

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra ochrany lesa a entomologie



Vaječní parazitoidi *Lymantria dispar* v České republice

Bakalářská práce

Autor práce: David Vacek

Vedoucí práce: Mgr. Karolína Lukášová, Ph.D.

2016

Czech University of Life Sciences Prague

Faculty of Forestry and Wood Sciences

Department of Forest Protection and Entomology



Egg parasitoids of *Lymatria dispar* in the Czech Republic

Bachelor thesis

Author: David Vacek

Supervisor: Mgr. Karolína Lukášová, Ph.D.

2016

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

David Vacek

Hospodářská a správní služba v lesním hospodářství

Název práce

**Vaječní parazitoidi *Lymantria dispar* v České republice**

Název anglicky

**Egg parasitoids of *Lymantria dispar* in the Czech Republic**

---

### Cíle práce

- zmapovat výskyt bekyně velkohlavé na jižní Moravě
- zjistit druhové spektrum vaječných parazitoidů bekyně velkohlavé

### Metodika

V oblasti výskytu bekyně velkohlavé (*Lymantria dispar*) na jižní Moravě bude zhodnoceno několik porostů metodou transektů na přítomnost vaječných snůšek a zjištěna hustota populace. Všechny nalezené snůšky budou odebrány a bude spočítán počet vykladených vajíček. Za laboratorních podmínek budou dochovávány vaječní parazitoidi. Vzorky budou odebírány každý druhý den a ihned převedeny do 70% lihu. Na podzim bude materiál determinován do jednotlivých druhů.

## Doporučený rozsah práce

30 stran

## Klíčová slova

bekyně velkohlavá, parazitace, *Ooencyrtus kuvanae*, *Anastatus japonicus*

---

## Doporučené zdroje informací

- Avci M. 2009: Parasitoid complex and new host plants of the gypsy moth, *Lymantria dispar* L. in the Lakes district, Turkey. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 8: 1402-1405.
- Berryman A.A. 1998: The role of parasitoids in the population dynamics of forest Lepidoptera. In: McManus M.L., Liebhold A.M. (Eds.) *Population dynamics, impacts, and integrated management of forest defoliating insects*. Gen. Tech. Rep. NE-247. USDA Forest Service, Northeastern Research Station, Radnor, PA, pp. 253-260.
- Brown M.W., Williams F.M., Cameron E.A. 1983: Simulations on the role of the egg parasite, *Ooencyrtus kuvanae* (Howard), in the population-dynamics of the gypsy moth. *Ecological Modelling*, 18: 253-268.
- Brown M.W. 1984: Literature-review of *Ooencyrtus kuvanae* Hym., Encyrtidae, an egg parasite of *Lymantria-dispar* Lep., Lymantriidae. *Entomophaga*, 29: 249-265.
- Čapek M. 1971: Výsledky pokusov s introdukciou vaječných parazitov mníšky veľkohlavej na Slovensku. *Lesnícký časopis*, 17: 127-137.
- Eichhorn O. 1996: Experimental studies upon the parasitoid complex of the gypsy moth (*Lymantria dispar* L.) (Lep., Lymantriidae) in lower host populations in eastern Austria. *Journal of Applied Entomology*, 120: 205-212.
- Hajizadeh G., Kavosi M.R., Moshashaei E. 2011: Natural enemies of the gypsy moth *Lymantria dispar* (L.) (Lepidoptera: Lymantriidae). *International Research Journal of Agricultural Science and Soil Science*, 8: 301-306.
- Hoch G., Zúbrik M., Novotný J., Schopf A. 2001: The natural enemy complex of the gypsy moth, *Lymantria dispar* (Lep., Lymantriidae) in different phases of its population dynamics in eastern Austria and Slovakia – a comparative study. *Journal of Applied Entomology*, 125: 217-227.
- McManus M., Cszóka G., 2007: History and impact of gypsy moth in North America and comparison to the recent outbreaks in Europe. *Acta Silvatica & Lignaria Hungarica*, 3: 47-64.
- Zúbrik M., Novotný J. 1997: Egg parasitization of *Lymantria dispar* (Lep., Lymantriidae) in Slovakia. *Biology*, 52: 343-350.
- 

## Předběžný termín obhajoby

2015/16 LS – FLD

## Vedoucí práce

Mgr. Karolína Lukášová, Ph.D.

## Garantující pracoviště

Katedra ochrany lesa a entomologie

Elektronicky schváleno dne 19. 2. 2014

**prof. Ing. Jaroslav Holuša, Ph.D.**

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 9. 8. 2014

**prof. Ing. Marek Turčáni, Ph.D.**

Děkan

V Praze dne 15. 04. 2016

Rád bych tímto poděkoval vedoucí své bakalářské práce Mgr. Karolíně Lukášové Ph.D. za pomoc, vstřícný přístup a nezměrnou trpělivost se zpracováním.

Také bych chtěl poděkovat své rodině a přátelům, kteří mě podporovali ne jen při psaní této práce, ale během celého studia.

Prohlašuji, že bakalářskou práci na téma Vaječní parazitoidi *Lymatria dispar* v České republice jsem vypracoval samostatně pod vedením Mgr. Karolíny Lukášové, Ph.D. a s použitím odborné literatury a dalších zdrojů, které jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Jsem si vědom, že zveřejněním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách v platném znění, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby."

V ..... dne .....

Podpis autora.....

## **ABSTRAKT**

Tato bakalářská práce byla zaměřena na zmapování bekyně velkohlavé (*Lymantria dispar*) na území jižní Moravy a zjištěním druhového spektra vaječných parazitoidů tohoto škůdce. Studijní plocha se nacházela na území jižní Moravy, a to v okolí obcí Břeclavska, Valtic, Milovic a dalších předem vybraných studijních ploch. Na přelomu února a března 2014 byl prováděn sběr materiálu a sčítání zasažených stromů na sedmi předem vybraných lokalitách a to metodou transektů. Opatrně oddělené snůšky byly uloženy do připravených nádob a následně převezeny do laboratoře, kde po řádném sčítání množství vajíček ve snůšce byly uloženy do Petriho misek k dalšímu zkoumání.

V průběhu líhnutí se odebíraly a zároveň počítaly housenky, ale také se kontroloval počet nevylihnutých vajíček a případných parazitoidů. Vylíhnutí parazitoidi byli uloženi do 70 % etanolu a následně determinováni pod stereomikroskopem.

Po vyhodnocení výsledků se ukázalo, že na zkoumaném území je populace bekyně velkohlavé stále v latentním stavu, a to poměrem 0,023 snůšky na jeden strom. Dále se ukázalo, že její gradační cyklus se vyvíjí dle předpokladů. Dalším výsledkem bylo zjištění jediného determinovaného druhu parazitoida a to *Anastatus japonicus*, kteréhose našlo 1225 jedinců a to jen na 4 lokalitách. Vajíčka *L. dispar* byla parazitována *A. japonicus* v průměru okolo 5,12 %.

**Klíčová slova:** bekyně velkohlavá, parazitace, *Ooencyrtus kuvanae*, *Anastatus japonicus*

## **ABSTRACT**

This bachelor thesis deals with the prevalence of the gypsy moth (*Lymantria dispar*) in the region of South Moravia. The research focuses on mapping of the geographical spread of gypsy moth and the variability in the species of parasites that feed on the eggs of gypsy moth. The study area in the region of South Moravia consists of the surrounding of settlements Břeclavsko, Valtice, Milovice and of other previously selected locations.

The field study was performed in February and March 2014 on seven sectors of the study area. The transect method was applied for the sample collection and for the survey of trees affected by the gypsy moth. Coated egg clusters were carefully extracted into prepared containers and transported to the laboratory. After a basic quantitative survey of the number of eggs in clusters, eggs were placed in Petri dishes for the further analysis.

During the hatching process, larvae were separated and counted, while the number of unhatched eggs was recorded and further tested for the presence of parasitoids. The parasitoids that hatched were treated with the 70 % ethanol solution and later classified under the stereo microscope.

The results of this study show that the population of the gypsy moth in the study area still exhibits the latent state, with the ratio of 0.023 egg cluster per tree. It was further demonstrated that the development of population growth follows the previous predictions. It was also discovered that there is only one prevailing species of parasite, *Anastatus japonicus*, with the total count of 1,225 individuals found in only 4 sectors of the study area. The eggs of *L. dispar* were parasited by *A. japonicus* in average around 5.12 %.

**Keywords:** gypsy moth, parasitism, *Ooencyrtus kuvanae*, *Anastatus japonicus*



## OBSAH

OBSAH .....	9
ÚVOD .....	10
CÍLE PRÁCE .....	12
LITERÁRNÍ PŘEHLED.....	13
3.1 Charakteristika.....	13
3.2 Monitoring a obranná opatření .....	14
3.3 Ochrana.....	15
3.4 Vaječní parazitoidi.....	16
3.4.1 <i>Ooencyrtus kuvanae</i> .....	17
3.4.2 <i>Anastatus japonicus</i> .....	18
3.5 Patogeny .....	18
METODIKA.....	20
4.1 Popis oblasti.....	20
4.2 Pracovní postup .....	22
VÝSLEDKY .....	24
DISKUZE.....	29
ZÁVĚR.....	32
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....	33

## ÚVOD

V každé části světa, kde se bekyně velkohlavá vyskytuje, způsobuje velké ekonomické škody na lesních porostech. Oproti Evropě, kde bekyně velkohlavá páchá nižší škody, tak v Africe, Asii a Severní Americe jsou tyto škody znatelnější (ALALOUNI ET AL. 2013). Je tomu i proto, že v našich podmínkách dochází k opakované a v pravidelných intervalech opakující se gradaci a můžeme tedy pomocí prevence předejít velkým škodám. V Americe, kde je v současné době permanentní gradace a především z důvodu jejího zavlečení, neměla bekyně žádné přirozené nepřátele, kteří by mohli regulovat její počet. Díky tomuto přemnožení začal být vyvíjen tlak na výzkum biologie bekyně velkohlavé a také na zjišťování možností regulace populací (TOBIN ET AL. 2012).

Je známá a používaná řada prostředků na hubení hmyzu na chemické bázi (ZAHRADNÍK 2005), v současnosti se však preferuje využívání metod spojených s použitím přirozených nepřátel, a to především parazitoidů a různých druhů hub jako je *Entomophaga maimaiga*. V Evropě se používá metoda aplikace virů (polyedrie) či bakterií *Bacillus thuringiensis* (HOCH ET AL. 2001; ZOLUBAS ET AL. 2001; HAJIZADEH ET AL. 2011; CONTARINI ET AL. 2013; SPARKS ET AL. 2013; ZÚBRIK ET AL. 2014).

I když se použití těchto metod ukázalo jako velice účinné, a to především v těch částech kde byla bekyně velkohlavá zavlečena, například USA (ZÚBRIK 1993), neměli bychom tuto efektivitu přeceňovat, a měla by být lépe prozkoumána v průběhu budoucích gradačních cyklů bekyně velkohlavé.

Pro bekyni velkohlavou je v České republice typický areál výskytu v teplejších oblastech, především na jižní Moravě. U bekyně dochází k pravidelným gradacím, které mají za příčinu masivní škody na listnatých porostech. V případě našeho území, se tato gradace vyskytuje v rozmezí 6 až 12 let ( ZÚBRIK & KALMÁROVÁ 2011; GEORGIEV ET AL. 2012).

V současnosti je v České republice bekyně velkohlavá v latentním stavu. V roce 2002 nastal pomalý růst celé populace a to až do roku 2005, kdy dosáhla největšího počtu a nejširšího plošného napadení porostů. Nejčastějším výskytem byla právě jižní Morava, kde v roce 2005 bylo napadeno celkem 3400 ha porostů a to na území obcí Břeclavska, Hodonína, Znojma a Vyškova, což bylo oproti předešlému roku (2004) výrazný nárůst. V roce 2004 bylo napadeno ve stejné oblasti celkem 1500 ha. V jarních měsících bylo letecky provedeno

ošetření napadeného porostu v rozsahu 2000 ha. Pro chemické ošetření s leteckou aplikací se nejčastěji využívá Nomolt 15 SC, Dimilin 48 SC, Biobit XL a Rimon (LIŠKA ET AL. 2006).

Po této aplikaci se již neočekával další populační nárůst, což se i potvrdilo v dalších letech, kdy v roce 2006 gradace zanikla. Škody napáchané v tomto roce byly zaznamenány pouze na zbytkové ploše a to 230 ha, která byla ošetřena biopreparáty.

I v dalších letech pokračuje monitoring vybraných lokalit, kde se předpokládá, že by mohlo dojít k přemnožení bekyně velkohlavé. Dle gradačních cyklů je přemnožení bekyně velkohlavé očekáváno právě mezi lety 2009-2016, kam byl cílen i náš výzkum (2014) a rozšířen o analýzu druhového spektra vaječných parazitoidů, u kterých byl pokus o introdukci na území bývalého Československa, resp. dnešního Slovenska, v 60. letech 20. století (ČAPEK 1966, 1971).

## **CÍLE PRÁCE**

- zmapovat výskyt bekyně velkohlavé na jižní Moravě
- zjistit druhové spektrum vaječných parazitoidů bekyně velkohlavé

# LITERÁRNÍ PŘEHLED

## 3.1 Charakteristika

Bekyně velkohlavá (*Lymantria dispar*) (LINNAEUS, 1785) patří do třídy hmyzu (Insecta), řádu motýlů (Lepidoptera) a čeledi bekyňovitých (Lymantriidae). Obecně je brána za polyfágní druh motýla, který dosahuje velikosti 35-45mm. Samec má světlouhnědou barvu a samice béžově bílou s jemnou tmavou kresbou. Samec má na hlavě pár velkých pérovitých tykadel. Škody způsobuje 4-5 cm velká ochlupená housenka s červenými bradavkami a žluto červenou mramorovanou hlavou.

Bekyně velkohlavá prochází čtyřmi fázemi vývoje: vajíčko, larva, kukla a dospělý jedinec (MCMANUS ET AL.1989). Nelétavé samice vyčkávají na kmenech stromů a lákají aktivní samce vypouštěním pohlavních feromonů. Po spáření samice kladou najednou všechna vajíčka na kůru stromů (300-700 vajíček) do jedné snůšky. Snůšku přikryjí okrově zbarvenými chloupky, které vylučují z koncových článků těla. Díky tomuto pokrytí jsou snůšky dobře viditelné.

Nakladená vajíčka přezimují na kůře stromů a větví. Líhnou se na konci května. Housenky poškozují dřeviny žírem. Housenky se šíří pomocí mikrovlákna, díky němuž jsou větrem unášeny i několik kilometrů. Larvy se kuklí ve štěrbinách, přímo na listech nebo případně v jiných zákrytech. Bekyně je schopna vytvořit pouze jednu generaci za rok, nemá tendence se shlukovat, a tak žije odděleně. Bekyně velkohlavá, jako gradační škůdce především na neošetřovaných plochách, je považována za jeden z nejvýznamnějších druhů defoliátorů listnatých dřevin ve střední Evropě, a to především v dubových porostech (ELKINTON& LIEBHOLD 1990; ZÚBRIK & KALMÁROVÁ 2011; ASSADI ET AL. 2012; GOERTZ & HOCH 2013; HRAŠOVEC ET AL. 2013).

Pro výskyt bekyně je nejvhodnější oblast v lesích, kde převažují druhy *Quercusspp.* (SIMIONESCUA& ȘTEFĂNESCU 1978). Bekyně velkohlavá se však může živit více jak 300 hostitelskými druhy stromů a keřů, z nichž nejčastějšími jsou zástupci právě rodu *Quercus*, *Tilia*, *Populus* a *Salix* (STOYANOFF ET AL. 1994). I když jsou zde zmíněni zástupci rodu *Salix*, tak přes to nepatří k primárně ohroženým, a proto vrbové lesy jsou považovány za méně vhodná stanoviště (BARBOSAA& KRISCHIK 1987). Názory, na přesný počet rostlin, kterými se může bekyně živit, se velice liší. Například (HOHNET AL. 1993) uvádí počet 447 druhů BENKEVICH (1984) více než 600 rostlinných druhů.

I přes širokou škálu rostlin, které může bekyně velkohlavá napadat, jsou i takové, které si vytvořily obranné látky a jsou vůči ní odolné.

Jsou to zástupci těchto dřevin -*Robinia pseudoacacia*, *Acer saccharinum*, *Acer pseudoplatanus*, *Aesculus hippocastanum* a *Cornus mas* (HERMS 2003).

Bekyně má jako původní oblast rozšíření evropský kontinent, Asii a severní část Afriky (GIESE& SCHNEIDER 1979), ale byla rozšířena i do dalších částí světa a to konkrétně do Severní Ameriky. První zmínky o introdukci tohoto škůdce na tento kontinent jsou zaznamenány od poloviny 19. století, a to ve východní části Massachusetts v okolí města Boston (ANDREADIS & WESELOH 1990; ELKINTON & LIEBHOLD 1990; HAJIZADEH ET AL. 2011).

### **3.2 Monitoring a obranná opatření**

Vzhledem k tomu, že gradaci bekyně velkohlavé nelze spolehlivě předpovědět, je nutné předcházet velkým škodám pomocí pravidelného monitoringu ve vybraných plochách, kde lze předpokládat tento populační růst. Pravidelnost gradací je ovlivněna mnoha faktory, individuální kvalita larev bekyně velkohlavé a abiotické vlivy jakou jsou teplota, vlhkost, přirození nepřátelé a výskyt hostitelských rostlin (VALENTIN ET AL. 1983. ELKINTON & LIEBHOLD 1990; ROSSITER 1994; BERRYMAN 1996). Úspěch vývoje a reprodukce bekyně velkohlavé závisí na nutriční kvalitě, fyzikálních vlastnostech a toxicity hostitelské rostliny, jakož i schopnost larev odolávat negativnímu vlivu stresu (ROSSITER ET AL. 1988; LINDROTH ET AL. 1997; LAZAREVIĆ ET AL. 2002; MRDAKOVIĆ ET AL. 2013).

V průběhu samotného monitoringu lze vždy kontrolovat více věcí, které nám mohou pomoci při určení očekávané gradace. Jednou z hlavních náplní je kontrola vybraných lokalit, kde dochází k opakovaným gradacím a samotné zjišťování počtu napadených stromů. Tato kontrola probíhá pravidelně v jednoletých intervalech a vždy na stejných lokalitách, aby byl možný pozorovatelný růst či pokles populační hustoty. Nejčastěji používaná metoda pro zjišťování počtu napadených stromů je spjatá s přímým počítáním snůšek na 100 vybraných stromech v každé z vybraných lokalit (Turčekova metoda). Kromě populační hustoty bekyně velkohlavé na daných lokalitách můžeme také zjišťovat přítomnost různých parazitoidů či hub, které napomáhají tyto počty regulovat.

U většiny škůdců se vyvíjí odolnost vůči běžně používaným pesticidům, a v kombinaci se snahou využívání ekologičtějších cest v ochraně lesních porostů je potřeba častější užívání náhradních metod pro kontrolu a redukci hustoty výskytu (LENTEREN 2012). Jak se již ukázalo, do budoucna se počítá s častějším využíváním parazitoidů a patogenů. Jedná se tedy o nejvíce efektivní způsob, jak je možné redukovat výskyt a populační hustotu bekyně velkohlavé společně s pravidelným monitoringem jednotlivých cyklů. Tak se dá do budoucna předejít velkým škodám, které by bekyně mohla na lesních porostech napáchat.

Jedním ze způsobů, který by mohl zastavit gradaci nebo alespoň v určité míře regulovat populační počet bekyně velkohlavé je využití patogenů, mezi které s nejčastějším výskytem patří NPV virus, entomopatogenní houba *Entomophaga maimaiga* a některé specifické mikrosporidie (MCCULLOUGH ET AL. 1999).

Výhoda polyedrického viru NPV je jeho rychlé šíření při vysokém populačním výskytu bekyně velkohlavé, a díky tomu způsobuje častý zánik gradace během 2-3 let. Další výhodou NPV viru je, že ho můžeme využívat jako specifický insekticid v ochraně lesních porostů, ale znatelnou nevýhodou se ukázalo omezené množství tohoto viru pro možnou aplikaci. Důvod je takový, že NPV virus je třeba namnožovat na živých housenkách, proto se doporučuje využívání tohoto viru především v oblastech s vyšším stupněm ochranného pásma (HAJIZADEH ET AL. 2011). Jednou z moderních metod vedoucí k regulaci početnosti populace také můžeme zařadit například používání tzv. botanických insekticidů vyráběných z extraktu rostlin (ZÚBRIK & KALMÁROVÁ 2011).

### **3.3 Ochrana**

Vzhledem k zásadám na ochranu přírody je potřeba správně rozhodnout o aplikaci na vhodný porost tak, aby nebylo narušeno životní prostředí. Aplikace probíhá letecky či pozemně během jara okolo 15 května.

#### **a) Aplikace chemických přípravků**

Patří sem přípravky na bázi účinných látek zeta-cypermethrin, lambda-cyhalothrin, alpha-cypermethrin. Přípravky jsou velice účinné, ale mají vyšší stupeň nebezpečí pro ryby, vodní živočichy, domácí a volně žijící zvířata.

### **b) Aplikace biotechnických přípravků**

Patří sem přípravky tzv. inhibitory tvorby chininu, např. na bázi teflubenzuron, novaluron. Látka funguje po pozření housenkou, která přestane přijímat potravu a neumožní tedy dosáhnout dalšího instaru. K úhynu dochází po 3-7 dnech.

### **c) Aplikace biologických přípravků**

Patří sem látky na bázi virů a bakterií. V bakteriální podobě je účinná bakterie *Bacillus thuringiensis var. kurstaki*. Bakterie funguje jako endotoxin, který rozkládá trávicí soustavu housenky. K úhynu dochází po 3-7 dnech.

### **d) Aplikace feromonů**

Metoda je založena na specifických sexuálních feromonech aplikovaných ve vodní suspenzi. Tímto roztokem se „přiferomoni“ oblast a samci nejsou schopni najít samice. Tato metoda je neregistrovaná, a tak je její použití možné jen na základě udělené výjimky. Metoda má velice nízké ekologické riziko a tak je vhodná používat do rizikových oblastí.

## **3.4 Vaječní parazitoidi**

Řada druhů parazitoidů se využívá pro biologickou kontrolu a redukci populací škůdců. Bekyni velkohlavou napadají parazitoidi nejčastěji v larválním stavu, nebo až po zakuklení. Je známo několik desítek těchto druhů (DOANE & MACMANUS 1981), ale jen 3 druhy jsou vaječnými parazitoidy, kteří se vyskytují na území Evropy. Dva tyto druhy byly introdukovány na území Slovenska a části jižní Evropy, kde se míra parazitace počítá cca 10-40 % (BROWN, 1984). Jedná se o *Anastatus japonicus* (Hymenoptera, Eupelmidae) (ASHMEAD, 1904) a *Ooencyrtus kuvanae* (Hymenoptera, Encyrtidae) (HOWARD, 1910) (ELKINTON & LIEBHOLD 1990). Třetí druh *Hadronotus lymantriae* se vyskytoval v polovině minulého století na území Slovenska (MASNER 1958). Od té doby nebyl jeho výskyt na Slovensku ani v okolních zemích zaznamenán (ZÚBRIK & NOVOTNÝ 1997). Vzhledem k areálu výskytu těchto parazitoidů lze předpokládat jejich výskyt i v našich podmínkách a to především na jižní Moravě.



### 3.4.1 *Ooencyrtus kuvanae*

*O. kuvanae* má areál výskytu po celé severní polokouli (Holoarktická oblast). Samice klade pokaždé jen jedno své vajíčko do jednoho hostitelského a celkem naklade až několik stovek vajíček. V případě oplodnění vajíčka se vylíhne další samice a v případě neoplodnění se líhne samec. Celý vývoj vajíčka trvá okolo 4 týdnů, poté se dospělý jedinec dožívá 4-6 týdnů. Samice se líhne vždy více než samců, a hned po vylíhnutí jsou pohlavně dospělé a schopné páření (SOMJEE ET AL. 2011).

Během prvního dne oplodnění samice opouštějí samce a odlétají hledat nová hostitelská vajíčka bekyně velkohlavé (BROWN 1984), zatímco samci zůstávají u hostitelských vajíček a dále se páří s nově vylíhnutými samicemi. Samci se mohou pářit opakovaně oproti samicím, které mohou jen jednou za život (ABLART ET AL. 2012 in ABLART ET AL. 2013).

Samci využívají různé pářicí taktiky, buď se páří pouze s první samicí, kterou naleznou (tzv. mate-at-once), a nebo si vytvářejí větší skupiny samic (tzv. harem-gathering and-guarding), kde si vybrané samice označí svým feromonem, a teprve pak se s nimi páří (ABLART ET AL. 2013). Samotnou kopulaci předchází krátký rituál (cca 4 s.), následně samotná kopulace a postkopulační rituál (15- 67 s.). Zmíněné rituály jsou zprostředkovány specifickým signalizováním (ABLART ET AL. 2011). Snůšky bekyně velkohlavé vylučují chemické látky, které jsou jednak částečně původem ze samotné snůšky a částečně ze žláz primárního hostitele. Právě díky těmto látkám mohou samice *O. kuvanae* nalézt tyto snůšky.

Také se ukázalo, že záleží na tom, v jaké fázi byla vajíčka do snůšky nakladena. U starších snůšek docházelo k menšímu líhnutí vosiček a četnost samců se výrazně zvýšila (HOFSTETTER & RAFFA 1998). Na základě výzkumu v Bulharsku se ukázalo, že *O. kuvanae* má až dvě generace na jaře a pět v létě, a že v jednom hostitelském vajíčku se vyvíjí jeden parazitoid (HAJIZADEH ET AL. 2011).

### 3.4.2 *Anastatus japonicus*

*A. japonicus* má areál výskytu po celém území Evropy (WELLENSTEIN & SCHWENKE 1978). Jedná se o vaječného parazitoida mnoha škůdců z řádů Hemiptera a Lepidoptera (MENG ET AL. 2012) ale je spojován především jako parazit bekyně velkohlavé (HOKYO ET AL. 1966). *A. japonicus* má pouze jednu generaci v roce což má také vliv na efektivnosti samotné parazitace. *A. japonicus* přežívá ve stadiu plně vyvinuté larvy uvnitř vajíček bekyně velkohlavé a líhne se následujícího července kdy je i největší počet nově snesených vajíček bekyně velkohlavé (LOYD 1938; KURIR 1944). Díky velikosti kladélka může samice klást pouze do svrchní vrstvy snůšky.

Přirozené šíření *A. japonicus* je velice pomalé. Studie, která porovnávala podíl napadených vajíček *A. japonicus* ukázala, že na východní části Rakouska a na území Slovenska byl výsledek velice rozdílný. Na území Slovenska se jednalo, až o 99% zkoumaných vajíček bekyně velkohlavé oproti Rakousku kde tato parazitice byla nulová (0% parazitace), ale i v případě Slovenska bylo nalezeno jen málo jedinců *A. japonicus* (HOCH ET AL. 2001).

### 3.5 Patogeny

Ve velké míře se výzkum zabývající se metodami kontroly a redukcí populace bekyně velkohlavé zaměřuje na vliv patogenů. Jedním z vhodných přenašečů se ukázal druh střevlíka-krajník pižmový (*Calosoma sycophanta*) (LINNAEUS, 1758), který je schopen šířit mikrospory dvou patogenů - jsou to *Nosema lymantriae* a *Vairimorpha disparis*. Pomocí svého trusu roznáší mikrospory patogenů po pozření nakažené housenky. Tento způsob nákazy se ukázal účinným na 45-69 %. Sám přenašeč není tímto patogenem ohrožen. Při výzkumu se ukázalo, že tento střevlík preferuje housenky napadené *Vairimorpha disparis* v posledním stadiu infekce, čímž se zvyšuje pravděpodobnost přenosu mikrosporidie až na 70 % (GOERTZ & HOCH 2013).

Dalším důležitým vlivem na šíření patogenu mají i povětrnostní podmínky, které napomáhají přenašení mikrospor. Oproti zmíněnému střevlíkovi, který zde fungoval jako přenašeč patogenů, se ukázalo, že u některých druhů predátorů dochází k výběru mezi napadenými a nenapadenými jedinci (HAJEK & TOBIN 2011), což se potvrdilo například u napadené housenky bekyně velkohlavé patogenem *Bacillus thuringiensis* (BERLINER 1915),

kde docházelo k výrazně menším napadením parazitoidem *Compsilura concinnata* (MEIGEN, 1824).

Velice účinným způsobem se ukázalo využití houbového patogenu *Entomophaga maimaiga*, který má také významný dopad na populační počty bekyně, a to i při nízkých populačních hustotách. Tento patogen napadá housenky a šíří se pomocí spor, které za příznivé vlhkosti umožňují zrychlení napadání (MCCULLOUGH ET AL. 1999; REILLY ET AL. 2014). Areál rozšíření tohoto patogenu je střední část Evropy a v nedávné době byl zavlečen i do Bulharska (PILARSKA ET AL. 2000). Dále dochází k postupnému šíření do dalších částí Evropy (HRAŠOVEC ET AL. 2013; TABAKOVIC-TOSIC 2014; GEORGIEVA ET AL. 2014) a v roce 2013 byl díky pravidelnému monitoringu zaznamenán i na území Slovenska (ZÚBRIK ET AL. 2014).

## METODIKA

### 4.1 Popis oblasti

Získání materiálu pro sběr a vyhodnocení počtu snůšek bekyně velkohlavé probíhalo na jižní Moravě v sedmi předem vybraných lokalitách. Všechny oblasti byly vybrány po již předchozím výskytu opakovaných populačních gradacích. Sběr probíhal v oblasti Lednicko-valtického areálu, Břeclavsku a dalších místech (Tab. 1, Obr. 1).

Tab. 1 Přehled studijních lokalit v roce 2014.

Lokalita	GPS	nadmořská výška	Dominantní dřevina
Hluboké Mašůvky	48.9256233N 16.0548961E	298 m n.m.	<i>Quercus</i> spp.
Maršovice	49.0462692N 16.3644292E	219 m n. m.	<i>Quercus</i> spp.
Vrbice	48.9162564N 16.9117367E	290 m n. m.	<i>Acer camestre</i>
Kobeřice	49.0768428N 16.9342722E	247 m n. m.	<i>Carpinus</i> spp.
Dubňany	48.9227908N 17.0487786E	200 m n. m.	<i>Quercus</i> spp.
Valtice	48.7473928N 16.7918614E	192 m n. m.	<i>Quercus</i> spp.
Milovice	48.8384111N 16.6887481E	180 m n. m.	<i>Carpinus</i> spp. / <i>Quercus</i> spp.

Všechny vybrané lokality patří do Biomu opadavých listnatých lesů a jako biogeografická provincie je zařazována do Panonské provincie a západokarpatské podprovincie. Bioregion má plochu 928km<sup>2</sup>.

Biota západokarpatské podprovincie je ovlivněna charakteristickou geologií a geomorfologií karpatské soustavy. Západokarpatská podprovincie je složena především z vápencových nebo dolomitových sedimentů střídající se v pískovce, jílovce a nesouvislý

řetězec bradlových vápenců. Typická je téměř úplná absence rašelinišť, a také bohatá nelesní flóra.

Vegetační stupňovitost bioregionů západokarpatské podprovincie začíná 1. Dubovým (resp. planárním), 2. bukovo-dubovým stupněm, který bývá málo vyvinutý. Široké vertikální rozmezí má 3. dubovo–bukový (suprakolinní) stupeň.

Dominují zde 3. dubovo–bukový vegetační stupeň, reprezentován v nejvyšších částech bohatými západokarpatskými bučinami nižších poloh. Na jižních svazích dominuje 2. bukovo-dubový stupeň, odpovídající dubohabřinám. V ČR je vegetační stupňovitost západokarpatské podprovincie zakončena 7. stupněm smrkovým (supramontánním).

Zejména na jižní části této podprovincie se setkáváme s celou řadou teplomilných doubrav, což je také typická dřevina pro jižní Moravu.

Dle klasifikace náleží celé území do nejteplejšího v celé České republice, které má označení T4. Podnebí je velice teplé a suché (CULEK 1996). Členitost terénu je velice mírná a lehce kopcovitá, doprovázena velkým počtem vodních ploch ať už přírodního původu či uměle vytvořené.

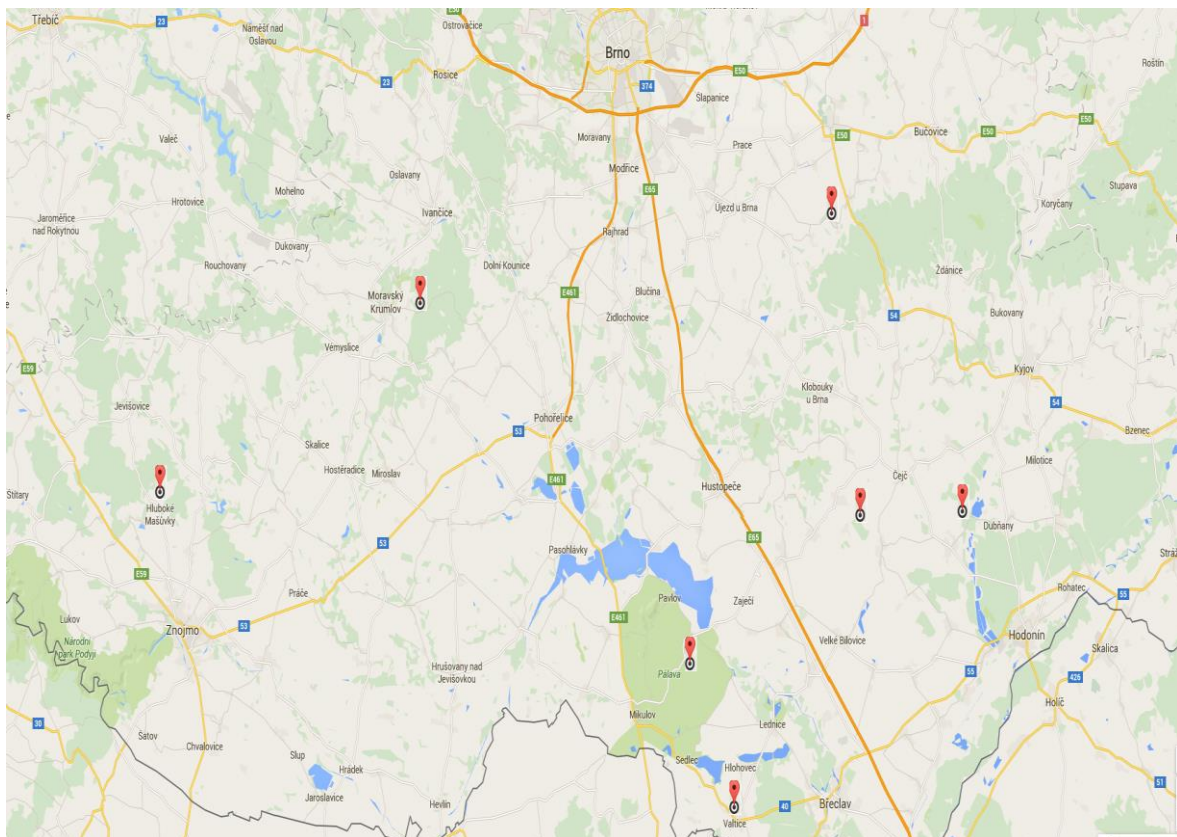
Tab. 2 Průměrné teploty a srážky ve studovaných lokalitách

<b>Lokalita</b>	<b>Průměrná teplota</b>	<b>Průměrné srážky</b>
Lednice	9,0°C	524 mm
Valtice	9,1°C	571 mm
Mikulov	9,1°C	571 mm
Drholec	9,1°C	495 mm
Slavkov	8,8°C	593 mm
Vyškov	8,4°C	542 mm

## 4.2 Pracovní postup

- Ve dnech 28. 2 - 2. 3. 2014 byl prováděn sběr materiálu a sčítání zasažených stromů na sedmi předem vybraných lokalitách.
- Měření probíhalo v každé oblasti stejně, a to metodou transektů.
- Každá vybraná lokalita byla rozdělena do 6 transektů.
- V každém transektu se kontrolovalo 100 stromů. Každý strom se prohlédl zhruba do výšky 2 m, a v případě výskytu snůšky se zaznamenal druh stromu a rozměry snůšky.
- Poté se snůšky opatrně oddělily pomocí nože od hostitelské dřeviny a uložily do připravených nádob určených k převozu materiálu. Převážné nádoby byly pečlivě označeny (datum, místo nálezu, číslo transektu, rozměry snůšky) v rámci dalšího počítání vajíček ve snůšce a vyhodnocení populace na daném území.
- Po kontrole všech oblastí se získaný materiál převezl do laboratoře, kde byl následně uložen do skleněných chovných nádob – Petriho misky, kde se ponechaly snůšky nejprve při teplotě 7°C, abychom simulovali přirozené teploty pro danou roční dobu a poté od 17. dubna při pokojové teplotě až do období líhnutí parazitoidů.
- Těsně před uložením do chovných nádob proběhlo sčítání vajíček v jednotlivých snůškách a zaznamenání výsledků k jednotlivým lokalitám.
- Vylíhnuté housenky se průběžně odebíraly a počítaly, od konce dubna do konce listopadu 2014, stejně tak jsme kontrolovali počty parazitoidů. Parazitoidi byli převedeni do 70 % ethanolu a poté determinováni pod stereomikroskopem.
- Výsledky byly zapsány v programu Microsoft Excel 2010 a statisticky vyhodnoceny v programu STATISTICA 12 (normalita dat, neparametrické testy).

Obr. 1 Orientační mapa vybraných lokalit v roce 2014.

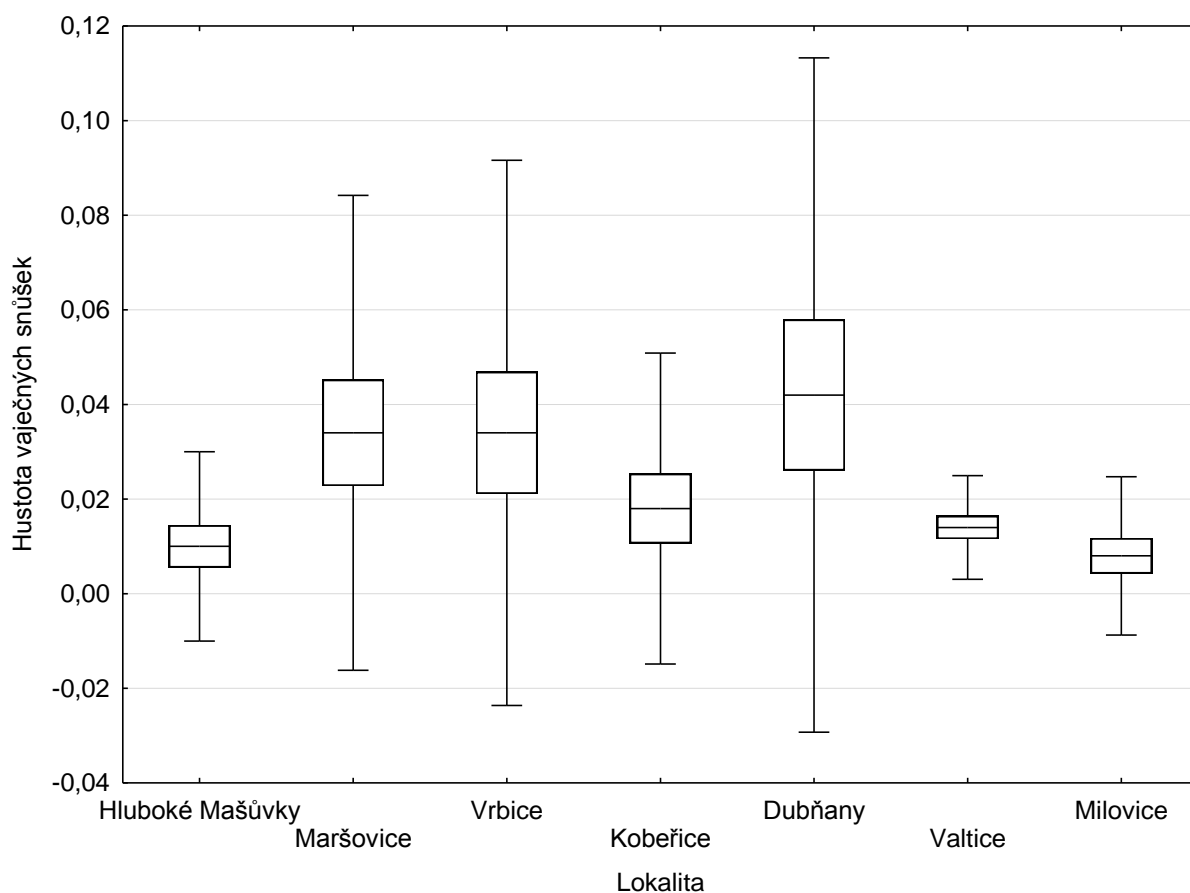


## VÝSLEDKY

Celkem bylo v roce 2014 zaznamenáno 80 nových vaječných snůšek bekyně velkohlavé na 3500 revidovaných stromech na studovaných lokalitách. Nejvíce snůšek bylo nalezeno na *Quercus* spp., dohromady 57, potom na habru obecném *Carpinus betulus* L. – 18 vaječných snůšek, 3 snůšky byly nalezeny na javoru babyce *Acer campestre* L. a po jedné snůšce na buku lesním *Fagus sylvatica* a bříze bělokoré *Betula pendula* Roth.

Průměrná populační hustota *L. dispar* na studovaných lokalitách byla  $0,023 \pm 0,023$  vaječné snůšky o průměrném rozměru  $34,95 \pm 6,87 \times 21,18 \pm 3,67$  na jeden strom. Nejvyšší hustota vaječných snůšek na strom byla zaznamenána na lokalitě Dubňany, nejnižší na lokalitě Milovice. Výsledky však nebyly statisticky průkazné a lokality se od sebe významně v hustotě vaječných snůšek bekyně velkohlavé nelišily (normalita dat: Shapiro-Wilk  $W=0,83682$ ,  $p=0,00012$ ; Kruskal Wallis test:  $H(6;35)=9,3475$ ;  $p=0,1550$ ) (Tab. 3, Graf 1).

Graf 1 Hustota vaječných snůšek *L. dispar* na studovaných lokalitách v roce 2014. Boxplot tvo průměr±směrodatná chyba, svorka znázorňuje průměr  $\pm 2$ \*směrodatná odchylka.





Tab. 3 Přehled lokalit s nalezenými vaječnými snůškami a jejich charakteristikami v roce 2014.

Lokalita	Počet stromů	Počet vaječných snůšek	Hustota snůšek	Délka	Šířka
Hluboké Mašůvky	500	5	0,010	35,83	20,00
Maršovice	500	17	0,034	32,06	18,33
Vrbice	500	17	0,034	32,97	18,21
Kobeřice	500	9	0,018	34,83	17,55
Dubňany	500	21	0,042	38,61	16,73
Valtice	500	7	0,014	36,80	18,24
Milovice	500	4	0,008	28,75	19,31

Z celkového počtu 80 nalezených vaječných snůšek bylo 63 laboratorně dochovááno. Zbývajících 17 snůšek bylo narušeno ptáky, a proto nebyly použity pro další analýzy. První kontrola snůšek 22. 4. 2014 nezjistila přítomnost parazitoidů. Monitoring následně probíhal každý týden za opakovaného odebírání líhnoucích se housenek.

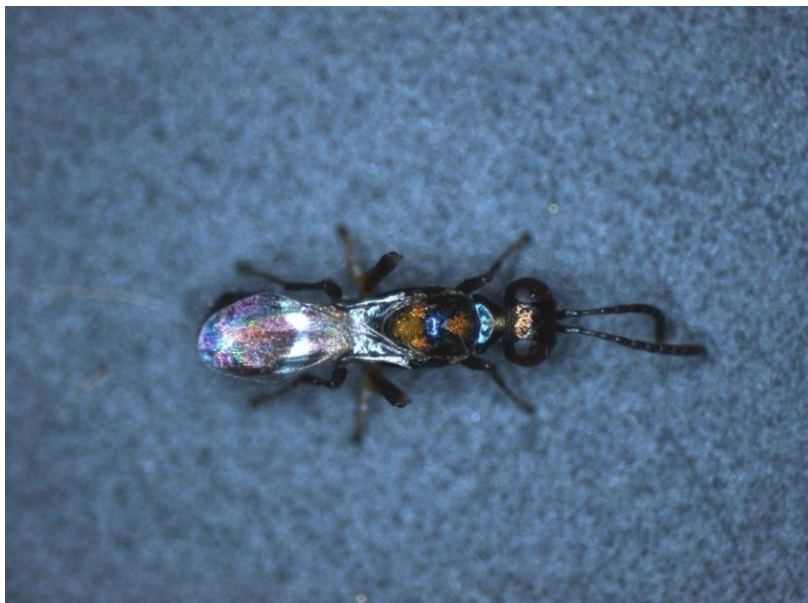
První parazitoidi se začali líhnout 19. 6. 2014, v momentě, kdy již se další housenky *L. dispar* neobjevovaly. Ve všech případech, kdy se líhli parazitoidi, se jednalo o druh *Anastatus japonicus*. Poslední jedinci parazitoidů se objevili 9. 10. 2014 (Graf 2). Celkově jsme na vaječných snůškách zaznamenali 1225 dospělců *A. japonicus*, konkrétně 872 samic a 353 samců (Obr. 2 a 3). Celkově byla parazitace zaznamenána na 4 lokalitách: Maršovice, Vrbice, Kobeřice a Valdice v průměru okolo 5,12 %.

Na lokalitách Hluboké Mašůvky, Dubňany a Milovice vaječní parazitoidi zjištění nebyli. Nejvyšší parazitace byla zaznamenána na lokalitě Maršovice, celkem 22,72 % vajíček (Tab. 4). Na všech lokalitách s pozitivními nálezy *A. japonicus* bylo zjištěno statisticky signifikantně více samic než samců (Shapiro-Wilk test:  $W=0,53176$ ,  $p=0,00001$ ; Wilcoxonův párový test:  $z=4,89$ ,  $p=0,000001$ ) (Graf 3).

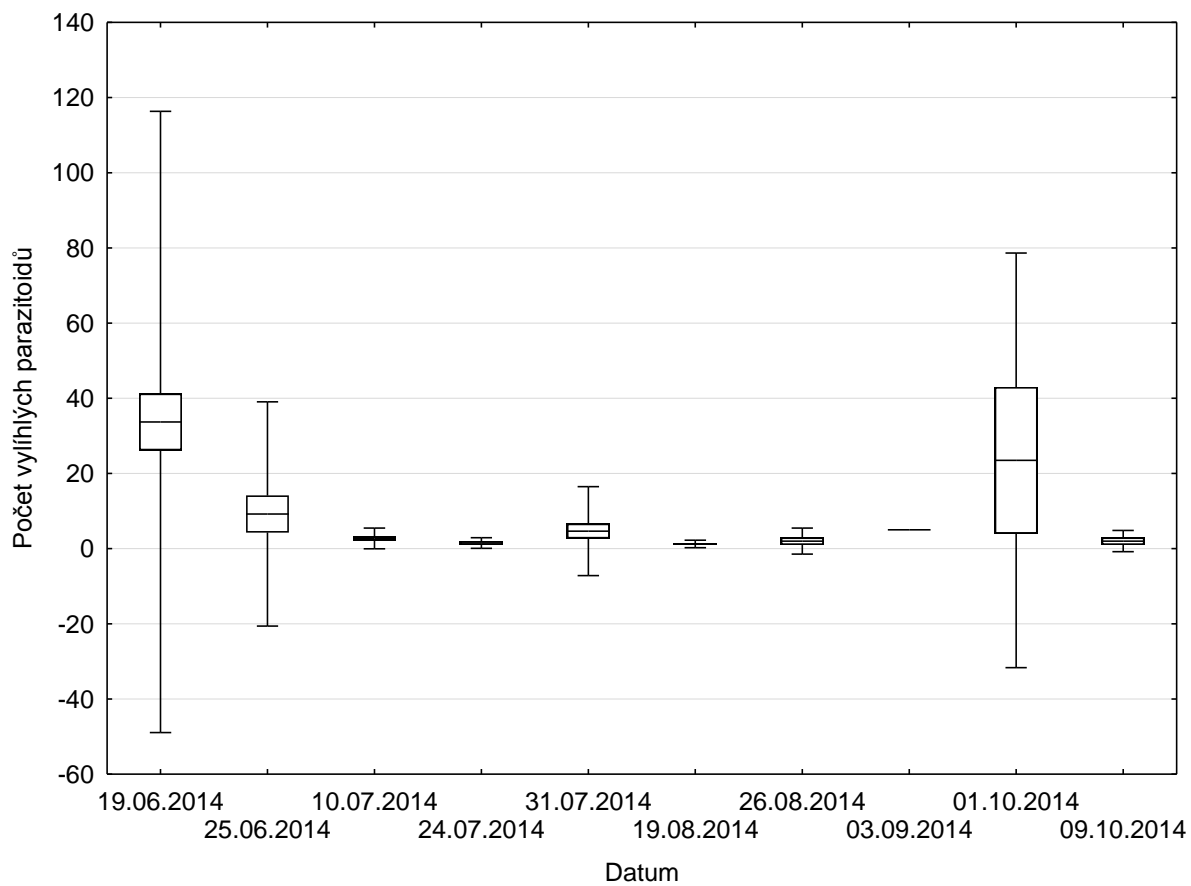
Tab. 4 Přehled lokalit s celkovými počty vajíček a výslednou parazitací *A. japonicus* v roce 2014.

Lokalita	Snůšky	Počet vajíček	<i>A. japonicus</i>	samice	samci	Parazitace
Hluboké Mašůvky	5	2762	0	0	0	-
Maršovice	10	3046	692	403	289	22,72
Vrbice	15	8118	4	4	0	0,05
Kobeřice	9	4211	355	354	1	8,43
Dubňany	15	6137	0	0	0	-
Valdice	7	3729	174	111	63	4,67
Milovice	2	744	0	0	0	-

Obr. 2 Samice *A. japonicus* nalezená v roce 2014.



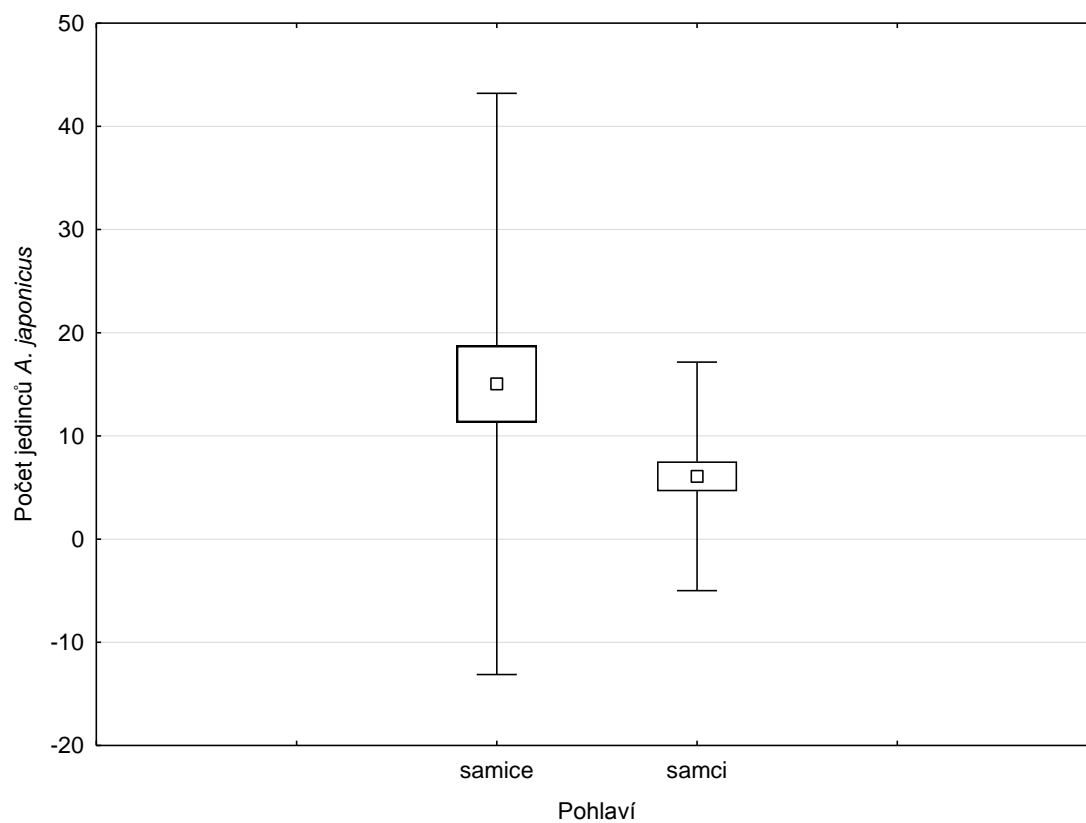
Graf 2 Letová aktivita *A. japonicus* na studovaných lokalitách v roce 2014. Boxplot tvoří průměr  $\pm$  směrodatná chyba, svorka znázorňuje průměr  $\pm 2$  \*směrodatná odchylka.



Obr. 3 Samec *A. japonicus* nalezený v roce 2014.



Graf 3 Srovnání samců a samic *A. japonicus* na studovaných lokalitách v roce 2014. Boxplot tvoří průměr  $\pm$  směrodatná chyba, svorka znázorňuje průměr  $\pm 2$  \*směrodatná odchylka.



## DISKUZE

Ve střední Evropě a tedy i v našich podmínkách se vyskytuje více jak 23 druhů různých parazitoidů. Konkrétně byli parazitoidi potvrzeni na území Slovenska, Rakouska a Německa (BATHON 1993; MAIER 1995; HOCH ET AL. 2001; EICHHORN 1996; TURČÁNI ET AL. 2001). Vlivem přirozených nepřátel, a to především parazitoidů z řádu Hymenoptera, došlo k markantnímu poklesu populace například na území Litvy (ZOLUBAS ET AL. 2001), severu Itálie (CAMERINI 2009) a Sardínii (CONTARINI ET AL. 2013). Zajímavostí je to, že isamotné rostliny, které byly napadeny například bekyní velkohlavou, jsou schopny díky chemickým signálům přilákat tyto druhy parazitoidů, a to i v případě že se jedná pouze o částečné napadení rostliny (HILKER ET AL. 2002; COLAZZA ET AL. 2004; McCORMICK ET AL. 2014).

Současnými nejvýznamnějšími parazitoidy v Severní Americe jsou *Anastatus japonicus* a *Ooencyrtus kuvanae* (ELKINTON & LIEBHOLD, 1990). Tyto zmíněné druhy byly také introdukovány na území bývalého Československa, a to z Černé hory (*O. kuvanae*) a ze Španělska (*A. japonicus*). V našich podmínkách se ale *O. kuvanae* neuchytil (HOLUŠA & WEISER 2005), a to zřejmě pro to, že je náchylný na změny klimatu a preferuje vyšší teploty, tudíž se vyskytuje spíše v jižnějších oblastech.

*A. japonicus* není specialista na *L. dispar*, ale má velice široký záběr hostitelů. Vzhledem k tomu se neprojevuje intenzivnější parazitice, která by mohla výrazně ovlivnit populační růst a to i v případě, kdy se parazit úspěšně adaptuje na hostitele (KIM ET AL. 2011). V současné době je bekyně velkohlavá na našem území v latentní fázi a tak *A. japonicus* funguje jako regulační parazit, ale v případě rostoucí gradace tento význam výrazně klesá (ČAPEK 1974).

Tato tvrzení se nám potvrdila i v průběhu výzkumu v roce 2014. Ukázalo se, že v současné době je *A. japonicus* jediným detekovaným vaječným parazitoidem na našem území. I když jen v malé míře, tak vliv parazitice na *L. dispar* dosáhl celkově hodnoty zhruba 5 %.

Vlivem celkově nižšího poměru samic a samců, dochází často u druhu *A. japonicus* k partenogenezi. Tento předpoklad, se nám potvrdilo i během výzkumu v roce 2014, kdy po součtu a determinaci parazitoidů byl zjištěn více jak dvoutřetinový poměr samic oproti samcům.

Tento jev se může odůvodnit jednak vlivem feromonových lapačů, které lákají samce. Z toho lapače se již nemohou dostat, a proto nedochází k samotnému oplodnění vajíček. Dalším vysvětlením, které je úzce svázáno s nepoměrem samců je samotná partenogeneze. Navzdory neoplodnění se vajíčko vyvine vždy jako samice.

Začátkem 20. století byl tento druh zavlečen do Severní Ameriky (HAJIZDEH ET AL. 2011). Vzhledem k tomu, že se jedná o vaječného parazitoida bekyně velkohlavé, velice dobře se osvědčil v možné redukci populace. Kvůli své velikosti, která je okolo 2 mm (BROWN 1984), je schopen napadat pouze vajíčka v horní vrstvě snůšky (HAJIZDEH ET AL. 2011).

V případě severní Ameriky je *O. kuvanae* považován za hlavního vaječného parazitoida (HOY 1976; REARDON 1981). Míra parazitace se počítá v rozmezí 20-40 % (BROWN & CAMERON 1982; BROWN 1984; MCMANUS & CSÓKA 2007). V našich podmínkách se v současné době nedá míra této parazitace kvantifikovat, vzhledem k nedostatkům dat a nízké populační hustotě.

Jedním z dalších faktorů, který ovlivňuje počty bekyně velkohlavé je počasí. Především teplota, vlhkost, srážky a povětrnostní podmínky přímo či nepřímo ovlivňují dynamiku populace bekyně (LEONARD 1974; MONTGOMERY & WALLNER 1988; ELKINTON & LIEBHOLD 1990; VAN ASCH & VISSER 2007). Teplota má často vliv na samotnou snůšku, vývoj larev a případnou plodnost samic. Tento jev je především pozorovatelný při změně zimního a jarního počasí (LEONARD 1974). Teplota má také vliv na počet populace bekyně velkohlavé a to v tom směru, že při vyšších teplotách se larvy vyvíjejí rychleji a tak mohou uniknout některým z přirozených nepřátel (LEONARD 1974; MONTGOMERY & WALLNER 1988). Příznivé počasí (sucho a teplo) podporuje urychlení gradace (DELB 1999). V posledních letech se dá mluvit o vyšších teplotách a stabilnějším počasí, které je pro bekyni velice vhodné.

Celkové škody, které bekyně velkohlavá působí, jsou citelnější v místech, kde byl tento škůdce introdukovan. Hlavním důvodem, je absence přirozených nepřátel, kteří by redukovali počty bekyně velkohlavé (CORNELL ET AL. 1998). Hmyzožraví ptáci a drobní savci působí vyšší mortalitu v našich podmínkách, než bezobratlínář. v severní Americe.

Parazitoidi způsobující nejvyšší míru úmrtnosti housenek a kukel jsou *Parasetigena silvestris* (ROBINEAU-DESVOIDY, 1863) a *Blepharipa sp.* (MESNIL, 1956) a společně

patří k dominantním parazitoidům v Rakousku, Německu, Litvě, Polsku a na Slovensku (MAIER 1990, 1995; EICHHORN 1996; HOCH ET AL. 2001, 2006; TURČÁNI ET AL. 2001; ZOLUBAS ET AL. 2001; SUKOVATA & FUESTER 2005). Tyto dva druhy parazitů jsou schopni pouze jedné generace za rok stejně jako hostitelé, na které se zaměřují (MONTGOMERY & WALLNER 1988; MAIER 1990).

Populační hustota fytofágního hmyzu je do značné míry určena možnostmi, které jim dovolí jejich predátoři a hostitelé (PRICE ET AL. 1980; WALLNER 1987). Predátoři jsou často generalisté se širokou škálou potravy, a proto je obtížné určit, zdali měli vliv na úbytek konkrétní populace (SMITH 1985; LIEBHOLD ET AL. 2000). Jako hlavním predátorem bekyně velkohlavé je krajník pižmový (LINNAEUS, 1758), který se živí housenkami i dospělými jedinci (WESELOH 1993; WESELOH ET AL. 1995; MCMANUS & CSÓKA 2007). Je tedy i pochopitelné, že většina predátorů se přizpůsobila gradačním vlnám bekyně velkohlavé (BATHON 1996; HOCH ET AL. 2006), což je zřejmě i důvod, proč byl u nás v roce 2014 zjištěn tak nízký výskyt parazitoidů. Nicméně samotná role těchto predátorů v regulaci populace bekyně velkohlavé bude i nadále potřebovat zvýšenou pozornost (WESELOH 1985A, B; MONTGOMERY & WALLNER 1988; ELKINTON & LIEBHOLD 1990).

Dalšími významnými antagonisty *L. dispar* jsou obratlovci, kteří značně ovlivňují populaci bekyně velkohlavé, především hlodavci. Hlodavci způsobují úmrtnost až 98 %, což se ukázalo po cíleném nasazení na Ukrajině, kdy došlo k výraznému poklesu populace bekyně velkohlavé už po 72 hodinách (MCMANUS & CSÓKA 2007). Na území Afriky a Rakouska byl zjištěn tento podíl na 45 % (GSCHWANTNER ET AL. 2002). Nicméně ve většině částí světa, kde se bekyně velkohlavá vyskytuje, mají tito drobní hlodavci značný vliv, a to i v dubových porostech v Asii (LIEBHOLD ET AL. 1998). Společný výzkum Asie a Evropy naznačuje, že drobní hlodavci jsou schopni udržet populační růst bekyně velkohlavé na zvladatelné úrovni (LIEBHOLD ET AL. 1998; GSCHWANTNER ET AL. 2002).

## ZÁVĚR

- V roce 2014 bylo zjištěno 80 snůšek bekyně velkohlavé na 7 lokalitách, celkově na 3500 revidovaných stromů. Nejčetnější výskyt *L. dispar* byl zaznamenán na území obce Dubňany a to 21 snůšek na celkový počet 500 revidovaných stromů a nejnižší v okolí Milovic, kde byl celkový počet detekovaných snůšek 4 na 500 revidovaných stromů. Ze všech 80 snůšek bekyně velkohlavé byl nejvyšší počet nalezen na stromech rodu *Quercus spp.* a to 57.
- Vzhledem k populační hustotě na studovaných plochách je zjevné, že tento gradační vývoj byl očekáván, a lze tedy tvrdit, že bekyně velkohlavá je stále v latentním stadiu.
- V počtu 63 laboratorně dochovaných snůšek byl zjištěn jediný druh vaječného parazitoidea a to *A.japonicus*, jehož letová aktivita začala 19. 6. 2014, a to až po tom, co se neobjevovaly žádné housenky bekyně velkohlavé. Celkový počet jedinců *A.japonicus* byl 1225 z toho 872 samic a 353 samců. Nejčetnější výskyt tohoto parazitoidea byl zjištěn ve snůškách ze studijní lokality Maršovice. Z celkového počtu vajíček na této lokalitě (3046) se vylíhlo 692 jedinců *A.japonicus* a jedná se tedy o 22.72 % parazitaci.
- Výskyt *A.japonicus* byl zjištěn pouze na 4 ze 7 studovaných lokalitách a jednalo se v průměru o parazitaci okolo 5 %. Výskyt byl potvrzen na území obcí Valtic, Maršovic, Vrbic a Kobeřic.



## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- Ablart K., Fairhurst S., Andersen G., Schaefer P., Gries G. 2011: Mechanisms, functions, and fitness consequences of pre- and post-copulatory rituals of the parasitoid wasp *Ooencyrtus kuvanae*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 140: 103–111.
- Ablart K. M., Schaefer P. W., Gries G. 2013: An alternative reproductive tactic: A parasitoid wasp gathers and guards a harem by pheromone-tagging virgins. *Behavioural Processes*, 94: 32–40.
- Alalouni U., Schädler M., Brandl R. 2013: Natural enemies and environmental factors affecting the population dynamics of the gypsy moth. *Journal of Applied Entomology*, 137: 721–728.
- Andreadis T. G., Weseloh R. M., 1990: Discovery of *Entomophaga maimaiga* in North American gypsy moth, *Lymantria dispar*. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 87: 2461–2465.
- Assadi M., Daryaei M. G., Sendi J. J., Biravand H. B. 2012: Effect of feeding on four different forest trees on the biology and feeding indices of *Lymantria dispar* (L.), American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences, 12: 30–36.
- Barbosa P., Krischik V. A. 1987: Influence of alkaloids on feeding preference of eastern deciduous forest trees by the gypsy moth *Lymantria dispar*. *The American Naturalist*, 130: 53–69.
- Bathon H. 1993: Biologische Bekämpfung des Schwammspinners: Räuber und Parasitoids. In: Schwammspinner-Kalamität im Forst: Konzepte zu einer integrierten Bekämpfung freifressender Schmetterlingsraupen. Ed. by Wulf A. B., Berendes K. H.: *Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft*, Berlin, 117–124.
- Bathon H, 1996. Zur Bedeutung der Parasitoide beim Zusammenbruch der Schwammspinner-Gradation in Südhessen. In: Massenvermehrungen von Forstschmetterlingen. Ed. by Wulf A. B., Berendes K. H. Berlin, 74–89.
- Berryman A. A. 1996: What causes population cycles of forest Lepidoptera? *Tree*, 11: 28–32.
- Brown M. W. 1984: Literature review of *Ooencyrtus kuvanae* [Hym: Encyrtidae] a new parasite of *Lymantria dispar* [Lep: Lymantriidae]. *Entomophaga*, 29: 249–265.

- Brown M. W., Cameron E. A. 1982: Natural enemies of *Lymantria dispar* lep, Lymantriidae eggs in central Pennsylvania, USA, and a review of the world literature on natural enemies of *Lymantria dispar* eggs. *Entomophaga*, 27: 311–322.
- Camerini G. 2009: Factors affecting *Lymantria dispar* mortality in a willow wood in northern Italy. *Bulletin of Insectology*, 62: 21–25.
- Colazza S., Fucarino A., Peri E., Salerno G., Conti E., Bin F. 2004: Insect oviposition induces volatile emission in herbaceous plants that attracts egg parasitoids. *The Journal of Experimental Biology*, 207: 47–53.
- Contarini M., Luciano P., Pilarska D., Pilarski P., Solter L., Huanh W. F., Georgiev G. 2013: Survey of pathogens and parasitoids in late instar *Lymantria dispar* larval populations in Sardinia, Italy. *Bulletin of Insectology*, 66: 51–58.
- Cornell H. V., Hawkins B. A., Hochberg M. E. 1998: Towards an empirically-based theory of herbivore demography. *Ecological Entomology*, 23: 340–349.
- Culek M. 1996: Biogeografické členění České republiky, Praha, Ministerstvo životního prostředí České republiky, Enigma, 347.
- Čapek M. 1966: Doterajšie skúsenosti s introdukciou vaječných parazitoidov mníšky veľkohlavej *Lymantria dispar* L. z južnej Európy. In: Možnosti využiti biologického boje v ochrane zemédelských plodín a lesných kultur. Souhrn referátů z vědeckého semináře. UVTI MZLH, Praha: 47–51.
- Čapek M. 1971: Výsledky pokusov s indrodukciou vaječných parazitov mníšky veľkohlavej na Slovensku. *Lesnícký časopis*, 17: 127–137.
- Čapek M. 1974: Parazitický hmyz ako prirodzený nepriateľ hmyzích škodcov lesných drevín. Report VI-5-7-5. Zvolen, VÚLH, 67.
- Delb H. 1999: Untersuchungen zur schwammspinnerkalamität von 1992 bis 1994 in Rheinland-Pfalz. Rheinland-Pfalz. Ministerium für Umwelt und Forsten. Trippstadt: Forstliche Versuchsamst. Rheinland-Pfalz.
- Doane C. C., McManus M. L. 1981(ed.): The gypsy moth: Research to wardinte grated pest management. U. S. Department of Agriculture, ForestService, Techical Bulletin 1584, Washington, D. C., 757.

- Eichhorn O. 1996: Experimental studies upon the parasitoid complex of the gypsy moth (*Lymantria dispar* L.) (Lep., Lymantriidae) in lower host populations in eastern Austria. *Journal of Applied Entomology*, 120: 205–212.
- Elkinton J. S., Liebhold A. M., 1990: Population Dynamics of Gypsy Moth in North America. *Annual Review of Entomology*, 35: 571–596.
- Georgiev G., Plamen M., Georgieva M., Rossnev B., Petkov P., Matova M., Kitanova S., 2012: First Record of Entomopathogenic fungus *Entomophaga maimaiga* Humber, Shimazu and Soper (Entomophthorales: Entomophthoraceae) in *Lymantria dispar* (L.) (Lepidoptera: Lymantriidae) in Turkey. *Acta Zoologica Bulgarica*, 64: 123–127.
- Georgieva M., Takov D., Georgiev G., Pilarska D., Pilarski P., Mirchev P., Humber R., 2014: Studies on non-target phyllophagous insects in oak forests as potential hosts of *Entomophaga maimaiga* (Entomophthorales: Entomophthoraceae) in Bulgaria. *Acta Zoologica Bulgarica*, 66: 115–120.
- Giese R. L., Schneider M. L. 1979: Cartographic comparisons of Eurasian gypsy moth distribution (*Lymantria dispar* L.; Lepidoptera: Lymantriidae). *Entomological News*, 90: 1–16.
- Goertz D., Hoch G., 2013: Influence of the forest caterpillar hunter *Calosomasycophantaon* on the transmission of microsporidia in larvae of the gypsy moth *Lymantria dispar*. *Agricultural and Forest Entomology*, 15: 178–186.
- Gschwantner T., Hoch G., Schopf A., 2002: Impact of predators on artificially augmented populations of *Lymantria dispar* L. Pupae (Lep., Lymantriidae). *Journal of Applied Entomology*, 126: 66–73.
- Hajek A. E., Tobin P. C., 2011: Introduced pathogens follow the invasion front of a spreading alien host. *Journal of Animal Ecology*, 80: 1217–1226.
- Hajizadeh G., Kavosi M. R., Moshashaeie E. 2011: Natural enemies of the gypsy moth *Lymantria dispar* (L.) (Lepidoptera: Lymantriidae). *International Research Journal of Agricultural Science and Soil Science*, 8: 301–306.
- Hermes D. A. 2003: Assessing management options for gypsy moth. *Insect control*, 14–18.

- Hilker M., Kobs C., Varama M., Schrank K. 2002: Insect egg deposition induces *Pinus sylvestris* to attract egg parasitoids. *The Journal of Experimental Biology*, 205: 455–461.
- Hofstetter R. W., Raffa K. F. 1998: Endogenous and exogenous factors affecting parasitism of gypsy moth egg masses by *Ooencyrtus kuvanae*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 88: 123–135.
- Hoch G., Kalbacher G., Schopf A. 2006: Gypsy moth revisited studies on the natural enemy complex of *Lymantria dispar* L (Lep., Lymantriidae) during an outbreak in a well known gypsy moth area. *Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für Allgemeine und Angewandte Entomologie*, 15: 201–204.
- Hoch G., Zúbrik M., Novotný J., Schopf A. 2001: The natural enemy complex of the gypsy moth, *Lymantria dispar* (Lep., Lymantriidae) in different phases of its population dynamics in eastern Austria and Slovakia - a comparative study. *Journal of Applied Entomology*, 125: 217–227.
- Hokyo N., Kiritani K., Nakasuji F., Shiga M. 1966: Comparative biology of two scelionid egg parasites of *Nezara viridula* L. (Hemiptera: Pentatomidae). *Applied Entomology and Zoology*, 1: 94–102.
- Holuša J., Weiser J., 2005: Biologické postupy boje s lesními škůdci. In: Kapitola P., Baňar P., Holuša J. (eds): *Moderní metody ochrany lesa. Sborník referátů ze semináře 29. setkání lesníků tří generací. Kostelec nad Černými lesy. 24. února 2005. Zpravodaj ochrany lesa*, 11: 18–23.
- Hoy M. A. 1976: Establishment of gypsy moth parasitoids in North America: an evaluation of possible reasons for establishment or non-establishment. In: Anderson J. F., Kaya H. K. (eds.): *Perspectives in forest entomology*. New York, Academic Press: 215–232.
- Hrašovec B., Pernek M., Lukić C., Milić M., Diminić D., Franjević M., Hajek A., Linde A., Pilarska D. 2013: First record of the pathogenic fungus *Entomophaga maimaiga* Humber, Shimazu, and Soper (Entomophthorales: Entomophthoraceae) with in an outbreak populations of *Lymantria dispar* (Lepidoptera: Erebidae) in Croatia. *Periodicum Biologorum*, 115: 379–384.
- Kenis M., Vaamonde C. L. 1998: Classical biological control of the gypsy moth, *Lymantria dispar* (L.), in North America: prospects and new strategies. In: McManus, M. L.,

- Liebhold, A. M. (eds.): Proceedings: Population dynamics, impacts, and integrated management of forest defoliating insects. Banská Štiavnica, August 18–23, 1996. Radnor, USDA Forest Service, Northeastern Research Station: 213–221. General Technical Report, NE 247.
- Kim I. K., Koh S.H., Lee J.S., Choi W.I., Shin S.C. 2011. Discovery of an egg parasitoid of *Lycorma delicatula* (Hemiptera: Fulgoridae) an invasive species in South Korea. *Journal of Asia – Pacific Entomology*, 14: 213–215.
- Kurir A. 1944: *Anastatus disparis* Ruschka Eiparasit des *Lymantria dispar* L. *Zeitschrift für Angewandte Entomologie*, 30: 551–586.
- Lazarević J., Perić-Mataruga V., Stojković B., Tucić N. 2002: Adaptation of the gypsy moth to an unsuitable host plant. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 102: 75–86.
- Lenteren J. C. V. 2012: The state of commercial augmentative biological control: plenty of natural enemies, but a frustratin jack of up take. *Bio Control*, 57: 1–20.
- Leonard D. E. 1974: Recent developments in ecology and control of gypsy moth. *Annual Review of Entomology*, 19: 197–229.
- Liebhold A., Kamata N. 2000: Introduction - are population cycles and spatial synchrony a universal characteristic of forest insect populations? *Population Ecology*, 42: 205–209.
- Liebhold A. M., Higashiura Y., Unno A. 1998: Forest type affects predation on gypsy moth (Lepidoptera: Lymantriidae) pupae in Japan. *Environmental Entomology*, 27: 858–862.
- Lindroth R. L., Klein K. A., Hemming J. D. C., Feuker A.M. 1997: Variation in temperature and dietary nitrogen affect performance of the gypsy moth (*Lymantria dispar* L.). *Physiological Entomology*, 22: 55–64.
- Liška J. 2006: Hmyzí škůdci ve výsadbách. *Zpravodaj ochrany lesa. Supplementum*, 35.
- Lloyd D. C. 1938: A study of some factors governing the choice of hosts and distribution of progeny by the chalcid *Ooencyrtus kuvanae* Howard. *Philosophical Transactions of The Royal Society*, 229: 275–322.
- Maier K, 1990: Contribution to the biology of primary and secondary parasitoids of *Lymantria dispar* L (Lep., Lymantriidae). *Journal of Applied Entomology*, 110: 167–182.

- Maier K. J. 1995: Der Einfluß der Parasitoide auf *Lymantria dispar* L(Lep., Lymantriidae) in Waldern mit unterschiedlich starkem Massenwechsel. Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für Allgemeine und Angewandte Entomologie, 10: 129–134.
- Masner L. 1958: A newegg-parasite of Gypsy Moth *Lymantria dispar* (L.). Entomophaga, 3: 39–44.
- McCormick A. C., Irmisch S., Reinecke A., Boeckler A. G., Veit D., Reichelt M., Hansson B., Gershenson J., Kölnner T. G., Unsicker S. B. 2014: Herbivore-induced volatile emission in black poplar – regulation and role in attracting herbivore enemies. Plant, Cell & Environment, 37: 1909–1923.
- McCullough D. G., Raffa K. A., Williamson R. C. 1999: Natural enemies of gypsy moth: the good guys! Extension Bulletin E-2700: 4.
- McManus M., Csoka G. Y. 2007: History and impact of gypsy moth in North America and comparison to the recent outbreaks in Europe. Acta Silvatica & Lignaria Hungarica, 3: 47–64
- McManus M., Schneeberger N., Reardon R., Mason G. 1989: Gypsy moth. Forest Insect and Disease Leaflet 162. Washington, DC: US Dept. Of Agriculture, Forest Service, 13.
- Montgomery M. E., Wallner W. E. 1988: The gypsy moth: a west ward migrant. In: Dynamics of forest insect populations: patterns, causes, implications, population ecology, Ed. By Berryman A. A., Plenum Press, New York, 353–375.
- Mrdaković M., Perić Mataruga V., Ilijin L., Janković Tomanić M., Mirčić D., Lazarević J. 2013: Response of *Lymantria dispar* (Lepidoptera: Lymantriidae) larvae from differently adapted populations to allelochemical stress: Effects of tannic acid. European Journal of Entomology, 110: 55–63.
- Pilarska D., McManus M., Hajek A., Herard F., Vega F., Pilarski P., Markova G., 2000: Introduction of the entomopathogenic fungus *Entomophaga maimaiga* Hum., Shim. & Sop. (Zygomycetes: Entomophthorales) to a *Lymantria dispar* (L.) (Lepidoptera: Lymantriidae) population in Bulgaria. Journal of Pest Science, 73: 125–126.

- Price P. W., Bouton C. E., Gross P., McPherson B. A., Thompson J. N., Weis A. E. 1980: Interactions among 3 trophic levels - influence of plants on interactions between insect herbivores and natural enemies. *Annual Review of Ecology*, 11: 41–65.
- Reardon R. C. 1981: Alternative controls, parasites. In: *The gypsy moth: research toward integrated pest management*. Ed. by Doane C. C., McManus M. L., Technical bulletin. United States Dept. of Agriculture, Washington, DC, 299–302.
- Reilly J. R., Hajek A. E., Liebhold A. M., Plymale R. 2014: Impact of *Entomophaga maimaiga* (Entomophthorales: Entomophthoraceae) on outbreak gypsy moth populations (Lepidoptera: Erebidae): the role of weather. *Biological control: Microbials*, 43: 632–641.
- Rossiter M. C. 1994: Maternal effects hypothesis of herbivore outbreak. *Bioscience* 44: 752–763.
- Rossiter M. C., Schultz J. C., Baldwin I. T. 1988: Relationships among defoliation, red oak phenolics, and gypsy moth growth and reproduction. *Ecology* 69: 267–277.
- Simionescu A., Stefanescu M. 1978: Evolution des gradations de *Lymantria dispar* L. dans les forêts de la République Socialiste de Roumanie de 1971 à 1976 et mesures de lutte. *Zastita Bilja*, 39: 141–149.
- Smith H. R. 1985: Wildlife and the gypsy moth. *Wildlife Society Bulletin*, 13: 166–174.
- Somjee U., Ablart K., Crespi B., Schaefer P. W., Gries G. 2011: Local mate competition in the solitary parasitoid wasp *Ooencyrtus kuvanae*. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 65: 1071–1077.
- Sparks M. E., Blackburn M. B., Kuhar D., Gundersen-Rindal D. E. 2013: Transcriptome of the *Lymantria dispar* (Gypsy Moth) larval midgut in response to infection by *Bacillus thuringiensis*. *PLoS ONE*, 8: e61190. DOI:10.1371/journal.pone.0061190.
- Sukovata L., Fuester R. W. 2005: Effects of gypsy moth population density and host-tree species on parasitism. In: *16th U. S. department of agriculture interagency research forum on gypsy moth and other invasive species 2005*. Ed. by Gottschalk KW, Gen. Tech. Rep. NE-337. U. S. Dept. of Agriculture, Forest Service, Northeastern Research Station, Newtown Square, PA, 79–80.

- Tabakovic-Tosic M. 2014: Suppression of gypsy moth population in mountain Avala (Republic of Serbia) by introduction of entomopathogenic fungus *Entomophaga maimaiga*. *Comptesrendus de l'academieBulgare des sciences*, 67: 61–66.
- Tobin P. C., Bai B. B., Eggen D.A., Leonard D.S. 2012: The ecology, geopolitics, and economics of managing *Lymantria dispar* in the United States. *International Journal of Pest Management*, 58: 195–210.
- Turcani M., Novotny J., Zubrik M., McManus M. L., Pilarska D., Maddox J. 2001: The role of biotic factors in gypsy moth population dynamics in Slovakia: present knowledge. In: *Integrated management and dynamics of forest defoliating insects*. Ed. by Liebhold A. M., McManus M. L., Otvos I. S., Fosbroke S. L. C., Gen. Tech. Rep. NE-277. USDA Forest Service, Newtown Square, PA, 152–167.
- Valentin H. T., Wallner W. E., Wargo P.M. 1983: Nutritional changes in host foliage during and after defoliation, and their relation to the weight of gypsy moth pupae. *Oecologia* 57: 298–302.
- Van Asch M., Visser M. E. 2007: Phenology of forest caterpillars and their host trees: the importance of synchrony. *Annual Review of Entomology*, 52: 37–55.
- Wallner W. E. 1987: Factors affecting insect populationdynamics - differences between outbreak and nonoutbreak species. *Annual Review of Entomology*, 32: 317–340.
- Wellenstein G., Schwenke W. 1978: *Lymantria dispar* L., Schwammspinner. In: Schwenke W. (ed.): *Die Forstschadlinge Europas*. Vol. III. Hamburg, Parey: 335–349.
- Weseloh R., Bernon G., Butler L., Fuester R., McCullough D., Stehr F. 1995: Releases of *Calosoma sycophanta* (Coleoptera: Carabidae) near the edge of gypsy moth (Lepidoptera: Lymantriidae) distribution. *Environmental Entomology*, 24: 1713–1717.
- Weseloh R. M., 1985a: Changes in population-size, dispersal behavior, and reproduction of *Calosoma-sycophanta* (Coleoptera, Carabidae), associated with changes in gyps moth, *Lymantria dispar* (Lepidoptera, lymantriidae), abundance. *Environmental Entomology*, 14, 370–377.



- Weseloh R. M., 1985b: Predation by *Calosoma sycophanta* L (Coleoptera, Carabidae) - evidence for a large impact on gypsy-moth, *Lymantria dispar* L (Lepidoptera, Lymantriidae), pupae. Canadian Entomologist, 117: 1117–1126.
- Weseloh R. M. 1993: Behavior of the gypsy moth predator, *Calosoma sycophanta* L (Carabidae, coleoptera), as influenced by time of day and reproductive status. Canadian Entomologist, 125: 887–894.
- Zahradník P. 2005: Úloha pesticidů v ochraně lesa. In: Kapitola P. et al. (eds.): Moderní metody ochrany lesa. Sborník referátů ze semináře 29. setkání lesníků tří generací. Kostelec nad Černými lesy. 24. února 2005. Zpravodaj ochrany lesa, 11: 11–17.
- Zolubas P., Gedminas A., Shields K. 2001: Gypsy moth parasitoids in the declining outbreak in Lithuania. Journal of Applied Entomology, 125: 229–234.
- Zúbrik M. 1993: Parazitoidy jako súčasť prirodzeného bioregulačného spektra mnišky veľkohlavej *Lymantria dispar* L. (Lepidoptera). Zprávy lesnického výzkumu, 38: 35–39.
- Zúbrik M., Barta M., Pilarska D., Goertz D., Úradník M., Galko J., Vakula J., Gubka A., Rell S., Kunca A. 2014: First rekord of *Entomophaga maimaiga* (Entomophthorales: Entomophthoraceae) in Slovakia. Biocontrol Science and Technology, 24: 710–714.
- Zúbrik M., Kalmárová G., 2011: Toxicita vodných výluhov vybraných rastlínpre larvy mnišky veľkohlavej *Lymantria dispar* L. (Lep.: Lymantriidae). Lesnický časopis – Forestry Journal, 57: 42–47.
- Zúbrik M., Novotný J. 1997: Egg parasitization of *Lymantria dispar* (Lepidoptera, Lymantriidae) in Slovakia. Biologia, 52: 343–350.