

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra ochrany lesa a entomologie

**Průběh larválního vývoje klikoroha borového (*Hyllobius abietis* /L./)  
v závislosti na teplotě**

Diplomová práce

Autor: Petr Novotný

Vedoucí práce: doc. Ing. Jaroslav Holuša, Ph.D.

Konzultant: Ing. Roman Modlinger

Praha 2013

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra ochrany lesa a myslivosti

Fakulta lesnická a dřevařská

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Novotný Petr

Lesní inženýrství

Název práce

**Průběh larválního vývoje klikoroha borového (*Hylobius abietis* L.) v závislosti na teplotě**

Anglický název

**Larval development of pine weevil (*Hylobius abietis* L.) in relation to the temperature**

---

### Cíle práce

Formulace obecných závěrů o vlivu průběhu teplot ve vegetačním období na larvální vývoj *H. abietis*.

### Metodika

Larvám pocházejícím z pokusů z let 2006 a 2007, které jsou uloženy ve VULHM, v.v.i., bude proměřena hlavová

U larev, které byly získány v roce 2009, proběhne revize determinace a budou vyřazeni jedinci rodu *Hylastes*

Pro materiál z let 2006, 2007, 2009 a 2010 bude zkonstruován společný histogram velikosti hlavových schránek a budou stanoveny zpřesněné intervaly šířek hlavových kapsulí příslušející jednotlivým

U materiálu pocházejícího z pokusů uskutečněných v letech 2009 a 2010 bude kvantifikován vliv teploty na průběh larválního vývoje *H. abietis*.

### Harmonogram zpracování

červenec-prosinec proměření hlavových kapsulí

leden-březen statistické zpracování

## Rozsah textové části

30

## Klíčová slova

Hylobius abietis, larvální vývoj, instary, teplota

## Doporučené zdroje informací

BEJER-PETERSEN B., JUUTINEN P., KANGAS E., BAKKE A., BUTOVITSCH V., EIDMANN H., HEQVIST K.J., LEKANDER B. 1962: Studies on Hylobius abietis L. I. Development and life cycle in the Nordic Countries. Acta Entomologica Fennica, Helsinky, 17; 1-106.  
CHRISTIANSEN E. 1971: Laboratory Study on Factors Influencing Pre-imaginal Development in Hylobius abietis L. (Col., Curculionidae). Norsk. ent. Tidsskr. 18: 1-8.  
DAY K.R., NORDLANDER G., KENIS M., HALLDORSON G. 2004: General biology and life cycles of bark weevils. s. 331-349. In: LIEUTIER F., KEITH D.R., BATTISTI A., GRÉGORIE J.C., EVANS H.F.: Bark and Wood Boring Insects in Living Trees in Europe, a Synthesis. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht-Boston-London. 569 s.  
EIDMANN H.H. 1974: Hylobius Schönh. 275-293. In: Schwenke W. (ed.): Die Forstschädlinge Europas, Mnichov, 500 s.  
MODLINGER, R., KNÍŽEK, M. Klikoroh borový Hylobius abietis (L.). Lesnická práce, 88, 2009, č. 10, s. I-IV.  
SPEIGHT M.R., HUNTER M.D., WATT A.D. 2008: Ecology of Insects, Concept and Applications, 2nd edition. Wiley-Blackwell. 628 s.

## Vedoucí práce

Holuša Jaroslav, doc. Ing., Ph.D.

## Konzultant práce

ing. Roman Modlinger

## Termín odevzdání

duben 2013



prof. Ing. Marek Turčáni, PhD.

Vedoucí katedry

prof. Ing. Marek Turčáni, PhD.

Děkan fakulty

V Praze dne 2.4.2012

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „**Průběh larválního vývoje klikoroha borového (*Hylobius abietis* /L./) v závislosti na teplotě**“ vypracoval samostatně pod vedením doc. Ing. Jaroslava Holuši, Ph.D., a použil jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědom, že zveřejněním diplomové 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 Praze dne 30. 4. 2013

Podpis autora

## **Poděkování**

Děkuji doc. Ing. Jaroslavu Holušovi, Ph.D. (FLD ČZU v Praze) za metodické vedení práce, Ing. Romanu Modlingerovi (VÚLHM, v. v. i., Strnady) za poskytnuté konzultace, zapůjčení literatury, sbírkového materiálu a pomoc při statistickém zpracování dat a paní Marii Kubelíkové (VÚLHM, v. v. i., Strnady) za technickou spolupráci. Dále děkuji svým rodičům, Milanu Novotnému a Ludmile Novotné, za jejich podporu v průběhu celého studia.

P. Novotný

## Abstrakt

Práce zahrnuje přehled bionomie klikoroha borového (*Hylobius abietis* /L./), charakteristiku jeho vývojových stadií a přehled údajů souvisejících s tímto druhem z hlediska vlivu teploty a vazeb na ochranu lesa. Na základě nových poznatků o možnostech rozlišení larev klikoroha od larev kůrovců rodu *Hylastes* byla zrevidována část sbírkového materiálu uloženého ve Výzkumném ústavu lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., Strnady. U dalších deponovaných vzorků získaných během předchozího výzkumu byly změřeny šířky hlavových kapsulí larev. Takto připravená data charakterizující přechod růstových instarů vyvíjejících se larev byla vztažena k disponibilním údajům o půdní teplotě naměřeným na lokalitách sběru. Pro celkem 2 049 larev klikoroha byla upřesněna rozpětí šířek hlavových kapsulí pěti instarů: I (0,5–0,7 mm), II (0,7–1,0), III (1,0–1,5), IV (1,5–2,1), V (2,1–3,8). Výskyt larev V. instaru byl zjištěn již po dosažení 288 d. s., avšak výskyt praepup nebyl zaznamenán ani po dosažení 729,2 d. s.

**Klíčová slova:** klikoroh borový, *Hylobius abietis*, larvální vývoj, instary, teplota půdy

## **Abstract**

There is comprehend the review of large pine weevil (*Hylobius abietis* /L./) bionomy and characteristics of its developmental stages as well as data review focused on this species in connection with effect of temperature and forest protection measures, in this diploma thesis. On the base of new knowledge about potential to distinguish pine weevil larvae and larvae of bark beetles from the genus *Hylastes*, it was revised part of collected insect material which is deposited in the Forestry and Game Management Research Institute in Strnady (Czech Republic). Outer diameter of head capsules of some part of deposited specimens, which were obtained during previous research activities, were measured. Such prepared data characterizing changing of growing instars of developmental larvae were linked with disposable data sets of soil temperature from the localities of larvae collection. For five instars of 2 049 pine weevil larvae the width range of head capsules was specified: I (0,5–0,7 mm), II (0,7–1,0), III (1,0–1,5), IV (1,5–2,1), V (2,1–3,8). Presence of larvae of Vth instare was detected already after achievement 288 DD, but presence of praepups wasn't detected even after achievement 729,2 DD.

**Key words:** large pine weevil, *Hylobius abietis*, larvae development, instars, soil temperature

# O B S A H

<b>PROHLÁŠENÍ</b> .....	<b>4</b>
<b>PODĚKOVÁNÍ</b> .....	<b>5</b>
<b>ABSTRAKT</b> .....	<b>6</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>7</b>
<b>SEZNAM TABULEK A OBRÁZKŮ</b> .....	<b>9</b>
<b>1 ÚVOD</b> .....	<b>12</b>
<b>2 CÍLE PRÁCE</b> .....	<b>13</b>
<b>3 LITERÁRNÍ REŠERŠE</b> .....	<b>14</b>
3.1    SYSTEMATICKÉ ZAŘAZENÍ KLIKOROHA BOROVÉHO.....	14
3.2    DRUHOVÁ CHARAKTERISTIKA .....	15
3.3    ROZŠÍŘENÍ A BIONOMIE DRUHU .....	16
3.4    EKOSYSTÉMOVÉ VAZBY .....	25
3.4.1 <i>Přirození nepřátelé</i> .....	25
3.4.2 <i>Hostitelské rostliny</i> .....	27
3.5    MOŽNOSTI OCHRANY LESA .....	28
3.6    ROZLIŠOVÁNÍ KLIKOROHŮ A KŮROVCŮ .....	32
3.7    LARVÁLNÍ INSTARY HMYZU .....	33
3.7.1 <i>Instary klikoroha borového</i> .....	34
3.8    TEPLOTA JAKO FAKTOR PROSTŘEDÍ .....	38
3.8.1 <i>Teplota půdního prostředí</i> .....	38
3.8.2 <i>Závislost hmyzu na teplotě</i> .....	44
3.8.3 <i>Vliv teploty na vývoj klikoroha borového</i> .....	50
<b>4 METODIKA</b> .....	<b>54</b>
4.1    MATERIÁL.....	54
4.2    REVIZE DETERMINACE ČÁSTI MATERIÁLU.....	57
4.3    MĚŘENÍ HLAVOVÝCH KAPSULÍ .....	58
4.4    STATISTICKÉ ZPRACOVÁNÍ DAT.....	59
4.4.1 <i>Šířky hlavových kapsulí</i> .....	59
4.4.2 <i>Teplotní závislost larválního vývoje klikoroha</i> .....	61
<b>5 VÝSLEDKY</b> .....	<b>62</b>
5.1    REVIZE DETERMINACE.....	62
5.2    ŠÍŘKY HLAVOVÝCH KAPSULÍ .....	62
5.3    TEPLOTNÍ ZÁVISLOST LARVÁLNÍHO VÝVOJE KLIKOROHA .....	73
<b>6 DISKUZE</b> .....	<b>80</b>
<b>7 ZÁVĚR</b> .....	<b>88</b>
<b>SEZNAM LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ</b> .....	<b>90</b>



## Seznam tabulek a obrázků

TAB. 1 – DENNÍ AKTIVITA IMAG KLIKOROHA BOROVÉHO V ZÁVISLOSTI NA TEPLOTĚ, VLHKOSTI A OSVĚTLENÍ (CHARITONOVA 1965) .....	22
TAB. 2 – OBSAZENOST BOROVÝCH PAŘEŽŮ KLIKOROHEM (CHARITONOVA 1965) .....	24
TAB. 3 – ROZLIŠOVÁNÍ LAREV RODŮ <i>HYLOBIUS</i> , <i>PISSODES</i> A <i>HYLASTES</i> PODLE ŠIPEROVIČE (CHARITONOVA 1965).....	33
TAB. 4 – ŠÍŘKY HLAVOVÝCH SCHRÁNEK [MM] LARVÁLNÍCH INSTARŮ KLIKOROHA BOROVÉHO VYVÍJÍCÍHO SE NA BOROVICI PODLE RŮZNÝCH AUTORŮ.....	34
TAB. 5 – ŠÍŘKA HLAVOVÝCH SCHRÁNEK LAREV KLIKOROHA VYVÍJÍCÍCH SE NA SMRKU ZTEPILÉM (BEJER-PETERSEN ET AL. 1962) .....	37
TAB. 6 – PRŮMĚRNÉ MĚSÍČNÍ TEPLoty PŮDY POD RŮZNÝMI POROSTY A NA VOLNÉM PROSTRANSTVÍ (PODLE TOMÁNK A EX PETRÍK ET AL. /1986/) .....	42
TAB. 7 – DÉLKA NĚKTERÝCH FÁZÍ VÝVOJE KLIKOROHA V ZÁVISLOSTI NA TEPLOTĚ (EIDMANN 1974) .....	50
TAB. 8 – PŘEHLED LOKALIT ZDROJOVÉHO MATERIÁLU .....	54
TAB. 9 – VÝVOJOVÉ PRAHY A ODHAD SUMY EFEKTIVNÍCH TEPLOT PRO VÝVOJ VAJÍČEK A LAREV KLIKOROHA BOROVÉHO (INWARD ET AL. 2012) .....	61
TAB. 10 – LARVY KŮROVCŮ R. <i>HYLASTES</i> DETEKOVANÉ V MATERIÁLU ČECHA (2010).....	62
TAB. 11 – PŮVODNÍ A OPRAVENÉ HODNOTY ŠÍŘKY HLAVOVÝCH SCHRÁNEK .....	64
TAB. 12 – VÝSLEDKY TESTOVÁNÍ PŘEDPOKLADU NORMALITY ROZDÍLŮ MEZI DVĚMA MĚŘENÍMI ŠÍŘEK HLAVOVÝCH SCHRÁNEK LAREV KLIKOROHA (NCSS 2012 V. 8.0).....	66
TAB. 13 – VÝSLEDKY WILCOXONOVA TESTU $P < 0,05$ (NCSS 2012 V. 8.0) .....	67
TAB. 14 – VÝBĚROVÉ CHARAKTERISTIKY A VÝSLEDKY SHAPIRO-WILKOVA TESTU PRO LARVY NALEZENÉ V KUKELNÝCH KOMŮRKÁCH .....	68
TAB. 15 – I. INSTAR – HODNOTY KVANTILŮ A VÝBĚROVÝCH CHARAKTERISTIK (QC.EXPERT V. 3.2) .....	70
TAB. 16 – II. INSTAR – HODNOTY KVANTILŮ A VÝBĚROVÝCH CHARAKTERISTIK (QC.EXPERT V. 3.2) .....	71
TAB. 17 – III. INSTAR – HODNOTY KVANTILŮ A VÝBĚROVÝCH CHARAKTERISTIK (QC.EXPERT V. 3.2) .....	71
TAB. 18 – IV. INSTAR – HODNOTY KVANTILŮ A VÝBĚROVÝCH CHARAKTERISTIK (QC.EXPERT V. 3.2) .....	72
TAB. 19 – V. INSTAR – HODNOTY KVANTILŮ A VÝBĚROVÝCH CHARAKTERISTIK (QC.EXPERT V. 3.2) .....	73
TAB. 20 – MEDIÁN A ROZPĚTÍ ŠÍŘEK HLAVOVÝCH SCHRÁNEK PRO SOUHRNNÝ VZOREK LAREV.....	73
TAB. 21 – SUMY TEPLOT A EFEKTIVNÍCH TEPLOT PRO TERMÍNY VYZVEDNUTÍ POLEN V POKUSU ČECHA (2010).....	73
TAB. 22 – SUMY TEPLOT A EFEKTIVNÍCH TEPLOT PRO TERMÍNY VYZVEDNUTÍ POLEN V POKUSU ZELENÉ (2011).....	74
TAB. 23 – SUMY EFEKTIVNÍCH TEPLOT PRO 1. VYZVEDNUTÍ V POKUSU ČECHA (2010) .....	75
TAB. 24 – SUMY EFEKTIVNÍCH TEPLOT PRO 2. A 3. VYZVEDNUTÍ V POKUSU ČECHA (2010).....	76
TAB. 25 – SUMY EFEKTIVNÍCH TEPLOT V POKUSU ZELENÉ (2011) .....	78
TAB. 26 – DLOUHODOBÉ MĚSÍČNÍ A ROČNÍ PRŮMĚRY TEPLoty VZDUCHU (°C) V REFERENČNÍM A VE SCÉNÁŘOVÝCH OBDOBÍCH (ČHMÚ 2007–2011).....	83
TAB. 27 – PRŮMĚRNÉ POČTY DNŮ S MEZNÍMI TEPLOTAMI V LETECH 1961–1990 A 1991–2010 (ČHMÚ 2007–2011) .	83
OBR. 1 – KLIKOROH BOROVÝ, IMAGO (R. MODLINGER, 26. 8. 2008).....	15
OBR. 2 – KLIKOROH BOROVÝ, LARVA (R. MODLINGER, 3. 9. 2009).....	15
OBR. 3 – KLIKOROH BOROVÝ, KUKLA (R. MODLINGER, 27. 8. 2008).....	15
OBR. 4 – EVROPSKÁ ČÁST AREÁLU KLIKOROHA BOROVÉHO – ZELENĚ VÝSKYT, ŽLUTĚ CHYBĚJÍCÍ DATA ( <i>FAUNA EUROPAEA</i> 2012) .....	16
OBR. 5 – PŘIROZENÝ AREÁL VÝSKYTU BOROVICE LESNÍ ( <i>PINUS SYLVESTRIS</i> L.), KTERÝ PŘIBLIŽNĚ NASTIŇUJE EURASIJSKÉ ROZŠÍŘENÍ KLIKOROHA BOROVÉHO I V OBLASTECH S CHYBĚJÍCÍMI DATY (ÚRADNÍČEK ET AL. 2009) .....	16
OBR. 6 – VÝVOJOVÝ DIAGRAM KLIKOROHA BOROVÉHO A TERMÍNY KONTROLNÍCH A OBRANNÝCH OPATŘENÍ, ČERVENĚ HLAVNÍ, ŽLUTĚ MOŽNÉ OBDOBÍ VÝSKYTU NEBO ČINNOSTI (MODLINGER ET KNIŽEK 2009) .....	21

OBR. 7 – POČETNOST KLIKOROHA BOROVÉHO VE VŠECH VÝVOJOVÝCH FÁZÍCH V PAŘEZECH RŮZNÝCH ROZMĚRŮ (CHARITONOVA 1965) .....	23
OBR. 8 – OBSAZENOST BOROVÝCH PAŘEŽŮ KLIKOROHEM PO 20CM SEKČÍCH (VLEVO LETOŠNÍ, VPRAVO LOŇSKÝ PAŘEZ), NA HORIZONTÁLNÍ LINII UVEDENA PROCENTA KLIKOROHŮ Z CELKOVÉHO MNOŽSTVÍ, ŠRAFOVÁNÍ ZNAČÍ NEJVYŠŠÍ OBSAZENOST (CHARITONOVA 1965).....	23
OBR. 9 – LOKALIZACE SNŮŠEK KLIKOROHA BOROVÉHO NA KOŘENECH PAŘEZU (POČÁTEČNÍCH MÍST ŽÍRU LAREV) V ZÁVISLOSTI NA TLOUŠŤCE KOŘENŮ (PODLE NOVÁKA /1965/, UPRAVENO). POZN. – PŘIBLIŽNÉ HODNOTY ČETNOSTÍ ZÍSKÁNY ODMĚŘENÍM A NÁSLEDNÝM PŘEPOČTEM PŘÍSLUŠNÝCH DÉLEK V PUBLIKOVANÉM GRAFU. ....	25
OBR. 10 – DISTRIBUCE KLIKOROHA BOROVÉHO NA VERTIKÁLNÍCH KOŘENECH LETOŠNÍCH (PLNÁ ČÁRA) A LOŇSKÝCH (PŘERUŠOVANÁ ČÁRA) BOROVÝCH PAŘEŽŮ (CHARITONOVA 1965) .....	25
OBR. 11 – ŠÍŘKY HLAVOVÝCH SCHRÁNEK 9 797 LAREV Z BOROVÝCH POLEN (BEJER-PETERSEN ET AL. 1962) .....	36
OBR. 12 – ŠÍŘKY HLAVOVÝCH SCHRÁNEK LAREV Z BOROVÝCH POLEN V KUKELNÝCH KOMŮRKÁCH (BEJER-PETERSEN ET AL. 1962) .....	36
OBR. 13 – ŠÍŘKY HLAVOVÝCH SCHRÁNEK LAREV KLIKOROHA ZE SMRKOVÝCH POLEN – VLEVO LARVY, KTERÉ DOSUD PROVOZUJÍ ŽÍR, VPRAVO LARVY FINÁLNÍHO INSTARU (BEJER-PETERSEN ET AL. 1962) .....	37
OBR. 14 – ZÁVISLOST TEPELNÉ VODIVOSTI $\lambda$ NA VLHKOSTI PŮDY $\theta$ ; DÁLE ZOBRAZENY $C$ – OBJEMOVÁ TEPELNÁ KAPACITA A $K$ – TEPELNÁ DIFUZIVITA (KUTÍLEK 1978).....	39
OBR. 15 – VLIV ZÁVLAHY NA PŮDNÍ TEPLITU – VLEVO NEZAVLAŽENO, VPRAVO PO DEŠTI (KUTÍLEK 1978) .....	40
OBR. 16 – DENNÍ CHOD TEPLITY PŮDY NA LESNÍ HOLINĚ (I) A V AKÁTOVÉM POROSTU (II), PODLE PETRÍKA EX PETRÍK ET AL. (1986).....	41
OBR. 17 – SNĚHOVÁ VRSTVA A PROMRZÁNÍ PŮDY NA LESNÍCH HOLINÁCH V RŮZNÝCH NADMOŘSKÝCH VÝŠKÁCH; PODLE PETRÍKA EX PETRÍK ET AL. (1986) .....	41
OBR. 18 – CELOROČNÍ CHOD TEPLITY V RŮZNÝCH PŮDNÍCH VRSTVÁCH (PODLE BRAUNSE EX GULIČKA /1984/) .....	42
OBR. 19 – DENNÍ PRŮBĚH PŮDNÍCH TEPLIT V RŮZNÝCH HLOUBKÁCH (KUTÍLEK 1978) .....	42
OBR. 20 – TEPLOTA VZDUCHU A PŮDY V DOBĚ DENNÍHO MAXIMA ZÁŘENÍ A V NOCI, KDY PŘEVládÁ VYZAŘOVÁNÍ; PODLE KREEBA (1974) EX SLAVÍKOVÁ (1986).....	43
OBR. 21 – DENNÍ CHOD TEPLITY NA POVRCHU A V HLUBŠÍCH VRSTVÁCH PŮDY (PODLE KEŠNERA /1977/ EX PETRÍK ET AL. /1986/) .....	43
OBR. 22 – DENNÍ CHOD TEPLITY PŮDY V RŮZNÝCH HLOUBKÁCH (HAVLIČEK 1986).....	43
OBR. 23 – STUPNĚ A KŘIVKA AKTIVITY U MLADÉ HOUSENKY BEKYNĚ MNIŠKY <i>LYMANTRIA MONACHA</i> (L.) V ZÁVISLOSTI NA TEPLOTĚ (PODLE VON ARNIMA /1936/ EX ZLATNÍK ET AL. /1973/).....	45
OBR. 24 – ROZDÍL V POČTU VYPRODUKOVANÝCH VAJÍČEK ZA CELÝ ŽIVOT U LESNÍCH MOTÝLŮ A MOTÝLŮ OTEVŘENÉ KRAJINY ZA PŮSOBNÍ RŮZNÝCH TEPLIT PROSTŘEDÍ (SPEIGHT ET AL. 2008) .....	46
OBR. 25 – VZTAH MEZI POČTEM HODINOVÝCH STUPŇŮ NAD PRAHOVOU TEPLITOU 15 °C PO VYPUŠTĚNÍ PARAZITOIDA <i>TRICHOGRAMMA MINUTUM</i> RILEY, 1871 A PRAVDĚPODOBNOSTÍ, ŽE BUDOU VAJÍČKA <i>CHORISTONEURA FUMIFERANA</i> PARAZITOVÁNA (SPEIGHT ET AL. 2008) .....	46
OBR. 26 – ZÁVISLOST TEPLITY TĚLA HMYZU NA TEPLOTĚ VZDUCHU, $V_1$ PODCHLAZENÍ TĚLNÍCH TEKUTIN, $V_2$ MRZNOUCÍ TĚLNÍ VODA, $V_3$ ZMRZNUTÍ TĚLNÍCH TEKUTIN (PODLE BACHMETJEVA EX LOSOS /1984/) .....	47
OBR. 27 – REAKCE <i>CELATOBLOTTA QUINQUEMACULATA</i> JOHNS, 1966, NA OCHLAZOVÁNÍ RYCHLOSTÍ 0,5 °C/MIN (SCP: – 3,2 °C, $T_{REBOUND}$ : –1,5 °C, $T_{MIN}$ : –12 °C), PODLE HANSEN ET SOMME (1994) EX SPEIGHT ET AL. (2008).....	47
OBR. 28 – ZÁVISLOST DÉLKY VÝVOJE ( $T$ ) A RYCHLOSTI VÝVOJE ( $V$ ) VAJÍČEK POTEMNÍKA MOUČNÉHO ( <i>TENEBRIO MOLITOR</i> LINNAEUS, 1758) NA TEPLOTĚ VZDUCHU; $C$ PRAVDĚPODOBNÁ PŘÍMKA VÝVOJE (PODLE KROGHA EX LOSOS /1984/) .....	49
OBR. 29 – GRAF ZÁVISLOSTI VÝVOJE VAJÍČEK KOBYLKY <i>AUSTROICETES CRUCIATA</i> (SAUSSURE, 1888) NA TEPLOTĚ, ZE KTERÉHO LZE ODVODIT TZV. FYZIOLOGICKÝ ČAS VÝVOJE VAJÍČEK, PRAHOVÁ TEPLITA 16 °C (PODLE DAVIDSONA /1944/ EX BEGON ET AL. /1997/).....	49
OBR. 30 – PŘIBLIŽNÉ HRANICE REGIONŮ, KDE MÁ KLIKOROH BOROVÝ OBDOBNÝ ŽIVOTNÍ CYKLUS (KRUH GENERACE 2LETÁ, ČTVEREC 2–3LETÁ, KOSOČTVEREC 3LETÁ, TROJÚHELNÍK VÍCE NEŽ 3LETÁ), PLNÝ SYMBOL = EXPERIMENTÁLNÍ ZJIŠTĚNÍ, PRÁZDNÝ SYMBOL = TEORETICKÉ ODVOZENÍ (BEJER-PETERSEN ET AL. 1962).....	51
OBR. 31 – RYCHLOST RŮSTU LAREV A KUKEL KLIKOROHA V ZÁVISLOSTI NA TEPLOTĚ, $A$ – PROMĚNLIVÁ TEPLITA, $C$ – KONSTANTNÍ TEPLITA, $SP$ – BOROVICE LESNÍ, $SS$ – SMRK SITKA (INWARD ET AL. 2012) .....	53

OBR. 32 – SCHÉMA ULOŽENÍ LAPACÍCH POLEN A JEJICH ROZDĚLENÍ DO SEKČÍ .....	55
OBR. 33 – VENKOVNÍ (INTERNÍ) TEPLoty VE VÝŠCE 1 M NAD ZEMÍ (ČERVENĚ) A PŮDNÍ (EXTERNÍ) TEPLoty V HLOUBCE 15 CM (MODŘE) BĚHEM OBDOBÍ 22. 4. 2009 AŽ 4. 11. 2009 (ČECH 2010) .....	56
OBR. 34 – VENKOVNÍ (INTERNÍ) TEPLoty VE VÝŠCE 1 M NAD ZEMÍ (MODŘE) A PŮDNÍ (EXTERNÍ) TEPLoty V HLOUBCE 15 CM (ČERVENĚ) BĚHEM OBDOBÍ 30. 6. 2010 AŽ 3. 9. 2010 ZAZNAMENANÉ BĚHEM VÝZKUMU ZELENÉ (2011) .....	57
OBR. 35 – HLAVOVÁ SCHRÁNKA KLIKOROHA BOROVÉHO (CHARITONOVA 1965) S VYZNAČENÍM ZPŮSOBU MĚŘENÍ JEJÍ ŠÍŘKY .....	58
OBR. 36 – HISTOGRAM NOVĚ ZMĚŘENÉHO MATERIÁLU ZE SBĚRŮ MODLINGEROVÉ (2008), JDE PŘEVÁŽNĚ O V. INSTAR (STATISTICA V. 10.0) .....	63
OBR. 37 – HISTOGRAM ŠÍŘEK HLAVOVÝCH SCHRÁNEK LAREV KLIKOROHA BOROVÉHO (ČECH 2010) .....	63
OBR. 38 – HISTOGRAM ŠÍŘEK HLAVOVÝCH SCHRÁNEK LAREV KLIKOROHA BOROVÉHO Z NOVÉHO VÝPOČTU – DATA SHODNĚ JAKO V ORIGINÁLNÍ PRÁCI NEOBSAHUJÍ AUTOREM VYLOUČENÉ LARVY S ŠÍŘKOU KAPSULE < 0,5 MM, NAOPAK DOSUD OBSAHUJÍ KONTAMINACI LARVAMI R. <i>HYLASTES</i> (STATISTICA V. 10.0) .....	64
OBR. 39 – HISTOGRAM ŠÍŘEK HLAVOVÝCH SCHRÁNEK LAREV KLIKOROHA BOROVÉHO PO ZPĚTNÉM ZAHRNUTÍ ZREVIDOVANÝCH LAREV KLIKOROHA S ŠÍŘKOU KAPSULE < 0,5 MM A S VYLOUČENÍM LAREV R. <i>HYLASTES</i> (STATISTICA V. 10.0) .....	64
OBR. 40 – HISTOGRAM ŠÍŘEK HLAVOVÝCH KAPSULÍ PÁROVÝCH DAT PŘI PRVNÍM MĚŘENÍ (STATISTICA V. 10.0) .....	65
OBR. 41 – HISTOGRAM ŠÍŘEK HLAVOVÝCH KAPSULÍ PÁROVÝCH DAT PŘI DRUHÉM MĚŘENÍ (STATISTICA V. 10.0) .....	65
OBR. 42 – Q-Q GRAF DIFERENCÍ DVOU MĚŘENÍ HLAVOVÝCH SCHRÁNEK (NCSS 2012 V. 8.0) .....	66
OBR. 43 – HISTOGRAM DIFERENCÍ DVOU MĚŘENÍ HLAVOVÝCH SCHRÁNEK (NCSS 2012 V. 8.0) .....	66
OBR. 44 – POROVNÁNÍ OBOU MĚŘENÍ – NA OSE X PŮVODNÍ, NA OSE Y PŘEMĚŘENÉ HODNOTY (NCSS 2012 V. 8.0) .....	67
OBR. 45 – HISTOGRAM PŘEMĚŘENÝCH DAT ZELENÉ (2011), VČETNĚ MATERIÁLU Z 12. SEKCE DELŠÍCH POLEN (STATISTICA V. 10.0) .....	67
OBR. 46 – HISTOGRAM ŠÍŘEK HLAVOVÝCH KAPSULÍ V KUKELNÉ KOMŮRCE (ČERVENĚ HUSTOTA NORMÁLNÍHO ROZLOŽENÍ, MODŘE HUSTOTA ROZLOŽENÍ EXPERIMENTÁLNÍCH DAT), NAPRAVO PRAVDĚPODOBNOSTNÍ GRAF (NCSS 2012 V. 8.0) .....	68
OBR. 47 – SPOLEČNÝ HISTOGRAM ŠÍŘEK HLAVOVÝCH KAPSULÍ (STATISTICA V. 10.0) .....	69
OBR. 48 – I. INSTAR – PROLOŽENÍ DAT NORMÁLNÍM ROZDĚLENÍM (QC.EXPERT V. 3.2) .....	70
OBR. 49 – II. INSTAR – PROLOŽENÍ DAT NORMÁLNÍM ROZDĚLENÍM (QC.EXPERT V. 3.2) .....	71
OBR. 50 – III. INSTAR – PROLOŽENÍ DAT NORMÁLNÍM ROZDĚLENÍM (QC.EXPERT V. 3.2) .....	72
OBR. 51 – IV. INSTAR – PROLOŽENÍ DAT NORMÁLNÍM ROZDĚLENÍM (QC.EXPERT V. 3.2) .....	72
OBR. 52 – V. INSTAR – PROLOŽENÍ DAT NORMÁLNÍM ROZDĚLENÍM (QC.EXPERT V. 3.2) .....	73
OBR. 53 – POROVNÁNÍ ZASTOUPENÍ INSTARŮ V TERMÍNECH VYZVEDNUTÍ POLEN SE SUMOU EFEKTIVNÍCH TEPLOT (ČECH 2010) .....	79
OBR. 54 – POROVNÁNÍ ZASTOUPENÍ INSTARŮ V TERMÍNECH VYZVEDNUTÍ POLEN SE SUMOU EFEKTIVNÍCH TEPLOT (ZELENÁ 2011) .....	79
OBR. 55 – PRŮMĚRNÉ ROČNÍ HODNOTY TEPLoty VZDUCHU (°C) VČETNĚ POLYNOMICKÉHO TRENDU VÝVOJE 1961–2099 (ČHMÚ 2007–2011) .....	83
OBR. 56 – DLOUHODOBÉ PRŮMĚRY ROČNÍCH TEPLOT VZDUCHU (°C) V REFERENČNÍM A VE SCÉNÁŘOVÝCH OBDOBÍCH (ČHMÚ 2007–2011) .....	84
OBR. 57 – OČEKÁVANÁ ZMĚNA POČTU GENERACÍ LÝKOŽROUTA SMRKOVÉHO NA ÚZEMÍ ČR V REFERENČNÍM A VE SCÉNÁŘOVÝCH OBDOBÍCH (HLÁSNY 2012) .....	85
OBR. 58 – EVIDOVANÝ VÝSKYT ŠKOD PŮSOBENÝCH KLIKOROHEM BOROVÝM V LETECH 1990–2011 (MODLINGER 2012) ..	86

# 1 Úvod

Klikoroh borový (*Hylobius abietis* /Linnaeus, 1758/<sup>1</sup>) patří v ČR k tradičním škůdcům lesních dřevin. Význam jeho negativního působení v domácích lesních porostech dokládá mj. skutečnost, že byl vyhláškou MZe č. 101/1996 Sb. zařazen do úzké skupiny tzv. kalamitních škůdců, kam kromě něj patří ještě dva další druhy brouků (*Ips typographus* /Linnaeus, 1758/, *Pityogenes chalcographus* /Linnaeus, 1761/), dva druhy motýlů (*Lymantria monacha* /Linnaeus, 1758/, *Zeiraphera griseana* /Hübner, 1799/) a skupina ploškohřbetek z řádu blanokřídlých škodících na smrku (*Cephalcia abietis* /Linnaeus, 1758/, *C. arvensis* Panzer, 1805 a *C. alpina* /Klug, 1808/).

Zaměření diplomové práce, tj. zkoumání průběhu larválního vývoje klikorooha borového v závislosti na teplotě, bylo jako jedno z možných témat k řešení navrženo pracovníky útvaru Lesní ochranné služby Výzkumného ústavu lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., Strnady. Škody vyvolávané v ČR žírem imag klikorooha borového se v posledních letech vyskytují na ploše kolem 2–3 tis. hektarů (obr. 58). Jsou tedy považovány ve srovnání s minulostí již za méně významné (objevují se i úvahy o vyloučení druhu ze zmíněného seznamu kalamitních škůdců), nicméně lokálně se i nadále vyskytují ve zvýšeném měřítku a proto lze považovat řešení některých otázek lesnického výzkumu souvisejících s tímto škůdcem (např. očekávané pravděpodobné zvýšení podílu 1leté generace) za aktuální.

---

<sup>1</sup> Pojmenování taxonů v rámci této práce je sjednoceno podle databáze BioLib (ZICHA 1999-2013), formální úprava celé práce pak odpovídá dokumentu *Doporučená pravidla pro zpracování bakalářských a diplomových prací na FLD* (2013).

## 2 Cíle práce

Cílem práce je zrevidovat část sbírkového materiálu shromážděného ve VÚLHM, v. v. i., Strnady s ohledem na nové poznatky umožňující rozlišování larev kůrovcovitých brouků r. *Hylastes* od larev klikoroha borového, dále ověřit šířky hlavových kapsulí u části materiálu a nově změřit dosud neměřené vzorky larev klikoroha. Účelem je snaha o zpřesnění intervalů rozpětí šířek hlavových schránek odpovídajících jednotlivým larválním instarům klikoroha. Dalším cílem je shromáždit disponibilní znalosti o vlivu teploty na vývoj klikoroha borového a posoudit závislost vývoje jeho larev na teplotě půdy měřené v průběhu vegetačního období časosběrnými čidly instalovanými pracovníky VÚLHM na experimentálních lokalitách. Na závěr je též třeba navrhnout další možné směřování započatého výzkumu, aby mohlo být na nově zjištěné poznatky navázáno při řešení dalších souvisejících otázek.

### 3 Literární rešerše

#### 3.1 Systematické zařazení klikoroha borového

Podle databáze BioLib (ZICHA 1999–2013) je klikoroh borový v systému živých organismů zařazen následovně:

soustava:	Vitae – <b>živé organismy</b>
doména:	Eukaryota Whittaker & Margulis, 1978 – <b>jaderní</b>
nadříše:	Unikonta
soustava:	Opisthokonta Cavalier-Smith, 1987
říše:	Animalia Linnaeus, 1758 – <b>živočichové</b>
podříše:	Eumetazoa Butschli, 1910
oddělení:	Bilateria Hatschek, 1888 – <b>dvoustranně souměrní</b>
pododdělení:	Protostomia Grobben, 1908 – <b>prvoústí</b>
kmen:	Arthropoda – <b>členovci</b>
podkmen:	Hexapoda Blainville, 1816 – <b>šestinozí</b>
třída:	Insecta – <b>hmyz</b>
podtřída:	Pterygota – <b>křídlatí</b>
infratřída:	Neoptera Martynov, 1923 – <b>novokřídlí</b>
kohorta:	Holometabola – <b>hmyz s proměnou dokonalou</b>
řád:	Coleoptera Linnaeus, 1758 – <b>brouci</b>
podřád:	Polyphaga Emery, 1886 – <b>všežraví</b>
infrařád:	Cucujiformia Latreille, 1802
nadčeleď:	Curculionoidea Latreille, 1802
čeleď:	Curculionidae Latreille, 1802 – <b>nosatcovití</b>
podčeleď:	Molytinae Schönherr, 1823
tribus:	Hylobiini Kirby, 1837
podtribus:	Hylobiina Kirby, 1837
rod:	<i>Hylobius</i> Germar, 1817 – <b>klikoroh</b>
podrod:	<i>Callirus</i> Dejean, 1821
druh:	<i>Hylobius abietis</i> (Linnaeus, 1758) – <b>klikoroh borový</b>

### 3.2 Druhová charakteristika

Imago klikoroha borového (obr. 1) dosahuje velikosti 6–15 mm. Velikost značně kolísá, a to více u samičích jedinců. Hlava je protažena v mírně zahnutý nosec, k němuž jsou na jeho konci připevněna lomená paličkovitá tykadla, která může složit do rýh nosce. Na krovkách, které jsou širší než k hlavě se zužující štít, jsou přítomny řady teček protažených v podélné jamky a dále zlatožluté štětinky, jejichž seskupení zde vytváří tři nepravidelné proužky (NOVÁK 1965; MODLINGER et KNÍŽEK 2009). Stehna jsou zřetelně ozubená (KŘÍSTEK et URBAN 2004). Mladí brouci jsou hnědí, silně ochlupení, staří jedinci olysávají, mizí jim kresba z krovek a získávají hnědočernou až černou barvu (CHARITONOVA 1965). Imago je vysoce chitinizované (PFEFFER et al. 1954). Pohlavní dimorfismus je patrný na tvaru prvního zadečkového článku při pohledu ze spodní strany. Zatímco samečci mají uprostřed tento článek vtlačený směrem dovnitř těla, u samic je na tomto místě naopak zřetelný výstupek (NOVÁK 1965). Detailnější mezipohlavní rozdíly uvádí např. CHARITONOVA (1965).



Obr. 1 – Klikoroh borový, imago (R. Modlinger, 26. 8. 2008)



Obr. 2 – Klikoroh borový, larva (R. Modlinger, 3. 9. 2009)

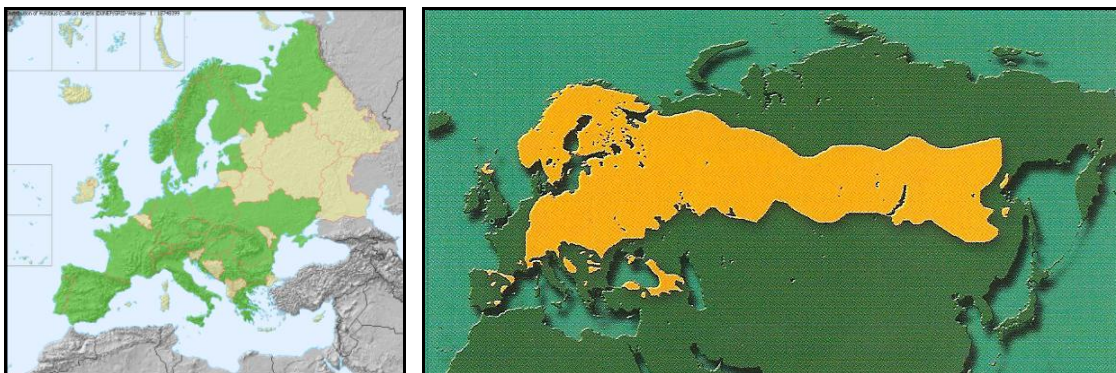


Obr. 3 – Klikoroh borový, kukla (R. Modlinger, 27. 8. 2008)

Vajíčka jsou žlutobílá, oválná o rozměrech 1,0×0,8 mm, během vývoje se prodlouží až na 1,7 mm. V průběhu vývoje larviček se vajíčka postupně zvětšují, jejich obal tmavne a stává se průhledným (CHARITONOVA 1965). Bělavá, beznohá, slabě obloukovitě zahnutá larva (obr. 2) má hnědožlutou sklerotizovanou hlavu opatřenou silnými kusadly. Druh patří k hmyzu s proměnou dokonalou (holometabolie), takže se v jeho životním cyklu vyskytuje kromě dospělého imaga a jemu vzhledově nepodobné larvy také vývojové stadium kukly (obr. 3). Nesklerotizovaná kukla je bílá, nekousací, volná (tj. se zřetelnými budoucími tělními přívěsky imaga) a již dosti podobná dospělci (NOVÁK 1965), na konci zadečku má dva krátké trny (MODLINGER et KNÍŽEK 2009).

### 3.3 Rozšíření a bionomie druhu

Klikoroh borový je hojně rozšířen po celé Evropě, včetně Anglie, celé Skandinávie a Pobaltí (obr. 4); přes Sibiř pak jeho výskyt pokračuje až do Japonska. Vzhledem k absenci přehledové mapy geografické distribuce druhu lze pro orientační představu využít areál rozšíření borovice lesní (obr. 5). Imaga vertikálně vystupují i do vysokých nadmořských výšek (CHARITONOVA 1965; NOVÁK 1965). V ČR je patrná jeho vazba na jehličnaté porosty, které doprovází od nejnižších poloh až po horní hranici lesa (MODLINGER et KNÍŽEK 2009). Jeho zastoupení však není řídké ani ve smíšených kulturách (NOVÁK 1965).



Obr. 4 – Evropská část areálu klikoroha borového – zeleně výskyt, žlutě chybějící data (*Fauna Europaea* 2012)

Obr. 5 – Přirozený areál výskytu borovice lesní (*Pinus sylvestris* L.), který přibližně nastiňuje eurasijské rozšíření klikoroha borového i v oblastech s chybějícími daty (ÚRADNÍČEK et al. 2009)

Vývoj larev probíhá na kořenech čerstvých borových a smrkových pařezů, výjimečně i na kořenech pařezů z minulého roku (CHARITONOVA 1965). V našich přírodních podmínkách jsou pro kladení klikoroha atraktivní ty pařezy, které vznikly smýcením porostů před danou vegetační sezónou (MODLINGER et KNÍŽEK 2009). Druhým rokem již atraktivita pařezů klesá a brouci se stěhují na čerstvé paseky (KŘÍSTEK 2002). MODLINGEROVÁ (2008) však naznačuje, že pařezy nemusí být pro klikoroha atraktivní jen v prvním roce, ale i později. Larvy se v kořenech živí pletivy v oblasti mezi kůrou a dřevem, s pokračujícím růstem pak zasahují různě hluboko i do oblasti dřeva (NOVÁK 1965). Později již žír probíhá především v běli (ŠRŮTKA 1999). Larvy se též mohou vyvíjet na těžebních zbytcích a vývratech v kontaktu se zemí, stejně jako na odumírajících kořenech habituálně zdravě působících stromů. Nejdelší chodby



dosahující až 1,5 m mívají počátek na tenkých kořenech (CHARITONOVA 1965). Vyhlodané chodby jsou napěchovány drtí. NOVÁK (1965) uvádí, že se většina larev kuklí v kůře a pouze ca 16–20 % v bělovém dřevě. ESCHERICH (1923) ex MODLINGEROVÁ (2008) popisuje naopak povrchové kuklení jako výjimečné. MODLINGEROVÁ (2008) se nepřiklání ani k jednomu z uvedených vyhraněných tvrzení, podle jejích výsledků dosahuje podíl povrchových kukelných kolébek 30–60, výjimečně až 70 %. Povrchové kukelné komůrky se vyskytují i v chladných oblastech s 2letou generací a naopak hluboké komůrky se mohou objevovat i v nejteplejších oblastech s 1letou generací.

Z výše uvedeného vyplývá, že nedospělá vývojová stadia klikoroha nejsou příčinou hospodářských škod. Význam z hlediska ochrany lesa má však žír dospělců, kteří konzumují lýko a kůru mladých stromků, především jehličnanů. Na rozdíl od kůrovců z rodu *Hylastes* Erichson, 1836, zasahuje žír imag klikoroha borového mírně i běl dřeva sazenic. Požerky se navíc vyskytují nejen na kořenovém krčku, ale i na kmínku a v korunkách, zatímco kůrovci rodu *Hylastes* poškozují nejčastěji pouze oblast kořenového krčku. Je-li napadení klikorohem borovým zvláště intenzivní, dochází k postupnému propojování požerků, kdy může dojít i k okroužkování a následnému odumření mladého stromku (NOVÁK 1965). Podle Flerova (ex CHARITONOVA 1965) poškodí jeden brouk v průměru osm rostlinek, z nichž nejméně jedna těmto škodám podlehne a odumře.

Páření klikoroha probíhá v období jeho zralostního žíru, a to jak po přezimování, tak u části populace již v roce líhnutí imag před prvním zimováním. Na rozdíl od samic klikoroha, které se líhnou pohlavně nevyvinuté, jsou všechna líhnoucí se samčí imaga již zcela sexuálně vyspělá NOVÁK (1965).

Ke kladení dochází od května do září, přičemž je denně vykladeno jedno vajíčko, někdy i více (NOVÁK 1965), podle CHARITONOVÉ (1965) 1–2 ks. Na konci období kladení však již činí denní průměr pouze 0,1 vajíčka (NOVÁK 1965). Údaje o celkové velikosti snůšky jsou však v literatuře nejednotné, uvádí se např. 80–100 ks (KOMÁREK 1924), 50–100 ks (PFEFFER 1934), 50 ks (CHARITONOVA 1965), kolem 118 vajíček (KŘÍSTEK et URBAN 2004), přibližně 70 ks (MODLINGER et KNÍŽEK 2009) ap. NOVÁK (1965) udává 86–450 ks v laboratorních podmínkách, na základě čehož usuzuje na celkem vysoký počet (kolem 100 ks) i v přírodě. Táž samička může klást po 2–3 roky (KŘÍSTEK et URBAN 2004). CHARITONOVA (1965) předpokládá, že za celý život může samice vyprodukovat až 130 vajíček.

Vajíčka kladou samičky do kořenů čerstvých pařezů, které vznikly často v důsledku zimní těžby (NOVÁK 1965). Samička vyhlodá kusadly na konci nosce hlubokou jamku do kůry tak, že je do ní noseček pohroužen až po oči. Do jamky pak naklade vajíčko, které noscem zatlačí k lýku (PFEFFER 1934). Samička však může vajíčka klást i do půdy v blízkosti kořene a do kůry vlastního kořene pronikají teprve vylíhlé larvy I. instaru (MODLINGER et KNÍŽEK 2009). Brouci ke kořenům při kladení nesešupují pouze od kořenových náběhů, ale dokáží je v hloubce vyhledat i přímou cestou skrze půdu ve vzdálenosti až 3 m od pařezu (NOVÁK 1965; NORDANSTIG 1978 ex MRÁČEK et ŠRŮTKA 1984), což dokládají vchody chodeb v okolí obsazených pařezů vedoucích ke kořenům (CHARITONOVA 1965). V každé z nich se nachází jeden či více párů brouků. Chodbu hloubí samice a samec jí do ní následuje. Uvedená skutečnost byla zřejmě jednou z příčin neúspěchu starších snah redukovat stavy klikoroha pomocí intoxikace pařezů (NOVÁK 1965).

Z nakladených vajíček se po 2–3 týdnech líhnou larvy, které ihned zahajují žír lýka a odpadní drť spolu s exkrementy pěchují do vytvořených chodeb (PFEFFER 1934; PFEFFER et al. 1954; CHARITONOVA 1965; NOVÁK 1965). Vývoj larev silně závisí na teplotě a vlhkosti prostředí. V optimálních podmínkách může být zcela ukončen již za 3–4 měsíce, průměrně však u nás trvá 13–14 měsíců (NOVÁK 1965). CHARITONOVA (1965) uvádí dobu vývoje larev 12–13 měsíců. Podle nedávných zjištění mohou larvy pozdějších instarů opouštět přeplněný substrát a stěhovat se do jiných částí kořenů (MODLINGER et KNÍŽEK 2009). Většina larev ukončuje příjem potravy v prvním roce života, tj. neobnovuje žír po přezimování, takže doba jeho trvání činí jen 5–6 měsíců (od května do října). Zimují zejména larvy IV. a V. instaru, ale není neobvyklé, že zimují i larvy mladší, které na jaře v žíru pokračují (CHARITONOVA 1965). K poslednímu svlékání dochází nejčastěji na začátku července druhého roku (NOVÁK 1965).

Kuklení nastává od června do srpna, výjimečně již na jaře (CHARITONOVA 1965; NOVÁK 1965). Podle ŠRŮTKY (1999) probíhá naopak hlavní období kuklení v závěru zimy a na jaře. MODLINGEROVÁ (2008) předpokládá výskyt kukel již od začátku dubna. MODLINGER et KNÍŽEK (2009) uvádějí, že výskyt tohoto období v rámci vegetační sezóny závisí na konkrétních podmínkách během vývoje (viz též obr. 6). Před kuklením hloubí larvy kukelnou komůrku, jejíž vstupní otvor uzavírají drobnými třískami (NOVÁK 1965). Při kuklení preferují klikorozi stranu kořenů blíže k povrchu půdy,

avšak bezprostřední blízkosti povrchu se vyhýbají (MODLINGEROVÁ 2008). Období kukly trvá 2–3 týdny (NOVÁK 1965), podle CHARITONOVÉ (1965) přibližně 1 měsíc.

Ve druhé polovině července se objevují mladí brouci, tj. za 14–15 měsíců od kladení. Včetně dozrávání pohlavních orgánů mladých brouků tak trvá vývoj 2 roky, kdy v 1. roce zimují larvy různých instarů, ve 2. roce pak mladí sexuálně nevyvinutí brouci (CHARITONOVA 1965). Po vylíhnutí setrvává mladý brouk minimálně 1 týden (v laboratoři 1–4 týdny) v kukelné kolébce, kde dochází ke zpevňování jeho zprvu měkkého a bělavě růžového, později červenohnědého těla, které nakonec nabývá druhově charakteristické zbarvení dospělce. Samci i samice se líhnou současně a ven se skrže kůru prokousávají kruhovým otvorem (NOVÁK 1965), čímž se liší od tesaříků a krasců, kteří mají výletové otvory oválné (CHARITONOVA 1965; WAINHOUSE et al. 2007). Po opuštění kořenů, resp. pařezů jsou imaga hladová a žíznivá a ihned přistupují k příjmu potravy a vody (NOVÁK 1965). Ne všichni brouci, kteří na podzim dokončují vývoj, opouštějí pařezy. Významná část populace v nich zůstává zimovat, a proto nedochází k hromadnému rojení. K vylétávání mladých brouků dochází od poloviny července, v září je s nástupem nízkých teplot přerušeno a dokončuje se až na jaře třetího kalendářního roku (CHARITONOVA 1965).

Imaga žijí 2–3 roky (KOMÁREK 1924; NOVÁK 1965; KRÍSTEK et URBAN 2004), CHARITONOVA (1965) uvádí zmínku i o údajném věku 6 let. Nepříznivá období bez vegetace přečkávají v dospělých i obnovovaných porostech v půdě, pod krytem mechu, hrabanky (nikoli přímo v ní /CHARITONOVA 1965/) či v úkrytech pod jiným materiálem, zejména v sousedství míst žíru či líhnišť (NOVÁK 1965). Údaje různých autorů se v tomto směru částečně liší. Podíl zimujících dospělých brouků je minimální a jen ca 7–10 % z nich zimuje 2× (NOVÁK 1965; MODLINGER et KNÍŽEK 2009). CHARITONOVA (1965) uvádí, že přibližně 43 % brouků v populaci zimovalo 1×, 25–27 % zimovalo 2–3× a jen 5 % více než 3×. KRÍSTEK et URBAN (2004) udávají 5–10 % brouků přežívajících třetí zimu.

Po zimování opouštějí podle NOVÁKA (1965) brouci svá zimoviště postupně, v závislosti od míry prohřátí půdy. Přezimující jedinci začínají v ČR vylézat z úkrytů již v první, častěji však až ve druhé polovině dubna, ve vyšších polohách pak až v první polovině května. Samičky, které přezimovaly, mají zásobu zralých vajíček (CHARITONOVA 1965). Již od prvních dnů po opuštění zimoviště a následně po celé období kladení i po jeho ukončení brouci opakovaně a často kopulují (NOVÁK 1965). U klikoroha byly v kutikule samic identifikovány feromony působící na krátkou

vzdálenost, které zprostředkovávají kontakt mezi pohlavími při páření (MODLINGER et KNÍŽEK 2009). I po zimování jsou brouci hladoví a ihned se přemísťují k živným rostlinám za účelem dokončení zralostního žíru zahájeného v předchozím roce (u jedinců, kteří přečkali svou druhou zimu, nejde o zralostní, ale o tzv. regenerační žír). K dokončení zralostního žíru mladých brouků stačí v laboratorních podmínkách intenzivní příjem potravy po dobu 1–20, nejčastěji však 4–8 dnů (v závislosti na stavu tukového tělesa brouků, živné rostlině a intenzitě žíru). V přírodě však může být doba potřebná k dokončení zralostního žíru ještě kratší. Vlastní zralostní žír začíná těsně po vylíhnutí dospělého brouka v létě předchozího roku, je však přerušen nepříznivými podmínkami mimovegetačního období spojenými s nutností zimování (NOVÁK 1965). Zralostní žír je prováděn na kůře, lýku, méně často na jehličí sazenic (KŘÍSTEK 2002).

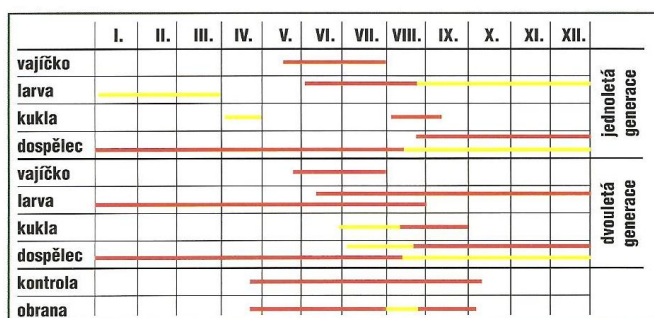
V podmínkách ČR byl experimentálně prokázán ukončený vývoj od vajíčka až po vylíhnutí dospělého výjimečně již za 3–4 měsíce. Samice však nemohly klást vajíčka a musely vždy projít i druhou etapou zralostního žíru po přezimování. Jednoletá generace<sup>2</sup> klikoroha tedy může být v našich podmínkách sice řídce zastoupena, zpravidla však v prvním roce po naklazení přezimuje stadium larvy a vývoj generace je ukončen teprve v létě příštího roku (NOVÁK 1965). Podle KŘÍSTKA (2002) závisí délka vývoje jedné generace na roční době, v níž vývoj probíhá (v příznivých podmínkách je 1letá, v méně příznivých 2letá). EIDMANN (1974) považuje pro zastoupení 1leté generace za významný průběh počasí, především v červenci až srpnu daného roku. MODLINGER et KNÍŽEK (2009) uvádějí, že 1letá generace se u nás pravidelně vyskytuje v teplejších oblastech, ale v určitém poměru se objevuje i na území s převažující 2letou generací. V těchto případech jde zřejmě o jedince z nejčasněji naklazených vajíček. MODLINGEROVÁ (2008) udává ve 400 m n. m. 50% a v 800 m n. m. 20% podíl 1leté generace. KŘÍSTEK et URBAN (2004) připouštějí ve vyšších polohách ČR i 3letý vývojový cyklus.

V současných podmínkách ČR je generace většinou 2letá (viz též obr. 6):

1. rok: vajíčko a larva (květen – prosinec, tj. ca ½ roku),
2. rok: larva, kukla a imago (leden – prosinec, tj. 1 rok),
3. rok: imago (leden – léto /červenec = dozrání pohlavních orgánů/, tj. ca ½ roku).

---

<sup>2</sup> Doba generační trvá „od vajíčka po vajíčko“ na rozdíl od doby vývojové „od vajíčka po dospělého“. Generační doba je tedy vždy delší (MODLINGER et KNÍŽEK 2009).



Obr. 6 – Vývojový diagram klikoroha borového a termíny kontrolních a obranných opatření, červeně hlavní, žlutě možné období výskytu nebo činnosti (MODLINGER et KNÍŽEK 2009)

V severských oblastech byl na rozdíl od středoevropských populací u klikoroha borového prokázán až pětiletý vývoj, ale předpokládá se, že je v některých případech ve skutečnosti ještě delší (BEJER-PETERSEN et al. 1962).

Z dalších životních projevů druhu je významné šíření (emigrace) dospělců, ke kterému dochází pohybem po zemi i letem (NOVÁK 1965). Dálkové přelety se uskutečňují v květnu a červnu hlavně v noci. Let je prudký o rychlosti až  $7 \text{ km.hod}^{-1}$ . Pokud je u pařezů nálet nebo výsadba borovic, k přesunům nedochází (CHARITONOVA 1965). MODLINGER et KNÍŽEK (2009) udávají, že k šíření na místa kladení dochází letem, přičemž jsou brouci schopni létat pouze při rychlosti větru do  $4 \text{ m.s}^{-1}$ . Letová aktivita trvá jen ca 10 dnů a brouci během této doby urazí až okolo 1,5 km. Jakmile pomocí čichových sensorů na tykadlech zaznamenají přítomnost biotopu příznivého pro kladení, let ukončují a přistávají. Na nové lokalitě jim pak degenerují létací svaly a jedinci schopnost letu ztrácejí. Podobně jako v některých jiných aspektech je literatura, která se zabývá schopností letu a disperze klikoroha nejednotná. Krátkou rešerší na toto téma lze najít např. v práci MODLINGEROVÉ (2008).

Také údaje o spouštěcích emigrace jsou u různých autorů rozdílné, např. NOVÁK (1965) na základě svých výzkumů podporuje existenci pozitivní fototaxe imag, která by měla brouky směřovat do oblastí porostních světlin a pasek, na kterých je obvykle přítomen jejich základní potravní zdroj. PFEFFER (1934), resp. PFEFFER et al. (1954) uvádějí, že ho láká pryskyřičná vůně čerstvě pokácených stromů. Chemotaxii brouků zmiňují i CHARITONOVA (1965), WAINHOUSE et al. (2007) aj. Potvrzují ji i koncentrace brouků zjišťované na skládkách a v místech odkorňování dříví (CHARITONOVA 1965).

V průběhu dne se brouci většinou ukrývají, jsou-li však mladé stromky zastíněny bušením, poškození klikorohem se zvyšuje, neboť imaga chráněná před slunečním zářením prodlužují dobu strávenou žírem. V úkrytech se klikorozi drží v párech a po

většinu dne jsou málo pohybliví. Někteří jedinci je začínají opouštět již před západem Slunce v okamžiku, kdy osvětlení paseky znatelně poklesne, většina brouků však vylézá až mezi 18. a 20. hodinou (tab. 1). V době opouštění úkrytů i pařezů, ve kterých samice přes den kladly vajíčka, jsou dospělci velmi čilí a rozlézají se po povrchu půdy. V květnu a červnu trvá tato aktivita 2–3 hodiny. Následně přistupují brouci k páření a poté k příjmu potravy na sazenicích a semenáčcích, a to většinou opět v párech. Žír trvá přibližně od 20 hod. večer do 4 až 5 hod. ráno, kdy brouci opět začínají v blízkosti pařezů zalézat pod hrabanku (CHARITONOVA 1965).

Tab. 1 – Denní aktivita imag klikoroha borového v závislosti na teplotě, vlhkosti a osvětlení (CHARITONOVA 1965)

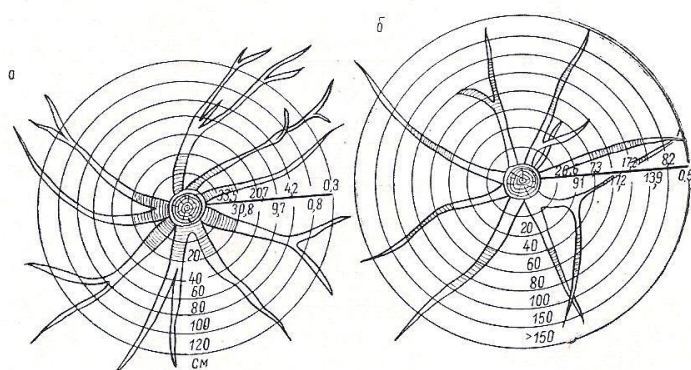
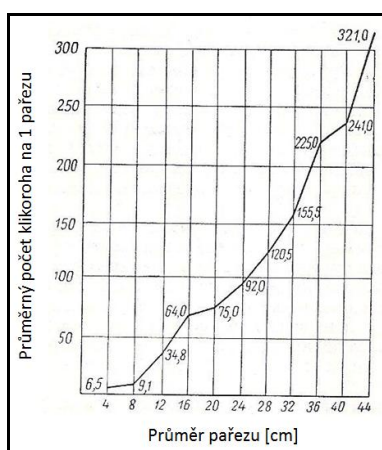
5.00–18.00 hod.	Nachází se u pařezů. V závislosti na velikosti pařezu do 102 brouků na 1 pařez, tj. max. 60 párů. Nízká aktivita. Jsou rozděleni do párů, kopulují a zahrabávají se do hrabanky a půdy. Jakmile dosáhnou kořenů, samice přistupují ke kladení. Někteří jedinci provádějí žír na místech borovicových kmínků krytých mechem a hrabankou.							
18.00–20.00 hod.	Přerušení kladení, opouštění pařezů. Jsou velmi aktivní, dochází k letu, vyhledávají objekty žíru, samci vyhledávají samice. Rozptýlí se po podrostu, jednotlivě, častěji v párech, ojedinele 2–3 páry na jedné borovičce.							
20.00–5.00 hod.	Žír. Ráno se zahrabávají do úkrytů a do půdy v okolí pařezů.							
	Teplota vzduchu [°C]		Teplota půdy [°C]		Vlhkost vzduchu [%]		Osvětlení [lux.10 <sup>3</sup> ]	
	výška 25 cm	výška 2 m	povrch	hloubka 10 cm	výška 25 cm	výška 2 m	výška 1 m	povrch půdy
5.00–18.00 hod.	13–32	13–29	12–46	18–26	89–40	89–43	2,4–6,0	0,4–24,0
18.00–20.00 hod.	20–18	20–18	22–18	26–25	56–82	56–74	16,0–12,0	6,0–2,0
20.00–5.00 hod.	18–13	18–13	18–12	25–19	82–89	74–98	3,2–0,0	1,0–0,0

Pravidelnost denního přesunu za potravou nemusí být vždy dodržena. Samice, které kladou vajíčka, mohou u pařezů setrávat i několik dnů. Naopak v pošmourné dny s oblačností se mohou brouci nacházet i vně svých úkrytů a aktivovat v podrostu (CHARITONOVA 1965).

Způsob obsazování pařezů při kladení není náhodný, ale podléhá určitým zákonitostem. Největší vliv má velikost pařezu (obr. 7), kdy jsou preferovány pařezy větších rozměrů. Nejvyšší obsazenost byla zjištěna u pařezů s tloušťkou pně 48 cm, které byly průměrně obsazeny 366 jedinci klikoroha (larvy, kukly, brouci), pařezy o tloušťce 32–44 cm byly v průměru obsazeny 156–321 jedinci (v pařezech nad 32 cm bylo zaznamenáno 70,3 % celkového množství klikorohů). V pařezech střední velikosti (16–32 cm) se vyvíjelo průměrně 64–156 jedinců, což představovalo 24,5 % z celkového množství. V pařezech slabých dimenzí (4–16 cm) se vyvíjelo v průměru

6,5–37,4 jedinců, tj. 4,3 % z celkového množství. Klikoroh byl však zaznamenán i v pařezech s tloušťkou pouhých 3,5 cm (CHARITONOVA 1965). KOMÁREK (1924) uvádí, že se v podmínkách jižního Slovenska na jednom pařezu nacházelo v průměru 200 ks larev, i on se již zmiňuje, že obsazení pařezů závisí na jejich tloušťce.

Uvedený poznatek má zásadní význam pro ty metody ochrany lesa, jejichž cílem je omezení klikoroha prostřednictvím zásahů do pařezů. Při zacílení postupů pouze na pařezy s průměrem nad 32 cm může být při významném snížení nákladů postiženo více než 70 % vyvíjející se generace (CHARITONOVA 1965).



Obr. 7 – Početnost klikoroha borového ve všech vývojových fázích v pařezech různých rozměrů (CHARITONOVA 1965)

Obr. 8 – Obsazenost borových pařezů klikorohem po 20cm sekcích (vlevo letošní, vpravo loňský pařez), na horizontální linii uvedena procenta klikorohů z celkového množství, šrafování značí nejvyšší obsazenost (CHARITONOVA 1965)

Způsob obsazování jednotlivých částí pařezu je zachycen v tabulce 2, z níž je patrné, že v části nad zemí (pni) je obsazenost nízká (1,4 %), hlavní masa jedinců se nachází na horizontálních kořenech (55,3 %), významná část pak ještě v oblasti kořenového krčku pařezů (23,4 %) a asi jedna pětina (19,9 %) na vertikálních kořenech. Výzkumem byly dále identifikovány zásadní rozdíly v rozmístění larev v merotopu letošních a loňských pařezů (obr. 8). U čerstvých pařezů jsou larvy koncentrovány v oblasti kořenového krčku a v nevelké vzdálenosti od něj; nad vzdálenost 150 cm se již nevyskytují. Na tohoročních pařezech se nacházejí především larvy, zatímco na loňských hlavně kukly, mladí brouci a výletové otvory (CHARITONOVA 1965). NOVÁK (1965) uvádí, že se asi jen 5 % larev klikoroha vyvíjí na pni, přičemž většina jich začíná vývoj na tenčích kořenech (obr. 9), tedy ve větší vzdálenosti od vlastního pařezu, a

larvy tak většinou postupují od tenčích částí kořenů směrem k pařezu. To neodpovídá zjištěním CHARITONOVÉ (1965) o obsazování letošních pařezů (obr. 8). Možné jsou zřejmě oba případy, kdy samičky kladou jednak v oblasti vlastního pařezu, jednak se ke kořenům prohrabávají půdou ve větší vzdálenosti od pařezu.

Z hlediska vertikální distribuce (obr. 10) je převážná část jedinců v pařezu soustředěna v hloubce do 60 cm pod povrchem půdy. Nejvíce jich je přítomno na hlavním kořenu do 20 cm pod povrchem, směrem do hloubky pak obsazenost klesá a v hloubce převyšující 100 cm je již výskyt klikorohů vzácný (CHARITONOVA 1965). KOMÁREK (1924) však uvádí výskyt larev v hloubce 1–1,5 m ještě jako hojný. Podle EIDMANNA (1974) se na vertikálních kořenech v čase poměr larev nemění, jejich počet však klesá s hloubkou (hlouběji než 1 m se nacházejí výjimečně, ale nalezeny i 2 m hluboko).

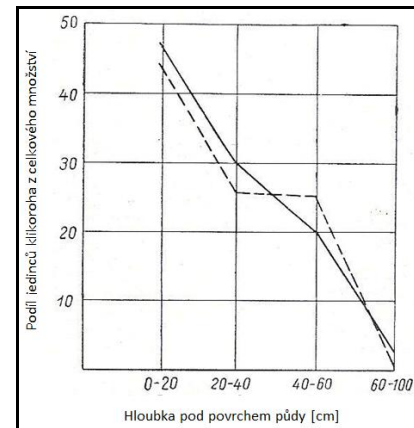
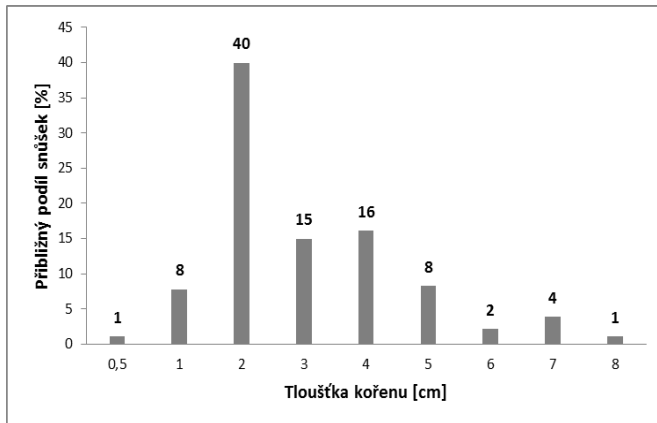
V ČR se existencí rozdílů (preferencí) míst kladení experimentálně s využitím lapacích polen zabývali ČECH (2010) a ZELENÁ (2011). Zatímco ČECH (2010) prokázal preferenci kladení ve větší vzdálenosti od povrchu půdy a spíše na horní polovině polena (teprve pokud je horní polovina již obsazena, pak i na dolní), ZELENÁ (2011) na přibližně stejné lokalitě preferenci určitých částí polen nepozorovala.

Znalosti rozdílné distribuce larev klikorooha borového se využívá při zjišťování ohnisek zvýšeného výskytu tohoto škůdce i při chemickém postřiku pařezů v rámci obranných metod ochrany lesa. Pro vyčíslení průměrné obsazenosti pařezů lze např. využít zjednodušený postup, při němž se sečtou jedinci pouze z horizontálních kořenů vybraných vzorníků a získaná hodnota se navýší o 20 % (CHARITONOVA 1965).

Tab. 2 – Obsazenost borových pařezů klikorohem (CHARITONOVA 1965)

Počet klikorohů v pařezu [ks] [%]	Z toho ve vzdálenosti od kořenového krčku [cm]														
	v pni	u koř. krčku	na horizontálních kořenech								na vertikálních kořenech				
			0–20	20–40	40–60	60–80	80–100	100–150	nad 150	celkem	0–20	20–40	40–100	nad 100	celkem
2820 100	41 1,4	659 23,4	425 15,1	300 10,7	303 10,7	249 8,8	174 6,2	101 3,6	6 0,2	1558 55,3	265 9,4	155 5,5	134 4,7	8 0,3	562 19,9
v kořenech letošních pařezů															
1238 100	41 1,4	343 33,5	317 30,8	213 20,7	99 9,7	43 4,2	9 0,8	3 0,3	– –	684 66,5	83 48,8	51 30,0	35 20,6	1 0,6	170 100
v kořenech loňských pařezů															
1582 100	– –	316 26,6	108 9,1	87 7,3	204 17,2	206 17,2	165 13,9	98 8,2	6 0,5	874 73,4	182 46,5	104 26,5	99 25,3	7 1,7	392 100





Obr. 9 – Lokalizace snůšek klikoroha borového na kořenech pařezu (počátečních míst žíru larev) v závislosti na tloušťce kořenů (podle NOVÁKA /1965/, upraveno). Pozn. – přibližné hodnoty četnosti získány odměřením a následným přepočtem příslušných délek v publikovaném grafu.

Obr. 10 – Distribuce klikoroha borového na vertikálních kořenech letošních (plná čára) a loňských (přerušovaná čára) borových pařezů (CHARITONOVA 1965)

### 3.4 Ekosystémové vazby

#### 3.4.1 Přirození nepřátelé

Klikoroh borový má jen malý počet přirozených nepřátel (PFEFFER 1934). Z jeho známých patogenů uvádí NOVÁK (1965) prvoka hromadinku *Gregarina hylobii* (Fuchs), kterou má v tělní dutině ca 10 % brouků. Kromě dospělců se vyskytuje i ve střevě larev (CHARITONOVA 1965). Z řídce se vyskytujících houbových chorob zmiňuje autorka např. úhyn larev, kukel a mladých imag vyvolaný houbami r. *Peniophora* Cooke, dále ničení vajíček plísněmi z řádu Mucorales. Zimující larvy mohou hynout i v důsledku bakterióz. Z dalších patogenů uvádí NOVÁK (1965) háďátko *Allantonema mirabile* Leuckart, 1884, dorůstající přibližně 3 mm, CHARITONOVA (1965) pak např. háďátka r. *Diplogaster* Schulze in Carus, 1857 (obyvatele chodeb pronikající pod krovky brouků, kteří však zásadní problém nepůsobí) a r. *Tylenchus* Bastian, 1865 (parazit způsobující úhyn larev, kukel a mladých brouků do 35 %).

Na povrch larev v chodbách injektuje skrze kůru svá vajíčka ektoparazitoidní lumčík *Bracon hylobii* Ratzeburg, 1884, který dokáže zahubit i 50 % populace hostitele (HENRY 1995 ex FACCOLI et HENRY 2003); 20–60% parazitaci jednotlivých lapacích polen mj. uvádí z lokality Talmberk, která je jednou ze zdrojových lokalit larev hodnocených v této práci, také ČECH (2010). CHARITONOVA (1965) doplňuje z ektoparazitoidů ještě druh lumčíka *Bracon brachycerus* Thomson, 1892 a larvy

bejlmorok r. *Miastor* Meinert, 1864, žijící ve smíšených porostech pod kůrou pařezů, kde vyvolávají 6–8% mortalitu larev klikoroha. KRÍSTEK et URBAN (2004) uvádějí v larvách klikoroha přítomnost lumka *Dolichomitus tuberculatus* (Geofroy in Fourcroy, 1785), v dospělých pak výskyt lumčiků *Perilitus rutilus* (Nees, 1811) a blíže neurčeného zástupce r. *Aspilota* Foerster, 1862. Doložena byla rovněž činnost parazitoidních much z čeledi kuklicovití (Tachinidae). MODLINGER et KNÍZEK (2009) zmiňují rovněž jako běžné napadání dospělců klikoroha lumčíkem *Perilitus areolaris* Gerdin et Hedqvist, 1984.

Početnost klikoroha je rovněž snižována v důsledku vzájemné konkurence o prostor a potravu s larvami kůrovců (Scolytinae) a tesaříkovitých brouků (Cerambycidae) vyvíjejících se stejně jako klikoroh na pařezech (CHARITONOVA 1965).

Z bezobratlých epizitů (predátorů) klikoroha jsou zmiňovány (CHARITONOVA 1965; NOVÁK 1965) larvy dravých brouků z čeledi střevlíkovití (Carabidae) a kovaříkovití (Elateridae), dále příslušníci mravencovitých (Formicidae), larvy much z čeledi pestřenkovití (Syrphidae), dravé mouchy z čeledi Erinnidae a údajně jej napadají i stonožky (Chilopoda) a pavouci (Araneida), kteří všichni požírají larvy a vajíčka klikoroha. Dravá moucha r. *Laphria* Meigen, 1803, z čeledi roupcovití (Asilidae) vysává brouky, také imaga střevlíků loví dospělce, kterým odkousnou křídla a vyžirají břišní stranu. U larev klikoroha zaznamenali Ščelkanovcev a Šmelev ex CHARITONOVA (1965) i kanibalismus, kdy larvy starších instarů konzumovaly mladší. Tento jev se vyskytuje hlavně v tenkých kořenech, kde se chodby larev protínají a častý je zejména v laboratorních chovech.

U imag a ojediněle i u larev klikoroha uvádí NOVÁK (1965) rovněž predaci ptáky, jmenovitě vránami (rod *Corvus* Linnaeus, 1758), koroptví polní (*Perdix perdix* /Linnaeus, 1758/), kukačkou obecnou (*Cuculus canorus* Linnaeus, 1758), špačkem obecným (*Sturnus vulgaris* Linnaeus, 1758), vrabcem polním (*Passer montanus* /Linnaeus, 1758/) a datlem černým (*Dryocopus martius* /Linnaeus, 1758/). Pouze imaga byla identifikována také v potravě strakapouda velkého (*Dendrocopos major* /Linnaeus, 1758/), sýkory uhelníčka (*Parus ater* Linnaeus, 1758) a sojky obecné (*Garrulus glandarius* /Linnaeus, 1758/). CHARITONOVA (1965) uvádí ještě další druhy ptáků, konkrétně straku obecnou (*Pica pica* /Linnaeus, 1758/), havrana polního (*Corvus frugilegus* Linnaeus, 1758), ořešníka kropenatého (*Nucifraga caryocatactes* /Linnaeus, 1758/), mandelíka hajního (*Coracias garrulus* Linnaeus, 1758), lelka lesního (*Caprimulgus europaeus* Linnaeus, 1758) a tetřeva hlušce (*Tetrao urogallus* Linnaeus,

1758), z plazů pak ještěrky, jmenovitě slepýše křehkého (*Anguis fragilis* Linnaeus, 1758).

Podle NOVÁKA (1965) mají parazitoidi a epiziti v ochraně lesa velký význam, pokud je jim potravní zdroj snadno přístupný. Tuto podmínku však larvy klikoroha vzhledem ke svému vývinu na kořenech pařezů v podzemí nesplňují (např. lumčík *Bracon hylobii* za nimi do větších hloubek pronikat nemůže).

Přestože je v této kapitole zmíněna řada druhů, které lze řadit k nepřátelům klikoroha borového, lze většinu z nich považovat spíše za méně důležitý zdroj jeho ohrožení. Úvodní tvrzení Pfeffera je tedy platné s upřesněním, že klikoroh borový má jen malý počet významných nepřátel.

#### 3.4.2 Hostitelské rostliny

Imaga klikoroha borového je možno považovat za polyfágní, i když preferovanými druhy jejich hostitelských dřevin jsou bezpochyby borovice lesní (*Pinus sylvestris* L.) a smrk ztepilý (*Picea abies* /L./ Karsten), z ostatních jehličnanů pak borovice černá (*Pinus nigra* Arnold), borovice vejmutovka (*Pinus strobus* L.), jedle bělokorá (*Abies alba* Mill.), douglaska tisolistá (*Pseudotsuga menziesii* /Mirbel/ Franco) a modřín opadavý (*Larix decidua* Mill.). Méně jsou poškozovány listnaté dřeviny, které navíc klikoroh atakuje zejména tehdy, nacházejí-li se na čerstvých jehličnatých pasekách (DOSSE 1954 ex NOVÁK 1965). Z listnáčů je žír uváděn na dubu (*Quercus* L.), buku (*Fagus* L.), bříze (*Betula* L.), olši (*Alnus* Mill.), vrbě (*Salix* L.), lísce (*Corylus* L.), jeřábu (*Sorbus* L.), jírovci (*Aesculus* L.), jabloni (*Malus* Mill.) a dalších ovocných dřevinách, dále je zmiňován výskyt klikoroha borového na jalovci (*Juniperus* L.) a z Nizozemí i na bobu obecném (*Vicia faba* L.). CHARITONOVA (1965) uvádí navíc střemchu (*Prunus* L.), jedli balzámovou (*Abies balsamea* /Linnaeus/ Miller) a při nedostatku potravy v oblasti bývalého SSSR i borovici sibiřskou (*Pinus sibirica* Du Tour). Preferovaný věk poškozovaných jedinců kolísá od 1letých semenáčků po stromy ve věku 30 let (NOVÁK 1965).

Na základě výzkumu, který se zabýval atraktanty způsobujícími přilákání hmyzu ke konkrétním místům žíru a k místům kladení (OHNESORGE 1953 ex NOVÁK 1965) byl zjištěn odpuzující účinek pryskyřice a naopak atraktivní účinek šťáv z lýka borovice (4× větší ve srovnání se smrkem, jedlí, douglaskou či modřínem). Ještě méně atraktivní byla tsuga (*Tsuga* /Endl./ Carrière) a teprve po ní následovaly listnáče, především buk

(dosahoval pouze  $\frac{1}{4}$  atraktivitu smrku). Lákadlem jsou zřejmě látky obsažené v kůře a lýku, nikoli v jehlicích. Poněkud jiné informace uvádějí SELANDER (1970) ex MRÁČEK et ŠRŮTKA (1984) či LANGSTRÖM (1970) ex MRÁČEK et ŠRŮTKA (1984), podle nichž jsou hlavním zdrojem atraktivitu silice, terpenoidní a pryskyřičné látky.

LIŠKA et MODLINGER (2012) ve svém shrnutí uvádějí, že ve Skandinávii jsou vyhledávanými hostitelskými rostlinami klikoroha bříza bělokorá i další druhy bříz. Z našich běžných jehličnanů považují za nejméně atraktivní jedlí bělokorou, z listnatých dřevin je málo častý žír zaznamenáván na jasaněch, třešních a javorech. Jako vysloveně opomíjené pak jmenují topoly (*Populus* L.), brsleny (*Euonymus* L.) a cesmínu (*Ilex* L.). Autoři upozorňují i na mimořádné situace, kdy došlo např. v červnu 2011 k silnému poškození porostů olše zelené (*Alnus viridis* /Chaix/ DC.). U většiny uvedených listnáčů však dochází při kontaktu klikoroha s lýkem k zastavení žíru, pravděpodobně díky přítomnosti obranných požerových deterrentů. Potenciální využití v ochraně lesa by mohly nalézt zejména látky obsažené v dřevinách, kterým se klikoroh vyhýbá a lze u nich tedy předpokládat repelentní charakter.

### 3.5 Možnosti ochrany lesa

Klikoroh borový dokáže obsazovat i pařezy v probírkách tyčkovin a tyčovin a ohrožovat tak i vysazené kultury v jejich sousedství (NOVÁK 1965). Na 1 ha paseky s čerstvými pařezy se může vyvinout kolem 200 tisíc (ŠRŮTKA 1999), resp. několik set tisíc brouků (KŘÍSTEK 2002). V Lotyšsku dosahuje průměrný počet klikorohů na 1 ha paseky 10–18 tisíc brouků (CHARITONOVA 1965).

Nejvíce škod působí klikoroh na obnovených porostech v podmínkách holosečného hospodářství, zejména na kalamitních plochách po polomech nebo požárech, ale někdy i v podmínkách maloplošných či okrajových sečí (NOVÁK 1965). Napadá hlavně kmínky 3–6letých sazenic jehličnanů, jen málokdy i semenáčků z náletu a jehlice ožírání jen v nouzi (KŘÍSTEK et URBAN 2004). Žírem jsou ohroženy méně vyspělé sazenice, naopak poškozené či stresované sazenice působí na klikoroha atraktivně (MODLINGER et KNÍŽEK 2009). Škody na řízkovancích jsou díky silnějšímu kmínku nižší než na běžných sazenicích (HANNERZ et al. 2002 ex DAY et al. 2004). Pokud sazenice přímo nezahubí, vyvolává u nich často deformace nadzemních částí (CHARITONOVA 1965; KŘÍSTEK et URBAN 2004) a silné smolení (KOMÁREK 1924). Poraněné sazenice často infikují houby, které se (zvláště za suchého počasí) výrazně

podílejí na jejich odumírání (KŘÍSTEK et URBAN 2004). Poškozeny bývají hlavně výsadby, kde brouci zakládají nové pokolení. Po vylíhnutí brouků nové generace v příštím roce již zpravidla nejsou výsadby, které přežily loňský žír znovu napadeny a mladí brouci se přesunují na atraktivnější lokality (ŠRŮTKA 1999). Přesuny klikorooha v lesních komplexech směřují nejčastěji do porostů na typologicky suchých stanovištích a dále tam, kde se při těžbách přiřazují paseky v sousedství nebo v nevelké vzdálenosti od loňských pasek, příp. i pasek vzniklých v několika předchozích letech (CHARITONOVA 1965). Přesto mohou brouci působit na téže pasece škody i po dobu 2–3 let, a proto by neměly být další porosty v jejich sousedství káceny dříve než za 2–3 roky, v severských podmínkách za 3–4 roky (CHARITONOVA 1965).

V létě působí klikoroh poškození také na slabších větvičkách v korunách porostů, kde však uniká pozornosti (PFEFFER 1934; PFEFFER et al. 1954; NOVÁK 1965; KŘÍSTEK et URBAN 2004). V době přemnožení dokáže zničit i 80–100leté porosty, např. na chudých písčích jižního Slovenska, kde zničil 60 % obnov a okolní 80leté porosty výrazně poškodil (KOMÁREK 1924). Na podzim pak slézá k zemi a vyhledává úkryty k zimování (PFEFFER et al. 1954).

Škody způsobené klikorohem mají v průběhu roku tři vrcholy, které vyplývají z bionomie druhu. Jako první se objevuje jarní žír, ke kterému dochází v místech, kde probíhalo zimování brouků. Nejčastěji jde o regenerační žír mladých imag, která prezimovala mimo pařezy, méně pak o žír starších brouků. Nejškodlivější bývá tzv. letní žír, ke kterému dochází během května až července. Probíhá na pasekách atraktivních pro vývoj larev a je doprovázen kopulací a kladením brouků. Jeho účelem je průběžné doplňování energie. Koncem srpna a v září pak nastává ještě tzv. pozdně letní žír, který způsobují vždy pouze mladí čerstvě vylíhlí brouci, nejčastěji z 1leté generace. Během tohoto žíru dozrávají broukům létací svaly. V závislosti na průběhu sezóny a počasí pak brouci buď zůstávají zimovat v lokalitě svého líhnutí nebo se za zimováním přemísťují (MODLINGER et KNÍŽEK 2009).

V podmínkách neovlivňovaných člověkem by se žír klikorooha přirozeně odehrával v nárostech, mlazinách a korunách starších porostů (ŠRŮTKA 1999). S hospodářským využíváním lesů se však mj. objevil i problém vzniku škod na porostech v ekonomickém pojetí, kterým je nutno předcházet, příp. je alespoň snižovat na únosnou míru. Za preventivní ochranu je možno považovat maloplošné způsoby hospodaření, přirozenou obnovu porostů, snahu o dosažení pestřejší druhové skladby, resp. složitější porostní struktury. Patří sem i klučení čerstvých pařezů, 1–2letý pasečný klid,

preventivní postřik sazenic před vyzvednutím, máčení před výsadbou nebo postřik po výsadbě pomocí pyrethroidů (účinná ochrana 3 měsíce) a ošetření sazenic při výsadbě půdními insekticidy se systemickým účinkem (účinná ochrana až 2 roky<sup>3</sup>). Sazenice však nesmí být narašené a postřik se nesmí dostat do kontaktu s kořeny, na druhé straně musí být ošetřen kořenový krček. Celoplošná aplikace přípravků je s výjimkou postřiku na záhonech ve školce zakázána.

Historicky známé způsoby obrany při hromadném výskytu klikoroha jsou mj. lapací kůry kladené pod drny a následný pravidelný ruční sběr, dále lapací polena a štěpiny, méně pak zapuštěné pasti naplněné vodou spolu s lákací tekutinou na bázi terpentýnu. Pokud jde o dříve hojně využívané insekticidy, nebyly při obraně proti klikorohovi dostatečně účinné, neboť se tento druh obecně vyznačuje vysokou odolností vůči jedům. Zmiňováno je i hubení larev pomocí lapacích pařezů a dalších pastí (KOMÁREK 1924; PFEFFER 1934; HAŠEK 1959; MODLINGER et KNÍŽEK 2009).

V případě metody ručního sběru je zásadním problémem nedodržení intervalu sběru, jeho opožděné zahájení či předčasné ukončení. Samotné použití této metody je navíc málo účinné, tj. muselo by dojít k vychytání generace minimálně z 96 % (SCHMIDT 1934 ex NOVÁK 1965), aby se významně snížila početnost příštího pokolení. V praxi se obvykle dosahuje účinnosti maximálně 50 %. Ruční sběr brouků navíc odčerpává kapacity lidských zdrojů v době jarního zalesňování, kdy je zatížení lesnického personálu vysoké (NOVÁK 1965).

Podmínky pro biologický boj prostřednictvím zvýšení početnosti entomofágů není dostatečně prozkoumán. ŠIPEROVIČ et al. (1962) ex CHARITONOVA (1965) považují za možné zvýšit početnost *Bracon hylobii*, kdy jako příklad uvádějí regulaci méně významných škůdců, např. *Pissodes pini*. MODLINGER et KNÍŽEK (2009) zmiňují možnost využití hub *Beauveria bassiana* (Balsamo.-Criv) Vuillemin a *Metarhizium anisopliae* (Metschn.) Sorokin 1883, dále měchovce r. *Heterorhabditis* Poinar, 1976 a háďátka r. *Steinernema* Travassos, 1927, které zabíjí larvy a vyvíjí se na jejich kadáverech.

V současné době se zásady prevence, kontroly výskytu a obrany proti klikorohovi borovému v podmínkách ČR řídí vyhláškou č. 101/1996 Sb., ve znění vyhlášky č. 236/2000 Sb. Je zde definován základní, zvýšený a kalamitní stav škůdce a dále metody zjišťování výskytu a obrany. Základní stav (tj. stav, kdy nejsou působeny

---

<sup>3</sup> V současnosti není v ČR žádný takový přípravek pro účely ochrany lesa registrován.

škody) odpovídá jednotlivému výskytu slabě poškozených sazenic v 1 a 2letých kulturách do 30 % celkového počtu. Při zvýšeném stavu nepřekračuje výskyt slabě poškozených sazenic 30 % a výskyt silně poškozených sazenic 20 % celkového počtu. Kalamitní stav odpovídá situaci, kdy výskyt silně poškozených sazenic překračuje 20 % celkového počtu.

Postupy prevence, kontroly a obrany jsou ve vyhlášce nastíněny jen stručně, podrobněji jsou pak rozvedeny v aktuálně platné české technické normě ČSN 48 1001.

Preventivní ošetření jehličnatých sazenic je povinné ve všech oblastech se škodlivým výskytem klikoroha a tam, kde lze zvýšení jeho stavu očekávat. Toto ošetření se provádí postřikem sazenic před vyzvednutím, máčením před výsadbou nebo individuálním postřikem bezprostředně po výsadbě. Ošetření se vždy týká nadzemní části sazenice včetně kmínku.

Kontrola výskytu klikoroha se provádí vizuálně ve všech ohrožených jehličnatých kulturách minimálně 1× za 14 dnů po celou dobu jejich ohrožení (počátek května až polovina října, obr. 6). Na lokalitách, kde byl v předchozím roce zaznamenán zvýšený výskyt klikoroha, se provádí kontrola vyznačených míst nebo lapacích zařízení. Kontrolní místa se vyznačují v blízkosti pařezů v základním počtu 5 na 1 ha. Předmětem kontroly je pak 10 nejbližších sazenic, tj. 50 sazenic na 1 ha. U lokalit menších než 1 ha se vyznačí minimálně 3 kontrolní místa.

Při vizuální kontrole se stupeň poškození sazenic hodnotí jako (1) slabý, je-li poškozena méně než  $\frac{1}{4}$  obvodu kmínku a žír dosud neoslabuje a neohrožuje sazenici, resp. jako (2) silný, pokud je poškozena více než  $\frac{1}{4}$  obvodu kmínku. Stupeň poškození kultury se hodnotí jako (1) slabý, je-li u smrku do 5 % a u borovice do 10 % silně poškozených sazenic a jako (2) silný, pokud je u smrku nad 5 % a u borovice nad 10 % silně poškozených sazenic. V případě slabého poškození kultury je nutno pokračovat v kontrole, v případě silného poškození je nutné chemické ošetření.

Při kontrole lapacích zařízení s návnadou máčenou v insekticidní jíše, která se pokládají na zem rovnoměrně po celé ploše (nejlépe mezi kořenové náběhy čerstvých pařezů), se postupuje následovně. Základní počet lapacích zařízení je 30 ks/1 ha. Návnada se vyměňuje, je-li zaschlá či napadená plísní (obvykle po 14 dnech). Lapací zařízení se kontroluje 1× za 7 dnů po dobu ohrožení klikorohem. Je-li při kontrole zjištěn (1) slabý výskyt (do 35 jedinců/1 lapací zařízení), pokračuje se v kontrole, resp. (2) silný výskyt (35 a více jedinců/1 lapací zařízení), kultura se neprodleně ošetří.

Obrana se provádí individuálním chemickým postřikem sazenic (celoplošný postřik je zakázán). Je nutno respektovat platný „*Seznam registrovaných přípravků na ochranu lesa*“ (v současnosti ŠVESTKA et al. /2011/). Při mechanické obraně se používá sběr klikorohů do lapacích zařízení s neintoxikovanou návnadou (počet lapacích zařízení se zvyšuje na 100–200 ks/1 ha a interval kontroly se zkracuje na 1–2 dny). Účinnost obrany se prověřuje kontrolou zdravotního stavu sazenic každých 14 dnů.

### 3.6 Rozlišování klikorohů a kůrovců

V ČR se vyskytují celkem čtyři druhy klikorohů rodu *Hylobius*: klikoroh borový *H. abietis* (Linnaeus, 1758), klikoroh modřínový *H. excavatus* (Laicharting, 1781), klikoroh menší *H. pinastri* (Gyllenhal, 1813) a klikoroh bahenní *H. transversovittatus* (Goeze, 1771). Nejhojnější je zde klikoroh borový, který společně s klikorohem menším působí v principu stejný typ škod. Klikoroh menší se od klikorooha borového liší kromě menší velikosti i kulatými, neprotáženými tečkami na štítu. Klikoroh modřínový se vyskytuje především na smrku a modřínu. Ve srovnání s klikorohem borovým či klikorohem menším je nápadně větší, světlé šupinky na jeho krovkách jsou rozptýlené, chybí mu ozubení na rameni a má hladký štítek. Druh *Hylobius transversovittatus* se vyvíjí na kořenech bylinné kypřeje vrbice (*Lythrum salicaria* L.). Od klikorooha borového či klikorooha menšího se liší pouze hladkými stranami zadohrudí (NOVÁK 1965; MODLINGER et KNÍŽEK 2009). NOVÁK (1965) uvádí výskyt klikorooha bahenního také na topolech a vrbách, což však jiní autoři nezmiňují.

Determinací larev klikorohů *H. abietis*, *H. excavatus* a *H. pinastri* žijících na smrku se zabýval KANGAS (1959), který uvedl i nové poznatky o možnosti rozlišení larev rodů *Hylobius* a *Pissodes*. Jeho práce obsahuje detailní popisy larev tří druhů klikorohů, perokresby se zvýrazněním rozlišovacích znaků a určovací klíč. Znaky, které jsou významné pro určování daných druhů se nacházejí v hlavové oblasti larev.

Na jeho studii později navázal LEKANDER (1977), který jednak zrevidoval popisované determinační znaky, které doplnil o znaky umožňující určení *H. transversovittatus*, jednak zrevidoval vzájemné rozlišovací znaky klikorohů a smoláků r. *Pissodes* (především rozdíly ve velikosti hlavy, vzhledu průduchů a nově popsany rozdíl ve tvaru maxily). I v jeho práci jsou k dispozici tabule se zobrazenými determinačními znaky a určovací klíč. Celkově je možno konstatovat, že



larvy čtyř u nás žijících druhů klikorohů r. *Hylobius* jsou podle uvedené literatury dobře rozpoznatelné.

Kromě potenciální záměny larev klikorooha borového s jinými druhy téhož rodu hrozí u I. a částečně i II. instaru díky velké podobnosti také záměna s blízce příbuznými kůrovci z rodu *Hylastes*. Klíč k vzájemnému rozlišování larev druhů *Hylobius abietis*, *Pissodes pini* (Linnaeus, 1758) a příslušníků rodu *Hylastes* podle Šiperoviče je uveden v práci CHARITONOVÉ (1965), viz tab. 3. Na základě přítomnosti průduchu (spirakula) na dorzální straně posledního zadečkového článku rozlišuje kůrovce a klikoroohy MAY (1993); podle ČECHA (2010) je však využití tohoto znaku problematické.

Tab. 3 – Rozlišování larev rodů *Hylobius*, *Pissodes* a *Hylastes* podle Šiperoviče (CHARITONOVA 1965)

Druh	Rýha na temeni	Šev na kapsuli	Šířka hlavy [mm]
<i>Hylobius abietis</i>	po obou stranách temenního švu po jedné rýze	---	do 3,2
<i>Pissodes pini</i>	NE	podélný, táhne se téměř do konce schránky	do 1,8
r. <i>Hylastes</i>	NE	krátký, dosahuje méně než do poloviny schránky	do 1,2

Z domácích prací se možností vzájemného rozlišení I. instaru klikorooha borového a posledního instaru larev kůrovců r. *Hylastes* zabývala ZELENÁ (2011). Autorka uvádí, že larva klikorooha je v dané fázi ve srovnání s larvou kůrovců poněkud robustnější a i když je jejich velikost přibližně stejná, jsou larvy kůrovců přece jen o něco delší. Největší rozdíly byly zjištěny v délce, zbarvení a uspořádání štětín (set) pokrývajících povrch těla. Sety larev klikorooha borového jsou dlouhé a tmavé (hnědavé), zatímco sety kůrovců jsou krátké a světlé (matně bělavé až průhledné). Jako snadno použitelný rozlišovací znak se ukázal velmi nápadný shluk dlouhých tmavých set na dorzální straně posledních zadečkových článků, který je přítomný pouze u larev klikorooha borového, zatímco u larev r. *Hylastes* se na tomto místě vyskytují pouze jednotlivé sety.

### 3.7 Larvální instary hmyzu

Po protržení vnějšího obalu vajíčka se líhne larva I. instaru. Protože je hmyz na povrchu kryt pevnou kutikulou, která umožňuje tělesný růst jen v omezené míře, musí u larev během vývoje docházet k periodickým svlékáním, která umožňují jejich přechod do dalších fází – vyšších instarů. Počet larválních instarů je u některých skupin hmyzu

stálý, u jiných naopak proměnlivý (mj. u některých čeledí brouků). Při svlékání se nejprve oddělí od staré kutikuly a všech kutikulárních útvarů epidermis. Buňky epidermis se poté intenzivně dělí, stará kutikula je prostřednictvím vylučovaných enzymů rozrušována a zároveň se pod ní vytváří kutikula nová. V další fázi stará kutikula praskne a larva jí svléká (ekdyse). Měkké tělo se tlakem hemolymfy napruží a nová kutikula ve vnějším prostředí ztvrdne (HŮRKA et ČEPICKÁ 1978). Dojde tak do určité míry k zafixování nové velikosti larvy (skokový růst).

### 3.7.1 Instary klikoroha borového

Na kořenech téhož pařezu se současně vyskytují různé instary larev, ale i kukly, mladí brouci a jejich výletové otvory, což je dáno časovými rozdíly v kladení vajíček. Larvy, které se vyvíjejí na kořenech v hloubce, zaostávají za těmi, které se vyvíjejí na povrchových kořenech. Důvodem je pravděpodobně delší čas, který potřebují samičky klikoroha k proniknutí půdou do větších hloubek. V pařezech na pasekách, kde se půda prohřívá do velkých hloubek, probíhá vývoj larev rychleji ve srovnání s pařezy v porostech (CHARITONOVA 1965).

Různí autoři se v souvislosti s klikorohem borovým zmiňují o různém počtu jeho larválních instarů (od 4 do 6 i více) a také rozpětí šířek sklerotizovaných hlavových kapsulí je podle různých zdrojů mírně odlišné (tab. 4). Pouze 4 instary udává např. EIDMANN (1974), 6 naopak např. Šiperovič ex CHARITONOVA (1965).

Tab. 4 – Šířky hlavových schránek [mm] larválních instarů klikoroha borového vyvíjejícího se na borovici podle různých autorů

Instar	BEJER-PETERSEN (1962)	CHARITONOVA (1965)	Šiperovič ex CHARITONOVA (1965)	CHRISTIANSEN (1971)	EIDMANN (1974)	ČECH (2010)*	ZELENÁ (2011)
<b>I</b>	(0,6) <b>0,7</b> (0,8)	<b>0,6</b>	<b>0,6</b>	–	<b>0,6 – 0,7</b>	(0,6) <b>0,8</b> (0,8)	(0,5) <b>0,6</b> (0,7)
<b>II</b>	(0,9) <b>1,0</b> (1,1)	<b>0,8</b>	<b>1,0</b>	<b>0,9</b>	<b>0,8 – 1,0</b>	(0,9) <b>1,0</b> (1,2)	(0,7) <b>0,9</b> (1,0)
<b>III</b>	(1,1) <b>1,4</b> (1,7)	<b>1,5</b>	<b>1,5</b>	<b>1,4</b>	<b>1,3 – 1,5</b>	(1,2) <b>1,5</b> (1,9)	(1,0) <b>1,2</b> (1,5)
<b>IV</b>	(1,6) <b>2,0</b> (2,5)	<b>2,0</b>	<b>2,0</b>	<b>2,1</b>	<b>1,8 – 2,0</b>	(1,7) <b>2,1</b> (2,5)	(1,5) <b>1,8</b> (2,1)
<b>V</b>	(2,0) <b>2,8</b> (3,5)	<b>3,0</b>	<b>2,5</b>	<b>2,7</b>	<b>2,8 – 3,0</b>	(2,3) <b>2,9</b> (3,7)	(2,1) <b>2,5</b> (3,4)
<b>VI</b>	–	–	<b>3,1</b>	–	–	–	–

\* viz kapitolu 4.2.

Podle CHARITONOVÉ (1965) mají larvy I. instaru po opuštění vajíčka délku 2 mm a šířku hlavové kapsule 0,6 mm. Na začátku června probíhá jejich první svlékání,

přičemž se do poslední chvíle před jeho zahájením krmí a jsou pohyblivé. Délka těla larev II. instaru činí 4 mm, šířka jejich hlavové kapsuly dosahuje 0,8 mm a šířka jejich chodeb nepřesahuje 3,3 mm. Bývá jich 10–15 na 1 dm<sup>2</sup>. Tento instar trvá do konce června. Larvy I. a II. instaru jsou velmi podobné larvám jiných druhů klikorohů a larvám kůrovců. Larvy III. instaru se objevují v červenci. Jsou dlouhé 9 mm a mají šířku hlavové kapsule 1,5 mm. Většinou na konci července u nich dochází k dalšímu svlékání, kdy přecházejí do IV. instaru s délkou těla 14 mm a šířkou kapsule 2 mm. Na konci srpna pak přecházejí do posledního V. instaru, který má tělo dlouhé 20–26 mm, šířku kapsule 3 mm a jeho chodby dosahují průměru do 1 cm. Příjem potravy trvá u tohoto instaru až do pozdního podzimu. Larvy nových instarů, které buď opustily vajíčko, popř. svlékly exuvii, jsou žlutobílé a jejich hlavová kapsule získá typickou kaštanově hnědou barvu teprve za 1–2 dny.

KŘÍSTEK et URBAN (2004) uvádějí dobu vývoje posledního (V.) instaru kolem 43 % z celkové doby a podíl délky chodby vytvářené V. instarem ku celkové délce chodby 44 %.

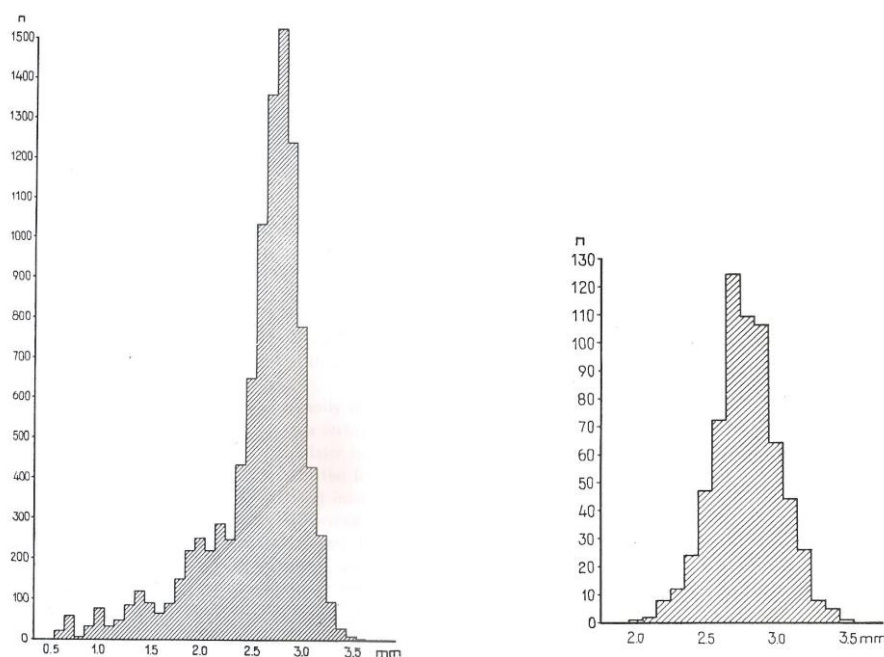
Základní prací, která se zabývá stanovením počtu larválních instarů klikoroha borového na základě šířky jejich hlavových kapsulí, je publikace BEJER-PETERSENA et al. (1962). Záměrem rozsáhlého výzkumu bylo určit počet larválních instarů klikoroha borového, osvětlit průběh jeho vývoje v gradientu podmínek prostředí severských zemí (Švédsko, Finsko, Norsko, Dánsko) a rozdíly v průběhu vývoje larev tohoto druhu na borovém a smrkovém substrátu. Během let 1955 a 1956 bylo získáno celkem 34 668 vzorků klikoroha v různých vývojových fázích, z toho 18 291 larev (9 797 z borových a 8 494 ze smrkových lapacích polen). U všech larev byla změřena šířka hlavové schránky s přesností 0,1 mm.

Pokud jde o zvolenou metodiku, ukázalo se, že lapací polena dobře simulují průběh vývoje v porovnání s pařezy. Na jihu (Dánsko) byl společný termín jejich založení do země zřejmě již příliš pozdní a docházelo zde již ke kladení, naopak u polen na severu se kladení mohlo protáhnout až do následujícího roku, kdy již byla polena vyzvednuta.

V disponibilním materiálu z borových polen byl nejvíce zastoupen poslední instar (obr. 11). Dále bylo zjištěno, že se šířka hlavových schránek jednotlivých larválních instarů vzájemně překrývá. Určit hranice rozpětí a počet instarů ze společného histogramu tedy nebylo možné, proto bylo nutno tyto hodnoty určovat po definovaných částech. Pro určení rozpětí I. a II. instaru byly provedeny krátkodobé doplňkové pokusy.

Pro určení posledního larválního instaru byly využity pouze larvy z kukelných komůrek. Histogram jejich rozdělení měl jen jeden vrchol, což naznačilo existenci jediného instaru (obr. 12). K určení počtu a rozpětí zbývajících instarů bylo využito úvahy, že šířka hlavových kapsulí se zvětšuje geometrickou řadou (tzv. Dryarovo pravidlo<sup>4</sup>). Výsledek ukázal, že se jedná o dva instary, tj. III. a IV. instar. Určené hodnoty rozpětí instarů byly poté ověřovány na histogramech zkonstruovaných pouze pro materiál z odlišných dílčích oblastí.

Protože hodnoty reprezentují velké množství materiálu z různých oblastí a různých termínů sběrů, byla zejména pro IV. a V. instar z různých regionů zjištěna ve výsledném histogramu velká variabilita ve střední hodnotě šířky hlavové schránky. Zvláštní postavení má např. pík 2,2 mm, který je znám i z jiných experimentů. Je sporné, zda se jedná o samostatný instar, pravděpodobněji však jde pouze o určitý posun v hodnotách. Je totiž obvyklé, že larvy, které se vyvíjejí rychleji a jako první dosahují posledního instaru, jsou nejmenší a ty, které dosahují konečného instaru nejpozději, jsou naopak největší.



Obr. 11 – Šířky hlavových schránek 9 797 larev z borových polen (BEJER-PETERSEN et al. 1962)

Obr. 12 – Šířky hlavových schránek larev z borových polen v kukelných komůrkách (BEJER-PETERSEN et al. 1962)

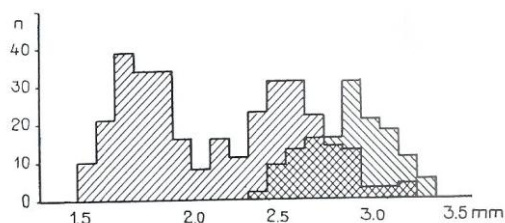
<sup>4</sup> DRYAR (1890) ex EIDMANN (1962) prokázal, že šířky hlavových schránek po sobě jdoucích instarů housenek motýlů se zvětšují geometrickou řadou. Později bylo pravidlo potvrzeno v mnoha dalších případech pro různé části hmyzího těla.

Hypoteticky by se mohlo také předpokládat, že nejmenší larvy jsou samčího a největší samičího pohlaví, avšak tento předpoklad se nepotvrdil. Na základě výzkumu FINNEGANA (1959) ex BEJER-PETERSEN et al. (1962), který se zabýval druhy *Hylobius pales* (Herbst, 1797) a *Hylobius radicis* Buchanan, 1935, bylo možno formulovat některé další hypotézy. U *H. pales* následoval u nejmenších larev ještě VI. instar, čímž došlo ke zvětšení jejich rozměrů. Některé larvy *H. radicis* prošly dokonce VII. instarem. Larvy, které u tohoto druhu prošly jen 5 instary, potřebovaly pro vývoj jen 80 dnů, při 7 instarech se tato hodnota zvýšila na 120 dnů. Také u *H. pales* byly v délce vývoje larev procházejících odlišným počtem instarů zjištěny rozdíly.

V případě smrku ztepilého (tab. 5) byl způsob určení píků a rozpětí instarů obtížnější, takže do stanovení výsledku musel mírně vstoupit i lidský faktor. Dobře jsou v tomto případě definovány pouze první tři instary. Na smrku pravděpodobně prochází část larev vyšším počtem instarů. Obr. 13 znázorňuje překryv larev finálního instaru z kukelných kolébek a larev, které ještě neukončily žír, což evokuje možnou existenci VI. instaru, ale může se též jednat pouze o výsledek nárůstu velikosti s věkem.

Tab. 5 – Šířka hlavových schránek larev klikorooha vyvíjejících se na smrku ztepilém (BEJER-PETERSEN et al. 1962)

Instar	Šířka hlavové schránky [mm]
I	(0,5) 0,6 (0,7)
II	(0,8) 0,9 (1,1-1,2)
III	(1,1) 1,3-1,4 (1,6)
IV	(1,5) 1,8-1,9 (2,2-2,3)
V	(2,1) 2,9 (3,5)



Obr. 13 – Šířky hlavových schránek larev klikorooha ze smrkových polen – vlevo larvy, které dosud provozují žír, vpravo larvy finálního instaru (BEJER-PETERSEN et al. 1962)

Porovnání larev vyvíjejících se na borovici a na smrku neprokázalo významné rozdíly v počtu instarů a jejich rozpětí. Přesto lze říci, že se larvy I. instaru, které prodělávají žír na smrku, zdají být o něco menší.

V ČR se otázkou šířek hlavových kapsulí larválních instarů zabývali ČECH (2010) a ZELENÁ (2011), jejichž výsledky jsou podrobně rozebrány v metodické a výsledkové části předkládané práce.

## 3.8 Teplota jako faktor prostředí

### 3.8.1 Teplota půdního prostředí

Kořeny rostlin, které jsou v půdě, mají prakticky stejnou teplotu jako jejich půdní prostředí (SLAVÍKOVÁ 1986). Pokud výše uvedené tvrzení platí pro kořeny živé, v nichž probíhají fyziologické procesy, lze jej logicky vztáhnout i na kořeny odumřelé, tedy i podzemní součásti pařezů pokácených stromů, které fungují jako inkubační prostředí pro vývoj larev klikoroha borového.

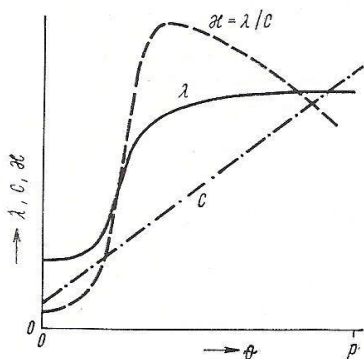
Běžně uváděná meteorologická data odpovídají nadzemním makroklimatickým poměrům, podmínky ve vzdušných vrstvách do výšky 2 m nad povrchem země mají již však odlišný, mikroklimatický charakter. Mikroklima, které panuje v půdě, je ovlivňováno zeměpisnou šířkou a nadmořskou výškou (intenzita slunečního záření), fyzikálními vlastnostmi půdy (množství pohlceného tepla), topografií terénu (expozice, inklinace), charakterem vegetačního pokryvu (struktura porostu, přízemní vegetace) aj. (KLIKA 1955).

Z celkové zářivé energie dopadá k půdě ca 75 %. Z tohoto množství se asi 10 % odrazí a zbytek se přemění v tepelnou energii, která částečně ohřívá přízemní vrstvy vzduchu, částečně proniká do hlubších vrstev půdy. S hloubkou půdy tak teplota většinou klesá, neboť svrchní půdní vrstvy část tepla absorbují. Teplota povrchových půdních vrstev závisí i na jejich vlhkosti. Ve vlhké půdě se významný podíl tepelné energie spotřebovává na výpar, který způsobuje zahřátí přízemního vzduchu (KLIKA 1955).

V létě a ve dne dochází v půdě k tzv. insolačnímu (vzařovacímu) rozdělení teploty, kdy se teplota s hloubkou snižuje, zatímco v zimě a v noci dochází k radiačnímu (vyzařovacímu) režimu, kdy je teplotní rozvrstvení opačné (PETRÍK et al. 1986). Celková tepelná bilance půdy, resp. odvod tepla do půdy, je tedy ve dne a v létě kladná, v noci a v zimě záporná (SLAVÍKOVÁ 1986). Půda má proto v zimě nepřímé a v létě přímé teplotní rozvrstvení, na jaře a na podzim je v teplotní rovnováze. Nejchladnější je v únoru a nejteplejší v srpnu (GULIČKA 1984).

Rychlost transportu tepla v půdě závisí na gradientu teploty půdy (tj. rozdílu teploty na jednotku hloubky) a dále na tepelné vodivosti půdy (tj. množství tepla, které projde 1 m<sup>2</sup> půdy za sekundu při teplotním gradientu 1 °C. m<sup>-1</sup>). Tepelná vodivost půdy roste s vyšší půdní vlhkostí a klesá s vyšším podílem půdního vzduchu (SLAVÍKOVÁ

1986). Závisí rovněž na mineralogickém složení, obsahu humusu, textuře a struktuře půdy. Při velmi nízké vlhkosti se teplo přenáší pouze po bodových kontaktech dotyku půdních částic, avšak po vytvoření vodních filmů při vyšší vlhkosti dojde k prudkému nárůstu tepelné vodivosti (obr. 14). Při dalším zvyšování vlhkosti již tepelná vodivost roste jen pozvolně (nárůst dotykových ploch je již malý), a to zejména v souvislosti se snižováním obsahu izolačně působícího půdního vzduchu (KUTÍLEK 1978).

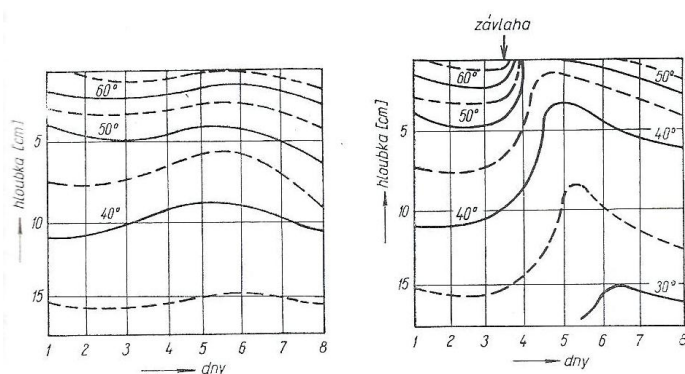


Obr. 14 – Závislost tepelné vodivosti  $\lambda$  na vlhkosti půdy  $\theta$ ; dále zobrazeny  $C$  – objemová tepelná kapacita a  $\kappa$  – tepelná difuzivita (KUTÍLEK 1978)

Rychlost transportu tepla dále závisí na tepelné kapacitě (tj. množství tepla, jímž se ohřeje  $1 \text{ m}^3$  půdy o  $1 \text{ }^\circ\text{C}$ ). Také tepelná kapacita stoupá s vlhkostí půdy (SLAVÍKOVÁ 1986). Látky s vyšší tepelnou kapacitou potřebují k zahřátí více tepelné energie, proto se zahřívají pomaleji (ale také se pomaleji ochlazují). Takové látky mají menší amplitudu teploty (PETRÍK et al. 1986). Hodnoty tepelných kapacit a tepelných vodivostí suchého a vlhkého písku, půdy, rašeliny aj. viz např. KUTÍLEK (1978) či PETRÍK et al. (1986).

Vlhké a těžké (ulehlé) jílovité půdy s vyšší tepelnou vodivostí vedou teplo do spodních vrstev rychleji než suché a lehké (drobtovité) písčité půdy. Suché a málo vodivé písky s vyšším obsahem půdního vzduchu mají proto tendenci se na povrchu přehřívat (SLAVÍKOVÁ 1986). Vzhledem k tomu, že se povrch teplých půd rychleji prohřívá, nastává zde dříve i začátek vegetační sezóny (KUTÍLEK 1978). Tmavé humusové půdy s velkou absorpcí záření a malou vodivostí však mohou na povrchu též dosahovat extrémních teplot, až  $70 \text{ }^\circ\text{C}$  (SLAVÍKOVÁ 1986). Vůbec největší absorpci mají tmavé, drsné povrchy půd s jižní expozicí svahů (KUTÍLEK 1978). Teplota půdy tedy závisí i na půdním druhu, resp. na fyzikálních (vodní a vzdušná kapacita) a chemických vlastnostech (KLIKA 1955). Na vertikálním postupu tepla půdou se částečně podílí i

prosakující voda a pohyb a kondenzace páry (HAVLÍČEK 1986). Tzv. „teplé“ půdy se vyznačují dobrou drenáží a nízkou vlhkostí; těžké a zamokřené půdy se naopak označují jako „chladné“. Na jaře jsou hlinité půdy chladnější a písčité teplejší, zatímco na podzim, kdy jsou lehké i těžké půdy zamokřené, se jejich teploty vyrovnávají, přičemž mohou být v tuto dobu (zejména v noci) vlivem dobré tepelné vodivosti písčité půdy dokonce chladnější než hlinité (KLIKA 1955). Závlaha (srážky) v letním období sníží půdní teploty na několik dnů (obr. 15), závlaha v pozdním podzimu a v zimě teplotu půdy zvyšuje a někdy zamezí i zamrznutí (KUTÍLEK 1978).



Obr. 15 – Vliv závlahy na půdní teplotu – vlevo nezavlaženo, vpravo po dešti (KUTÍLEK 1978)

K dalším významným faktorům, které ovlivňují teplotu půdy, patří přítomnost hrabanky, vegetace a sněhové pokrývky. Hrabanka zmenšuje noční vyzařování tepla z půdy. Na jaře se prohřeje dříve než vzduch a ohřívá jak půdu, tak přízemní vrstvy vzduchu. V zimě zpomaluje zamrznání půdy a zmenšuje hloubku, do které proniká mráz (KLIKA 1955).

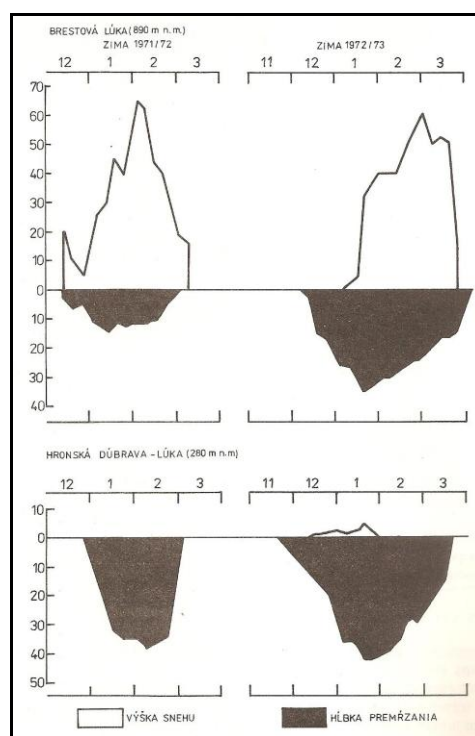
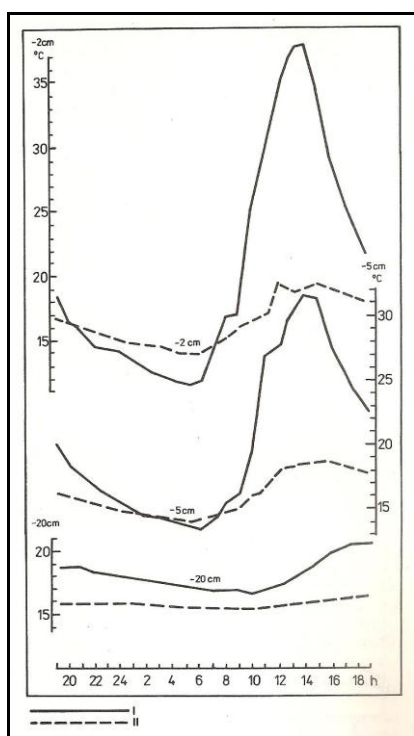
Přítomnost vegetace se spolu se severní expozicí projevují snížením teplotních extrémů (i mezi dnem a nocí) a zvýšením vlhkosti, naopak obnažená půda v kombinaci s jižní expozicí zvyšují extrémně vysoké teploty (v průměru o 1–3 °C za den) a vysychání. Protože koruny stromů zadržují sluneční záření, dostává půda v lese v porovnání s pasekou méně tepla, ale zároveň ho i méně vyzařuje (KLIKA 1955). Půda pod lesním porostem (obr. 16) je tedy ve vegetačním období přes den chladnější, v noci a ráno teplejší než holina. Vazbu na teplotu půdy má tak např. i soubor lesních typů (PETRÍK et al. 1986).

Ve srovnání s volným prostranstvím je lesní půda v létě až do hloubky 1,2 m chladnější, v zimě pak o něco teplejší. V hloubce 50 cm je průběh teploty stejnoměrný



(KLIKA 1955). Průměrná roční teplota lesní půdy je ca o 1 °C nižší než teplota půdy na otevřených stanovištích (SCHUBERT 1900 ex KLIKA 1955), viz tabulku 6.

Teplé půdy bez sněhu mohou promrznout až do hloubky 0,8–1,5 m, v případě travního pokryvu se zámrazná hloubka sníží až na 0,4 m. V zimě však půdní teplotu ovlivňuje i sněhová pokrývka (špatný vodič tepla = dobrý izolátor), která snižuje vyzařování tepla z půdy do atmosféry a zároveň zabraňuje ochlazování půdy absorpcí až 99,5 % dopadajícího infračerveného záření. Při vrstvě sněhu od mocnosti ca 20 cm půda většinou nezamrzá (GULIČKA 1984). SLAVÍKOVÁ (1986) uvádí, že v našich horských oblastech zajišťuje víceméně konstantní teplotu povrchu půdy kolem 0 °C vrstva neslehlého sněhu vysoká 0,5 m. Zámrazná hloubka půdy závisí nejen na výšce sněhové pokrývky a charakteru vegetačního a půdního pokryvu, ale i na síle mrazu (GULIČKA 1984). Ve vyšších horských oblastech u nás půda paradoxně promrzá do menší hloubky než v nižších polohách z důvodu vytvoření a udržení sněhové pokrývky ještě před příchodem mrazů (obr. 17), tj. díky absenci holomrazů (PETRÍK et al. 1986).



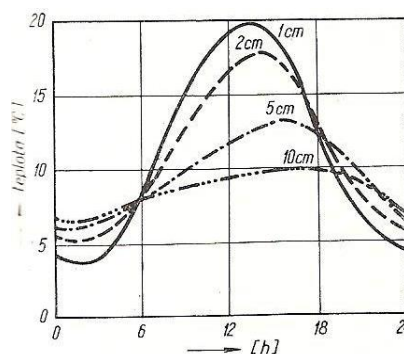
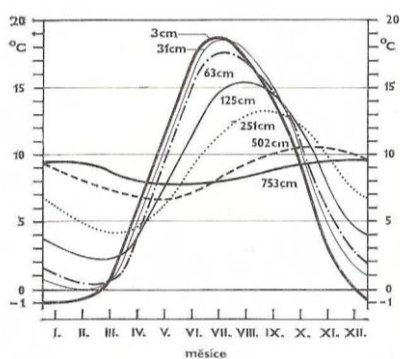
Obr. 16 – Denní chod teploty půdy na lesní holině (I) a v akátovém porostu (II), podle Petříka ex PETRÍK et al. (1986)

Obr. 17 – Sněhová vrstva a promrzání půdy na lesních holinách v různých nadmořských výškách; podle Petříka ex PETRÍK et al. (1986)

Tab. 6 – Průměrné měsíční teploty půdy pod různými porosty a na volném prostranství (podle Tománka ex PETRÍK et al. /1986/)

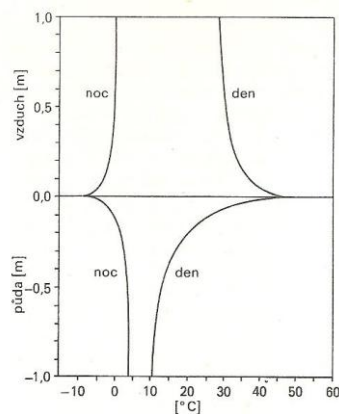
Porost	Hloubka [cm]	Průměrná měsíční teplota půdy [°C]												Průměr za rok
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Louka	5	-0,2	-0,2	-0,1	6,6	14,0	16,2	17,5	15,9	13,8	8,3	4,7	2,8	8,3
	50	0,9	0,6	0,6	4,8	11,1	15,1	16,2	15,6	14,3	10,1	6,2	4,2	
Borovice lesní	5	0,0	0,0	0,3	4,5	10,7	12,1	14,6	14,4	12,7	7,5	4,5	3,0	7,0
	50	1,7	1,0	1,0	3,8	8,5	10,7	12,6	13,1	12,3	8,9	6,0	4,6	
Dub - habr	5	0,1	0,0	0,0	4,9	11,1	12,3	14,5	14,0	12,2	7,7	4,8	3,0	7,0
	50	1,2	0,9	0,7	3,6	9,1	11,2	12,8	13,1	12,1	8,8	6,0	4,3	

Vnější klima ovlivňuje půdní mikroklima do hloubky 30–50 cm (někdy i více). Teplota v půdě kolísá ve srovnání se vzduchem pomaleji, ve srovnání s vodou rychleji (GULIČKA 1984). Na druhé straně v porovnání se vzduchem vykazuje teplotní průběh v půdě větší vertikální a horizontální rozdíly (KLIKA 1955). Kolísání se projevuje nejvíce těsně pod povrchem, směrem do hloubky se pak teplotní křivky postupně zplošťují (obr. 18–20). Denní výkyvy teploty pronikají maximálně do hloubky 1 m (největší jsou v 0–50 cm), měsíční do 5 m a roční do 10–20 m, a to v závislosti na půdním typu, geografické situaci, nadmořské výšce, klimatu ap. (GULIČKA 1984). U většiny našich půd nepřekračuje v hloubce 1 m kolísání teploty během roku 12 °C a v zimním období zde obvykle teplota neklesá pod 0 °C (SLAVÍKOVÁ 1986). K největším výkyvům teploty dochází v půdách suchých, surových, písčitovápenitých, jižně exponovaných, volně ležících; nejméně v půdách vlhkých, jílovitých a dobře zarostlých (GULIČKA 1984).



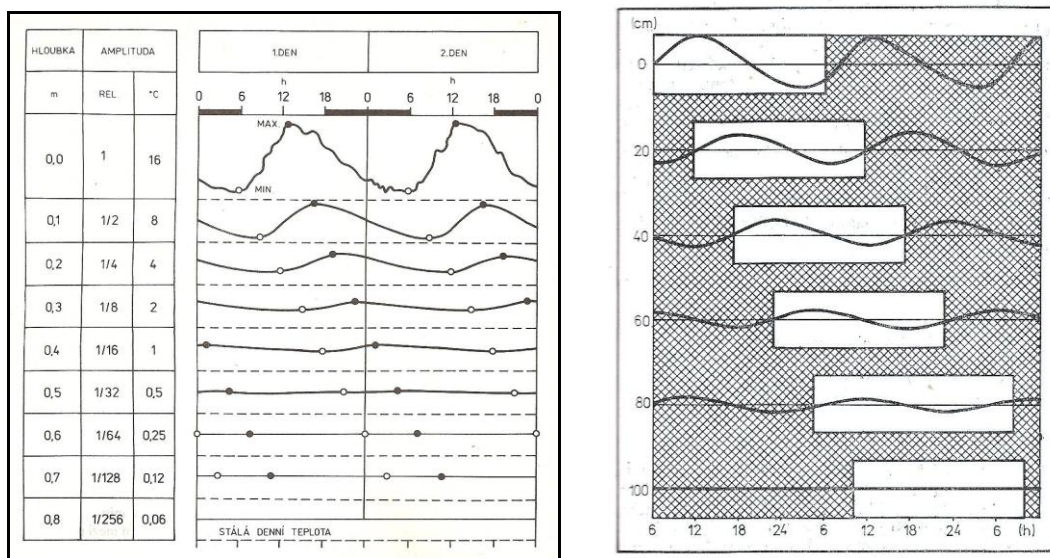
Obr. 18 – Celoroční chod teploty v různých půdních vrstvách (podle Braunse ex GULIČKA /1984/)

Obr. 19 – Denní průběh půdních teplot v různých hloubkách (KUTÍLEK 1978)



Obr. 20 – Teplota vzduchu a půdy v době denního maxima záření a v noci, kdy převládá vyzařování; podle KREEBA (1974) ex SLAVÍKOVÁ (1986)

Denní chod teploty půdy (obr. 21 a 22) je charakteristický výskytem jednoho maxima (kolem poledne), jednoho minima (v době východu Slunce) a amplitudou výkyvů. Nejvýrazněji se projevuje za jasného počasí v teplé části roku. V některých dnech není výrazný např. z důvodu deště, oblačnosti aj. (PETRÍK et al. 1986).



Obr. 21 – Denní chod teploty na povrchu a v hlubších vrstvách půdy (podle KEŠNERA /1977/ ex PETRÍK et al. /1986/)

Obr. 22 – Denní chod teploty půdy v různých hloubkách (HAVLÍČEK 1986)

Na velikost amplitudy mají vliv zeměpisná šířka, kontinentalita, nadmořská výška, expozice, oblačnost, barva půdy, porost, sněhová pokrývka, tepelná kapacita a tepelná vodivost půdy (PETRÍK et al. 1986).

Nejvyšších teplot dosahují v letním období písčité půdy s jižní expozicí, jejichž povrch (do hloubky 1,0–1,2 cm) se může zahřát až na 55–65 °C, v odpoledních hodinách až na 72 °C. V hloubce 5 cm dosahuje teplota již jen 20–30 °C, v 10 cm pak již většinou nepřesahuje 30 °C (GULIČKA 1984).

Teplotní změny v závislosti na hloubce půdy podléhají určitým zákonitostem (obr. 22). Perioda výkyvů (denní i roční) je ve všech hloubkách stejná. Amplituda teplotních výkyvů se s hloubkou zmenšuje geometrickou řadou, přičemž v tzv. hloubce stálé teploty výkyvy zanikají (v našich podmínkách denní v 0,4–1 m, roční v 15–30 m). Poměr hloubky stálé denní ( $z_1$ ) a stálé roční ( $z_2$ ) teploty půdy je roven poměru druhých

odmocnin period výkyvů  $t_1$  a  $t_2$  podle vzorce  $\frac{z_1}{z_2} = \frac{\sqrt{t_1}}{\sqrt{t_2}}$ . Nachází-li se tak např. stálá

denní teplota v hloubce 1 m, pak pro denní ( $t_1 = 1$ ) a roční ( $t_2 = 365$ ) periodu platí

$$z_2 = \frac{z_1 * \sqrt{t_2}}{\sqrt{t_1}} = \frac{1 * \sqrt{365}}{1} = 19,1 \text{ m.}$$

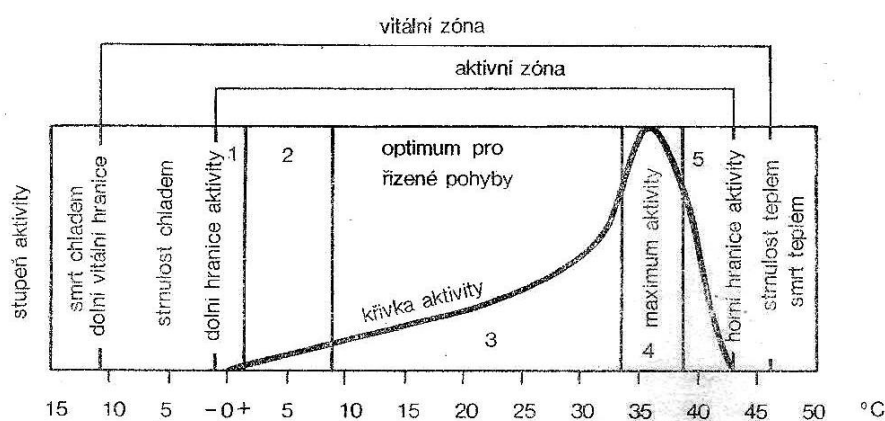
Nástup denních (ročních) teplotních maxim a minim se s rostoucí hloubkou zpožďuje (denní extrém v průměru o 2,5–3,5 hod. na každých 10 cm, roční o 20–30 dnů na každý 1 m). Do jisté míry platí i tvrzení, že teplota půdy v hloubce, kde zanikají roční teplotní výkyvy, je přibližně rovna průměrné roční teplotě vzduchu na daném místě (HAVLÍČEK 1986).

### 3.8.2 *Závislost hmyzu na teplotě*

Živočichové nezbytně potřebují teplo především k udržení biokatalytické činnosti enzymů. Hmyz patří mezi ektotermní (poikilotermní) organismy, ale je schopen produkovat i malé množství vlastního tepla. Dokáže rychle přijímat teplo ze svého okolí, ale na druhé straně jej i rychle ztrácí. Proto se teplota hmyzích těl mění v závislosti na teplotě okolí, tj. jsou střídavě vyhřátá a vychladlá. Zdrojem tepla organismů jsou primárně sluneční paprsky, které pronikly okolním prostředím na tělní povrch, dále teplo převzaté organismy od okolního média (substrátu) a teplo uvolňované uvnitř organismů exotermickými procesy, především při svalové činnosti a rozkladu potravy (ZLATNÍK et al. 1973; LOSOS 1984). K přenosu tepla (LOSOS 1984) pak dochází přímým slunečním zářením (insolací), teplotním prouděním (konvekcí) a vedením (kondukcí).

Každý biologický druh je schopen žít pouze v určitém rozmezí teplot okolního prostředí (druhy stenotermní × eurtermní), přičemž se toto rozmezí může výrazně lišit i mezi jeho vývojovými stadii. Uvnitř hranic existenčního rozpětí teplot se vždy nachází tzv. teplotní optimum (obr. 23), při kterém nejlépe probíhají biochemické reakce a jsou zaznamenávány normální etologické projevy, např. pohybová aktivita (ZLATNÍK et al. 1973).

Teplota nepřímo ovlivňuje dosahovanou velikost těla (např. zvětšování evropských čmeláků směrem k severu), vyvolává morfologické a fyziologické změny (delší sety u druhů v chladnějších oblastech), ovlivňuje zbarvení ap. (ZLATNÍK et al. 1973; SPEIGHT et al. 2008). Závisí na ní mj. i příjem potravy ektotermů, který se s růstem teploty nejprve zvyšuje až k určité maximální hodnotě, avšak s dalším teplotním nárůstem opět klesá. Protože však u hmyzu vede zvýšená konzumace potravy ke zkrácení délky jeho vývoje, zůstává množství přijaté potravy bez ohledu na průběh teploty přibližně stejné (ZLATNÍK et al. 1973).

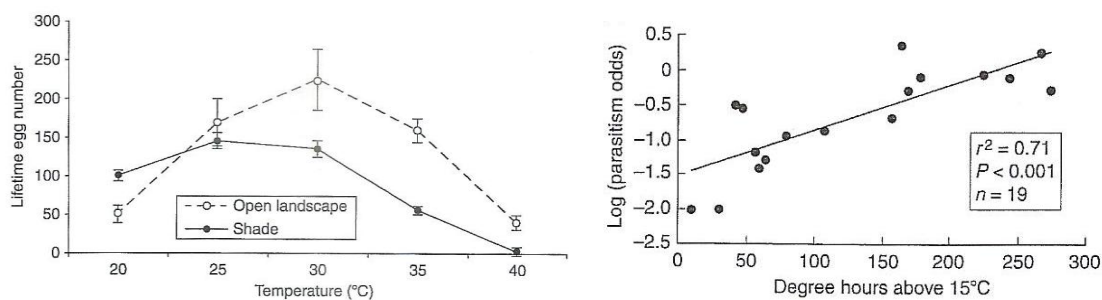


Obr. 23 – Stupně a křivka aktivity u mladé housenky bekyně mnišky *Lymantria monacha* (L.) v závislosti na teplotě (podle VON ARNIMA /1936/ ex ZLATNÍK et al. /1973/)

Na teplotě závisí i dozrávání gonád a počet vajíček (obr. 24) ve vaječnicích (LOSOS 1984; SPEIGHT et al. 2008). Z obrázku 24 je zřejmé, že u lesních druhů je ve srovnání s druhy otevřené krajiny produkce vajíček vyšší při nízkých teplotách, které jsou pro stinné lesní prostředí typické; v osluněné krajině jsou naopak zvýhodněny druhy otevřených stanovišť (SPEIGHT et al. 2008). Vývoj vajíček a larev ektotermů probíhá opět jen při určitém teplotním rozpětí, přičemž spodní teplotní hranici vývoje je možno definovat i pro jednotlivé instary, horní hranice vývoje pak leží blízko horní hranice vitality. Se vzrůstající teplotou probíhá vývoj zpravidla rychleji a může se měnit

(kladně či záporně) i počet instarů (ZLATNÍK et al. 1973). Na teplotě může záviset i pravděpodobnost parazitace vajíček (obr. 25). Vysoké teploty mohou zkracovat věk (SPEIGHT et al. 2008), proto jejich kolísání většinou život dospělců prodlužuje, přičemž samice žijí obvykle déle než samci. Skutečný průběh vývoje jedince však ovlivňují také individuální genetická variabilita, přijímaná potrava, fyziologický stav aj. (ZLATNÍK et al. 1973).

Vlivem nízkých teplot klesá pohybová aktivita a ustávají metabolické procesy, živočichové jsou strnulí a navenek nejeví známky života (přecházejí do latentních forem života – kviescence, diapauza<sup>5</sup>), nebo jen před zimou zalézají do půdy, pod kameny, pod kůru stromů, do pařezů a jiných skrýší (LOSOS 1984). Ektotermní organismy mohou být zničeny již při krátkodobém vystavení extrémně nízké teplotě nebo při deletrvujícím vystavení sníženým teplotám (BEGON et al. 1997). Většina ektotermních živočichů však snáší celkem dobře i velmi nízké teploty pod 0 °C (LOSOS 1984). Klesá-li teplota, klesá i přežívání hmyzu, i když většinou ne lineárně. Ne vždy je však nutno považovat nízké teploty za špatné. Výhodné může být snížení metabolismu (energetických nároků) v podmínkách chladu. Je-li např. nedostatek potravy, hmyz může žít v chladných podmínkách déle. Např. housenky bekyně velkohlavé hladoví a hynou, pokud přijde teplo dříve, než vyraší pupeny (SPEIGHT et al. 2008).



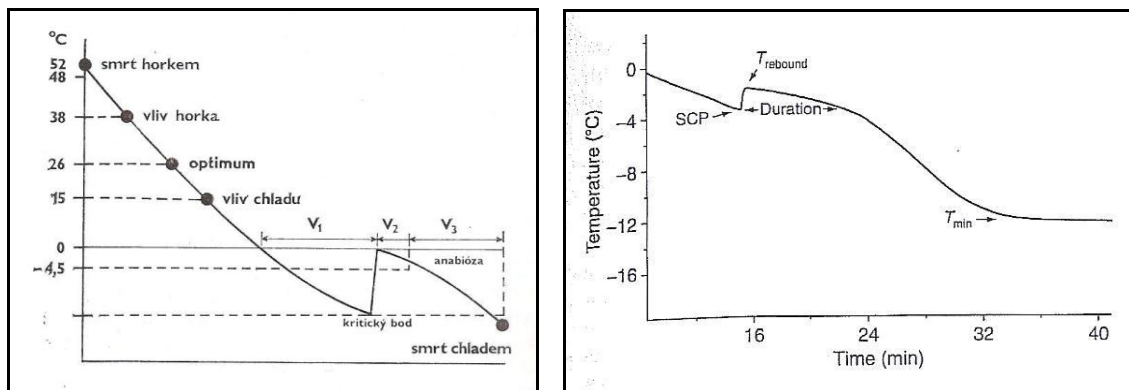
Obr. 24 – Rozdíl v počtu vyprodukovaných vajíček za celý život u lesních motýlů a motýlů otevřeného krajiny za působení různých teplot prostředí (SPEIGHT et al. 2008)

Obr. 25 – Vztah mezi počtem hodinových stupňů nad prahovou teplotou 15 °C po vypuštění parazitoida *Trichogramma minutum* Riley, 1871 a pravděpodobností, že budou vajíčka *Choristoneura fumiferana* parazitována (SPEIGHT et al. 2008)

<sup>5</sup> Kviescence – nejjednodušší forma útlumu životních dějů, která mizí ihned po odeznění nepříznivých podmínek, které jí vyvolaly; diapauza – dědičně podmíněné klidové stadium, které synchronizuje životní cyklus druhu s ročním obdobím (JAKRLOVÁ et PELIKÁN 1999).

Při kriticky nízkých teplotách ektotermní živočichové hynou v důsledku zmrznutí tkání (krystalizace vody v cytoplazmě buněk ničí buněčné struktury, částečná dehydratace tkání, částečná denaturace bílkovin). Krystalky ledu se v závislosti na složení a koncentraci buněčného roztoku začínají tvořit při poklesu teploty v buňce pod 0 °C a živočich hyne při dosažení druhově specifické kritické teploty (vliv má však i individuální konstituce jedince). Vlivem krystalizačního tepla se chladnoucí tělo v oblasti tzv. kritického bodu (angl. „supercooling point“ /SCP/) mírně zpětně oteplí („rebound temperature“), čímž získá na určité období mrazuvzdornost až k limitní minimální teplotě  $T_{min}$  (obr. 26 a 27). Není-li však organismus schopen adekvátně zareagovat (produkce tepla svalovou činností), tvorba ledu pokračuje a živočich zmrzne (LOSOS 1984; SPEIGHT et al. 2008). Při tvorbě krystalů může být často ještě mnohem nebezpečnější fakt, že krystalky v sobě vážou vodu a zbývající roztok v buňce nabývá nebezpečně vysoké koncentrace (BEGON et al. 1997).

Kromě mechanických pohybů svalů může hmyz zabránit zmrznutí také zvýšením obsahu glycerolu v tělních tekutinách. I hmyz, který disponuje touto schopností však může umrznout, pokud se mrazy vyskytnou dříve, než se v těle stačí nemrznoucí směs vytvořit v dostatečném množství. Na jaře z těla tyto látky opět mizí (SPEIGHT et al. 2008).



Obr. 26 – Závislost teploty těla hmyzu na teplotě vzduchu,  $V_1$  podchlazení tělních tekutin,  $V_2$  mrznoucí tělní voda,  $V_3$  zmrznutí tělních tekutin (podle Bachmetjeva ex LOSOS /1984/)

Obr. 27 – Reakce *Celatoblatta quinque maculata* Johns, 1966, na ochlazování rychlostí 0,5 °C/min (SCP: -3,2 °C,  $T_{rebound}$ : -1,5 °C,  $T_{min}$ : -12 °C), podle HANSEN et SOMME (1994) ex SPEIGHT et al. (2008)

Rovněž extrémně vysoké teploty vyvolávají smrt organismů prostřednictvím fyzikálních změn tělní vody (vypařování), dále působí srážení bílkovin a tání tuků (LOSOS 1984). Hmyz může být zničen při vystavení teplotě již o několik °C vyšší, než

představuje jeho metabolické optimum (BEGON et al. 1997). Za nejvyšší možnou teplotu, při které dochází k smrti z přehřátí, je považováno dosažení 45–50 °C (LOSOS 1984).

V závislosti na teplotních změnách v průběhu dne zpravidla zachovávají ektotermní živočichové určitý denní rytmus. Jakákoliv forma jejich aktivity přitom vyžaduje dosažení či překročení tzv. prahové (spouštěcí) teploty, význam však mají i vlhkost, osvětlení, atmosférický tlak aj. (LOSOS 1984). Půdní živočichové reagují na teplotní změny vertikálními migracemi (zpravidla preferují chladnější místa s vyrovnanější teplotou). Většinou se vyhýbají teplotám nad 15–20 °C. Všeobecně je půdní fauna citlivější k přehřátí než k negativním účinkům chladu (GULIČKA 1984).

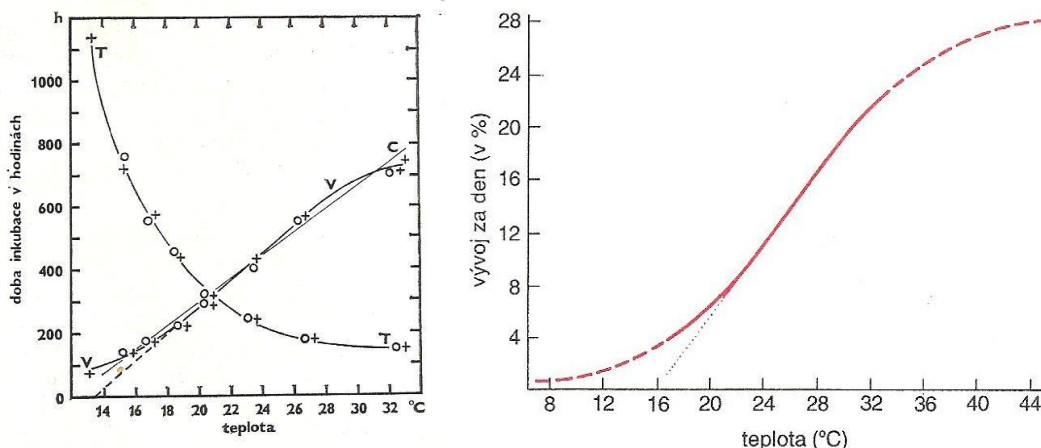
V souvislosti s rychlostí vývoje a počtem generací ektotermních živočichů je vždy nutno uvažovat s kombinací času a teploty (tzv. „fyziologický čas“), nikoliv pouze s časem. Při laboratorních chovech byl empiricky odvozen základní vztah daný rovnicí:

$$C = (T - k) * d$$

, kde  $C$  je konstanta vyjadřující tzv. sumu efektivních teplot (fyziologický čas), jejíž jednotkou jsou tzv. „denní stupně nad prahovou teplotou“,  $T$  je účinná teplota (tj. teplota, při které byl zaznamenán vývojový proces),  $k$  je tzv. nulový bod vývoje (tj. hraniční /prahová/ teplota, při níž vývoj ještě neprobíhá) a  $d$  je délka doby vývoje (zpravidla ve dnech). Konstanta fyziologického času  $C$  je druhově specifická (LOSOS 1984; BEGON et al. 1997).

Závislost vývoje ektotermních živočichů na teplotě vyjadřuje hyperbola (obr. 28), z níž lze pro libovolnou délku vývoje odečíst teplotu, při níž vývoj probíhal a naopak. Reciproční závislosti je lineární vyjádření rychlosti vývoje (LOSOS 1984). Závislost rychlosti vývoje a růstu hmyzího jedince na teplotě prostředí (a tedy jeho tělesné teplotě) je u obvyklého rozmezí tělesné teploty lineární, pouze při extrémních situacích (příliš nízká či příliš vysoká teplota těla) je odlišný (obr. 28 a 29). Při nízkých teplotách bývá navíc odchylka od linearit malá. Vývoj (růst) začíná teprve po dosažení tzv. kritické (prahové, spouštěcí) tělesné teploty (BEGON et al. 1997).





Obr. 28 – Závislost délky vývoje ( $T$ ) a rychlosti vývoje ( $V$ ) vajíček potměníka moučného (*Tenebrio molitor* Linnaeus, 1758) na teplotě vzduchu;  $C$  pravděpodobná přímka vývoje (podle Krogha ex LOSOS /1984/)

Obr. 29 – Graf závislosti vývoje vajíček kobyly *Austroicetes cruciata* (Saussure, 1888) na teplotě, ze které lze odvodit tzv. fyziologický čas vývoje vajíček, prahová teplota  $16\text{ }^{\circ}\text{C}$  (podle DAVIDSONA /1944/ ex BEGON et al. /1997/)

Po odečtení odpovídajících  $y$  hodnot na obrázku 29 lze vypočítat (dopočtem do 100 %), že např. při teplotě  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  trvá vývoj vajíček kobyly 17,5 dne, resp. při teplotě  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$  pouhých 5 dnů (BEGON et al. 1997). Výpočet fyziologického času pak vypadá následovně:  $C = 17,5 \cdot 4 = 70\text{ d. s.}$ , resp.  $C = 5 \cdot 14 = 70\text{ d. s.}$  Fyziologický čas je tedy konstantní i při rozdílných teplotách ovlivňujících vývoj. Hodnoty 4 a 14 představují rozdíl reálné teploty, při níž vývoj probíhal, od prahové teploty (tedy v prvním případě  $20 - 16 = 4\text{ }^{\circ}\text{C}$ , ve druhém  $30 - 16 = 14\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

Při sledování celého životního cyklu od vajíčka po dospělé je nutno samostatně uvažovat jednotlivá vývojová stadia. Výše uvedený vztah je proto potřeba modifikovat následovně:

$$C = (T - k) \cdot (d_1 + d_2 + d_3 + d_4)$$

, kde  $d_1$  odpovídá době vývoje vajíčka,  $d_2$  larvy,  $d_3$  kukly a  $d_4$  imaga.

Vyšší teplota zkracuje dobu vývoje a umožňuje tak vývoj více generací v jednom roce (polyvoltinismus). Počet generací hmyzu lze pak zjistit výpočtem z rovnice:

$$J = \frac{(T - k) \cdot d_r}{C}, \text{ ve zjednodušeném tvaru } J = \frac{S}{SET}$$

, kde  $d_r$  je průměrná denní teplota během roku,  $S$  představuje sumu průměrných denních teplot pro dané místo a rok,  $SET$  pak odpovídá sumě efektivních teplot během vývoje (LOSOS 1984).

### 3.8.3 Vliv teploty na vývoj klikoroha borového

Imaga klikoroha se aktivizují při teplotě 9 °C (CHARITONOVA 1965), resp. při 8–9 °C (EIDMANN 1974). Ke snížení aktivity pak dochází při poklesu teploty pod 10 °C (MRÁČEK 1987 ex MODLINGEROVÁ 2008).

Letu jsou dospělci schopni, pokud teplota vzduchu přesáhne 18–19 °C (MODLINGER et KNÍŽEK 2009). Podle jiných autorů začínají létat již při teplotě nad 13–16 °C (EIDMANN 1974; KRÍSTEK et URBAN 2004). MRÁČEK (1987) ex MODLINGEROVÁ (2008) uvádí maximum prvních vzletů při teplotě nad 20 °C a zastavení schopnosti letu při jejím poklesu pod 15 °C.

U čerstvých pařezů se první imaga začínají objevovat asi 7–10 dnů po skácení stromů, k hromadnému přesunu pak dochází při 13–15 °C. Samičky začínají klást vajíčka při průměrné denní teplotě 10–13 °C (CHARITONOVA 1965).

Otázkou závislosti délky různých fází vývoje klikoroha se pokusně zabýval EIDMANN (1974). Délka diapauzy larev před kuklením závisí na teplotě v průběhu života IV. a V. instaru. Dosahuje-li 25 °C a více, pak trvá 2–3 týdny, dosahuje-li 20 °C a méně, pak toto období trvá 60–220 dnů. Při teplotě pod 5 °C se larvy nezakuklí. Při nízkých teplotách setrvává vylíhlý brouk v kukelné komůrce déle, např. při teplotě pod 5 °C přibližně 34 dnů. Další údaje jsou uvedeny v tabulce 7.

Tab. 7 – Délka některých fází vývoje klikoroha v závislosti na teplotě (EIDMANN 1974)

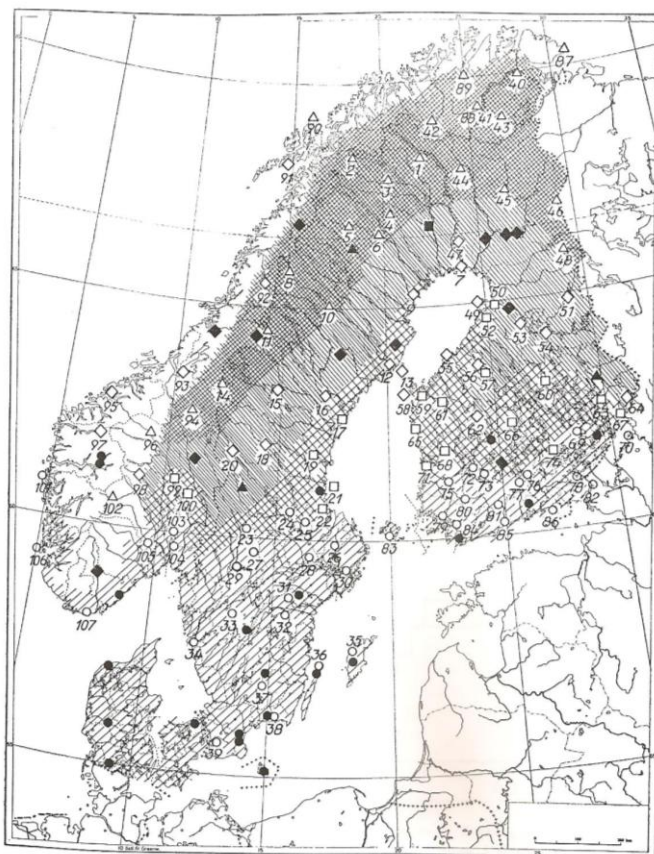
Teplota [°C]	7–8	10–11	15	20	25
Délka vývoje [dny]	34	24–30	13	7–9	6
Střední délka trvání aktivního larválního vývoje [dny]	–	97	57	46	42
Kukelný klid [dny]	–	35	23	17	12

Se vzrůstající průměrnou letní teplotou klesá počet přezimujících larev na konci vegetační sezóny následující po smýcení porostu (MODLINGEROVÁ 2008).

S teplotou se zvyšuje také konzumace, kdy při 5 °C dosahuje žír 6,1 mm<sup>2</sup>, při 10 °C 14,2 mm<sup>2</sup>, při 15 °C 28,5 mm<sup>2</sup>, při 25 °C 70,7 mm<sup>2</sup> a při 30 °C 48,9 mm<sup>2</sup> (EIDMANN 1974).

V laboratorních podmínkách se z vajíček nakladených na konci dubna vylíhly larvy v první polovině května a ke kuklení docházelo po 58–82 dnech (v průměru po 73 dnech), tj. vývoj trval 2–3 měsíce. Teplota v průběhu pokusu kolísala od 20–28 °C a relativní vlhkost dosahovala 90–96 % (NOVÁK 1965).

BEJER-PETERSEN et al. (1962) konstatují, že průběh vývoje klikoroha ovlivňuje řada faktorů, zejména teplota a potravní nabídka, ale i genetické vlastnosti druhu, délka vegetační doby, množství srážek, humusová vrstva, expozice, vegetace aj. Vliv těchto faktorů na mikroklima uvnitř vývojové zóny v polenech nelze přesně stanovit, avšak všechny ovlivňují půdní teplotu. Vzhledem k rozsáhlosti experimentu (obr. 30) však půdní teplota měřena být nemohla a byla využívána pouze meteorologická data z nejbližších měřících stanic.



Obr. 30 – Přibližné hranice regionů, kde má klikoroh borový obdobný životní cyklus (kruh generace 2letá, čtverec 2–3letá, kosočtverec 3letá, trojúhelník více než 3letá), plný symbol = experimentální zjištění, prázdný symbol = teoretické odvození (BEJER-PETERSEN et al. 1962)

Experimentálně byla zjišťována korelace teploty půdy v různých hloubkách s teplotou ovzduší, přičemž se ukázalo, že korelace není příliš dobrá. Teplota ovzduší výrazně v různé dny kolísá, zejména v časném létě. Jako nejpříjemnější se nakonec ukázalo využití průměrných měsíčních teplot, případně normálových měsíčních teplot (průměrné měsíční teploty se mohou v teplotně extrémních letech výrazně lišit).

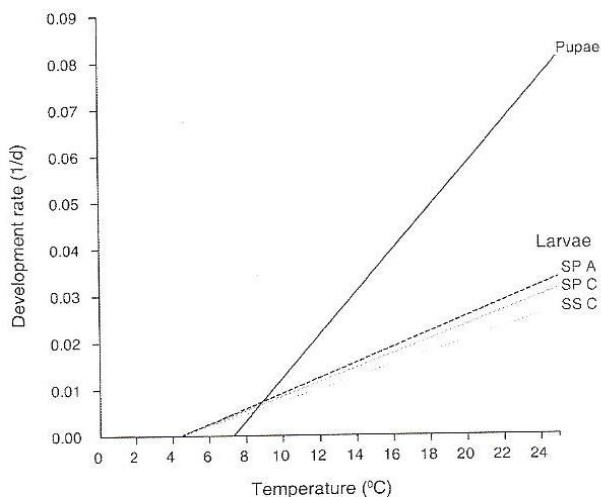
Vývoj klikoroha prokazatelně probíhá ještě při venkovní teplotě 20 °C, ale byl zaznamenán i vývoj při více než 30 °C. V podzemní zóně vývoje klikoroha bylo naměřeno kolísání mezi 10–15, výjimečně až 17 °C. Horní teplotní hranice vývoje bývá tedy překročena jen vzácně a při zjišťování závislosti vývoje na teplotě s ní není třeba uvažovat. Významnější spodní limit vývoje nastává při poklesu venkovní teploty pod 10 °C, ale zřejmě již ne pod 0 °C, uvažuje se s hodnotou v rozmezí 3–6 °C. Autory však byla zvolena za prahovou teplota  $\pm 0$  °C, kdy jedním z argumentů byla skutečnost, že průměrné měsíční venkovní teploty nad 0 °C lépe korespondují s podmínkami v půdě (BEJER-PETERSEN et al. 1962).

Na základě znalosti sumy efektivních teplot lze odhadnout délku vývoje generace na příslušné lokalitě. Do výpočtu vstupují měsíce s průměrnou teplotou vyšší než  $\pm 0$  °C počínaje květnem a konče zářím (měsíc, v němž je ukončen vývoj *sensu stricto*<sup>6</sup>) s počátky v datech dnů, kdy se postupně objevili (1) první brouci, (2) většina brouků a (3) zbývající transformovaní dospělci, a to pro každý pokus zvlášť. Pro objevení se prvních dospělců postačovala kumulativní teplota 100 °C, střední hodnota dosáhla 152 °C a 100 % dospělců se objevilo při sumě teplot 240 °C. Podle délky vývojového cyklu se pak některé měsíce musí započítat vícekrát. Byla potvrzena délka vývoje s. l. od 1,5 roku do 4 i více let. Pravidlem byl delší vývoj larev na smrku než na borovici (BEJER-PETERSEN et al. 1962).

Důležitou prací z poslední doby je publikace INWARDA et al. (2012), kteří v laboratorním prostředí stanovili prahové teploty pro vajíčka (8,0 °C), larvy (4,5 °C) a kukly (7,3 °C) klikoroha, vyvíjející se na borovici lesní a smrku sitce při několika různých režimech konstantní a proměnlivé teploty (obr. 31).

---

<sup>6</sup> Vývojová doba *sensu stricto* – od kladení vajíček po vylíhnutí dospělce, vývojová doba *sensu lato* – od kladení vajíček po opuštění kukelné komůrky dospělcem (MODLINGER et KNÍŽEK 2009)



Obr. 31 – Rychlost růstu larev a kukel klikoroha v závislosti na teplotě, A – proměnlivá teplota, C – konstantní teplota, SP – borovice lesní, SS – smrk sitka (INWARD et al. 2012)

Larvy mají prahovou teplotu oproti vajíčkům a kuklám nižší, což zřejmě souvisí s tím, že toto stadium přečkává zimu. K rychlejšímu vývoji larev dochází při proměnlivé než při konstantní teplotě. Jestliže se larvy vyvíjejí příliš blízko povrchu půdy či v lehkých písčitých půdách, může být vývoj výrazně zrychlen. Pro praepupální stadium nebyla prahová teplota rozeznána, toto stadium nastává v okamžiku, kdy larva přestává přijímat potravu a buduje komůrku, v níž se kuklí. Teplotní vývoj klikoroha se neřídí „temperature size“ pravidlem, tj. neplatí u něj vztah, že pokud se vyvine za vysokých teplot, bude dosahovat jen malého vzrůstu. Délka vývojového cyklu od vajíčka po dospělého dosahuje v průměru 99 dnů při 20 °C a 252 dnů při 12,5 °C. Tato délka se pro všechna vývojová stadia kromě praepupy odhaduje nejlépe na základě fyziologického času, pro praepupu pak pomocí kalendářního času (trvá ca 90 dnů). Pro průměrnou teplotu v kořenovém prostoru (15 °C) trvá u smrku sitky fyziologický čas 1 100 d. s. + 90 dnů (praepupa), u borovice lesní pak 990 d. s. + 90 dnů. Vysoké teploty snižují zvyšují podíl 1leté generace a snižují výskyt praepupální dormance, dále se zvyšuje plodnost samic (INWARD et al. 2012).

## 4 Metodika

### 4.1 Materiál

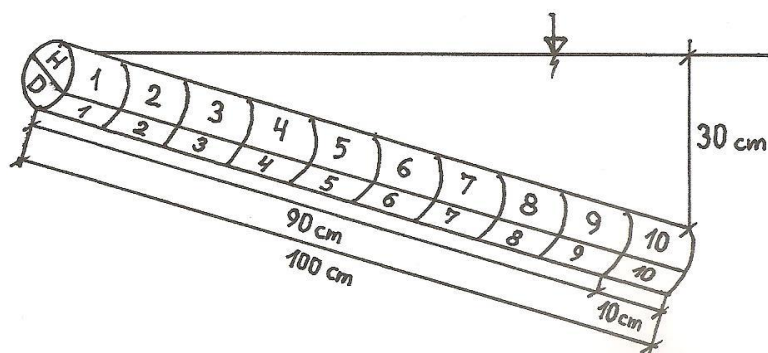
V posledních letech probíhá ve Výzkumném ústavu lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., pod vedením Ing. R. Modlingera kontinuální výzkum zaměřený na vybrané aspekty související s životními projevy klikoroha borového, jehož dílčí součástí je i tato diplomová práce. Pro účely jejího řešení byly k dispozici celkem tři zdroje biologického materiálu (lihové preparáty ze sbírek uvedeného pracoviště), které se podařilo shromáždit v rámci předchozích výzkumů. Konkrétně se jedná o soubory larev, které pro různé účely odchytili do lapacích polen MODLINGEROVÁ (2008), ČECH (2010) a ZELENÁ (2011). Larvy jsou ve sbírkách uloženy v epruvetách označených příslušnou lokalitou (tab. 8), termínem odběru a číslem (MODLINGEROVÁ 2008), příp. i sekci (ČECH 2010; ZELENÁ 2011) lapacího polena.

Tab. 8 – Přehled lokalit zdrojového materiálu

Název	Průměrná roční teplota [°C]	Výměra paseky [ha]	Nadmořská výška [m n. m.]	PLO	SLT	Expozice	Zastoupení dřevin	Rok odběru	Termíny vyzvednutí	Počet zdrojových polen	Literatura
Dukovany, u skládky	8 - 9	0,82	400	33	2S2	JZ	SM70, BO20, MD10	2007	7. - 8. 5.	3	Modlingerová (2008)
Dukovany, elektrárna	8 - 9	0,55	380	33	3H1	SV	BO40, SM40, DB10, MD5, HB5	2007	8. 5.	3	Modlingerová (2008)
Brdý, Tok	5 - 6	0,34	815	7	6Q2	0	SM100	2007	5. 5.	3	Modlingerová (2008)
Brdý, dole	5 - 6	0,32	710	7	5P1	JV	SM85, MD15	2007	5. 5.	3	Modlingerová (2008)
Brandýs, u pískovny	9 - 10	0,65	185	17	1M2	S	BO75, DB22, BK3	2007	5. - 6. 5.	3	Modlingerová (2008)
Brandýs, u dálnice	9 - 10	0,40	185	17	1M2	SZ	BO90, DB10	2007	6. 5.	3	Modlingerová (2008)
Kácov, u dálnice	7 - 8	0,48	420	10	3B2	SV	SM86, MD11, BK2, BR1	2007	8. a 10. 5.	3	Modlingerová (2008)
Kácov, u lapáků	7 - 8	0,50	420	10	3S1	JZ	SM96, BO3, MD1	2007	5., 7. a 8. 5.	3	Modlingerová (2008)
Talmberk, 207B <sub>13</sub>	7 - 8	0,79	390	10	3K6	Z	SM99,38; BO0,62	2009	6. 7., 30. 7., 21. 8., 4. 11.	12	Čech (2010)
Talmberk, 216A <sub>10</sub>	7 - 8	0,79	340	10	3F1	S	SM94, JD4, MD1, DB1	2010	12. 7., 30. 7., 20. 8., 3. 9., 27. 9., 5. 11.	18	Zelená (2011)

Lapací polena byla všemi třemi autory nastražena podle obdobné metodiky publikované BEJER-PETERSENEM et al. (1962), viz též MODLINGER (2011). Při výzkumu MODLINGEROVÉ (2008) bylo na začátku experimentu na každé pasece na ploše ca 5×5 m jednotlivě zakopáno 15 polen ve 3 řadách po 5 polenech. V případě ČECHA (2010) a ZELENÉ (2011) pak byla polena zakopána do společné jámy. Veškerá polena

byla uložena tak, aby se jejich spodní část nacházela v hloubce ca 30 cm pod povrchem půdy, takže polena směřovala šikmo vzhůru a na povrchu mírně vyčnívala nad terén. Každé poleno (tloušťka čel ca 10–15 cm, délka většinou 100 cm) bylo pomyslně podélně rozděleno na horní a dolní polovinu a dále příčně po 10 cm na 10 úseků, tj. většinou celkem 20 sekcí (obr. 32). ZELENÁ (2011) používala delší polena, která byla rozdělena na 11 či 12 úseků, tj. 22–24 sekcí. Postupně pak byla v 2–3týdenních intervalech znáhodněným způsobem vyzvedávána vždy tři polena k vypreparování vyvíjejících se larev. Na začátku pokusu i po každém odběru byla jáma zasypána hutněnou zeminou.

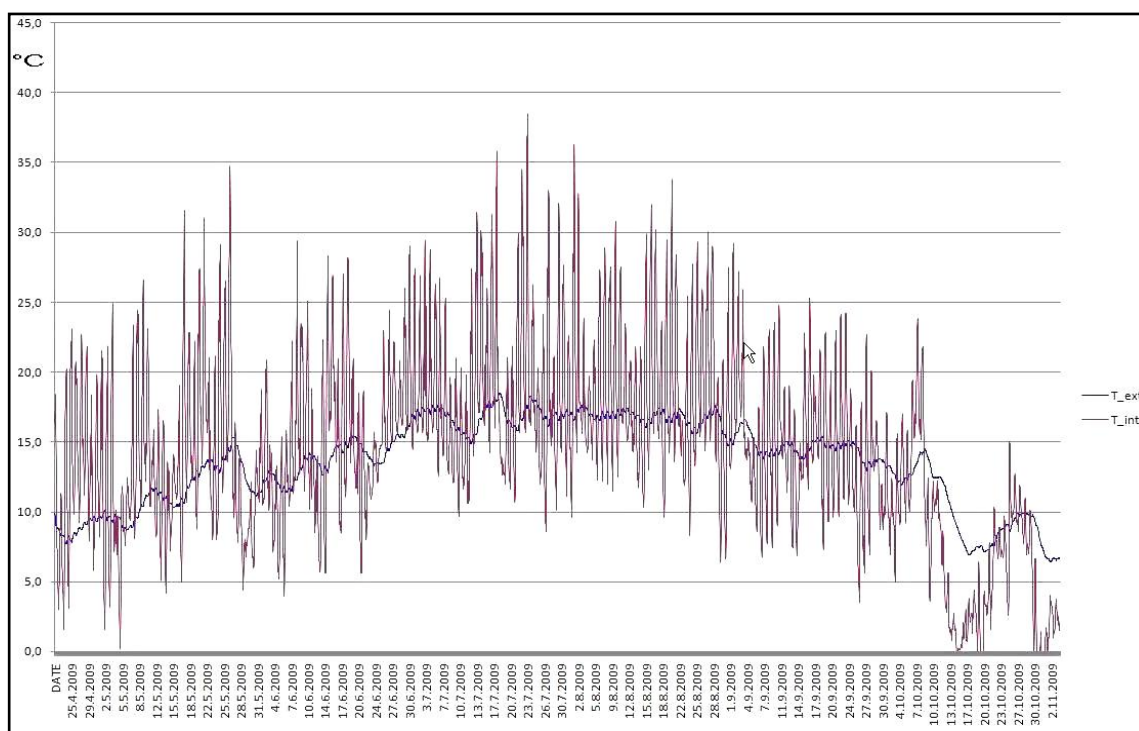


Obr. 32 – Schéma uložení lapacích polen a jejich rozdělení do sekcí

Pro zpřesnění šířek hlavových schránek larválních instarů klikoroha v rámci předkládané práce byly k dispozici mírně odlišné počty larev, než které jsou uváděny v originálních pracích uvedených autorů. Je to dáno např. tím, že ZELENÁ (2011) z metodických důvodů ve své práci nepoužila materiál z 12. sekce, která se vyskytovala jen u některých delších polen. Z materiálu MODLINGEROVÉ (2008) byly ve sbírkách VÚLHM pro další studium k dispozici již pouze larvy z odběru realizovaného na jaře 2007. Některým konzervovaným larvám dále nebylo možné změřit hlavovou schránku, protože byla poškozená či v příslušné epruvetě již chyběla. Pro výpočtovou část byly rovněž z datového souboru ČECHA (2010) odstraněny položky reprezentující larvy kůrovců r. *Hylastes*.

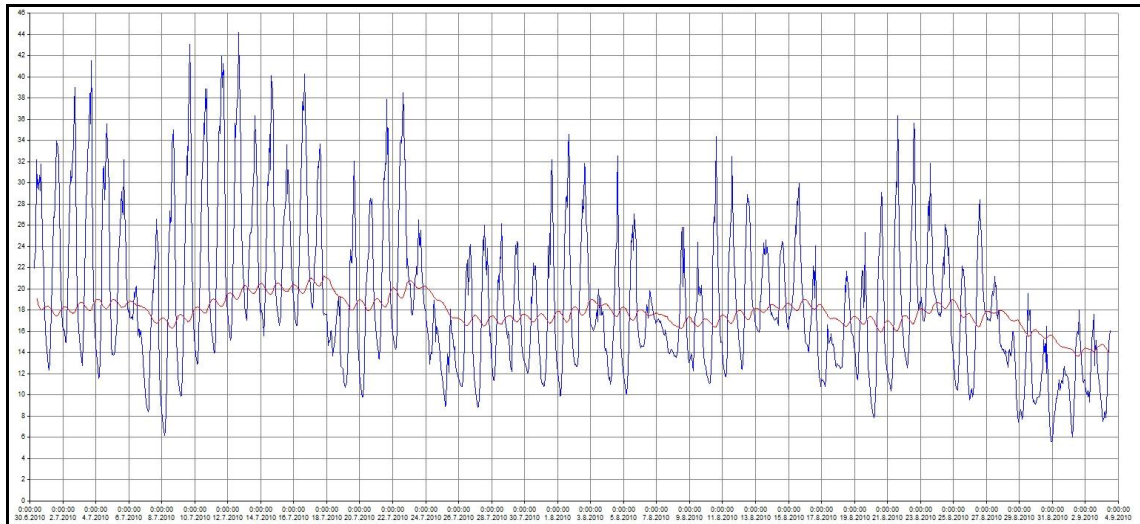
Na lokalitách zkoumaných ČEchem (2010) a ZELENou (2011) byl uprostřed jam s uloženými lapacími poleny zatlučen kůl, na kterém byl ve výšce 1 m nad povrchem terénu umístěn datalogger. Přístroj zaznamenával v hodinových intervalech teplotu a relativní vlhkost vzduchu (čidlo umístěno na korpusu přístroje) a rovněž teplotu půdy

(čidlo umístěno na sondě spuštěné do středu maximální hloubky šikmého uložení polen, tj. do hloubky 15 cm). Před přímým slunečním zářením byla aparatura chráněna plastovým krytem, čímž byly mj. ovlivněny měřené hodnoty relativní vlhkosti vzduchu. ČECH (2010) zaznamenal data v nepřetržité řadě od 22. 4. 2009 do 4. 11. 2009, ZELENÁ (2011) pak v období od 30. 6. do 3. 9. 2010. Její záznamy vztahující se ke dvěma posledním odběrům z důvodu výpadku činnosti dataloggeru k dispozici nejsou. Rovněž MODLINGEROVÁ (2008) zaznamenávala u lapacích polen prostřednictvím instalovaných dataloggerů příslušné teplotní a vlhkostní údaje, některé přístroje však byly poškozeny drobnými savci či odcizeny, takže se nepodařilo sestavit ucelené datové řady. Dalším problémem jsou v tomto případě metodické obtíže spojené se stanovením teplotní závislosti vývoje klikoroha v období zahrnujícím jeho zimování ve stadiu pravé diapauzy, proto tato data v předkládané práci analyzována nejsou. Vstupní data (materiál) pro výpočty teplotní závislosti vývoje klikoroha tak představují pouze naměřené hodnoty teplot z dataloggerů instalovaných ČECHEM (2010) a ZELENOU (2011), viz obr. 33 a 34.



Obr. 33 – Venkovní (interní) teploty ve výšce 1 m nad zemí (červeně) a půdní (externí) teploty v hloubce 15 cm (modře) během období 22. 4. 2009 až 4. 11. 2009 (ČECH 2010)





Obr. 34 – Venkovní (interní) teploty ve výšce 1 m nad zemí (modře) a půdní (externí) teploty v hloubce 15 cm (červeně) během období 30. 6. 2010 až 3. 9. 2010 zaznamenané během výzkumu ZELENÉ (2011)

#### 4.2 Revize determinace části materiálu

Pokud jde o nutnost revize determinace disponibilních lihových preparátů larev klikoroha borového, které shromáždili MODLINGEROVÁ (2008), ČECH (2010) a ZELENÁ (2011), nebylo třeba věnovat pozornost odlišení sledovaného druhu od ostatních domácích druhů klikorohů, neboť všichni tři autoři měli k dispozici literaturu s dobrými rozlišovacími znaky (KANGAS 1959; LEKANDER 1977), které ve svých pracích využili.

Předmětem revize se tak stalo pouze odlišení larev *Hylobius abietis* I. instaru od posledního instaru larev kůrovců r. *Hylastes* u sbírkového materiálu shromážděného v roce 2009 (ČECH 2010). V té době autor ještě neměl k dispozici vhodné determinační znaky popsané teprve později ZELENOU (2011). Materiál ZELENÉ (2011) tedy z tohoto pohledu nebylo nutno revidovat. Materiál MODLINGEROVÉ (2008) byl pak nově měřen v rámci této práce, navíc se v něm larvy nejnižších instarů prakticky nevyskytovaly.

Při revizi byl využíván stereoskopický laboratorní mikroskop MBS–10, Petriho misky, jemná entomologická pinzeta a konzervační látka (ethanol). Určování larev probíhalo výhradně podle nově identifikovaných výrazných determinačních znaků uvedených v práci ZELENÉ (2011).

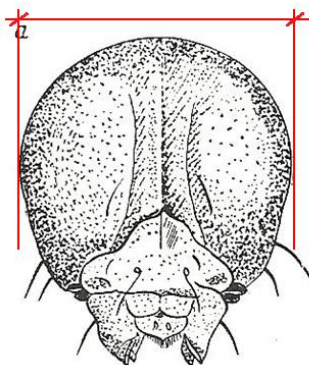
Vzorky larev, které byly v rámci revize nově přefazeny ke kůrovcům r. *Hylastes*, byly odděleny a uloženy do nových epruvet. Položky odpovídající těmto jedincům byly rovněž vyřazeny z datového souboru určeného pro výpočty v dalších fázích práce.

Při studiu práce ČECHA (2010) se ukázalo, že jím uváděné rozpětí hlavových schránek prvního instaru se neshoduje s grafickým znázorněním v zobrazeném histogramu. Protože jsou ve VÚLHM, v. v. i., k dispozici originální data autora, bylo možné výpočet zopakovat a hodnoty opravit.

### 4.3 Měření hlavových kapsulí

V souladu se zadáním diplomové práce byly způsobem znázorněným na obr. 35 přeměřeny šířky hlavových schránek larev klikoroha u sbírkového materiálu shromážděného ZELENOU (2011) a nově i u larev odchycených MODLINGEROVOU (2008) v roce 2007, kde tento údaj autorkou zjišťován nebyl. Materiál z dalších odběrů MODLINGEROVÉ (2008), který je v zadání diplomové práce též určen ke zpracování, již bohužel není ve sbírkách VÚLHM, v. v. i., k dispozici.

K měření (přesnost 0,1 mm) byl opět využíván stereoskopický laboratorní mikroskop MBS–10 doplněný okulárem se zobrazením délkového měřítka a nastavený na zvětšení 20×. Při manipulaci byly larvy uchopeny jemnou entomologickou pinzetou a mírně přitisknuty na podložku. Následně byl na zobrazené stupnici odečten příslušný počet dílků, které zaujímala šířka hlavové kapsule.



Obr. 35 – Hlavová schránka klikoroha borového (CHARITONOVA 1965) s vyznačením způsobu měření její šířky

Z původního souboru vzorků shromážděných ZELENOU (2011) již nebylo z důvodu poškození nebo absence hlavové části možno některé larvy přeměřit. Naopak bylo pro účely této práce možno využít i shromážděný materiál (celkem 44 ks) ze sekce 12 některých lapacích polen větší délky, které autorka z metodických důvodů do svých výsledků nezahrnula.

## 4.4 Statistické zpracování dat

### 4.4.1 Šířky hlavových kapsulí

Pro soubory obsahující data šířek hlavových schránek larev klikoroha odpovídající částem sbírkového materiálu shromážděného MODLINGEROVOU (2008), ČECHEM (2010) a ZELENOU (2011) byly zkonstruovány příslušné histogramy četností, z nichž byly následně odečteny dolní a horní hraniční hodnoty jednotlivých instarů. Četnosti šířek kapsulí v rámci instarů by měly v histogramu teoreticky nabývat zvonovitého tvaru odpovídajícího hustotě pravděpodobnosti Gaussova normálního rozdělení. Jak však vyplývá z literatury (BEJER-PETERSEN et al. 1962; EIDMANN 1974 aj.), dochází mezi jednotlivými instary k vzájemným překryvům. Míru skutečného překryvu však nelze na základě disponibilních dat stanovit, proto byly za hraniční stanoveny vždy hodnoty v oblasti lokálního minima. Pro data příslušející pěti vylišeným instarům (včetně překryvů) byly vypočteny odhady středních hodnot (mediány) šířek hlavových schránek.

Datům ZELENÉ (2011) však bylo nutno věnovat zvláštní pozornost. Autorka ve své práci konstatuje, že především dolní hranice intervalů larválních instarů, které zjistila v rámci svých měření, jsou v porovnání s disponibilními údaji z literatury mírně nižší. Domnívá se proto, že v průběhu jejích měření mohlo docházet k systematické chybě, která způsobila celkové podhodnocení výsledků. I když některé zdroje (např. BEJER-PETERSEN 1962) menší velikost hlavových schránek i o šířce 0,5 mm popisují, bylo přesto podle požadavku VÚLHM, v. v. i., provedeno přeměření celého souboru larev a následně uskutečněno statistické porovnání zjištěných diferencí ekvivalentních objektů (larev) mezi původní a nově získanou sadou dat.

K porovnání původního a v rámci této práce provedeného druhého měření materiálu ZELENÉ (2011) lze použít v případě, že rozdíly obou měření mají normální rozdělení, párový t-test. V opačném případě je možno použít např. Wilcoxonův jednovýběrový test nebo znaménkový test. Obecně je za silnější považován Wilcoxonův jednovýběrový test, který by měl být preferován před znaménkovým testem (HINTZE 2007). Testována je nulová hypotéza  $H_0$ , že data z prvního měření jsou statisticky významně menší než data z opakovaného měření. Jde tedy o jednostrannou variantu testu. HAVRÁNEK (1993) však považuje používání opatrných robustních testů pro situace, kdy není důvod nepředpokládat normalitu rozdělení veličiny (např. právě při

délkových měřeních), za zbytečné a i u menších výběrů, kde není normalita potvrzena, doporučuje použít jednovýběrový *t*-test.

Pro testování shody s Gaussovým normálním rozdělením je k dispozici celá řada metod. Ve statistické literatuře je jako nejsilnější ve většině případů obvykle doporučován Shapiro-Wilkův test (HEBÁK et al. 2007; HINTZE 2007).

Pro umožnění provedení párového testu byla data z obou měření v rámci jednotlivých sekcí každého z polen seřazena vzestupně tak, aby se původní i nově naměřené hodnoty šířek hlavových schránek stejného objektu (konkrétní larvy) s co nejvyšší pravděpodobností nacházely na stejném řádku. Vycházelo se při tom z úvahy, že největší schránka v rámci měření ZELENÉ (2011) bude největší i v nových datech. Seřazení však nebylo možné u sekcí, kde při ověřovacím měření byla některá hlavová schránka poškozená či u vzorku zcela chyběla, tj. nebylo známo, kam by při vzestupném seřazení hodnot sekce připadl chybějící údaj. Sekce, u nichž se vyskytl uvedený problém, musely být při použití statistického postupu vyžadujícího přesné přiřazení sobě odpovídajících měření téhož objektu (Wilcoxonův jednovýběrový test) z datového souboru vypuštěny.

U larev V. instaru, které byly ZELENOU (2011) nalezeny v kukelné komůrce (v originálním souboru značeny „P“), a jejichž příslušnost k poslednímu instaru je tedy nepochybná, byly obdobně jako v původní práci u přeměřených dat střední hodnota a rozptyl určeny samostatně. Ačkoliv je zřejmé, že k V. instaru patří i další část shromážděných vzorků, která by výsledné hodnoty patrně změnila, nejsou na druhé straně tyto hodnoty zatíženy chybou způsobenou případnou kontaminací larvami IV. instaru.

Po spojení dat všech tří autorů mohl být následně vytvořen společný histogram, který umožňuje získat přesnější údaje o vymezení šířek hlavových schránek larválních instarů klikorooha. Pro stanovení 95% intervalu rozpětí šířek hlavových kapsulí příslušného instaru byl využit modul „pravděpodobnostní modely“ v statistickém software QC.Expert v. 3.2. Tento modul hledá metodou maximální věrohodnosti statistický model (v tomto případě vycházející z normálního rozdělení), který nejlépe popisuje experimentální data (KUPKA 2010).

Všechny výpočty v rámci použitých statistických metod exploratorní analýzy dat (Shapiro-Wilkův test normality, popisné statistiky) a Wilcoxonova jednovýběrového testu byly provedeny v prostředí statistického software QC.Expert v. 3.2, Statistica v. 10.0 a NCSS 2012 v. 8.0.

#### 4.4.2 Teplotní závislost larválního vývoje klikoroha

Na základě pravděpodobnostního stanovení rozsahů šířek hlavových kapsulí jednotlivých instarů byly z dat odstraněny larvy s šířkou kapsule přesně se shodující s hranicí mezi dvěma instary (tvořící překryv dvou sousedních instarů).

Teploty na obou lokalitách byly přístrojem zaznamenávány v hodinových intervalech, z 24 údajů jednoho dne byla následně vypočtena mediánová denní teplota.

Hodnoty prahových teplot vývoje preimaginálních stadií klikoroha borového byly převzaty z publikace INWARDA et al. (2012), viz tabulku 9. U larev byla uvažována proměnlivá teplota pro borovici (v tabulce znázorněna modře).

Tab. 9 – Vývojové prahy a odhad sumy efektivních teplot pro vývoj vajíček a larev klikoroha borového (INWARD et al. 2012)

dle Inward et al. 2012	práh	day degrees	teplota	dřevina	vajíčko+larva
vajíčko	8	110	konstantní		
larva	4.5	767	konstantní	smrk sitka	767
		660	konstantní	borovice lesní	660
		613	mění se	borovice lesní	613

Fyziologický čas (suma efektivních teplot)  $C$  potřebný k dokončení vývoje byl počítán podle vzorce:

$$C = (T - k) * d$$

, kde  $T$  je mediánová teplota,  $k$  je prahová teplota a  $d$  je počet dnů. V tomto případě se ovšem mediánové teploty denně mění.

K potřebným výpočtům byl používán program MS Office Excel 2007.

## 5 Výsledky

### 5.1 Revize determinace

Při revizi lihových preparátů shromážděných v rámci výzkumu ČECHA (2010), který ještě neměl k dispozici spolehlivé znaky pro vzájemné rozlišení larev klikoroha borového od larev kůrovců rodu *Hylastes*, byla zjištěna jen mírná kontaminace kůrovci v počtu 12 jedinců (tab. 10).

Tab. 10 – Larvy kůrovců r. *Hylastes* detekované v materiálu ČECHA (2010)

Č. polena	Podélná část polena*	Č. sekce	Šířka hlavové kapsule [mm]
1	H	3	1,0
1	H	3	1,0
1	H	10	0,6
2	D	3	0,9
2	D	9	0,6
2	D	9	0,7
2	D	9	0,7
2	H	1	0,6
2	H	1	0,6
3	D	5	0,7
3	H	3	0,6
3	H	3	1,0

\* H – horní polovina, D – dolní polovina

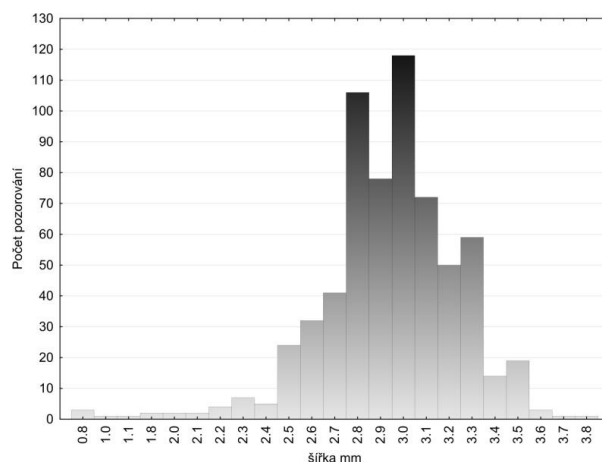
### 5.2 Šířky hlavových kapsulí

Obsahem kapitoly shrnující zjištěné údaje o šířce hlavových kapsulí je nejprve upřesnění vstupních dat (1) MODLINGEROVÉ (2008), (2) ČECHA (2010) a (3) ZELENÉ (2011), ze kterých je (4) sestaven společný histogram pro veškerý využitelný materiál. Výsledkem jsou zpřesněné odhady středních hodnot a intervalů rozpětí šířek hlavových schránek pěti larválních instarů klikoroha borového.

(1) Data MODLINGEROVÁ (2008)

Soubor dat z nově provedeného měření této části materiálu obsahuje celkem 645 položek (larev) klikoroha (dalších 11 larev mělo poškozenou či zničenou hlavovou kapsuli neumožňující změření).

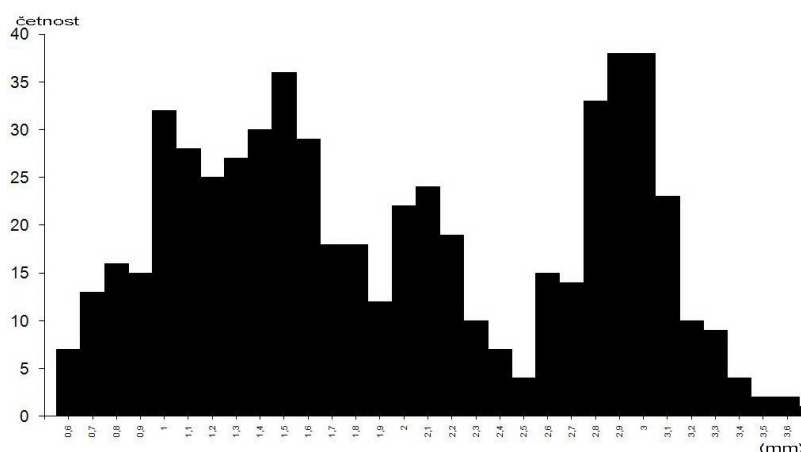
Na obrázku 36 je uveden histogram nově změřeného materiálu, ze kterého je patrné, že se jednalo zejména o V. larvální instar, částečně jsou pak zahrnuty i larvy nižších instarů. Hranice V. instaru lze přibližně odhadnout na 2,5 a 3,8 mm se středem ve vrcholu odpovídajícímu šířce 3,0 mm.



Obr. 36 – Histogram nově změřeného materiálu ze sběrů MODLINGEROVĚ (2008), jde převážně o V. instar (Statistica v. 10.0)

## (2) Data ČECH (2010)

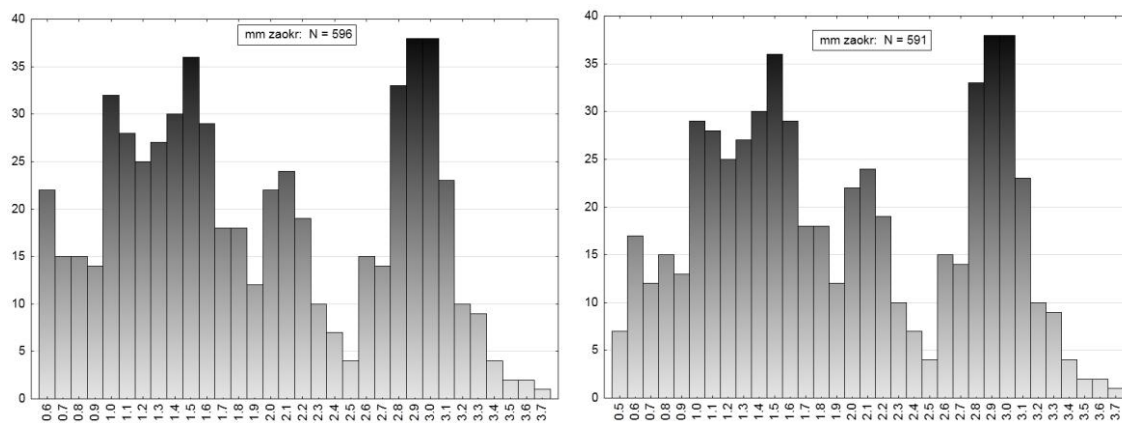
Na obrázku 37 je uveden reprodukováný histogram šířek hlavových schránek z práce ČECHA (2010).



Obr. 37 – Histogram šířek hlavových schránek larev klikoroha borového (ČECH 2010)

Jak je patrné z histogramu na obrázku 37, neodpovídá zcela hodnotám uvedeným v tabulce 5, kde je odhad střední hodnoty u I. larválního instaru totožný s jeho horní hranicí.

Vzhledem k tomu, že VÚLHM, v. v. i., má originální data z měření ČECHA (2010) k dispozici, bylo možné provést kontrolní ověřovací výpočet a zkonstruovat srovnávací histogram (obr. 38). Výpočtem byly zjištěny mírně odlišné výsledné hodnoty, které jsou uvedeny v tabulce 11.



Obr. 38 – Histogram šířek hlavových schránek larev klikoroha borového z nového výpočtu – data shodně jako v originální práci neobsahují autorem vyloučené larvy s šířkou kapsule < 0,5 mm, naopak dosud obsahují kontaminaci larvami r. *Hylastes* (Statistica v. 10.0)

Obr. 39 – Histogram šířek hlavových schránek larev klikoroha borového po zpětném zahrnutí zrevidovaných larev klikoroha s šířkou kapsule < 0,5 mm a s vyloučením larev r. *Hylastes* (Statistica v. 10.0)

Tab. 11 – Původní a opravené hodnoty šířky hlavových schránek

ČECH (2010)	Opravené hodnoty	Opravené včetně schránek < 0,5 mm, vyloučen r. <i>Hylastes</i>
<b>0,8</b> (0,6–0,8)	<b>0,8</b> (0,6–0,9)	<b>0,7</b> (0,5–0,9)
<b>1,0</b> (0,9–1,2)	<b>1,0</b> (0,9–1,2)	<b>1,1</b> (0,9–1,2)
<b>1,5</b> (1,2–1,9)	<b>1,5</b> (1,2–1,9)	<b>1,5</b> (1,2–1,9)
<b>2,1</b> (1,7–2,5)	<b>2,1</b> (1,9–2,5)	<b>2,1</b> (1,9–2,5)
<b>2,9</b> (2,3–3,7)	<b>2,9</b> (2,5–3,7)	<b>2,9</b> (2,5–3,7)

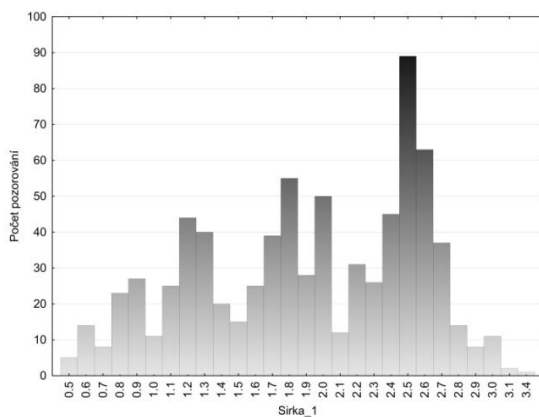
V dalším kroku byly do datového souboru zpětně vráceny zrevidované položky odpovídající larvám s šířkou hlavové kapsule menší než 0,5 mm, které ČECHA (2010) z důvodu tehdejší absence spolehlivých rozlišovacích znaků mezi takto malými larvami *Hylobius abietis* a lýkohuby z r. *Hylastes* preventivně ze souboru vyloučil. Ze souboru bylo naopak vyloučeno 12 položek, které byly při revizi determinovány jako skuteční zástupci r. *Hylastes*. Výsledný histogram je uveden na obrázku 39, hodnoty příslušející



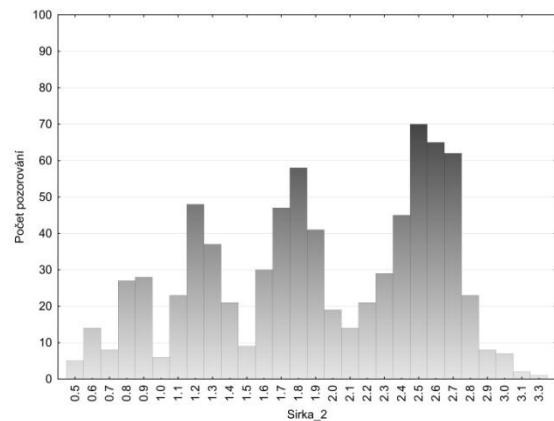
jednotlivým instarům pak v tabulce 11. Tyto údaje (celkem 591 larev) jsou vstupními daty pro konstrukci společného histogramu v další fázi práce.

### (3) ZELENÁ (2011)

U této části materiálu bylo vzhledem k podezření, že během jeho měření docházelo k systematickému podhodnocování šířek hlavových kapsulí, provedeno v souladu se zadáním diplomové práce jeho přeměření. Po uskutečnění nového měření tak byly k dispozici dvě sady dat – původní a ověřovací (obr. 40 a 41). Jak je patrné z obrázku 41, byly i v průběhu druhého měření detekovány larvy s hlavovými schránkami o šířce 0,5 mm.



Obr. 40 – Histogram šířek hlavových kapsulí párových dat při prvním měření (Statistica v. 10.0)



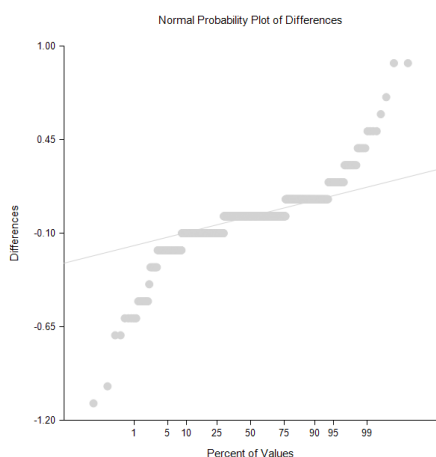
Obr. 41 – Histogram šířek hlavových kapsulí párových dat při druhém měření (Statistica v. 10.0)

Postupem popsáním v kapitole 4.4.1 byl vytvořen datový soubor obsahující diference obou měření, který byl podroben statistické analýze. Po odstranění nekompletních sekcí zůstalo v datovém souboru 767 párových měření. Při exploratorní analýze byla posuzována shoda experimentálních dat (rozdílů obou měření) s Gaussovým normálním rozdělením. Normalita dat však byla na základě všech užitých kritérií zamítnuta (tab. 12). Porušení předpokladu normality je vizuálně patrné i z rankitového Q-Q grafu (obr. 42), kde by měly v případě normální distribuce ležet všechny datové body na zobrazené přímce (např. MELOUN et MILITKÝ 2004). Rovněž na histogramu (obr. 43) je patrná odchylka od normálního rozložení (zelená křivka) způsobená vysokou mírou špičatosti.

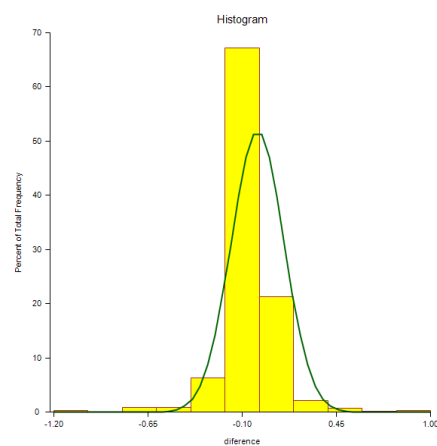
Vzhledem k zamítnutí normality rozdílů šířek hlavových schránek mezi první a opakovanou sadou měření byl použit Wilcoxonův jednovýběrový neparametrický párový test. Pro možnost použití uvedeného testu (viz též kapitolu 4.4.1) bylo nutno posoudit splnění předpokladu symetrie rozdělení diferencí obou souborů experimentálních dat (HINTZE 2007). V daném případě je symetrie z obrázků 42 a 43 patrná, proto bylo možno test na data aplikovat.

Tab. 12 – Výsledky testování předpokladu normality rozdílů mezi dvěma měřeními šířek hlavových schránek larev klikoroha (NCSS 2012 v. 8.0)

Tests of Assumptions about Differences Section			
Assumption	Value	Probability	Decision(.050)
Skewness Normality	-6.4389	0	Reject normality
Kurtosis Normality	12.5822	0	Reject normality
Omnibus Normality	199.7707	0	Reject normality
Shapiro-Wilk W	0.781026	0	Reject normality
Correlation Coefficient	0.971959		



Obr. 42 – Q-Q graf diferencí dvou měření hlavových schránek (NCSS 2012 v. 8.0)



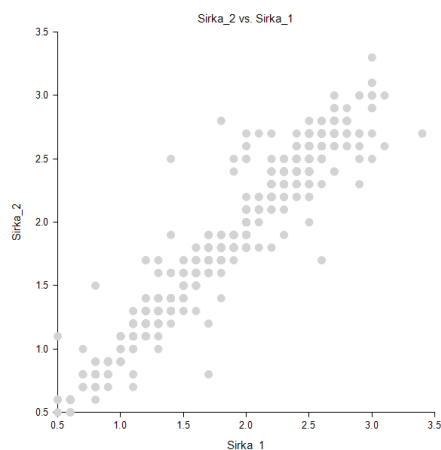
Obr. 43 – Histogram diferencí dvou měření hlavových schránek (NCSS 2012 v. 8.0)

Při použití jednostranného Wilcoxonova testu byla nulová hypotéza zamítnuta ve prospěch alternativní hypotézy, že šířky hlavových kapsulí při druhém měření byly statisticky významně větší (tab. 13), tj. první měření zahrnuje skutečně o něco menší hodnoty šířek kapsulí. Stejný výsledek poskytl i párový *t*-test, který doporučuje HAVRÁNEK (1993). Porovnání hodnot zjištěných při prvním a druhém měření je dále patrné z obrázku 44. Pozitivní lineární trend zobrazených dat dokládá vhodnost použití párového testu (číselně byla potvrzena vysokou hodnotou korelačního koeficientu v tabulce 12).

V rámci obou provedených měření (obr. 40 a 41) byly identifikovány stejné hranice mezi instary (0,7; 1,0; 1,5 a 2,1 mm). Oba histogramy četností jsou si velmi podobné, v případě druhého měření lze však pozorovat menší oblast překryvů mezi jednotlivými instary v dolní části grafu.

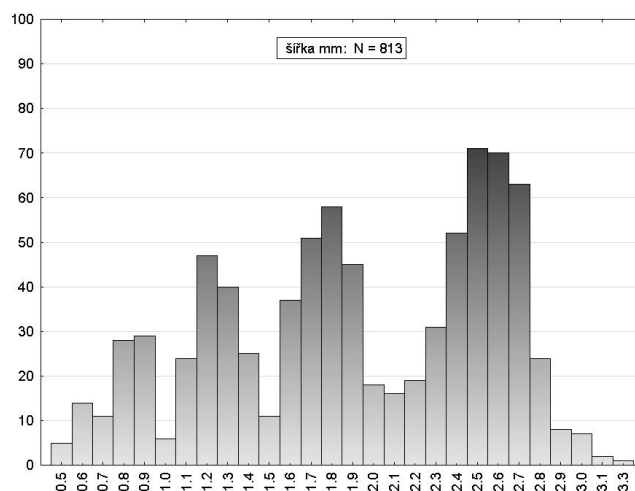
Tab. 13 – Výsledky Wilcoxonova testu  $p < 0,05$  (NCSS 2012 v. 8.0)

Approximation Without Continuity Correcti			
Alternative		Prob	Reject H0
Hypothesis	Z-Value	Level	at .050
$X1-X2 <> 0$	1.8564	0.063404	No
$X1-X2 < 0$	-1.8564	0.031702	Yes
$X1-X2 > 0$	-1.8564	0.968298	No



Obr. 44 – Porovnání obou měření – na ose  $x$  původní, na ose  $y$  přeměřené hodnoty (NCSS 2012 v. 8.0)

Datový soubor s přeměřenými šířkami hlavových kapsulí larev shromážděných ZELENOU (2011), který je určen pro konstrukci společného histogramu, obsahuje včetně údajů z 12. sekce některých polen celkem 813 larev (obr. 45).



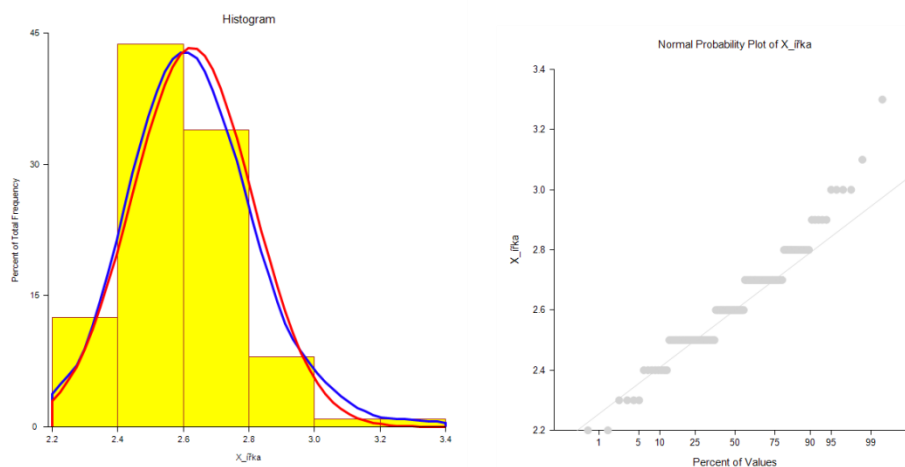
Obr. 45 – Histogram přeměřených dat ZELENE (2011), včetně materiálu z 12. sekce delších polen (Statistica v. 10.0)

U přeměřených dat byl dále analogicky jako v původní práci autorky sestaven ještě samostatný histogram pro část larev V. instaru, které byly vypreparovány z kukelných komůrek, tj. larev s nepochybnou příslušností k poslednímu instaru (tab. 14, obr. 46).

Z tabulky vyplývá, že medián šířek hlavových schránek 112 larev z kukelných komůrek má hodnotu 2,6 mm, nejmenší šířka kapsule v tomto případě dosahovala 2,2 mm, největší pak 3,3 mm. Normalita samostatného souboru larev z kukelných komůrek byla Shapiro-Wilkovým testem na  $\alpha = 0,05$  zamítnuta.

Tab. 14 – Výběrové charakteristiky a výsledky Shapiro-Wilkova testu pro larvy nalezené v kukelných komůrkách

Count	Mean Range	Standard Deviation	Minimum	Maximum	Median
112	2.626786	0.1840398	2.2	3.3	2.6
Test Name	Test Value	Prob Level	Decision 5%		
Shapiro-Wilk W	0.9548104	0.00081373	Reject normality		

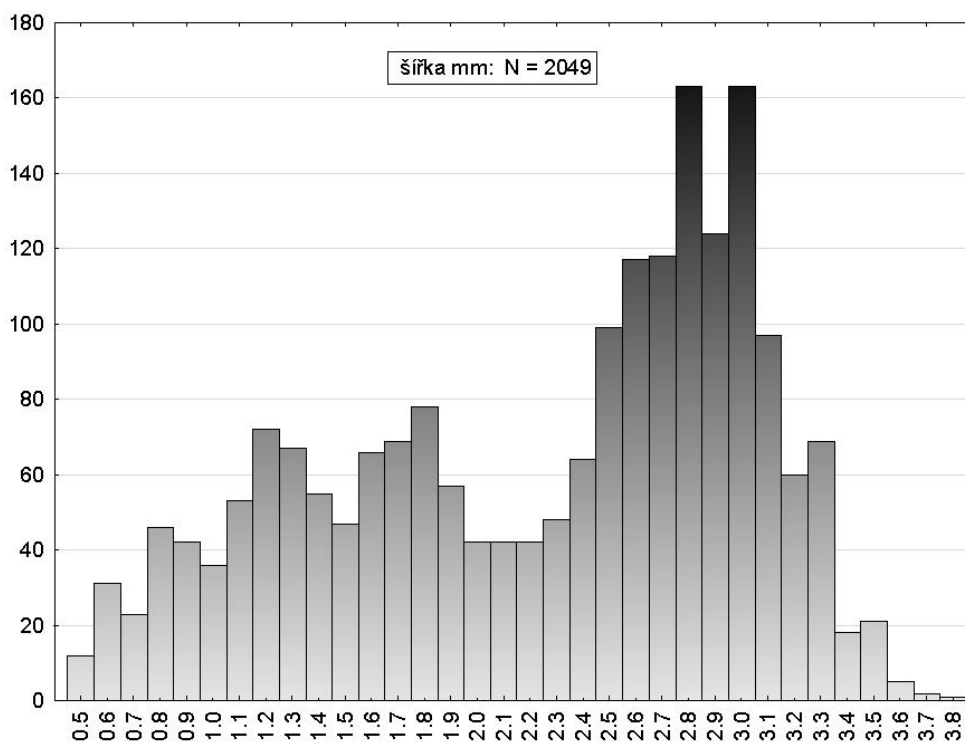


Obr. 46 – Histogram šířek hlavových kapsulí v kukelné komůrce (červeně hustota normálního rozložení, modře hustota rozložení experimentálních dat), napravo pravděpodobnostní graf (NCSS 2012 v. 8.0)

#### (4) Syntetické vyhodnocení šířek hlavových schránek

Po provedení popsaných úprav všech tří datových sad byl sestaven společný soubor obsahující šířky hlavových kapsulí všech použitelných objektů (larev klikoroha). Následně byl zkonstruován společný histogram četností šířek hlavových schránek reprezentující 645 nově změřených larev ze sběrů v roce 2007 (MODLINGEROVÁ 2008), dále 591 larev ze sběrů v roce 2009 (ČECH 2010) a 813 nově přeměřených larev ze

sběru v roce 2010 (ZELENÁ 2011). Celkově tak byly pro sestavení histogramu k dispozici biometrické údaje 2 049 jedinců různých larválních instarů (obr. 47).



Obr. 47 – Společný histogram šířek hlavových kapsulí (Statistica v. 10.0)

Na obrázku 47 lze identifikovat pět instarů. Zdánlivě je všech pět instarů velmi dobře vylišeno, otázkou však zůstávají dvě maxima v hodnotách 2,8 a 3,0 mm v kombinaci s hiátem mezi IV. a V. instarem. Data tak obdobně jako ve výzkumech jiných autorů (BEJER-PETERSEN 1962; EIDMANN 1974) evokují přítomnost VI. instaru či jiné, dosud však nevysvětlené obsažené informace. Za hraniční šířky hlavové schránky u I. instaru lze považovat hodnoty 0,5–0,7 mm a u II. instaru 0,7–1,0 mm. V případě III. instaru je možno jako hraniční hodnoty stanovit 1,0–1,5 mm, u IV. instaru pak 1,5–2,1 mm. V zastoupeném materiálu nejčetnější V. instar dosahuje rozpětí šířek hlavových kapsulí 2,1–3,8 mm.

Histogram reprezentuje 43–66 larev I. instaru, 88–147 larev II. instaru (překryv I. a II. instaru v hodnotě 0,7 mm je 23 ks), 247–330 larev III. instaru (překryv II. a III. instaru v hodnotě 1,0 mm je 36 ks), 312–401 larev IV. instaru (překryv III. a IV. instaru v hodnotě 1,5 mm je 47 ks) a 1 169–1 253 larev V. instaru (překryv IV. a V. instaru v hodnotě 2,1 mm je 42 ks).

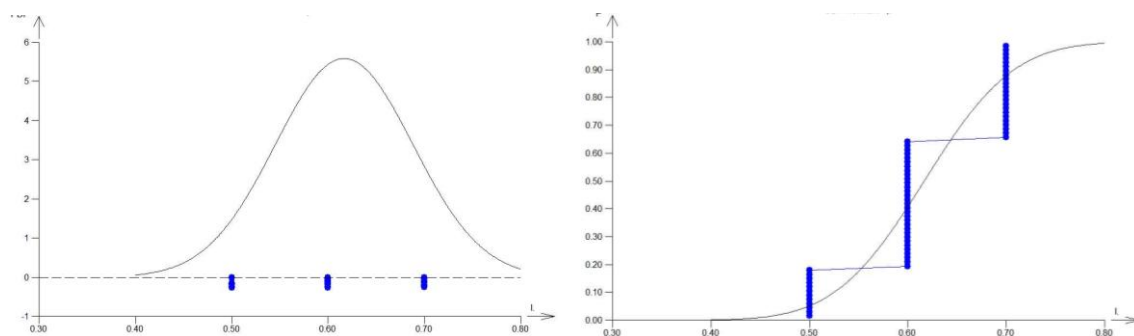
Při testech shody dat jednotlivých instarů s Gaussovým rozdělením byla normalita (Shapiro-Wilk:  $p < 0,05$ ) u prvních čtyř instarů zamítnuta, u posledního V. instaru byl předpoklad normality akceptován.

## I. instar

Hranice I. instaru odečtené ze společného histogramu mají hodnoty 0,5 a 0,7 mm. Za předpokladu možné aproximace šířky hlavových kapsulí (spojité veličiny měřené na biologickém materiálu) normálním rozdělením bude pravděpodobnost menší šířky kapsule než 0,5 mm jen mírně nad 5 %, tj. s pravděpodobností ca 95 % bude šířka kapsule  $\geq 0,5$  mm. Naopak pravděpodobnost, že šířka hlavové kapsule překročí horní hranici 0,7 mm, je  $< 10$  %. Stanovené  $\alpha/2\%$  kvantily ukazují hodnotu, která nebude s 2,5%, resp. s 97,5% pravděpodobností překročena (v případě kvantilu 0,025  $\rightarrow 0$ , pro 0,975 kvantil  $\rightarrow \infty$ ). Šířky hlavových kapsulí I. instaru se tedy s 95% pravděpodobností pohybují v rozmezí 0,48–0,76 mm (tab. 15, obr. 48).

Tab. 15 – I. instar – hodnoty kvantilů a výběrových charakteristik (QC.Expert v. 3.2)

Rozdělení	Pravd( $x < 0.5$ )	Kvant(0.025)	Kvant(0.975)	Pravd( $x < 0.71$ )	
Normální	0,051208258	0,476662095	0,756671238	0,904325644	
Průměr	Rozptyl	Šikmost	Špičatost	Medián	P-P korelace
0,616666667	0,005102564	-0,256331076	2,062345356	0,6	0,848023407



Obr. 48 – I. instar – proložení dat normálním rozdělením (QC.Expert v. 3.2)

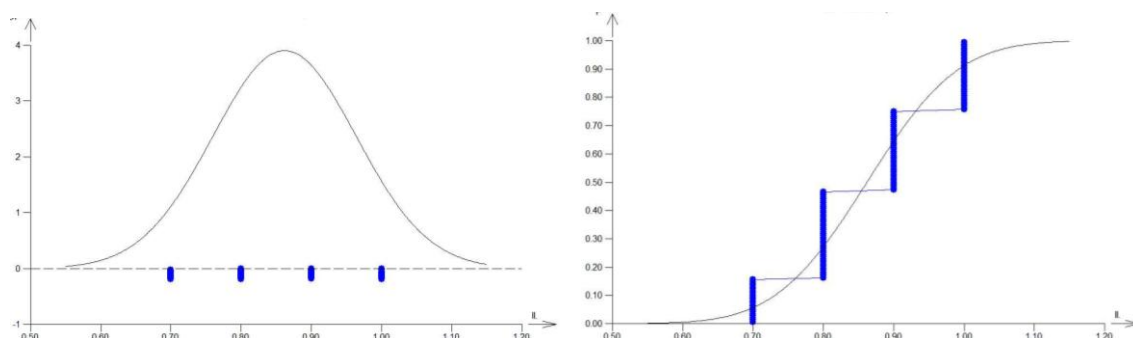
## II. instar

Hranice II. instaru odečtené ze společného histogramu mají hodnoty 0,7 a 1,0 mm. Pravděpodobnost šířky kapsule menší než 0,7 mm je nižší než 6 %, pravděpodobnost

větší šířky než 1,0 mm je < 8 %. Šířky hlavových kapsulí II. instaru se s 95% pravděpodobností pohybují v rozmezí 0,66–1,06 mm (tab. 16, obr. 49).

Tab. 16 – II. instar – hodnoty kvantilů a výběrových charakteristik (QC.Expert v. 3.2)

Rozdělení	Pravd( $x < 0.7$ )	Kvant(0.025)	Kvant(0.975)	Pravd( $x < 1.01$ )	
Normální	0,05667625	0,66148355	1,062325974	0,9262273	
Průměr	Rozptyl	Šikmost	Špičatost	Medián	P-P korelace
0,861904762	0,010456621	-0,074010497	1,896328372	0,9	0,924124363



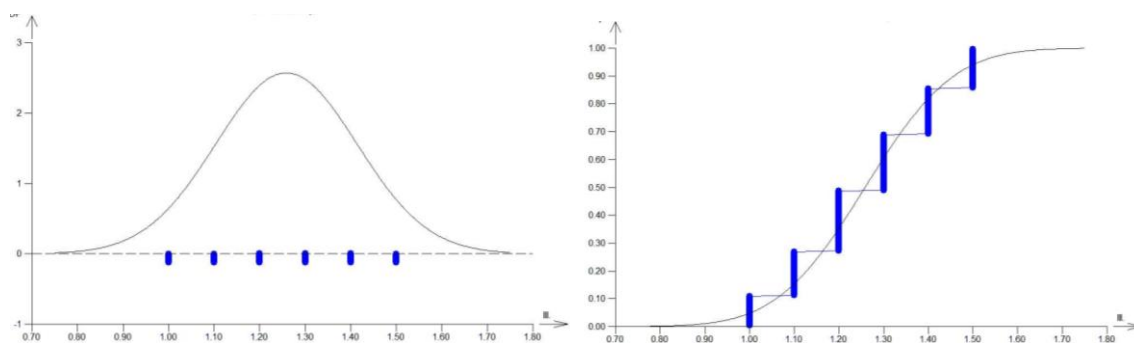
Obr. 49 – II. instar – proložení dat normálním rozdělením (QC.Expert v. 3.2)

### III. instar

Hranice III. instaru odečtené ze společného histogramu mají hodnoty 1,0 a 1,5 mm. Pravděpodobnost šířky kapsule menší než 1,0 mm je nižší než 5 %, pravděpodobnost větší šířky než 1,5 mm je těsně nad 5 %. Šířky hlavových kapsulí III. instaru se s 95% pravděpodobností pohybují v rozmezí 0,95–1,56 mm (tab. 17, obr. 50).

Tab. 17 – III. instar – hodnoty kvantilů a výběrových charakteristik (QC.Expert v. 3.2)

Rozdělení	Pravd( $x < 1$ )	Kvant(0.025)	Kvant(0.975)	Pravd( $x < 1.51$ )	
Normální	0,048080915	0,953979899	1,5629898	0,947264748	
Průměr	Rozptyl	Šikmost	Špičatost	Medián	P-P korelace
1,258484848	0,024137515	-0,019850292	1,98559622	1,3	0,96478371



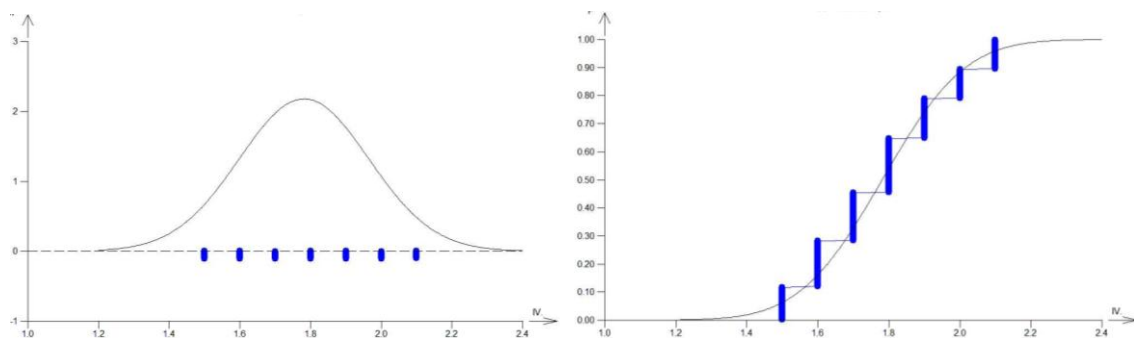
Obr. 50 – III. instar – proložení dat normálním rozdělením (QC.Expert v. 3.2)

#### IV. instar

Hranice IV. instaru odečtené ze společného histogramu mají hodnoty 1,5 a 2,1 mm. Pravděpodobnost šířky kapsule menší než 1,5 mm mírně převyšuje 6 %, pravděpodobnost větší šířky než 2,1 mm je < 4 %. Šířky hlavových kapsulí IV. instaru se s 95% pravděpodobností pohybují v rozmezí 1,42–2,14 mm (tab. 18, obr. 51).

Tab. 18 – IV. instar – hodnoty kvantilů a výběrových charakteristik (QC.Expert v. 3.2)

Rozdělení	Pravd( $x < 1.5$ )	Kvant(0.025)	Kvant(0.975)	Pravd( $x < 2.11$ )	
Normální	0,06250933	1,421899487	2,14069403	0,963479525	
Průměr	Rozptyl	Šikmost	Špičatost	Medián	P-P korelace
1,781296758	0,033624314	0,170452191	2,02580595	1,8	0,97189317



Obr. 51 – IV. instar – proložení dat normálním rozdělením (QC.Expert v. 3.2)

#### V. instar

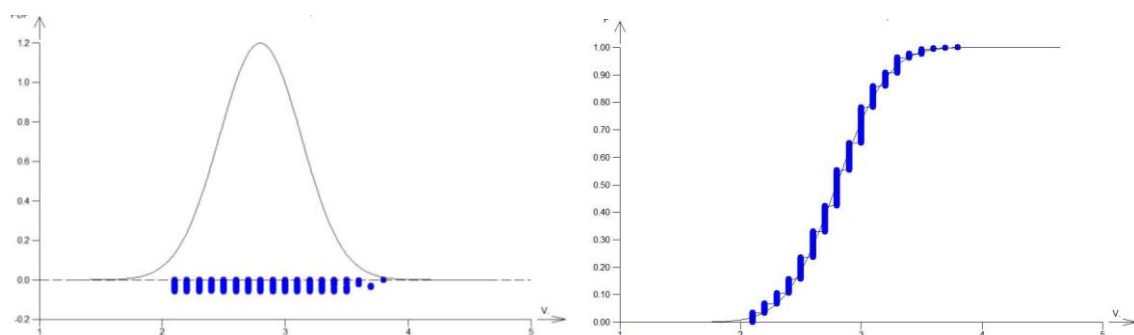
Hranice V. instaru odečtené ze společného histogramu mají hodnoty 2,1 a 3,8 mm. Pravděpodobnost šířky kapsule menší než 2,1 mm je < 2 %, pravděpodobnost



větší šířky než 3,8 mm je < 1 %. Šířky hlavových kapsulí V. instaru se s 95% pravděpodobností pohybují v rozmezí 2,14–3,45 mm (tab. 19, obr. 52).

Tab. 19 – V. instar – hodnoty kvantilů a výběrových charakteristik (QC.Expert v. 3.2)

Rozdělení	Pravd( $x < 2.1$ )	Kvant(0.025)	Kvant(0.975)	Pravd( $x < 3.81$ )	
Normální	0,018147888	2,144467131	3,44882896	0,998838034	
Průměr	Rozptyl	Šikmost	Špičatost	Medián	P-P korelace
2,796648045	0,11072358	-0,071349361	2,59630584	2,8	0,99027409



Obr. 52 – V. instar – proložení dat normálním rozdělením (QC.Expert v. 3.2)

Souhrnné hodnoty šířky hlavových schránek larev klikoroha borového na základě všech dostupných dat jsou uvedeny v následující tabulce 20.

Tab. 20 – Medián a rozpětí šířek hlavových schránek pro souhrnný vzorek larev

I	(0,5) <b>0,6</b> (0,7)
II	(0,7) <b>0,9</b> (1,0)
III	(1,0) <b>1,3</b> (1,5)
IV	(1,5) <b>1,8</b> (2,1)
V	(2,1) <b>2,8</b> (3,8)

### 5.3 Teplotní závislost larválního vývoje klikoroha

V tabulkách 21 a 22 jsou uvedeny výsledné hodnoty sumárních teplot a fyziologického času (sum efektivních teplot C).

Tab. 21 – Sumy teplot a efektivních teplot pro termíny vyzvednutí polen v pokusu ČECHA (2010)

Vyzvednutí Martin	T_int_24	T_ext_24	Počet dní	T_ext_24 - práh V	T_ext_24 - práh L
1	1076.2	950.0	76	342	608
2	420.2	403.2	24	211.2	295.2
3	401.0	372.7	22	196.7	273.7
4	848.3	948.7	75	348.7	611.2

Tab. 22 – Sumy teplot a efektivních teplot pro termíny vyzvednutí polen v pokusu ZELENÉ (2011)

Vyzvednutí Alena	T_int_24	T_ext_24	Počet dní	T_ext_24 - práh V	T_ext_24 - práh L
1	280.0	236.5	13	132.5	178
2	345.2	339.2	18	195.6	258.6
3	353.2	368.8	21	201	274.5
4	201.4	229.6	14	117.7	166.7

T\_int = teplota interní (čidlo na záznamníku 1 m nad zemí),

T\_ext = teplota externí (sonda v půdě cca 20 cm pod povrchem),

T\_ext - práh (T\_int - práh) = od teploty čidla odečtena prahová teplota pro vývoj V (vajíčka) nebo L (larvy).

Lapací polena v pokusu ČECHA (2010) byla zakopána 22. 4. 2009 v době, kdy samice klikoroha borového ještě pravděpodobně nekladly vajíčka. Sumu efektivních teplot  $C$  pro vývoj vajíčka stanovili INWARD et al. (2012) při konstantní teplotě na 110 denních stupňů nad prahovou teplotou (d. s.). Za předpokladu naklazení vajíček v den zakopání lapacích polen by byl jejich vývoj ukončen až po 40 dnech (31. 5. 2009). Již při prvním vyzvednutí polen však bylo nalezeno 24 larev V. instaru. Pro vývoj larev na borových polenech uvádějí INWARD et al. (2012) potřebnou sumu efektivních teplot 613 d. s. (pro měnící se teplotu), resp. 660 d. s. (pro konstantní teplotu). Pokud je i nadále předpokládán vývoj vajíček od zakopání lapacích polen, vychází v době jejich vyzvednutí hodnota sumy efektivních teplot 358,8 d. s. Stadia praepupy by pak larvy dosáhly po 97 dnech (27. 7. 2009) a při použití konstantní sumy efektivních teplot dokonce po 101 dnech (31. 7. 2009). Intervaly mezi vyzvednutím polen byly v tomto případě poměrně dlouhé, proto byla při dalším pokusu snaha zkrátit je aspoň na polovinu. Příslušné teplotní údaje pro tento experiment jsou uvedeny v tabulkách 23 a 24.

Tab. 23 – Sumy efektivních teplot pro 1. vyzvednutí v pokusu ČECHA (2010)

DATE	T_int	T_ext	Vyzvednutí	T_ext - práh V	T_ext - práh L	Suma T_ext- práh L	Suma T_ext- práh V	Suma T_ext- práh L
Median z 22.4.2009	16.1	9.1	1	1.1	4.6	608	1.1	
Median z 23.4.2009	6.3	8.5	1	0.5	4	603.4	1.6	
Median z 24.4.2009	10.1	8.0	1	0	3.5	599.4	1.6	
Median z 25.4.2009	13.4	8.1	1	0.1	3.6	595.9	1.7	
Median z 26.4.2009	14.6	8.4	1	0.4	3.9	592.3	2.1	
Median z 27.4.2009	14.7	8.8	1	0.8	4.3	588.4	2.9	
Median z 28.4.2009	15.1	9.2	1	1.2	4.7	584.1	4.1	
Median z 29.4.2009	11.9	9.5	1	1.5	5	579.4	5.6	
Median z 30.4.2009	12.2	9.5	1	1.5	5	574.4	7.1	
Median z 1.5.2009	12.7	9.7	1	1.7	5.2	569.4	8.8	
Median z 2.5.2009	10.8	9.7	1	1.7	5.2	564.2	10.5	
Median z 3.5.2009	12.1	9.5	1	1.5	5	559	12	
Median z 4.5.2009	8.3	9.7	1	1.7	5.2	554	13.7	
Median z 5.5.2009	9.2	9.2	1	1.2	4.7	548.8	14.9	
Median z 6.5.2009	10.3	8.8	1	0.8	4.3	544.1	15.7	
Median z 7.5.2009	12.3	9.0	1	1	4.5	539.8	16.7	
Median z 8.5.2009	16.4	9.6	1	1.6	5.1	535.3	18.3	
Median z 9.5.2009	14.8	10.4	1	2.4	5.9	530.2	20.7	
Median z 10.5.2009	16.2	11.1	1	3.1	6.6	524.3	23.8	
Median z 11.5.2009	12.7	11.6	1	3.6	7.1	517.7	27.4	
Median z 12.5.2009	10.8	11.5	1	3.5	7	510.6	30.9	
Median z 13.5.2009	11.1	11.1	1	3.1	6.6	503.6	34	
Median z 14.5.2009	9.9	10.8	1	2.8	6.3	497	36.8	
Median z 15.5.2009	11.9	10.4	1	2.4	5.9	490.7	39.2	
Median z 16.5.2009	12.4	10.4	1	2.4	5.9	484.8	41.6	
Median z 17.5.2009	17.0	10.8	1	2.8	6.3	478.9	44.4	
Median z 18.5.2009	15.8	11.7	1	3.7	7.2	472.6	48.1	
Median z 19.5.2009	14.0	12.4	1	4.4	7.9	465.4	52.5	
Median z 20.5.2009	18.1	12.8	1	4.8	8.3	457.5	57.3	
Median z 21.5.2009	19.4	13.3	1	5.3	8.8	449.2	62.6	
Median z 22.5.2009	16.1	13.6	1	5.6	9.1	440.4	68.2	
Median z 23.5.2009	11.6	13.3	1	5.3	8.8	431.3	73.5	
Median z 24.5.2009	17.2	13.2	1	5.2	8.7	422.5	78.7	
Median z 25.5.2009	18.5	13.8	1	5.8	9.3	413.8	84.5	
Median z 26.5.2009	21.6	14.5	1	6.5	10	404.5	91	
Median z 27.5.2009	14.0	15.2	1	7.2	10.7	394.5	98.2	
Median z 28.5.2009	9.1	14.1	1	6.1	9.6	383.8	104.3	
Median z 29.5.2009	7.2	12.8	1	4.8	8.3	374.2	109.1	
Median z 30.5.2009	9.0	11.6	1	3.6	7.1	365.9	112.7	
Median z 31.5.2009	9.8	11.3	1	3.3	6.8	358.8	116	6.8
Median z 1.6.2009	12.4	11.4	1	3.4	6.9	352		13.7
Median z 2.6.2009	13.7	12.3	1	4.3	7.8	345.1		21.5
Median z 3.6.2009	11.9	12.7	1	4.7	8.2	337.3		29.7
Median z 4.6.2009	9.6	12.3	1	4.3	7.8	329.1		37.5
Median z 5.6.2009	9.2	11.7	1	3.7	7.2	321.3		44.7
Median z 6.6.2009	12.3	11.6	1	3.6	7.1	314.1		51.8
Median z 7.6.2009	13.9	11.6	1	3.6	7.1	307		58.9
Median z 8.6.2009	16.0	12.3	1	4.3	7.8	299.9		66.7
Median z 9.6.2009	18.1	13.1	1	5.1	8.6	292.1		75.3
Median z 10.6.2009	16.9	13.8	1	5.8	9.3	283.5		84.6
Median z 11.6.2009	13.6	14.0	1	6	9.5	274.2		94.1
Median z 12.6.2009	10.1	13.7	1	5.7	9.2	264.7		103.3
Median z 13.6.2009	12.2	12.9	1	4.9	8.4	255.5		111.7
Median z 14.6.2009	18.7	13.1	1	5.1	8.6	247.1		120.3
Median z 15.6.2009	20.2	14.0	1	6	9.5	238.5		129.8
Median z 16.6.2009	16.2	14.7	1	6.7	10.2	229		140
Median z 17.6.2009	14.7	14.5	1	6.5	10	218.8		150
Median z 18.6.2009	18.9	14.8	1	6.8	10.3	208.8		160.3
Median z 19.6.2009	15.3	15.4	1	7.4	10.9	198.5		171.2
Median z 20.6.2009	12.7	15.1	1	7.1	10.6	187.6		181.8
Median z 21.6.2009	12.8	14.5	1	6.5	10	177		191.8
Median z 22.6.2009	11.8	14.1	1	6.1	9.6	167		201.4
Median z 23.6.2009	11.8	13.5	1	5.5	9	157.4		210.4
Median z 24.6.2009	13.9	13.4	1	5.4	8.9	148.4		219.3
Median z 25.6.2009	16.2	13.5	1	5.5	9	139.5		228.3
Median z 26.6.2009	17.3	14.4	1	6.4	9.9	130.5		238.2
Median z 27.6.2009	17.3	15.0	1	7	10.5	120.6		248.7
Median z 28.6.2009	17.0	15.5	1	7.5	11	110.1		259.7
Median z 29.6.2009	18.3	15.5	1	7.5	11	99.1		270.7
Median z 30.6.2009	19.2	16.2	1	8.2	11.7	88.1		282.4
Median z 1.7.2009	17.2	16.9	1	8.9	12.4	76.4		294.8
Median z 2.7.2009	18.2	17.1	1	9.1	12.6	64		307.4
Median z 3.7.2009	18.7	17.3	1	9.3	12.8	51.4		320.2
Median z 4.7.2009	18.8	17.3	1	9.3	12.8	38.6		333
Median z 5.7.2009	19.2	17.4	1	9.4	12.9	25.8		345.9
Median z 6.7.2009	17.2	17.4	1	9.4	12.9			358.8

Tab. 24 – Sumy efektivních teplot pro 2. a 3. vyzvednutí v pokusu ČECHA (2010)

DATE	T_int	T_ext	Vyzvednutí	T_ext- práh V	T_ext- práh L	Suma T_ext- práh L
Median z 7.7.2009	16.2	17	2	9	12.5	371.3
Median z 8.7.2009	14.2	16.8	2	8.8	12.3	383.6
Median z 9.7.2009	15	16.1	2	8.1	11.6	395.2
Median z 10.7.2009	14	15.7	2	7.7	11.2	406.4
Median z 11.7.2009	13.4	15.5	2	7.5	11	417.4
Median z 12.7.2009	16.6	15.2	2	7.2	10.7	428.1
Median z 13.7.2009	20	15.5	2	7.5	11	439.1
Median z 14.7.2009	20.8	16.7	2	8.7	12.2	451.3
Median z 15.7.2009	19.4	17.6	2	9.6	13.1	464.4
Median z 16.7.2009	20.9	17.8	2	9.8	13.3	477.7
Median z 17.7.2009	20.1	18	2	10	13.5	491.2
Median z 18.7.2009	13.7	18.3	2	10.3	13.8	505
Median z 19.7.2009	14.7	16.7	2	8.7	12.2	517.2
Median z 20.7.2009	15.4	16.2	2	8.2	11.7	528.9
Median z 21.7.2009	18.5	16.1	2	8.1	11.6	540.5
Median z 22.7.2009	22.7	16.6	2	8.6	12.1	552.6
Median z 23.7.2009	19.7	17.6	2	9.6	13.1	565.7
Median z 24.7.2009	19.2	18.1	2	10.1	13.6	579.3
Median z 25.7.2009	15.9	17.7	2	9.7	13.2	592.5
Median z 26.7.2009	14.7	16.9	2	8.9	12.4	604.9
Median z 27.7.2009	18.5	16.5	2	8.5	12	616.9
Median z 28.7.2009	17.2	16.9	2	8.9	12.4	629.3
Median z 29.7.2009	18.7	16.8	2	8.8	12.3	641.6
Median z 30.7.2009	20.7	16.9	2	8.9	12.4	654
Median z 31.7.2009	16.2	17.1	3	9.1	12.6	666.6
Median z 1.8.2009	20.7	16.9	3	8.9	12.4	679
Median z 2.8.2009	17.9	17.3	3	9.3	12.8	691.8
Median z 3.8.2009	17.1	17.4	3	9.4	12.9	704.7
Median z 4.8.2009	16.3	17.1	3	9.1	12.6	717.3
Median z 5.8.2009	17.2	16.7	3	8.7	12.2	729.5
Median z 6.8.2009	19	16.7	3	8.7	12.2	741.7
Median z 7.8.2009	18.8	17	3	9	12.5	754.2
Median z 8.8.2009	19.6	17	3	9	12.5	766.7
Median z 9.8.2009	19.5	17	3	9	12.5	779.2
Median z 10.8.2009	18.2	17.1	3	9.1	12.6	791.8
Median z 11.8.2009	16.9	17.3	3	9.3	12.8	804.6
Median z 12.8.2009	16.5	17.1	3	9.1	12.6	817.2
Median z 13.8.2009	16.1	16.9	3	8.9	12.4	829.6
Median z 14.8.2009	15.7	16.7	3	8.7	12.2	841.8
Median z 15.8.2009	17.9	16.3	3	8.3	11.8	853.6
Median z 16.8.2009	21.2	16.5	3	8.5	12	865.6
Median z 17.8.2009	21.7	17	3	9	12.5	878.1
Median z 18.8.2009	16.5	17.2	3	9.2	12.7	890.8
Median z 19.8.2009	17.9	16.8	3	8.8	12.3	903.1
Median z 20.8.2009	20.1	16.7	3	8.7	12.2	915.3
Median z 21.8.2009	20	16.9	3	8.9	12.4	927.7

Lapací polena v pokusu ZELENE (2010) byla zakopána již v relativně pokročilé fázi vegetační sezóny, pravděpodobně v době po ukončení letové aktivity klikorohů v období, kdy již probíhalo kladení vajíček. Při prvním vyzvednutí byly na lapacích polenech nalezeny pouze stopy po kladení vajíček. Při druhém vyzvednutí již byly přítomné larvy, z toho dvě v V. instaru.

Analýza larev V. instaru při 2 vyzvednutí:

Suma efektivních teplot od počátku položení k 2. vyzvednutí lapacích polen činila pro půdní prostředí 437 d. s., což znovu nedosahuje hodnoty uváděné INWARDEM et al. (2012), tj. 613 d. s. odpovídající larvě, která již ukončila žír (její hmotnost dále nevzrůstá) a začíná si vytvářet kukelní komůrku. Nalezené larvy při 2. termínu

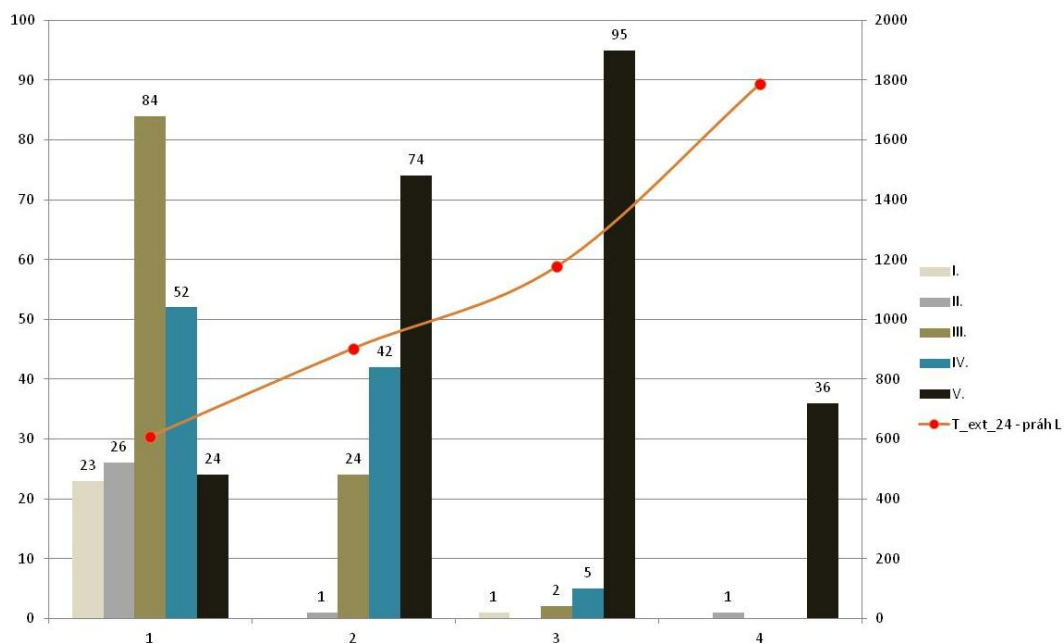
vyzvednutí však mohly být teprve krátce po svlékání kutikuly při přechodu ze IV. do V. instaru. Za předpokladu, že vajíčka ze kterých se tyto dvě larvy vyvinuly, byla nakladena hned první den umístění polen na lokalitu, pak suma efektivních půdních teplot v době vyzvednutí činila 288 d. s. Lze očekávat, že s rostoucí hmotností larvy se bude prodlužovat i čas potřebný pro přechod do dalšího instaru, resp. v tomto případě k přechodu do fáze praepupy. Suma efektivních půdních teplot 288 d. s. tak pravděpodobně představuje spodní hranici doby nutné pro vývoj larvy do V. instaru.

Byla-li první vajíčka na lapací polena vykladena ihned po jejich zakopání (30. 6. 2010), pak by potřebná suma teplot pro vývoj vajíček 110 d. s. (INWARD et al. 2012) byla naplněna za 10 dnů (10. 7. 2010) a suma efektivních teplot pro vývoj larev by od té chvíle až do 4. vyzvednutí polen (3. 9. 2010) činila 729,2 d. s. Při rozboru polen vyzvednutých v tomto termínu však nebyly nalezeny žádné larvy v kukelné komůrce. K dalšímu (5.) termínu vyzvednutí již bohužel nejsou z důvodu poruchy dataloggeru dostupné teplotní údaje. Při tomto vyzvednutí již bylo nalezeno 57 larev v kukelné komůrce. Když vezmeme v úvahu pravděpodobně pozdější naklazení vajíček o ca týden a na druhé straně přeměnu larev v praepupu zhruba uprostřed mezi 4. a 5. termínem vyzvednutí, odpovídají získané teplotní sumy údajům INWARDA et al. (2012) pro vývoj larev na pokusných borových polenech s proměnlivou teplotou ( $110 + 613 = 723$  d. s.). Příslušné teplotní údaje pro tento experiment jsou uvedeny v tabulce 25.

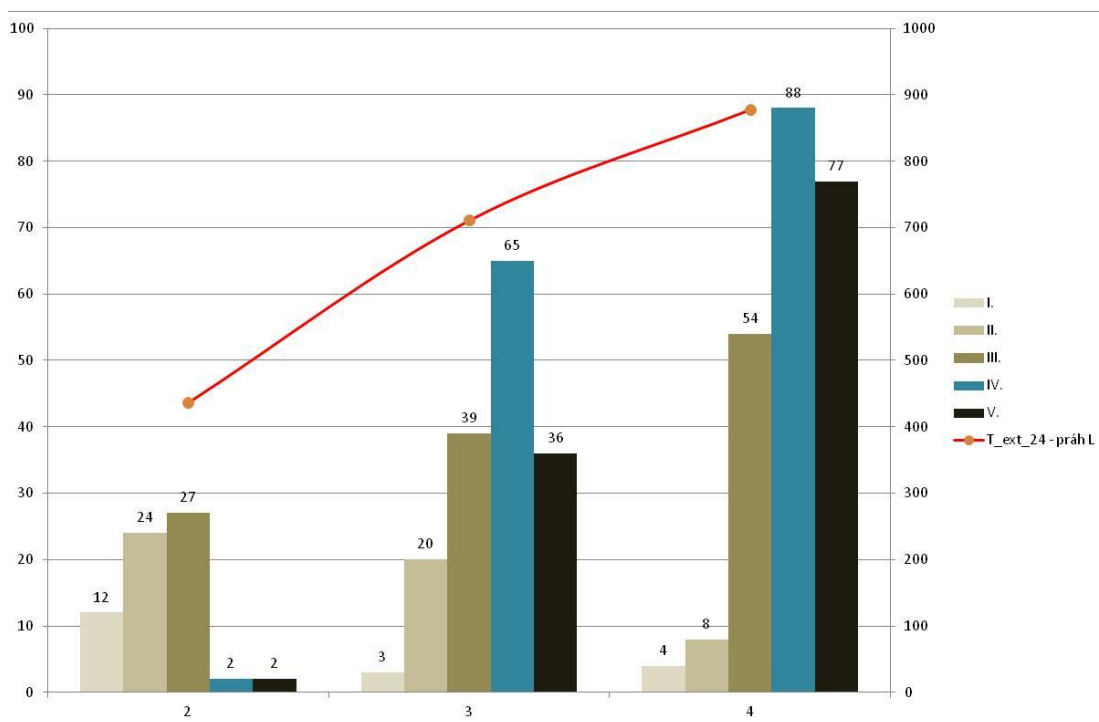
Tab. 25 – Sumy efektivních teplot v pokusu ZELENÉ (2011)

DATE	T_int_24	T_ext_24	T_ext_24 - práh V	T_ext_24 - práh L	Vyzvednutí	SUMA T_ext_24 - práh L	Suma larva V. 2. Vyzvednutí T_ext_24
Median z 30.6.2010	26.65	18.2	10.2	13.7	1	436.6	10.2
Median z 1.7.2010	21.9	17.9	9.9	13.4	1	422.9	20.1
Median z 2.7.2010	22.85	18.2	10.2	13.7	1	409.5	30.3
Median z 3.7.2010	22.55	18.45	10.5	14	1	395.8	40.8
Median z 4.7.2010	20.8	18.6	10.6	14.1	1	381.8	51.4
Median z 5.7.2010	22.15	18.6	10.6	14.1	1	367.7	62
Median z 6.7.2010	17.2	18.5	10.5	14	1	353.6	72.5
Median z 7.7.2010	16	17.2	9.2	12.7	1	339.6	81.7
Median z 8.7.2010	17.2	16.9	8.9	12.4	1	326.9	90.6
Median z 9.7.2010	20.5	17.4	9.4	12.9	1	314.5	100
Median z 10.7.2010	23.15	18.1	10.1	13.6	1	301.6	110.1
Median z 11.7.2010	24	18.9	10.9	14.4	1	288	14.4
Median z 12.7.2010	25	19.5	11.5	15	1	273.6	29.4
Median z 13.7.2010	24.5	20	12	15.5	2	258.6	44.9
Median z 14.7.2010	24.2	20.05	12.1	15.6	2	243.1	60.5
Median z 15.7.2010	23.95	20.1	12.1	15.6	2	227.5	76.1
Median z 16.7.2010	25.2	20.1	12.1	15.6	2	211.9	91.7
Median z 17.7.2010	22	20.75	12.8	16.3	2	196.3	108
Median z 18.7.2010	15.2	19.75	11.8	15.3	2	180	123.3
Median z 19.7.2010	17.2	18.55	10.6	14.1	2	164.7	137.4
Median z 20.7.2010	19.55	18.45	10.5	14	2	150.6	151.4
Median z 21.7.2010	21.05	18.9	10.9	14.4	2	136.6	165.8
Median z 22.7.2010	23.2	19.8	11.8	15.3	2	122.2	181.1
Median z 23.7.2010	20.8	20.25	12.3	15.8	2	106.9	196.9
Median z 24.7.2010	15.55	19.25	11.3	14.8	2	91.1	211.7
Median z 25.7.2010	12.5	17.45	9.5	13	2	76.3	224.7
Median z 26.7.2010	14.9	16.95	9	12.5	2	63.3	237.2
Median z 27.7.2010	16.75	17.1	9.1	12.6	2	50.8	249.8
Median z 28.7.2010	17.2	17.1	9.1	12.6	2	38.2	262.4
Median z 29.7.2010	16	17.3	9.3	12.8	2	25.6	275.2
Median z 30.7.2010	15.4	17.3	9.3	12.8	2	12.8	288
Median z 31.7.2010	15.75	17.25	9.3	12.8	3		300.8
Median z 1.8.2010	17.4	17.6	9.6	13.1	3		313.9
Median z 2.8.2010	20.85	18.05	10.1	13.6	3		327.5
Median z 3.8.2010	16.9	18.6	10.6	14.1	3		341.6
Median z 4.8.2010	14.95	17.9	9.9	13.4	3		355
Median z 5.8.2010	16.9	17.7	9.7	13.2	3		368.2
Median z 6.8.2010	17.2	17.6	9.6	13.1	3		381.3
Median z 7.8.2010	15.8	17.4	9.4	12.9	3		394.2
Median z 8.8.2010	15.95	16.55	8.6	12.1	3		406.3
Median z 9.8.2010	16.1	16.9	8.9	12.4	3		418.7
Median z 10.8.2010	15.55	16.9	8.9	12.4	3		431.1
Median z 11.8.2010	19.1	17.3	9.3	12.8	3		443.9
Median z 12.8.2010	18.3	17.7	9.7	13.2	3		457.1
Median z 13.8.2010	19.3	18.05	10.1	13.6	3		470.7
Median z 14.8.2010	17.6	18.3	10.3	13.8	3		484.5
Median z 15.8.2010	20.6	18.4	10.4	13.9	3		498.4
Median z 16.8.2010	15.3	18.45	10.5	14	3		512.4
Median z 17.8.2010	13.5	17.3	9.3	12.8	3		525.2
Median z 18.8.2010	15.8	16.9	8.9	12.4	3		537.6
Median z 19.8.2010	15.45	17.2	9.2	12.7	3		550.3
Median z 20.8.2010	14.85	16.7	8.7	12.2	3		562.5
Median z 21.8.2010	17.5	16.7	8.7	12.2	4		574.7
Median z 22.8.2010	19.05	17.4	9.4	12.9	4		587.6
Median z 23.8.2010	19.7	18	10	13.5	4		601.1
Median z 24.8.2010	19.3	18.55	10.6	14.1	4		615.2
Median z 25.8.2010	13.8	17.7	9.7	13.2	4		628.4
Median z 26.8.2010	18.1	17.05	9.1	12.6	4		641
Median z 27.8.2010	17.4	17.8	9.8	13.3	4		654.3
Median z 28.8.2010	13.7	17.1	9.1	12.6	4		666.9
Median z 29.8.2010	10.1	16.05	8.1	11.6	4		678.5
Median z 30.8.2010	10.35	15.6	7.6	11.1	4		689.6
Median z 31.8.2010	10.95	14.7	6.7	10.2	4		699.8
Median z 1.9.2010	11.4	14.1	6.1	9.6	4		709.4
Median z 2.9.2010	11.5	14.4	6.4	9.9	4		719.3
Median z 3.9.2010	8.5	14.4	6.4	9.9	4		729.2

V grafech na obrázcích 53 a 54 je přehledně znázorněno zastoupení jednotlivých larválních instarů v průběhu obou experimentů, jakož i průběh půdní teploty.



Obr. 53 – Porovnání zastoupení instarů v termínech vyzvednutí polen se sumou efektivních teplot (ČECH 2010)



Obr. 54 – Porovnání zastoupení instarů v termínech vyzvednutí polen se sumou efektivních teplot (ZELENÁ 2011)

## 6 Diskuze

V předkládané práci se podařilo spojit do jednoho celku dosud oddělené informace o šířce hlavových kapsulí larev pocházejících z domácích populací klikoroha borového. Společná interpretace výsledků umožnila ze statistického pohledu zpřesnit odhady středních hodnot a rozpětí této šířky pro jednotlivé instary. Dosažené výsledky (tab. 20) se dobře shodují s hodnotami uváděnými jinými autory (tab. 4). Ojedinělá je vyšší hodnota šířek hlavové schránky I. larválního instaru u severských populací (BEJER-PETERSEN et al. 1962), což však lze vysvětlit zejména rozsahem experimentálního materiálu a možná i některými autory diskutovanou otázkou aplikace Bergmannova ekologického pravidla u hmyzu, kdy by podobně jako u určitých skupin endotermních živočichů měla směrem k severním zeměpisným šířkám narůstat velikost těla i u některých skupin hmyzu. Principem je relativní snížení poměru povrchu těla k jeho objemu a tím i relativní snížení energetických tepelných ztrát. Vzhledem k tomu, že další instary již vykazují srovnatelné hodnoty s jižněji položenými oblastmi, nejeví se uvedené vysvětlení v tomto případě jako opodstatněné. Na druhé straně se však ve spojení s geografickou polohou prokázalo u vývojového cyklu zkracování v severojižním směru (obr. 30). V tabulce 4 dosahují největších hodnot údaje ČECHA (2010). Jak však bylo objasněno v kapitole 5.2, došlo při výpočtu k chybě, která výsledek zkreslila. Opravené hodnoty (tab. 11) se od výsledků jiných autorů již významně neliší.

Histogram vzniklý sloučením souborů larev získaných třemi různými autory (obr. 47) lze interpretovat jako znázornění četností hodnot pěti larválních instarů. Tento počet instarů potvrdili výzkumem ve své základní práci BEJER-PETERSEN et al. (1962), i když je v této souvislosti třeba upozornit na některé skutečnosti. Jde například o drobné rozdíly ve velikosti larev vyvíjejících se na borovici ve srovnání s o něco menšími larvami vyvíjejícími se na smrku. U larev vyvíjejících se na smrku bylo mnohem obtížnější definovat hranice šířek kapsulí jednotlivých instarů, kdy docházelo k většímu překryvu dat. Autoři u nich proto nevyklučují možnost výskytu dalšího (VI.) instaru. Také výsledky získané z borovicových polen nelze interpretovat zcela jednoznačně, zejména pokud jde o rozlišení IV. a V. instaru. Autoři v tomto kontextu upozorňují na existenci píku 2,2 mm, který se objevil i ve výsledcích jiných prací. BEJER-PETERSEN et al. (1962) nabízejí vysvětlení, že by mohlo jít buď o další instar, nebo že larvy, které dosáhnou posledního instaru později, mohou mít šířky hlavových schránek větší.



Uvedené maximum se v datech analyzovaných v předkládané práci nevyskytuje, byl v nich však zjištěn dvojitý vrchol v oblasti V. instaru spolu s hiátem mezi IV. a V. instarem, které mohou být buď pouze výsledkem nedostatečného počtu dat nebo odrážejí jinou, dosud blíže nespécifikovanou informaci, která je v datech obsažena. BEJER-PETERSEN et al. (1962) ověřovali například hypotézu, že by příčinou píku 2,2 mm mohlo být rozdílné pohlaví, avšak tento předpoklad se nepotvrdil.

Dosud shromážděná data v rámci ČR tak nedávají v tomto smyslu jasnou odpověď a otázku počtu instarů či jejich přesného vymezení je nutno zřejmě ještě nechat otevřenou do doby, než budou provedeny jednoznačně interpretovatelné experimenty na dalších vzorcích. Prozatím je koncept BEJERA-PETERSENA et al. (1962) o existenci pěti instarů u larev klikoroha borového až na výjimky obecně přijímán, proto je takto pojímán i v této práci. Odlišný počet instarů připouští např. EIDMANN (1974), který navrhuje provedení laboratorních pokusů, které jediné mohou tuto otázku spolehlivě vyřešit.

V souvislosti se stanovením přesnějších hraničních hodnot šířky hlavových kapsulí populace klikoroha borového v ČR lze formulovat několik doporučení pro další fáze výzkumu. Především by bylo vhodné založit další polní experimenty, při nichž by byla věnována specifická pozornost nižším larválním instarům, které se v lapacích polenech vyskytují jen po velmi krátkou dobu. BEJER-PETERSEN et al. (1962) za tím účelem zakládali doplňkové krátkodobé pokusy. Dále je třeba při preparaci larev odděleně evidovat všechny larvy z kukelných komůrek, u kterých je jistota jejich příslušnosti k poslednímu instaru. Z materiálu zpracovávaného pro účely této práce byla daná informace k dispozici pouze u souboru larev shromážděných ZELENOU (2011), jí zjištěné hodnoty (2,2) 2,6 (3,3) však nepokrývají celé rozpětí, které odpovídá larvám V. instaru v histogramu vytvořeném ze všech disponibilních vzorků, a to ani v horní hranici, která do tohoto rozpětí nepochybně patří. Další doporučení spočívá v možnosti založení experimentálních chovů v inkubačních boxech, jak navrhuje EIDMANN (1974), kde by bylo možné objasnit řadu sporných otázek, včetně upřesnění vzájemných překryvů šířek kapsulí mezi instary. Problém u podobných experimentů představuje nemožnost přesné simulace přirozených podmínek prostředí, z čehož vyplývá, že ani údaje z laboratoře nemusí být vždy zcela spolehlivé.

Zajímavý je výskyt larev V. instaru již po dosažení 288 d. s. v pokusu ZELENE (2011), stejně tak po dosažení 358,8 d. s. v případě ČECHA (2010). Přitom údaj pro ukončený V. instar dle INWARDA et al. (2012) je dvojnásobný. Jak již bylo dříve

naznačeno, larvy V. instaru nalezené na polenech mohou spíše představovat "mladší" jedince teprve nedávno dorostlé do tohoto stadia. Zjištěná suma denních stupňů představuje v literatuře poměrně unikátní údaj o teplotní závislosti vývoje larválních instarů ve venkovních podmínkách a naznačuje velice rychlý vývoj klikoroha v rané preimaginální fázi. Naopak absence praepup ještě při 729,2 d. s. v pokusu ZELENÉ (2011) je překvapivá neboť se jedná o hodnotu velice blízkou hranici výskytu praepup udávanou INWARDEM et al. (2012). Je samozřejmě možné, že k vývoji praepup došlo u ZELENÉ (2011) hned v následujícím období i po několika dnech. Sumy efektivních teplot INWARDA et al. (2012) připouští odchylku až 20 d. s. Bohužel tyto domněnky nebylo možné vzhledem k designu pokusu a poruše měřícího zařízení ověřit.

Na teplotě silně závisí i podíl 1leté generace v populaci klikoroha, kdy např. NOVÁK (1965) udává, že je v ČR řídko zastoupena, zatímco MODLINGEROVÁ (2008) odhaduje její podíl v nižších polohách ve 400 m n. m. až na 50 % a v 800 m n. m. až na 20 %. Vysvětlením může být i postupná změna klimatických podmínek, která mohla zvýšení zastoupení 1leté generace v průběhu uplynulých 40 let podpořit.

Tento proces zřejmě i nadále pokračuje, přičemž z hlediska oboru ochrany lesa je důležitý trend, kterým se budou změny řídit v budoucnu. Pro možnost predikce potenciálních změn v chování klikoroha borového jsou významné informace o budoucím vývoji klimatu obsažené např. ve výsledcích projektu Ministerstva životního prostředí VaV SP/1a6/108/07 „Zpřesnění dosavadních odhadů dopadů klimatické změny v sektorech vodního hospodářství, zemědělství a lesnictví a návrhy adaptačních opatření“, který byl řešen v letech 2007–2011 pod koordinací Českého hydrometeorologického ústavu a jehož zkrácené výstupy jsou uvedeny na webových stránkách této instituce ([www.chmi.cz](http://www.chmi.cz)).

Největší význam mají především informace o předpokládaném vývoji teploty (tab. 26 a 27). Výsledky projektu předpokládají teplotní růst, kdy má na základě použitého modelu průměrná roční teplota ve srovnání s normálem 1961–1990 vzrůst do roku 2099 na 10,6 °C (tj. o 3,3 °C). Z tabulky 27 je též zřejmý nárůst počtu dnů s kladnými extrémními hodnotami teploty.

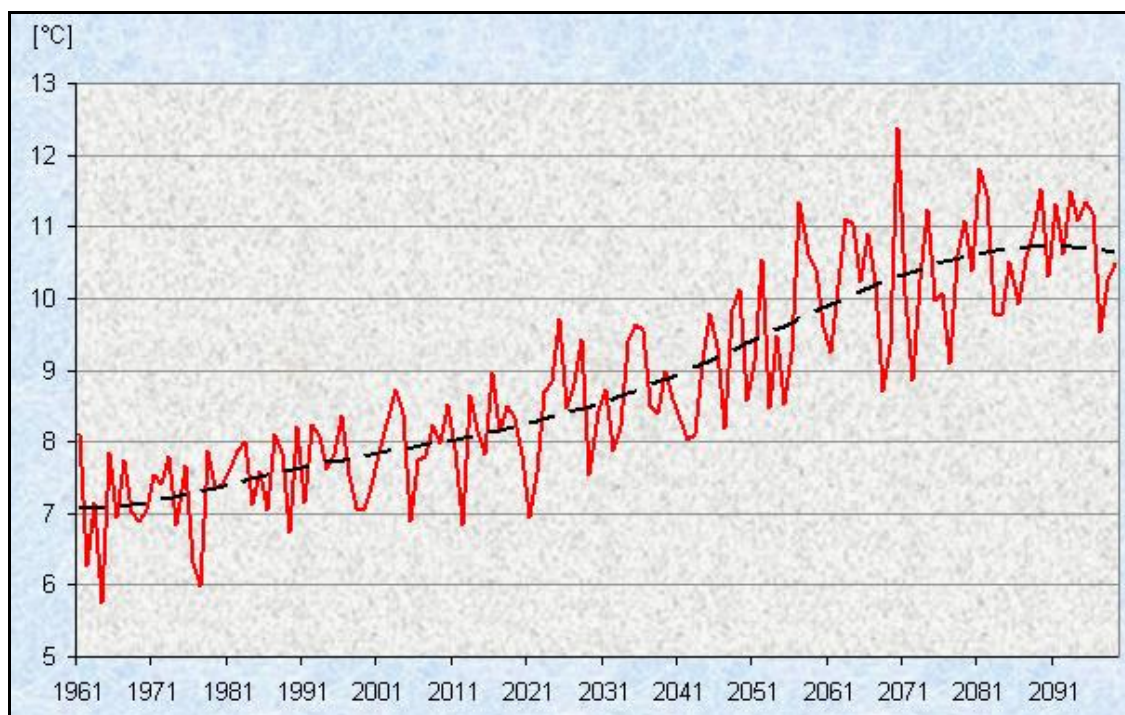
Graficky je situace znázorněna na obrázcích 55 a 56, kdy data na obrázku 55 jsou až do roku 2011 reálná a jejich extrapolace do budoucna je výsledkem výpočtu modelu. Růst teploty během posledních 50 let je však již dobře patrný i na úseku tvořeném reálnými daty.

Tab. 26 – Dlouhodobé měsíční a roční průměry teploty vzduchu (°C) v referenčním a ve scénářových obdobích (ČHMÚ 2007–2011)

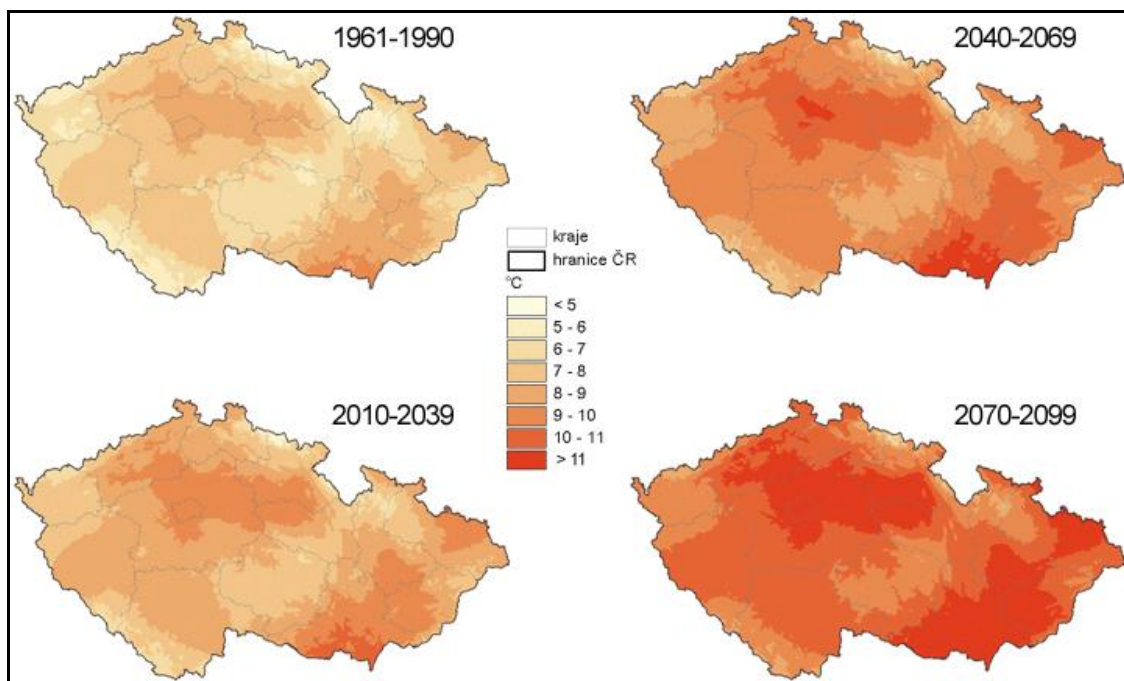
Období	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	rok
1961-1990	-2,9	-1,3	2,3	7,0	12,1	15,2	16,7	16,2	12,7	7,9	2,6	-1,1	7,3
2010-2039	-1,3	-0,2	3,6	7,6	13,7	15,6	18,4	17,5	13,8	9,6	3,2	-0,3	8,5
2040-2069	-1,4	1,0	4,9	10,2	14,2	16,4	19,7	20,1	14,9	9,9	4,2	0,5	9,6
2070-2099	0,4	1,6	6,5	10,9	14,8	17,5	21,1	21,5	16,5	10,8	4,5	1,2	10,6

Tab. 27 – Průměrné počty dnů s mezními teplotami v letech 1961–1990 a 1991–2010 (ČHMÚ 2007–2011)

	1961–1990	1991–2010	Změna
letní dny	45	57	12
tropické dny	8	14	6
tropické noci	0,1	0,4	0,3
mrazové dny	112	106	-6
ledové dny	30	28	-2
arktické dny	1,1	0,6	-0,5

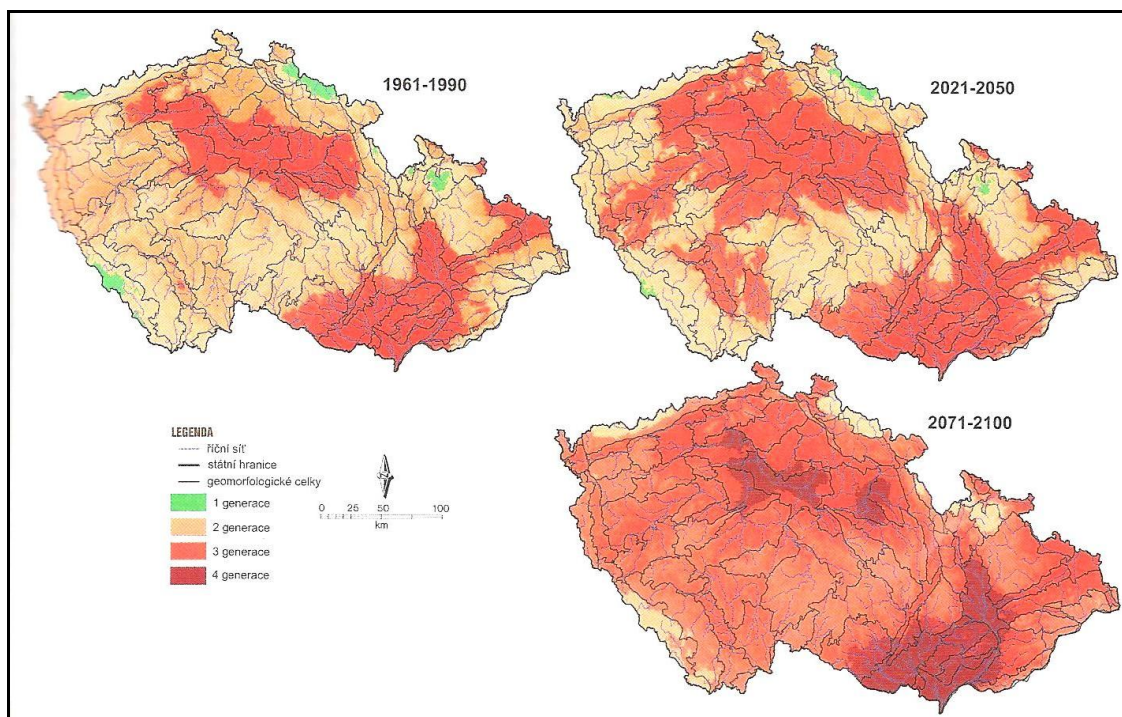


Obr. 55 – Průměrné roční hodnoty teploty vzduchu (°C) včetně polynomického trendu vývoje 1961–2099 (ČHMÚ 2007–2011)



Obr. 56 – Dlouhodobé průměry ročních teplot vzduchu (°C) v referenčním a ve scénářových obdobích (ČHMÚ 2007–2011)

K dispozici jsou však nejen odhady vývoje klimatických charakteristik, ale i první snahy o predikci chování hmyzích škůdců. Na příkladu lýkožrouta smrkového (*Ips typographus*, Linnaeus, 1758) demonstruje na pozadí střední varianty scénáře nárůstu obsahu CO<sub>2</sub> v atmosféře předpokládané změny v jeho chování v podmínkách ČR HLÁSNÝ (2012), viz obr. 57. Vychází z klimatických údajů, které hovoří o nárůstu teploty vzduchu od konce 19. století o 0,8 °C s intenzitou oteplování o 0,2 °C za dekádu v posledních 25 letech a dále o předpokládané změně v rozložení srážek směrem k sušším létům, častějším a delším periodám sucha a vln horka. Pro oblast střední Evropy je modelován nárůst teploty do roku 2100 v rozmezí 1,8–4,0 °C, resp. v širším odhadu 1,1–6,4 °C. V reakci na nové podmínky by mělo dojít k posunu vegetačních pásem a k dalším změnám ve frekvenci, intenzitě a trvání extrémních událostí (period sucha, vln horka, vichřic a požárů).



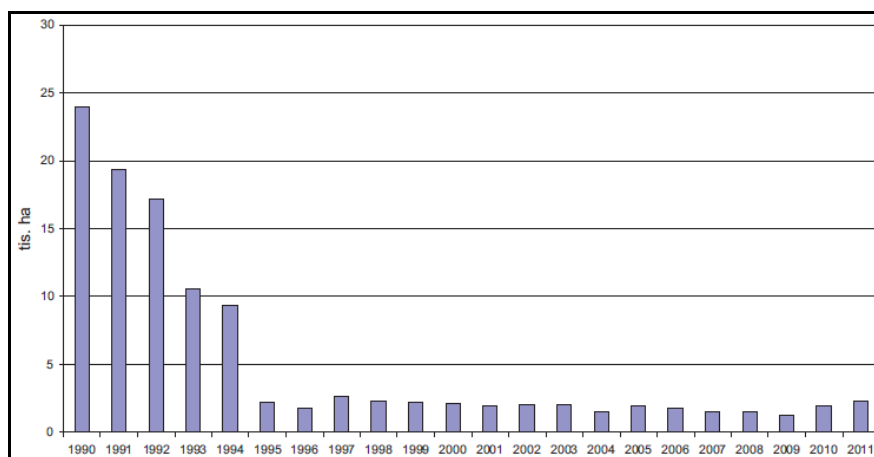
Obr. 57 – Očekávaná změna počtu generací lýkožrouta smrkového na území ČR v referenčním a ve scénářových obdobích (HLÁSNY 2012)

HLÁSNY (2012) uvádí, že změny ekologických podmínek by se u patogenů a škůdců lesních dřevin měly projevit v jejich rozšíření, populační dynamice, virulenci, změnách hostitelských dřevin a počtu generací. Záleží podle něj však také na míře stresu stromů a případných změnách ve způsobech hospodaření. V případě lýkožrouta smrkového předpokládá zvyšování počtu jeho generací na celém území ČR, kdy by měly postupně zaniknout oblasti s 1 generací tohoto škůdce a naopak by se měla zvyšovat rozloha území nejprve s výskytem 2, později i 3, případně až 4 generací v průběhu jednoho roku (obr. 57). Autor však upozorňuje, že uvedený scénář nelze přejímat automaticky. Existuje řada nejistot v budoucí míře oslabení porostů, rozsahu kalamit, reakci patogenů, parazitoidů, predátorů ap., které mohou zapříčinit významné změny ve vymezení rizikových oblastí. Z navrhovaných doporučení na změny lesnického hospodaření lze zmínit např. zvýšení druhové skladby ve prospěch dřevin (proveniencí) tolerujících sucha a snížení plánovaného obmýtí.

Z výsledků projektu ČHMÚ i výzkumu HLÁSNEHO (2012) je v kontextu informací uvedených v kapitole 3.8, kde byly v souvislostech vysvětleny vztahy teploty a půdy, resp. vzájemné vazby teploty a hmyzu, zřejmé, že uvedené scénáře mají z hlediska vývoje škodlivého chování klikoroha borového v domácím lesním hospodářství zásadní význam. Jde zejména o urychlení jeho vývojového cyklu s nárůstem teploty atmosféry,

zkrácení generační doby a zvýšení podílu 1leté generace na větší rozloze ČR, jakož i vytvoření vhodnějších podmínek pro tohoto škůdce při pravděpodobném nárůstu porostní plochy borovice lesní. Ve vztahu k informacím uvedeným v rešerši literatury je pak mimořádně důležité i předpokládané zvýšení podílu kalamitních ploch zapříčiněné suchem a požáry, které jsou významným faktorem pro šíření klikoroha a zvyšování podílu jím působených hospodářských škod.

V ČR působil klikoroh borový významné škody zejména na konci 80. let 20. století, kdy byly evidovány na přibližně 30 tis. ha lesa (MODLINGER et KNÍŽEK 2009). Jak je patrné z obrázku 58, došlo začátkem 90. let k jejich postupnému výraznému poklesu, na čemž se zřejmě podílely i změny v lesnickém hospodaření, ke kterým došlo v souvislosti s politickými změnami po roce 1989. V roce 1995 byl vydán nový lesní zákon č. 289/1995 Sb. (účinnost od 1. 1. 1996), který modifikoval dosavadní způsoby obhospodařování lesů. Od poloviny 90. let se pak škody udržují na víceméně stejné relativně nízké úrovni kolem 2 až 3 tis. ha.



Obr. 58 – Evidovaný výskyt škod působených klikorohem borovým v letech 1990–2011 (MODLINGER 2012)

Na tomto místě se lze ještě zmínit o určitém obecnějším problému, který je třeba řešit v souvislosti s přebíráním poznatků jiných autorů. Bionomické údaje uváděné ve vztahu k jednotlivým hmyzím druhům, např. počet vajíček, délka vývoje, počet instarů aj., je obtížné přebírat na velké geografické vzdálenosti a vzdálená časová údobí. Charakter podmínek prostředí na příliš dlouhém délkovém gradientu někdy až kontinentálních rozměrů či v časovém odstupu publikovaných prací v desítkách, v extrémních případech až stovkách let, podléhá časoprostorovým změnám. S uvedenou

skutečností je proto nutno uvažovat při studiu vědeckých poznatků uváděných v zahraničních a historických publikacích. Stejně jako nelze platnost těchto poznatků za současných ekologických podmínek nekriticky přejímat pro území ČR, nelze na druhé straně jejich pravdivost a priori odmítat pouze z toho důvodu, že jsou v rozporu s vlastními pozorováními, získanými však v jiném místě či jiném čase, příp. v synergismu obou možných příčin odlišností. V případě druhů, které mohou působit významné hospodářské škody, je proto důležité disponovat znalostmi získanými výzkumem v domácích podmínkách. Tyto znalosti je navíc třeba periodicky revidovat a případné zaznamenané změny zásadnějšího charakteru efektivně přenášet do povědomí odborné, příp. podle povahy zjištění, i laické veřejnosti.

Uvažovat lze však i odlišným způsobem. Již KOMÁREK (1924) uvádí, že zvyky klikoroha borového se liší podle krajů, povahy porostů a zeměpisné šířky. Tomuto tvrzení odpovídají i výsledky výzkumu BEJER-PETERSENA et al. (1962) z rozsáhlého území čtyř severských evropských států (obr. 30), jakož i výsledky dalších autorů. Obrovský transkontinentální eurasijský areál druhu v kontextu nejednotných, často velmi variabilních (i protichůdných) udávaných údajů z oblasti bionomie klikoroha v různých publikacích vyvolávají otázku, zda se v tomto případě nejedná spíše o komplex dvou či více různých biologických (kryptických) druhů, což by mohly objasnit za tímto účelem provedené molekulárně-genetické analýzy. Není vyloučeno, že již byly některé kroky v tomto směru podniknuty, rešerše zaměřená na tuto oblast v diplomové práci provedena nebyla. Přínosem k řešení této problematiky by bylo i podrobnější zmapování areálu výskytu druhu, které dosud chybí, přestože se jedná o významného škůdce v lesním hospodářství a odborné lesnické instituce v jednotlivých zemích z oblasti jeho rozšíření by jistě byly schopny data např. do kvadrátových map vhodně zvoleného měřítka alespoň v hrubých obrysech doplnit.

Závěrem je třeba říci, že v dohledné době nelze přímé využití získaných údajů o šířce hlavových schránek larválních instarů či fyziologickém čase vývoje klikoroha borového v praktické ochraně lesa předpokládat, a to např. z důvodu časové nejednotnosti vývoje tohoto škůdce. Uvedené poznatky však mohou v budoucnu přispět jiným autorům při pokračování v řešení stejné problematiky, případně při výzkumu klikoroha z jiných hledisek.

## 7 Závěr

Cílem diplomové práce bylo zpřesnění znalostí o šířce hlavové kapsule larválních instarů klikoroha borového na základě studia vzorků pocházejících z různých lokalit v ČR a dále posouzení závislosti larválního vývoje tohoto druhu na teplotě.

V průběhu řešení bylo uskutečněno měření hlavových schránek larev klikoroha borového u materiálu, který v rámci svého výzkumu shromáždila v roce 2007 MODLINGEROVÁ (2008). Celkově se jednalo o soubor 645 vzorků, které reprezentují především V. larvální instar.

V souladu se zadáním byla dále provedena revize determinace souboru larev z odchytů realizovaných v roce 2009 (ČECH 2010). Mezi larvami klikoroha borového bylo identifikováno celkem 12 jedinců smoláků r. *Hylastes*. Soubor larev, které bylo možno využít pro upřesnění šířek hlavových schránek larválních instarů klikoroha, obsahoval 591 položek se zastoupením všech pěti instarů.

U vzorků larev z odběrů ZELENÉ (2011) bylo kvůli podezření ze systematického podhodnocování šířky kapsule uskutečněno jejich přeměření. Na základě porovnání obou sad měření bylo potvrzeno, že se nově změřené hodnoty od původních výsledků statisticky významně v kladném směru odlišují. Data z tohoto souboru, která vstupovala do další fáze výpočtů, obsahovala celkem 813 položek.

Spojením všech tří uvedených dílčích datových sad vznikl soubor reprezentující celkem 2 049 larev klikoroha, pro který byl zkonstruován společný histogram. Odečtením hraničních hodnot a výpočtem mediánů pro jednotlivé instary byly získány jejich následující zpřesněné charakteristiky: I (0,5) 0,6 (0,7), II (0,7) 0,9 (1,0), III (1,0) 1,3 (1,5), IV (1,5) 1,8 (2,1) a V (2,1) 2,8 (3,8). Tyto výsledky korespondují s hodnotami udávanými dalšími autory.

Záznam teploty z dataloggerů z místa uložení lapacích polen byl dán do souvislosti s vývojem larev. Zjištěné sumy efektivních teplot byly porovnány s literárními údaji. Výskyt larev V. instaru byl zjištěn již po dosažení 288 d. s., avšak výskyt praepup nebyl zaznamenán ani po dosažení 729,2 d. s. Uvádění fyziologického času v denních stupních u larválních instarů je dosud v literatuře ojedinělé.

Závěrem lze konstatovat, že získané poznatky jsou pouze dílčího charakteru a mají význam především jako součást dlouhodoběji pojatého výzkumu problematiky klikoroha, kterému se věnuje pracoviště VÚLHM, v. v. i., ve Strnadlech. V souvislosti se snahou lépe definovat larvální instary klikoroha a jejich vývoj ve vazbě na teplotu by



bylo žádoucí pokračovat ve výzkumu např. formou chovu larev v inkubátorech, příp. založením nových polních pokusů, např. v gradientu nadmořských výšek.

Jak bylo nastíněno v předchozím textu, lze do budoucna v souvislosti s předpokládanými změnami klimatických podmínek na území ČR reálně očekávat nárůst škod působených klikorohem borovým. Nové informace o vlivu teploty, rychlosti růstu, délce trvání vývoje, larválních instarech ap. tak budou nabývat na významu.

## Seznam literatury a použitých zdrojů

- BEGON, M.; HARPER, J. L.; TOWNSEND, C. R. *Ekologie: jedinci, populace a společenstva*. 1. vyd. Olomouc : Vydavatelství Univerzity Palackého v Olomuci, 1997. 949 s. ISBN 80-7067-695-7.
- BEJER-PETERSEN, B.; JUUTINEN, P.; KANGAS, E.; BAKKE, A.; BUTOVITSCH, V.; EIDMANN, H.; HEQVIST, K. J.; LEKANDER, B. Studies on *Hylobius abietis* L. : I. Development and life cycle in the Nordic countries. *Acta entomologica Fennica*. 1962, vol. 17, s. 1-106. ISSN 0001-561X.
- ČECH, M. *Průběh larválního vývoje klikoroha borového (Hylobius abietis L.)*. Diplomová práce. Praha : FLD ČZU, 2010. 96 s.
- Česko. Ministerstvo zemědělství. Vyhláška č. 101 ze dne 28. března 1996, kterou se stanoví podrobnosti o opatřeních k ochraně lesa a vzor služebního odznaku a vzor průkazu lesní strážce. In *Sbírka zákonů České republiky*. 1996, částka 33, s. 1124–1127. Dostupné také z WWW: <[http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/SearchResult.aspx?q=101/1996&typeLaw=zakon&what=Cislo\\_zakona\\_s\\_mlouvy](http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/SearchResult.aspx?q=101/1996&typeLaw=zakon&what=Cislo_zakona_s_mlouvy)>. ISSN 1211-1244.
- Česko. Ministerstvo zemědělství. Vyhláška č. 236 ze dne 18. července 2000, kterou se mění vyhláška Ministerstva zemědělství č. 101/1996 Sb., kterou se stanoví podrobnosti o opatřeních k ochraně lesa a vzor služebního odznaku a vzor průkazu lesní strážce. In *Sbírka zákonů České republiky*. 2000, částka 72, s. 3424–3430. Dostupné také z WWW: <[http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/SearchResult.aspx?q=236/2000&typeLaw=zakon&what=Cislo\\_zakona\\_s\\_mlouvy](http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/SearchResult.aspx?q=236/2000&typeLaw=zakon&what=Cislo_zakona_s_mlouvy)>. ISSN 1211-1244.
- Česko. Vláda. Zákon č. 289 ze dne 3. listopadu 1995 o lesích a o změně a doplnění některých zákonů (lesní zákon). 1995, částka 76, s. 3946–3967. Dostupné také z WWW: <[http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/SearchResult.aspx?q=289/1995&typeLaw=zakon&what=Cislo\\_zakona\\_s\\_mlouvy](http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/SearchResult.aspx?q=289/1995&typeLaw=zakon&what=Cislo_zakona_s_mlouvy)>. ISSN 1211-1244.
- ČHMÚ. Český hydrometeorologický ústav [online]. Praha : ČHMÚ, [2007–2011] [cit. 2013-04-16]. Dostupné z WWW: <[http://portal.chmi.cz/portal/dt?action=content&provider=JSPTabContainer&menu=JSPTabContainer/P4\\_Historicka\\_data/P4\\_1\\_Pocasi/P4\\_1\\_10\\_Zmena\\_klimatu/P4\\_1\\_10\\_6\\_Projekt\\_VaV&nc=1&portal\\_lang=cs#PP\\_Projekt\\_VaV](http://portal.chmi.cz/portal/dt?action=content&provider=JSPTabContainer&menu=JSPTabContainer/P4_Historicka_data/P4_1_Pocasi/P4_1_10_Zmena_klimatu/P4_1_10_6_Projekt_VaV&nc=1&portal_lang=cs#PP_Projekt_VaV)>.

- ČSN 48 1001. *Ochrana lesa proti klikorohu borovému – Hylobius abietis (Linnaeus)*.  
Praha : Český normalizační institut, 2005. 6 s.
- Doporučená pravidla pro zpracování bakalářských a diplomových prací na FLD*. Praha  
: Česká zemědělská univerzita v Praze Fakulta lesnická a dřevařská, 2013. 15 s.  
[cit. 2013-20-04]. Dostupné z WWW: <  
<http://www.fld.czu.cz/cs/?r=4765&di=14678>>.
- DAY, K. R.; NORDLANDER, G.; KENIS, M.; HALLDORSON, G. General biology and life  
cycles of bark weevils. In LIUTIER, F.; KEITH, D. R.; BATTISTI, A.; GRÉGORIE,  
J. C.; EVANS, H. F. *Bark and wood boring insects in living trees in Europe, a  
synthesis*. 2. vyd. Dordrecht, Boston, London : Kluwer Academic Publishers,  
2004, s. 331–349. ISBN 978-1-4020-2240-1.
- EIDMANN, H. Regelmässigkeiten im Wachstum und die Bestimmung der Larvenstadien  
von Insekten. *Entomologisk Tidskrift*. 1962, vol. 83, no. 3-4, s. 153-171. ISSN  
0013-886X.
- EIDMANN, H. H. *Hylobius* Schönh. In SCHWENKE, W. (ed.). *Die Forstschädlinge  
Europas : Ein Handbuch in fünf Bänden : Zweiter Band : Käfer*. 1. vyd. Hamburg,  
Berlin : Paul Parey, 1974, s. 275–293. ISBN 3-490-11016-1.
- FACCOLI, M.; HENRY, C. J. Host location by chemical stimuli in *Bracon hylobii*  
(Ratzeburg) (Hymenoptera: Braconidae), a larval parasitoid by *Hylobius abietis*  
(L.) (Coleoptera: Curculionidae). *Annales de la Societe entomologique de France*  
(n. s.). 2003, vol. 39, no. 3, s. 247-256. ISSN 0037-9271.
- Fauna Europaea : Fauna Europaea version 2.5* [online]. [2012] [cit. 2013-04-15].  
Dostupné z WWW: <<http://www.faunaeur.org/distribution.php>>.
- GULIČKA, J. Ekologické faktory půdy. In LOSOS, B.; GULIČKA, J.; LELLÁK, J.; PELIKÁN,  
J. *Ekologie živočichů*. 1. vyd. Praha : SPN, 1984, s. 109–132. ISBN 14-174-85.
- HAŠEK, J. Klikoroh. In *Naučný slovník lesnický : II. díl. J–Q*. 1. vyd. Praha : ČAZV v  
SZN, 1959, s. 1959.
- HAVLÍČEK, V. Energetická bilance a teplota. In HAVLÍČEK, V.; BUREŠ, R.; COUFAL, V.;  
KLABZUBA, J.; KURFÜRST, J.; PROŠEK, P.; ŠPÁNIK, F. *Agrometeorologie*. 1. vyd.  
Praha : SZN, 1986, s. 54–69. ISBN 07-081-86.
- HAVRÁNEK, T. *Statistika pro biologické a lékařské vědy*. 1. vyd. Praha : Academia,  
1993. 480 s. ISBN 80-200-0080-1.

- HEBÁK, P.; HUSTOPECKÝ, J.; JAROŠOVÁ, E.; PECÁKOVÁ, I. *Vícerozměrné statistické metody [1]*. 2. přeprac. vyd. Praha : Informatorium, 2007. 253 s. ISBN 978-80-7333-056-9.
- HINTZE, J. L. *NCSS 8*. Kaysville : NCSS 2012. 2823 s.
- HLÁSNY, T. Jak může ovlivnit změna klimatu smrkové porosty v ČR? *Lesnická práce*. 2012, vol. 91, no. 1, s. 29–31. ISSN 0322-9254.
- HŮRKA, K.; ČEPICKÁ, A. *Rozmnožování a vývoj hmyzu*. 1. vyd. Praha : SPN, 1978. 224 s. ISBN 14-085-81.
- CHARITONOVA, N. Z. *Bolšoj sosnovyj dolgonosik i borba s nim*. 1. vyd. Moskva : Lesnaja promyšlennost, 1965. 88 s. ISBN 634-0-41-595-768-24.
- CHRISTIANSEN, E. Laboratory study on factors influencing pre-imaginal development in *Hylobius abietis* L. (Col., Curculionidae). *Norsk entomologisk tidsskrif*. 1971, vol. 18, s. 1-8. ISSN 0029-1897.
- INWARD, D. J. G.; WAINHOUSE, D.; PEACE, A. The effect of temperature on the development and life cycle regulation of the pine weevil *Hylobius abietis* and the potential impacts of climate change. *Agricultural and Forest Entomology*. 2012, vol. 14, s. 348-357. ISSN 1461-9563.
- JAKRLOVÁ, J., PELIKÁN, J. *Ekologický slovník terminologický a výkladový*. 1. vyd. Praha : Fortuna, 1999. 144 s. ISBN 80-7168-644-1.
- KANGAS, E. Systematische Untersuchungen über die Larven der *Hylobius piceus* DeG., *abietis* L. und *pinastri* Gyll. (Col., Curculionidae). *Annales Entomologici Fennici*. 1959, vol. 25, no. 2, s. 110-118. ISSN 0003-4428.
- KLIKA, J. *Nauka o rostlinných společenstvech (fytocenologie)*. 1. vyd. Praha : Nakladatelství Československé akademie věd, 1955. 364 s. ISBN 105010-54-5427.
- KOMÁREK, J. Několik dat z biologie klikoroha (*Hylobius abietis*) na Slovensku. *Lesnická práce*. 1924, vol. 3, no. 7, s. 370–373. ISSN 0322-9254.
- KŘÍSTEK, J. Ochrana lesů před škodlivým hmyzem. In KŘÍSTEK, J.; JANČAŘÍK, V.; MENTBERGER, J.; VICENA, I.; VOLNÝ, S. *Ochrana lesů a přírodního prostředí*. 1. vyd. Písek : Matice lesnická, 2002, s. 84–180. ISBN 80-86271-08-0.
- KŘÍSTEK, J.; URBAN, J. *Lesnická entomologie*. 1. vyd. Praha : Academia, 2004. 445 s. ISBN 80-200-1052-1.
- KUPKA, K. *QCExpert, ADSTAT – Uživatelský manuál, verze 3.2*. 1. vyd. Staré Hradiště : Trilobyte, 2010. 310 s.

- KUTÍLEK, M. *Vodohospodářská pedologie*. 2. přeprac. vyd. Praha : SNTL/ALFA, 1978. 296 s. ISBN 04-721-78.
- LEKANDER, B. Larval characters of Scandinavian *Hylobius* species (Coleoptera: Curculionidae). *Ent. Scand.* 1977, vol. 9, s. 129-134. ISSN 0013-8711.
- LIŠKA, J., MODLINGER, R. Zajímavé případy výskytu lesního hmyzu v roce 2011. *Lesnická práce*. 2012, vol. 91, no. 1, s. 38–39. ISSN 0322-9254.
- LOSOS, B. Ekologické faktory ovzduší. In LOSOS, B.; GULIČKA, J.; LELLÁK, J.; PELIKÁN, J. *Ekologie živočichů*. 1. vyd. Praha : SPN, 1984, s. 38–76. ISBN 14-174-85.
- MAY, B. M. *Fauna of New Zealand : 28. Larvae of Curculionoidea (Insecta: Coleoptera): a systematic overview*. 1. vyd. Lincoln, Canterbury : Manaaki Whenua Press, 1993. 226 s. ISBN 0-478-04505-0.
- MELOUN, M.; MILITKÝ, J. *Statistická analýza experimentálních dat*. 2. uprav. a rozšíř. vyd. Praha : Academia, 2004. 953 s. ISBN 80-200-1254-0.
- MODLINGER, R. Breeding billets – study method of larval development of pine weevil – *Hylobius abietis* (L.). In DELB, H.; PONTUALI, S. (eds.). Biotic risks and climate change in forests : proceedings of the working party 7.03.10 Methodology of Forest Insect and Disease Survey in Central Europe, 10<sup>th</sup> Workshop September 20<sup>th</sup>–23<sup>rd</sup>, 2010, Freiburg, Germany. *Berichte Freiburger Forstliche Forschung*. 2011, vol. 89, s. 189–191. ISSN 1436-1566.
- MODLINGER, R. Hmyzí škůdci ve výsadbách. In KNÍŽEK, M.; MODLINGER, R. (eds.). Výskyt lesních škodlivých činitelů v roce 2011 a jejich očekávaný stav v roce 2012. *Zpravodaj ochrany lesa*. Supplementum 2012, s. 37–38. ISSN 1211-9342.
- MODLINGER, R.; KNÍŽEK, M. Klikoroh borový *Hylobius abietis* (L.). *Lesnická práce*. 2009, vol. 88, no. 10, s. I-IV. ISSN 0322-9254.
- MODLINGEROVÁ, J. *Vývoj klikoroha borového (Hylobius abietis L.) v závislosti na mikroklimatických podmínkách*. Diplomová práce. Praha : FLD ČZU, 2008. 91 s., přílohy.
- MRÁČEK, Z.; ŠRŮTKA, P. Stav znalostí o možnostech obrany proti klikorohu borovému (*Hylobius abietis* L.) v zemích Evropy. *Zprávy lesnického výzkumu*. 1984, vol. 29, no. 2, s. 21–25. ISSN 0322-9688.
- NOVÁK, V. Klikoroh borový. *Lesnické aktuality*. 1. vyd. 1965, vol. 18, 90 s. ISBN 07-014-65.
- PETRÍK, M.; HAVLÍČEK, V.; UHRECKÝ, I. *Lesnícka bioklimatológia*. 1. vyd. Bratislava : Príroda, 1986. 352 s. ISBN 64-044-86.

- PFEFFER, A. *Hylobius*. In Konšel, J. (red.). *Naučný slovník lesnický : výběr lesnických důležitých hesel zpracovaných odborníky. Díl I. A–L*. 1. vyd. Písek : Česká matice lesnická, 1934, s. 579.
- PFEFFER, A.; ČEPELÁK, J.; GREGOR, F.; KOMÁREK, J.; KRAMÁŘ, J.; KUDELA, M.; NOVÁKOVÁ, E.; OBR, S.; WEISER, J. *Lesnická zoologie : II*. 1. vyd. Praha : SZN, 1954. 622 s. ISBN 104077-54-SV3-525.
- SLAVÍKOVÁ, J. *Ekologie rostlin*. 1. vyd. Praha : SPN, 1986. 368 s. ISBN 14-446-86.
- SPEIGHT, M. R.; HUNTER, M. D.; WATT, A. D. *Ecology of insects. Concepts and Applications*. 2. vydání. Singapore : Wiley-Blackwell, 2009. 628 s. ISBN 978-1-4051-3114-8.
- ŠRŮTKA, P. *Ochrana lesů*. 1999. 88 s. [MS].
- ŠVESTKA, M.; ZAHRADNÍK, P.; DVOŘÁKOVÁ, M.; TUMA, M.; PEŠKOVÁ, V.; GERÁKOVÁ, M.; HRABÁNEK, A.; KUBELÍKOVÁ, M. *Seznam registrovaných přípravků na ochranu lesa 2011*. 1. vyd. Kostelec nad Černými lesy : Lesnická práce, 2011. 88 s. ISBN 978-80-7458-000-0.
- ÚRADNÍČEK, L.; MADĚRA, P.; TICHÁ, S.; KOBLÍŽEK, J. *Dřeviny České republiky*. 2. přeprac. vyd. Kostelec nad Černými lesy : Lesnická práce, 2009. 368 s. ISBN 978-80-87154-62-5.
- WAINHOUSE, D.; BROUGH, S.; GREENACRE, B. Managing the pine weevil on lowland pine. *Forestry Commission Practice Note*. 2007, vol. 14, s. 1-12. ISSN 1460-3810.
- ZELENÁ, A. *Identifikace instarů larev klikoroha borového (Hylobius abietis L.)*. Diplomová práce. Praha : FLD ČZU, 2011. 71 s.
- ZICHA, O. (ed.). *BioLib : Biological Library* [online]. [1999–2013] [cit. 2013-03-22]. Dostupné z WWW: <<http://www.biolib.cz>>.
- ZLATNÍK, A.; PELIKÁN, J.; STOLINA, M. *Základy ekologie*. 1. vyd. Praha : SZN, 1973. 280 s. ISBN 07-079-73.