

Czy ograniczanie gradacji kornika drukarza *Ips typographus* (L.) w Puszczy Białowieżskiej jest możliwe i potrzebne?

Is it possible and necessary to control European spruce bark beetle *Ips typographus* (L.)
outbreak in the Białowieża Forest?

Jacek Hilszczański^{1*}, Jerzy R. Starzyk²

¹Instytut Badawczy Leśnictwa, Sękocin Stary, ul. Braci Leśnej 3, 05-090 Raszyn;

²Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie, Wydział Leśny, Instytut Ochrony Ekosystemów Leśnych,
Zakład Ochrony Lasu, Entomologii i Klimatologii Leśnej, Al. 29 Listopada 46, 31-425 Kraków

*Tel. +48 22 7150603, fax +48 22 7200397, e-mail: J.Hilszczanski@ibles.waw.pl

Abstract. In response to the information published in “Forest Research Papers” (vol. 77(4), 2016), regarding the problem of the European spruce bark beetle *Ips typographus* (L.) in the Białowieża Forest, we present our viewpoint on this issue. The role of the European spruce bark beetle in the Białowieża Forest is discussed based on experience gained in Europe’s forests. We present the effects of *I. typographus* outbreaks on forest biodiversity as well as outbreak mitigation in the context of the processes taking place in semi natural forests.

Keywords: forest protection, nature conservation, sanitation cutting, biodiversity

W ostatnim numerze „Leśnych Prac Badawczych” (vol. 77(4), 2016) ukazał się artykuł przeglądowy napisany przez Dominika Kulakowskiego pt. „Kontrolowanie gradacji korników (*Ips typographus*, *Dendroctonus* spp.) na obszarach chronionych w XXI wieku”. Ponieważ w wymienionym artykule znalazły się błędne informacje i stwierdzenia związane z gradacjami kornika drukarza, uznano za celowe zwrócenie na nie uwagi i podanie właściwej interpretacji w oparciu o własne badania oraz dane literaturowe.

Autor przytoczonej pracy deklaruje, że przy pisaniu artykułu przeanalizował wybrane publikacje indeksowane przez ISI (International Scientific Indexing), jednak spis cytowanej literatury jest bardzo ograniczony i nie zawiera kluczowych pozycji dotyczących problematyki biologii, ekologii i dynamiki liczebności populacji *I. typographus* w Europie. Można zatem odnieść wrażenie, że dobór cytowanych prac nie był obiektywny. Tymczasem liczba takich publikacji jest ogromna, obejmuje także obszerne pozycje przeglądowe i monograficzne (np. Zumr 1985, 1995; Skuhřavý 2002; Lieutier et al. 2004; Wermelinger 2004; Grodzki 2013; Fettig, Hilszczański 2015), jako że kornik drukarz należy do najintensywniej badanych, a przez to najlepiej poznanych gatunków owadów leśnych. Wobec tego wydaje się, że omawiając problem gradacji kornikowych w kontekście obszaru Europy na-

leżałoby skoncentrować się na obszernej wiedzy dotyczącej kornika drukarza, będącego bez wątpienia najistotniejszym czynnikiem biotycznym powodującym gwałtowne zamieranie drzew i drzewostanów świerkowych. Warunki, przebieg, a zwłaszcza skala przestrzenna gradacji *I. typographus* w Europie i korników z rodzaju *Dendroctonus* w Ameryce są nieporównywalne, wobec czego próby wyjaśniania tych procesów w Europie w oparciu o doświadczenia amerykańskie są co najmniej wątpliwe.

Tytuł wspomnianego opracowania, zarówno w brzmieniu polskim („Kontrolowanie gradacji korników ...”), jak i angielskim („Managing bark beetle outbreaks ...”) wprowadza Czytelnika w błąd, bowiem w tekście jest mowa wprost o zwalczaniu korników, jego zasadności i efektywności. Tymczasem „kontrolowanie” w kontekście kornika drukarza ma w języku polskim zgoła odmienne znaczenie, kojarząc się raczej z działaniami o charakterze monitoringowym niż z ograniczaniem nadmiernej liczebności jego populacji. Także anglojęzyczny „management” to coś więcej niż tylko zwalczanie – to raczej zespół przedsięwzięć i czynności zmierzających do hamowania dynamiki rozrodu owadów i ograniczania jego skutków.

Autor pisze, że „Gradacje te stały się przyczyną powszechnego zaniepokojenia o stan zdrowotny lasów i dlatego propo-

Wpłynęło: 27.02.2017 r., zrecenzowano: 15.03.2017 r., zaakceptowano: 28.03.2017 r.

nuje się usuwanie drzew w lasach objętych gradacjami lub uważanych za podatne na takie klęski”, powołując się m.in. na dokument Ministerstwa Środowiska z 2016 r. z podaniem odnośnika do strony internetowej MŚ informującej o podpisaniu „Programu dla Puszczy Białowieskiej jako dziedzictwa kulturowo-przyrodniczego UNESCO...”. Jednak w programie tym nie wspomina się o jakichkolwiek cięciach w Puszczy. Warto także w tym miejscu przypomnieć, że celem tzw. cięć sanitarnych w warunkach gradacji kornika drukarza jest usuwanie z lasu drzew, w których aktualnie odbywa się rozwój kornika drukarza, co prowadzi do niedopuszczenia do wylotu z tych drzew kolejnego pokolenia chrząszczy. Jest to metoda stosowana z powodzeniem od bardzo dawna (Kolk, Grodzki 2013).

Wśród niektórych zwolenników biernej ochrony Puszczy słychać opinie, że przyczyną gradacji kornika drukarza jest prowadzona na tym terenie gospodarka leśna. Sugerowanie antropogenicznych źródeł decydujących o skali gradacji kornika w Puszczy Białowieskiej nie ma żadnego uzasadnienia naukowego. Gradacje korników z równą intensywnością, co w monokulturach sztucznego pochodzenia, i w znacznie większej skali występowały i występują na przykład w naturalnych lasach Ameryki Północnej (Aukema et al. 2006). Innym nie znajdującym naukowego potwierdzenia jest pogląd przytaczany przez Kulakowskiego (2016) jakoby ograniczanie populacji korników poprzez usuwanie drzew zasiedlonych było nieskuteczne, zwłaszcza na obszarach chronionych (Fahse, Heurich 2011). Praktyka i nauka leśna wskazują jednak jednoznacznie, że zwłaszcza w silnie rozdrobnionych lasach europejskich, ograniczanie niekorzystnych przyrodniczych i ekonomicznych skutków wielkoobszarowych gradacji kornika drukarza jest uzasadnione i skuteczne przy odpowiednim nakładzie środków i zachowaniu właściwego reżimu czasowego określonych działań (Fettig, Hilszczański 2015; Stadelmann et al. 2013). Jedną z powszechnie stosowanych metod monitorowania oraz ograniczania nadmiernej liczebności kornika drukarza w czasie gradacji, jest także, obok usuwania zasiedlonych świerków (posusz czynny), stosowanie sztucznych pułapek feromonowych (Starzyk 1996; Grodzki 2007). Są one używane również w lasach gospodarczych wchodzących w skład Leśnego Kompleksu Promocyjnego „Puszcza Białowieska” (Nadleśnictwa Białowieża, Browski i Hajnówka). Niestety autor tego nie uwzględnił w swoim artykule.

Niektórzy badacze, kontestując sens ograniczania liczebności populacji korników przyznają, że: „Kontrola rozległych gradacji teoretycznie jest możliwa, ale wymagałoby to zabiegów wykonanych na prawie każdym zaatakowanym drzewie (Hughes, Drever 2001), co w praktyce oznaczałoby wycięcie większej liczby drzew od tych, które zamarłyby z powodu samej gradacji (Tempereli et al. 2014).” W praktyce rzeczywiście usuwane jest każde zaatakowane drzewo, co wcale nie oznacza, że wycinana jest większa liczba drzew niż wynika to z potrzeb, bo cięcia są jednostkowe i ograniczone wyłącznie do drzew, pod korą których aktualnie odbywa się rozwój korników (Stadelmann et al. 2013). Przyznaje

to zresztą także Kulakowski (2016), który powołując się na Wermelinger i in. (2012) stwierdza, że cięcia są skuteczne jeśli zostaną wykonane przed wylotem chrząszczy. Dlatego nie należy „uśmiechać się z politowaniem” (Szwagrzyk 2016) tylko precyzyjnie realizować zabiegi ochronne zgodnie z zasadami sztuki leśnej nawet wówczas, gdy „jest to trudne”. O ich skuteczności decyduje dokładność, a zwłaszcza terminowość. Usuwanie drzew, które młode pokolenie chrząszczy już opuściło, nie ma sensu z punktu widzenia oczekiwanego efektu zabiegu. Korniki, atakując drzewa, nie „osłabiają” ich, jak pisze Kulakowski (2016), tylko zabijają – nie ma więc mowy o „poprawianiu warunków bytowania wielu konkurencyjnych saproksylicznych organizmów (Raffa et al. 1998)”, ponieważ między kornikiem drukarzem a organizmami saproksylicznymi, korzystającymi z jego działalności, nie zachodzą mechanizmy konkurencji – jest to raczej mikrosukcesja saproksylobiontów na drzewa już zabite przez kornika. Korowanie i oskrobywanie kory (Thorn et al. 2016) nie może być traktowane jako alternatywa dla ścińki drzew, bowiem nikt nie koruje drzew stojących – najpierw muszą one zostać ścięte. To, co stanie się potem z okorowanym (oskrobanym) drewnem ściętych drzew jest z punktu widzenia ograniczania liczebności kornika – nieistotne. Obawy o nadmierne ograniczanie bazy rozwoju saproksylobiontów są w tym kontekście nieuzasadnione, skoro podjęta zostanie decyzja o pozostawieniu drzew po ich okorowaniu. Konieczne jest wszakże zachowanie pewnej równowagi między potrzebami ochrony czynnej a postulatem pozostawiania w lesie martwych drzew lub ich fragmentów (Kausrud et al. 2012).

Zagadnienie pozostawiania martwych świerków jest ważne z punktu widzenia ochrony bioróżnorodności Puszczy Białowieskiej. Jeszcze kilkanaście lat temu powszechnie sądzono, że pozostawianie jak największych ilości „martwego drewna” (a ściślej mówiąc martwych drzew i ich fragmentów) w lesie rozwiązuje problem ochrony organizmów saproksylicznych. Dzisiaj większość ekologów zajmujących się badaniem znaczenia martwych drzew i ich fragmentów doskonale rozumie, że zdecydowanie ważniejsze od miąższości pozostawianego w lesie drewna są jego jakość, określana poprzez temperaturę związaną z nasłonecznieniem, wilgotność, położenie i gatunek (Gössner et al. 2013). Bardzo istotna w zachowaniu vitalnych populacji organizmów saproksylicznych jest także rozpatrywana w skali krajobrazu ciągłość występowania w czasie martwych drzew o odpowiedniej jakości drewna (Sverdrup-Thygeson et al. 2014). Dlatego wielkopowierzchniowa gradacja kornika mająca miejsce na dużym, ale ograniczonym obszarze, w efekcie której powstają w krótkim czasie olbrzymie ilości martwych starych drzew, może doprowadzić do zaburzenia ciągłości występowania takich drzew w przyszłości (Werner et al. 2006).

Podczas gdy obecność gniazd kornikowych wpływa na zróżnicowanie struktury drzewostanu i polepszenie warunków rozwojowych wielu organizmów, to wielkopowierzchniowe gradacje kornika drukarza, z czym mamy do czynienia obecnie w Puszczy Białowieskiej, mogą w dłuższej perspektywie przynosić negatywne skutki wynikające z drastycznych

zmian środowiska. Od 2012 do 2016 roku zaewidencjonowano na terenie trzech nadleśnictw Puszczy (Białowieża, Browsk, Hajnówka) ponad 1 milion m³ posuszu świerkowego, powstałego jako efekt działalności kornika drukarza. Zjawisko zamierania starych świerków jest szczególnie groźne dla gatunków związanych z takimi drzewami, a także dla występujących na wyspach stanowiskach gatunków stenotopowych, wrażliwych na zmiany środowiskowe. Do gatunków takich należy m.in. figurujący w załącznikach do „Dyrektywy Siedliskowej” chrząszcz rozmiaż kolweński *Pytho kolwensis* C.R.Sahlb., wykorzystujący jako miejsce rozwoju i schronienia grube, powalone świerki, których ciągłość występowania jest poważnie zagrożona przez gradacje kornika. Także nadmiar martwych świerków nie sprzyja zachowaniu lub zwiększaniu związanej z nimi bioróżnorodności. Takie drzewa nie są preferowane np. przez gatunki uważane za wskaźniki dobrego zachowania środowisk związanych z drewnem martwych drzew, takich jak: zgniotek cynobrowy *Cucujus cinnaberinus* (Scop.), zgniotek szkarłatny *C. haematodes* Er. czy ponurek Schneidera *Boros schneideri* (Panz.). W Puszczy Białowieskiej gatunki te zdecydowanie preferują odpowiednio: osikę, olszę i sosnę, czego dowodzą wyniki inwentaryzacji prowadzonej przez Instytut Badawczy Leśnictwa na zlecenie Dyrekcji Generalnej Lasów Państwowych (Hilszczański, mat. niepubl.). W ogólnym bilansie drewna martwych drzew należy także wziąć pod uwagę zjawisko rekompensowania lokalnych niedostatków jego ilości przez związane ze zmianami klimatycznymi wzrost temperatury, podnoszący jego jakość jako substratu i środowiska życia (Müller et al. 2015).

Każdy obszar chroniony musi mieć sprecyzowane cele ochrony, a ich osiągnięcie powinny zapewniać podporządkowane im sposoby ochrony. Decyzja o objęciu danego obszaru określoną formą ochrony powinna opierać się na analizie przyczyn zastosowania danej formy ochrony, w oparciu o klarowne kryteria. Jeżeli celem ochrony jest śledzenie dynamiki rozwoju naturalnego ekosystemu, zasadnym jest zastosowanie ochrony ścisłej, z jednoczesną akceptacją wszystkich konsekwencji takiej decyzji, łącznie z rozpadem drzewostanów wskutek gradacji kornika drukarza. Natomiast jeżeli celem ochrony jest utrzymanie określonych wartości, np. starodrzewi świerkowych i z udziałem świerka oraz wszystkiego, co jest z nimi związane, wówczas powinna zostać zastosowana forma ochrony czynnej (Michalski et al. 2004), zakładająca spowalnianie tempa rozpadu zaatakowanych przez kornika drzewostanów i stopniowe kształtowanie składu gatunkowego oraz struktury przyszłego pokolenia lasu (Grodzki et al. 2013).

Nie proponuje się wkraczania z zabiegami czynnej ochrony lasu i przyrody przed kornikiem drukarzem w obszary, które z mocy obowiązujących przepisów są z takiej ingerencji wyłączone. Nie ma zatem mowy o dokonywaniu „wycinek” w obszarach chronionych (Grodzki 2016), jak to sugeruje Kulakowski (2016). W Puszczy Białowieskiej istnieją jednak rozległe obszary leśne objęte gradacją kornika drukarza, a równocześnie niepodlegające (przynajmniej formalnie) ograniczeniom w tym zakresie. W tych właśnie obszarach na-

leżałoby, a właściwie pilnie należy przywrócić realizację zabiegów ochronnych (ale nie „wycinek”), zgodnie z zasadami sztuki leśnej. Niestety, kolidujące ze sobą różnorakie formy ochrony przyrody w Puszczy uniemożliwiają podejmowanie niezbędnych, racjonalnych działań.

Zaliczenie Puszczy Białowieskiej do światowego dziedzictwa przyrodniczego UNESCO według kryterium IX., mówiącego o ochronie procesów naturalnych, odbyło się bez gruntownego przeanalizowania skutków takiej decyzji, która faktycznie na przeważającej części Puszczy narzuca zakaz wykonywania jakichkolwiek zabiegów, w tym zabiegów czynnej ochrony gatunków i siedlisk. Pierwszą czynnością, jaką powinno się wykonać przy planowaniu włączenia danego obszaru do obiektów, gdzie mają być obserwowane i chronione procesy naturalne, jest przeprowadzenie analizy odpowiadającej na pytanie: jaka powinna być minimalna powierzchnia takiego obszaru? Tego typu analiza nie została przeprowadzona. Minimalna powierzchnia obiektu chroniącego procesy naturalne powinna zapewniać stałą obecność w czasie wewnętrznych źródeł rekolonizacyjnych dla wszystkich elementów przyrodniczych występujących na danym obszarze. Powierzchnia taka powinna gwarantować funkcjonowanie w czasie i przestrzeni czynników kształtujących środowisko (zaburzenia), zapewniając warunki rozwojowe siedliskom i gatunkom (Leroux et al. 2007). Na przykład w strefie borealnej Kanady minimalny obszar, na którym „bezpiecznie”, bez utraty pełnej bioróżnorodności, można obserwować i chronić procesy naturalne, wynosi 2 mln hektarów. Taką opinię, na podstawie przytoczonych wcześniej badań, wyrazili eksperci IUCN oceniający rezerwat „Pimachiowin Aki” o powierzchni 3,3 mln ha, włączony na sesji UNESCO w Istambule na listę światowego dziedzictwa przyrodniczego na podstawie kryterium IX (IUCN World Heritage Evaluations 2016). Należy sądzić, że w strefie klimatycznej, w której znajduje się Puszcza Białowieska, taki minimalny obszar powinien także obejmować około 2 mln ha. Nawet cały obszar Puszczy Białowieskiej łącznie z częścią białoruską (około 160 tys. ha) to zdecydowanie za mało, aby spełnić wymagania związane z ochroną procesów bez ryzyka utraty bioróżnorodności. O zbyt małym obszarze Puszczy Białowieskiej w kontekście ochrony naturalnych procesów świadczy także obserwowane od kilkudziesięciu lat na tym terenie zamieranie gatunków i zanikanie siedlisk. Szczególnie wyraźnie widać to w przypadku zbiorowisk leśnych charakteryzujących się dużą obecnością światła, takich jak np. bory-lado czy świetlista dąbrowa. Do najbardziej spektakularnych przykładów wycofywania się z Puszczy gatunków tzw. lasu otwartego należy, obok wielu innych, zanik niektórych owadów: kozioroga dębosza *Cerambyx cerdo* L., jelonka rogacza *Lucanus cervus* (L.), przeplatki aurinii *Euphydryas aurinia* (Rott.), oraz roślin: sasanki otwartej *Pulsatilla patens* (L.) Mill. czy obuwika pospolitego *Cypripedium calceolus* L. Procesy wycofywania się z Puszczy gatunków, podobnie jak ich powroty, miały zapewne miejsce w przeszłości wielokrotnie. Niestety dzisiaj zjawiska ustępowania gatunków są jednak bardzo często nieodwracalne, zwłaszcza

cza w warunkach dominacji ochrony ścisłej sprzyjającej naturalnej sukcesji, przy jednoczesnej silnej fragmentacji i braku ciągłości obszarów leśnych oraz eliminacji kluczowych zaburzeń (pożary). W takiej sytuacji jedyną możliwością przetrwania wielu gatunków i siedlisk, występujących na chronionych obszarach Europy, jest przywrócenie zabiegów ochrony czynnej (Bernes et al. 2015; Sebek et al. 2015).

Aktualnie udział świerka w BPN wynosi ok. 22%, natomiast w lasach gospodarczych Puszczy (LKP) – 33% (LIFE+ ForBioSensing 2016). Różnica ta wynikać może z odmiennego sposobu postępowania wobec gradacji kornika drukarza w tych obszarach, a mianowicie stosowania zabiegów ograniczających liczebność jego populacji w lasach gospodarczych i ich braku w objętych ochroną bierną drzewostanach BPN. Niezależnie od tej różnicy rola świerka jako gatunku tworzącego lite drzewostany lub występującego w ich składzie jest w Puszczy bardzo istotna, a w niektórych jej fragmentach wręcz kluczowa. Gradacje kornika drukarza, rozpatrywane w kontekście ich wpływu na dynamikę ekosystemów leśnych Puszczy Białowieskiej przestają być korzystne, ponieważ na tym ograniczonym obszarze eliminują praktycznie w całości określone środowisko, w tym przypadku stare lasy świerkowe. Mamy w tej sytuacji dwa wyjścia: albo godzimy się z bezpowrotnym ubożeniem Puszczy, albo podejmujemy działania zmierzające do ograniczenia skutków gradacji, co jest jak najbardziej możliwe i potrzebne.

Konflikt interesów

Autorzy deklarują brak potencjalnych konfliktów.

Podziękowania

Autorzy serdecznie dziękują panu dr. hab. Wojciechowi Grodzkiemu, prof. IBL za cenne sugestie i uwagi wyrażone podczas przygotowania niniejszego tekstu oraz panu dr. inż. Krzysztofowi Stereńczakowi za udostępnienie danych dotyczących udziału świerka w Puszczy Białowieskiej.

Literatura

- Aukema B.H., Carroll A.L., Zhu J., Raffa K.F., Sickley T.A., Taylor S.W. 2006. Landscape level analysis of mountain pine beetle in British Columbia, Canada: Spatiotemporal development and spatial synchrony within the present outbreak. *Ecography* 29(3): 427–441. DOI 10.1111/j.2006.0906-7590.04445.x.
- Bernes C., Jonsson B.G., Junninen K., Löhmus A., Macdonald E., Müller J., Sandström J. 2015. What is the impact of active management on biodiversity in boreal and temperate forests set aside for conservation or restoration? A systematic map. *Environmental Evidence* 4: 25. DOI 10.1186/s13750-015-0050-7.
- Fahse L., Heurich M. 2011. Simulation and analysis of outbreaks of bark beetle infestations and their management at the stand level. *Ecological Modelling* 222(11): 1833–1846. DOI 10.1016/j.ecolmodel.2011.03.014.
- Fettig C.J., Hilszczański J. 2015. Management strategies for bark beetles in conifer forests, in: F. Vega, R. Hofstetter (eds) *Bark beetles: Biology and ecology of native and invasive species*. Elsevier, 555–584. ISBN 978-0-12-417156-5.
- Gössner M.M., Floren A., Weisser W.W., Linsenmair K.E. 2013. Effect of dead wood enrichment in the canopy and on the forest floor on beetle guild composition. *Forest Ecology and Management* 302: 404–413. DOI: 10.1016/j.foreco.2013.03.039.
- Grodzki W. 2007. Wykorzystanie pułapek feromonowych do monitoringu populacji kornika drukarza w wybranych parkach narodowych w Karpatach. *Prace Instytutu Badawczego Leśnictwa, Rozprawy i Monografie* 8: 1–127. ISBN 978-83-87647-69-8.
- Grodzki W. (red.) 2013. Kornik drukarz *Ips typographus* (L.) i jego rola w ekosystemach leśnych. Centrum Informacyjne Lasów Państwowych, Warszawa, 214 s. ISBN 978-83-63895-08-2.
- Grodzki W. 2016. Gradacyjne występowanie kornika drukarza *Ips typographus* (L.) (Col.: Curculionidae, Scolytinae) w aspekcie kontrowersji wokół Puszczy Białowieskiej. *Leśne Prace Badawcze* 77(4): 324–331. DOI 10.1515/frp-2016-0033.
- Grodzki W., Kolk A., Hilszczański J. 2013. Rola i znaczenie kornika drukarza, w: W. Grodzki (red.) *Kornik drukarz i jego rola w ekosystemach leśnych*. Centrum Informacyjne Lasów Państwowych, Warszawa, 127–136. ISBN 978-83-63895-08-2.
- Hughes J., Drever R. 2001. *Salvaging solutions: science-based management of B.C.'s pine beetle outbreak*. David Suzuki Foundation, Forest Watch of British Columbia Society, and Canadian Parks and Wilderness Society, Vancouver, B.C. ISBN 0-9680639-9-3.
- Kausrud K., Økland B., Skarpaas O., Grégoire J.-C., Erbilgin N., Stenseth N.C. 2012. Population dynamics in changing environments: the case of an eruptive forest pest species. *Biological Reviews* 87: 34–51. DOI 10.1111/j.1469-185X.2011.00183.x.
- Kolk A., Grodzki W. 2013. Metody i strategie ograniczania liczebności populacji kornika drukarza w drzewostanach zagrożonych, w: W. Grodzki (red.) *Kornik drukarz i jego rola w ekosystemach leśnych*. Centrum Informacyjne Lasów Państwowych, Warszawa, 149–160. ISBN 978-83-63895-08-2.
- Kulakowski D. 2016. Kontrolowanie gradacji korników (*Ips typographus*, *Dendroctonus* spp.) na obszarach chronionych w XXI wieku. *Leśne Prace Badawcze* 77(4): 352–357. DOI 10.1515/frp-2016-0036.
- Leroux S.J., Schmiegelow F.K.A., Lessard R.B., Cumming S.G. 2007. Minimum dynamic reserves: A framework for determining reserve size in ecosystems structured by large disturbances. *Biological Conservation* 138(3-4): 464–473. DOI 10.1016/j.biocon.2007.05.012.
- Lieutier F., Day K.R., Battisti A., Grégoire J.-C., Evans H.F. (eds.) 2004. *Bark and Wood Boring Insects in Living Trees in Europe, a Synthesis*. Kluwer Academic Publishers Dordrecht/Boston/London, 569 s. ISBN 1-4020-2240-9.
- Michalski J., Starzyk J.R., Kolk A., Grodzki W. 2004. Zagrożenie świerka przez kornika drukarza – *Ips typographus* (L.) w drzewostanach Leśnego Kompleksu Promocyjnego „Puszcza Białowieska” w latach 2000–2002. *Leśne Prace Badawcze* 3: 5–30.
- Müller J., Brustel H., Brin A., Bussler H., Bouget C., Obermaier E., Heidinger I.M.M., Thibault L., Förster B., Horak J., Prochazka J., Köhler F., Larrie L., Bense U., Isacson G., Zapponi L., Gössner M.M. 2015. Increasing temperature may compensate for lower amounts of dead wood in driving richness of saproxylic beetles. *Ecography* 38(5): 499–509. DOI 10.1111/ecog.00908.
- Raffa K.F., Aukema B.H., Bentz B.J., Carroll A.L., Hicke J.A., Turner M.G., Romme W.H. 2008. Cross-scale drivers of natural disturbances prone to anthropogenic amplification: the dynamics of bark beetle eruptions. *Bioscience* 58: 501–517. DOI 10.1641/B580607.

- Sebek P., Bace R., Bartos M., Benes J., Chlumská Z., Doležal J., Dvorsky M., Kovar J., Machac O., Mikatova B., Perlik M., Platek M., Polakova S., Skorpik M., Stejskal R., Svoboda M., Trnka F., Vlasin M., Zapletal M., Cizek L. 2015. Does a minimal intervention approach threaten the biodiversity of protected areas? A multi-taxa short-term response to intervention in temperate oak-dominated forests. *Forest Ecology and Management* 358: 80–89. DOI 10.1016/j.foreco.2015.09.008.
- Skuhřavý V. 2002. *Lýkožrout smrkový (Ips typographus L.) a jeho kalamity*. Agrospoj, Praha: 196 s. ISBN 80-7084-238-5.
- Stadelmann G., Bugmann H., Meier F., Wermelinger B., Bigler C. 2013. Effects of salvage logging and sanitation felling on bark beetle (*Ips typographus* L.) infestations. *Forest Ecology and Management* 305(1): 273–281. DOI 10.1016/j.foreco.2013.06.003.
- Starzyk J.R. 1996. Wykorzystanie feromonów do prognozowania i zwalczania szkodników wtórnych w lasach górskich. *Sylwan* 1: 23–36.
- Sverdrup-Thygeson A., Gustafsson L., Kouki J. 2014. Spatial and temporal scales relevant for conservation of dead-wood associated species: Current status and perspectives. *Biodiversity and Conservation* 23(3): 513–535. DOI 10.1007/s10531-014-0628-3.
- Szwagrzyk J. 2016. Puszcza Białowiecka; czym była, czym jest, czym ma być w przyszłości? *Leśne Prace Badawcze* 77(4): 291–295. DOI 10.1515/frp-2016-0030.
- Temperli C., Hart S., Veblen T.T., Kulakowski D., Hicks J., Andrus R. 2014. Are density reduction treatments effective at managing for resistance or resilience to spruce beetle disturbance in the southern Rocky Mountains? *Forest Ecology and Management* 334: 53–63. DOI 10.1016/j.foreco.2014.08.028.
- Thorn S., Bässler C., Bußler H., Lindenmayer D.B., Schmidt S., Seibold S., Wende B., Müller J. 2016. Bark-scratching of storm-felled trees preserves biodiversity at lower economic costs compared to debarking. *Forest Ecology and Management* 364: 10–16. DOI 10.1016/j.foreco.2015.12.044.
- Wermelinger B. 2004. Ecology and management of the spruce bark beetle *Ips typographus* – A review of recent research. *Forest Ecology and Management* 202(1-3): 67–82. DOI 10.1016/j.foreco.2004.07.018
- Wermelinger B., Epper C., Kenis M., Ghosh S., Holdenrieder O. 2012. Emergence patterns of univoltine and bivoltine *Ips typographus* (L.) populations and associated natural enemies. *Journal of Applied Entomology* 136: 212–224. DOI 10.1111/j.1439-0418.2011.01629.x.
- Werner R.A., Holsten E.H., Matsuoka S.M., Burnside R.E. 2006. Spruce beetles and forest ecosystems in south-central Alaska: A review of 30 years of research. *Forest Ecology and Management* 227(3 SPEC. ISS.): 195–206. DOI 10.1016/j.foreco.2006.02.050.
- IUCN World Heritage Evaluations 2016. IUCN Evaluations of nominations of natural and mixed properties to the World Heritage List. IUCN Technical Evaluation. Pimachiowin Aki (Canada): 135–146.
- Zumr V. 1985. Biologie a ekologie lýkožrouta smrkového (*Ips typographus* L.) a ochrana proti němu. *Studie ČAZV* 17, 106 s.
- Zumr V. 1995. *Lýkožrout smrkový – biologie, prevence a metody boje*. Matice lesnická, Pisek, 132 s. ISBN 80-900043-2-6.

Wkład autorów

J.H., J.R.S. – koncepcja i napisanie pracy.