

ADAM KRAJEWSKI, PAWEŁ KOZAKIEWICZ, PIOTR WITOMSKI, ANNA OLEKSIEWICZ

Naturalna odporność drewna *Erythrophleum fordii* Oliver i *Hopea pierrei* Hance na niszczenie przez termyty glebowe

Natural resistance of *Erythrophleum fordii* Oliv. and *Hopea pierrei* Hance wood to destruction by subterranean termites

ABSTRACT

Krajewski A., Kozakiewicz P., Witomski P., Oleksiewicz A. 2019. Naturalna odporność drewna *Erythrophleum fordii* Oliver i *Hopea pierrei* Hance na niszczenie przez termyty glebowe. Sylwan 163 (8): 685-693. DOI: <https://doi.org/10.26202/sylwan.2019037>.

The paper presents the results of resistance test of two heartwood species *Erythrophleum fordii* Oliv. (Fabaceae, Fabales) and *Hopea pierrei* Hance (Dipterocarpaceae, Malvales.). These species are listed in the IUCN red book, with the status 'endangered' (*E. fordii*) and 'vulnerable' (*H. pierrei*). The wood was collected in Hue (Vietnam) during the conservation mission. Verification of the tree species were carried out microscopically. The research was carried out in relation to subterranean termites (*Reticulitermes lucifugus* var. *santonensis* de Feytaud) feeding. The results for the two tested species of wood were compared to the resistance of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) sapwood and of European oak (*Quercus robur* L.) heartwood. The experiment was carried out according to the methodology described in ASTM D 3345-08 standard under conditions of coercive test. A different stages of wood damage were found. In the case of heartwood of *E. fordii* and *H. pierrei* wood were sound with nibbles surface. The heartwood of European oak was lightly attacked. The sapwood of Scots pine was degraded in the rate between heavy and failure. Mortality of termites in wood was: 100% for *E. fordii* and *H. pierrei* 100%, 67-99% (3 samples) and 100% (2 samples) for *Q. robur*, and 0-33% for *P. sylvestris*.

KEY WORDS

iron wood, biodegradation, *Reticulitermes lucifugus* var. *santonensis* de Feytaud

ADDRESSES

Adam Krajewski ⁽¹⁾ – e-mail: adam_krajewski@sggw.pl

Paweł Kozakiewicz ⁽¹⁾ – e-mail: pawel_kozakiewicz@sggw.pl

Piotr Witomski ⁽¹⁾ – e-mail: piotr_witomski@sggw.pl

Anna Oleksiewicz ⁽²⁾ – e-mail: anna_oleksiewicz@sggw.pl

⁽¹⁾ Katedra Nauki o Drewnie i Ochrony Drewna, SGGW w Warszawie; ul. Nowoursynowska 166, 02-787 Warszawa

⁽²⁾ Katedra Fizyki, SGGW w Warszawie; ul. Nowoursynowska 166, 02-787 Warszawa

Wstęp

„Żelazne drzewo” *Erythrophleum fordii* Oliver (Leguminosae, Fabales) występuje w południowych Chinach, we wschodnim Tajwanie i w północnym Wietnamie. W języku wietnamskim jest określane jako lim i lim xanh. Drewno *E. fordii*, występującego kiedyś liczniej, jest bardzo cenione ze względu na wysokie właściwości mechaniczne i trwałość. Wybrane właściwości fizyczne

i mechaniczne drewna *E. fordii* zostały opisane w nielicznych publikacjach [Harzmann 1983; Fang, Fang 2007; Sein, Mitlöhner 2011], natomiast zawartość niektórych składników chemicznych drzew *E. fordii* jest w ostatnich latach intensywnie badana [Li i in. 2004; Yu i in. 2005; Tsao i in. 2008; Huang i in. 2014]. Lokalne populacje tego gatunku albo całkowicie zniknęły, albo są bardzo nieliczne [Nguyen 2003]. W związku z tym gatunek ten jest objęty programami restytucji w ramach ponownych zalesień w Chinach i Wietnamie. W samym Wietnamie planowane jest ponowne zalesienie 5 mln ha [Sein, Mitlöhner 2011], z uwzględnieniem m.in. *E. fordii*. Gatunek ten znajduje się na czerwonej liście IUCN, ze statusem „zagrożony – endangered”.

Hopea pierrei Hance (Dipterocarpaceae, Malvales) występuje w Kambodży oraz rzadziej w Laosie, Tajlandii, Wietnamie, Indonezji i Malesji. Obecnie gatunek ten objęty jest specjalnymi programami badań w zakresie ochrony i rekultywacji, m.in. prowadzonymi przez International Working Group on Dipterocarpaceae [Maury-Lechon, Curtet 1998]. *H. pierrei* znajduje się na czerwonej liście IUCN, ze statusem „vulnerable – wrażliwy, narażony na wyginięcie”. W Wietnamie gatunek ten wykazywany jest głównie jako składnik górskich zespołów roślinnych [Grant i in. 2017] do wysokości 1000 m n.p.m. [Vu i in. 2017], a rzadziej w mieszanym suchym, wiecznie zielonym lesie nizinnym [Grant i in. 2017]. W Malesji jest uwzględniany w programach dydaktycznych [Rahayu 2009; Ismail Adnan, Baharuddin 2014]. *H. pierrei* dostarcza drewna cenionego ze względu na właściwości mechaniczne i dużą trwałość. W licznych publikacjach zawarte są informacje dotyczące właściwości mechanicznych drewna różnych gatunków *Hopea* sp. oraz jego odporności na biodegradację przez grzyby [Brown 1978; Hossain i in. 1978; Yatagai, Takahashi 1980; Rajput, Lohani 1981; Seng 1981; Anuwongse 1982; Ho 1982; Harzmann 1983; Supriana 1988; Syafi i in. 1988; Krajewski, Ważny 2002; Wagenführ, Scheibler 2007; Rana i in. 2010]. Publikacje te rzadko dotyczą drewna gatunku *H. pierrei*, znanego lokalnie jako kien kien lub merawan.

W literaturze nie znaleziono wyników oryginalnych badań laboratoryjnych odporności twardzieli drewna *E. fordii* i *H. pierrei* na atak termitów. Takie badania są możliwe dzięki zastosowaniu procedur zawartych np. w ASTM D 3345-08:2009. Użycie *Reticulitermes lucifugus* Rossi, stosowanego także w procedurze PN-EN 117:2013-04, daje możliwość porównania odporności twardzieli *E. fordii* i *H. pierrei* w stosunku do gatunków europejskich. Z tą myślą przeprowadzono badania w celu porównania naturalnej odporności twardzieli obu gatunków z drewnem wybranych gatunków występujących w Polsce.

Materiał i metody

Użyte w badaniach drewno *Erythrophleum fordii* Oliver i *Hopea pierrei* Hance pochodzi z Hue (Wietnam). Żeby potwierdzić ich wstępne oznaczenie, wykonano preparaty mikroskopowe i dokonano analizy struktury pozostających do dyspozycji niewielkich wyrzynków w powiększeniu 20x.

Doświadczenia biologiczne zostały przeprowadzone zgodnie z procedurą ASTM D 3345-08:2009. Uznano ją za bardziej odpowiednią, jako standardowo przeznaczoną do tego typu badań, podczas gdy europejska procedura PN-EN 117:2013-04 jest przewidziana do testowania skuteczności środków ochrony drewna.

Do badań użyto twardzieli *E. fordii* Oliv i *H. pierrei*. Uwzględniono także twardziel dębu szypułkowego (*Quercus robur* L.), jako jedyne gatunku w Polsce o znaczeniu gospodarczym ze statusem w stosunku do termitów „średnio trwale – M” w normie PN-EN 350:2016-10. Dodatkowo w doświadczeniu użyto bielu sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.), jako obligatoryjnie przewidzianego w procedurze ASTM D 3345-08:2009. Z wymienionych gatunków drewna wykonano próbki o wymiarach 25,4 (wzdłuż włókien) × 25,4 × 6,4 mm.

Dla każdego gatunku pobrano po 5 próbek. Próbki *E. fordii* Oliv i *H. pierrei* pochodziły z 2 drzew dla każdego gatunku. Próbki dębu szypułkowego i sosny zwyczajnej zostały pobrane losowo z 3 drzew. Wilgotność drewna wynosiła 7-8%.

Każda próbka, zgodnie z zaleceniami ASTM D 3345-08:2009, została umieszczona oddzielnie na dnie szklanego naczynia o objętości 450 ml i przysypana 200 g piasku rzeczno-przesianego, przemycanego i wysterylizowanego termicznie. Ustalona empirycznie pojemność połowa piasku została pomniejszona o 7%. Obliczoną w ten sposób ilością wody destylowanej nawilżono piasek w naczyniach testowych. Jedyne odstępstwo od normy stanowił brak użycia roztworu chlorku benzalkoniowego jako środka antyseptycznego.

W każdym tak przygotowanym pojemniku umieszczono 1 ±0,05 g osobników termita ciemnogrzebietego (*Reticulitermes lucifugus* var. *santonensis* de Feytaud). Pseudergaty stanowiły ponad 90% osobników w każdym pojemniku. Pojemniki z termitami i próbkami drewna przetrzymywano przez 4 tygodnie w cieplarni w temperaturze 27°C, uzupełniając co tydzień zawartość wody w pojemnikach.

Następnie określono przybliżoną śmiertelność termitów zgodnie z procedurą ASTM D 3345-08:2009 według następującej skali: niewielka (slight) – 0-33%, umiarkowana (moderate) – 34-66%, duża (heavy) – 67-99% i całkowita (complete) – 100%.

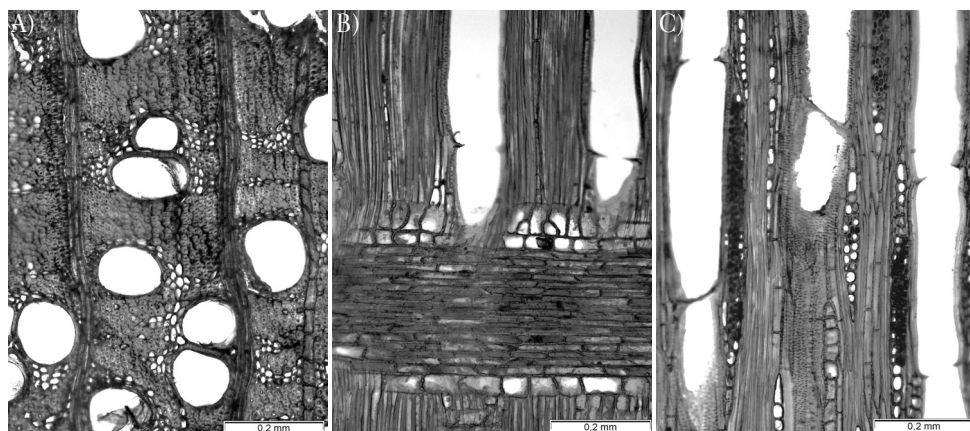
Stopień uszkodzenia próbek drewna klasyfikowano w oparciu o ocenę wizualną wspomaganą fotografiami zawartymi w ASTM D 3345-08:2009: 10 – nieznaczne oskrobanie powierzchni (sound, surface nibbles permitted), 9 – lekkie uszkodzenie (light attack), 7 – umiarkowane uszkodzenie z penetracją (moderate attack, penetration), 4 – silne uszkodzenie (heavy), 0 – zniszczenie próbki (failure). W przypadkach niejednoznacznych zapisywano wartość pośrednią: 10/9=9,5, 9/7=8, 4/0=2. Dla każdego gatunku drewna obliczono średni stopień zniszczenia.

Istotność różnic średnich wyników pomiędzy uszkodzeniami poszczególnych gatunków drewna poddano weryfikacji statystycznej, co pozostaje już poza wymaganiami procedury ASTM D 3345-08:2009. Przy pomocy nierówności Czebyszewa oceniono istotność różnicy pomiędzy średnim stopniem uszkodzenia poszczególnych gatunków drewna w kolejnych wariantach doświadczenia. Jeśli bezwzględna różnica średnich arytmetycznych stopni uszkodzenia drewna w dwóch wariantach była większa lub równa trzykrotnej wartości błędu standardowego różnicy średnich stopni uszkodzenia drewna, to różnicę pomiędzy średnimi uznawano za istotną.

Wyniki

Mikroskopowe oznaczenia próbek drewna potwierdziły ich zaklasyfikowanie w terenie do *E. fordii* Oliv. (ryc. 1) i do *H. pierrei* (ryc. 2). Badane drewno, rozpoznane jako *E. fordii*, wykazywało jednoznaczne cechy identyfikacyjne charakterystyczne dla omawianego gatunku, m.in.: równomiernie rozmieszczone naczynia występujące pojedynczo lub parami, obecność przebiegających stycznie pasemek miększu paratrachealnego (liczne wcistki), grubościennych włókien drzewnych o małym świetle oraz niejednorodnych, 1-5-szeregowych, kilkunasto-kilkudziesięciowarstwowych promieni rdzeniowych, zbudowanych z przypadkowo rozmieszczonych komórek mięksiszowych, leżących i stojących.

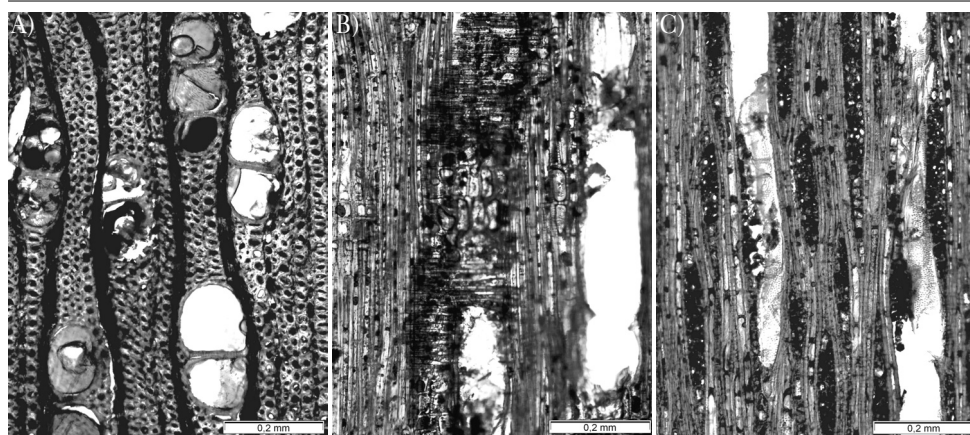
Drewno rozpoznane jako *H. pierrei* wykazywało jednoznaczne cechy identyfikacyjne charakterystyczne dla omawianego gatunku, m.in.: naczynia najczęściej rozmieszczone po 2-5 w biegnących promieniowo zgrupowaniach, układający się stycznie miększu paratrachealny w postaci drobnych pasemek, grubościenna włókna drzewne (o bardzo małym świetle) tworzące regularne rzędy, 3-4-szeregowy, kilkunasto- a nawet kilkunastowarstwowy niejednorodny promień drzewny nietworzący budowy piętrowej.



Ryc. 1.

Budowa mikroskopowa drewna lim (*Erythrophleum fordii* Oliv): przekrój poprzeczny (A), wzdłużny promieniowy (B) i wzdłużny styczny (C)

Microscopic structure of lim wood (*Erythrophleum fordii* Oliv): transvers section (A) radial section (b) and tangential section (C)



Ryc. 2.

Budowa mikroskopowa drewna kien (*Hopea pierrei* Hance.): przekrój poprzeczny (A), wzdłużny promieniowy (B) i wzdłużny styczny (C)

Microscopic structure of kien wood (*Hopea pierrei* Hance.): transvers section (A) radial section (b) and tangential section (C)

Średni stopień uszkodzenia drewna przez termity (tab. 1) można zaklasyfikować w sposób następujący:

- dla twardzieli *E. fordii* i *H. pierrei* – nieznaczne oskrobanie powierzchni (sound, surface nibbles permitted),
- dla twardzieli *Q. robur* – w przybliżeniu lekkie uszkodzenie (light attack),
- dla bielu *P. sylvestris* – nieco bardziej niż silne uszkodzenie (heavy), ale jeszcze niemające cechy całkowitego zniszczenia (failure).

Różnice pomiędzy średnim stopniem uszkodzenia próbek drewna twardzieli *E. fordii*, *H. pierrei* i *Q. robur* są statystycznie nieistotne (tab. 2), mimo że według skali wzorcowej oba pierwsze gatunki

Tabela 1.

Stopień uszkodzenia próbek twardej (H) *E. fordii*, *H. pierrei* i *Q. robur* oraz bieli (S) *P. sylvestris* przez glebowego termita *Reticulitermes lucifugus* var. *santonensis* de Feytaud

Damage to samples of *E. fordii*, *H. pierrei* and *Q. robur* heartwood (H) as well as of *Pinus sylvestris* sapwood (S) by the subterranean termite *Reticulitermes lucifugus* var. *santonensis* de Feytaud

		1	2	3	4	5	m
<i>Erythrophleum fordii</i>	H	10	10	10	10	10	10
<i>Hopea pierrei</i>	H	9	10	10	10	10	9,8
<i>Quercus robur</i>	H	8	9,5	9,5	10	9	9,2
<i>Pinus sylvestris</i>	S	4	4	4	2	2	3,2

m – średnia; mean

Tabela 2.

Weryfikacja istotności różnic między średnim stopniem zniszczeń próbek drewna

Verification of the significance of the differences in mean damage to wood samples

m ₁	m ₂	$ m_1 - m_2 \geq 3 \cdot \varepsilon \cdot (m_1 - m_2)$
<i>Erythrophleum fordii</i> (H)	<i>Hopea pierrei</i> (H)	0,2 < 0,6
<i>Erythrophleum fordii</i> (H)	<i>Quercus robur</i> (H)	0,8 < 1,0
<i>Erythrophleum fordii</i> (H)	<i>Pinus sylvestris</i>	5,2 > 1,5*
<i>Hopea pierrei</i> (H)	<i>Quercus robur</i> (H)	0,6 < 1,2
<i>Hopea pierrei</i> (H)	<i>Pinus sylvestris</i>	6,6 > 1,6*
<i>Quercus robur</i> (H)	<i>Pinus sylvestris</i>	6,0 > 1,8*

H – twardej, S – biel, *różnica istotna statystycznie

H – heartwood, S – sapwood, *difference significant statistically

wykazują powierzchniowe oskrobanie, a dąb szypułkowy lekkie uszkodzenie. Różnice pomiędzy średnim stopniem uszkodzenia drewna twardej trzech wymienionych wcześniej gatunków a stopniem uszkodzenia bieli sosny zwyczajnej z drugiej strony są statystycznie istotne.

Śmiertelność termitów w wariancie doświadczenia z twardej *E. fordii* i *H. pierrei* wynosiła 100%. Śmiertelność termitów w wariancie doświadczenia z twardej *Q. robur* dla 3 próbek określić można jako dużą (67-99%) i dla 2 próbek jako 100%. Przy czym w przypadkach silnego stopnia uszkodzenia próbek drewna termity były bardzo nieliczne. Śmiertelność termitów w wariancie doświadczenia z bielą sosny zwyczajnej określić można jako niewielką (0-33%).

Dyskusja

Znalezione w literaturze wyniki oryginalnych badań drewna twardej *E. fordii* i *H. pierrei* dotyczące biodegradacji koncentrują się na odporności w stosunku do rozkładu drewna przez grzyby, a nie na termitach, które są również groźnym czynnikiem degradacji drewna w Azji Południowo-Wschodniej. Badania Yatagai i Takahashi [1980] dotyczyły odporności m.in. *H. pierrei* na rozkład powodowany przez *Tyromyces palustris* (Berk. & M.A. Curtis) Murrill, *Trametes versicolor* (L.) Lloyd i *Pycnoporus coccineus* (Fr.) Bondartsev & Singer 1941. Syafi i in. [1988] zbadali odporność *H. pierrei* na rozkład wywołany przez *T. versicolor*. Krajewski i Ważny [2002] podjęli wstępną próbę oceny podatności drewna tych gatunków na przez grzyby: *Serpula lacrymans* (Wulf.:Fr.) Schroet, *T. versicolor* i *Trichoderma viride* Persoon ex S.F. Gray.

Wyniki przywołanych badań wskazują na dużą odporność drewna *E. fordii* i *H. pierrei* na rozkład powodowany przez grzyby. Również z tego powodu oba badane gatunki drewna w obszarze swojego występowania używane były do wykonywania konstrukcji o specjalnym znaczeniu. Uwarunkowane jest to zawartością substancji chemicznych wykazujących dużą bioaktywność.

Drewno *Erythrophleum* sp. zawiera znaczne ilości ligniny, substancji alkalicznych, furfurołu i żywicy [Wagenführ, Scheibler 2007]. Od kilku lat prowadzone są także fitochemiczne badania kory drewna *E. fordii* [Fang i in. 2005] i liści [Tsao i in. 2008]. Wykazano biologiczną aktywność diterpenowych alkaloidów u tego gatunku [Huang i in. 2014]. Z drzewa *H. pierrei* otrzymuje się jasnożółtą żywicę, a jego kora jest źródłem garbników.

Zawartość toksycznych i odstraszących substancji w twardej części niektórych gatunków drzew decyduje o ich trwałości [Becker, Petrowitz 1971; Becker i in. 1972; Deon i in. 1980; Yatagai, Takahashi 1980]. W zawartości substancji bioaktywnych twardej części *E. fordii* i *H. pierrei* należy upatrywać zasadniczą przyczynę niewielkiego zniszczenia próbek drewna i całkowitej śmiertelności termitów w niniejszych badaniach. Nawet relatywnie duża zawartość ligniny w drewnie, która ma miejsce u gatunków *Erythrophleum* sp. [Wagenführ, Scheibler 2007] i *Hopea* sp. [Rana i in. 2010], może powodować śmiertelność termitów. Na przykład w porównawczych badaniach zawartość ligniny w neolitycznym drewnie bukowym była relatywnie większa w stosunku do współczesnego buka zwyczajnego (*Fagus sylvatica* L.) nawet 2,4-krotnie, co spowodowało całkowitą śmiertelność termita ciemnogrzebietego [Krajewski i in. 2015]. Uważa się, że efekt rozkładu związków fenolowych ligniny w pewnych procesach technologicznych może hamować czynniki biodegradacji drewna [Kartal i in. 2004], do których należą także termyty. W ciągu około 150 milionów lat ewolucji termyty wykształciły optymalny sposób wykorzystania symbiontów w jelitach do rozkładu polisacharydów, które są degradowane w ciągu jednego dnia, natomiast lignina jest bardzo słabo rozkładana [König i in. 2013].

Na naturalną odporność drewna w stosunku do niszczącego działania termitów niewątpliwie wpływa także do pewnego stopnia jego twardość. Z jednej strony duża twardość drewna utrudnia proces skrawania żuwaczkami termitów, z drugiej większa gęstość, z której wynika większa twardość, pozwala pobrać owadom większą ilość drewna przy takiej samej wielkości „wyróbiska”. Ze względu na bardzo niewielką ilość drewna *E. fordii* i *H. pierrei* dostępną do niniejszych doświadczeń nie badano tu jego twardości. Najdokładniejszy opis [Sein, Mitlöchner 2011] nie podaje informacji o twardości *E. fordii*, jednak większa o blisko $\frac{1}{4}$ gęstość drewna *E. fordii* w stosunku do *Q. robur* [Wagenführ, Scheibler 2007] wskazuje na zdecydowanie większą twardość „żelaznego drewna”.

Dlatego też drewno lim i kien zostało w niniejszych badaniach zaledwie powierzchniowo oskrobane żuwaczkami termitów (odpowiednio 10 i 9,8), podczas gdy drewno dębu szypułkowego zostało uszkodzone w stopniu mniej silnym niż lekki (9,2). W przypadku twardej części drewna dębowego w grę wchodził też chemiczny czynnik ograniczający możliwość żerowania termitów, najwyraźniej słabszy (garbniki) niż w przypadku *E. fordii* i *H. pierrei*. Dla porównania warto zaznaczyć, że uszkodzenia drewna grabu pospolitego (*Carpinus betulus* L.) przez termita ciemnogrzebietego [Krajewski i in. 2016] były większe niż twardej części dębu szypułkowego, mimo że przeciętna twardość drewna pierwszego gatunku jest nieco większa niż drugiego. Twardziel dębu szypułkowego znana jest jednak z dużej zawartości garbników, których brak w drewnie grabu. Żerowanie i przeżywanie *R. lucifugus* var. *santonensis* na drewnie dębu w doświadczeniach Laine [2002] związane jest niewątpliwie z obecnością bielu, mimo braku w tej publikacji wyraźnego zaznaczenia, że chodzi o drewno z tej części pnia.

Jednoznaczny wpływ ograniczania rozmiarów uszkodzeń drewna z powodu jego dużej twardości uwidacznia się przy porównaniu przypadków, gdy w grę nie wchodzi chemiczny czynnik szkodzący termitom, jak ma to np. miejsce przy porównaniu drewna grabu i bielu sosny, gdzie poziom zniszczeń wynosił odpowiednio 8 i 1,6 [Krajewski i in. 2016] lub 3,2 w niniejszych badaniach. Ze względu na brak silnie działających substancji bioaktywnych i stosunkowo małą twardość bielu sosny zwyczajnej został najsilniej zniszczony przez termyty. Wizualna ocena stopnia

uszkodzenia bardzo odporne i odporne drewna (odpowiednio przy poziomie 10 – oskrobanie powierzchni żuwaczkami czy 9 – lekkie uszkodzenie) jest łatwa. Ocena stopnia uszkodzenia mniej odpornego drewna, co miało miejsce w przypadku bielu *P. sylvestris*, jest trudniejsza do jednoznacznego zaklasyfikowania w oparciu o ocenę wizualną [Krajewski i in. 2018].

Jeśli drewno *E. fordii* i *H. pierrei* ma dużą odporność na atak termitów, to jak dochodzi do dużych szkód w drewnianych konstrukcjach? Zagadnienie to można zilustrować na przykładzie zniszczeń drewna w zabytkowych wietnamskich budowlach monumentalnych w zakazanym mieście królewskim w Hue, gdzie użyto m.in. drewna *E. fordii* i *H. pierrei*. Stopień zniszczenia drewnianych konstrukcji szacowany był przez Center for the Preservation of Old Hue w 1995 roku na 60% [Krajewski, Ważny 1999]. Monsunowy klimat Wietnamu, bardzo wilgotny i ciepły, na północy zwrotnikowy, a na południu równikowy, sprzyja rozkładowi drewna przez grzyby. W warunkach średniej rocznej sumy opadów 1400-2000 mm na nizinach i ponad 3000 mm w górach [Grant i in. 2017] występują tu bardzo liczne gatunki grzybów. Krótkotrwałe badania terenowe w 1996 roku pozwoliły stwierdzić na drewnie konstrukcyjnym w Hue obecność grzybów powodujących brunatny rozkład drewna: *Serpula lacrymans* (Wulfen) P.Karst, *Antrodia serialis* (Fr.) Donk i *Gleophyllum trabeum* (Pers.: Fr.) Murr. oraz rozkład biały: *Poria medullaris* S.F.Gray, *Phlebiopsis gigantea* (Fr.) Jünlich, *Peniophora purpurea* Bres., *Pholiota adiposa* Fr. i *Schizophyllum commune* Fr. [Krajewski, Ważny 1999]. Mimo dużej odporności drewna *E. fordii* i *H. pierrei* na rozkład powodowany przez różne gatunki grzybów [Yatagai, Takahashi 1980; Syafi i in. 1988; Krajewski, Ważny 2002] zjawisko to występuje powszechnie i trwale w budynkach w warunkach dużej wilgotności środowiska. Pewne stopnie rozkładu drewna powodowane przez grzyby bardzo sprzyjają żerowaniu termitów [Schultze-Dewitz, Unger 1972; Unger 1973, 1978], co skutkuje z czasem dużymi zniszczeniami konstrukcji. Należy przy tym zaznaczyć, że w warunkach Hue największe zniszczenia drewna przypisywane są, wspólnie z grzybami, glebowemu termitowi *Odontotermes hainanensis* Light. [Krajewski, Ważny 1999], pospolitemu sprawcy uszkodzeń drewna w Wietnamie [Peppy i in. 2001; Vu i in. 2006]. Gatunek ten może wykazywać większe przystosowanie do żerowania na drewnie *E. fordii* i *H. pierrei* niż termyty z rodzaju *Reticulitermes*, przewidziane w procedurach badawczych ASTM D 2245-08:2009 i PN-EN 117:2013-04.

Jeszcze w 1950 roku powierzchnię lasów w Wietnamie szacowano na 44% powierzchni kraju, podczas gdy w 1992 roku już tylko na 20% [Krajewski, Ważny 1999]. Na sytuację tę wpłynęło nie tylko użycie defoliantów podczas wojny w Wietnamie (1964-1975), ale również rabunkowa gospodarka. W Górach Annamskich, miejscu nielicznego występowania *H. pierrei*, lesistość w ostatnim dwudziestolecu sukcesywnie wzrosła do 43% w 2010 roku. Uzupelnienie zniszczonych przez grzyby i termyty elementów konstrukcji wykonanych z drewna *E. fordii* i *H. pierrei* może nastęrczać bardzo duże trudności. W końcu XX wieku było to niemożliwe, nawet w celu restauracji zdewastowanych zabytków na terenie tzw. zakazanego miasta królewskiego w Hue [Krajewski, Ważny 1999], mimo priorytetu politycznego. Z uwagi na ekonomiczną wartość drewna takich gatunków z rodziny Dipterocarpaceae [Maury-Lechon, Curtet 1998] podejmowane są w ostatnim ćwierćwieczu prace badawcze mające ułatwić decyzje dotyczące rehabilitacji *H. pierrei* w leśnictwie z wdrażeniem programów ochronnych i działania zachowawcze ogrodach botanicznych [Rahayu 2009], a *E. fordii* objęto szczególnymi staraniami hodowlanymi [Sein, Mitlöhner 2011].

Wnioski

- ♣ Drewno twardzieli *E. fordii* i *H. pierrei* w doświadczeniu uległo uszkodzeniu przez termita ciemnogrzbietego (*R. lucifugus* var. *santonensis* de Feytaud) w nieznacznym stopniu, poprzez oskrobanie powierzchni (sound, surface nibbles permitted). Wszystkie osobniki *R. lucifugus*

zginęły w ciągu 4 tygodni testu na tych obu gatunkach drewna. Drewno tych gatunków można uznać za bardzo odporne na niszczenie przez termyty glebowe.

✚ Drewno twarde *Q. robur*, jedyne gatunku w Polsce o znaczeniu gospodarczym, klasyfikowanego w normie PN-EN 350 jako „średnio trwałe – M”, wykazało w przybliżeniu lekkie uszkodzenie (light attack). Przy tym nie we wszystkich powtórzeniach doświadczenia uzyskano śmiertelność termitów na poziomie 100%.

✚ Biel *P. sylvestris* wykazała uszkodzenia po żerowaniu termitów nieco bardziej większe niż silne (heavy), ale nie wykazując jeszcze cech całkowitego zniszczenia (failure). Przy tym nie zaobserwowano martwych termitów.

Literatura

- Anuwongse B. 1982. The practice of using concrete on wood piling for marine use in Thailand. International Research Group on Wood Preserv. Forest Products Research Division, Royal Forest Department, Thailand, Bangkok. IRG on Wood Preservation, Doc. No. IRG/WP/492.
- ASTM D 2245-08:2009. Standard Test Method for Laboratory Evaluation of Wood and other Cellulosic Materials for Resistance to Termites.
- Becker G., Lenz M., Dietz S. 1972. Unterschiede im Verhalten und Giftempfindlichkeit verschiedener Termiten-Arten gegenüber einigen Kerntoffen. Zeitschrift für angewandte Entomologie 71: 201-214.
- Becker G., Petrowitz H.-J. 1971. Über die Ursache der abschreckenden Wirkung von Kiefernholz auf Termiten. Zeitschrift für angewandte Entomologie 68: 180-186.
- Brown W. H. 1978. Some heavy structural timbers. Strength in the controlling element in selection and use. Woodworking Industry 35 (11): 19-20.
- Deon G., Chadenson M., Hauteville M. 1980. Influence des extraits naturels du bois sur sa résistance à la pourriture. Bois et Forêts des Tropiques 19: 75-90.
- Fang X. F., Fang B. Z. 2007. Wood physical and mechanical properties of *Erythrophloeum fordii* in southern Fujian. Journal of Fujian Forestry Science and Technology 34: 146-147.
- Fang Y., Nan L., Shi-Shan Y. 2005. A new diterpenoid glucopyranoside from *Erythrophloeum fordii*. Journal of Asian Natural Products Research 7 (1): 19-24.
- Grant J. C., Trinh B. N., Zimmer H. C., Nichols D. 2017. Diversity depends on scale in the forests of the Central Highlands of Vietnam. Journal of Asia – Pacific Biodiversity 10 (4): 472-488.
- Harzmann L. J. 1983. Übersicht zu Eigenschaften von Hölzern Indochinas (2). Holzindustrie 33 (6): 179-183.
- Ho X. C. 1982. Zur Holz Trocknung in der SR Vietnam. Holzindustrie 33 (3): 70-72.
- Hossain M. A., Quasem M. A., Hoque M. S. 1978. Five mechanical properties of nine Bangladesh hardwoods. Forest Research Institut Chittagong, Bangladesh. 9-13.
- Huang T. M., Cuong T. D., Kim J. A., Tae N., Lee J. H., Min B. S. 2014. Casseine dipterene alkaloids from *Erythrophloeum fordii* and their anti-angiogenic effect. Bioorganic and Medicinal Chemistry Letters 24 (1): 168-182.
- Ismail Adnan A. M., Baharuddin H. 2014. GIS and tree mapping: tools for teaching tree identification in educational forests. The Malaysian Forester 77 (1): 39-48.
- Kartal S. N., Imamura Y., Tsuchiya F., Ohsato K. 2004. Preliminary evaluation of fungicidal and termiticidal activities of filtrates from biomass slurry fuel production. Bioresource Technology 95: 41-47.
- König H., Li L., Fröhlich J. 2013. The cellulolytic system of the termite gut. Applied Microbiology and Biotechnology 18: 7943-7962.
- Krajewski A., Lisiecka E., Drożdżek M., Witomski P. 2015. The susceptibility of neolithic waterlogged beech wood (*Fagus sylvatica* L.) to destruction by *Reticulitermes lucifugus* Rossi. Drewno. Prace Naukowe, Doniesienia, Komunikaty 58 (195): 59-68. DOI: <https://doi.org/10.12841/wood.1644-3985.113.05>.
- Krajewski A., Oleksiewicz A., Witomski P. 2018. Some problems in the results assessment in laboratory evaluation of wood for resistance to termites based on visual rating of attack on test blocs. Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW, Forestry and Wood Technology 103: 181-184.
- Krajewski A., Ważny J. 1999. Niektóre problemy występujące przy konserwacji zabytkowych budynków na terenie cytadeli w Hue w Wietnamie. Ochrona Zabytków 4: 451-459.
- Krajewski A., Ważny J. 2002. Naturalna trwałość drewna lim (*Erythrophloeum fordii* Oliv.) i kien, materiału konstrukcyjnego zabytkowych budynków w Hue. Ochrona Zabytków 2: 207-213.
- Krajewski A., Witomski P., Kotarbiński S. 2016. Susceptibility of hornbeam and Scots pine woods to destruction by the subterranean termite *Reticulitermes lucifugus* Rossi, 1792 (Blattodea: Isoptera). Polish Journal of Entomology 85: 409-417. DOI: <https://doi.org/10.1515/pjen-2016-0025>.
- Laine L. V. 2002. Biological studies on two European termite species: establishment risk in the UK. A thesis submitted for the degree of Doctor of Philosophy of the University of London. Department of Biological Sciences, Imperial College, Silwood Park, Ascot, SL5 7PY, Berkshire.

- Li N., Yu F., Yu S.-S. 2004. Triterpenoids from *Erythrophleum fordii*. Acta Botanica Sinica 46 (3): 371-374.
- Maury-Lechon G., Curtet L. 1998. Biogeography and Evolutionary Systematics of Dipteroecarpidae. W: Appanah S., Turnbull J. M. [red.]. A review of Dipteroecarpidae: taxonomy, ecology and silviculture. Center of International Forestry Research.
- Nguyen H. N. 2003. Conservation of Forest Genetic Resources in Vietnam. The XII World Forestry Congress. Quebec City, Canada.
- Peppuy A., Robert A., Sémon E., Bonnard O., Son N. T., Bordereau C. 2001. Species specificity of trail pheromones of fungus-growing termites from northern Vietnam. Insectes Sociaux 48: 245-250.
- PN-EN 117:2013-04. Środki ochrony drewna – oznaczenie wartości toksycznych przeciwko gatunkowi *Reticulitermes* (europejskie termity) (metoda laboratoryjna). PKN, Warszawa.
- PN-EN 350:2016-10. Trwałość drewna i materiałów drewnopochodnych. Badanie i klasyfikacja trwałości drewna i materiałów drewnopochodnych wobec czynników biologicznych. PKN, Warszawa.
- Rahayu E. M. D. 2009. Ex situ conservation of Dipteroecarpidae in Bogor Botanic Garden. Buletin Kebun Raya Indonesia 12 (2): 70-77.
- Rajput S. S., Lohani R. C. 1981. A study on the comparison of strength of sapwood and heartwood. 2/19, Van Vigyan (Forest Research Institut Dehra Dun, India).
- Rana R., Langenfeld-Heyser R., Finkeldey R., Polle A. 2010. FTIR spectroscopy, chemical and histochemical characterisation of wood and lignin of five tropical timber wood species of the family of Dipteroecarpidae. Wood Science Technol. 44: 225-242.
- Schultze-Dewitz G., Unger W. 1972. Das Verhalten *Reticulitermes lucifugus* var. *santonensis* de Feytaud (Isoptera) gegenüber weisssfaulen Holz. Beiträge Entomologie 22: 487-490.
- Sein C. C., Mitlöhner R. 2011. *Erythrophleum fordii* Oliver: ecology and silviculture in Vietnam. Center for International Forestry Research. Bogor, Indonesia.
- Seng H. K. 1981. Malaysian timbers – merawan. Malaysian Forest Service 53: 10.
- Supriana N. 1988. Feeding behavior of *Cryptotermes cynocephalus* Light and *Coptotermes curvignathus* Holmgren on twenty eight tropical timbers. Jurnal Penelitian dan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan 2/4: 1-5.
- Syafi W., Yoshimoto T., Samejima M. 1988. The effect of lignin structure on decay resistance of some tropical woods. Bulletin of the Tokyo University Forests 80: 69-77.
- Tsao C.-C., Shen Y.-C., Su C.-R., Li C.-Y., Liou M.-J., Dung N.-X., Liu T.-S. 2008. New diterpenoids and bioactivity of *Erythrophleum fordii*. Bioorganic and Medicinal Chemistry 16 (22): 9867-9870.
- Unger W. 1973. Über den Einfluss der Zerstörungsaktivität von Pilzstämmen verschiedener Herkunft auf die Frassintensität von Termiten (*Reticulitermes lucifugus* var. *santonensis* de Feytaud). Holztechnologie 2 (14): 131-134.
- Unger W. 1978. Termitenschäden an Materialien und Möglichkeit ihrer Verhütung. Holztechnologie 4 (10): 195-199.
- Vu M. Q., Nguyen H. M., Smith R. L. 2006. The termites (Isoptera) of Xuan Son National Park, northern Vietnam. The Pan-Pacific Entomologist 82 (3). DOI: <https://doi.org/10.3956/0031-0603-83.2.85>.
- Wagenführ R., Scheibler Ch. 2007. Holzatlas. 6. Neu bearbeitete und erweiterte Auflage mit zahlreichen Abbildungen. Fachbuchverlag Leipzig, Carl Hanser Verlag.
- Yatagai M., Takahashi T. 1980. Tropical wood extraktives effect on durability, point curing time end pulp sheet resin spotting. Wood Science 12 (3): 176-182.
- Yu F., Yu S.-S., Li N. 2005. A new diterpenoid glucopyranoside from *Erythrophleum fordii*. Journal of Asian Natural Products Research 7 (1): 19-24.