

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra ochrany lesa a entomologie



**Porovnání velikosti morfometrických parametrů dospělců
klikoroha borového (*Hylobius abietis* /L./) podle živných rostlin**

Diplomová práce

Autor: Bc. David Boháč

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

2017

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. David Boháč

Lesní inženýrství

Název práce

Porovnání velikosti morfometrických parametrů dospělců klikoroha borového (*Hylobius abietis* L.) podle živných rostlin.

Název anglicky

Comparison of body size to a host plant species in the large pine weevil (*Hylobius abietis* L.).

Cíle práce

Zjistit odlišnosti ve velikosti vybraných morfometrických parametrů dospělců klikoroha borového (*Hylobius abietis* /L./) podle druhu živné rostliny, na které se uskutečnil jeho larvální vývoj a zároveň porovnat odlišnost těchto parametrů podle pohlaví.

Metodika

Změřeni budou dospělci klikoroha borového, kteří se vyvinuli na lapacích polenech z borovice lesní, smrku ztepilého, modřínu opadavého a douglasky tisolisté. Lapací polena zhotovená z těchto druhů dřevin byla umístěna v sezóně 2014 na LS Jindřichův Hradec (materiál je deponován ve VULHM, v.v.i.). Pomocí binokulární lupy bude zjištěna délka vybraných částí těla dospělců klikoroha borového. Soubor morfometrických parametrů měřitelný na těle nosatců (viz Williams & Langor 2002) bude redukován podle výsledků Boháče (2015). Pomocí vnějších morfologických znaků a preparace genitálií bude rovněž určeno pohlaví jedince. Vliv různého druhu hostitelské dřeviny a pohlaví na velikost klikoroha borového bude porovnán vhodnými statistickými metodami.

Doporučený rozsah práce

40 s. včetně příloh

Klíčová slova

klikoroh borový, morfometrie, velikost těla, živná rostlina, pohlavní dimorfismus

Doporučené zdroje informací

- BOHÁČ, D. Srovnání velikosti dospělců klikoroha borového (*Hylobius abietis* /L./) podle pohlaví. Bakalářská práce. Praha : FLD ČZU, 2015. 86 s.
- MODLINGER, R., KNÍŽEK, M. Klikoroh borový *Hylobius abietis* (L.). Lesnická práce. 2009, vol. 88, no. 10, s. I—IV.
- NOVÁK, V. Klikoroh borový. 1. vyd. SZN : Praha, 1965, 90 s.
- ÖHRN, P., KLINGENBERG, M., HOPKINS, G., BJÖRKLUND, N. Two non-destructive techniques for determining the sex of live adult *Hylobius warreni*. *The Canadian Entomologist*. 2008, vol. 140, no. 5, s. 617—620.
- THORPE, K., DAY, K.R. Reproductive maturation in the large pine weevil *Hylobius abietis*: the relative importance of larval and adult diet. *Agricultural and Forest Entomology*. 2008, vol. 10, s. 53—59.
- THORPE, K., DAY, K.R. The impact of host plant species on the larval development of the large pine weevil *Hylobius abietis* L. *Agricultural and Forest Entomology*. 2002, vol. 4, s. 187—194.
- WILLIAMS, D.J.M., LANGOR, D.W. Morphometric study of the *Pissodes strobi* complex (Coleoptera: Curculionidae). *The Canadian Entomologist*. 2002, vol. 134, s. 447—466.
-

Předběžný termín obhajoby

2016/17 LS – FLD

Vedoucí práce

prof. Ing. Jaroslav Holuša, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra ochrany lesa a entomologie

Konzultant

Ing. Roman Modlinger, Ph.D.

Elektronicky schváleno dne 5. 5. 2016

prof. Ing. Jaroslav Holuša, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 29. 1. 2017

prof. Ing. Marek Turčáni, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 21. 03. 2017

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma Porovnání velikosti morfometrických parametrů dospělců klikoroha borového (*Hylobius abietis* /L./) podle živných rostlin vypracoval samostatně pod vedením prof. Ing Jaroslava Holuši, Ph.D. a použil jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů.

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

V Praze dne 20. 4. 2017

Poděkování

Chtěl bych poděkovat vedoucímu práce prof. Ing Jaroslavu Holušovi, Ph.D. za vedení práce. Dále velký dík patří Ing. Romanu Modlingerovi, Ph.D. za veškeré konzultace, pomoc při statistickém zpracování naměřených dat a vstřícnou podporu při kompletaci této práce.

Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá pohlavním dimorfismem reprezentovaným vybranými morfometrickými parametry dospělců klikoroha borového (*Hylobius abietis* /L./) a zároveň vlivem různé živné rostliny na velikost těla dospělců, kteří na ní prodělali larvální vývoj. Materiál byl shromážděn pomocí lapacích polen vyrobených ze čtyř druhů u nás běžných jehličnatých dřevin a změřen pomocí binokulární lupy a dále statisticky zpracován. Výsledkem je několik parametrů, které se mezi pohlavími významně liší. Zároveň také práce potvrzuje souvislost mezi velikostí těla dospělců a živnou rostlinou, na kterých se vyvíjely jako larvy.

Klíčová slova: klikoroh borový, morfometrie, velikost těla, živná rostlina pohlavní dimorfismus

Abstract

This thesis deals with sexual dimorphism represented by selected morphometric parameters of adult large pine weevil (*Hylobius abietis* /L./) and present an influence of host plant on the body size of individuals who have developed on them. The material was accumulated using the trap logs made of our four common conifers and measured using binocular loupe and statistically processed. The result is a number of morphometric parameters, which are significantly different between the sexes. It also confirms the correlation between the adult body size and the host plant where their developed as larvae.

Key words: large pine weevil, morphometry, body size, host plant, sexual dimorphism

Seznam obrázků a tabulek

Obrázek 1: Dospělec klikoroha borového (Claes Hellqvist, Swedish University of Agricultural Sciences, Bugwood.org).....	13
Obrázek 2: Habitat klikoroha borového (Roman Modlinger, VÚLHM Strnady)	14
Obrázek 3: Larva klikoroha borového (Gyorgy Csoka, Hungary Forest Research Institute, Bugwood.org)	15
Obrázek 4: Škoda způsobená klikorohem borovým (François-Xavier Saintonge, Forest Health Department, Bugwood.org).....	24
Obrázek 5: Lapací kůra (Ing. Roman Modlinger Ph.D., VÚLHM Strnady)	26
Obrázek 6: Vnější pohlavní orgány klikoroha borového. Vpravo samice, vlevo samec. (James W. Munro, Natural History Department, University of Aberdeen, Notes on the Reproductive Organs of the Pine Weevil (<i>Hylobius abietis</i>))	34
Obrázek 7: Vnitřní pohlavní orgány samice. Vlevo plně vyvinuté (třetí stadium), vpravo nevyvinuté (první stadium) (James W. Munro, Natural History Department, University of Aberdeen, Notes on the Reproductive Organs of the Pine Weevil (<i>Hylobius abietis</i>))	35
Obrázek 8: Sedmé a osmé tergum samice klikoroha borového se smysovými štětinami (James W. Munro, Natural History Department, University of Aberdeen, Notes on the Reproductive Organs of the Pine Weevil (<i>Hylobius abietis</i>))	36
Obrázek 9: Vnitřní samčí reprodukční orgány klikoroha borového (James W. Munro, Natural History Department, University of Aberdeen, Notes on the Reproductive Organs of the Pine Weevil (<i>Hylobius abietis</i>))	37
Obrázek 10: Vlevo sedmé a osmé samčí tergum, vpravo osmý sternit samce a samice (James W. Munro, Natural History Department, University of Aberdeen, Notes on the Reproductive Organs of the Pine Weevil (<i>Hylobius abietis</i>))	38
Obrázek 11: Venter (a) a sternit (b) samce klikoroha borového (Thompson R. T., Department of Entomology, The Natural History Museum, London, Observation on the morphology and classification of weevils (Coleoptera, Curculionidae) with a key to major groups).....	38
Obrázek 12 Lapací polena na lokalitě Vojřív (vlevo) a na lokalitě Bolehošť (vpravo).	40
Obrázek 13: Vypreparovaná část pohlavních orgánů samce	43
Obrázek 14: Vypreparovaná část pohlavních orgánů samice	43
Obrázek 15: Měřené parametry, dorsální pohled.....	45
Obrázek 16: Měřené parametry, na rostru klikoroha borového, dorsální pohled	45
Obrázek 17: Měřené parametry na rostru klikoroha borového, laterální pohled.....	46
Obrázek 18: Krabicový graf šířky nosce klikoroha borového podle pohlaví	48
Obrázek 19: Krabicový graf délky nosce mezi vkloubením tykadel a kusadly u klikoroha borového podle pohlaví	49
Obrázek 20: Krabicový graf délky nosce u klikoroha borového podle pohlaví	51
Obrázek 21: Krabicový graf délky krovek u klikoroha borového podle pohlaví	52
Obrázek 22: Krabicový graf délky středohrudi u klikoroha borového podle pohlaví	53
Obrázek 23: Krabicový graf šířky na bázi krovek u klikoroha borového	54

Obrázek 24: Krabicový graf poměru délky a šířky nosce u klikoroha borového podle pohlaví	55
Obrázek 25: Krabicový graf proporce zakončení nosce u klikoroha borového podle pohlaví	57
Obrázek 26: Krabicový graf poměru délky nosce u klikoroha borového podle pohlaví	58

Tabulka 1: Přehled počtu brouků	40
Tabulka 2: Přehled lokalit se zakopanými lapacími poleny, použité dřeviny, založení pokusné jámy	40
Tabulka 3: Přehled měřených parametrů	44
Tabulka 4: Posouzení normality a homogenity rozptylu pro parametr NP a test o shodě středních hodnot.....	48
Tabulka 5: Posouzení normality a homogenity rozptylu pro parametr MA a test o shodě středních hodnot.....	50
Tabulka 6: Posouzení normality a homogenity rozptylu pro parametr SL a test o shodě středních hodnot.....	51
Tabulka 7: Posouzení normality a homogenity rozptylu pro parametr EL a test o shodě středních hodnot.....	52
Tabulka 8: Posouzení normality a homogenity rozptylu pro parametr PL a test o shodě středních hodnot.....	53
Tabulka 9: Posouzení normality a homogenity rozptylu pro parametr EB a test o shodě středních hodnot.....	55
Tabulka 10: Posouzení normality a homogenity rozptylu pro parametr SN a test o shodě středních hodnot.....	56
Tabulka 11: Posouzení normality a homogenity rozptylu pro parametr SA a test o shodě středních hodnot.....	57
Tabulka 12: Posouzení normality a homogenity rozptylu pro parametr SS a test o shodě středních hodnot.....	59
Tabulka 13: Lineární model velikosti těla klikoroha borového se všemi interakcemi ...	60
Tabulka 14: Výsledný lineární model velikosti těla klikoroha borového v závislosti na dřevině, na kterém proběhl larvální vývoj	60
Tabulka 15: Porovnání kontrastů výsledný lineárního modelu	60
Tabulka 16: Průměrná délka těla klikoroha pro jednotlivé dřeviny, 95 % interval spolehlivosti průměru a počet měřených jedinců.	61

1	Úvod	11
2	Cíle práce	12
3	Literární rešerše	13
3.1	Výskyt a lesnický význam	13
3.2	Stavba těla a vývojová stadia	14
3.3	Příbuzné druhy	16
3.4	Kladení, vývoj a život.....	17
3.5	Potravní preference a žír.....	20
3.6	Přirození nepřátelé.....	22
3.7	Kontrola a obrana	24
3.8	Pohlavní dimorfismus.....	30
3.9	Pohlavní orgány.....	33
3.9.1	<i>Samičí pohlavní orgány</i>	34
3.9.2	<i>Samčí pohlavní orgány</i>	36
4	Metodika	39
4.1	Materiál.....	39
4.2	Výběr parametrů	41
4.3	Laboratorní měření klikorohů	42
4.3.1	<i>Měřené parametry</i>	44
4.4	Použité statistické metody	46
5	Výsledky	47
5.1	Výsledky porovnání měřených parametrů mezi pohlavími	47
5.1.1	<i>NP</i>	47
5.1.2	<i>MA</i>	49
5.1.3	<i>SL</i>	50
5.1.4	<i>EL</i>	51
5.1.5	<i>PL</i>	52
5.1.6	<i>EB</i>	54
5.1.7	<i>SN</i>	55
5.1.8	<i>SA</i>	56
5.1.9	<i>SS</i>	58
5.2	Porovnání velikosti parametru BL podle živné dřeviny.....	59

6	Diskuze.....	62
7	Závěr.....	66
8	Použitá literatura:	67
9	Přílohy	75

1 Úvod

Klikoroh borový *Hylobius abietis* (Linnaeus, 1778) je známým a obávaným škůdcem mladých jehličnatých kultur a působí škody ve všech oblastech svého výskytu (NOVÁK 1965). Nejvíce škod bylo u nás zaznamenáno v osmdesátých letech, kdy bylo zaznamenáno poškození na zhruba 40 tis. hektarech. V posledních cca dvaceti letech se škody poměrně razantně snížily na hodnoty kolem 1,5 – 3 tis. ha (MODLINGER & KNÍŽEK 2009). Pokles rozsahu škod je způsoben více faktory, jedním z nich je zcela jistě zákonné snížení velikosti holé seče na 1 hektar. Klikoroh borový totiž působí největší škody na rozsáhlých pasekách, kde má k dispozici dostatek čerstvých pařezů, zlepšené teplotní podmínky a často i ideální zdroj potravy ve formě mladé jehličnaté výsadby.

Poslední dobou jsme svědky klimatických změn, které se projevují kromě nižších srážek, během vegetačního období i mimo něj, také vyšší četností jevů, jako jsou silné větry. Větrné disturbance způsobují vznik rozsáhlých holin, které tak vytváří vhodné podmínky pro klikorooha borového.

Nejlepším způsobem, jak čelit tlaku jakéhokoliv lesního škůdce je vylepšení stávajících obranných metod, popřípadě vývoj nových účinnějších obranných prostředků. Tyto nové způsoby nebo metody musí však být založeny na hlubokých znalostech způsobu života škůdce, a hlavně na znalosti jeho vývojového cyklu. Cesta k dosažení takovéto komplexní vědomosti vede přes porozumění řadě dílčích problémů, do které spadá také odlišnost pohlaví brouků a vliv hostitelských dřevin na jejich vývoj, což je oblast prozatím málo prozkoumaná.

2 Cíle práce

Tato práce se zabývá srovnáním velikostí dospělců klikoroha borového – *Hylobius abietis* (Linnaeus, 1778) podle pohlaví a prohlubováním znalosti jejich pohlavního dimorfismu na základě morfologických znaků. K tomu využívá zúženou sadu morfometrických parametrů. Zároveň porovnává velikost dospělců podle hostitelské dřeviny, na které probíhal jejich larvální vývoj.

3 Literární rešerše

3.1 Výskyt a lesnický význam

Klikoroh borový – *Hylobius abietis* (Linnaeus, 1758) (Obr. 1) je významným hmyzím škůdcem jehličnatých kultur a nejběžnějším zástupcem tohoto rodu v České republice. Vyskytuje se na rozsáhlém území, které zahrnuje celou Evropu a přes Sibiř se táhne až do Japonska (MODLINGER & KNÍŽEK 2009). Z pohledu vertikálního členění je doložen výskyt brouka od nížin až po vysoké nadmořské výšky (NOVÁK 1965). V systému patří do řádu brouků (*Coleoptera*), čeledi nosatcovitých (*Curculionidae*).



Obrázek 1: Dospělec klikoroha borového (Claes Hellqvist, Swedish University of Agricultural Sciences, Bugwood.org)

Podle MODLINGERA & KNÍŽKA (2009) výše škod způsobená klikorohem v průběhu posledních padesáti let značně kolísala a s tím se měnil i jeho lesnický význam. Nehledě na množství škod však platí, že klikoroh borový patří mezi

nejvýznamnější primární škůdce jehličnatých výsadeb (na Obr. 2 ilustrativní fotografie habitu). Při absenci ochranných opatření, na lokalitách ohrožených tímto škůdcem, může docházet k poškození od 30 % až do 100 % (LEATHER ET AL. 1999). Hlavní příčinou působených škod je holosečný způsob hospodaření, který škůdci vytváří ideální podmínky pro vývoj (NOVÁK 1965). Dále NOVÁK (1965) uvádí, že kromě přímých ekonomických důsledků činnosti imág klikoroha borového (zvýšení nákladů na zalesňování vylepšováním odumřelých sazenic), lze za škodlivé důsledky také považovat například ztráty na přírůstu. V 60. letech byla nutnost preventivního ošetření sazenic v Československu na ploše asi 12 000 ha. Tato plocha následně v 80. letech vzrostla na plochu kolem 40 000 ha (MRÁČEK & ŠRŮTKA 1984). V současnosti však díky vylepšeným ochranným opatřením k takto vysokým škodám nedochází. Už od poloviny devadesátých let se daří výskyt *H. abietis* držet na poměrně nízké úrovni, konkrétně na ploše od 1,5 do 3 tisíc ha. K přemnožení a následnému závažnému poškození výsadeb stále dochází hlavně díky upřednostňování holosečného způsobu, kdy dochází k vytváření ideálního prostředí jak pro vývoj brouka, tak i pro žír dospělců na sazenicích (MODLINGER & KNÍŽEK 2009).



Obrázek 2: Habitat klikoroha borového (Roman Modlinger, VÚLHM Strnady)

3.2 Stavba těla a vývojová stadia

Imágo *H. abietis* dorůstá do velikosti 6–15 mm, velikost je tedy poměrně proměnlivá. Tato proměnlivost je znatelnější spíše u samic než u samců. Tělo brouka je

oválné, klenuté tmavohnědé až černé barvy a velmi chitizované. Čerstvě vylíhlí mladí brouci jsou světlejší než starší dospělci. Hlava je lehce protažená a přechází v dlouhý nosec, který je prohnutý a směřuje dolů. Na konci nosce se nachází ústní ústrojí a těsně před ním jsou vkloubeny tykadla. Nosec se asi ve třetí čtvrtině lehce zužuje. Na krovkách jsou příčné proužky tvořené zlatohnědými shluky chlupů. Pohlaví od sebe nejsou příliš odlišná. Pohlavní dimorfismus je reprezentován tvarem prvního zadečkového článku, kdy samice mají tento článek vystouplý do tvaru šipky a samci částečně vtačený (MODLINGER & KNÍŽEK 2009). Poměr pohlaví se zdá být zhruba 50:50, ale poměr ve vzorcích z lapacích pastí se může lišit v závislosti na části roku (LANGSTRÖM 1982).

Jako všichni zástupci řádu brouků i klikoroh borový patří mezi hmyz s dokonalou proměnou a preimaginální vývoj probíhá stadii vajíčka, larvy a kukly (HŮRKA & ČEPICKÁ 1978). Během vývoje se velikost vajíčka mění, a to od zhruba 1 mm až po 1,7 mm. Stejně jako velikost se mění i barva, kdy je vajíčko ze začátku nažloutle bílé, později začne tmavnout, až nakonec zprůhlední. Larvy (Obr. 3) jsou beznohé, mají silně zpevněnou hlavu a jsou slabě zahnuté do oblouku. Larválních instarů je u klikorooha pět a velikost larvy se během vývoje mění od 2 do 23 mm. Na kukle jsou viditelné všechny vnější znaky budoucího imaga, na zadečku jsou dva trny a má bílou barvu (MODLINGER & KNÍŽEK 2009).



Obrázek 3: Larva klikorooha borového (Gyorgy Csoka, Hungary Forest Research Institute, Bugwood.org)

3.3 Příbuzné druhy

Hylobius abietis má u nás tři příbuzné druhy konkrétně jsou to *Hylobius pinastri* (Gyllenhal, 1813) – klikoroh menší, *Hylobius piceus* (Degeer, 1775) – klikoroh modřínový a *Hylobius transversovittatus* (Goeze, 1771) – klikoroh kyprejový.

Nejběžnějším příbuzným druhem, který je za klikorohem borovým druhým nejhojnějším je *H. pinastri*. V populaci *H. abietis* byl zjištěn výskyt asi 5 % klikoroha menšího. Charakter škod je u obou brouků v podstatě stejný (NOVÁK 1965). V současnosti se výskyt k. menšího bere jako vzácný (pers. comm. RNDr. Jiří Skuhrovec, Ph. D.). Morfologicky se tyto dva brouci liší podle toho, jakým způsobem mají tečkované krovky. K. borový má tečky uspořádány podélně a rovnoměrně po celé délce štítu, kdežto klikoroh menší má krovky hustě tečkované a tečky směrem ke konci krovek jsou méně výrazné až mizivé (ESCHERICH 1923). NOVÁK (1965) zpochybňuje starší tvrzení o rozdílu velikostí dospělců, z důvodu překrývání jejich rozmezí. Konkrétně dosahuje *H. abietis* velikosti od 6 do 15 mm a *H. pinastri* od 6 do 10 mm, rozlišení na základě velikosti by tedy bylo možné pouze v případě největších jedinců. Jediným spolehlivým rozlišovacím znakem je tvar prohlubně na spodní části zadohrudí. Klikoroh borový má tuto prohlubeň úzkou, dlouhou a hlubokou, zatímco klikoroh menší ji má krátkou, širokou a plochou. Toto tvrzení bylo ověřeno vyšetřením pohlavních orgánů (SCHWENKE 1956). Podle MODLINGERA & KNÍŽKA (2009) k. menší potravně preferuje borovici a vyskytuje se spíše na teplejších lokalitách.

Nejvíce odlišným příbuzným druhem je klikoroh modřínový – *H. piceus*, který je výrazně větší a má výrazně skulpturovaný štít s prohlubněmi. Živí se nejčastěji smrkem nebo modřínem ve vyšších polohách (MODLINGER & KNÍŽEK 2009).

Posledním příbuzným druhem k. borového je *H. transversovittatus*, který se nejvíce podobá klikorohu menšímu, ale liší se morfologicky hladkými stranami zadohrudí. Jeho vývoj je také vázán na kořeny kypřeje vrby (*Lythrum salicaria* L.), na vrby (*Salix* spp.) nebo na topoly (*Populus* spp.) (NOVÁK 1965).

3.4 Kladení, vývoj a život

Klikoroh borový vylézá ze svého zimoviště v půdě v období, kdy teplota dosáhne 8–9 °C (MODLINGER & KNÍŽEK 2009). Vzhledem k tomu, že brouci v půdě zimují v různých hloubkách a k jejímu prohřívání dochází postupně, je začátek jejich výskytu postupný a zároveň odlišný na různých lokalitách v závislosti na geografické poloze (NOVÁK 1965). V našich podmínkách jsou běžně tyto podmínky splněny během období jara. Podle MUNROA (1928) se při mírném počasí mohou brouci objevovat už v lednu nebo únoru. K. borový se přesouvá na vhodnou lokalitu lezením, v případě, že se nachází v bezprostřední blízkosti, nebo letem pokud se v těsné blízkosti vhodná lokalita nenachází. První varianta způsobu relokace je běžná při holosečném hospodaření, a to hlavně při přiřazování sečí, což je v současné době omezeno lesním zákonem 289/1995 Sb. Ideální podmínky pro nalezení vhodné lokality pro kladení vytváří rovněž souvislé nahodilé těžby, například po rozsáhlém poškození větrem (MODLINGER & KNÍŽEK 2009). V případech, kdy vhodné stanoviště pro kladení není v bezprostřední blízkosti zimoviště, využívá klikoroh k přesunu létání. Pro létání potřebuje *H. abietis* vhodné podmínky. Teplota musí být vyšší než 18–19 °C, při čemž ideální teplota je 21–22 °C. Zároveň musí být rychlost větru menší než 3 – 4 m/s. Za splnění těchto podmínek dokáží brouci zdolat značné vzdálenosti (MRÁČEK & ŠRŮTKA 1984). Vzdálenost, kterou uvádějí různí autoři, se liší. MODLINGER & KNÍŽEK (2009) uvádějí průměrnou vzdálenost 1,5 km, kdežto MRÁČEK & ŠRŮTKA (1984) konstatují, že se může jednat o vzdálenost větší než 10 km. Doby, kdy jsou brouci letově aktivní je poměrně krátká a to asi 10 dnů. Příhodnou lokalitu vybírají podle čichových sensorů nacházejících se na tykadlech. Vhodná lokalita je taková, kde jsou vhodná místa na kladení s dostatkem preferovaných dřevin pro úživný žír. Po objevení takového místa létací svaly krní (MODLINGER & KNÍŽEK 2009).

Chování (reakce na různé atraktanty) dospělců klikoroha borového závisí na jeho fyziologickém stavu, části roku a fázi reprodukčního vývoje (NORDENHAM & EIDMANN 1991). Mění se například jejich reakce na světlo, kdy starší jedinci jsou silně fotonegativní (HAVUKKALA 1979). Dospělci reagují také na akustické signály (SELANDER & JANSSON 1977), feromony (SELANDER 1978) a chemické atraktanty hostitelských dřevin (NORDENHAM & EIDMANN 1991). Pro popsání škůdci disperze je

tedy důležité znát většinový stav fyziologického vývoje dané populace (LEATHER ET AL. 1999).

Po nalezení vhodné lokality ke kladení vyhledávají brouci vhodného partnera pro páření. Podle TILLESE ET AL (1988) samci a samice hledají vhodného partnera na základě feromonů, a to jak v přímém kontaktu, tak na krátkou vzdálenost. Různě staří jedinci reagují na feromonové stimuly různým způsobem. Například nově vylíhlí brouci na pářící stimuly nereagují vůbec po několik týdnů. Byly zjištěny dva hlavní pohlavní feromony, a to samčí sloužící k agregaci brouků dohromady a samičí pro nalákání samců pro iniciaci páření (SELANDER 1978). Oba tyto feromony fungují jen na krátkou vzdálenost. Na delší vzdálenosti se brouci orientují podle atraktantů, které produkují hostitelské dřeviny. (SELANDER ET AL. 1974). Nově vylíhlé samice jsou připraveny se pářit po dosažení pohlavní zralosti, což je asi za 2-3 týdny po vylíhnutí. Samice ve své druhé nebo třetí pohlavně aktivní sezóně jsou schopné se pářit téměř okamžitě po přezimování (BEJER – PETERSEN ET AL. 1962). Hlubší znalost mechanismu páření může vést k vynalezení silného nástroje pro monitoring, předpověď výskytu a kontrolu klikoroha borového (LEATHER ET AL. 1999).

Období kladení trvá od května do září, přičemž vrcholí od půlky května do začátku června (BEJER-PETERSEN ET AL. 1962). Klikoroh borový klade vajíčka v drtivé většině případů do kořenů různých druhů borovice (*Pinus spp.*) a smrku (*Picea spp.*), zřídka také ke kořenům umírajících jehličnanů, dále také do vývrátů nebo do pokácených stromů v místě kontaktu se zemí (MODLINGER & KNÍŽEK 2009). Podle NORDENHEMA (1989) mohou být pařezy vhodné ke kladení až 3 roky po skácení. Vajíčka jsou samicemi kladena buď přímo do kůry nebo do půdy v těsné blízkosti kořenu. V případě kladení do blízkosti kořenu se larva přemístí do kůry během prvního instaru. Kořeny vhodné pro kladení pozná samice podle chemických látek, které dřevina uvolňuje (MODLINGER & KNÍŽEK 2009). Podle MRÁČKA & ŠRŮTKY (1984) dokáže klikoroh pomocí svých smyslových orgánů zachytit vhodný kořen až na vzdálenost 3 m, kdy se k němu začne okamžitě prohrabávat. Ve většině případů jsou vajíčka nakladena v hloubce do 10 cm pod povrchem, byly ale nalezeny i v hloubkách větších než 40 cm (PYE & CLAEISSON 1981). Samice pro kladení využívají i velmi tenké kořeny. Brouci, kteří se vylíhnou z potravně strádajících larev, dorůstají menších rozměrů (MRÁČEK & ŠRŮTKA 1984). Podle SALISBURYHO (1996) kladou samice do předem vyhlodané díry v kořenu 1-5 vajec. Množství vajíček průměrně nakladených na jeden pařez se u autorů

liší. Průměrný počet vajíček na pařez u NOVÁKA (1965) je 110 ks, ale podle některých švédských studií může být na jednom pařezu nakladeno až 300 vajíček (MRÁČEK & ŠRŮTKA 1984). Výsledky autorů na počet vajíček na samici se také velmi různí. KOMÁREK (1924) například uvádí, že jedna samice naklade 80-100 vajíček, CHARITONOVÁ (1958) stanovila počet vajíček na 26-48. NOVÁK (1965) v laboratorních podmínkách došel k číslu 118 kusů na samici. MODLINGER & KNÍŽEK (2009) rozborem dostupných literárních pramenů stanovili průměrný počet vajec na samici na 70 kusů.

V některých případech může *H. abietis* naklást vajíčka do hromad klestu, kde pak probíhá i vývoj larev. Bylo zaznamenáno až 2 500 vajíček na m³ klestu, což je enormní množství (MRÁČEK & ŠRŮTKA 1984).

Larvy se z vajíček obvykle vylíhnou během 2-3 týdnů. Po vylíhnutí začínají larvy okamžitě vyžírat lýko a prochází vývojem přes 5 instarů. Rychlost vývoje larev je velmi závislá na teplotě (NOVÁK 1965). Podle BEJERA-PETERSENA ET AL. (1962) může vývoj larev klikoroha borového trvat až 5 let, konstatuje ale, že v evropských podmínkách se 75 % larev vyvine do 1 roku od vylíhnutí. Laboratorně bylo zjištěno, že při teplotách nad 23 °C se mohou larvy vyvinout za pouhých 40 dní (CHRISTIANSEN 1971). Faktor, který souvisí s teplotou, je hloubka, ve které se larva nachází, čím je blíže k povrchu, tím rychleji se vyvíjí (BAKKE & LEKANDER 1965). Podle NOVÁKA (1965) se u nás může larva vyvinout za 3-4 měsíce, tedy ještě na konci léta roku, kdy bylo nakladeno vajíčko. Ve většině případech, ale larvy přezimují a zakuklí se až na začátku jara. V našich podmínkách tedy doba vývoje odpovídá asi 13-14 měsícům. Teplota do, které larvy v půdě přežívají je -12,6 °C (LUIK & VOOLMA 1989). Po ukončení larválního období se zakuklí ve dřevě do tzv. kukelné komůrky, kterou za sebou uzavřou třískovou zátkou (NOVÁK 1965).

Výskyt *H. abietis* je u nás zaznamenán buď v jednoleté generaci v teplejších oblastech, nebo mnohem častěji v generaci dvouleté. Podle MODLINGERA & KNÍŽKA (2009) je doba generační definována jako doba od vajíčka po vajíčko, tedy jako doba, kdy nově vylíhlá generace naklade svá vlastní vajíčka. Dále upozorňují na častou záměnu s pojmem doba vývojová, kde se jedná o vývoj od vajíčka po dospělce. Zároveň se dá doba vývojová chápat dvěma způsoby, a to buď *sensu stricto* – od kladení vajíček po vylíhnutí dospělců nebo *sensu lato* – od kladení vajíček po opuštění kukelní komůrky dospělcem. Toto upřesnění v životě klikoroha je důležité kvůli situaci, kdy se část

populace promění v brouka během podzimu, ale komůrku brouci opustí až na jaře. Toto je charakteristické pro u nás zřídka vyskytovanou jednoletou generaci. Mnohem častější případ je přezimování larev, kdy je vývoj ukončen až příští léto a samičky, kladou až příští jaro, protože ještě nejsou pohlavně zralé (NOVÁK 1965). Brouci se uchylují k zimování, když teplota klesne pod 8 °C (MUNRO 1928). Dospělci k. borového žijí většinou jen jedno vegetační období, ale jsou zaznamenány případy, kdy brouci přežijí až 4 roky (MODLINGER & KNÍŽEK 2009).

Vzhledem k dlouhému období, kdy samičky kladou vajíčka, a prolínání jednoletých a dvouletých generací, existuje časová nevyhraněnost doby rojení (MRÁČEK & ŠRŮTKA 1984). Tyto poznatky jsou důležité pro plánování obranných opatření.

3.5 Potravní preference a žír

Mezi lesnickou veřejností je *H. abietis* známý hlavně jako primární škůdce mladých výsadeb jehličnatých dřevin. To ale neznamená, že jeho jedinou potravou jsou mladé kultury jehličnanů, i když právě žír na těchto kulturách je hospodářsky významný (NOVÁK 1965). Více autorů konstatuje, že brouci nerealizují žír jen na mladých výsadbách, ale také na dospělých stromech (MUNRO 1928, MRÁČEK 1989, MODLINGER & KNÍŽEK 2009). KOMÁREK (1924) potvrzuje ještě starší zjištění, že v letních měsících je koruna dospělých stromů běžným úkrytem, kde brouci uskutečňují úživný žír. Škůdcovo působení v mladých kulturách přisuzuje zalesňování po holé seči. Podle MUNROA (1928) se může klikoroh živit i na upadlých vrcholech stromů nebo na větvích ležících na zemi. Žírem v korunách tak může způsobovat podobné deformace tvaru koruny borovice lesní jako brouk *Tomicus piniperda* (Linnaeus, 1758). Všechny tyto zjištění shrnuje MRÁČEK & ŠRŮTKA (1984) tak, že dospělci klikoroha borového realizují žír primárně na jehličnanech, které jsou různého stáří, a to hlavně na tenčích větvičkách 1–3 roky starých. Do této charakteristiky spadají i kořenové krčky mladých sazenic.

Nejatraktivnějšími dřevinami pro klikoroha borového jsou podle mnoha studií dřeviny rodu *Pinus spp.*. Následují dřeviny rodu *Picea spp.* a teprve po nich přichází na řadu rod *Larix spp.* a *Pseudotsuga menziesii* (Mirbel) Franco. Jako nejméně přitažlivý byl označen rod *Abies spp.* (LEATHER ET AL. 1997, DJEDDOUR 1996,

MANLOVE ET AL. 1997, MODLINGER & LIŠKA 2012). Podle BEJER-PETERSENA ET AL. (1962) může potravní preference dospělé korelovat s živnou hostitelskou dřevinou, na které uskutečňovala žír jeho larva. Zároveň doložil, že larvy, které svůj vývoj absolvovaly na borovici, se vyvinuly rychleji než ty, co byly na smrku. Prokázány jsou i žíry na listnatých dřevinách, hlavně na rodech *Corylus spp.*, *Quercus spp.*, *Fagus spp.*, *Salix spp.* a dokonce i *Calluna vulgaris* L. (DJEDDOUR 1996, MODLINGER & LIŠKA 2012). Na některých listnatých dřevinách byly sice zaznamenány poškození, ale neměla charakter žíru, protože brouk po dosažení lýka žír přerušil. Konkrétně se jedná o dřeviny *Fraxinus excelsior* L., *Betula pendula* R. a *Acer pseudoplatanus* L. Toto zjištění dokazuje, že zmíněné dřeviny obsahují deterrentní látky a některé dokonce látky, které jsou pro klikoroha toxické (MANLOVE ET AL. 1997, MODLINGER & LIŠKA 2012). Toxicita například výše zmíněného *F. excelsior* je také zajímavým námětem na další zkoumání. Chemické látky obsažené v této dřevině by totiž mohly předejít prvotnímu útoku škůdce (LEATHER ET AL. 1999).

Podstata chemických látek, které jsou přitažlivé pro klikoroha jsou podle HESSEHO ET AL. (1955) metylestery kyseliny leové, linoleové a linolenové. Příjem potravy u k. borového probíhá během stadia larvy a poté ve stádiu dospělého. Vývoj larvy i její žír začíná zpravidla na tenčím konci kořene, odkud larva postupuje do silnější části a zanechává za sebou napěchovanou drť (NOVÁK 1965). Larvy tím za sebou vytvářejí dlouhou, nepravidelnou, rozšiřující se chodbu, která se zvětšuje podle růstu hlavové kapsule larvy (MODLINGER & KNÍŽEK 2009).

Imága klikoroha borového působí v průběhu roky škody ve třech časových periodách, které se liší účelem a místem. Prvním obdobím je období tzv. jarního žíru, kde vznikají škody na všech místech, kde brouci přezimovali. Časově se jedná o škody působené mezi březnem a květnem. Jedná se vždy o tzv. regenerační žír, který realizují buď mladí brouci, kteří přezimovali mimo pařezy, nebo starší brouci, kteří přezimovali, ale loni se už účastnili páření (podle EIDMANNA (1974) je podíl starých brouků v populaci pod 10 %). Tento žír také slouží k dokončení vývoje létacích svalů. Majorita škod je působena v období od května do července, kdy se jedná o tzv. letní žír. Dospělci ho uskutečňují pro získání energie na páření a následné kladení vajíček. Tyto škody se vyskytují na místech, která jsou pro klikoroha vhodná ke kladení, tedy čerstvé paseky po podzimní nebo zimní těžbě. Třetí periodou je žír v období konce srpna a září – pozdně letní žír. Uskutečňují ho nově vylíhlí mladí brouci a odehrává se na pasekách

různého stáří. Čerstvé letošní paseky to jsou v případě krátkého vývoje (jednoletá generace), u dvouleté generace se jedná o paseky starší (MODLINGER & KNÍŽEK 2009).

3.6 Přirození nepřátelé

Podle MODLINGERA & KNÍŽKA (2009) má klikoroh borový ve srovnání s ostatními hmyzími škůdci poměrně málo přirozených nepřátel, což přisuzují hlavně tomu, že jeho larvy tráví celý život skryti pod zemí. NOVÁK (1965), ale podle svých výzkumů konstatuje, že pouze jedna pětina populace klikorooha byla zcela ušetřena parazitace. Zároveň LEATHER ET AL. (1999) konstatuje, že dosud proběhlo poměrně málo výzkumů zabývajících se predátory klikorooha borového a máme o nich tudíž poměrně málo informací.

Larvy *H. abietis* jsou parazity často napadány v jejich chodbičkách v kořenech pařezů. Nejvýznamějším takovým parazitem je lumčík *Bracon hylobii* (Ratzeburg, 1848), který běžně klade mezi 4 a 12 vajíčky na larvu klikorooha. Mortalita napadených jedinců může dosahovat 30-40 % (podle MUNROA (1929) v Británii údajně mortalita dosahovala i 50 %). Lumčík může larvy ohrožovat až do hloubky 15 cm (MODLINGER & KNÍŽEK 2009). Lumčík *Bracon hylobii* ale vykazuje nerovnoměrné rozložení výskytu, což je zřejmě způsobeno mechanismem, podle kterého dospělé vosičky vyhledávají vhodné pařezy na kladení (HENRY 1995). Tento mechanismus je dosud neznámý, ale pravděpodobně bude fungovat na základě určitých atraktantů produkovaných hostitelskými dřevinami (VET & OPZEELAND 1984). Pokud by se toto chování dokázalo rozluštit, bylo by možné zvýšit populaci tohoto parazita na lokalitách ohrožených klikorohem (LEATHER ET AL. 1999). Na druhou stranu HENRY (1995) poukazuje na fakt, že pro lumčíka je poměrně velká část populace larev nedostupná. Nejnovější pokusy se zabývají háďátky z rodu *Steinernema spp.*, které na rozdíl od lumčíka *B. Hylobii* dokáží napadat larvy klikorooha i hluboko v kořenech (MODLINGER & KNÍŽEK 2009). V laboratorních podmínkách byl také testován škodlivý účinek parazitické hlístice *Neoaplectana carpocapsae* (Weiser), kde bylo zjištěno, že působí jak na larvy, tak i na dospělé. U larev dokonce docházelo ke 100 % mortalitě (PYE & BURMAN 1977). Pokusy v terénu, při kterých byl parazit aplikován na pasekách, zredukovaly poškození klikorohem borovým o 89 % (Pye & Pye 1985). COLLINS (1993) ale zjistil, že těchto

výsledků je možné dosáhnout jen za určitých enviromentálních podmínek a konstatuje, že nasazení hlístic nenahradí praxi chemických obranných prostředků, ale mohlo by mít využití v integrované ochraně proti klikorohu borovém. Na larvy k. borového rovněž podle NOVÁKA (1965) útočí vosička *Paravespula vulgaris* (Linnaeus, 1758).

Dospělce *H. abietis* napadají některé další živočišné druhy, například poměrně běžným endoparazitem je lumčík *Perilitus areolaris* Gerdin & Hedqvist 1984, který přezimuje v tělech dospělců jako larva. Z každého jedince, který je napaden tímto lumčíkem se vylíhne od 1 do 9 jedinců. Populace klikoroha je tímto parazitem zamořena od 4 do 15 % (MODLINGER & KNÍŽEK 2009). Dalšími predátory k. borového jsou některé druhy dravých brouků například larvy střevlíkovitých *Carabidae spp.*, drátovci *Elataridae spp.* anebo několik druhů mravenců.

Houba *Beauveria bassiana* (balsamo.-Criv.) je zástupcem patogenních hub, které často napadají oslabené jedince klikoroha borového (NOVÁK 1965). Pokusy se zavlečením této patogenní houby do populace *H. abietis* slavily jen částečný úspěch, kdy patogen u dospělců způsoboval jen minimální mortalitu (WEGENSTEINER & FUHRER 1988).

Hylobius abietis patří mezi běžnou součást potravy různých ptáků jako například datlů, špačků, vran nebo koroptví (Novák 1965).

3.7 Kontrola a obrana

Klikoroh borový je řazen mezi kalamitní škůdce, což je dáno vyhláškou 101/1996 Sb., ve znění vyhlášky č. 236/2000 Sb, a proto je nutné kontrolovat jeho stav a v případě potřeby přistupovat k ochranným opatřením. Ve vyhlášce jsou definovány tři úrovně hodnocení – základní stav, zvýšený stav a kalamitní stav. Základní stav je charakterizován jako jednotlivé slabé poškození sazenic do 30 % z celkového množství. Pokud se slabě poškozené sazenice vyskytují ve vyšším množství než 30 % z celkového počtu a zároveň silně poškozené sazenice nepřekročí 20 % ze všech sazenic, jedná se o zvýšený stav. Jako kalamitní stav se označuje situace, kdy škůdce způsobil silné poškození na více než 20 % sazenic. Slabé poškození je takové, kdy ožrané plošky zasahují maximálně jednu čtvrtinu obvodu kmínku, sazenice touto škodou není výrazně oslabena ani ohrožena. Silné poškození je takové, kdy ožrané plošky zasahují více než jednu čtvrtinu obvodu kmínku. Na obrázku 4 je zachyceno poškození, které způsobuje klikoroh borový.



Obrázek 4: Škoda způsobená klikorohem borovým (François-Xavier Saintonge, Forest Health Department, Bugwood.org)

V minulosti se v lesnické praxi pro kontrolu velikosti populace využívala poměrně široká varieta metod. Patří mezi ně například lapací příkûpky, lapací kûry (Obr. 5), lapací polena, lapací pařezy, lapací třísky nebo otýpky, lapací nádoby a další. Většina z nich se už nachází v propadlišti dějin až na metodu lapacích kûr nebo v krajních případech lapacích polen (využívá se například pro účely vědeckých prací),

tyto metody se zachovaly díky jejich vysoké účelnosti a ekonomické efektivnosti (NOVÁK 1965). MRÁČEK & ŠRŮTKA (1984) zdůrazňují, že znalost a kontrola hustoty populace klikoroha borového má vysokou důležitost pro stanovení správných obranných opatření. Prognózu vývoje poškození klikorohem je možné sestavit několika způsoby. Buď kontrolou poškození sazenic a jejich podílu ve výsadbě, nebo kontrolou množství populace pomocí některé kontrolní metody (hlavně lapací kůry), popřípadě kontrolou preimaginálního vývoje brouka pomocí analýzy kořenů (MRÁČEK 1989). Při této prognostice je nutné kromě samotného množství brouků a úrovně poškození brát v úvahu vliv doby vytěžení porostu a následné zalesnění vzhledem k vývojovému cyklu brouka. Dále by mělo docházet k předpovídání líhnutí na základě stadia vývoje škůdců v kořenech pařezů (MRÁČEK 1989). MRÁČEK & ŠRŮTKA (1984) ex. SZMIDT & KORCZYNSKI (1982) nesouhlasí s korelací mezi velikostí populace a množstvím škod. Jejich výzkum představuje intenzitu žravosti, která vychází z pokusu, kdy populace 40 000 klikorohů na hektar způsobilo větší škody než 190 000 těchto škůdců na hektar. Tímto jsou zpochybněny kontrolní metody založené na zjišťování počtu brouků v porostu a navrhuje tedy zjišťování tzv. stupně žravosti na základě rozmístěných borových větviček, podle kterého by se předpovídaly škody.



Obrázek 5: Lapací kůra (Ing. Roman Modlinger Ph.D., VÚLHM Strnady)

Podle vyhlášky zmíněné na začátku kapitoly je povinností provádět pravidelné kontroly výskytu klikoroha borového ve všech jehličnatých výsadbách a to 2 roky od jejich založení. Musí být prohlédnuto alespoň 50 sazenic na hektar v intervalu 14 dní. Jak již bylo zmíněno dříve, hodnotí se stupeň poškození podle úrovně žíru na kmíncích a jejich podílu v populaci. Podle stavu poškození se pak určí další způsob kontroly, popřípadě obranné zásahy. Při základním stavu se pokračuje ve standartních 14denních kontrolách. Při zvýšeném stavu je nutné založit 5 kontrolních míst na hektar, kde se na každém kontrolním místě vyznačí 10 sazenic. Na plochách, které jsou menší než 1 hektar by nemělo být méně kontrolních míst než 3. Vyznačené sazenice na kontrolních místech se pak musí kontrolovat každý týden a v případě, že počet silně poškozených sazenic přesáhne u smrku 5 % a u borovice 10 %, musí dojít ke kurativnímu chemickému opatření (Vyhláška MZe č. 101/1996 Sb.)

Alternativou ke kontrole kmínků sazenic je metoda lapacích kůr. Lapací kůra se skládá z přehnutého plátu kůry o rozměrech 30x30 cm, do které se vloží 5 borových větviček bez jehličí o tloušťce 1-3 cm a insekticidu, který je nanesen na větvičky. Insekticid musí být v souladu s aktuálním Seznamem registrovaných přípravků na ochranu lesa. Na 1 hektar je nutné rovnoměrně rozmístit 30 lapacích kůr. V případě, že je během jednoho týdne nachytáno průměrně 35 brouků na lapací kůru, přistoupíme k chemickému obrannému zákroku. Stav lapací kůry je potřeba kontrolovat a v případě že je příliš ožraná, plesnivá nebo vyschlá je nutné ji vyměnit. K tomu dochází průměrně po 2–3 týdnech (MODLINGER & KNÍŽEK 2009)

Jako obranný prostředek se v minulosti používal ruční sběr, který už NOVÁK (1965) označil jako neefektivní. Do nedávna pro redukci stavů k.borového byly využívány lapací kůry a lapací polena, ale i od nich se upustilo, protože by bylo nutné jich na 1 hektar rozmístit více než 100 a i přesto existují pochybnosti o jejich vlivu na populaci klikoroha borového (MODLINGER & KNÍŽEK 2009). Snižování populace k. borového je stále neúspěšné i s použitím chemických prostředků. Jako jediná ochrana proti tomuto škůdci tedy zůstává zajištění přežití sazenic (MRÁČEK 1989).

Hlavním obranným opatřením v současnosti je chemická ochrana. Ta se dělí na ochranu před výsadbou a po výsadbě (MRÁČEK & ŠRŮTKA 1984; MRÁČEK 1989, MODLINGER & KNÍŽEK 2009; MODLINGER 2012).

Do ochrany před výsadbou patří celozáhonový postřik a máčení vyzvednutých sazenic do insekticidní jíchy (MRÁČEK 1989). K celozáhonovému postřiku se přistupuje spíše v lesních školkách a používá se na to řádkový postřikovač nesený traktorem. Pro maximální efektivitu tohoto opatření je nutné, aby byl insekticidní jíchou zasažen kořenový krček sazenice, kde bývá sazenice nejčastěji poškozována. K tomuto je nutné velké množství insekticidního materiálu, který nadměrně uniká do půdy a z tohoto důvodu se tato metoda nedoporučuje používat v lesních porostech (MODLINGER & KNÍŽEK 2009).

Nejrozšířenějším a v současnosti nejefektivnějším způsobem ochrany je máčení sazenic do insekticidní jíchy. To se provádí buď ještě v lesních školkách, nebo těsně před vysazením. Při aplikaci je velmi důležité, aby se jícha nedostala do kontaktu s kořenovým systémem, protože by mohlo dojít k uhynutí sazenice. Zároveň je ale potřeba, aby byla sazenice ponořena až po kořenový krček. Prostředek využívaný

při tomto opatření má účinnost asi 10 týdnů, proto nesmí být doba mezi výsadbou a výskytem klikoroha borového delší než účinnost insekticidu (MODLINGER 2012). MRÁČEK (1989) dále doporučuje, aby se insekticid aplikoval jen v podmínkách, které umožňují rychlé zaschnutí přípravku.

Ochrana po výsadbě bývá prováděna zpravidla individuálně, nikoliv plošně. Při plošné aplikaci by mohlo dojít k poškození již narašených terminálních pupenů a tím ke škodám (MRÁČEK 1989). Podle MODLINGERA (2012) je tato metoda vhodná z hlediska maximálního přiblížení aplikace výskytu škůdce. Pokud je potřeba, dá se použít po vyprchání přípravku ochrany před výsadbou. Dále se k němu přistupuje po zjištění zvýšených škod během pravidelných kontrol nebo při zvýšeném počtu jedinců zachycených v lapacích kůrách. Na kurativní zásahy se používají tzv. požerové insekticidy, pro škůdce jsou tedy smrtelné až po požití určitého množství přípravku. Vzhledem k tomu, že repelentní účinek insekticidu má na klikoroha menší efekt než atraktanty v sazenici, působí brouk škody i nějakou dobu po zásahu (Ing. Roman Modlinger Ph.D. pers. com.). Dostatečnost zásahu pozorujeme ve stejně dlouhých intervalech jako u běžné kontroly, tedy každých 14 dní. MRÁČEK (1989) doporučuje pro aplikaci insekticidu využívat tlakový postřikovač a sazenice postříkovat zespodu od kořenového krčku tak, aby nebyl zasažen terminální pupen. Zvyšuje se tím také účinnost zásahu, protože insekticid stéká po kmínku dolů ke kořenovému krčku, kde se klikorozi nejčastěji vyskytují. Spotřeba insekticidu je při individuálním ošetření poměrně malá, což je pozitivní z hlediska ochrany životního prostředí (MRÁČEK 1989).

Velkou revolucí, oproti starším nechemickým metodám, bylo objevení účinné látky DDT (dichloridifenytrichlorethan), na které byla postavena většina insekticidních přípravků. Nasazení těchto přípravků proti klikorohu borovému vykazovalo velmi uspokojivé výsledky (NOVÁK 1965). V sedmdesátých letech minulého století byla, ale tato látka zakázána a bylo potřeba nalézt substitut, který nebude tolik zatěžovat životní prostředí. Novou účinnou látku se nakonec po sérii pokusů podařilo nalézt ve skupině syntetických pyrethroidů. Jejich účinnost je srovnatelná s insekticidy na bázi DDT (MRÁČEK & ŠRŮTKA 1984). Podle MODLINGERA (2012) dále syntetické pyrethroidy vykazují dostatečnou stabilitu při slunečním světle, vysokou odolnost proti teplotám, také ale degradaci odpařováním z povrchu, splach vodou nebo penetrací do půdy. Vzhledem k těmto vlastnostem není možné počítat s dobou účinnosti delší než 10 týdnů (MODLINGER 2012).

Na přelomu osmdesátých a devadesátých let minulého století se u nás s oblibou využíval granulovaný přípravek na bázi carbosulfanu – Marshal suSCon. Granule se umisťují do jamky tak, aby byly v přímém kontaktu s kořenovým systémem sazenice. Granule obsahují účinnou látku, která se do sazenice uvolňuje po dobu dvou let. Pro včasné rozvedení látky do organismu sazenice je nutné začít výsadbu alespoň 14 dní před výskytem klikoroha. Během pokusů v terénu vykázal prostředek dobré výsledky. Další výhodou je značné snížení potřeby pracovní síly oproti ostatním metodám chemické ochrany (ČÍŽEK 1993). Granulované přípravky se používají i v několika dalších evropských státech (LEATHER ET AL. 1999).

V severských zemích se testují metody tzv. voskování a pískování. Jde o metody, kdy pokrytím sazenice pískem nebo voskem ji pro klikoroha učiníme neatraktivní (prof. Ing. Jaroslav Holuša, Ph.D. pers. com.). Dále se také využívají různé druhy ochranných límců, ale bez většího úspěchu (EIDMANN & VON SYDOW 1989).

Další skupinou obranných metod jsou biotechnická opatření. Prvním z nich je tzv. pásečný klid. Metoda spočívá v odložení zalesnění holiny vzniklé těžbou. Tento odklad nezabrání vývoji generace *H. abietis* v pařezech, ale sníží poškození nové výsadby (MRÁČEK & ŠRŮTKA 1984). Metoda pásečného klidu je doporučována i dalšími autory. Shodují se na odkladu o 2-3 roky do vyčerpání pro klikoroha užitečného materiálu z pařezů (SCOTT & KING 1974; DOOM & FRENTZEN 1980). V našich legislativních podmínkách je možný odklad pouze o jeden rok, protože ze zákona plyne povinnost zalesnění do dvou let od vzniku holiny (zákon č. 289/1995 Sb.). Nicméně ani kultura vysazená s ročním nebo delším odstupem nebude zbavena ohrožení, protože neexistuje způsob, jakým by se dalo zabránit migraci klikorohů z okolí. Dojde tak k poškození v rámci úživného žíru brouků, kteří se vylíhnou na podzim. V souvislosti s pásečným klidem je nutné brát v úvahu také náklady vzniklé odložením zalesnění, jako například odstranění buřeně a zvažít, jestli tyto náklady nepřevyšují náklady na případný kurativní zákrok proti nové generaci *H. abietis* (MODLINGER 2012).

MRÁČEK & ŠRŮTKA (1984) konstatují, že klikoroh borový způsobuje větší škody na pasekách, kde se vyskytuje buřeně, což znamená, že její odstranění zmírňuje poškození způsobené škůdcem. Úmrtnost sazenic se dá také snížit použitím staršího sadebního materiálu, který je odolnější vůči poškození. Další biotechnickou metodou je příprava půdy zraňováním, kdy se promísí humusová a minerální vrstva. Klikoroh

se totiž nerad vyskytuje na místech, která jsou zbavená krytu, ať už se jedná o buřeň, drny nebo humusovou vrstvu. MODLINGER (2012) konstatuje, že ponechávání výstavků omezuje škody klikorohem borovým – zamezují růstu buřené, poskytují broukovi alternativní zdroj potravy, a hlavně také napomáhají přirozené obnově. Mladé stromky z přirozené obnovy mají nedeformovaný kořenový systém a jsou tak odolnější vůči poškození.

Posledním okruhem ochrany před *H. abietis* jsou biologické metody. Tato skupina ochranných opatření je založena na využívání přirozených nepřátel klikoroha borového nebo jeho potravních konkurentů. Testovalo se nasazení lumčíka *B. hylobii*, jehož larvy parazitují na larvách klikoroha. Během těchto pokusů bylo dosaženo až ztrojnásobení běžné parazitace, což je uspokojivý výsledek. Nevýhodou této metody je však její poměrně vysoká nákladnost (MODLINGER 2012). Dále byly prováděny pokusy s parazitickou houbou *B. bassiana*, které se ale za úspěšné považovat nedají. Nicméně na bázi spór této houby je založeno několik chemických přípravků proti k. borovému (MRÁČEK & ŠRŮTKA 1984). Dále využití dřevokazné houby *Phlebiopsis gigantea* (Fr.) Jülich na omezení výskytu klikoroha na pařezech se jeví jako úspěšné. V Polsku takto dokázali snížit počet larev na polovinu. Stále je ale potřeba tuto metodu podrobit dalšímu testování, a to hlavně v jiných podnebních podmínkách (SKRE CZ & MOORE 1997).

3.8 Pohlavní dimorfismus

Dimorfismus je definován jako nejjednodušší forma polymorfismu, kdy se v rámci jednoho druhu vyskytují dvě formy, které se od sebe nápadně odlišují vnějším vzhledem (JASÍČ 1984). U hmyzu jsou od sebe pohlaví odlišná zcela běžně. Pokud se jedná o odlišnost morfologickou, jedná se o pohlavní dimorfismus, pokud se od sebe pohlaví liší jen barevně, hovoříme o pohlavním dichroismu (OBENBERGER 1952). Dobrým příkladem pro jasný pohlavní dichroismus jsou denní motýli (*Rhopalocera spp.*), kteří si svého partnera hledají hlavně podle zraku. Barva křídel má tedy u nich sexuální funkci (LEVERTON 2001). Konkrétním příkladem pohlavního dichroismu může být bělásek řeřichový – *Anthocharis cardamines* (Linnaeus, 1758) nebo žluťásek řešetlákový – *Gonepteryx rhamni* (Linnaeus, 1758). Čistý pohlavní

dichroismus není u brouků moc častým jevem, z u nás žijících krasců se projevuje například u *Anthaxia cichorii cichorii* (Olivier, 1790), kdy mají samci zelené nebo zlatozelené krovky a samice je mají purpurově červené (BÍLÝ 1989). Obvyklejší je u brouků kombinace pohlavního dichroismu s morfologickými odlišnostmi. Příkladem budiž tesařík obecný – *Stictolrptura rubra* (Linnaeus, 1758), kdy samci jsou užší, s krovkami žlutavé barvy do tvaru „V“, samice jsou oproti samcům mohutnější, větší a krovky červené barvy připomínají tvarem spíše písmeno „U“ (cf. HŮRKA 2005).

U mnoha druhů hmyzu je smyslem, pomocí kterého se pohlaví navzájem vyhledávají, čich. Z toho důvodu se často pohlavní dimorfismus projevuje na tykadlech. Rozdílnost v délce tykadel je znatelná například u tesaříků, kdy samci mají tykadla mnohem delší. Konkrétně u kozlíčka dazule – *Acanthocinus aedilis* (Linnaeus, 1758) jsou tykadla u samce 3 - 5x delší než tělo, u samice pouze 1,5x delší než tělo (HEYROVSKÝ & SLÁMA 1992), k tomu jsou samci ještě o něco větší. Dalším příkladem, kdy mají samci a samice různý tvar a velikost tykadel, jsou chrousti. Například samci chrousta maďalového – *Melolontha hippocastani* (Fabricius, 1801) mají 7 tykadlových lístků, které mají dvojnásobnou velikost oroti velikosti vějířku samice, který je k tomu jen 6členný (NOVÁK ET AL. 1974). Nejběžnější je rozdílnost tykadel u nočních motýlů, kdy samci mají tykadla hřebenitá a samice nitkovitá (NOVÁK & SEVERA 1990). Velmi výrazný sexuální dimorfismus ve tvaru a velikosti tykadel je u hřebenulí (*Diprionidae spp.*) (Zahradník 1987).

Dalším příkladem pohlavního dimorfismu jsou různé parohy, rohy nebo trny, které vyrůstají samcům na hrudi nebo hlavě. Podle OBENBERGERA (1952) se jedná o sexuální dimorfismus „ozdobný“, zároveň tyto výrůstky plní určitou funkci při páření. Například neobvykle mocně vyvinuté mandibuly – parohy (OBENBERGER 1952), roháče obecného – *Lucanus cervus* (Linnaeus, 1758) mají funkci uchopení samčího protivníka a jeho odhození z větve nebo kmene, která je určena pro páření (GRIMALDI & ENGEL 2005).

Jiným častým příkladem sexuálního dimorfismu je apterie (bezkrídlost) nebo brachypterie (krátkokřídlost). Zpravidla jsou bezkrídle nebo krátkokřídle samice, samci mívají křídla vyvinutá normálně (OBENBERGER 1952). Příkladem mohou být zástupci čeledi světluškovití (*Lampyridae spp.*), kde samice podobné larvám nemají křídla vůbec nebo jsou velmi zakrnělá a samci mají krovky plně vyvinuté a létají (HŮRKA 2005).

Bezkrídle nebo krátkokřídle jsou také různé druhy nočních motýlů například štětconoši (*Orygia spp.*) nebo druhy, které mají dobu rojení posunutou do chladnějších období roku například píďalka podzimní – *Operophtera brumata* (Linnaeus, 1758) (NOVÁK & SEVERA 1990). Krajní případ apterie je zaznamenán u řasníků (*Strepsiptera spp.*), samice se totiž nachází celý život uvnitř těla hostitele a nejsou příliš odlišné od larev, kdežto samci jsou okřídleni a pohybují se volně (HŮRKA & ČEPICKÁ 1978).

HELMS (1994) se zabýval rozdíly velikostí u vosiček (*Aculates spp.*). Zjistil, že velikost samců a samic je ovlivněna mírou investice, kterou musel rodič vynaložit na vývoj svého potomka, zároveň má tato míra investice vliv na poměr pohlaví v populaci. Pokud tedy bude potřeba do samic investovat dvakrát více zdrojů než do samců, budou samci v populaci dvakrát početnější než samice. Ve stejnou chvíli jedinec, na kterého bylo zapotřebí vynaložit více zdrojů bude větší. Mechanismus, podle kterého rodiče investují víc do některého z pohlaví, určují okolní podmínky. Pokud je v dané lokalitě nouze o zdroje a je potřeba o ně bojovat, investují rodiče spíše do samců, pokud je v okolí zdrojů dostatek, tak je potřeba klást důraz spíše na reprodukci a rodiče investují více do samic.

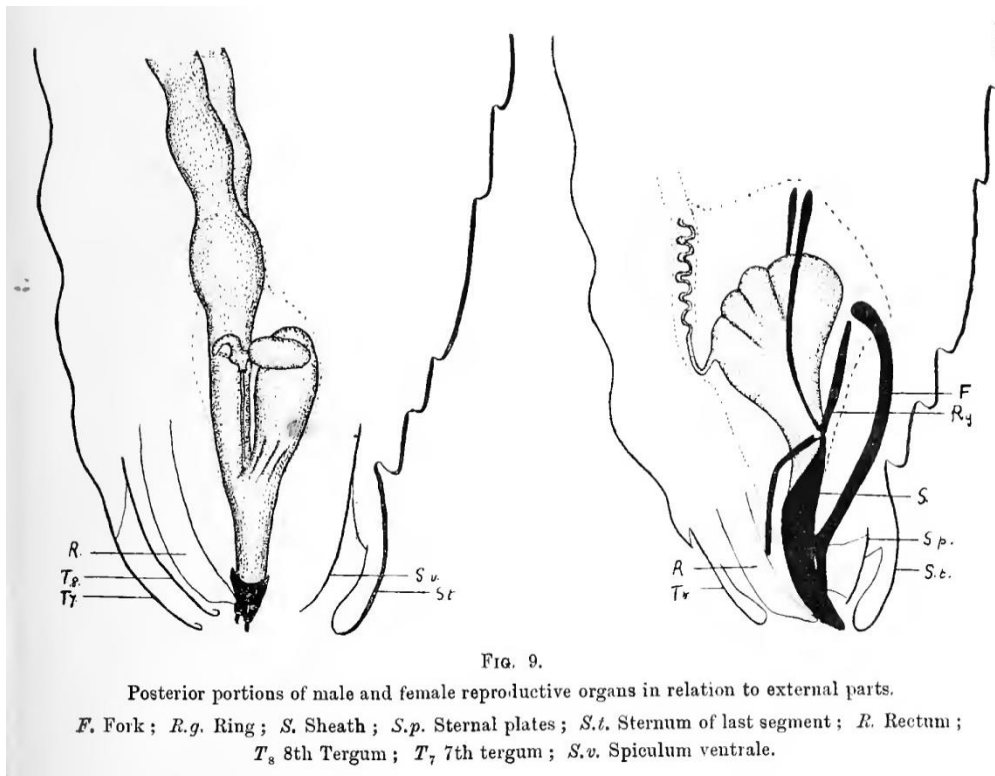
Sexuální dimorfismus se většinou projevuje rozdílnou velikostí jednotlivých pohlaví. U obratlovců bývají samice větší než samci, protože investují více do rozmnožování než do růstu (SHINE 1990). Samci jsou také menší než samice u hmyzu, což má určité praktické výhody, protože většinou samci vyhledávají samice (OBENBERGER 1952). Toto platí i u *H. abietis*, kdy jsou samice obvykle větší a těžší než samci. Velikost obou pohlaví klikoroha borového však značně kolísá, a to více u samic než samců (EIDMANN 1974). Ukazatel, který je podle EIDMANNA (1974) nejlepší na stanovení velikosti brouka je délka krovek a šířka hrudi. Velikost brouků je však značně ovlivněna podmínkami vývoje a kvalitou výživy v období larvy (EIDMANN 1974). Vnější podobnost mezi dospělci klikoroha je však velká. Hlavní rozlišovací znaky se nacházejí na spodní straně zadečku (WILSON ET AL. 1966), kde jsou některé zadečkové články u samců promáčklé a u samic naopak vypouklé. Tvar posledního zadečkového článku se používá k rozlišování pohlaví u severoamerického klikoroha *Hylobius radicis* Buchanan, 1935 (WILSON ET AL. 1966), tento znak se dá využít i u klikoroha borového (ANONYMOUS 1952 EX WILSON ET AL. 1966). U *H. abietis* je však spolehlivějším rozlišovacím znakem pohlavního dimorfismu tvar 1-3 zadečkového článku (NOVÁK 1965).

3.9 Pohlavní orgány

Pohlavní orgány hmyzu jsou zajímavé hned z několika hledisek – z anatomického, ze systematického jako nástroj identifikace druhů a entomologického jako vodítko pro poznání životního cyklu brouků (MUNRO 1913).

Jak bylo naznačeno výše, stav vývoje reprodukčních orgánů u hmyzu, jehož život je delší než jeden rok, je důležitým vodítkem k rozkrytí jeho vývojových fází a životního cyklu (MUNRO 1913). Toto nejvíce platí u samic. MUNRO (1913) při svých pokusech vypreparoval pohlavní orgány dospělců ihned po opuštění kukelné komůrky a pak následně po pěti měsících. Zjistil, že u samců k žádným velkým změnám, až na rozdílnou velikost některých orgánů, nedochází. Mezi mladou a starší samicí však můžeme pozorovat rozdíl mnohem větší. Mladé samice mají značně nevyvinutý reprodukční systém. Celkově je mnohem menší. Vaječné trubice jsou velmi krátké a nejsou tam žádné stopy po vajíčkách. Dále rozdělil vývoj samičích reprodukčních orgánů do tří stádií. Od prvního do poledního stádia, tedy do plného vyvinutí samice, musí uběhnout doba alespoň pěti měsíců.

Samčí i samičí reprodukční orgány (Obr. 6) se nachází pod čtvrtým až osmým ventálním sternitem (MUNRO 1913).



Obrázek 6: Vnější pohlavní orgány klikoroha borového. Vpravo samice, vlevo samec. (James W. Munro, Natural History Department, University of Aberdeen, Notes on the Reproductive Organs of the Pine Weevil (*Hylobius abietis*))

3.9.1 Samičí pohlavní orgány

Vnitřní samičí pohlavní orgány (Obr. 7) se skládají z vaječníků (*Ovaria*), párových vejcovodů (*Oviducty laterales*), nepárového vejcovodu (dělohy) (*Oviductus communis*), semenné schránky (*Receptaculum seminis*), pohlavní komory (*Camera genitalis*) a z vaginy (*Vagina*) (MUNRO 1913).

Vaječníky jsou párový orgán. Každý vejcovod se skládá ze dvou vaječných trubic, které ústí do párového vejcovodu. Na začátku každé vaječné trubice je terminální komora, která je velká asi jako jedna pětina celého vaječnicku. Pod terminální komorou se nachází zmíněná vaječná trubice, která se podobá perlovému náhrdelníku, což je způsobeno vajíčky, která se v nich nachází. Pohlavní komora a semenná schránka jsou spojeny s dělohou trubicemi. Semenná schránka trubicí dlouhou a úzkou, pohlavní komora trubicí krátkou a tlustou (trubice je téměř tak velká jako orgán samotný). Oba tyto orgány jsou obaleny svalovinou pro možnost stlačení orgánu a vypuštění jejich obsahu do dělohy. Hned pod pohlavní komorou se nachází vagina, která je obklopena

chitinem, který k ní váže *spiculum ventrale*. Dále je vagina chráněna dvěma chitizovanými pláty (ty už patří do vnějších pohlavních orgánů), které končí dvěma výrůstky, které pravděpodobně napomáhají při kladení (MUNRO 1913).

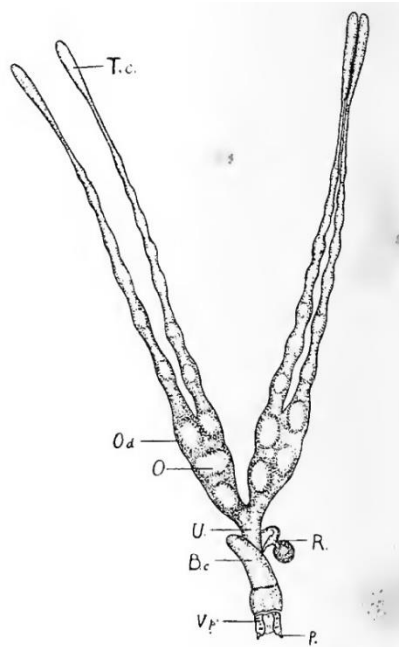


FIG. 11.

Mature female reproductive organs of *Hylobius abietis*.

- T.c. Terminal chambers ;
- O.d. Paired oviduct ;
- O. Ovum ;
- U. Uterus ;
- R. Receptaculum seminis ;
- B.c. Bursa copulatrix ;
- V.p. Vaginal plates ;
- P. Vaginal palpi.

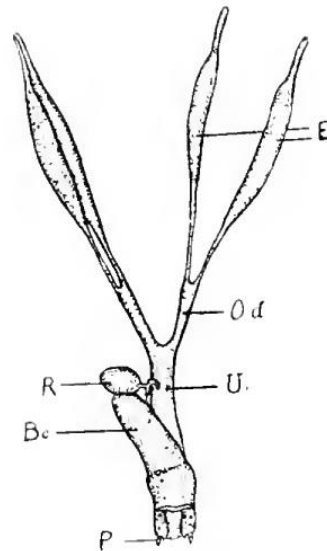


FIG. 10.

Immature female reproductive organs of *Hylobius abietis*.

- E. Egg-tubes ;
- O.d. Paired oviduct ;
- U. Uterus ;
- R. Receptaculum seminis ;
- B.c. Bursa copulatrix ;
- P. Vaginal palpi.

Obrázek 7: Vnitřní pohlavní orgány samice. Vlevo plně vyvinuté (třetí stadium), vpravo nevyvinuté (první stadium) (James W. Munro, Natural History Department, University of Aberdeen, Notes on the Reproductive Organs of the Pine Weevil (*Hylobius abietis*))

Vnější pohlavní orgány se skládají ze sedmého a osmého dorzálního plátu (*tergum*), osmého sternitu, ze *spiculum ventrale* a z vaginálních plátů zmíněných výše. Osmé *tergum* je menší než sedmé, které ho zcela překrývá, je také pokryto mnoha smyslovými štětinami (Obr. 8). Osmý sternit je tlustý a široký plát jehož okraje jsou ohnuty lehce směrem dovnitř. *Spiculum ventrale* je tyčovitá struktura, která se větví ve dva laloky, na kterých je velký počet smyslových štětín. Celé *spiculum ventrale* je přichyceno k osmému sternitu pomocí chitizované sítě (MUNRO 1913).

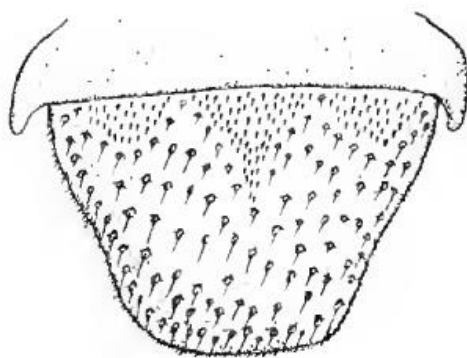


FIG. 3.

7th and 8th terga of female
Hylobius abietis.

Obrázek 8: Sedmé a osmé tergum samice klikoroha borového se smysovými štětínami (James W. Munro, Natural History Department, University of Aberdeen, Notes on the Reproductive Organs of the Pine Weevil (*Hylobius abietis*))

3.9.2 Samčí pohlavní orgány

Vnitřní samčí pohlavní orgány (Obr. 9) se skládají z varlat (*Testes*), z párových chámovodů (*Vasa deferentia*), semenného pouzdra (*Vesiscula seminalis*), semenných trubic (*Follicles*), nepárového chámovodu (*Ductus eiaculatorius*) a penisu (*Penis*).

Varlata jsou dohromady čtyři, uložena po párech na každé straně středové linie. Varle vypadá jako plochý segmentovaný disk, z kterého vychází párový chámovod, který vede do penisu. Mezi varlaty a nepárovým chámovodem ústí do každého párového chámovodu dvě diverticuly, které se nazývají semenné trubice, hned u jejich ústí se nachází cibulovité semenné pouzdro. Nepárový chámovod začíná na místě, kde se setkávají párové chámovody a pokračuje směrem k penisu ve stejné šíři. Asi v jedné třetině své délky se náhle zúží (MUNRO 1913).

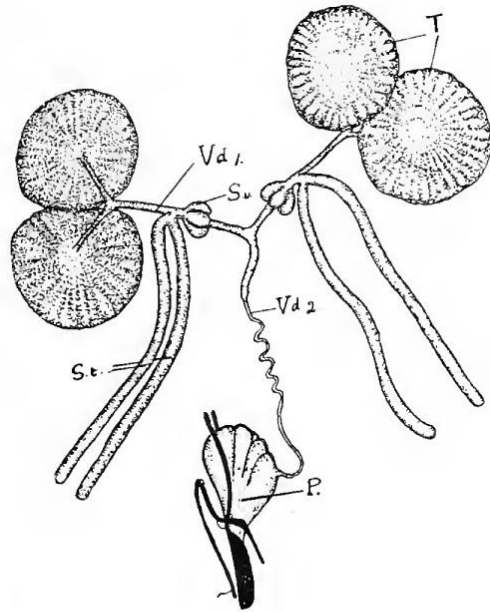


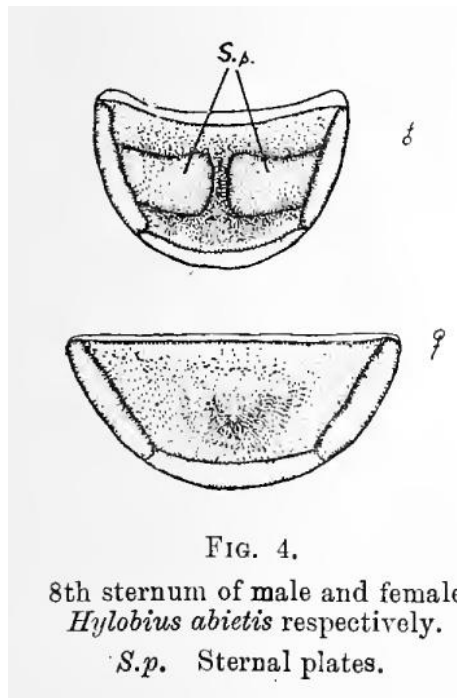
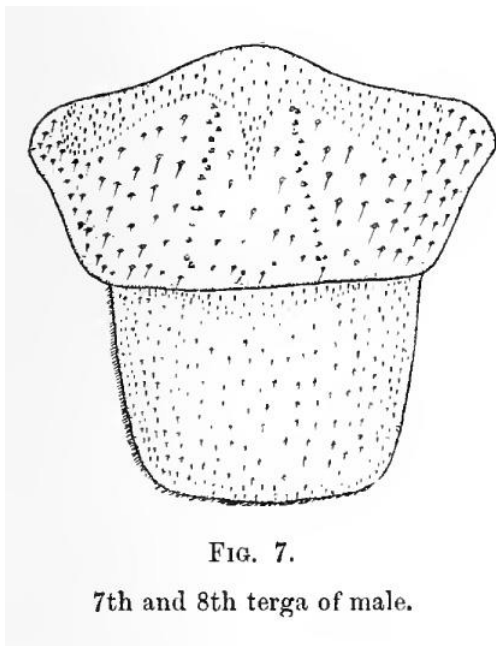
FIG. 6.

Male reproductive organs of *Hylobius abietis*.

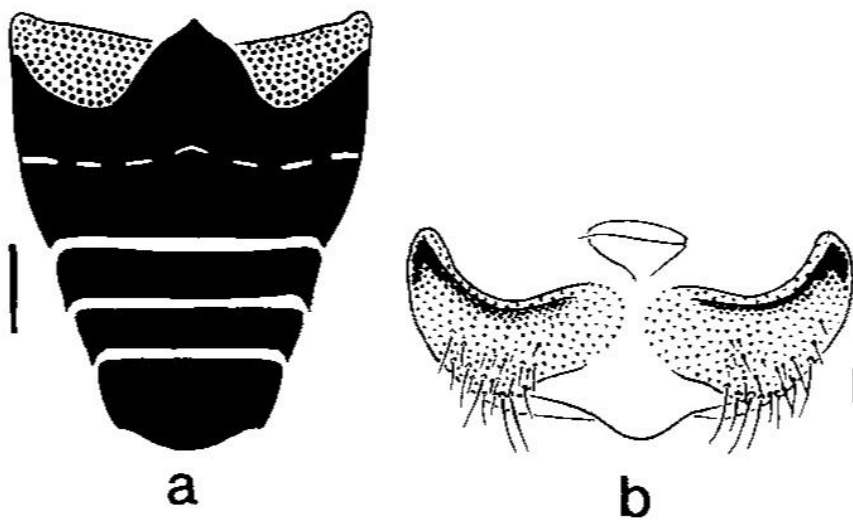
- T. Testes ;
- V.d.₁ Paired vasa deferentia ;
- S.v. Seminal vesicle ;
- S.t. Seminal tubes ;
- V.d.₂ Vas deferens ;
- P. Penis.

Obrázek 9: Vnitřní samčí reprodukční orgány klikorooha borového (James W. Munro, Natural History Department, University of Aberdeen, Notes on the Reproductive Organs of the Pine Weevil (*Hylobius abietis*))

Samčí vnější pohlavní orgány se skládají ze sedmého a osmého dorzálního plátu (*tergum*), z osmého sternitu, ze dvou chitizovaných sternitových plátů, z falešného *spiculum gastrale*, z prstence a z pouzdra. Osmé *tergum* je u samců větší než u samic a není překryto sedmým dorzálním plátem (Obr. 10). Sedmé *tergum* je také větší než u samic. Osmý sternit je u samců užší než u samic a jsou k němu připevněny dva sternitové pláty (Obr. 10 a Obr. 11), které slouží k navedení penisu po jeho vysunutí. Chitizovaná část penisu se skládá z falešného *spiculum gastrale*, z prstence a pouzdra. *Spiculum gastrale* nebo také „vidlice“ je dlouhý tyčovitý orgán, který se v jeho zadní části rozděluje na dvě kratší větve. Prstenec je kruhový, štětinatý pás chitinu, který obklopuje pouzdro penisu. Pouzdro se skládá z jemné chitinové desky, jejíž okraje překrývají a částečně obklopují ejakulační trubici. Rozšiřuje se do dvou jemných tyčinek, které jsou připevněny k prstenci a vidlici pomocí svalů. Směrem k základně pouzdra vyrůstají dva malé pláty z každé strany, které slouží k zajištění správné polohy ejakulační trubice. Pouzdro je jediná část penisu, která je vysunuta během kopulace (MUNRO 1913).



Obrázek 10: Vlevo sedmé a osmé samčí tergum, vpravo osmý sternit samce a samice (James W. Munro, Natural History Department, University of Aberdeen, Notes on the Reproductive Organs of the Pine Weevil (*Hylobius abietis*))



Obrázek 11: Venter (a) a sternit (b) samce klikoroha borového (Thompson R. T., Department of Entomology, The Natural History Museum, London, Observation on the morphology and classification of weevils (Coleoptera, Curculionidae) with a key to major groups)

4 Metodika

4.1 Materiál

Dospělci klikoroha borovéhoha zkoumaní v této práci byly získáni na 6 lokalitách ve dvou oblastech (přehled v Tab.). Na každé lokalitě bylo v roce 2014 založeno stanoviště s lapacími poleny čtyř různých dřevin o průměru 9–13 cm – douglaska tisolistá, modřín opadavý – *Larix decidua* Mill., borovice lesní – *Pinus sylvestris* L. a smrk ztepilý – *Picea abies* (L.) H. Karst. Pro polena byla vykopána společná jáma a polena byla uložena tak, že jejich dolní část byla cca 30 cm šikmo pod úrovní terénu a horní část (čelo) vyčnívala nad zemský povrch. Polena byla zasypána zeminou a půda ušlapána. Přimo v místě zakopaných polen byla ve všech případech měřena teplota půdy v hloubce 15 cm a teplota vzduchu ve výšce 1 m nad zemí (obr. 12). Po vyzvednutí byla lapací polena převezena do Výzkumného ústavu lesního hospodářství a myslivosti, v.v.i. (VÚLHM) a umístěna do fotoeklektorů. Vylíhlí dospělci byli z fotoeklektoru vybírání v měsíčním intervalu od 1. 10. 2015 do 1. 8. 2016. Následně byli brouci umístěni do lahviček s ethanolem a označeni číslem podle příslušného fotoeklektoru.

Ve fotoeklektorech bylo celkem odchyceno 253 dospělců klikoroha (přehled v Tab. 1). Pro další měření byli vybráni nepoškození brouci, vylíhlí v různém období a z různých lokalit, vyrovnaným poměrem pohlaví určeným podle vnějších morfologických znaků. Tímto způsobem bylo pro měření vybráno 111 brouků, z toho 53 samic a 58 samců (podle preparace pohlavních orgánů).

Tabulka 1: Přehled počtu brouků

dřevina	Nalezeno ve fotoeklektorech	vybráno a měřeno		
		samec	samice	celkem
BO Celkem	90	27	20	47
DG Celkem	43	12	13	25
MD Celkem	11	2	4	6
SM Celkem	109	17	16	33
Celkový součet	253	58	53	111

Tabulka 2 Přehled lokalit se zakopanými lapacími poleny, použité dřeviny, založení pokusné jámy.

LAPACÍ POLENA		DG	SM	BO	MD	Založeno	Vyzvednutí
Třebechovice	Opočno	2	2	2	2	14. 4. 2015	25. 8. 2015
Bolehošť	Kristina Colloredo-Mansfeldová	2	2	2	2	14. 4. 2015	25. 8. 2015
Mělčany	Kristina Colloredo-Mansfeldová	2	2	2	2	14. 4. 2015	25. 8. 2015
Vojířův	Jindřichův Hradec	2	2	2	2	7. 5. 2015	27. 8. 2015
Jemčina	LS Jindřichův Hradec, LČR, s. p.	2	2	2	2	7. 5. 2015	27. 8. 2015
Jemčina	LS Jindřichův Hradec, LČR, s. p.	2	2	2	2	7. 5. 2015	27. 8. 2015



Obrázek 12 Lapací polena na lokalitě Vojířův (vlevo) a na lokalitě Bolehošť (vpravo).

4.2 Výběr parametrů

Měřené parametry byly vybrány na základě výzkumu WILLIAMSE & LANGORA (2002) a JANSE VAN RENSBURG ET AL. (2003). Následně byl výběr parametrů redukován podle BOHÁČE (2015).

V minulosti nebyla stanovena jasná metodika pro výběr parametrů na účely srovnání velikosti podobných druhů hmyzu nebo pro srovnání velikostí mezi pohlavími stejného druhu. Využívaly se buď stejné parametry jako v některé starší práci, která byla tematicky blízká, nebo byl naměřen co nejvyšší počet měřitelných parametrů. Podle JANSE VAN RENSBURGA ET AL. (2003) i menší skupina parametrů má ekvivalentní množství informací jako skupina o více měřených parametrech. Podle tohoto zjednodušení je možné adekvátně popsat fenotyp a odkrýt morfologické integrace, v neposlední řadě vede k citelné časové úspoře při sběru dat. Jejich výzkum byl proveden na 6 druzích nosatců a na základě následujících faktorů byly vybrány nejspolehlivější parametry: velikost variačního koeficientu, zahrnující korekce pro malé vzorky; stupeň chyby měření; relativní snadnost měření; potenciál měřeného parametru zůstat nepoškozen; potenciál pro měření a zachycení celkové morfologické konfigurace fenotypu. Pro účely této práce byly vybrány parametry ze studie WILLIAMSE & LANGORA (2002) redukované podle BOHÁČE (2015). První zmíněná studie se zabývá měřením 4 druhů severoamerických smoláků známých pod názvem *Pissodes strobi* Say, 1831. Jejich parametry jsou vhodné zejména díky podobnosti smoláků a klikoroha borového. Na základě WILLIAMSE & LANGORA (2002) bylo vybráno dohromady 15 parametrů z toho 3 indexové, takže bylo potřeba měřit 12 parametrů na každém broukovi. V druhé práci bylo pomocí diskriminační analýzy redukováno oněch 12 měřitelných parametrů na parametry 4, jejichž kombinací je možné třídit pohlaví s poměrně vysokou pravděpodobností – 82,7 %. K nim byly přidány tři indexové parametry. Posledním použitým parametrem byla délka krovek (elytra), která je potřebná k určení celkové velikosti brouka.

4.3 Laboratorní měření klikorohů

Nejprve byly brouci vytrženi, aby byla zajištěna přítomnost brouků ze všech ploch, dřevin a aby byla přítomna obě pohlaví v dostatečném počtu. Na měření délkových parametrů byla použita binokulární lupa Olympus SZX16 rozsah zvětšení 0,7-11,5 x a software Quick Photo Camera 2.3. Pro měření každého parametru bylo potřeba brouka nastavit do polohy, kdy je parametr dobře viditelný a zároveň do polohy co nejvíce vodorovné. V této poloze byla pořízena fotografie a pomocí nakalibrovaného měřítka softwaru, změřena délka v milimetrech s přesností na setiny. Pohlaví bylo nezávisle na sobě určováno podle vnějších pohlavních znaků, a to jak podle čtvrtého zadečkového článku, tak podle posledního. Po provedení všech měření a zvážení byly broukům ohledány genitálie pomocí pitvy. Pitva přišla na řadu až nakonec, protože při ní došlo k totálnímu zničení vzorku. Brouka bylo nutné na pitvu nejdříve připravit, protože dostat se k pohlavním orgánům, je díky jeho silně chitizovanému skeletu obtížné. Brouka bylo tedy potřeba vložit do roztoku KOH (Hydroxid draselný) a při stálém míchání zahřívat, dokud vzorek dostatečně nezměkne. Po několika desítkách vteřin byl vzorek připraven k preparaci pomocí entomologických pinzet. Výsledný preparát je na obrázcích 13 a 14.



Obrázek 13: Vypreparovaná část pohlavních orgánů samce



Obrázek 14: Vypreparovaná část pohlavních orgánů samice

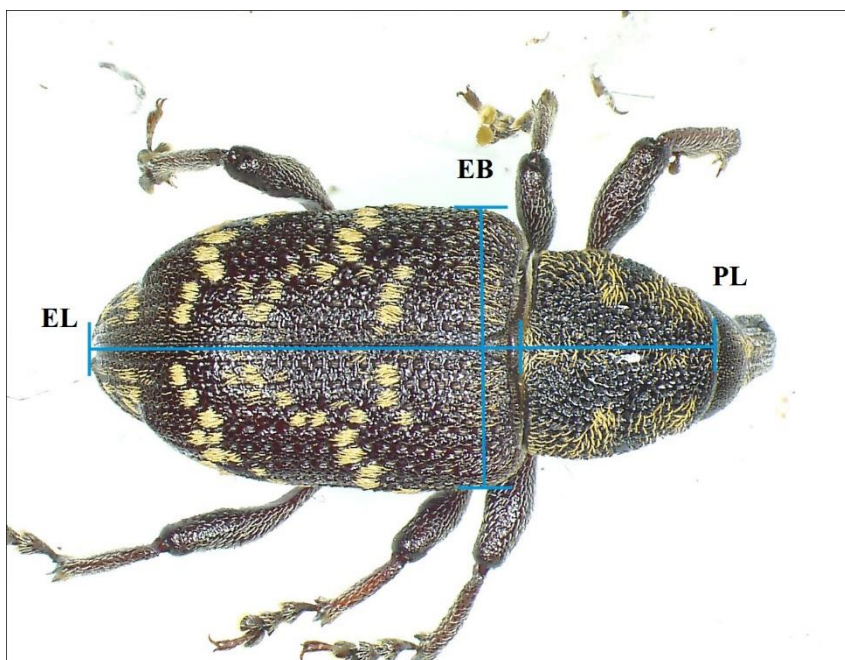
Během měření bylo zjištěno, že každý parametr je nutné měřit čtyřikrát, a to podle orientace hlavy brouka – doprava, doleva, nahoru a dolů. Pro statistické testování byla použita hodnota aritmetického průměru těchto hodnot. Tato nutnost vyplývá ze zkreslení, které způsobuje zakřivení jednotlivých částí těla brouka a nemožnosti nastavení brouka do dokonale vodorovné polohy.

4.3.1 Měřené parametry

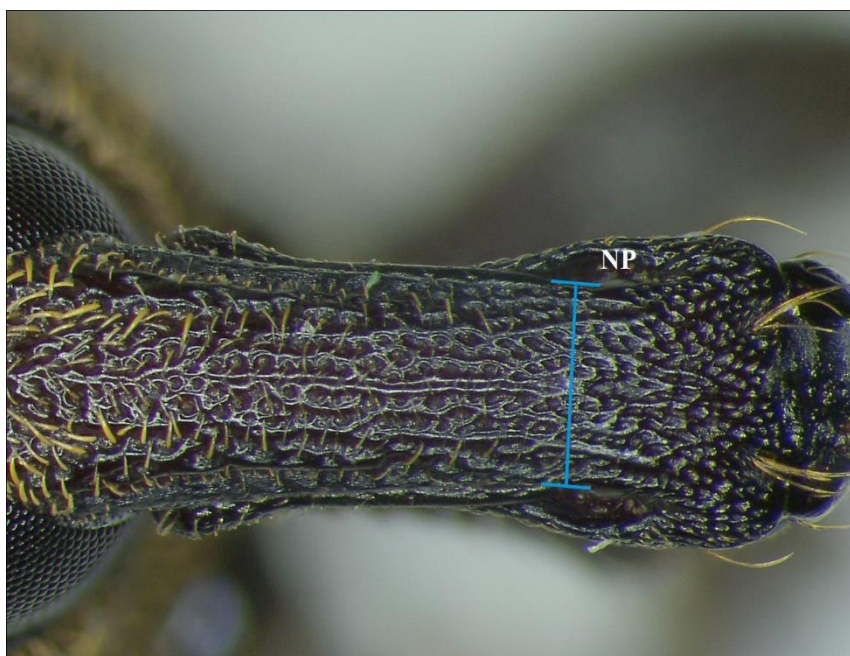
Přehled měřených parametrů (Tab. 3) dle BOHÁČE (2015) v návaznosti na studii WILLIAMSE & LANGORA (2002), měřené parametry vyznačené na fotografiích (Obr. 15-17):

Tabulka 3: Přehled měřených parametrů

Značka	Popis česky/ <i>Anglický ekvivalent</i>	Obr.č.
EB	šířka na bázi krovek	13
	<i>Width of elytra base</i>	
EL	délka krovek podél středového švu	13
	<i>Length of elytra along midline</i>	
PL	délka středohrudi podél středového švu	13
	<i>Length of pronotum at midline</i>	
NP	šířka nosce v nejužším místě mezi koncem nosce a vkloubením tykadel	14
	<i>Width of snout at narrowest point between apex and antennal insertion</i>	
MA	vzdálenost mezi koncem nosce a vkloubením tykadel	15
	<i>Length of snout between antennal insertion and apex</i>	
SL	délka nosce mezi koncem nosce a okrajem oka v jedné třetině	15
	<i>Length of snout between apex and eye margin at mid-height</i>	
SN	tvár nosce dán poměrem SL/NP	-
	<i>Snout narrowness</i>	
SA	proporce zakončení nosce dána poměrem MA/SL	-
	<i>Snout apex proportion</i>	
SS	relativní délka nosce dána poměrem SL/EL	-
	<i>Relative snout length</i>	



Obrázek 15: Měřené parametry, dorsální pohled



Obrázek 16: Měřené parametry, na rostru klikoroha borového, dorsální pohled



Obrázek 17: Měřené parametry na rostru klikoroha borového, laterální pohled

4.4 Použité statistické metody

K porovnání rozdílů mezi měřenými parametry u samců a samic, tj. porovnání středních hodnot dvou souborů je obvykle používán t-test. Použití klasického t-testu má kromě nezávislosti dat dva základní předpoklady. Prvním je shoda experimentálních dat s Gaussovým normálním rozdělením uvnitř porovnávané skupiny, druhým je homogenita rozptylu mezi analyzovanými skupinami (QUINN & KEOUGH 2002). Předpoklad normality se obvykle posuzuje vizuálně pomocí QQ-grafu nebo krabicového grafu. Stanovení shody s normálním rozdělením je rovněž možné ověřit testem např. Shapiro-Wilkův test, který je k tomuto účelu obvykle doporučován. Podle QUINNA & KEOUGH (2002) je t-test k odchýlkám od normality poměrně benevolentní (problematická je špičatost nebo bimodální rozdělení). Při silném porušení předpokladu normality je možné použít neparametrický test – obvykle Wilcoxonův, který však vyžaduje shodnost rozptylu mezi skupinami. Porušení předpokladu homogenity rozptylu je mnohem závažnějším prohřeškem, neboť přímo zvyšuje chybu I. druhu, tj. nesprávného zamítnutí nulové hypotézy. Homogenita rozptylu může být posuzována na krabicovém grafu nebo ověřována testem např. F-test. Při nehomogenním rozptylu

mezi skupinami je možné použít modifikovaný Welchův t-test, který je v určitém směru robustní variantou t-testu, ovšem vyžaduje opět přibližně normální rozdělení.

Pro statistické hodnocení velikosti těla klikoroha podle dřeviny, byl zvolen lineární regresní model. Závislou proměnnou byla délka těla (BL) kterou tvořil součet měřených parametrů PL (délka středohrudi podél středního švu) a EL (délka krovek podél středního švu). Jednalo se tedy o délku těla v mm bez hlavy a nosce. Nezávislými proměnnými druh dřeviny (BO, DG, MD, SM), lokalita (Jindřichův Hradec, Opočno) a denzita – počet klikorohů, kteří se vyvinuli na polenu. Postup analýzy byl proveden podle PEKÁR & BRABEC (2009) v prostředí R 3.3.2. (R Core Team 2016).

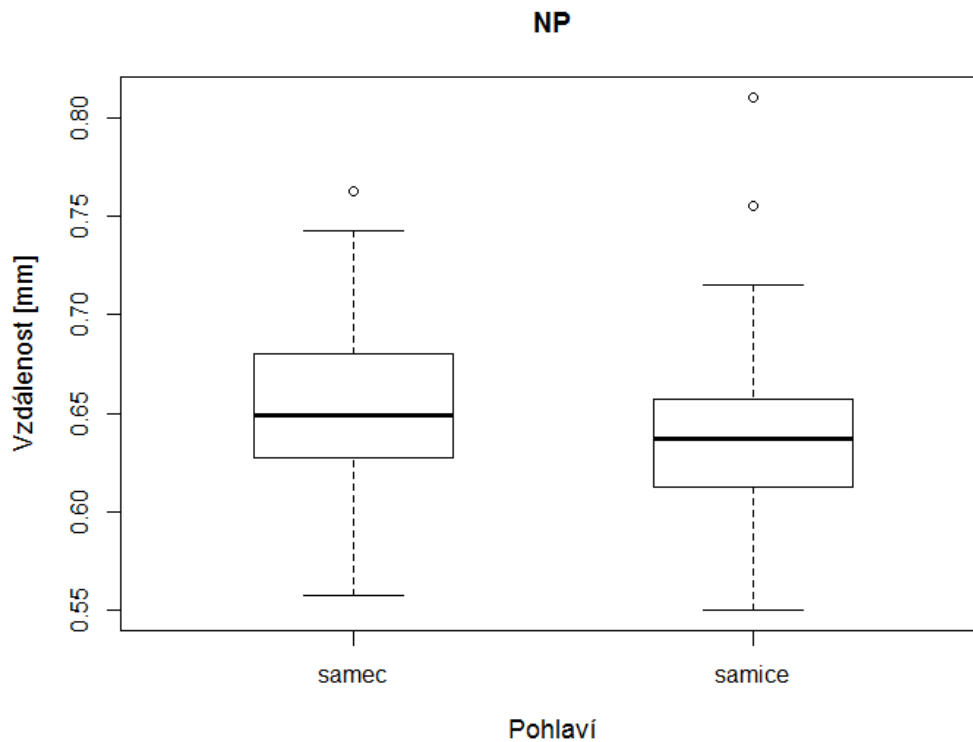
5 Výsledky

5.1 Výsledky porovnání měřených parametrů mezi pohlavími

Rankitové grafy (QQ grafy) pro všechny měřené parametry se nacházejí v přílohách 2-11.

5.1.1 NP

Průměrná šířka nosce v nejužším místě (mezi kusadly a vkloubením tykadel) byla u samic $0,64 \text{ mm} \pm 0,05 \text{ mm}$, u samců $0,65 \text{ mm} \pm 0,04 \text{ mm}$. Medián pro samice byl $0,64 \text{ mm}$, pro samce $0,65$. Obě hodnoty jsou vyznačeny v krabicovém grafu (Obr. 18) tlustou čarou. Předpoklad normality nebyl splněn u samic. Předpoklad homogenity rozptylu byl splněn pro obě pohlaví. Testem středních hodnot byla sice striktně rigorózně potvrzena shodnost parametrů (Tab. 4), avšak jen velice těsně nad hladinou významnosti. Pokud provedeme zaokrouhlení, dostáváme přesně hodnotu $0,05$ a parametr NP tak lze mezi samci a samicemi považovat za rozdílný.



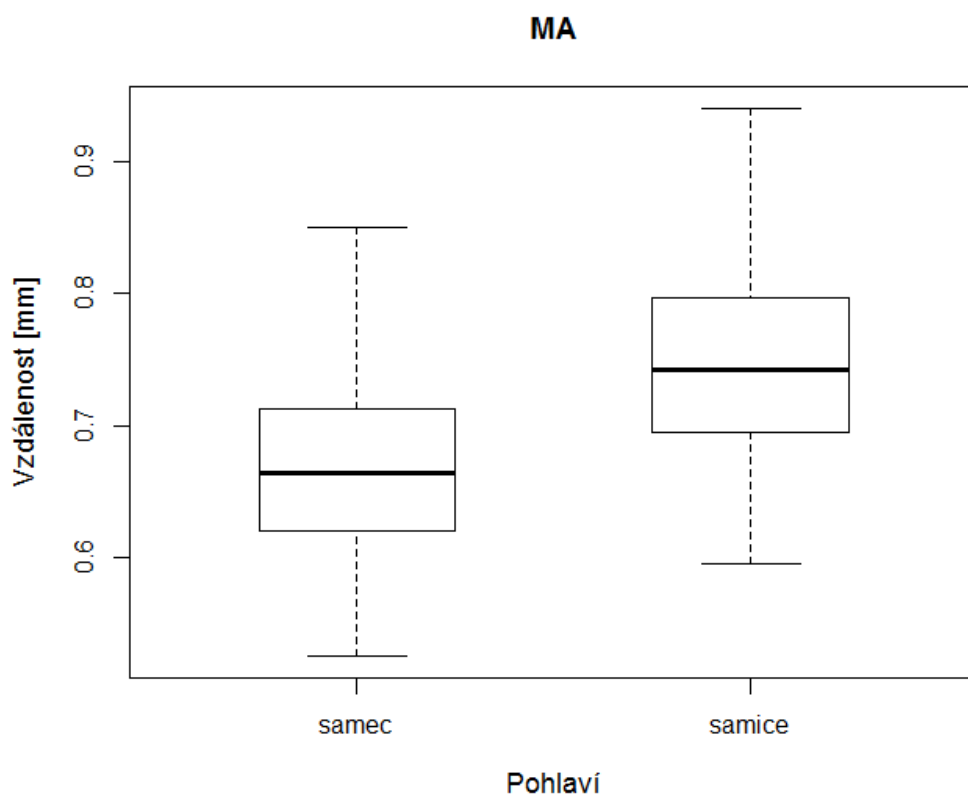
Obrázek 18: Krabicový graf šířky nosce klikoroha borového podle pohlaví

Tabulka 4: Posouzení normality a homogenity rozptylu pro parametr NP a test o shodě středních hodnot

NP	POSOUZENÍ NORMALITY		POSOUZENÍ HOMOGENITY ROZPTYLU		TEST STŘEDNÍCH HODNOT
	QQ graf	Shapiro-Wilkův test	Krabicový graf	F-test	Wilcoxonův test
samec [♂]	mírně porušená	$p=0.1481$ přijata	přijata	$p=0.3333$ přijata	$p=0.05028$ rozdílné
samice [♀]	porušená	$p=0.008061$ Zamítnuta			

5.1.2 MA

Délka nosce mezi kusadly a vkloubením tykadel byla u samic průměrně $0,75 \text{ mm} \pm 0,07 \text{ mm}$, u samců $0,67 \text{ mm} \pm 0,07 \text{ mm}$. Mediánem u samic byla hodnota $0,74 \text{ mm}$ a u samců $0,67 \text{ mm}$, obě hodnoty jsou znázorněny v krabicovém grafu (Obr. 19). Pro naměřená data byl splněn jak předpoklad normality, tak i homogenity rozptylu. Rozdíl velikostí tohoto parametru mezi pohlavími byl shledán jako statisticky významný (Tab. 5).



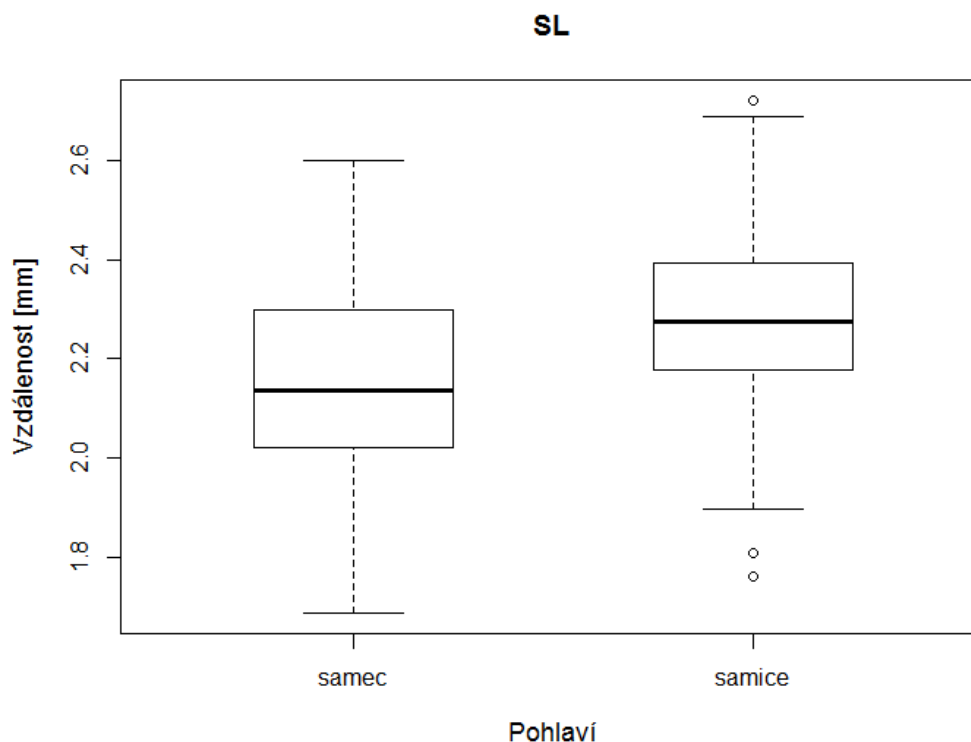
Obrázek 19: Krabicový graf délky nosce mezi vkloubením tykadel a kusadly u klikoroha borového podle pohlaví

Tabulka 5: Posouzení normality a homogenity rozptylu pro parametr MA a test o shodě středních hodnot

MA	POSOUZENÍ NORMALITY		POSOUZENÍ HOMOGENITY ROZPTYLU		TEST STŘEDNÍCH HODNOT
	QQ graf	Shapiro-Wilkův test	Krabicový graf	F-test	t-test
<i>samec</i> [♂]	přijata	$p=0.5648$ <i>přijata</i>	přijata	$p=0.7033$ <i>přijata</i>	$p=1.081e-07$ <i>rozdílné</i>
<i>samice</i> [♀]	přijata	$p=0.4017$ <i>Přijata</i>			

5.1.3 SL

Délka nosce mezi okrajem oka v první jeho třetině a kusadly činila u samic průměrně 2,27 mm ± 0,2 mm, u samců 2,15 mm ± 0,19 mm. Hodnota mediánu vyznačeném v krabicovém grafu (Obr. 20) byla pro samice 2,28 mm a pro samce 2,14 mm. Normalita naměřených dat i homogenita rozptylu byla u obou pohlaví splněna. Délka nosce byla mezi pohlavími ověřena jako rozdílná (Tab. 6).



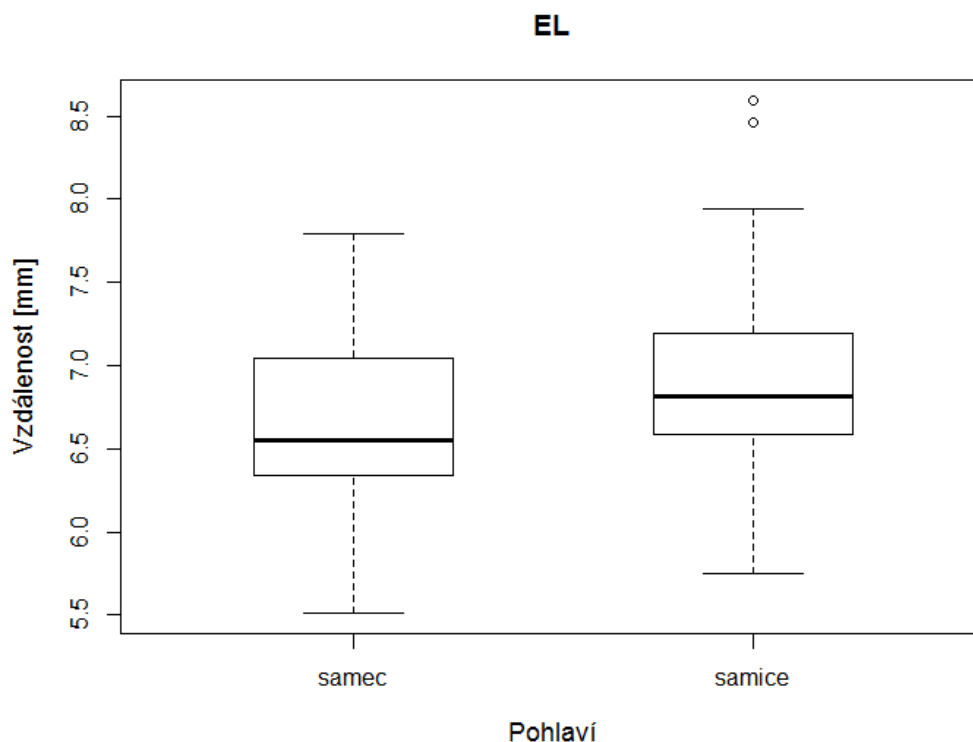
Obrázek 20: Krabicový graf délky nosce u klikoroha borového podle pohlaví

Tabulka 6: Posouzení normality a homogenity rozptylu pro parametr SL a test o shodě středních hodnot

SL	POSOUZENÍ NORMALITY		POSOUZENÍ HOMOGENITY ROZPTYLU		TEST STŘEDNÍCH HODNOT
	QQ graf	Shapiro-Wilkův test	Krabicový graf	F-test	Wilcoxonův test
<i>samec</i> [♂]	přijata	$p=0.6917$ přijata	přijata	$p=0.8582$ přijata	$p=0.0008332$ rozdílné
<i>samice</i> [♀]	mírně porušená	$p=0.4264$ přijata			

5.1.4 EL

Délka krovek měřila u samic průměrně 6,9 mm ± 0,53 mm, u samců 6,64 mm ± 0,52 mm. Hodnota mediánu byla pro samice 6,82 mm a pro samce 6,55 mm – zobrazeno na krabicovém grafu (Obr. 21). Předpoklad normality nebyl přijat pro samice, rozptyl se ukázal jako homogenní pro obě skupiny. Rozdílnost délky krovek u samců a samic byla statisticky významná (Tab. 7).



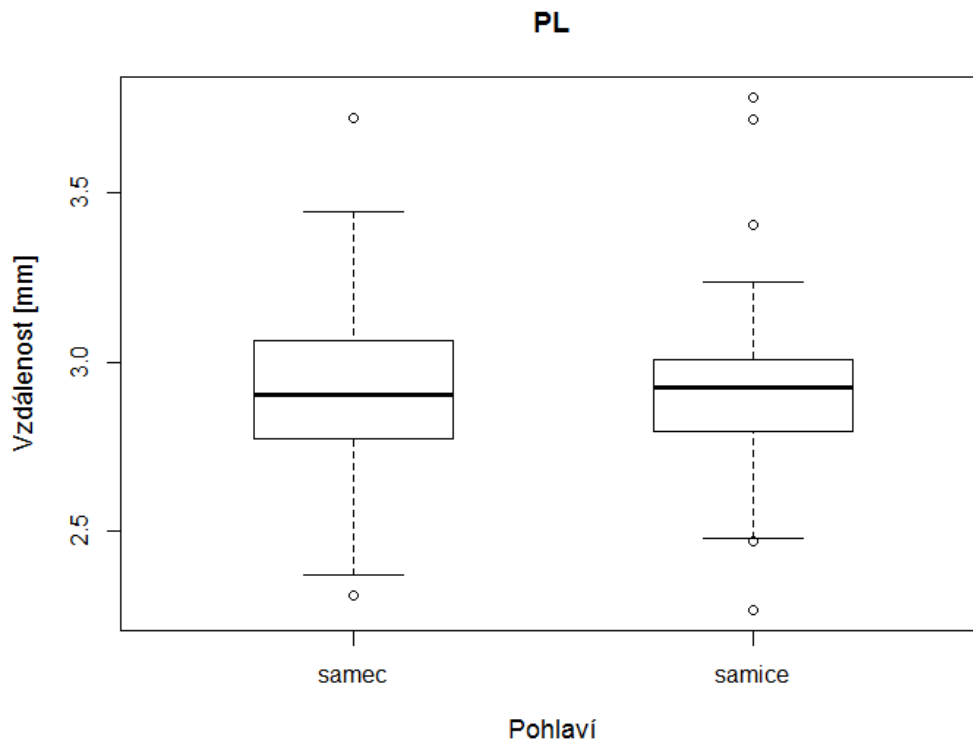
Obrázek 21: Krabicový graf délky krovek u klikorooha borového podle pohlaví

Tabulka 7: Posouzení normality a homogenity rozptylu pro parametr EL a test o shodě středních hodnot

EL	POSOUZENÍ NORMALITY		POSOUZENÍ HOMOGENITY ROZPTYLU		TEST STŘEDNÍCH HODNOT
	QQ graf	Shapiro-Wilkův test	Krabicový graf	F-test	Wilcoxonův test
samec [♂]	přijata	$p=0.2486$ přijata	přijata	$p=0.8267$ přijata	$p=0.008099$ rozdílné
samice [♀]	přijata	$p=0.0165$ zamítnuta			

5.1.5 PL

Délka pronota podél středového švu nabývala průměrně u samic $2,92 \text{ mm} \pm 0,27 \text{ mm}$ a u samců $2,92 \pm 0,26 \text{ mm}$. Medián, zobrazený na krabicovém grafu (Obr. 22), byl u samic $2,93 \text{ mm}$ a u samců činil $2,91 \text{ mm}$. Předpoklad normality byl u samic zamítnut. Rozptyl byl posouzen jako homogenní. Parametr se ukázal pro obě pohlaví jako shodný (Tab. 8).



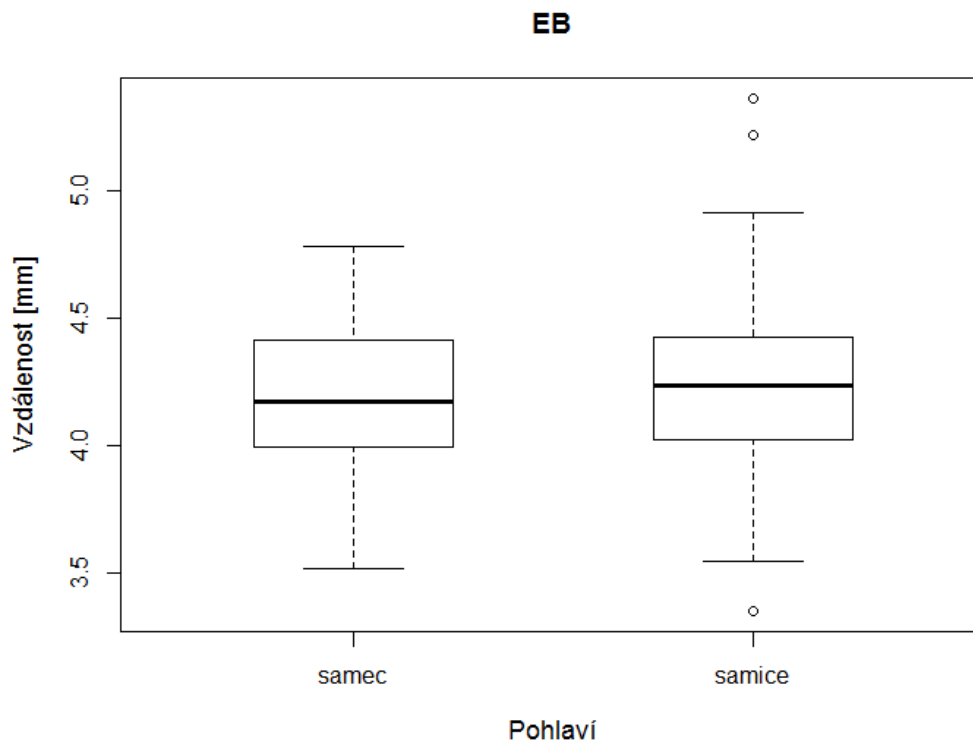
Obrázek 22: Krabicový graf délky středohrudí u klikoroha borového podle pohlaví

Tabulka 8: Posouzení normality a homogenity rozptylu pro parametr PL a test o shodě středních hodnot

PL	POSOUZENÍ NORMALITY		POSOUZENÍ HOMOGENITY ROZPTYLU		TEST STŘEDNÍCH HODNOT
	QQ graf	Shapiro-Wilkův test	Krabicový graf	F-test	Wilcoxonův test
samec [♂]	přijata	$p=0.4956$ přijata	mírně porušená	$p=0.6416$ přijata	$p=0.9294$ shodné
samice [♀]	porušená	$p=0.008757$ zamítnuta			

5.1.6 EB

Průměrná šířka krovek na jejich bázi byla průměrně u samic 4,25 mm \pm 0,38 mm, u samců pak 4,19mm \pm 0,3 mm. Na krabicovém grafu (Obr. 23) jsou znázorněny mediánové hodnoty pro samice 4,24 mm a pro samce 4,17 mm. Podmínka normality je splněna u samců, u samic byla porušena. Rozptyl se dá považovat za homogenní. Šířka krovek se u obou pohlaví prokázala jako shodná (Tab. 9).



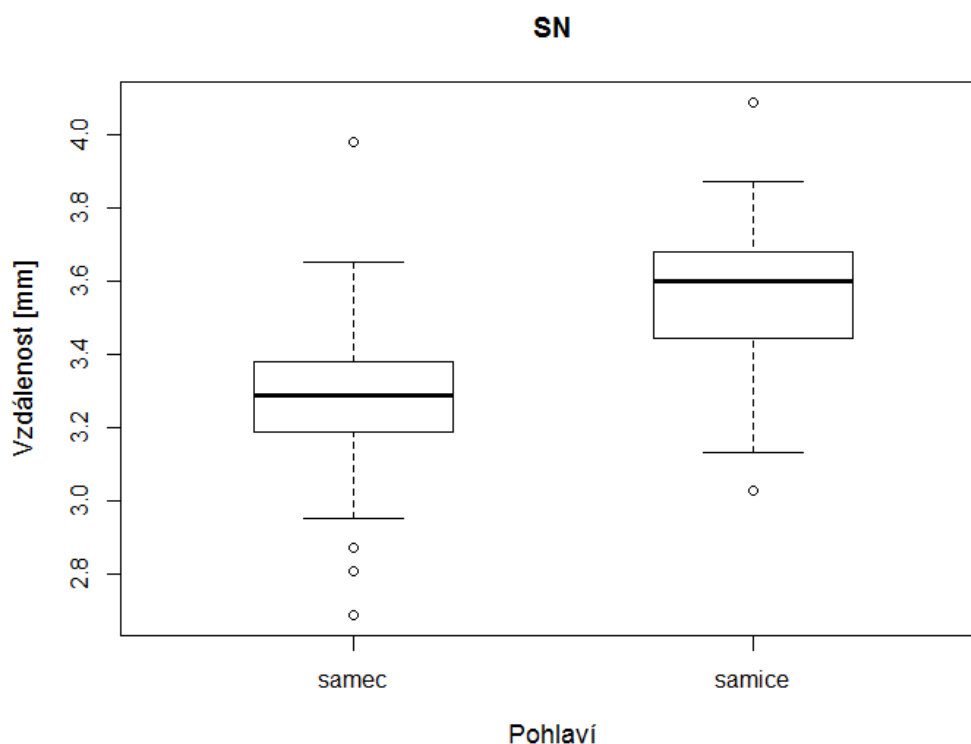
Obrázek 23: Krabicový graf šířky na bázi krovek u klikoroha borového

Tabulka 9: Posouzení normality a homogenity rozptylu pro parametr EB a test o shodě středních hodnot

EB	POSOUZENÍ NORMALITY		POSOUZENÍ HOMOGENITY ROZPTYLU		TEST STŘEDNÍCH HODNOT
	QQ graf	Shapiro-Wilkův test	Krabicový graf	F-test	Wilcoxonův test
<i>samec</i> [♂]	přijata	$p=0.5541$ přijata	přijata	$p=0.07015$ přijata	$p=0.4203$ shodné
<i>samice</i> [♀]	porušená	$p=0.2997$ přijata			

5.1.7 SN

Index šířky a délky nosce (SL/NP) byl u samic průměrně 3,56 mm ± 0,22 mm, u samců 3,28 mm ± 0,22 mm. Hodnota mediánu, zobrazená v krabicovém grafu (Obr. 24) pro samice je 3,60 mm a pro samce 3,29 mm. Podmínky normality i homogenity rozptylu parametr splňuje. Podle testu středních hodnot se podle tohoto indexu pohlaví významně liší (Tab. 10).



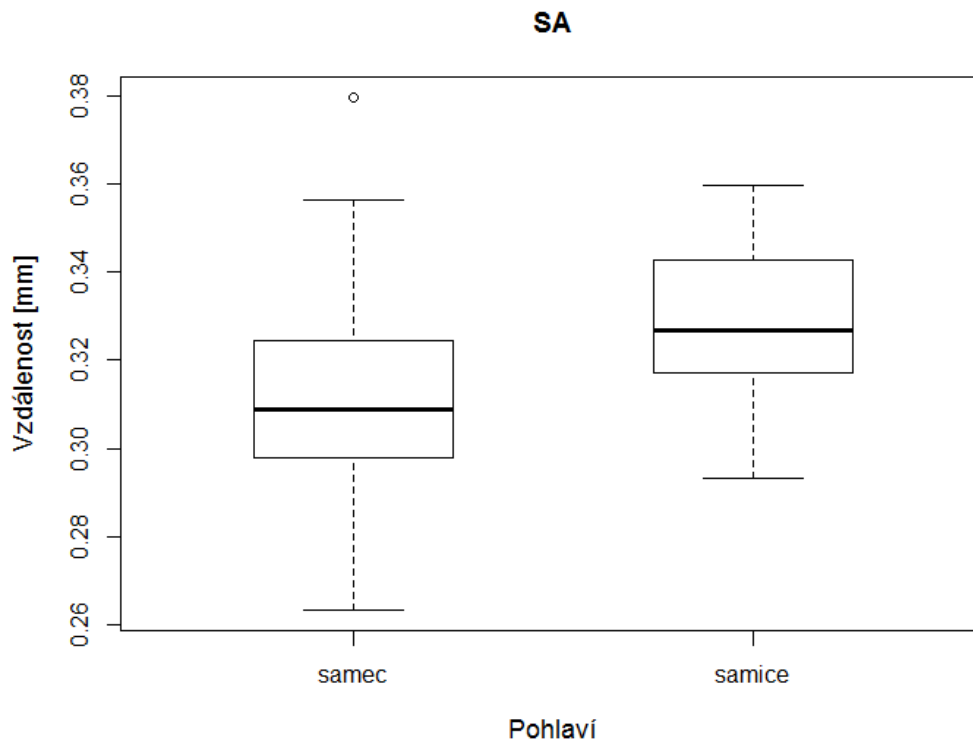
Obrázek 24: Krabicový graf poměru délky a šířky nosce u klikoroha borového podle pohlaví

Tabulka 10: Posouzení normality a homogenity rozptylu pro parametr SN a test o shodě středních hodnot

SN	POSOUZENÍ NORMALITY		POSOUZENÍ HOMOGENITY ROZPTYLU		TEST STŘEDNÍCH HODNOT
	QQ graf	Shapiro-Wilkův test	Krabicový graf	F-test	Wilcoxonův test
samec [♂]	porušená	$p=0.2629$ přijata	přijata	$p=0.3235$ přijata	$p= 1.863e-10$ rozdílné
samice [♀]	přijata	$p=0.4426$ přijata			

5.1.8 SA

Proporce zakončení nosce dána poměrem MA/SL nabývala hodnot u samic $3,28 \times 10^{-1} \text{ mm} \pm 1,64 \times 10^{-2} \text{ mm}$, u samců $3,11 \times 10^{-1} \text{ mm} \pm 2,04 \times 10^{-2} \text{ mm}$. Medián znázorněný v krabicovém grafu (Obr. 25) byl pro samice $3,27 \times 10^{-1} \text{ mm}$ a pro samce $3,09 \times 10^{-1} \text{ mm}$. Předpoklad normality i homogenity byl splněn pro obě pohlaví. Bylo potvrzeno, že podle tohoto parametru se samci od samic významně liší (Tab. 11).



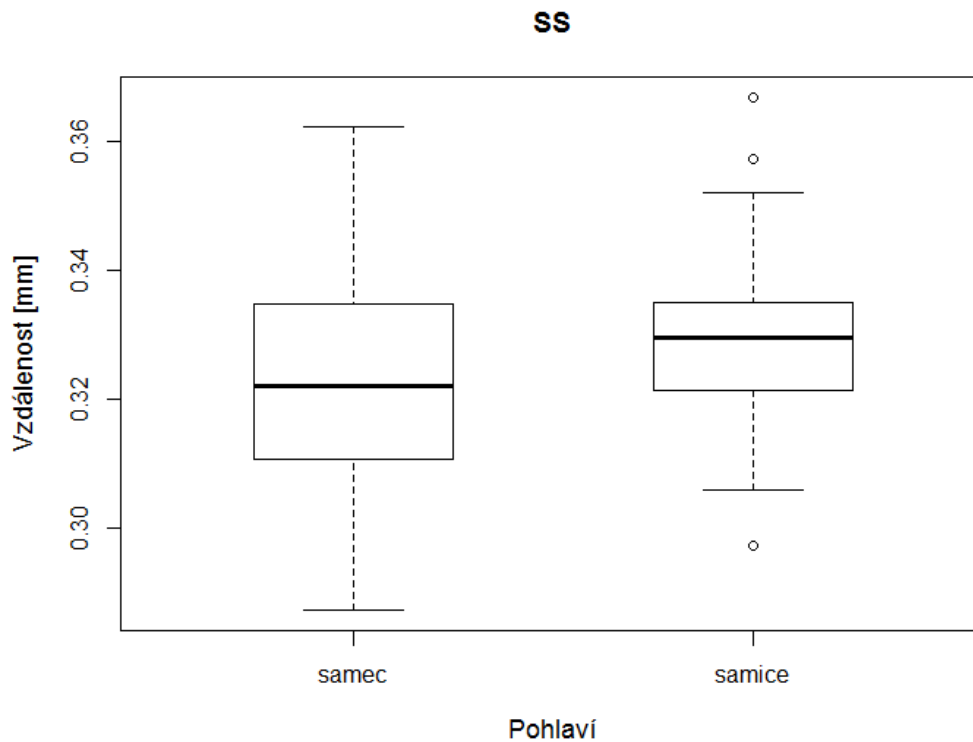
Obrázek 25: Krabicový graf proporce zakončení nosce u klikoroha borového podle pohlaví

Tabulka 11: Posouzení normality a homogenity rozptylu pro parametr SA a test o shodě středních hodnot

SA	POSOUZENÍ NORMALITY		POSOUZENÍ HOMOGENITY ROZPTYLU		TEST STŘEDNÍCH HODNOT
	QQ graf	Shapiro-Wilkův test	Krabicový graf	F-test	Welchův t-test
<i>samec</i> [♂]	přijata	$p=0.1707$ přijata	porušená	$p=0.1177$ přijata	$p= 5.928e-06$ rozdílné
<i>samice</i> [♀]	porušena	$p=0.09452$ přijata			

5.1.9 SS

Poměr délky nosce a krovek (SL/EL) nabýval u samic průměrných hodnot $3,29 \times 10^{-1} \text{ mm} \pm 1,28 \times 10^{-2} \text{ mm}$, u samců $3,23 \times 10^{-1} \text{ mm} \pm 1,63 \times 10^{-2} \text{ mm}$. V krabicovém grafu (Obr. 26) vyznačená hodnota mediánu byla u samic $3,30 \times 10^{-1} \text{ mm}$ a u samců $3,22 \times 10^{-1} \text{ mm}$. Shoda s normálním rozdělením byla podle QQ grafu mírně porušena, Shapiro-Wilkův test ji však potvrdil. Podobně to bylo u homogenity rozptylu, kdy byla podle krabicového grafu porušena, ale F-testem byla přijata. Pohlaví klikoroha borového se v tomto parametru od sebe liší (Tab. 12).



Obrázek 26: Krabicový graf poměru délky nosce u klikoroha borového podle pohlaví

Tabulka 12: Posouzení normality a homogenity rozptylu pro parametr SS a test o shodě středních hodnot

SS	POSOUZENÍ NORMALITY		POSOUZENÍ HOMOGENITY ROZPTYLU		TEST STŘEDNÍCH HODNOT
	QQ graf	Shapiro-Wilkův test	Krabicový graf	F-test	Welchův t-test
<i>samec</i> [♂]	mírně porušena	$p=0.7117$ <i>přijata</i>	porušená	$p=0.08048$ <i>přijata</i>	$p=0.03614$ <i>rozdílné</i>
<i>samice</i> [♀]	mírně porušena	$p=0.6898$ <i>přijata</i>			

5.2 Porovnání velikosti parametru BL podle živné dřeviny

Plný lineární model (se všemi interakcemi) vykázal pouze jedinou statisticky významnou proměnnou – dřevina (Tab. 13). Počet klikorohů, kteří se vyvinuli na polenu (denzita) neměl vliv na délku těla (BL). Při větším využití lýka larvami byl předpoklad nižší velikosti těla. Rovněž specifické podmínky dané lokality se neprojevily na velikosti těla klikoroha. Zjednodušený model obsahující pouze faktor dřevina byl statisticky významný (ANOVA: $df=3$, $n=111$; $p < 0.001$; Tab. 14). Velikost těla klikoroha borového byla na použitých lapacích polenech odlišná (Obr. 25). Pro porovnání pomocí treatment kontrastů byla jako kontrolní nastavena borová polena. Délka těla klikorohů byla největší na borových polenech (9,97 mm). Na smrkových polenech dosahovali klikorozi menší průměrné délky (9,66 mm). Délka těla klikorohů z polen douglasky a modřínu byla průkazně odlišná od borových polen (viz Tab. 15). Průměrná délka těla klikoroha pro jednotlivé dřeviny, 95 % interval spolehlivosti průměru a počet měřených jedinců je uveden v tabulce 16.

Tabulka 13: Lineární model velikosti těla klikoroha borového se všemi interakcemi

```
> db.1<-lm(BL~drevina*lokalita*denzita, data=DB)
> anova(db.1)
Analysis of Variance Table

Response: BL
          Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
drevina    3  9.128  3.04263   6.3441 0.0005629 ***
lokalita    1  0.058  0.05803   0.1210 0.7287002
denzita     1  0.650  0.65033   1.3560 0.2470613
drevina:lokalita  3  2.803  0.93419   1.9478 0.1268979
drevina:denzita  2  0.405  0.20244   0.4221 0.6568581
lokalita:denzita  1  0.222  0.22153   0.4619 0.4983375
drevina:lokalita:denzita  1  0.518  0.51803   1.0801 0.3012248
Residuals   98 47.001  0.47960
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

Tabulka 14: Výsledný lineární model velikosti těla klikoroha borového v závislosti na dřevině, na kterém proběhl larvální vývoj

```
> db.2<-lm(BL~drevina, data=DB)
> anova(db.2)
Analysis of Variance Table

Response: BL
          Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
drevina    3  9.128  3.04263   6.3025 0.0005601 ***
Residuals 107 51.656  0.48277
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

Tabulka 15: Porovnání kontrastů výsledný lineárního modelu

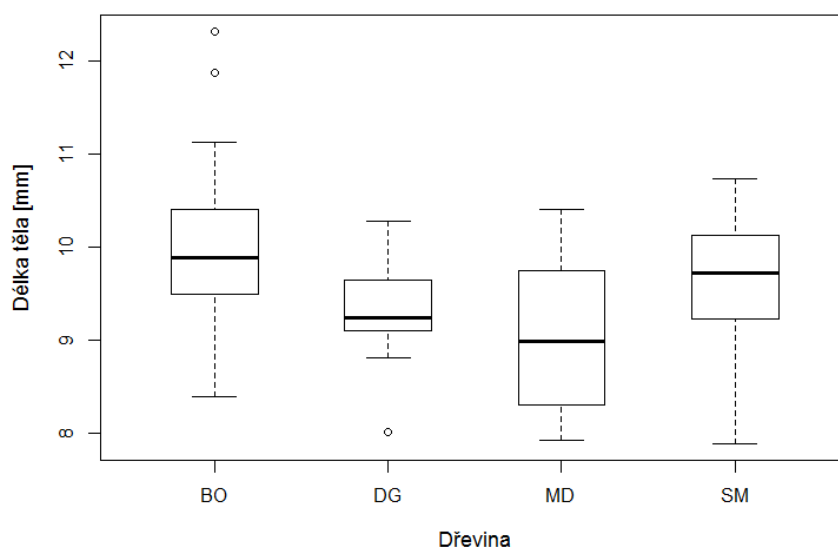
```
> summary(db.2)

Call:
lm(formula = BL ~ drevina, data = DB)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-1.7838 -0.4042 -0.0350  0.4420  2.3445

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)   9.9655     0.1013  98.328 < 2e-16 ***
drevinaDG     -0.6305     0.1720  -3.666 0.000386 ***
drevinaMD     -0.9067     0.3012  -3.010 0.003257 **
drevinaSM     -0.3017     0.1578  -1.912 0.058570 .
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.6948 on 107 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.1502,    Adjusted R-squared:  0.1263
F-statistic: 6.302 on 3 and 107 DF,  p-value: 0.0005601
```



Obrázek 25 Krabicový graf délky těla klikorooha borového podle dřeviny, na které se uskutečnil larvální vývoj, střední linie označuje medián, konce linií 1,5násobek interkvartilového rozpětí

Tabulka 16: Průměrná délka těla klikorooha pro jednotlivé dřeviny, 95 % interval spolehlivosti průměru a počet měřených jedinců.

	počet	průměr	2.5	97.5
BO	47	9.97	9.76	10.17
DG	25	9.34	9.06	9.61
MD	6	9.06	8.50	9.62
SM	33	9.66	9.42	9.90

6 Diskuze

Výběr měřených parametrů v této práci se částečně lišil od parametrů, které byli vybrány pro podobné studie zabývající se tříděním pohlaví podle morfologických znaků. Například WANG ET AL. (2013) ve studii na sexování brouka *Sternoplax souvorowiana* Reitter, 1907 měřili šířku hlavové kapsule, šířku a délku pronota, šířku krovek a celkovou délku těla. Statisticky se jim nepodařilo ověřit morfologický rozdíl velikosti mezi samci a samicemi v rámci jimi vybraných parametrů. MAENO ET AL. (2012) při zkoumání druhu *Pimelia senegalensis* Olivier, 1795 vybrali zase následující sadu parametrů: šířka hlavové kapsule, šířka pronota, délka zadního femuru, délka, šířka a výška elytra, délka posledních 3 sternitů. Zároveň také zařadili klasické morfometrické indexové parametry. Byli jimi index F/C – délka zadního femuru/šířka hlavové kapsule a E/F – délka elytra/délka zadního femuru. Statistickou analýzou došli k závěru, že u všech zmíněných parametrů byly samice větší než samci, kromě indexových parametrů, kdy se samice od samců nijak nelišili.

Hlavní odlišnost parametrů použitých v této práci jsou parametry charakterizující nosce brouka, kdy se některé z nich ukázaly jako statisticky užitečné pro třídění pohlaví (BOHÁČ 2015). Ve výše zmíněných (MAENO ET AL. 2012, WANG ET AL. 2013) studiích nemohly tyto parametry být použity kvůli absenci nosce na zkoumaných druzích. Dále nebyla použita šířka hlavové kapsule, důvodem je její obtížná měřitelnost u *H. abietis*, což je v rozporu se spolehlivostí parametrů podle JANSE VAN RENSBURGA ET AL. (2003), kde je konstatováno, že parametr musí být relativně snadno měřitelný. Neměřila se také šířka pronota, protože se dříve neosvědčila jako vhodná pro třídění pohlaví (BOHÁČ 2015). Naopak panovala shoda ohledně dimenzí krovek, které byly použity jak ve výše zmíněných studiích, tak i v této. Zároveň nebyly použity klasické morfometrické indexy F/C a E/F, protože bylo předpokládáno, že pro nosatcovité bude nejspíš více charakteristický tvar nosce, což bylo ověřeno i BOHÁČEM (2015), kde se ukázal parametr SN (poměr délky a šířky nosce) jako pohlavně dimorfní. Třídění pomocí klasických morfometrických indexů nebylo na *H. abietis* testováno a může to být tedy námětem pro další studie.

Výsledky této práce se částečně lišily od výsledků studie minulé (BOHÁČ 2015). Lineárním statistickým testováním bylo ověřeno několik parametrů jako pohlavně

dimorfních, což se v minulé práci nedalo konstatovat o žádném, kromě indexového parametru SN. Splnění těchto předpokladů se dá prisuzovat vyšší kvalitě nasbíraných dat, která byla způsobena vylepšenou metodikou samotného měření, kdy byl každý parametr měřen čtyřikrát při různé orientaci těla, čímž se snížila chyba měření ovlivněná zkreslením, které je způsobeno zakřivením těla brouka a nedokonalou vodorovnou polohou brouka v okamžiku měření. O parametrech MA (vzdálenost mezi vkloubením tykadel a koncem nosce), SL (délka nosce), EL (délka krovek podél středového švu), NP (šířka nosce v nejužším místě) a o všech indexových parametrech, se dá konstatovat, že jsou mezi pohlavími statisticky významně rozdílné. Parametry PL (délka pronota) a EB (šířka na bázi krovek) jsou pro obě pohlaví shodné. Všechny tyto pohlavně dimorfní parametry (kromě EL) charakterizují dimenze nosce a všechny tyto parametry mají samice větší než samci. Dá se tedy říct, že samice mají noseč robustnější než samci, což se dá pravděpodobně vysvětlit využitím nosce při kladení vajíček (vykousávání důlků pro vajíčka do kořene). Toto zjištění je ve shodě se studií WILHELMA ET AL. (2011), který k podobnému závěru došel u nosatce *Rhopalapion longirostre* (Olivier, 1807). Parametr EL se používá na určení celkové velikosti brouka a proto fakt, že samice mají krovky významně delší než samci, souhlasí s tvrzením mnoha autorů, že samice klikoroha borového nabývají větší velikosti než samci.

Jak samci, tak samice byly co do průměrné celkové velikosti těla menší než minulé vzorky (přehled průměrných délek všech parametrů v příloze 1 a 2). Jako celková velikost těla byla opět uvažována průměrná délka elytra (EL) sečtená s průměrnou délkou pronota (PL). Zároveň byly menší všechny měřené parametry, a to i včetně těch indexových. Se zjištěnou menší průměrnou velikostí brouků a jednotlivých parametrů může souviset nadmořská výška, ve které probíhal jejich vývoj. I u brouků totiž platí Bergmanovo pravidlo (viz BEGON et al. 1997), kdy mají živočichové v chladnějších podmínkách větší tělo než v teplejších podmínkách. Samice tak v chladnějších podmínkách investují méně např. do nosce, a naopak vytvářejí objemnější tělo. Což dále může znamenat, že v nižších polohách mohou být zaznamenány silnější projevy morfologického sexuálního dimorfismu (PAINTING ET AL. 2014, BOHÁČ 2015). Vzhledem k tomu, že vzorky z minulé studie (BOHÁČ 2015), pocházely z nadmořských výšek kolem 800 m.n.m. a vzorky z této práce pocházely z výšek 300–500 m.n.n. a zároveň v této práci bylo ověřeno více parametrů jako významně rozdílných mezi pohlavími, dá se výše zmíněná domněnka potvrdit.

Pro úplnou jistotu tohoto tvrzení by však byl zapotřebí výzkum zaměřený konkrétně na toto téma.

Úspěšnost nedestruktivního rozeznávání pohlaví byla pro oba znaky (tvar prvního a posledního zadečkového článku – zachycené v přílohách 12 -15) shodná – 96,5 %. Tento výsledek je srovnatelný se studií ÖHRNA ET AL. (2008) ohledně nedestruktivního sexování severoamerického nosatce *Hylobius warreni* Wood, 1957, který má podobné vnější pohlavní znaky jako klikoroh borový. Ve zmíněné studii bylo výsledku dosaženo bez binokulární lupy, což v této práci testováno nebylo.

Bylo statisticky ověřeno, že dřevina, na které probíhá larvální vývoj má vliv na velikost dospělého. Největší byli jedinci jejichž larvy se vyvíjely na borovici lesní, dále byli brouci ze smrku ztepilého, poté z douglasky tisolisté a nejmenší byli brouci z modřínu opadavého. Tento výsledek koreluje se zjištěním podobné studie THORPE & DAY (2002), kde na podobných dřevinách (borovice černá – *Pinus nigra* Arnold, smrk sitka – *Picea sitchensis* (Bong.) Carrière, douglaska tisolistá a modřín japonský – *Larix kaempferi* (Lamb.) Carrière zkoumali procento nevylíhlých vajíček, mortalitu larev a váhu vylíhlých dospělců. U všech dřevin se výsledky statisticky významně lišily. Nejvíce nevylíhlých larev bylo na borovici černé, dále na modřínu japonském, pak smrku sitce a nejméně na douglasce tisolisté. Mortalita larev byla drtivě největší na modřínu, další v pořadí byl smrk, pak následovala douglaska a nejnižší mortalita byla vyzorována na borovici. Největší (nejtěžší jedinci) byly z larev borovice, na druhém místě byly jedinci pocházející ze smrku, dále pak z douglasky, nejmenší jedinci pocházeli z modřínu. Z těchto jejich výsledků vyplývá, že nejvhodnější hostitelská dřevina pro larvy klikorooha borového je borovice. Nicméně právě u borovice byla pozorováno nejnižší procento vylíhlých vajíček. Důvody pro tento nesoulad jsou zatím neznámé. Jako nejméně vhodná hostitelská dřevina byl označen modřín. V navazující studii THORPE & DAY (2008) byl zjišťován vliv dřeviny při zralostním žíru. Bylo zjištěno, že během experimentu neměla dřevina vliv na reprodukční chování klikorooha. Není však vyloučeno, že vzhledem k relativní dlouhověkosti klikorooha, může mít dřevina přijímaná při maturačním žíru vliv až ve vyšším věku. Nicméně bylo zjištěno, že se podle živné dřeviny larev liší reprodukční výkon a schopnost mladých dospělců přežít první období života. Větší samice (ty, které prodělaly vývoj na vhodnějším hostiteli) kladla vajíčka dříve, ve větším počtu a o větší velikosti. Kromě této výhody má větší jedinec potenciál způsobovat větší škody mladým výsadbám. Z toho plyne,

že jedinci vyvinutí z méně vhodné hostitelské dřeviny budou menší, méně plodní a jejich populace nebude tak vysoká, což sníží jejich potenciál způsobovat škody mladým kulturám (THORPE & DAY 2002). Zároveň také během experimentu THORPE & DAY (2008) určité procento dospělců zemřelo, což úzce korelovalo s jejich váhou před zahájením maturačního žíru, která zase úzce souvisela s živnou dřevinou jejich larev.

7 Závěr

Morfologické parametry, které byly dle výsledků shledány jako pohlavně dimorfní, jsou čtyři měřitelné a tři počítané indexové parametry. Jedná se o parametry MA (vzdálenost mezi vkloubením tykadel a koncem nosce) a SL (délka nosce), NP (šířka nosce v nejužším místě), EL (délka krovek podél středového švu), indexové jsou to SN (délka nosce/šířka nosce), SA (vzdálenost mezi vkloubením tykadel a koncem nosce/délka nosce) a SS (délka nosce/délka elytra). Podle těchto parametrů se pohlaví statisticky významně liší. Toto zjištění může být v budoucnu užitečné pro další podobné výzkumy, protože bude možné měřit méně parametrů. Potvrdila se také důležitost indexových parametrů pro účely morfometrických studií. Třídění pomocí klasických morfometrických indexů nebylo na *H. abietis* testováno a může to být tedy námětem pro další studie.

Dále byl doložen vliv druhu hostitelské dřeviny na dospělce, který na nich prodělal larvální vývoj. Jako nejvhodnější se ukázala borovice a smrk, jako méně vhodné modřín a douglaska. Živná rostlina má jistý účinek na klikorohovu reprodukční schopnost a ovlivňuje tak jeho potenciál způsobovat škody. Tyto zjištění mohou být brány v úvahu v rámci integrované ochrany proti klikorohu borovém, kdy by naše lesy mohly být obhospodařovány způsobem, který nevytváří natolik vhodné podmínky pro tohoto kalamitního škůdce. Jednalo by se zřejmě o omezení velkoplošných výsadeb dřevin, které jsou nejvhodnější pro jeho vývoj.

8 Použitá literatura:

BAKKE A.; LEKANDER B. Studies on *Hylobius abietis* L. II. The influence of exposure on the development and production of *Hylobius abietis*, illustrated through one Norwegian and one Swedish experiment. *Meddeleser fra der Norske Skogsforsøksvesen*, 1965, vol. 20, s. 117-135.

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 cycles in the Nordic countries. *Acta Entomologica Fennica*, 1962, vol 17, s. 1-107.

BÍLÝ, S. *Krascovití, Buprestidae*. 1. vyd. Praha: Academia, 1989. 111 s. ISBN 80-200-0030-5.

BOHÁČ D. Srovnání velikosti dospělců klikoroha borového (*Hylobius abietis* /L./) podle pohlaví. *Bakalářská práce. Praha: FLD ČZU, 2015. 86 s.*

COLLINS S. A. The potential of entomopathogenic nematodes to reduce damage by *Hylobius abietis* L. *PhD thesis, Imperial College, University of London, 1993.*

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 stráže. 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_smlouvy. 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 stráže. 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_smlouvy>. 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_smlouvy>. ISSN 1211-1244.

ČÍŽEK, H. Marshal suSCon – nový přípravek na ochranu kultur proti klikorohu borovému. *Lesnická práce*. 1993, vol. 72, no. 3, s. 78-80. ISSN 0322-9254.

DJEDDOUR D. An investigation into adult feeding preferences of the large pine weevil, *Hylobius abietis* (Coleoptera: Curculionidae) with particular reference to the potential of broad leaf species mixtures to act as feeding depressants. *MSc thesis, Imperial College, University of London*, 1996.

DOOM D.; FRENTZEN G. W. P. Postponement of planting as a silvicultural method to prevent damage by the large pine weevil *Curculio* (*Hylobius*) *abietis*. *Nederlands Bosbouw Tijdschrift*, 1980, vol. 52, s. 217-227.

EIDMANN H. H.; SYDOW F. Stockings for protection of containerised conifer seedlings against pine weevil (*Hylobius abietis* L.) damage. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 1989, vol. 4, s. 537-547.

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.

Entomologici Fennici, 1977, vol. 43, s.115-119.

ESCHERICH, F. *Die Forstinsekten Mitteleuropas*. 2. vVyd. Berlin : Paul Parey, 1923, . 664 s.

GRIMALDI, D.; ENGEL, M.S. *Evolution of the insects*. 2. vyd. New York : Cambridge Univerzity Press, 2005. 755 s. ISBN 978-0-521-82149-0.

HAVUKKALA I. The humidity reactions of the large pine weevil *Hylobius abietis* (Coleoptera: Curculionidae), during three stages of its life cycle. *Annales Entomologici Fenici*, 1979, vol. 45, s. 54-62.

HELMS; K. R. Sexual Size Dimorphism and Sex Ratios in Bees and Wasps. *The American Naturalist*. 1994, vol. 143, no. 3, s. 418-433

HENRY C. J. The effect of a braconid ectoparasitoid, *Bracon hylobii* Ratz., on larval populations of the large pine weevil, *Hylobius abietis* L. *PhD. thesis, University of Ulster, Coleraine*, 1995.

HESSE, G.; KAUTH, H.; WÄCHTER R. Frasslockstoffe beim Fichtenrüsselkäfer *Hylobius abietis*. *Zeitschr. 1955. Angew. Entom.* 37. S. 238-244

HEYROVSKÝ, L.; SLÁMA, M. *Tesaříkovití – Cerambycidae*. 2. vyd. Zlín : Kabourek, 1992. 368 s. ISBN 80-901466-0-0.

HŮRKA, K. *Brouci České a Slovenské republiky / Beetles of the Czech and Slovak Republics*. 1. vyd. Zlín : Kabourek, 2005. 390 s. ISBN 80-86447-11-1.

HŮRKA, K.; ČEPICKÁ, A. *Rozmnožování a vývoj hmyzu*. 1. vyd. Praha : SPN, 1978. 224 s. ISBN 14-085-81.

CHRISTIANSEN E. Laboratory study on factors influencing pre-imaginal development in *Hylobius abietis* L. (Coleoptera: Curculionidae), present in reforestation areas during the first years after the final felling. *Meddeleser fra der Norske Skogsforsøksvesen*, 1971, vol. 28, s. 393-415.

JANSE VON RENSBURG L.; CHIMIMBA C. T.; BASTOS A. D.; CHOWN S. L. Morphometric measurement selection: an invertebrate case study based on weevils from sub-Antarctic Marion Island. *Polar Biology*, 2003, vol. 27, s. 38-49.

JASIČ, J. Dimorfizmus. In JASIČ, J. *Entomologický náučný slovník*. 1. vyd. Bratislava : Príroda, 1984, s. 97.

KOMÁREK, J. Několik dat z biologie klikoroha (*Hylobius abietis*) na Slovensku. *Lesnická práce*. 1924, vol., no. 3, s. 370-373 ISSN 0322-9254.

- LANGSTRÖM B. Abundance and seasonal activity of adult *Hylobius* – weevils in reforestation areas during first years following final felling. *Communicationes Instituti Forestalis fenniae*, 1982, vol. 106, s. 2-22.
- LEATHER S. R.; DAY K. R.; SALISBURY A. N. The biology and ecology of the large pine weevil *Hylobius abietis* (Coleoptera: Curculionidae): a problém of dispersal?. *Bulletin of Entomological Research*, 1999, vol. 89, s. 3-16.
- LEATHER S. R.; SMALL A. A.; & HOGAN L. M. Adult feeding preferences of the large pine weevil, *Hylobius abietis* (Coleoptera: Curculionidae). *European Journal of Entomology*, 1994, vol. 91, s. 385-389.
- LEVERTON, R. Enjoying moths. 1. vyd. London : Academic Press, 2001. 276 s. ISBN 0-85661-124-7.
- LUIK A.; VOOLMA K. Some aspects of the occurrence, biology and cold – hardiness of *Hylobius* weevils. *Insects affecting reforestation: biology damage*, 1989, s. 28-33.
- MAENO K. O.; NAKAMURA S.; BABAH M. A. O. Sexing Live Adults of the Three Species of Darkling Beetle (Coleoptera: Tenebrionidae) and Morphological Characteristics. *Annals of the Entomological Society of America*, 2012. vol. 105, s. 726-730.
- MANLOVE J. D.; STYLES J. S.; LEATHER S. R. Feeding of the large pine weevil *Hylobius abietis* (Coleoptera: Curculionidae). *European Journal of Entomology*, 1997, vol. 94, s. 153-156.
- MODLINGER, R. LIŠKA, J. Zajímavé případy výskytu lesního hmyzu v roce 2011. *Lesnická práce*. 2012, vol. 91, no. 1, s. 38-39. ISSN 0322-9254.
- MODLINGER, R. Možnosti Ochrany výsaděb proti klikorohu borovému. *Lesnická práce*. 2012, vol. 91, no. 4, s. 52-53. ISSN 0322-9254.
- MODLINGER, R.; KNÍŽEK, M. Klikoroh borový *Hylobius abietis* (L.). *Lesnická práce*. 2009, vol. 88, no. 10, s. I-IV. ISSN 0322-9254
- MRÁČEK, Z. Kontrola klikoroha, hlavní zásady prognózy a obranná opatření. *Lesnická práce*. 1989, vol. 78, no. s. 113-116. ISSN 0322-9254.

- MRÁČEK, Z.; ŠRŮTKA, P. Stav znalostí a možnostech obrany proti klikorhu borovému (*Hylobius abietis* L.) v zemích Evropy. *Zprávy lesnického výzkumu*. 1984
- MUNRO J. W. Notes on the Reproductive Organs of the Pine Weevil (*Hylobius abietis*). *Proceedings of the Royal Physical Society*, 1913, vol. 19, s.161-169.
- MUNRO J.W. The biology and control of *Hylobius abietis* L. *Forestry*, 1928, vol. 2, s. 31-39.
- NORDENHAM H.; EIDMANN H. H. Response of the pine weevil *Hylobius abietis* L. (Col., Curculionidae) to host volatiles in different phases of its adult life cycle. *Journal of Applied Entomology*, 1991, vol. 112, s. 353-358.
- NORDENHAM H. Age, sexual development, and seasonal occurrence of the pine weevil *Hylobius abietis* (L.). *Journal of Applied Entomology*, 1989, vol. 108, s. 260-270.
- NOVÁK I.; SEVERA, Z. *Motýli*. 1. vyd. Praha : Aventinum, 1990. 368 s. ISBN 80-7151-210-9.
- NOVÁK, V. Klikorh borový. *Lesnické aktuality*. 1.vyd. SZN : Praha, 1965, vol. 18, 5-? 90 s. ISBN 07-014-65.
- NOVÁK, V.; HROZINKA, F.; STARÝ, B. *Atlas hmyzích škůdců lesních dřevin*. Praha : SZN, 1974. 128 s.
- OBENBERGER, J. *Entomologie I*. 1. vyd. Praha: Přírodovědecké vydavatelství, 1952. 869 s.
- ÖHRN, P.; KLINSBERG, M.; HOPKINS, G.; BJÖRKLUND, N. Two non-destructive techniques for determining the sex of live adult *Hylobius warreni*. *The Canadian Entomologist*. 2008, vol. 140, no. 5, s. 617-620.
- PAINTING, C. J.; BUCKLEY, T. R., HOLWELL, G. I. Weapon allometry varies with latitude in the New Zealand giraffe weevil. *Journal of Evolutionary Biology*. 2014, vol. 27, s. 2864-2870.
- PEKÁR, S.; BRABEC, M. *Moderní analýza biologických dat 1*. Praha, Scientia, 2009, 225 s.

- PYE A. E.; BURMAN M. Pathogenicity of the nematode *Neoplectana carpocapsae* (*Rhabditida, Steinernematidae*) and certain microorganisms towards the large pine weevil, *Hylobius abietis* (*Coleoptera, Curculionidae*). *Annales*
- PYE A. E.; PYE N. L. Different applications of the insect parasitic nematode *Neoplectana carpocapsae* to control the large pine weevil *Hylobius abietis*. *Nematologica*, 1985, vol. 31, s. 109-116.
- PYE A.E.; CLAEISSON R. Oviposition of the large pine weevil *Hylobius abietis* (*Coleoptera, Curculionidae*). *Annales Entomologici Fenici*, 1981, vol.47, s. 21-24.
- QUINN, G.P.; KEOUGH, M.J. *Experimental Design and Data Analysis for Biologists*. Cambridge University Press : New York, 2002, 537 s. ISBN 978-0-511-07812-5
- R CORE TEAM. *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2016. URL <http://www.R-project.org/>.
- SALISBURY A.N. Predation and migration of *Hylobius abietis* (L.), (*Col: Curculionidae*) larvae. *MSc thesis, Imperial College, University of London*, 1996
- SCOTT T. M.; KING C. J. The large pine weevil and black pine beetles. *Forestry Comission Leaflet*, 1974, vol. 58.
- SELANDER J. Evidence of pheromone-mediated behaviour in the large pine weevil, *Hylobius abietis* (*Coleoptera, Curculionidae*). *Annales Entomologici Fenici*, 1978, vol. 44, s. 105-112.
- SELANDER J.; JANSSON A. Sound production associated with mating behaviour of the large pine weevil *Hylobius abietis* (*Coleoptera, Curculionidae*). *Annales Entomologici Fenici*, 1977, vol. 43, s. 66-75.
- SELANDER J.; KALO P.; KANGAS E.; PERTUNNEN V. Olfactory behavior of *Hylobius abietis* L. (*Col., Curculionidae*). I. Response to several terpenoid fractions isolated from Scots pine phloem. *Annales Entomologici Fenici*, 1974, vol. 39, s. 40-45.
- SHINE; R. Determinants of Sexual Differences in Adult Body Size. *The American Naturalist*. 1990, vol. 135, no. 2, s. 278-283

SCHWENKE, W. Zur Bionomie und Gradiologie des grossen braunen Rüsselkäfers *Hylobius abietis* L. Beitr. Ent 6 (3/4). 1. Vyd. 1956. 245-273 s.

SKRECZ I.; MOORE R. The attractiveness of pine branches infected with selected wood-colonizing fungi to the large pine weevil (*Hylobius abietis*). In GREGOIRE, J. C., LIEBHOLD, A. M., STEPHEN F. M., DAY K. R. AND SALOM S. M. (Eds) Integrated cultural tactics into the management of bark beetle and reforestation pests. *General Technical Report NE. US Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Forest Experiment Station. Radnor, Pennsylvania, USDA Forest Service, 1997.*

THORPE K. V.; DAY K. R. Reproductive maturation in the large pine weevil *Hylobius abietis*: the relative importance of larval and adult diet. *Agricultural and Forest Entomology*, 2008, vol. 10, s. 53-59.

THORPE K. V.; DAY K. R. The impact of host plant species on the larval development of the large pine weevil *Hylobius abietis* L. *Agricultural and Forest Entomology*, 2002, vol. 4, s. 187-194.

TILLES D. A.; EIDMANN H.H. & SOLBRECK B. Mating stimulant of the pine weevil *Hylobius abietis* (L.). *Journal of chemical ecology*. 1988, vol. 14, s. 1495-1503.

VET L. E. M.; OPZEELAND K. The influence of conditionig on olfactory microhabitat and host location in *Asobara tabida* (Nees) and *A. rufescens* (Foerster) (*Braconidae: Alysiniinae*) larval parasitoids of *Drosophilidae*. *Oecologia*, 1984, vol. 63, s. 171-177.

WANG Y.; MA J.; MAO X. Development of a Nondestructive Method for Sexing Live Adult *Sternoplax souvorowiana* (*Coleoptera: Tenebrionidae*). *Journal of Insect Science*, 2013, vol. 15, s.1-5.

WEGENSTEINER R.; FUHRER E. Zur Wirksamkeit von *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. Gegen *Hylobius abietis* L. (*Col.: Curculionidae*). *Entomophaga*, 1988, vol. 33, s. 339-348.

WILHELM, G.; HANDSCHUH, S.; PLANT, J.; NEMESCHKAL, H. L. Biological Journal of the Linnean Society. 2011, vol. 104, s. 642-660.

WILSON, L. F.; WADDEL, C. D. MILLERS, I. A Way to Distinguish Sex of Adult *Hylobius* Weevils in the Field. *The Canadian Entomologist*. 1966, vol. 98, s. 1118-1119.

ZAHRADNÍK, J. *Blanokřídli*. 1. vyd. Praha : Artia, 1987. 184 s. ISBN 59-271-83.

9 Přílohy

Příloha 1: Přehled statistických údajů – Samice (v mm)	76
Příloha 2: Přehled statistických údajů – Samci (v mm).....	76
Příloha 3: Rankitový graf parametru EB pro samce a samice klikorooha borového.....	76
Příloha 4: Rankitový graf parametru MA pro samce a samice klikorooha borového	76
Příloha 5: Rankitový graf parametru NP pro samce a samice klikorooha borového.....	77
Příloha 6: Rankitový graf parametru PL pro samce a samice klikorooha borového	77
Příloha 7: Rankitový graf parametru SL pro samce a samice klikorooha borového	77
Příloha 8: Rankitový graf parametru EL pro samce a samice klikorooha borového	78
Příloha 9: Rankitový graf parametru SA pro samce a samice klikorooha borového.....	78
Příloha 10: Rankitový graf parametru SN pro samce a samice klikorooha borového.....	78
Příloha 11: Rankitový graf parametru SS pro samce a samice klikorooha borového	79
Příloha 12: Samec – vnější pohlavní znak na prvním zadečkovém článku	79
Příloha 13: Samice – vnější pohlavní znak na prvním zadečkovém článku	79
Příloha 14: Samice – oba vnější pohlavní znaky (první a poslední zadečkový článek) .	80
Příloha 15: Samec – oba vnější pohlavní znaky (první a poslední zadečkový článek) ..	80

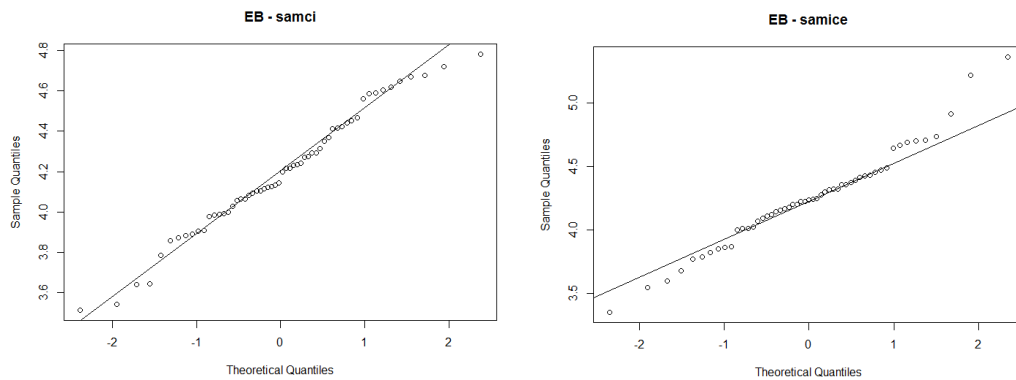
Příloha 1: Přehled statistických údajů – Samice (v mm)

Samice	MA	PL	EB	NP	SL	EL	SN	SA	SS
minimum	0,60	2,27	3,35	0,55	1,76	5,75	3,03	$2,93 \times 10^{-1}$	$2,97 \times 10^{-1}$
maximum	0,94	3,78	5,36	0,81	2,72	8,59	4,09	$3,60 \times 10^{-1}$	$3,67 \times 10^{-1}$
rozpětí	0,35	1,52	2,02	0,26	0,96	2,84	1,06	$6,63 \times 10^{-2}$	$6,92 \times 10^{-2}$
medián	0,74	2,93	4,24	0,64	2,28	6,82	3,60	$3,27 \times 10^{-1}$	$3,30 \times 10^{-1}$
průměr	0,75	2,92	4,25	0,64	2,27	6,90	3,56	$3,28 \times 10^{-1}$	$3,29 \times 10^{-1}$
rozptyl	$0,05 \times 10^{-1}$	0,07	0,15	$0,02 \times 10^{-1}$	0,04	0,28	0,04	$2,70 \times 10^{-4}$	$1,65 \times 10^{-4}$
směrodatná odchylka	0,07	0,27	0,38	0,05	0,20	0,53	0,19	$1,64 \times 10^{-2}$	$1,28 \times 10^{-2}$

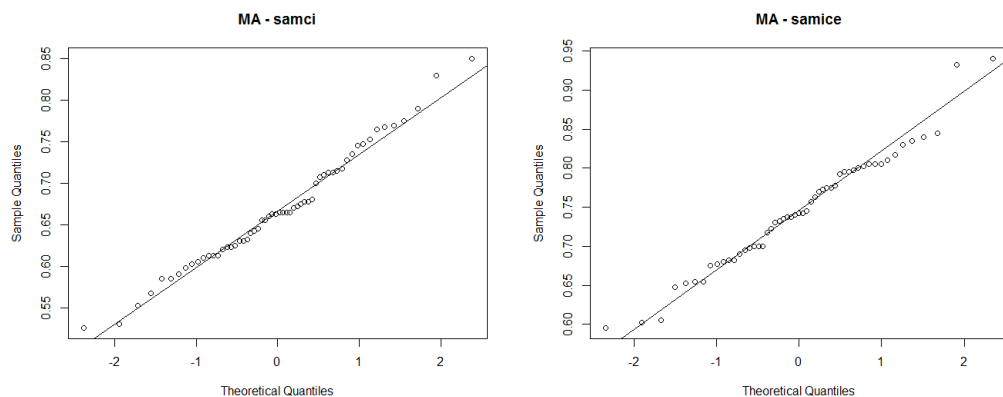
Příloha 2: Přehled statistických údajů – Samci (v mm)

Samci	MA	PL	EB	NP	SL	EL	SN	SA	SS
minimum	0,53	2,31	3,51	0,56	1,69	5,51	2,69	$2,63 \times 10^{-1}$	$2,87 \times 10^{-1}$
maximum	0,85	3,73	4,78	0,76	2,60	7,79	3,98	$3,79 \times 10^{-1}$	$3,62 \times 10^{-1}$
rozpětí	0,33	1,42	1,27	0,21	0,92	2,28	1,29	$1,16 \times 10^{-1}$	$7,48 \times 10^{-2}$
medián	0,66	2,91	4,17	0,65	2,14	6,55	3,29	$3,09 \times 10^{-1}$	$3,22 \times 10^{-1}$
průměr	0,68	2,92	4,19	0,65	2,15	6,64	3,28	$3,11 \times 10^{-1}$	$3,23 \times 10^{-1}$
rozptyl	$0,05 \times 10^{-1}$	0,07	0,09	$0,02 \times 10^{-1}$	0,04	0,27	0,05	$4,16 \times 10^{-4}$	$2,66 \times 10^{-4}$
směrodatná odchylka	0,07	0,26	0,30	0,04	0,19	0,52	0,22	$2,04 \times 10^{-2}$	$1,63 \times 10^{-2}$

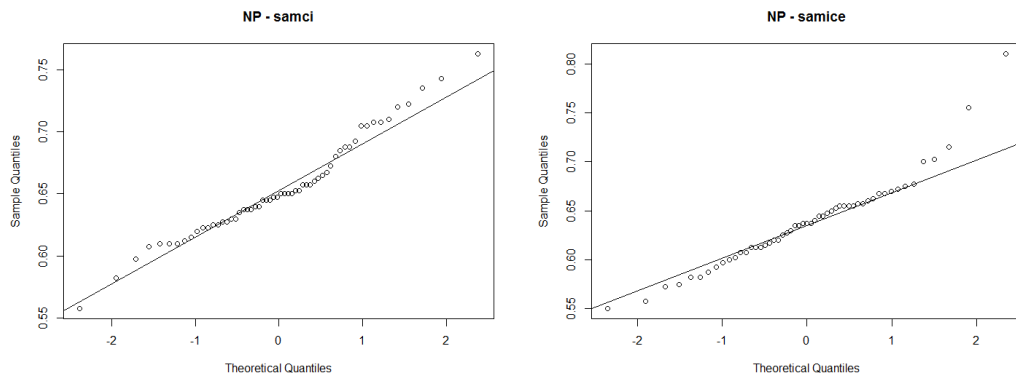
Příloha 3: Rankitový graf parametru EB pro samce a samice klikoroha borového



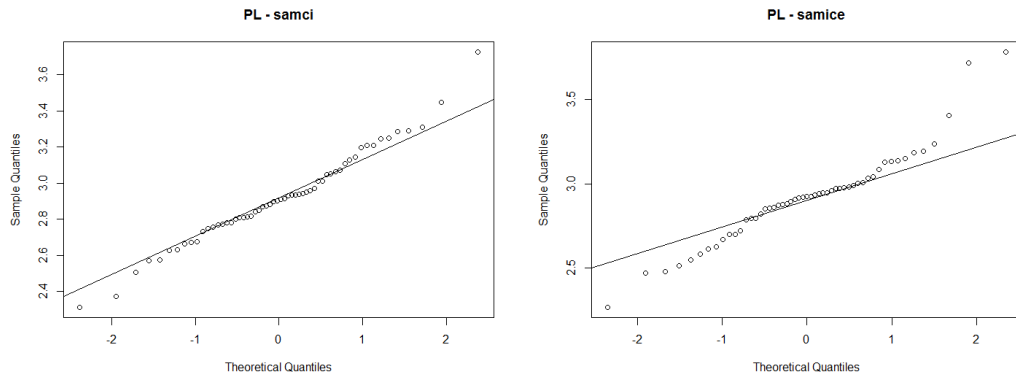
Příloha 4: Rankitový graf parametru MA pro samce a samice klikoroha borového



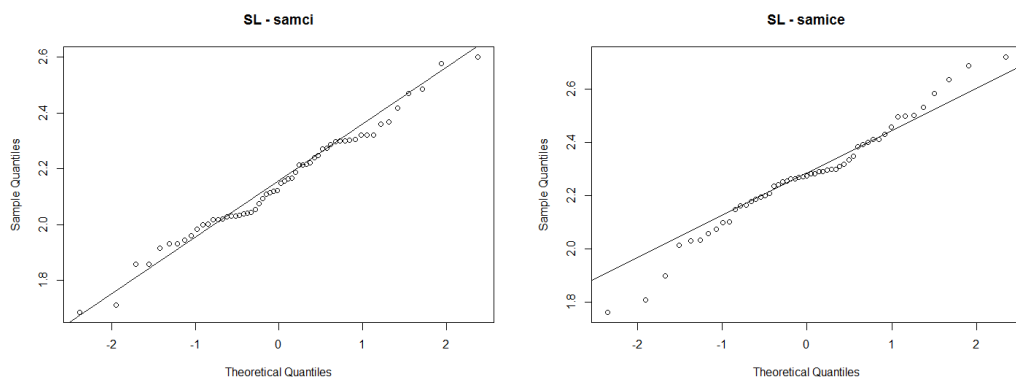
Příloha 5: Rankitový graf parametru NP pro samce a samice klikorooha borového



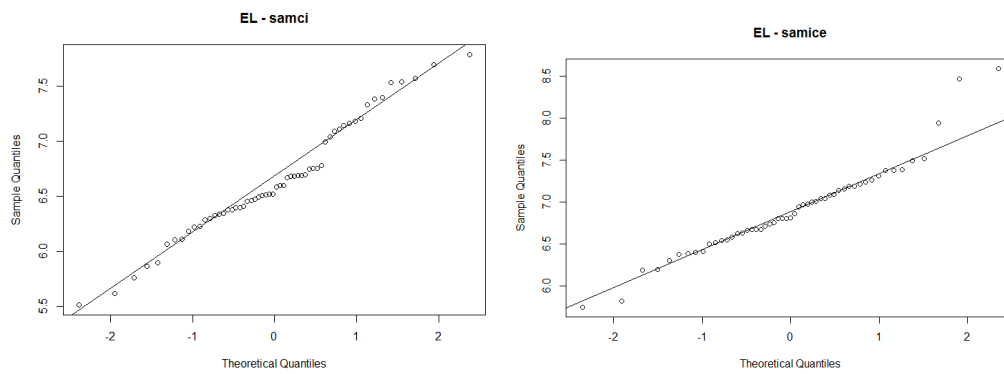
Příloha 6: Rankitový graf parametru PL pro samce a samice klikorooha borového



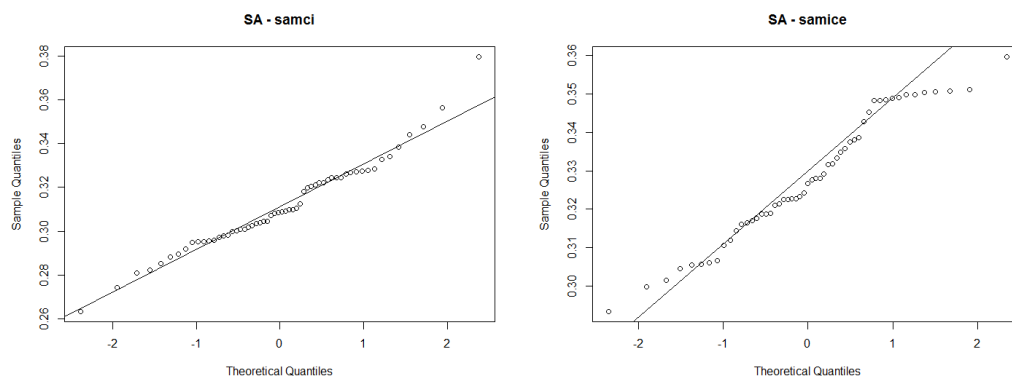
Příloha 7: Rankitový graf parametru SL pro samce a samice klikorooha borového



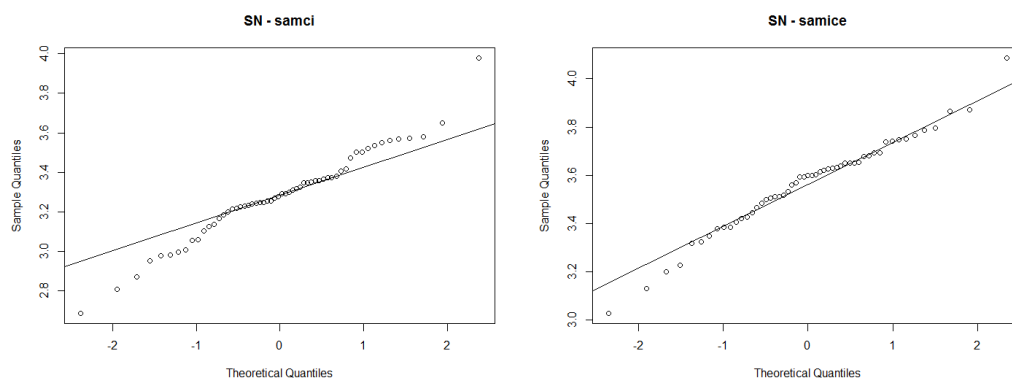
Příloha 8: Rankitový graf parametru EL pro samce a samice klikoroha borového



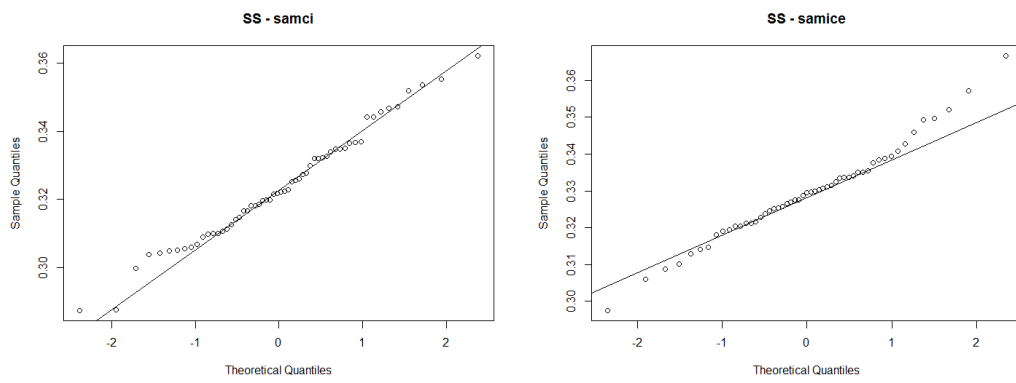
Příloha 9: Rankitový graf parametru SA pro samce a samice klikoroha borového



Příloha 10: Rankitový graf parametru SN pro samce a samice klikoroha borového



Příloha 11: Rankitový graf parametru SS pro samce a samice klikoroha borového



Příloha 12: Samec – vnější pohlavní znak na prvním zadečkovém článku



Příloha 13: Samice – vnější pohlavní znak na prvním zadečkovém článku



Příloha 14: Samice – oba vnější pohlavní znaky (první a poslední zadečkový článek)



Příloha 15: Samec – oba vnější pohlavní znaky (první a poslední zadečkový článek)

