

Detekce poškozování dřeva tesaříkem krovovým metodou měření akustické emise

David Varner¹, Miroslav Varner²

^{1, 2} CorrosionFatigue, Seifertova 10, Blansko, www.davar.cz/corfat

Abstrakt

Ztráty způsobené škůdci dřeva používaného ve stavebnictví a dalších odvětvích dosahují tak vysokých hodnot, že nutnost vyvinutí efektivních diagnostických metod schopných zachytit poškozující činnost škůdců neustále roste. Článek představuje výsledky úvodní studie zaměřené na použití metody měření akustické emise (dále AE) při identifikaci a lokalizaci aktivních larev tesaříka krovového (*Hylotrupes bajulus*). Pomocí larvy ve vzorku dřeva a aparatury AE s jedním snímačem bylo prokázáno, že pomocí signálů AE je možné aktivitu larev monitorovat. Cílem dalšího výzkumu by mělo být propracování metodiky měření a lokalizace škůdců v dřevěných konstrukcích.

Klíčová slova: škůdci dřeva, tesařík krovový, akustická emise

Abstract

Wood pests impose a significant losses in the area of building and other industries. Thus, effective methods of non-destructive diagnostics are required to capture wood damaging activity. The article presents results of an preliminary study that included measuring of acoustic emission (AE) signals emitted by living old-house borer (*Hylotrupes bajulus*) larvae feeding in wood samples. Using a small wood sample and a single AE sensor, the experiment has proven that AE signals can be used to determine presence of feeding larvae. Future research is advised to develop methodology for localization of feeding pests. As a result, critical areas in the wooden construction might be marked for repair/replace operation instead of complete disassembly.

Keywords: wood pests, *Hylotrupes bajulus*, acoustic emission

1. Úvod – charakteristika škůdce

Používání rostlého dřeva ve stavebnictví a výrobě rozmanitých předmětů s sebou nese nebezpečí jeho poškození až zničení působením dřevokazných hub a hmyzích škůdců. Jimi způsobené ztráty v lese na dřevoskladech podle odhadu činí 15 až 20 %. Další velké ekonomické ztráty působí škůdci v zabudovaném stavebním dřevě lidských obydlí, hospodářských stavení, dolů, mostů, plotů, nábytku a uměleckých předmětů nejrůznějšího charakteru. Tesařík krovový (*Hylotrupes bajulus*) napadá výhradně zpracované jehličnaté dřevo (bez kůry) většinou větších průřezů, trámy, krovy a dřevěné konstrukce. Larvy jsou 15 až 22 mm dlouhé, bílé s hnědou hlavou a třemi páry krátkých hrudních nožek. Vyhloďávají chodby v bělovém dřevu pod povrchem, později se zavrtávají hlouběji. Napadené dřevo je činností larev přeměněno na dř, kterou jsou oválné chodbičky (požerky) s profilem do 12 x 7 mm vyplněny. Optimální teplota pro vývoj jedince je 29 °C a optimální vlhkost dřeva 3 až 35 %. Výletové otvory mají oválný tvar o rozměrech cca 4 x 7 mm. Dospělec je hnědý až černý o délce 7 až 17 mm (sameček) a 11 až 22 mm (samička) s jemně šedým ochlupením tvořícím ve středu krovek dvě nezřetelné příčné skvrny (pruhy), tykadla dosahující sotva do poloviny krovek. Vývojový cyklus trvá 3 až 5 let, v nepříznivých podmínkách 10 až 15 let. Vylíhnutí brouci dobře létají a kladou vajíčka na vhodné dřevěné objekty v blízkosti ohniska napadení.



Obrázek 1: Larva tesaříka krovového, skutečná délka 18 mm. Foto <http://www.invasive.org>
 Obrázek 2: Dospělý samec tesaříka krovového, skutečná délka 15 mm. Foto <http://www.invasive.org>

2. Problémy spojené s diagnostikou poškození dřevěných konstrukcí

Největší slabinou stavebně-technických průzkumů dřevěných konstrukcí zabudovaných ve stavbách je absence využití diagnostických metod. Průzkumy jsou založené pouze na smyslovém aparátu člověka provádějícího samotné posouzení, což je v dnešní době nedostačující. Používání konvenčního způsobu zjišťování poškození bez použití diagnostických přístrojů je subjektivní a může vést k chybným rozhodnutím.



Obrázek 3: Část krovu poškozená činností larev tesaříka krovového. Foto Michal Kloiber

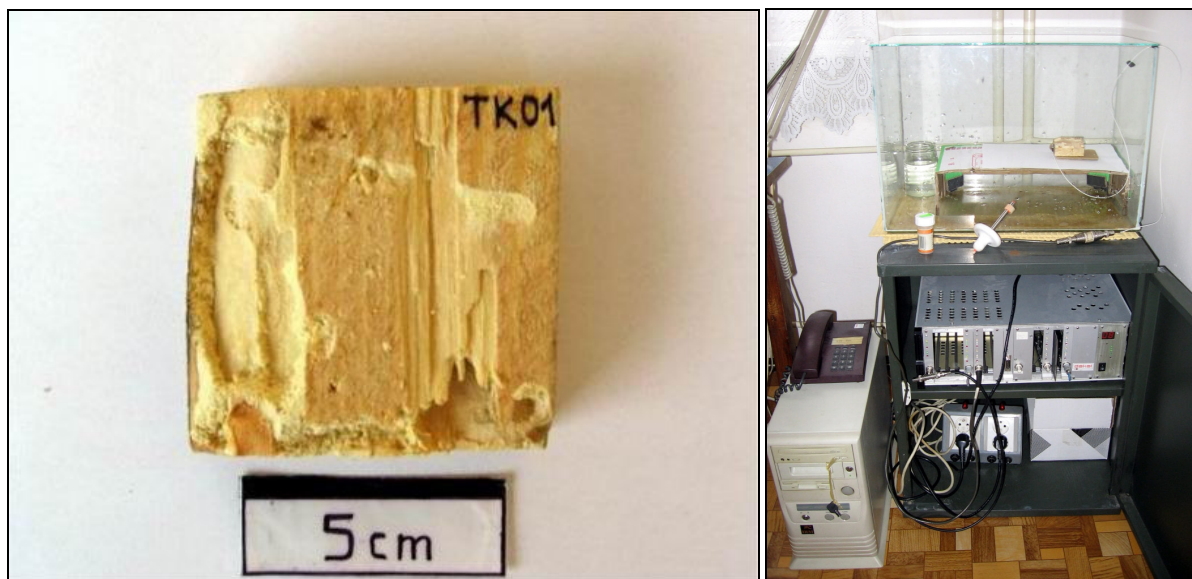
Při průzkumech historických stavebních památek je podobně jako při restaurování hodnotných uměleckých děl třeba přistupovat co možná nejcitlivěji k dochované dřevní hmotě. Hloubkové sondážní diagnostické metody, které s sebou přinášejí invazivní nebo dokonce destruktivní zásahy do původních konstrukcí a povrchů jsou ve většině případů nežádoucí. Proto je nutné hledat objektivní a zároveň šetrné diagnostické metody. V poslední době se používají nedestruktivní akustické metody, například ultrazvukový přístroj ADD (Arborsonic Decay Detector), který měří rychlosti šíření elastické deformace v dřevěné konstrukci. Při měření je používán vysílač a přijímač, přičemž z naměřené doby průchodu signálu je vypočítána rychlost šíření signálu v dřevěném prvku. Následně je možné stanovit místa, kde je dřevní hmota poškozena hnilobou či určit pozici dutin. Určitá omezení má tato metoda s ohledem na hloubkovou lokalizaci a určení rozsahu/druhu poškození. V případě napadení larvami tesaříka krovového může lokalizace oblastí s narušenou dřevní hmotou signalizovat přítomnost požerek

vyplněných drtí. V žádném případě však není možné touto metodou rozlišit mezi aktivním poškozováním larvou nebo již poškozeným dřevem bez živého škůdce. Mezi další poměrně jednoduché metody patří monitorování činnosti larev tesaříka krovového pomocí lékařských stetoskopů. I v tomto případě je však lokalizace aktivních larev velmi problematická. Je totiž možná pouze v případě, že se pozorovatel nachází nadoslech aktivní larvy. Tento předpoklad úspěšné detekce poškozování nelze u rozlehlých a obtížně přístupných dřevěných konstrukcí často splnit. Navíc jak bude ukázáno níže, intenzita poškozování larvou se významně mění s časem; úspěšná detekce poškozování vyžaduje tedy delší dobu pozorování.

3. Využití akustické emise při zjišťování aktivních larev tesaříka krovového

Požadavky na nedestruktivní sledování aktivní poškozující činnosti škůdců splňuje také metoda akustické emise (dále jen AE). Ta se vzhledem ke svému rozšíření již řadí mezi standardní postupy v oblasti únavových zkoušek kovových, kompozitních a jiných materiálů. Uplatňuje se tak především při diagnostice poškození leteckých komponentů, stavebních konstrukcí či tlakových nádob apod. Poznatky získané při monitorování poškozování kovových materiálů při únavě, korozi a korozním praskání ukazují na reálnou možnost monitorovat AE generovanou činností škůdců při poškozování rostlin, skladovaných plodin a zejména dřevní hmoty. V zahraničí již byly poměrně úspěšně aplikovány postupy měření AE při monitorování výskytu termitů a jiných škůdců.

V roce 2006 byl zahájen pilotní experiment, jehož cílem bylo ověřit detekovatelnost signálů AE generovaných destrukční činností (požerem) larev tesaříka krovového v laboratorních podmínkách. Za tímto účelem byl získán vzorek dřeva s dvouletou larvou škůdce z výzkumného pracoviště MZLU v Brně. Je zřejmé, že specifickým problémem na rozdíl od monitorování neživých subjektů je nutnost přechovávání živé larvy škůdce pro potřeby měření. Tuto situaci navíc ztěžuje fakt, že ačkoliv v přirozeném prostředí jsou larvy poměrně rezistentní a vitální (což dokazují rozsáhlé škody jimi způsobené), při umělé reprodukci v laboratorních podmínkách je populace přes veškerou snahu nestabilní a často dochází k nevysvětlitelným úhynům.



Obrázek 4: Celkový pohled na vzorek TK01 obsahující larvu tesaříka krovového. Foto David Varner

Obrázek 5: Zkušební aparatura DAKEL XEDO a terárium se vzorkem TK01. Foto David Varner

V rámci popisovaného experimentu byl na připravený dřevěný hranolek (viz obrázek) s larvou upevněn pryžovou gumičkou miniaturní širokopásmový snímač AE se zabudovaným předzesilovačem. Po úpravě a zesílení jednotkou DAKEL XEDO se signál vyhodnocoval programem DAKEL DAESHOW. Hranolek se snímačem byl umístěn v běžném skleněném teráriu při teplotě 25 ° a relativní vlhkosti vzduchu 60 - 90 % (viz obrázek). Korelační kontrola slyšitelných zvuků vydávaných larvou byla prováděna pomocí běžného mikrofónu připojeného přes zvukovou kartu v PC k odposlechovým reproduktorům.

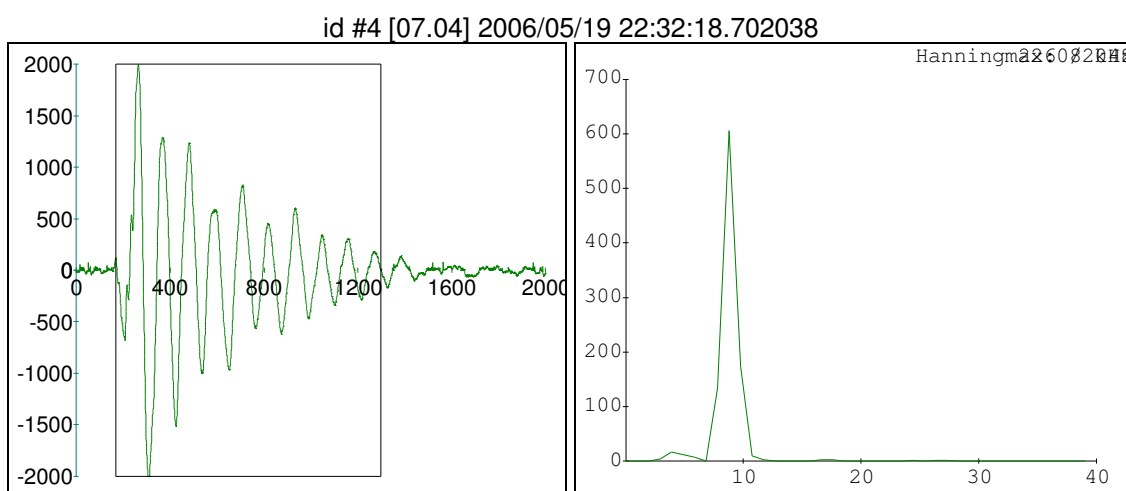
4. Výsledky experimentu

Úvodní 2denní měření (od 20. 4. 2006 do 21. 4. 2006) ukázala, že poškozování dřevní hmoty larvami tesaříka (nejpravděpodobněji se jednalo o okamžik odtržení dřevního vlákna kusadly larvy) je doprovázeno emisí akustických signálů ve slyšitelné i ultrazvukové části spektra. Po zjištění frekvenčních charakteristik naměřených

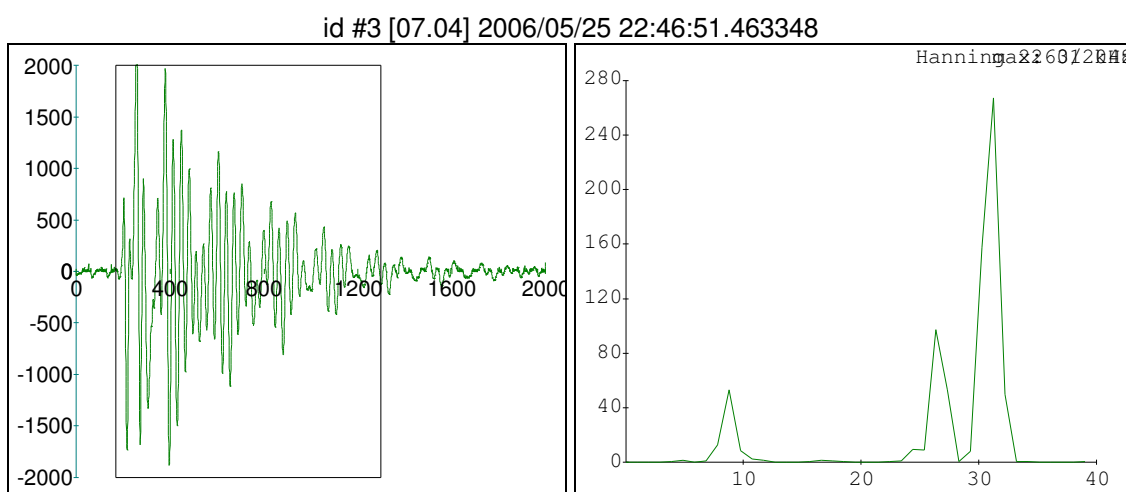
signálů byla provedena optimalizace technického a programového vybavení a metodiky měření signálu. Upravená měřicí deska se zvýšenou citlivostí v oblasti frekvencí 5 – 50 Hz byla následně použita v druhé fázi měření trvající 17 dní (od 20. 5. 2006 do 5. 6. 2006). Bohužel krátce po dokončení této fáze experimentu došlo k úhynu larvy ve zkušební vzorku (což bylo signalizováno nejprve slábnutím a posléze úplným vymizením signálů AE) a další výzkum byl tedy nuceně odložen až do doby získání nové larvy.

Vyhodnocení událostí AE a funkce spektrální výkonové hustoty

Při měření byl sledován charakter naměřených událostí AE ve vztahu k funkci spektrální výkonové hustoty (PSD) i celková aktivita larvy v denním i nočním režimu. Níže jsou uvedeny typické ukázky naměřených událostí AE signálů AE v okamžiku odtržení dřevního vlákna kusadly larvy. Signály AE jsou na levých grafech, pravé grafy ukazují funkce spektrální výkonové hustoty signálů v závislosti na frekvenci. Z grafů vyplývá, že podle funkce PSD je možné rozlišit dva hlavní typy signálů AE. První typ respektive druhý typ obsahuje převážně frekvence s maximem v oblasti 8 kHz resp. 30 kHz. Uvážíme-li směrovou anizotropii mechanických vlastností (podél a kolmo na vlákna) vyvolanou stavbou dřeva, lze očekávat, že signál AE emitovaný při lomu kolmo na vlákna bude obsahovat vyšší frekvence než signál emitovaný při lomu podél vláken.



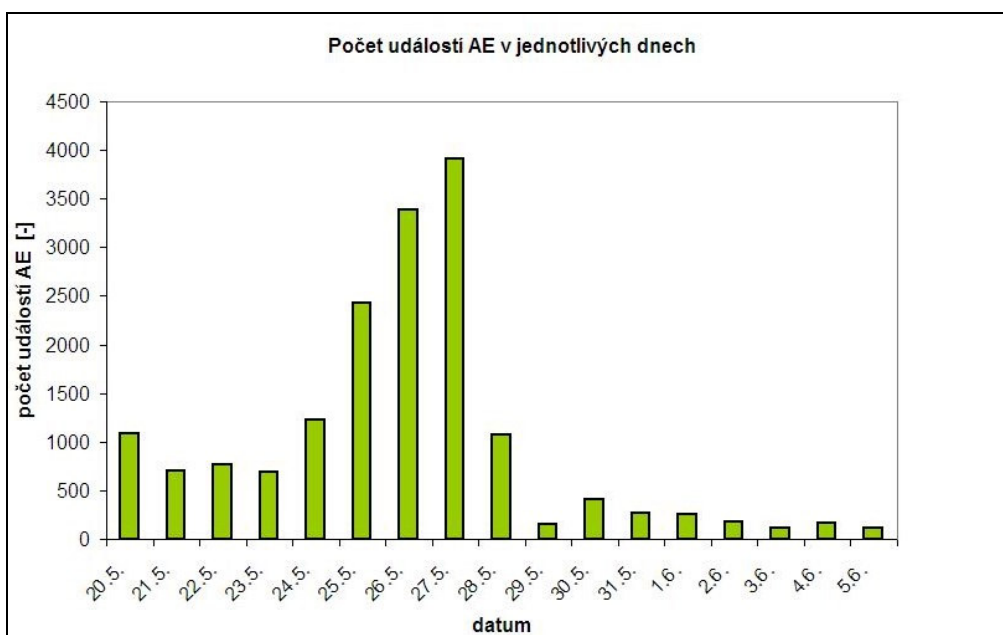
Obrázek 6: Grafy průběhu události AE a funkce PSD s maximem kolem 8 kHz.



Obrázek 7: Grafy průběhu události AE a funkce PSD s maximem kolem 30 kHz..

Vyhodnocení aktivity larvy v průběhu měření AE

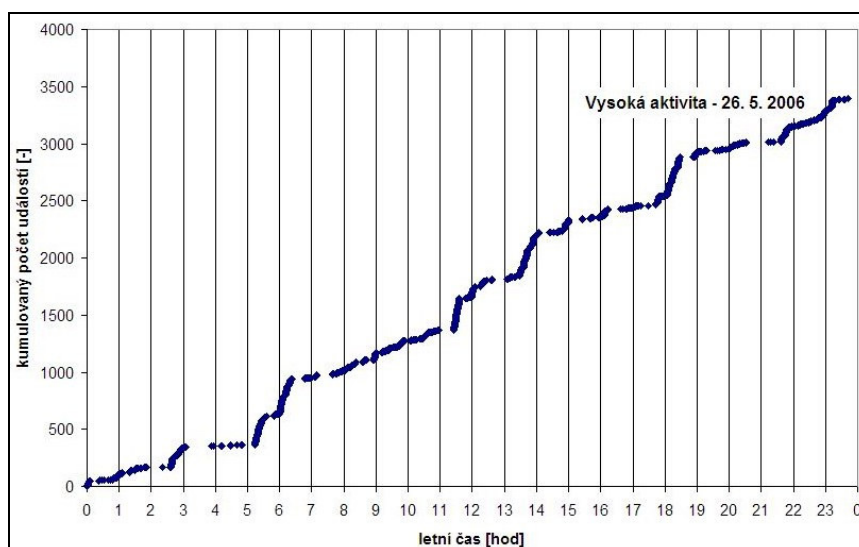
Zajímavé bylo sledovat aktivitu larvy v průběhu 17denního měření. Ačkoliv v teráriu byla udržována stálá teplota v rozmezí 24-26 stupňů Celsia a relativní vlhkost 90 %, aktivita larvy se z neznámých důvodů výrazně změnila, po úvodní mírně zvýšené fázi přišel prudký nárůst a posléze výrazný pokles počtu naměřených událostí AE. Zůstává otázkou, do jaké míry by úspěšnost skutečného měření v terénních podmínkách (například ve stavbě s krovky napadenými tesaříkem) závisela na změnách aktivity v průběhu dne a noci. Zmiňované měření bylo prováděno na přelomu května a června, je tedy možné, že v jiných měsících by byla aktivita škůdce odlišná. Stanovení těchto časových závislostí by však vyžadovalo dlouhodobé sledování larev v laboratorních podmínkách.



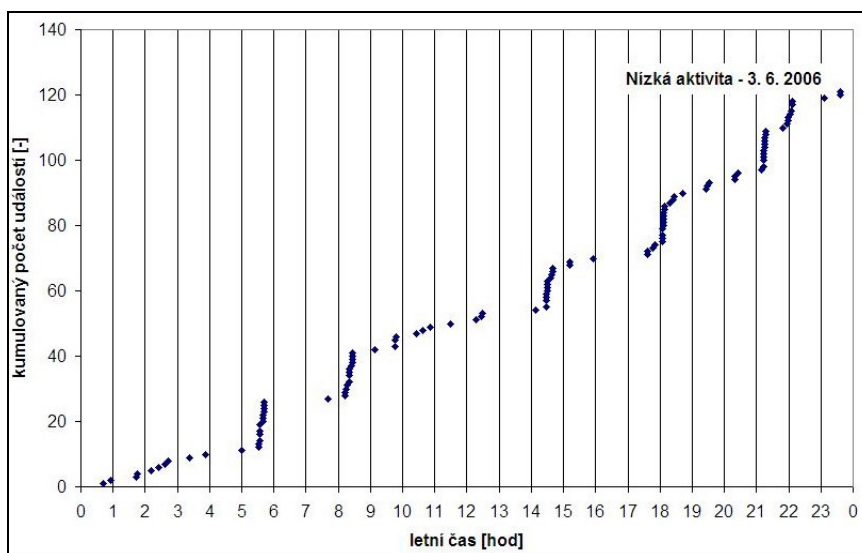
Obrázek 8: Graf aktivity larvy tesaříka v průběhu měření AE.

Vyhodnocení četností událostí AE v průběhu denního cyklu

V průběhu 24hodinového cyklu byly sledovány kumulativní počty událostí s cílem stanovit preferenční časové pásmo pro skutečné měření v terénních podmínkách. Během sledovaného období nebyl zjištěn žádný typický vzorec rozložení událostí AE, nebylo tedy možné určit „aktivní“ hodiny charakterizované zvýšenou činností larvy ani „neaktivní dobu“ bez měřených událostí AE. Dva následující grafy ukazují kumulativní četnosti naměřených událostí AE během 24 hodin u dne s vysokou a nízkou aktivitou.



Obrázek 9: Graf aktivity larvy tesaříka v průběhu 24hodinového cyklu – den s vysokou aktivitou larvy.



Obrázek 10: Graf aktivity larvy tesaříka v průběhu 24hodinového cyklu – den s nízkou aktivitou larvy.

5. Závěr

Během úvodního experimentu byla prokázána měřitelnost signálů AE generovaných poškozující činností tesaříka krovového ve vzorku napadeného dřeva. Podařilo se určit charakteristické znaky událostí AE a pozornost byla věnována také biologickým aspektům, zejména aktivitě larvy škůdce v laboratorních podmínkách. Tato pozorování neprokázala jednoznačně, že existuje doba vhodná pro terénní měření aktivity škůdce. Pro další vývoj metodiky bude důležitá zejména možnost vývoje instrumentace pro aplikaci měření AE přímo na napadených objektech. Požadavky na takový přístroj (přenositelnost, nezávislost na externím zdroji napájení) bude do jisté míry limitovat větší rozšíření metody v reálných podmínkách. Dalším dosud neadresovaným problémem je vývoj metodiky pro lokalizaci skutečné pozice larvy škůdce, jehož podmínkou bude důkladné studium vlnových vlastností dřeva jako v oblasti AE netradičního a navíc silně anizotropního materiálu. Zde by se mohly uplatnit zkušenosti ze zahraničních laboratoří, které se již problematikou použití AE u dřevěných materiálů zabývají. V neposlední řadě bude nutné důkladné prozkoumání samotné poškozující činnosti larvy škůdce a stanovení přesného zdroje událostí AE, přičemž v tomto případě bude zřejmě nezbytná spolupráce s příslušnými pracovišti v oboru entomologie a biologie. Lze tedy říci, že výše popsany experiment naznačil nové směry výzkumu a poukázal na specifika použití nedestruktivní diagnostické metody měření AE u vzorků živých organismů.

5. Poděkování

Autoři článku děkují: Ing. J. Holanovi PhD. za podporu při získání larvy, Ing. J. Kloiberovi za fotografickou dokumentaci a firmě DAKEL, ZD Rpety za pomoc při instrumentaci experimentu.

6. Použité prameny a zdroje

www.kloiber.cz
<http://www.invasive.org>