UNIVERSITY OF HELSINKI

https://helda.helsinki.fi

A botanical view of the ‘Baltic amber forest’: new evidence from seed plants, lichens and fungi

Schmidt, Alexander; Sadowski, Eva-Maria; Kaasalainen, Ulla; Rikkinen, Jouko Kalevi

Ewa Wagner-Wysiecka, Ewa

2019-03-22

http://hdl.handle.net/10138/300904

Schmidt, A, Sadowski, E-M, Kaasalainen, U & Rikkinen, J K 2019, A botanical view of the ‘Baltic amber forest’: new evidence from seed plants, lichens and fungi. in E Ewa Wagner-Wysiecka (ed.), Baltic amber (succinite): an intriguing resin : Bursztyn batycki (sukcynit): intrygujca ywica. The Gdask International Fair Co. (MTG SA), Gdask SA, Gdask, pp. 5-9, Amberif 2019, Gdask, Poland, 22/03/2019.

Downloaded from Helda, University of Helsinki institutional repository. https://helda.helsinki.fi
This is an electronic reprint of the original article.
This reprint may differ from the original in pagination and typographic detail.
Please cite the original version.

Międzynarodowe Targi Gdańskie SA
Wydział Chemiczny, Politechnika Gdańska
Międzynarodowe Stowarzyszenie Bursztynników

Gdańsk International Fair Co. (MTG S.A.)
Faculty of Chemistry, Gdansk University of Technology
International Amber Association (IAA)

AMBERIF 2019

BURSZTYN BAŁTYCKI (SUKCYNIT): INTRYGUJĄCA ŻYWICA



BALTIC AMBER (SUCCINITE): AN INTRIGUING RESIN

26th SEMINAR, 22nd MARCH 2019, Gdańsk, Poland

Kierownik naukowy seminarium/Seminar academic director:
dr hab. inż. Ewa Wagner-Wysiecka, prof. nadzw. PG

Redakcja merytoryczna/Abstract:
dr hab. inż. Ewa Wagner-Wysiecka, prof. nadzw. PG

Tłumaczenie/Translation: Dorota Górak-Łuba i Piotr Łuba
Skład/Publishing arrangement: dr Elżbieta Sontag

Okładka/Cover: dr Elżbieta Sontag

Organizacja XXVI Seminarium Amberif 2019/The Organisers of the 26th Seminar at Amberif 2019:
Ewa Rachoń
dr hab. inż. Ewa Wagner-Wysiecka, prof. nadzw. PG

oraz
mgr inż. Paulina Szulc i mgr inż. Błażej Galiński: Wydział Chemiczny, Politechnika Gdańska jako wolontariusze/
Paulina Szulc, M.Sc. and Błażej Galiński M.Sc.: Faculty of Chemistry, Gdańsk University of Technology as volunteers

Wydawca/Published by:
Międzynarodowe Targi Gdańskie SA
The Gdańsk International Fair Co. (MTG SA), Gdańsk SA

XXVI Seminarium o Bursztynie, Amberif 2019
Bursztyn bałtycki (sukcynit): intrygująca żywica
22 marca 2019

26th Amber Seminar, Amberif 2019
Baltic amber (succinite): an intriguing resin
22nd March 2019

SPIS TREŚCI

A.R. Schmidt, E-M. Sadowski, U. Kaasalainen, J. Rikkinen
OKIEM BOTANIKA NA LAS MACIERZYSTY BURSZTYNU BAŁTYCKIEGO: NOWE DOWODY POCHODZĄCE Z ROŚLIN NASIENNYCH, POROSTÓW I GRZYBÓW 5

A. Rosentau, T. Nirgi , M. Ots, S. Vahur, A. Kriiska
ZNALEZISKA BURSZTYNU W PRZYBRZEŻNYCH OSADACH WYSPY SAREMA (SAAREMAA) WE WSCHODNIEJ CZĘŚCI MORZA BAŁTYCKIEGO I JAK MOGLI Z NICH KORZYSTAĆ MIESZKAŃCY WYSPY W EPOCE BRĄZU 9

B. Łydżba-Kopczyńska
ZASTOSOWANIE SPEKTROSKOPII RAMANA DO KLASYFIKACJI BURSZTYNU WEDŁUG POCHODZENIA I WIEKU GEOLOGICZNEGO ... 11

E. Sontag, R. Szadziewski, J. Szwedo
UNIKATOWE INKLUZJE W BURSZTYNIE BAŁTYCKIM 14

E. Wagner-Wysiecka, Z. Kostyashova, B. Kosmowska-Ceranowicz, N. Łukasik
ŚWIATOSŁAW S. SAWKIEWICZ – BADACZ BURSZTYNU 18

TABLE OF CONTENTS

A.R. Schmidt, E-M. Sadowski, U. Kaasalainen, J. Rikkinen
A BOTANICAL VIEW OF THE 'BALTIC AMBER FOREST': NEW EVIDENCE FROM SEED PLANTS, LICHENS AND FUNGI..... 5

A. Rosentau, T. Nirgi , M. Ots, S. Vahur, A. Kriiska
AMBER FINDS IN THE COASTAL DEPOSITS OF SAAREMAA ISLAND, EASTERN BALTIC SEA AND THEIR POSSIBLE USE BY BRONZE AGE ISLANDERS 9

B. Łydżba-Kopczyńska
THE APPLICATION OF RAMAN SPECTROSCOPY TO THE CLASSIFICATION OF AMBER ACCORDING TO ITS PROVENANCE AND GEOLOGICAL AGE 11

E. Sontag, R. Szadziewski, J. Szwedo
UNIQUE INCLUSIONS IN BALTIC AMBER 14

E. Wagner-Wysiecka, Z. Kostyashova, B. Kosmowska-Ceranowicz, N. Łukasik
SVIATOSLAV S. SAVKEVICH, AMBER RESEARCHER 18

Okiem botanika na las macierzysty bursztynu bałtyckiego: nowe dowody pochodzące z roślin nasiennych, porostów i grzybów

A botanical view of the 'Baltic amber forest': new evidence from seed plants, lichens and fungi

ALEXANDER R. SCHMIDT[1], EVA-MARIA SADOWSKI[1,2], ULLA KAASALAINEN[1], JOUKO RIKKINEN[3,4]

[1]Wydział Geobiologii, Uniwersytet w Getyndze, Getynga, Niemcy; e-mail: *alexander.schmidt@geo.uni-goettingen.de*
Department of Geobiology, University of Göttingen, Goldschmidtstraße 3, 37077 Göttingen, Germany
[2]Muzeum Historii Naturalnej, Instytut Nauk o Ewolucji i Bioróżnorodności im. Leibniza, Berlin, Niemcy
Museum für Naturkunde, Leibniz-Institute for Evolution and Biodiversity Science, Invalidenstraße 43, 10115 Berlin, Germany
[3]Fińskie Muzeum Historii Naturalnej, Uniwersytet Helsiński, Helsinki, Finlandia
Finnish Museum of Natural History, University of Helsinki, P.O. Box 7, 00014 Helsinki, Finland
[4]Wydział Nauk Biologicznych i Nauk o Środowisku, Uniwersytet Helsiński, Helsinki, Finlandia
Faculty of Biological and Environmental Sciences, University of Helsinki, P.O. Box 65, 00014 Helsinki, Finland

Bursztyn bałtycki tworzy największe złoża bursztynu na ziemi i jest szczególnie dobrze znany z ogromnej różnorodności inkluzji stawonogów. Jednak skład roślinny, typy siedlisk oraz klimat regionu jego pochodzenia w eocenie pozostają nadal przedmiotem kontrowersji. Rozmaite sugestie sięgają od środowisk wczesnego eocenu w klimacie tropikalnym do późnego eocenu w klimacie umiarkowanym, a także od lasów nizinnych do górskich (np. Schubert 1961; Kohlman-Adamska 2001; Weitschat i Wichard 2010).

Przebadaliśmy dużą liczbę inkluzji z kolekcji historycznych i spośród niedawno odkrytych bryłek bursztynu, co pozwoliło na znalezienie wielu inkluzji roślin nasiennych, porostów i drobnych grzybów, które wnoszą ważne informacje na temat ówczesnej struktury siedliskowej i klimatu.

Nasze opracowanie wykazało obecność dziesięciu współczesnych i wymarłych rodzajów roślin iglastych, w tym *Calocedrus*, *Taxodium* (ryc. 1A) oraz *Quasisequoia couttsiae* z rodziny cyprysowatych (Cupressaceae), jednego przedstawiciela rodziny Geinitziaceae (*Cupressospermum saxonicum*) (ryc. 1B), kilku sosnowatych (Pinaceae) (jodła *Abies*, *Cathaya, Nothotsuga protogaea,* modrzewnik *Pseudolarix* i kilku gatunków sosen *Pinus*) oraz sośnicowate Sciadopityaceae (sośnica *Sciadopitys*) (Sadowski et al. 2016a, 2017a). Wywnioskowaliśmy preferencje siedliskowe powyższych roślin iglastych w oparciu o dane zarówno z analogicznych taksonów fosylnych z paleogenu i neogenu w Europie oraz z najbliższych współcześnie występujących roślin spokrewnionych. Oprócz rozmaitych rodzajów roślin iglastych odkryliśmy kilka grup okrytozalążkowych szczególnie ważnych z ekologicznego punktu widzenia. Grupy te obejmują przedstawicieli ciborowatych Cyperaceae, spokrewnionych z rodzajem przygiełka *Rhynchospora,* oraz trawowatych Poaceae (Sadowski et al. 2016b), nie mniej niż sześć gatunków jemioł karłowatych *Arceuthobium* (jemiołowate Viscaceae) (ryc. 1C, Sadowski 2017b), a także pierwszy zapis kopalny mięsożernej rodziny roślin tuliłezkowatych Roridulaceae (Sadowski et al. 2015).

Baltic amber forms the largest amber deposit on earth and it is particularly well-known for the plethora of arthropod inclusions. The floristic composition, habitat types and climate of its Eocene source area, however, are still controversial. The differing suggestions range from early Eocene tropical to late Eocene temperate environments, and from lowland to montane forests (e.g., Schubert 1961; Kohlman-Adamska 2001; Weitschat and Wichard 2010).

We screened a large number of inclusions from historic collections and from recently discovered amber pieces and found many inclusions of seed plants, lichens and microfungi that provide important insights into habitat structure and climate.

Our study revealed the presence of ten extant and extinct conifer genera including *Calocedrus*, *Taxodium* (Fig. 1A) and *Quasisequoia couttsiae* of the Cupressaceae family, one representative of the family Geinitziaceae (*Cupressospermum saxonicum*) (Fig. 1B), several Pinaceae (*Abies*, *Cathaya, Nothotsuga protogaea, Pseudolarix*, and several species of *Pinus*) and Sciadopityaceae (*Sciadopitys*) (Sadowski et al. 2016a, 2017a). We inferred the habitat preferences of these conifers based both on data from analogous fossil taxa from the Paleogene and Neogene of Europe, and from nearest living relatives. In addition to the diverse conifer genera, we discovered several particularly ecologically relevant angiosperm groups. These include members of the Cyperaceae, with affinities to the genus *Rhynchospora,* and Poaceae (Sadowski et al. 2016b), no less than six species of dwarf mistletoes *Arceuthobium* (Viscaceae) (Fig. 1C, Sadowski 2017b), and the first fossil record of the carnivorous plant family Roridulaceae (Sadowski et al. 2015).

Te nowe odkrycia wskazują na odmienne ekosystemy macierzyste w ramach lasu bursztynu bałtyckiego: przybrzeżne (nadmorskie) tereny podmokłe, zalewiska nadrzeczne oraz lasy nadrzeczne, jak również wilgotne iglasto-liściaste lasy mieszane, z łąkami i terenami otwartymi. W oparciu o porównanie wymagań klimatycznych oraz rozmieszczenie odpowiedników kopalnych i współczesnych inkluzji w bursztynie, sugeruje się klimat umiarkowany ciepły, wilgotny (Sadowski et al. 2017a). Ponadto niezwykła różnorodność jemioł karłowatych wskazuje, że *Arceuthobium* był taksonem kluczowym lasu bursztynu bałtyckiego. Podobnie jak w niektórych współczesnych lasach iglastych, jemioły karłowate prawdopodobnie wpływały na złożoność strukturalną lasu, prowadząc do bardziej otwartych terenów leśnych i zwiększając różnorodność gatunkową (Sadowski et al. 2017b).

Niedawne odkrycia makroporostów kopalnych zachowanych w bursztynie bałtyckim również bardziej odpowiadają wilgotnym, ale stosunkowo dobrze oświetlonym lasom strefy umiarkowanej (Kaasalainen et al. 2017). Porosty to wysoce wyspecjalizowane formy symbiotyczne grzybów heterotroficznych z fotoautotroficznymi zielenicami lub sinicami. Porosty odgrywają ważne role w ekosystemach i wykorzystywane są jako wskaźniki zmian środowiskowych.

W bursztynie bałtyckim odnaleźliśmy dużą liczbę porostów kopalnych (Hartl et al. 2015; Kaasalainen et al. 2015, 2017). Większość z nich reprezentuje wymarłe miseczniaki Lecanoromycetes, z typu workowców Ascomycota, klasę niemal wyłącznie symbiotyczną w ramach porostów. Rodzaj *Anzia* (Fig. 1D) i inni członkowie rodziny tarczownicowatych Parmeliaceae są reprezentowani szczególnie licznie. Skamieniałości obejmują szeroką gamę form wzrostowych i wiele ciekawych przykładów adaptacji morfologicznej do dawnego środowiska leśnego, w tym adaptacje, które przyczepiając plechy epifityczne do podłoża, pomagały łączyć zewnętrzne magazynowanie wody z efektywną wymianą gazową oraz usprawniały jednoczesną reprodukcję i rozprzestrzenianie obu partnerów w symbiozie. Niektórych cech morfologii plech brak lub występują rzadko u współczesnych gatunków europejskich porostów, co wskazuje, że klimat lasu bursztynu bałtyckiego był względnie wilgotny i najprawdopodobniej umiarkowany.

Dodatkowo celem opracowania było uzyskanie niezależnych danych ze specyficznych ekologicznie grzybów i porostów wskazujących na klimat i strukturę lasu. Analiza dużych kolekcji bursztynu bałtyckiego wykazała, że pałecznikowcowate porosty i grzyby (dalej „pałecznikowcowate") charakteryzowała różnorodność i prawdopodobnie duża liczebność w lasach macierzystych bursztynu bałtyckiego. Wiele współczesnych gatunków w polifiletycznej grupie grzybów pałecznikowcowatych jest wysoce specyficznych dla pewnych rodzajów lasów i warunków klimatycznych, a także przejawia silną

These new findings hint at distinct source ecosystems within the 'Baltic amber forest': coastal swamps, back swamps and riparian forests, as well as mixed-mesophytic conifer-angiosperm forests with meadows and open areas. Based on the comparison of the climatic requirements and distributions of fossil and extant analogues of the amber inclusions, a warm-temperate humid climate is suggested (Sadowski et al. 2017a). Moreover, the remarkable diversity of dwarf mistletoes suggests *Arceuthobium* was a keystone taxon of the 'Baltic amber forest'. As in some extant conifer forests, dwarf mistletoes probably influenced the structural complexity of the forest, leading to more open woodlands and increasing the species diversity (Sadowski et al. 2017b).

Recent findings of fossil macrolichens preserved in Baltic amber are likewise most consistent with humid but relatively well-illuminated temperate forests (Kaasalainen et al. 2017). Lichens are highly specialized symbioses between heterotrophic fungi and photoautotrophic green algae or cyanobacteria. Lichens play important roles in ecosystems and have been used as indicators of environmental change.

We have found plenty of fossil lichens from Baltic amber (Hartl et al. 2015; Kaasalainen et al. 2015, 2017). Most of these represent extant lineages of the Lecanoromycetes, an almost exclusively lichen-symbiotic class of Ascomycota. The genus *Anzia* (Fig. 1D) and other members of the family Parmeliaceae are especially well represented. The fossils include a wide variety of growth forms and many fine examples of morphological adaptation to the past forest environment, including adaptations that attached epiphytic thalli to their substrates, helped to combine external water storage with effective gas exchange and facilitated the simultaneous reproduction and dispersal of both partners in symbiosis. Some of the thallus morphologies are missing or rare in the extant European lichen species and suggest that the climate of the 'Baltic amber forest' was relatively humid and most likely temperate.

In addition, we aimed to obtain independent data from ecologically specific fungi and lichens that hint to climate and forest structure. Screening of major Baltic amber collections revealed that calicioid lichens and fungi ('calicioids') were diverse and probably abundant in the source forests of the Baltic amber. Many extant species in the polyphyletic group of calicioid fungi are highly specific to certain forest types and climatic conditions and exhibit high selectivity in their microhabitat preferences. Furthermore, their abundance and diversity in



Rycina 1. Przykłady roślin nasiennych i porostów stanowiących poparcie niedawnej rekonstrukcji lasu bursztynu bałtyckiego [zob. szczegóły u Kaasalainen et al. (2017), Sadowski et al. (2017a, b) oraz Rikkinen i Schmidt (2018)]. A, cypryśnik *Taxodium* sp. (Cupressaceae). B, *Cupressospermum saxonicum* (Geinitziaceae). C, *Arceuthobium* sp. (Viscaceae). D, *Anzia electra* (Parmeliaceae). E, pałecznik *Calicium succini* (Caliciaceae). Skala: 1 mm (A–D) i 0.2 mm (E).

Figure 1. Examples of seed plants and lichens that supported the recent reconstruction of the 'Baltic amber forest' (see Kaasalainen et al. (2017), Sadowski et al. (2017a, b) and Rikkinen and Schmidt (2018), for details). A, *Taxodium* sp. (Cupressaceae). B, *Cupressospermum saxonicum* (Geinitziaceae). C, *Arceuthobium* sp. (Viscaceae). D, *Anzia electra* (Parmeliaceae). E, *Calicium succini* (Caliciaceae). Scale bars: 1 mm (A–D) and 0.2 mm (E).

selektywność w preferencjach mikrosiedliskowych. Ponadto ich duża liczba i różnorodność we współczesnych ekosystemach leśnych zależna jest od klimatu i siedliska. Ponieważ grupa ta ma współcześnie szerokie rozmieszczenie, może dostarczyć cennych informacji na temat warunków panujących w lasach. Dokonaliśmy porównania morfologii funkcjonalnej współczesnych porostów i grzybów pałecznikowcowatych z cechami skamieniałości zachowanych w bursztynie bałtyckim. Bursztyn bałtycki zachował okazy zlichenizowanych workowców z rodzajów pałecznik *Calicium* (Caliciaceae) (ryc. 1E) i trzonecznica *Chaenotheca* (Coniocybaceae), a także przedstawicieli niezlichenizowanego rodzaju

modern forest ecosystems is climate and habitat dependent. As the group has a wide extant distribution it can provide valuable information about forest conditions. We compared the functional morphology of extant calicioid lichens and fungi to those of fossils preserved in Baltic amber. Baltic amber preserved specimens of lichenized ascomycetes of the genera *Calicium* (Caliciaceae) (Fig. 1E) and *Chaenotheca* (Coniocybaceae), and representatives of the non-lichenized genus *Chaenothecopsis* (Mycocaliciaceae). The assemblage of calicioid fungi from Baltic amber demonstrates that key features in the morphology of these organisms

trzoneczniczka *Chaenothecopsis* (Mycocaliciaceae). Zespół grzybów pałecznikowcowatych z bursztynu bałtyckiego pokazuje, że kluczowe cechy morfologiczne tych organizmów nie uległy zmianie od co najmniej eocenu, wskazując również na stabilność ich podstawowych nisz ekologicznych. Obecność różnorodnych pałecznikowatych stanowi silne poparcie poglądu, że obszar macierzysty bursztynu bałtyckiego to lasy umiarkowane z pokrywą koron drzew zmienną, miejscami otwartą. Lasy te zapewniły pałecznikowcowatym odpowiednie podłoże oraz różnorodne mikrosiedliska, które łączyły korzystne warunki oświetleniowe z dużą wilgotnością atmosferyczną (Kettunen et al. 2018; Rikkinen i Schmidt 2018; Rikkinen et al. 2018).

Podziękowania

Dziękujemy Lutzowi Kunzmannowi (Drezno), Leyli J. Seyfullah (Vienna), Carol A. Wilson i Clyde'owi L. Calvinowi (Berkeley) za owocną współpracę przy analizie roślin nasiennych z bursztynu bałtyckiego. Dzięki uprzejmości Christiana Neumanna i Manueli Tilling (Berlin) uzyskaliśmy dostęp do zbiorów bursztynu z Muzeum Przyrodniczego w Berlinie. Alexander Gehler i Tanja Stegemann (Getynga) udostępnili do naszych badań okazy z Królewieckich Zbiorów Bursztynu. Nasze opracowanie nie byłoby możliwe bez hojnego wsparcia miłośników bursztynu, którzy odkryli w swoich kolekcjach inkluzje roślin, porostów oraz grzybów i udostępnili je na potrzeby badawcze. Za udostępnienie okazów bursztynu szczególnie dziękujemy następującym osobom: Volker Arnold (Heide), Heinrich Grabenhorst (Wienhausen), Carsten Gröhn (Glinde), Christel i Hans Werner Hoffeins (Hamburg), Max Kobbert (Münster) i Jörg Wunderlich (Hirschberg an der Bergstraße).

have not changed since at least the Eocene, indicating that also their fundamental niches have remained stable. The presence of diverse calicioids gives strong support to the perception of the Baltic amber source area as temperate forests with variable and in places open canopies. These forests provided calicioids with suitable substrate and a variety of microhabitats that combined favorable light conditions with high atmospheric humidity (Kettunen et al. 2018; Rikkinen and Schmidt 2018; Rikkinen et al. 2018).

Acknowledgements

We thank Lutz Kunzmann (Dresden), Leyla J. Seyfullah (Vienna), Carol A. Wilson and Clyde L. Calvin (Berkeley) for fruitful collaboration in the study of seed plants from Baltic amber. Christian Neumann and Manuela Tilling (Berlin) kindly provided access to the amber collections of the Museum für Naturkunde zu Berlin. Alexander Gehler and Tanja Stegemann (Göttingen) made specimens from the Königsberg Amber Collection available for our study. This study would not have been possible without the generous support of amber enthusiasts who detected amber inclusions of plants, lichens and fungi in their collections and made them available for research. We especially thank Volker Arnold (Heide), Heinrich Grabenhorst (Wienhausen), Carsten Gröhn (Glinde), Christel and Hans Werner Hoffeins (Hamburg), Max Kobbert (Münster), and Jörg Wunderlich (Hirschberg an der Bergstraße) for providing amber specimens.

Literatura/References:

Hartl C., Schmidt A.R., Heinrichs, J., Seyfullah L.J., Schäfer N., Gröhn C., Rikkinen J., Kaasalainen U. 2015. Lichen preservation in amber: morphology, ultrastructure, chemofossils, and taphonomic alteration. Foss. Rec. 18, 127–135.

Kaasalainen U., Heinrichs J., Krings M., Myllys L., Grabenhorst H., Rikkinen J., Schmidt A.R. 2015. Alectorioid morphologies in Paleogene lichens: new evidence and re-evaluation of the fossil Alectoria succini Mägdefrau. PLoS ONE 10(6): e0129526.

Kaasalainen U., Schmidt A.R., Rikkinen J. 2017. Diversity and ecological adaptations in Palaeogene lichens. Nat. Plants 3, 17049.

Kettunen E., Sadowski E.-M., Seyfullah L.J., Dörfelt, H., Rikkinen J., Schmidt A.R. 2018. Caspary's fungi from Baltic amber: historic specimens and new evidence. Pap. Palaeontol. doi: 10.1002/spp2.1238.

Kohlman-Adamska A. 2001. A graphic reconstruction of an 'amber' forest, in: Kosmowska-Ceranowicz B. (Ed.). The Amber Treasure Trove - The Tadeusz Giecewicz's Collection at the Museum of the Earth, Polish Academy of Sciences. Oficyna Wydawnicza Sadyba, Warsaw, 15–18.

Rikkinen J., Schmidt A.R. 2018. Morphological convergence in forest microfungi provides a proxy for Eocene forest structure, in: Krings, M., Harper, C.J., Cúneo, N.R., Rothwell, G.W. (Eds) Transformative Palaeobotany. Papers to commemorate the life and legacy of Thomas N. Taylor. Academic Press, 527–549.

Rikkinen J., Meinke S.K.L., Grabenhorst H., Gröhn C., Kobbert M., Wunderlich J., Schmidt A.R. 2018. Calicioid lichens and fungi in amber - Tracing extant lineages back to the Paleogene. Geobios 51, 469–479.

Sadowski E.-M., Seyfullah L.J., Sadowski F., Fleischmann A., Behling H., Schmidt A.R. 2015. Carnivorous leaves from Baltic amber. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 112, 190–195.

Sadowski E.-M., Schmidt A.R., Kunzmann L., Gröhn C., Seyfullah L.J. 2016a. Sciadopitys cladodes from Eocene Baltic amber. Bot. J. Linn. Soc. 180, 258–268.

Sadowski E.-M., Schmidt A.R., Rudall P.J., Simpson D.A., Gröhn C., Wunderlich J., Seyfullah L.J. 2016b. Graminids from Eocene Baltic amber. Rev. Palaeobot. Palynol. 233, 161–168.

Sadowski E.-M., Schmidt A.R., Seyfullah L.J., Kunzmann L. 2017a. Conifers of the 'Baltic amber forest' and their palaeoecological significance. Stapfia 106, 1–73.

Sadowski E.-M., Seyfullah L.J., Wilson C.A., Calvin C.L., Schmidt A.R. 2017b. Diverse early dwarf mistletoes (Arceuthobium), ecological keystones of the Eocene Baltic amber biota. Am. J. Bot. 104, 694–718.

Schubert K. 1961. Neue Untersuchungen über Bau und Leben der Bernsteinkiefer [Pinus succinifera (Conwentz) emend.] - Ein Beitrag zur Paläohistologie der Pflanzen. Beih. Geol. Jahrb. 45, 1–149.

Weitschat W., Wichard W. 2010. Baltic Amber, in: Penney, D. (Ed.) Biodiversity of fossils in amber from the major world deposits. Siri Scientific Press, Manchester, UK, 80–115.