzyskane rezultaty są zgodne z danymi eksperymentalnymi, zaprezentowanymi np. w pracach 36 czy 150. Szkoda, że tego nie udowodniono w pracy w sposób bezpośredni. Same stwierdzenia, że uzyskane rezultaty są zgodne z danymi eksperymentalnymi, bez przywołania wyników badań, są moim zdaniem niewystarczające. Tym samym treść przedostatniego akapitu na str. 174 informująca, że „wykazano możliwość opisu zintegrowanym równaniem konstytutywnym dowolnych właściwości materiałowych drewna (...)” i że „teza pracy została udowodniona” pozostawia pewien niedosyt. W moim odczuciu brakuje też jasnej, precyzyjnej, syntetycznej (nawet jednozdaniowej) oceny przeprowadzonej weryfikacji, zaproponowanego w ramach pracy zintegrowanego modelu konstytutywnego drewna, w streszczeniach, w j. polskim i angielskim, zamieszczonych na stronach 5-8.

Ważnym z praktycznego punktu widzenia jest moim zdaniem wskazanie (str. 176) możliwości wykorzystania rezultatów pracy do prowadzenia komputerowych symulacji odkształceń i naprężeń różnych konstrukcji drewnianych. Z niecierpliwością również będę oczekiwał zaproponowanej przez Doktoranta cyfrowej bazy danych liczbowych parametrów drewna, uwzględnionych w zaproponowanym modelu reologicznym.

Spis literatury zawiera 160 pozycji o charakterze publikacji naukowych, doniesień konferencyjnych, raportów, a także podręczników. W zdecydowanej większości źródła te dobrano prawidłowo i poprawnie wykorzystano w pracy – poza przypadkami opisanymi już powyżej. Do niektórych pozycji zestawionych w spisie nie odwołano się w pracy (a przynajmniej nie doszukałem się następujących pozycji w treści pracy: 2, 16, 67). Wiele źródeł literaturowych pochodzi z obecnego stulecia, co utwierdza tezę o aktualności poruszanej w pracy tematyki. Niestety przy wielu pozycjach literaturowych nie podano roku ich ukazania się: 3, 9, 14, 17, 23, 29, 31, 47, 52, 55, 79, 80, 82, 85, 103, 105, 114, 128, 131, 137, 139, 146, 147, 156, 157, 158, 160. Doktorant powołał się na jedną swoją współautorską publikację (co oceniam pozytywnie, choć szkoda, że tylko na jedną). Do spisu literatury dołączono wykaz użytych w pracy 6 norm (dlaczego w wykazie nie podano nazw tych norm, a jedynie same symbole?), a także wykaz 3 użytych programów komputerowych.

4. Podsumowanie oceny

Wybór tematu pracy, w tym przedmiotu głównego zainteresowania – drewna, materiału pod różnym względem skomplikowanego, które jak należy zgodzić się z Doktorantem aktualnie „przeżywa swój renesans” – oceniam wysoce pozytywnie. Potrzebna jest bowiem szeroka, aktualna wiedza nt. tego coraz cenniejszego surowca, by móc z coraz większym prawdopodobieństwem przewidywać jego zachowanie się w różnych warunkach i racjonalnie wykorzystywać, np. jako materiał konstrukcyjny (w tym również w niespotykanych dotąd zastosowaniach). Swoją wiedzę z zakresu podstaw nauki o drewnie (w mojej opinii, sformułowanej wyłącznie na podstawie ocenianej pracy – wiedzę chaotyczną, niepełną) Doktorant niestety oparł głównie na podręczniku z 1954 roku. Nie poddał tych treści weryfikacji w kontekście współczesnych doniesień literaturowych. Tę część pracy oceniam zdecydowanie najsłabiej, tym bardziej, że dotyczy znajomości kluczowego w ocenianej pracy materiału konstrukcyjnego (zdecydowanie nie polecam nikomu czerpania wiedzy w zakresie nauki o drewnie z tego fragmentu pracy). Doktorant jednak nie ubiega się na podstawie tej

pracy o stopień doktora nauk leśnych, zatem pewne mankamenty związane z charakterystyką drewna można moim zdaniem wybaczyć. Doceniam natomiast umiejętność modelowania właściwości reologicznych drewna, w tym tytułowy, autorski, oryginalny zintegrowany model konstytutywny, który można uznać za pozytywnie zweryfikowany (dość ogólnie rzecz ujmując).

Otrzymane rezultaty w postaci zintegrowanego modelu konstytutywnego mogą okazać się przydatne np. do budowy różnych inżynierskich programów informatycznych. Pozwalają bowiem na predykcję zachowania się drewna poddanego długotrwałemu mechanicznemu obciążeniu (i odkształceniu) – materiału niezwykle niejednorodnego, którego poszczególne właściwości mechaniczne kształtują się w relatywnie bardzo szerokich zakresach (w porównaniu do wielu innych materiałów konstrukcyjnych), również w zależności od sposobu i warunków jego użytkowania. Ograniczeniem modelu jest jednak stałość fizycznych właściwości drewna podczas jego obciążenia mechanicznego, np. niezmienna wilgotność drewna w trakcie eksploatacji konstrukcji. W rzeczywistości drewno praktycznie nieustannie dąży (w mniejszym lub większym zakresie) do stanu równowagi higroskopijnej z otaczającym powietrzem i w różnego rodzaju konstrukcjach mamy do czynienia z tzw. sprzężeniem mechano-sprężystym czy mechaniczno-wilgotnościowym. Zdaję sobie jednak sprawę, że uwzględnienie tego w modelowaniu właściwości reologicznych drewna jest zadaniem zdecydowanie jeszcze trudniejszym od zaprezentowanego w ramach ocenianej pracy, którą pod tym względem (umiejętności modelowania) – co pragnę podkreślić raz jeszcze – doceniam.

Stratą dla ocenianej pracy jest, oprócz treści dotyczących podstaw nauki o drewnie, czy gruntownej dyskusji wyników, brak jej starannej korekty. W mojej opinii może to świadczyć o takich cechach jak rozartgnienie, nieuporządkowanie, niekonsekwencja, chaotyczność – cechach, które, jak uważam, niezbyt dobrze świadczą o kandydacie na samodzielne badacza. Nadmienię, że ze względu na obszerność niniejszej recenzji, wiele błędów językowych, redakcyjnych itp. zauważonych w rozprawie postanowiłem przemilczeć, jako nie mających istotnego wpływu na kwestie merytoryczne.

5. Wniosek końcowy

Pomimo szeregu wątpliwości i wielu uwag krytycznych, po gruntownych i wieloaspektowych przemyśleniach stwierdzam, że przedstawiona do recenzji praca doktorska mgr. inż. Piotra Grobelnego, pt. „Zintegrowany model konstytutywny drewna” prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną Kandydata w dyscyplinie inżynieria lądowa i transport oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Przedmiotem tej rozprawy doktorskiej jest oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, polegające na zaproponowaniu autorskiego zintegrowanego lepko-sprężysto-plastycznego modelu konstytutywnego drewna oraz jego jakościowe i ilościowe uwiarygodnienie. Praca ta spełnia warunki określone w art. 13 ust. 1 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. z 2003 r. nr 65 poz. 595 z późn. zm.) w związku z art. 179 ustawy z dnia 3 lipca 2018 r. *Przepisy wprowadzające ustawę – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* (Dz.U. z 2018 r. poz. 1669) i wnoszę o dopuszczenie jej Autora do publicznej obrony tej pracy.

