

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra ochrany lesa a entomologie



Česká
zemědělská
univerzita
v Praze

Tvorba maticového determinačního klíče lýkožroutů rodu *Ips*
České republiky

Bakalářská práce

Autor: Ing. Vladimír Štěpán

Vedoucí práce: doc. Ing. Oto Nakládal, Ph.D.

2023

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Ing. Vladimír Štěpán

Lesnictví

Ochrana a pěstování lesních ekosystémů

Název práce

Tvorba maticového determinačního klíče lýkožroutů rodu Ips České republiky

Název anglicky

Matrix determination key for bark beetles of the genus Ips of the Czech Republic

Cíle práce

1. Vytvořit obrazovou dokumentaci determinačních znaků lýkožroutů rodu Ips žijících v ČR
2. Vytvořit maticový determinační lýkožroutů rodu Ips žijících v ČR
3. Vytvořit zdrojový kód a implementovat webovou online verzi determinačního klíče

Metodika

U druhů rodu Ips žijících na území ČR (Ips duplicatus, I. acuminatus, I. sexdentatus, I. typographus, I. amittinus a I. cembrae) budou pomocí špičkové zobrazovací techniky nafoceny všechny determinační znaky používaných u dichotomických determinačních klíčů. Fotodokumentace bude pořízena ve vysokém rozlišení a ve vysoké hloubce ostrosti. U druhů s pohlavním dimorfismem budou nafoceny znaky samic i samců separátně. Z fotografií bude sestaven maticový determinační klíč.

Maticový determinační klíč bude převeden do relační databáze (např. PostgreSQL) a na tomto základě bude navrhnout a implementován kód aplikace umožňující online interakci s determinačním klíčem pomocí webového rozhraní. K vývoji webové aplikace bude použit vhodný framework (Ruby on Rails) s prezenční vrstvou na bázi skriptovacího jazyka JavaScript. Všechny použité technologie i výsledný kód determinačního kódu budou na bázi otevřeného software (Open-source software).

Harmonogram:

do července 2022 budou vytvořeny ilustrační fotografie kůrovců, do září 2022 vyhotovena literární rešerše, říjen 2022 tvorba maticového determinačního klíče, listopad 2022 vytvoření kapitol metodika a výsledky, prosinec 2022 vytvoření a implementace webové verze determinačního klíče, leden 2023 kapitola diskuze a závěr práce, únor 2023 odevzdání práce.

Doporučený rozsah práce

40-60 stran

Klíčová slova

Coleoptera, Ips, brouci, lýkožrout, determinační klíč, Česká republika

Doporučené zdroje informací

- COPELAND D. B. 2017: Rails, Angular, Postgres, and Bootstrap, Second Edition – Powerful, Effective, Efficient, Full-Stack Web Development. The Pragmatic Bookshelf, Raleigh, North Carolina, 342 pp.
- OLSEN R. 2007: Design Patterns in Ruby. Addison-Wesley Professional, Pearson. 352 pp.
- PFEFFER A. 1955: Kůrovci – Scolytoidea. Fauna ČSR. Svazek 6. ČSAV, Praha, 324 pp.
- PFEFFER A. 1989: Kůrovcovití (Scolytidae) a jádrohlodovití (Platypodidae). Academia, Praha, 137 pp.
- PFEFFER A. 1995: Zentral- und westpaläarktische Borken- und Kernkäfer (Coleoptera: Scolytidae, Platypodidae). Pro Entomologia, c/o Naturhistorisches Museum, Basel, 310 pp.
- SCHLYTER F. & CEDERHOLM I. 1981: Separation of the sexes of living spruce bark beetles, Ips typographus (L.), (Coleoptera: Scolytidae). Zeitschrift für Angewandte Entomologie, 92: 42-47.

Předběžný termín obhajoby

2022/23 LS – FLD

Vedoucí práce

doc. Ing. Oto Nakládal, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra ochrany lesa a entomologie

Elektronicky schváleno dne 5. 5. 2022

prof. Ing. Jaroslav Holuša, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 7. 7. 2022

prof. Ing. Róbert Marušák, PhD.

Děkan

V Praze dne 07. 02. 2023

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „Tvorba maticového determinačního klíče lýkožroutů rodu *Ips* České republiky“ vypracoval samostatně a citoval jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použil, a které jsem rovněž uvedl na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

Jsem si vědom, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

Jsem si vědom, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souladu s GDPR.

V Praze dne 5. dubna 2023

Podpis autora:

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat především doc. Ing. Otu Nakládalovi, Ph.D., za cennou pomoc a odborné vedení, které mi v průběhu celé práce věnoval, včetně zaučení na digitálním mikroskopu ve školní laboratoři a zapůjčení sbírky kůrovcových exemplářů. Dále bych rád poděkoval Dr. Hume B. Douglasovi, Ph.D., z Výzkumného a vývojového centra zemědělství a agropotravinářství v Ottawě, Kanada, za poskytnutí zdrojových dat k jeho *Klíči ke světovým druhům rodu Ips*.

Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá návrhem a implementací maticového determinačního klíče lýkožroutů rodu *Ips*, kteří se vyskytují na území České republiky. Účelem bylo vytvořit jednoduché a intuitivní webové rozhraní umožňující výběr determinačních znaků v prostředí s důrazem na jejich vizuální prezentaci. Uživatel klíče by měl být schopen určit druh studovaného exempláře s použitím pouze lupy a interaktivního klíče. Většina znaků odkazuje na vnější morfologické rysy dospělé formy, které jsou snadno viditelné bez preparace nebo pitvy. Literární rešerše byla zpracována na téma identifikačních znaků kůrovců všeobecně a specificky pro studované kůrovce *Ips acuminatus*, *Ips amitinus*, *Ips cembrae*, *Ips duplicatus*, *Ips sexdentatus* a *Ips typographus*. Výstupem je vybraná sada znaků pro každý druh, vycházející z dichotomického determinačního klíče sestaveného prof. Pfefferem. Druhým tématem rešerše byla problematika taxonomických determinačních klíčů, rozdíly mezi nimi, jejich výhody a nevýhody. Řešení sestává ze tří hlavních okruhů. Prvním bylo pořízení kvalitní fotodokumentace vybraných determinačních znaků s využitím počítače a digitálního mikroskopu. Pořízené fotografie byly roztrženy podle druhů a znaků, vyretušovány a upraveny pro použití ve webovém prostředí. Druhým okruhem bylo shromáždění vybraných znaků a vytvoření maticového determinačního klíče. Při tvorbě byl zohledněn pohlavní dimorfismus druhu *Ips acuminatus*. Výsledkem je matice založená na deseti morfologických a distribučních znacích, ke kterým jsou přiřazeny vlastnosti v rozsahu dva až šest z celkového počtu 31 vlastností. Spolu s druhy tyto vlastnosti kódují matici o 78 stavech. Výstupy předchozích dvou okruhů se spojují v návrhu a implementaci vlastní webové aplikace. Byla vytvořena databáze a relační vztahy vhodné k uložení datové verze klíče, navržena a naprogramována funkcionalita uživatelského (frontend) a administračního (backend) rozhraní, klíč byl převeden do digitální formy a zpracované fotografie nahrány do aplikace.

Klíčová slova: Coleoptera, *Ips*, brouci, lýkožrout, determinační klíč, Česká republika

Abstract

This bachelor thesis deals with the design and implementation of a matrix determination key of bark beetles of the genus *Ips* native to Czech Republic. The purpose was to create a simple and intuitive web interface enabling the selection of determining features in the environment with emphasis on their visual presentation. The user of the key should be able to determine the species of a specimen in question using only a magnifying glass and the interactive key, which primarily refers to external morphological features of the adult form that are easily visible without dissection. Literature research was carried out on the topic of identification features of bark beetles generally, with additional focus on species under study—*Ips acuminatus*, *Ips amitinus*, *Ips cembrae*, *Ips duplicatus*, *Ips sexdentatus* and *Ips typographus*. The output is a selected set of features for each species, based on the dichotomous determination key compiled by Prof. Pfeffer. The second topic of research was the issue of taxonomic determination keys, the differences between them, and their respective advantages and disadvantages. The solution consists of three main areas. The first was the acquisition of high-quality photo documentation of selected determining features using a computer and a digital microscope. The photos taken were sorted by species and features, and retouched and edited for use in the web environment. The second area was the collection of selected features and creation of a matrix determination key. Dimorphism of *Ips acuminatus* species was taken into account during the design phase of the key. The result is a matrix based on 10 morphological and distributional features, to which properties ranging from two to six out of a total of 31 properties are assigned. Together with species, these properties encode a matrix of 78 states. The outputs of the previous two areas merge in the design and implementation of the web application. A database and relational associations suitable for storing the digital version of the key were created, the functionality of both the user (frontend) and administration (backend) interface were designed and programmed, and the key was converted into digital form, allowing processed photos to be uploaded into the application.

Keywords: Coleoptera, *Ips*, beetles, bark beetle, determination key, Czech Republic

Obsah

1. Úvod.....	10
2. Cíle práce.....	11
3. Literární rešerše.....	12
3.1 Kůrovci (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae).....	12
3.2 Rod <i>Ips</i> DeGeer, 1775.....	14
3.2.1 <i>Ips acuminatus</i> (Gyllenhal, 1827) - lýkožrout vrcholkový.....	15
3.2.2 <i>Ips amitinus</i> (Eichhoff, 1871) - lýkožrout menší.....	16
3.2.3 <i>Ips cembrae</i> (Heer, 1836) - lýkožrout modřínový.....	18
3.2.4 <i>Ips duplicatus</i> (Sahlberg, 1836) - lýkožrout severský.....	19
3.2.5 <i>Ips sexdentatus</i> (Börner, 1776) - lýkožrout borový.....	20
3.2.6 <i>Ips typographus</i> (Linnaeus, 1758) - lýkožrout smrkový.....	21
3.2.7 Pohlavní dimorfismus.....	22
3.3 Taxonomické determinační klíče.....	24
3.3.1 Tradiční determinační klíče.....	25
3.3.2 Moderní interaktivní determinační klíče.....	27
3.4 Stručný přehled existujících interaktivních klíčů.....	28
3.4.1 DELTA - popisný jazyk pro taxonomii	28
3.4.2 Lucid - identifikační a diagnostický nástroj.....	29
3.4.3 DiversityNaviKey - generický nástroj pro identifikaci.....	31
3.4.4 AbaTax - taxonomické klíče na webu.....	31
4. Metodika.....	34
4.1 Tvorba fotografické dokumentace.....	34
4.2 Tvorba maticového determinačního klíče.....	37
4.3 Implementace online verze determinačního klíče.....	39
5. Výsledky.....	44
5.1 Fotodokumentace.....	44
5.2 Maticový determinační klíč.....	45
5.3 Aplikace <i>IpsMatrix</i>	48
5.3.1 Administrativní rozhraní.....	48
5.3.2 Uživatelské rozhraní.....	50
6. Diskuze.....	54
7. Závěr.....	59

8. Slovníček použitých pojmů.....	61
9. Přehled literatury a použitých zdrojů.....	62
9.2 Seznam obrázků.....	68
10. Přílohy.....	70

1. Úvod

Klíče sestavují ti, kteří je nepotřebují, pro ty, kteří je nedokáží používat.

Andrei Lobanov (Lobanov, 2003)

V širším pojetí je tématem této práce taxonomie a touha poznávat a identifikovat biologické druhy. V užším pojetí se pak práce zabývá vytvořením interaktivního nástroje či pomůcky, která by ideálně tazateli jeho proces identifikace usnadnila. A v neposlední řadě se pak věnuje identifikaci druhů, které mohou být v lesním hospodářství škodlivé, jmenovitě šesti druhům rodu *Ips* vyskytujícím se na našem území.

Druhý rozměr práce, ve kterém vidím přesah do mé předchozí pracovní zkušenosti, je proces návrhu a vytvoření webové aplikace. Byl to jeden z hlavních důvodů, proč jsem si téma vybral. Předpokládal jsem, že se při práci na něm mohu spolehnout na své programátorské schopnosti. Vybíral jsem z několika témat, ale rešeršní témata mě neoslovovala tak silně jako projekt, jehož výsledkem je určité konkrétní a praktické řešení. Reakce mého budoucího vedoucího práce na skutečnost, že se po dlouhé době konečně někdo tématu ujal, rozptýlila zbývající pochyby o správnosti mé volby.

Cílem této práce byl návrh a implementace online webové verze determinačního klíče vybraných lýkožroutů rodu *Ips* žijících v České republice. Tomu předcházelo vytvoření obrazové databáze identifikačních znaků lýkožroutů s použitím kvalitního optického zařízení a sestavení maticového klíče pro vybrané znaky, který byl následně digitalizován. Za předlohu, z které se při návrhu maticového klíče vycházelo, byl zvolen klíč sestavený profesorem RNDr. Ing. Antonínem Pfefferem, DrSc., českým entomologem, lesnickým odborníkem, spisovatelem a velkým znalcem kůrovců (Pfeffer, 1989).

Výzkum byl zaměřen na analýzu a výběr vhodných identifikačních znaků studovaných druhů, na nichž byl postaven kvalitní maticový klíč, který bylo možno snadno digitalizovat. Digitalizace a nakódování webové aplikace vycházely z výsledků výzkumu teorie taxonomických klíčů a existujících praktických řešení,

která byla v době mého výzkumu (2022) na webu k dispozici. Moje technické zkušenosti zaručily výběr vhodného technologického řešení, návrh databáze, digitalizaci klíče a naprogramování rozhraní pro tvorbu a editaci klíče (backend) a pro práci s ním (frontend). Výsledkem je nástroj, který je otevřený, intuitivní, jednoduchý, přehledný a vizuálně bohatý.

2. Cíle práce

1. Vytvořit obrazovou dokumentaci determinačních znaků lýkožroutů rodu *Ips* žijících v ČR
2. Vytvořit maticový determinační klíč lýkožroutů rodu *Ips* žijících v ČR
3. Vytvořit zdrojový kód a implementovat webovou online verzi determinačního klíče

3. Literární rešerše

3.1 Kůrovci (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae)

Podčeleď kůrovců (Scolytinae) z řádu brouků (Coleoptera) a čeledi nosatcovití (Curculionidae) zajímala odedávna badatele díky svým biologickým a ekologickým vlastnostem a výrazné morfologii (Pfeffer, 1955). Jedná se o jednu z nejrozmanitějších skupin hmyzu vyskytující se po celém světě, dosud bylo popsáno více než 6000 druhů kůrovců (Knížek & Beaver, 2004). Převážná většina druhů obývá tropické a subtropické oblasti, Pfeffer uvádí hodnotu 75% všech druhů (Pfeffer, 1989), oblasti s nejmenším výskytem jsou severské tundry či hraniční pásma s antarktickou oblastí na jižní polokouli (jih Afriky, Jižní Ameriky, Nový Zéland) (Knížek & Beaver, 2004). Na Severní Ameriku připadá více než 600 druhů (Wood, 1982) a na oblast palearktickou, do níž spadá i Evropa, téměř 900 druhů (Knížek & Beaver, 2004). Uváděný počet druhů žijících v Evropě se liší podle toho, zda jsou do jejich geografických hranic zahrnuty oblasti jako Kavkaz nebo Kanárské ostrovy či nikoliv (Knížek, 2004). Zhruba lze říci, že na Evropu připadá asi 5% z celkového počtu světových druhů (Pfeffer, 1989), poslední souhrn v rámci projektu Fauna Europaea upřesňuje tento počet na 315 druhů (Knížek, 2004). Na území České republiky bylo dosud zaznamenáno 111 druhů (Pfeffer, 1989), z nichž většina je faunou domácí a jen některé druhy jsou druhy introdukované (Šefrová & Laštůvka, 2005).

Zástupce podčeledi spojuje stejný způsob života, jímž jsou vázáni na rostliny. Jejich larvy se vyvíjejí v kmenech a větvích různých druhů dřevin, ale i ve stoncích některých rostlin (Pfeffer, 1989). Spolu s těmito hostitelskými rostlinami, které jim poskytují prostor pro vývoj, a s kterými jsou úzce spjati po celý svůj život, vytvářejí společenstva zvaná merocenózy (Kula, 2014). Převážná většina žije jen v mrtvých stromech a jejich částech, a tím plní důležitou roli při koloběhu živin v lesním ekosystému nebo jako potrava pro jiné organizmy (Hlásny et al., 2019). Podle místa, kde se druhy v rostlině vyvíjí, je lze rozdělit na druhy phloeofágní (pod kůrou), xylofágní (v běli dřevin), spermofágní (v semenech a plodech) a myelofágní (v centrální části drobných větviček, stoncích nebo řapících listů). Zhruba dvě

třetiny našich druhů žije na jehličnatých dřevinách a zbytek na dřevinách listnatých, případně bylinách (Knížek, 2004).

V případě přemnožení se některé druhy stávají obávanými škůdci zejména lesních a ovocných dřevin (Pfeffer, 1989). Při rozmnožování vyhlodávají dospělci v těle dřevin a rostlin chodby v podobě jednoduchých nebo složitých obrazců (požerků). Ty jsou často nápadnější než hmyz sám a jsou důležitým faktorem pro identifikaci (Pfeffer, 1955). Při jejich žíru vznikají fyziologická poškození pletiv a napadené dřeviny pak rychle odumírají. V lesním hospodářství se mnohé druhy kůrovců přemnoží v suchých obdobích či při polomech způsobených větrem, sněhem nebo námrazou a pak napadají i zdravé stromy v okolních porostech (Pfeffer, 1989). Nejsou však hrozbou jen pro dřeviny (převážně monokulturně pěstované), ale i pro kulturní rostliny a mohou způsobit závažné škody i v zemědělství. Napadají kromě jiných např. fíky a mango (Johnson et al., 2017), kakaové boby (Delgado & Couturier, 2017) nebo třeba plody kávovníku (Jaramillo et al., 2013).

Morfologicky se zástupci této nevelké, ale homogenní podčeledě vyznačují malými rozměry těla, nápadnými znaky na hlavě, kusadlech, tykadlech, štítu, krovkách a nožkách, kde se velmi často objevují znaky pohlavní dvojtvárnosti (Pfeffer, 1955) (viz kapitola 3.2.7 Pohlavní dimorfismus). Zmíněnou rozmanitost druhů lze ilustrovat na rozsahu velikosti těla, která se pohybuje od cca. 0,5 mm u nejmenšího druhu (sameček druhu *Hypothenemus striatus*) až po více než centimetr (druhy *Phloeoborus*) (Kirkendall et al., 2015). K druhu *Phloeoborus* patří i největší nalezená zkamenělina vyhynulého kůrovce o velikosti 15 mm (Petrov, 2013). Nicméně všechny druhy kůrovců sdílejí některé obecné morfologické vlastnosti (válcovité tělo, zvětšená hlava s velkými kusadly, krátké nohy a krátká zahnutá tykadla) a ve srovnání s jinými skupinami hmyzu podobné diverzity jde o podčeď morfologicky jednotnou. Tato jednotnost je nepochybně výsledkem životního stylu, který sdílejí všechny druhy, a tím je tunelování v rostlinných pletivech (Hulcr et al., 2015).

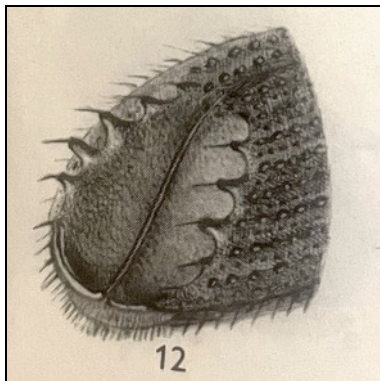
3.2 Rod *Ips* DeGeer, 1775

Na světě je zmapováno 37 druhů (Douglas et al., 2019a) rodu *Ips*. V Evropě a v přilehlých oblastech je známo 8 druhů, z nichž 6 se vyskytuje i u nás (Pfeffer, 1989). Z vážných lesních škůdců na smrku náleží mezi nejdůležitější lýkožrout smrkový (*Ips typographus* Linnaeus, 1758), lýkožrout menší (*Ips amitinus* Eichhoff, 1871), lýkožrout modřínový (*Ips cembrae*, Heer, 1836). Na borovici škodí lýkožrout vrcholkový (*Ips acuminatus* Gyllenhal, 1827) (Pfeffer, 1989). Zbývající dva druhy jsou lýkožrout severský (*Ips duplicatus* Sahlberg, 1836) a lýkožrout borový (*Ips sexdentatus* Börner, 1776).

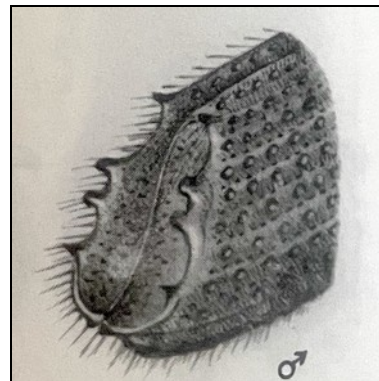
Kůrovci rodu *Ips* jsou polygamickým phloeofágním druhem, který se vyvíjí pod kůrou jehličnanů čeledi borovicovitých (*Pinaceae*), převážně borovic (*Pinus*), smrků (*Picea*) a modřínů (*Larix*), sporadicky napadá i další druhy z této čeledi (Cognato, 2015). Pod kůrou hlodají víceramenné požerky podélně probíhající ve směru osy kmene nebo větví (Pfeffer, 1955). Pokud nejsou přemnoženi, brouci většinou obývají oslabené a mrtvé stromy. Při přemnožení však dospělci a larvy napadají a ničí i stromy zdravé (Cognato, 2015) tím, že požírají lýko a kambium v kmenech a větvích (Furniss & Carolin, 1977). Kalamity způsobené přemnožením mohou zničit tisíce hektarů zdravých lesů (Cognato, 2015). Kromě toho je také většina druhů *Ips* přenašečem houbových patogenů (Krokene & Solheim, 1998; Moon et al., 2014), zejména hub způsobujících modrou hnilobu (rody *Grosmannia*, *Ophiostoma* a *Ceratocystis*, Ascomycota: Sordariomycetes) (Bueno et al., 2010). Nekrózy lýka a infekce bělí i lýka vaskulárními mykózami jsou jednou z hlavních příčin narušení funkce vodivých elementů smrku po náletu *Ips typographus*. I při neúspěšné invazi brouka se v pletivech šíří vaskulární mykózy, které dále narušují vodní režim dřeviny (Jankovský et al., 2018). Tyto virulentní houby přenášené agresivními druhy kůrovců rodu *Ips* usnadňují napadení a ničení stromů brouky (Six & Wingfield, 2011). Zejména *Ips sexdentatus* a *Ips acuminatus* mohou přenášet *Fusarium circinatum*, houbový patogen způsobující závažnou rakovinu smůly borovic (Fernández-Fernández et al., 2019) a škodlivý karanténní organismus (EU, 2016).

Morfologicky jsou druhy *Ips* velikosti 2,2-8,0 mm. Tělo mají válcovité, hnědé až hnědočerné, lesklé a krátce ochlupené (Pfeffer, 1989), na zadní části krovek

ozubené. Tykadla s pětičlenným bičíkem a velkou, oválnou tykadlovou paličkou se zřetelnými švy, často důležitými pro určování (Pfeffer, 1955). Tykadla a nohy jsou žlutohnědé. Čelo ploché a krátce spoře ochlupené (Pfeffer, 1989), mírně vyklenuté, zrnitě hrbolekované a u samiček často s jemným hrbolečkem uprostřed nad horním okrajem (Pfeffer, 1955). Štít je krátce válcovitý, vpředu hrbolekovaný, vzadu řídce tečkovaný a neobroubený (Pfeffer, 1989), delší než širší (Pfeffer, 1955). Krovky válcovité, pravidelně a zřetelně v řádcích tečkované, vzadu vyhloubené a ozubené po okrajích vyhloubené části. Vyhloubenina podél švu je vodorovně protažená při spodní části (obr. č. 1) (Pfeffer, 1989). Okraje štítu, krovek a zadní část krovek jsou řídce a dlouze ochlupené. Mezirýží krovek hladká anebo jemně tečkovaná (Pfeffer, 1955). Po stranách prohloubeniny jsou tři nebo čtyři, případně šest párů kuželovitých zubů. Žádný zub není hákovitě zahnutý, mnohdy však tabulovitě rozšířený (obr. č. 2). Pohlavní dimorfismus je patrný pouze u některých druhů ve struktuře čela, nebo ve tvaru zubů na zadní části krovek (Pfeffer, 1989), u většiny je však nezřetelný (viz kapitola 3.2.7 Pohlavní dimorfismus).



Obr. č. 1 – *Ips typographus*, krovková prohlubeň (Pfeffer, 1989)



Obr. č. 2 – *Ips duplicatus*, krovková prohlubeň (Pfeffer, 1989)

3.2.1 *Ips acuminatus* (Gyllenhal, 1827) - lýkožrout vrcholkový

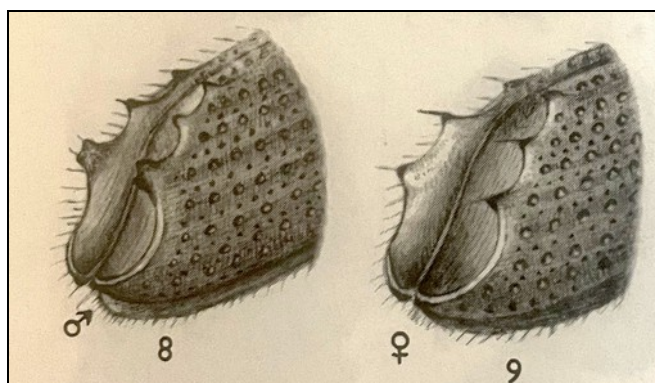
Náleží mezi nejmenší zástupce tohoto rodu vůbec, velikost 2,2-3,9 mm (Pfeffer, 1955). Tělo je žlutavě hnědé až tmavohnědé (Pfeffer, 1989), krátce válcovité, nápadně lesklé, řídce ochlupené a velmi jemně tečkované (Pfeffer, 1955). Tykadla a nožky žlutavé. Palička tykadlová s lomenými švy (Pfeffer, 1955). Čelo velmi jemně

zrnitě hrbolkované, po stranách šagrenované, u samečka uprostřed předního okraje s lesklým hrbolkem (Pfeffer, 1955). Štít je v poměru ke krovkám nápadně dlouhý, 1,3x delší než široký, vpředu hrbolkovaný, vzadu velmi jemně tečkovaný (Pfeffer, 1955). Krovky jsou krátké, válcovité, pouze 1,17-1,20x tak dlouhé jako štít, velmi lesklé a jemně v řádcích tečkované (Pfeffer, 1989). Mezirýží plochá, řídce a jemně nepravidelně tečkovaná (Pfeffer, 1955). Vyhloblená část krovek je velmi silně lesklá, řídce tečkovaná (Pfeffer, 1955), na jejím okraji jsou tři páry zubů. Je význačný svým pohlavním dimorfismem - spodní zub je u samičky jednoduchý a u samečka je široký a při horním okraji vykrojený do tvaru dvojzubu (obr. č. 4) (Pfeffer, 1989).

Vyvíjí se pod tenkou kůrou vrcholků a větví borovice (*Pinus sylvestris*) a blatky (*Pinus uncinata*) (Pfeffer, 1989) a v posledních letech se silně přemnožil zejména na jižní Moravě, kde působí velké škody (Švestka et al., 1998). Kanadští autoři uvádějí jeho výskyt také na smrku (*Picea*), jedli (*Abies*) (Douglas et al., 2019a), modřínu opadavém (*Larix decidua*) a douglasce (*Pseudotsuga*) (Bright & Skidmore, 1997).



Obr. č. 3 - *Ips acuminatus*
(foto autor)



Obr. č. 4 - Dimorfismus u *Ips acuminatus*
(Pfeffer, 1989)

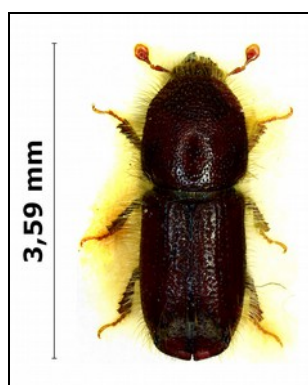
3.2.2 *Ips amitinus* (Eichhoff, 1871) - lýkožrout menší

Nejmenší ze skupiny druhů se čtyřmi zuby na zadní části krovek. Velikost 3,5-4,5 mm (Pfeffer, 1955), ostatní autoři uvádějí velikost až 4,8 mm (Cognato, 2015; Douglas et al., 2019a). Tykadlová palička s rovnými švy (Pfeffer, 1989) nebo se švy jen nepatrně vlnovitě zprohýbanými (obr. č. 6) (Pfeffer, 1955). Čelo lesklé a hustě zrnitě hrbolkované, u samečka s krátkým podélným kýlem uprostřed (Pfeffer, 1989).

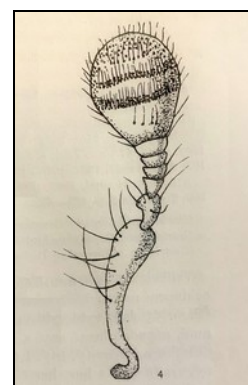
U samiček tento lesklý čelní hrbolek chybí (Pfeffer, 1955). Štít dopředu zaoblený, pouze při bázi válcovitý, vpředu hrbolkovaný, vzadu jemně tečkovaný (Pfeffer, 1955). Nápadný i dozadu zúženými krovkami. Krovky 1,3x delší než štít (Pfeffer, 1955) a 1,7x delší než široké, vzadu zřetelně zúžené (Pfeffer, 1989). Všechna mezirýží na krovkách spoře, ale zřetelně tečkovaná (Pfeffer, 1989). Tečkování je hustší kolem prohloubeniny krovek, která je lesklá a silně jemně tečkovaná, po stranách opatřená čtyřmi hrbolkovitými zoubky podobného tvaru jako u *Ips typographus*. Vyhloblená zadní část krovek je lehce vlnovitě prohnutá, takže zadní okraj vystupuje poněkud dopředu (Pfeffer, 1955).

Tento druh se liší od lýkožrouta *Ips typographus* tečkovaným mezirýžím, od druhu *Ips cembrae* rovnými švy na tykadlové paličce a od druhu *Ips duplicatus* rozmístěním zoubků (Pfeffer, 1955).

Živné dřeviny jsou smrk (*Picea excelsa*, *Picea omorica*) (Pfeffer, 1989) a objevuje se (kromě jiných druhů) na borovici blatce (*Pinus uncinata*) (Švestka et al., 1998). Vyjíměčně se uvádí výskyt také na jedli (*Abies pectinata*) (Bright & Skidmore, 1997). Vyskytuje se ve střední Evropě a v severní části balkánského poloostrova. U nás v pahorkatinách a v horách v areálu smrku (Pfeffer, 1989). *Ips amitinus* doprovází lýkožrouta *Ips typographus*, jejich bionomie a ekologické nároky jsou obdobné. Obsazuje slabší části kmene a vystupuje výše do hor, kde se jeho procentické zastoupení zvyšuje (Švestka et al., 1998).



Obr. č. 5 - *Ips amitinus*
(foto autor)

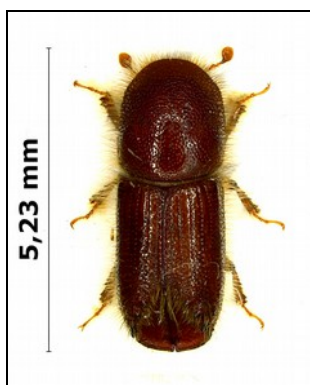


Obr. č. 6 - *Ips amitinus*, tykadlo
(Pfeffer, 1955)

3.2.3 *Ips cembrae* (Heer, 1836) - lýkožrout modřínový

Velikost podle Pfeffera 4,5-6,0 mm (Pfeffer, 1955), podle Douglase 4,0-6,0 mm (Douglas et al., 2019a). Tykadlová palička se zřetelně vlnovitě zprohýbanými švy (obr. č. 8) (Pfeffer, 1989). Čelo hustě zrnitě hrbolkované (Pfeffer, 1955), matné, uprostřed bez podélného kýlu (Pfeffer, 1989). Štít válcovitý, delší než širší, v poměru ke krovkám normálně dlouhý, vpředu hrbolkovaný, vzadu jemně tečkovaný (Pfeffer, 1955). Krovky 1,3x delší než štít, 1,6x delší než široké, válcovité, vzadu nepatrně zúžené a hustěji ochlupené než u *Ips typographus*. Řádky teček na krovkách jasné a hluboké (Pfeffer, 1955). Všechna mezirýží na krovkách lesklá, spoře, ale zřetelně tečkovaná. Prohloubenina na zadní části krovek lesklá a silně tečkovaná (Pfeffer, 1989) a po stranách ozdobená čtyřmi zoubky v podobné sestavě jako u *Ips typographus*. Z profilu je šev při dolním okraji lehce vlnovitě protažen dopředu (obr. č. 9) (Pfeffer, 1955).

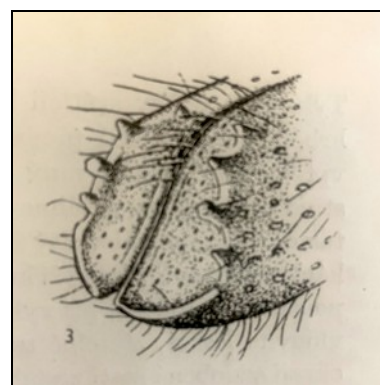
Od druhu *Ips typographus*, kterému se jinak velmi podobá, se liší tečkovaným mezirýžím a lesklou vyhloubenou zadní částí krovek, od druhu *Ips amitinus* lomenými švy na paličce tykadla a od druhu *Ips duplicatus*, u něhož jsou zuby suturální nápadně oddáleny od ostatních, rozmístěním zubů na okraji krovek (Pfeffer, 1955).



Obr. č. 7 - *Ips cembrae*
(foto autor)



Obr. č. 8 - *Ips cembrae*,
tykadlo (Pfeffer, 1955)



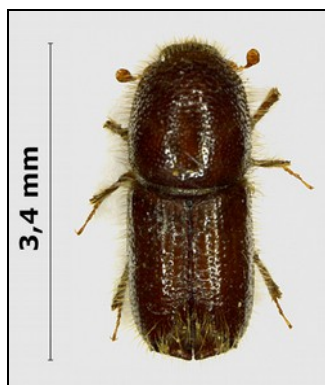
Obr. č. 9 - *Ips cembrae*,
krovková prohlubeň
(Pfeffer, 1955)

Jedná se o významného škůdce na modřínu (*Larix*) (Švestka et al., 1998) a na smrku (*Picea excelsa*). Vzácně se uvádí i výskyt na borovici (*Pinus montana pumila*) či doulasce (*Pseudotsuga menziesii*) (Bright & Skidmore, 1997). Areál zahrnuje střední

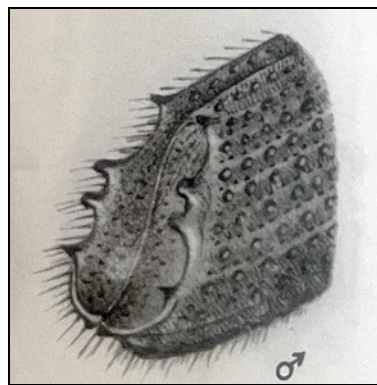
Evropu a Sibiř. U nás v pahorkatinách a v horách dost rozšířený (Pfeffer, 1989).

3.2.4 *Ips duplicatus* (Sahlberg, 1836) - lýkožrout severský

Velikost 3,2-4,0 mm dle Pfeffera (Pfeffer, 1955), značně větší rozsah uvádí Douglas, 2,6-4,3 mm (Douglas et al., 2019a). Tykadlová palička s lomenými švy (Pfeffer, 1989). Čelo zrnitě hrbolekované s drobným lesklým hrbolekem uprostřed předního okraje (Pfeffer, 1955). Štít je válcovitý, vpředu hrbolekovaný, vzadu jemně tečkovaný, nad štítkem s hladkým podélným proužkem (Pfeffer, 1955). Krovky nejsou dozadu zúžené, nýbrž válcovité, 1,3x delší než štít a 1,4x delší než široké. Řádky teček na krovkách jsou jemněji vyhloubené než u ostatních (Pfeffer, 1955). Krovečná mezirýží jsou lesklá a tečkovaná (Pfeffer, 1989). Prohloubenina na zadní části krovek lesklá a jemně tečkovaná, v profilu lehce vlnovitě prohnutá, takže zadní okraj vystupuje lehce dopředu. Čtyři zoubky po stranách prohlubně se umístěním liší od všech ostatních druhů. Vzdálenost mezi prvním (suturálním) a druhým zoubkem je dvojnásobná než vzdálenost mezi druhým a třetím zoubkem, které spolu splývají v široký dvojzub (obr. č. 11). U všech ostatních je druhý zoubek uprostřed mezi suturálním a třetím zoubkem (Pfeffer, 1955). Všechny zuby jsou jednoduchého kuželovitého tvaru (Pfeffer, 1989).



Obr. č. 10 - *Ips duplicatus*
(foto autor)



Obr. č. 11 - *Ips duplicatus*, krovková
prohlubeň (Pfeffer, 1989)

Kromě tohoto znaku se tento druh liší od druhu *Ips amitinus*, se kterým by jej bylo možno nejspíše zaměnit, jemným tečkováním řádek na krovkách a lomenými švy na tykadlové paličce (Pfeffer, 1955). Nevýrazný pohlavní dimorfismus ve tvaru ozubení

zadní části krovek (Pfeffer, 1989).

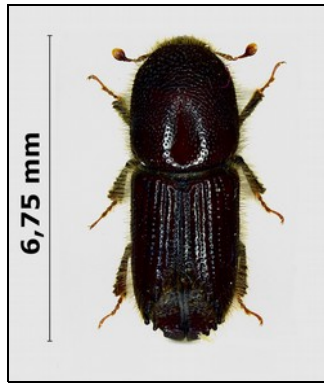
Živné dřeviny zahrnují smrk (*Picea obovata*, *Picea excelsa*, *Picea jezoensis*) a borovici (*Pinus sylvestris*, *Pinus cembra sibirica*) (Pfeffer, 1989). Jeger et al. uvádí také modřín (*Larix*) (Jeger et al., 2017). Jedná se o severský druh, který byl jen ojediněle zjištěn ve střední Evropě. U nás byl nalezen na Šumavě a v okolí Třince a Těšína (Pfeffer, 1989), v poslední době se na severní Moravě lokálně přemnožil (Švestka et al., 1998). Dle § 3 vyhlášky č. 101/1996 se jedná se o kalamitního škůdce (Česko, 1996).

3.2.5 *Ips sexdentatus* (Börner, 1776) - lýkožrout borový

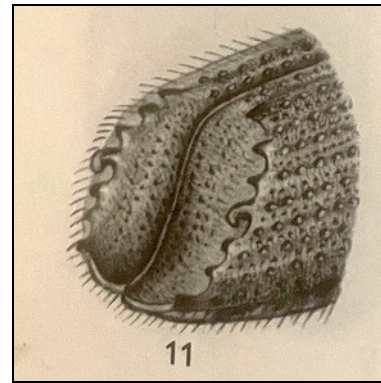
Je největším zástupce svého rodu, válcovitý, lesklý, dlouze a řídko ochlupený po stranách štítu, na čele i po stranách krovek. Velikost dle Pfeffera 5,5-8,0 mm (Pfeffer, 1955), Douglas uvádí 5,0-8,0 mm (Douglas et al., 2019a). Barva těla černo-hnědá (Pfeffer, 1989). Tykadla a nožky světleji hnědé (Pfeffer, 1955). Čelo je zrnitě hrboľkované, s lesklým větším hrboľkem uprostřed předního okraje (Pfeffer, 1955). Štít válcovitý, o něco delší než širší, vpředu silně hrboľkovaný, vzadu nehuště, ale dost hluboce tečkovaný. Uprostřed nad štítkem se táhne netečkovaný, hladký proužek (Pfeffer, 1955). Krovky válcovité, 1,3x delší než štít, silně v řádcích tečkované (Pfeffer, 1989) a 1,5x delší než široké (Pfeffer, 1955). Mezirýží hladká, široká, lesklá a jemně nepravidelně tečkovaná (Pfeffer, 1989). Tečkování je zde patrné pouze na stranách a při vyhloubené části krovek (Pfeffer, 1955). Zadní část krovek je v profilu vlnovitě lesklá, zřetelně tečkovaná a po každé straně protažená (Pfeffer, 1955), při zadním okraji se šesti páry kuželovitých zubů, z nichž čtvrtý odshora je největší (Pfeffer, 1989), knoflíkovitě protažený (obr. č. 13) (Pfeffer, 1955).

Od všech ostatních druhů se liší velikostí a šesti zoubky na zádi krovek (Pfeffer, 1955).

Živné dřeviny jsou borovice (*Pinus*) a smrk (*Picea orientalis*) (Pfeffer, 1989), vyjímečně douglaska (*Pseudotsuga menziesii*) (Bright & Skidmore, 2002). Občas se škodlivě projevuje v původních starých borových porostech, zejména v teplejších oblastech našeho státu. Je to sekundární škůdce, který dává přednost čerstvě pokáceným stromům (Švestka et al., 1998).



Obr. č. 12 - *Ips sexdentatus*
(foto autor)



Obr. č. 13 - *Ips sexdentatus*, krovková
prohlubeň (Pfeffer, 1989)

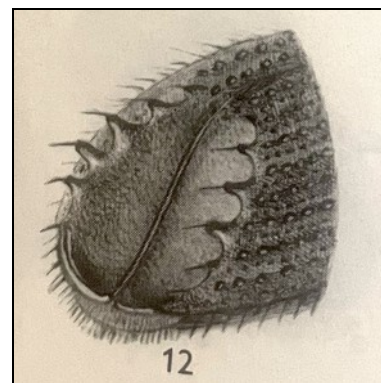
3.2.6 *Ips typographus* (Linnaeus, 1758) - lýkožrout smrkový

Nápadně lesklý, hnědočerný a široký druh skupiny lýkožroutů, kde zadní část krovek je ozdobena čtyřmi hrbolky (*Ips typographus*, *Ips cembrae*, *Ips amitinus* a *Ips duplicatus*). Velikost 4,2-5,5 mm (Pfeffer, 1955), případně 4,0-5,0 mm (Douglas et al., 2019a). Tykadla žlutavá, tykadlová palička se zřetelnými zprohýbanými švy (Pfeffer, 1955). Čelo zrnitě hrbolkované (Pfeffer, 1955), u obou pohlaví uprostřed s malým hrbolkem (Pfeffer, 1989). Štít o málo delší než širší, vpředu hrbolkovaný, vzadu jemně tečkovaný (Pfeffer, 1955). Délka štítu normální v poměru ke krovkám, které jsou 1,35x delší než štít a 1,4x delší než široké. Krovky válcovité, dozadu málo sbíhavé, hluboce v řádkách tečkované, lesklé a pouze na zadní vyhloubené části matné (Pfeffer, 1955). Druhé až páté mezirýží na krovkách je hladké, lesklé a netečkované. Ojedinelé tečky jsou na mezirýžích pouze na samém okraji krovek (Pfeffer, 1989). Nepřítomností teček na mezirýžích se liší od všech druhů, jejichž konec krovek je ozdoben čtyřmi zuby (Pfeffer, 1955). Matná a velmi jemně a řídko tečkovaná zadní část krovek je v profilu při zadním okraji vlnovitě protažená. Horní zub na vyhloubené zadní části krovek je nejmenší, druhý při kořeni poněkud rozšířený, třetí největší a knoflíkovitě protažený, čtvrtý opět poněkud menší. Všechny zuby jsou od sebe stejně vzdáleny a jsou tupě kuželovité (obr. č. 15). Po celém obvodu těla je brouk dost dlouze světle žlutě ochlupený (Pfeffer, 1955). Pohlavní dimorfismus je málo patrný. Samička má hustěji ochlupené čelo a přední okraj štítu (Pfeffer, 1989). Živnými dřevinami u nás jsou smrk (*Picea abies*) (Pfeffer, 1989), ale v rámci areálu

svého rozšíření i další druhy smrků, zcela výjimečně i další jehličnany (Pfeffer 1995), např. borovice (*Pinus sylvestris*, *Pinus cembra sibirica*). U nás ve smrčinách hojný, ve středoevropských podmínkách se jedná o nejškodlivějšího lýkožrouta a nejvážnějšího škůdce smrku v ČR v posledních desetiletích. Společně s bekyní mniškou (*Lymantria monacha*) jsou nejnebezpečnějšími hmyzími škůdci v našem lesním hospodářství. V minulosti, ale i v současnosti způsobuje stále značné škody ve smrkových porostech. Je to škůdce sekundární, který nejvhodnější podmínky vývoje nalézá ve stromech vyvrácených, rozlámaných větrem nebo sněhem, oslabených suchem, václavkou (*Armillaria*), ale i v pokácených a neodkorněných kmenech. Velká ekologická přizpůsobivost mu umožňuje existenci ve střední Evropě všude tam, kde jsou monokulturní smrkové porosty, a to od nížin až do hor (Švestka et al., 1998). Dle § 3 vyhlášky č. 101/1996 se jedná se o kalamitního škůdce (Česko, 1996).



Obr. č. 14 - *Ips typographus*
(foto autor)



Obr. č. 15 - *Ips typographus*, krovková
prohlubeň (Pfeffer, 1989)

3.2.7 Pohlavní dimorfismus

Podobně jako v oblasti morfologie, projevuje se velká různorodost také v pohlavním dimorfismu kůrovců. U některých neobvykle velkých druhů tribu Xyleborini (např. u řádu *Xyleborus*) jsou samečci velmi podobní samičkám jak tvarem, tak velikostí. V rámci kůrovců jsou unikátní lýkohub smrkový (*Dendroctonus micans* Kugelann, 1794) a příbuzný lýkohub *Dendroctonus punctatus* (LeConte, 1868) tím, že významný pohlavní dimorfismus postrádají úplně (Kirkendall et al., 2015). Druhým extrémem je haplodiploidní phloeofágní kůrovec rodu *Ozopemon*, který je jedním z pouhých

dvou instancí larviformních samečků u brouků (Jordal et al., 2002). Pohlavní dimorfismus je tak extrémní, že po dobu zhruba 50 let byli občas sbíraní samečci podobní larvám považováni předními odborníky na brouky za příslušníky čeledi mršníkovitých (Histeridae) (Crowson, 1974).

U rodu *Ips* je pozorován pohlavní velikostní dimorfismus, kdy samečci jsou větší než samičky (Foelker & Hofstetter, 2014). Morfologicky je pohlavní dimorfismus u rodu *Ips* patrný pouze u některých druhů ve struktuře čela, nebo ve tvaru zubů na zadní části krovek, u většiny je však nezřetelný (Pfeffer, 1989). Nejvýznamněji se od sebe liší samečci a samičky druhu *Ips acuminatus*. Na okraji krovkové prohlubně je u samečka maličký zoubek suturální, jednoduchý malý zoubek střední a široký dvojzub zadní. U samičky jsou na okraji tři jednoduché, kuželovité a zašpičatělé zoubky (obr. č. 4) (Pfeffer, 1955).

Pfeffer ve svém dichotomickém klíči navíc rozlišuje pohlaví u druhu *Ips duplicatus*, kde se pohlavní dvoutvárnost projevuje ve tvaru ozubení zadní části krovek. U samečků je vzdálenost mezi dvěma hroty dvojzubu menší než vzdálenost suturálního zubu od kořene dvojzubu. U samiček je vzdálenost mezi suturálními zuby menší nebo se rovná vzdálenosti mezi zubem druhého páru k zubu suturálnímu a vzdálenost mezi druhým a třetím zubem je mnohem menší než vzdálenost mezi suturálním a druhým zubem (Pfeffer, 1989).

V literatuře se také uvádí možnost rozlišování pohlaví u druhu *Ips typographus*, kde je možné ho spolehlivě určit podle větší hustoty štětín na pronotu samice (Schlyter & Cederholm, 1981).

3.3 Taxonomické determinační klíče

V biologické terminologii je klasifikace procesem definování a pojmenování tříd organismů. Tyto třídy se nazývají **taxony** (Dallwitz, 1992). "Co je to?" je základní otázka, která začíná většinu biologických bádání. Odpověď poskytuje proces identifikace, tedy sled pozorování exempláře dokud není vybrán odpovídající taxon na základě jedinečné kombinace atributů (stavů znaků). **Znak** je soubor stavů, které popisují nějaký aspekt organismu, na které má být znak aplikován (Dallwitz, 1992). Věda o biologickém popisu, klasifikaci a identifikaci se nazývá **taxonomie** (Dallwitz, 1992). Identifikace je proces přiřazení exempláře k (již existujícímu) taxonu. Jméno taxonu pak lze použít jako index k nalezení známých informací o taxonu, a tedy o exempláři samotném (např. zda se jedná o škůdce, a pokud ano, jak jej lze regulovat) (Dallwitz, 1992). Existuje mnoho druhů pomůcek k identifikaci, jedním z nejužitečnějších a nejpoužívanějších nástrojů taxonomie je **klíč** k taxonům studované skupiny (Johnston, 1980) - zvaný také diagnostický nebo determinační klíč - který se používá již více než 200 let (Dallwitz, 1992).

Identifikační proces je nedílnou součástí biologie od doby, kdy Linnaeus poprvé vyvinul svůj *Systema Naturae* (Linnaeus, 1758). V jeho *Systema* byly atributy přímo zakotveny v jeho hierarchické klasifikaci. Lamarck v roce 1788 jako první oddělil proces identifikace od klasifikace tím, že vytvořil klíče: hierarchické sady voleb mezi stavy znaků (Penev et al., 2009). Identifikační klíče jsou jedním z nejdůležitějších nástrojů používaných taxonomy k identifikaci taxonů a také ke sdílení informací potřebných pro rozlišení taxonů s ostatními. Žádný taxonom studující do hloubky velký taxon se nemůže obejít bez použití identifikačních klíčů a klíče jsou často výchozím bodem při pokusu naučit se novou skupinu organismů (Koch et al., 2022). Klíč spolu s popisy taxonů tvoří hlavní rozhraní mezi taxonomy a vnějším světem (Johnston, 1980). Klíče k určování biologických objektů a jiných přírodnin jsou v nejširších přírodovědných kruzích běžně používány a často jsou první odbornou literaturou, s níž se zájemce o příslušnou disciplínu setká (Tomšovic, 1976).

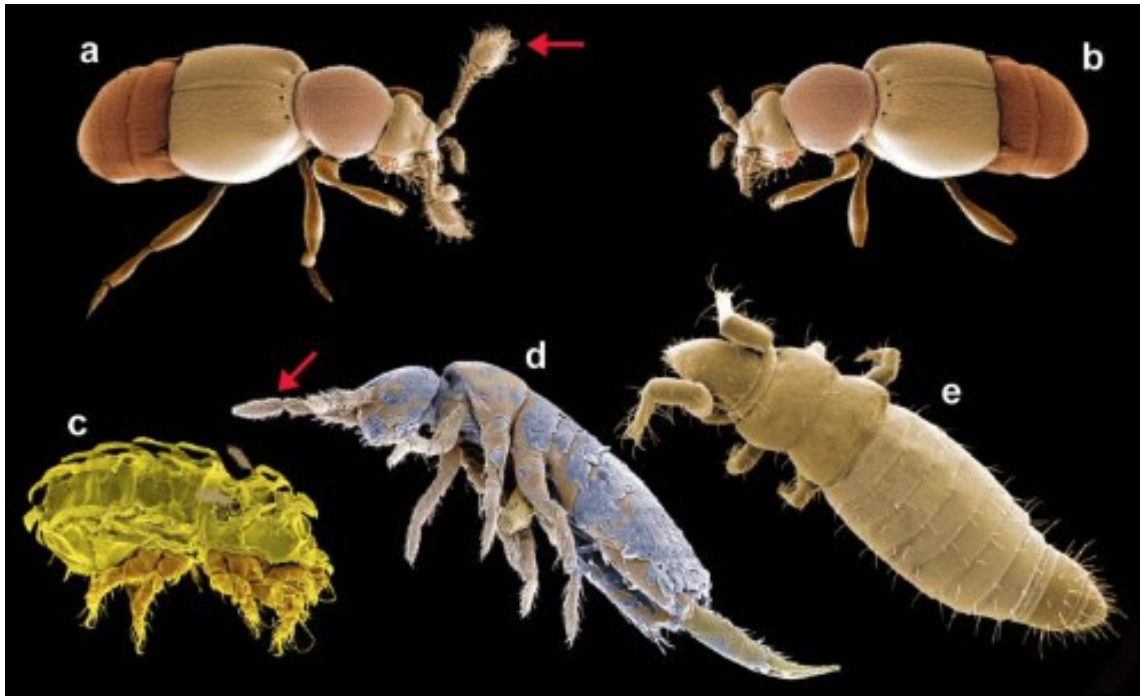
Samostatnou vědní disciplínou se na počátku 70. let 20. století stala biologická diagnostika, aplikovaný obor systematiky zabývající se teorií a praxí konstrukce

diagnostických klíčů. Klíče k rostlinám a živočichům zkonstruovali biologové před více než dvěma stoletími a o způsobech jejich sestavení se hovořilo mnohem dříve, ale až ve výše uvedeném období se biologická diagnostika stala samostatným oborem systematiky a s tím souvisely pokusy učinit identifikaci pomocí klíčů procesem podporovaným počítačem (Lobanov, 2003). Při konstrukci interaktivních identifikačních systémů byly vyzkoušeny dva hlavní přístupy: programy, které přímo využívají datovou matici, a expertní systémy založené na pravidlech. Počítače lze použít i k výrobě konvenčních diagnostických klíčů. Při interaktivním použití však mohou být účinnějšími pomocníky při identifikaci (Dallwitz, 1992).

3.3.1 Tradiční determinační klíče

Nejtradičnějšími biologickými identifikačními klíči jsou snadno tisknutelné **dichotomické** (každá volba má dvě alternativy) nebo **polytomické** (dvě nebo více možností při každé volbě) formy (Hagedorn et al., 2010). Dichotomické klíče (přísně vzato by tento termín měl být omezen na klíče, které mají pouze dvě možnosti v každém bodě větvení) se někdy nazývají konvenční klíče, klíče s jedním přístupem (single-access keys) nebo klíče s cestami (pathways keys) (Penev et al., 2009). Struktura těchto klíčů se obvykle skládá ze série alternativních příkazů, nazývaných **vodítka** (leads). Všechna vodítka, která je třeba vyhodnotit pro jedno rozhodnutí, tvoří pár (Hagedorn et al., 2010). Nejběžnějším stylem v entomologické literatuře je tzv. klíč **paralelní** (parallel, bracketed), ve kterém jsou opačná vodítka seskupena. Následující obrázek (obr. č. 16) jednoduše ilustruje funkci takového klíče při identifikaci několika členovců (Walter & Winterton, 2007).

Pár	Znak	Obr.	ID nebo následující pár
1	Tykadlo nepřítomno	c, e	2
	Tykadlo přítomno	a, d	3
2 (1)	Tělo zřetelně článkované, tři páry nohou	e	Hmyzenky (Protura)
	Tělo nečlánkované, čtyři páry nohou	c	Roztoči (Acari)
3 (1)	Tykadlo s tykadlovou paličkou	a	Brouci (Coleoptera)
	Tykadlo bez paličky	d	Chvostoskoci (Collembola)



Obr. č. 16 – Příklad dichotomického klíče (Walter & Winterton, 2007)

I dnes jsou dichotomické klíče základem taxonomie, ačkoli mají mnoho nedostatků, z nichž nejzásadnější je, že posloupnost použitých atributů je předem určena autorem (Penev et al., 2009). Autor dichotomického klíče mohl přehlédnout vhodné znaky nebo se rozhodl některé znaky vynechat ve prospěch jednoho nejužitečnějšího znaku v každé dichotomii (Johnston, 1980). Další nevýhodou klíčů s jedním přístupem je, že identifikace může být nemožná pokud o volbě nelze vůbec rozhodnout (Hagedorn et al., 2010). Případně uživatel dichotomického klíče může mít vzorek, který nemá orgán v klíči uvedený, buď kvůli nedostatečnému odběru nebo odběru v jiném fenologickém stadiu (Johnston, 1980). K tomu může dojít proto, že znak nelze pozorovat (např. ve vzorku není přítomna vývojová fáze) nebo proto, že možnosti nejsou dostatečně jasně sděleny a vysvětleny (Hagedorn et al., 2010).

Použití dichotomických identifikačních klíčů může být poměrně náročné, zejména pro nové uživatele, a jejich použití často představuje významnou překážku pro budoucího studenta (Koch et al., 2022). Úspěšný klíč s jedním přístupem silně závisí na odbornosti autora, aby vybral znaky, které jsou vhodné, nákladově efektivní, spolehlivé napříč všemi taxony v podstromu a dostupné po dlouhé období vývojového cyklu organismu (Hagedorn et al., 2010). S větší fragmentací

taxonomických znalostí a postupným vývojem taxonomie ve světle nových poznatků stávající identifikační klíče v literatuře postupně zastarávají (Koch et al., 2022).

3.3.2 Moderní interaktivní determinační klíče

Alternativou ke klíči s jedním přístupem je klíč s volným přístupem (free-access key), také známý jako klíč s více přístupy (multi-access key), maticový klíč (matrix key) nebo nesprávně „synoptický klíč“ (Hagedorn et al., 2010). Klíče založené na matici (také známé jako interaktivní) nabízejí obrovské výhody oproti tradičním dichotomickým identifikačním klíčům (McElrath et al., 2016). Zatímco u klíče s jedním přístupem je pevná posloupnost voleb (rozhodnutí) definována autorem (poskytující jedinou cestu ke každému výsledku), u klíče s volným přístupem je pořadí voleb na uživateli. V každém kroku si uživatel může vybrat ze seznamu nabízených znaků a zvolit odpovídající stav nebo hodnotu (Hagedorn et al., 2010). V běžném klíči musí být k identifikaci daného exempláře použita předem určená sada znaků, zatímco v dobře navrženém interaktivním systému je možné se znakům vyhnout, pokud je jejich použití obtížné nebo nemožné. Chyba v konstrukci nebo použití konvenčního klíče také téměř nevyhnutelně vede k nesprávné identifikaci, zatímco interaktivní systém může být tolerantní k chybám, a to jak k chybám v datové matici, tak k chybám způsobeným uživatelem (Dallwitz, 1992).

Klíč s volným přístupem je tedy sada všech možných klíčů s jedním přístupem, které vznikají permutací znaků (Hagedorn et al., 2010). Počet stavů může být konečný (např. barva okvětních lístků: 1. bílá, 2. žlutá, 3. červená) nebo (v principu) nekonečný (např. šířka hlavy v milimetrech). Popisy taxonů (nebo exemplářů) mohou být reprezentovány jako tabulka, kde každý řádek odpovídá znaku a každý sloupec taxonu. Záznam v každé buňce tabulky se skládá z hodnoty nebo hodnot, které znak nabývá pro daný taxon. Pokud je hodnota neznámá nebo znak není pro taxon použitelný, může záznam chybět. Taková tabulka se obecně nazývá **datová matice** (Dallwitz, 1992).

Mezi některé další výhody patří: svoboda sledovat více než jednu cestu, možnost používat pouze podmnožiny znaků, integrace netradičních (např. biologie,

distribuce) a překrývající se znaků, efektivní využití vícestavových znaků a zahrnutí čtené grafiky (McElrath et al., 2016). Taxonomické identifikační systémy založené na maticích taxonů a znaků obvykle fungují lépe než systémy založené na pravidlech. Datová matice také může pomoci uživateli získat poznatky nejen z kladistických a fenetických klasifikačních programů, ale také z dostatečně všestranných identifikačních programů, zatímco systém založený na pravidlech nemůže uživateli poskytnout nové informace. Důležitou výhodou založení identifikačního systému na datové matici je, že matici lze použít i pro jiné účely, např. pro generování popisů, klíčů (které jsou stále de rigueur pro taxonomické publikace) a klasifikací a pro vyhledávání informací (Dallwitz, 1992).

3.4 Stručný přehled existujících interaktivních klíčů

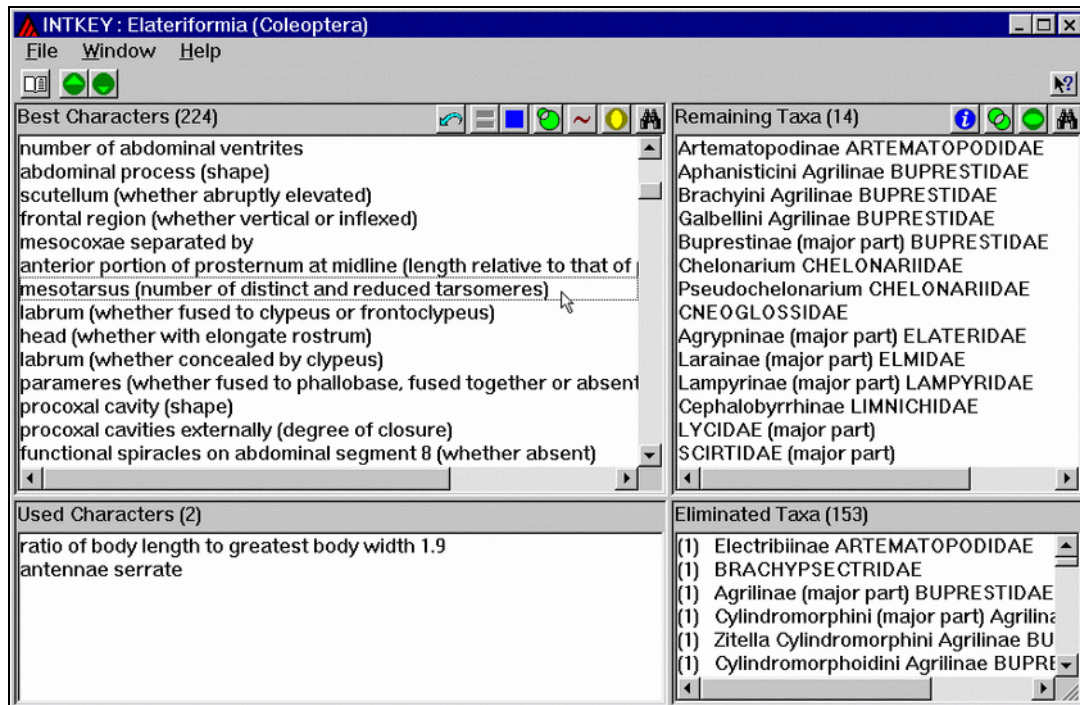
Strategie pro automatické taxonomické identifikační systémy lze rozdělit do dvou velkých skupin: identifikace pod dohledem člověka a identifikace bez dozoru. V první skupině, které bude věnován následující text, existují počítačové programy jako IntKey (Dallwitz & Paine, 1999; Dallwitz et al., 1995; 1998) nebo Lucid (Lucidcentral, 2021), ve kterých rozhraní umožňuje uživateli označit pozorovatelné vlastnosti vzorku (obvykle prostřednictvím schéma stavu znak-znak). Interaktivní identifikační klíče lze rozdělit do dvou hlavních typů:

- a) **monotetické klíče**, které sledují předem definovanou posloupnost otázek týkajících se stavů znaků exempláře, jako jsou tradiční dichotomické klíče,
- a
- b) **polytetické klíče**, ve kterých si uživatel může vybrat odpověď na otázku z více než jednoho znakového stavu tak, jak jsou pozorovány u identifikovaného exempláře (Murguía-Romero & Villaseñor, 1992).

3.4.1 DELTA - popisný jazyk pro taxonomii

Formát DELTA (DEscription Language for Taxonomy) (Dallwitz & Paine, 1999) je flexibilní a robustní metoda pro kódování taxonomických popisů pro počítačové zpracování. Data ve formátu DELTA lze použít k vytváření popisů v přirozeném jazyce, konvenčních nebo interaktivních klíčů, kladistických nebo fenetických

klasifikací a systémů vyhledávání informací. Formát byl přijat jako standard pro výměnu dat organizací zabývajících se vývojem informačních standardů o biologické rozmanitosti - Biodiversity Information Standards (TDWG).



Obr. č. 17 – Obrazovka klíče k určování řádu Elateriformia (Coleoptera) v programu IntKey

Program Key generuje konvenční identifikační klíče. Při výběru znaků pro zahrnutí do klíče program určuje, jak dobře znaky rozdělují zbývající taxony, a porovnává tyto informace se subjektivně stanovenými váhami. Klíče lze upravit pro konkrétní účely úpravou vah, omezením klíčů na podskupiny znaků a taxonů a změnou hodnot parametrů, které řídí různé aspekty generování klíčů.

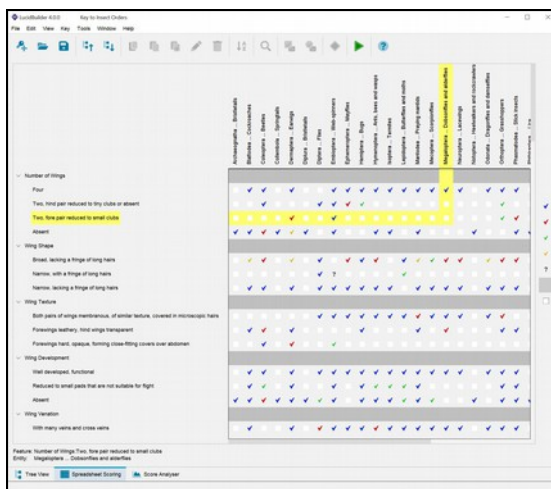
Interaktivní práci s klíči zajišťuje program IntKey.

3.4.2 Lucid - identifikační a diagnostický nástroj

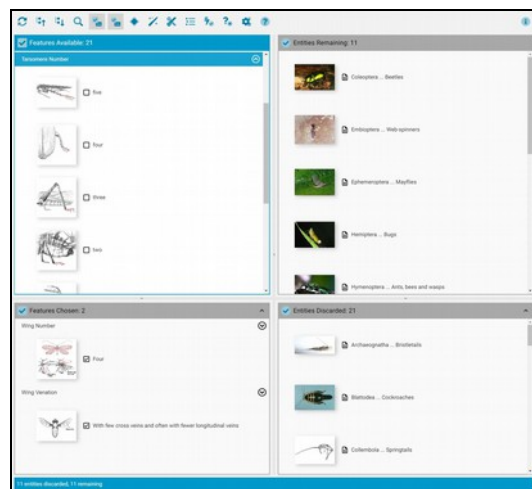
Balíček Lucid (Lucidcentral, 2021) se skládá z nástroje pro tvorbu (builder) a přehrávače (player) klíčů pro webový prohlížeč. Lucid Builder umožňuje rychle a snadno vytvářet multimediálně bohaté identifikační a diagnostické klíče pro libovolný předmět zájmu. Poskytuje všechny nástroje potřebné k vytvoření

seznamu entit (např. druhů v rodu) a seznamu znaků (např. počet nohou, tvar listu), kódování skóre shody a připojení multimédií ke znakům a entitám.

Jedná se o placený software a k jeho provozování je nutné zakoupit licenci, ale produkt lze otestovat ve zkušební verzi. Klíč vytvořený v této verzi je omezený na 50 znaků a 15 entit/druhů. Tato omezení dovolila ve zkušební verzi vytvořit prototyp navrhovaného determinačního klíče, který byl použit k testování logiky navrženého klíče a prezentování této logiky vedoucímu práce (viz kapitola 4.2 Tvorba maticového determinačního klíče).



Obr. č. 18 – Rozhraní tvorby klíče v programu Lucid Builder



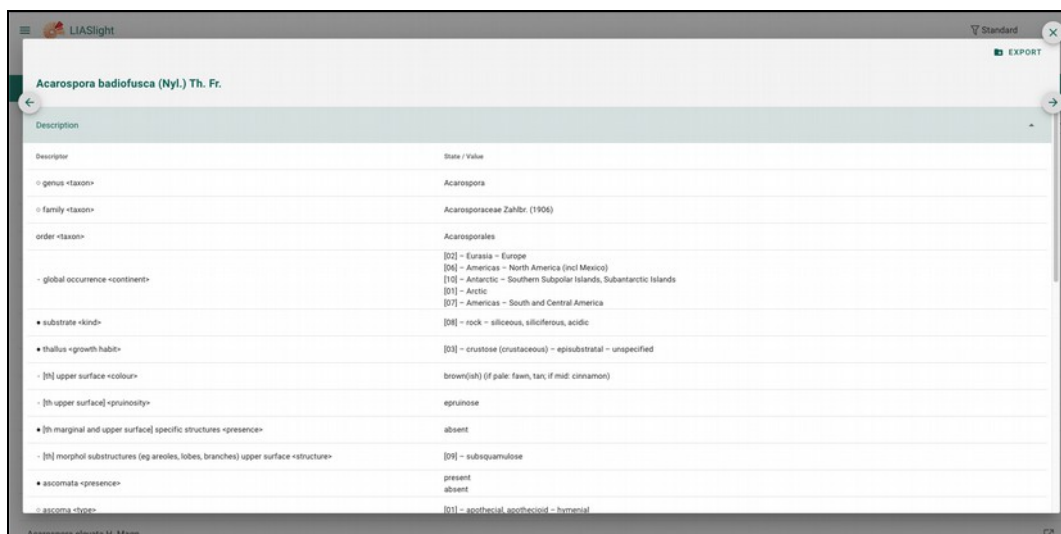
Obr. č. 19 – Rozhraní práce s klíčem v programu Lucid Player

Lucid je velmi oblíbený nástroj k tvorbě maticových klíčů pro určování rostlin (James et al., 2004), hub (Ristaino, 2012) a hmyzu (McElrath et al., 2016).

Uživatelé a taxonomové, kteří vytvořili klíč s použitím balíčku Lucid, mají možnost dát klíč k dispozici veřejnosti prostřednictvím webových stránek společnosti. To je i případ klíče k určování světových druhů *Ips* (Douglas et al., 2019b) vytvořený dr. Douglasem a jeho spolupracovníky, s kterým se pracovalo ve výzkumné části této práce (Douglas et al., 2019a).

3.4.3 DiversityNaviKey - generický nástroj pro identifikaci

Softwarová aplikace DiversityNaviKey (DNK) (Triebel et al., 2021) je generický nástroj primárně navržený pro jakýkoli druh diagnostiky a interaktivní identifikace organismů nebo jiných položek, jakož i skupin položek, které jsou součástí nebo souvisí s biodiverzitou, geodiverzitou nebo výzkumem životního prostředí, pomocí sady předem definovaných charakteristik. Umožňuje sofistikovaný výběr založený na vysoce strukturovaných zdrojích dat (datových sadách) s popisnými daty (daty vlastností s deskriptory, kategoriální stavy deskriptorů, hodnoty deskriptorů). Nástroj založený na prohlížeči je optimalizován pro vytváření a spouštění určovacích klíčů na základě postupného výběru deskriptorů, stavů deskriptorů a hodnot během procesu identifikace. Kritéria výběru mohou být předdefinována jednotlivým uživatelem nebo změněna během procesu identifikace (Triebel et al., 1999).



The screenshot shows the DiversityNaviKey application interface. At the top, the title bar reads 'LIASlight' and 'Standard'. Below the title bar, the entity name 'Acarospora badiofusca (Nyl.) Th. Fr.' is displayed. The main content area is a table with two columns: 'Descriptor' and 'State / Value'. The table lists various descriptors and their corresponding states or values.

Descriptor	State / Value
◦ genus <taxon>	Acarospora
◦ family <taxon>	Acarosporaceae Zahlbr. (1906)
order <taxon>	Acarosporales
- global occurrence <continent>	[02] - Eurasia - Europe [06] - Americas - North America (incl Mexico) [10] - Antarctic - Southern Subpolar Islands, Subantarctic Islands [01] - Arctic [07] - Americas - South and Central America
• substrate <kind>	[08] - rock - siliceous, siliceferous, acidic
• thallus <growth habit>	[03] - crustose (crustaceous) - epibsubstratal - unspecified
- [N] upper surface <colour>	brown(ish) (f pale: fawn, tan; if mid: cinnamon)
- [N] upper surface <grainosity>	epulvose
• [N] marginal and upper surface specific structures <presence>	absent
- [N] morphol substructures (eg areoles, lobes, branches) upper surface <structure>	[09] - subsquamulose
• ascomata <presence>	present absent
◦ ascoma <type>	[01] - apothecial, apothecoid - hymenial

Obr. č. 20 – Rozhraní aplikace DiversityNaviKey – detail vybrané entity

3.4.4 AbaTax – taxonomické klíče na webu

AbaTax systém (Murguía-Romero & Serrano-Estrada, 2021) je webová aplikace pro vytváření a publikování taxonomických identifikačních klíčů. Uživatelé poskytují agilní a snadný způsob jak indikovat charakteristiky v něm pozorované za účelem získání seznamu možných identit a v tom nejlepším případě taxon, ke kterému

patří. Pro taxonoma, který chce vytvořit identifikační klíč, poskytuje AbaTax snadný způsob, jak jej vygenerovat a zpřístupnit na webu.



Obr. č. 21 – Rozhraní aplikace AbaTax – zobrazení klíče

Systém je navržen a postaven na čtyřech hlavních záměrech: snadná použitelnost softwaru, polytietická identifikace, teoretický model dynamické identifikace a použití relačních databází. Systém implementuje responzivní webdesign, který se v reálném čase přizpůsobuje rozhraní zařízení, ze kterého se k němu přistupuje, ať už jde o stolní počítač, notebook, tablet nebo mobilní telefon.

Proces výzkumu a implementace aplikace pro práci s maticovými klíči na webu je zpracován autory projektu v článku *Taxonomic identification keys on the web: tools for better knowledge of biodiversity* (Taxonomické identifikační klíče na webu: nástroje pro lepší poznání biodiverzity), který byl pro tuto práci vzhledem k velmi podobnému zadání inspirací (Murguía-Romero et al., 2021).

Existují i specifická řešení adresující konkrétní oblast zájmu, buď jako nástroj pro výuku práce s identifikačními klíči (Stagg et al., 2015) nebo implementující webové klíče pro úzkou skupinu organismů, jako je tomu třeba u maticového interaktivního klíče k určování čeledi kuklicovitých MOSCHweb (Cerretti et al., 2012). Nicméně těchto řešení je pomálu a většina tvůrců pravděpodobně preferuje použití

některého z generických nástrojů popsaných výše.

Kromě zde shrnutých řešení samozřejmě existuje na webu mnoho dalších a autoři výše zmíněného článku (Murguía-Romero et al., 2021) v něm řadu z nich rekapituluji, včetně referencí a nástrojů použitých k vytvoření klíčů.

4. Metodika

4.1 Tvorba fotografické dokumentace

Pro tvorbu obrazové dokumentace byl použit digitální mikroskop s ovládacím software pro zachycení a ukládání obrazových dat v digitálním formátu, jmenovitě digitální mikroskop Leica DVM6 připojený k osobnímu počítači (Apple iMac s operačním systémem Windows), na kterém běžela softwarová platforma LAS X, také od společnosti Leica.

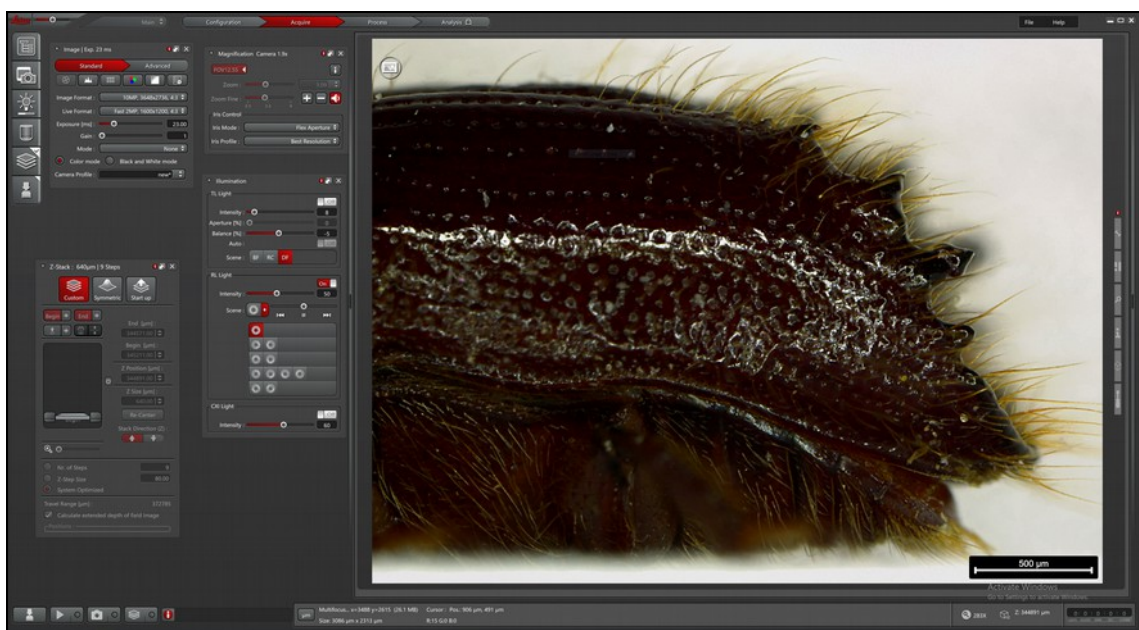


Obr. č. 22 – Digitální mikroskop Leica DVM6 se softwarem LAS X (foto autor)

Prvotním krokem při tvorbě fotografické dokumentace bylo obstarání sbírky kůrovcových exemplářů, která obsahovala druhy studované v této práci. Sbíрку poskytl můj vedoucí práce doc. Nakládal, stejně tak jako lahvičky s čerstvě nasbíranými kůrovci rodu *Ips*.

Ze sbírky kůrovců byl vybrán vhodný jedinec s viditelným identifikačním znakem. Pokud bylo možné bez poškození exponát vyčistit od různých nečistot, které by byly patrné při velkém zvětšení (prach, spóry, jiné organismy atp.), bylo tak učiněno mechanicky buď s pomocí štětečku nebo organického rozpouštědla (ethyl-acetát).

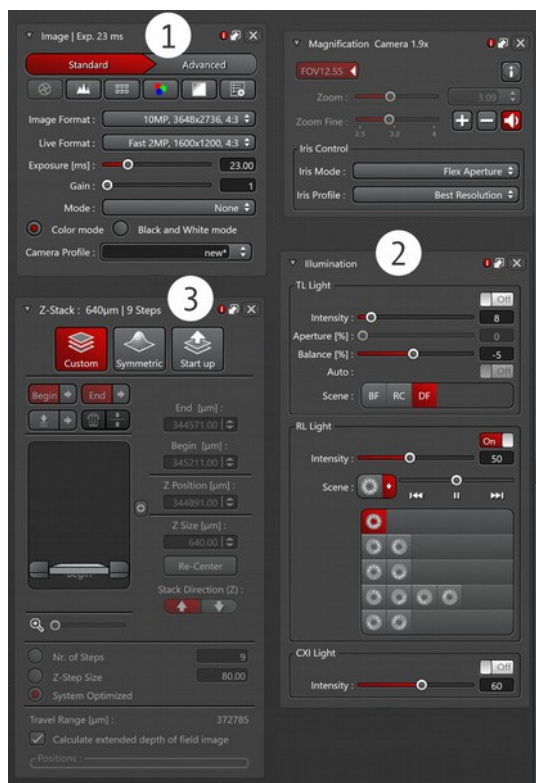
Vybraný a očištěný jedinec byl s pomocí špendlíku připevněn k polystyrénové podložce a umístěn na pracovní plochu mikroskopu tak, aby bylo možno zaměřit se na fotografovaný znak. Po nalezení vhodné pozice se ovládacími prvky mikroskopu manuálně zaostřilo na detail znaku, aby byl dobře vidět na obrazovce ovládacího software. Následná manipulace již byla z větší části digitální v prostředí tohoto programu, manuální manipulace s exponátem bylo potřeba pouze při změně pohledu na něj nebo při jeho výměně za jiný.



Obr. č. 23 – Uživatelské rozhraní softwaru LAS X

Základní nastavení použitá v prostředí systému LAS X se týkala velikosti snímaného obrazu (obr. č. 24 - 1), osvětlení (obr. č. 24 - 2) a parametrů tzv. multifocus image, tedy kompozitního obrazu sestaveného z řady obrázků s různou ohniskovou vzdáleností (obr. č. 24 - 3). Fotografie byly pořizovány v rozlišení 10MP (megapixelů), velikosti 3648 x 2736 pixelů a formátu 4:3. Intenzita a směr osvětlení exponátu byly nastaveny tak, aby nedocházelo k rušivým odleskům na lesklých částech těla kůrovce. V případech, kdy to nebylo možné, byla použita pomůcka – kruhový výstřižek z pauzovacího papíru, který byl připevněn přes LED světla na mikroskopu. Pomocí funkce Z-stack byl pro každý případ (znak/jedinec) identifikován začátek a konec úseku mezi dvěma ohniskovými vzdálenostmi tak, aby všechny zájmové části studovaného exempláře byly zaostřeny. Výsledkem byl

automaticky vytvořený obraz s vysokou hloubkou ostrosti. Ostatní nastavení programu LAS X byla ponechána na původních hodnotách.



Obr. č. 24 – LAS X moduly
1: Parametry obrazu, 2: Osvětlení
exponátu, 3: Z-Stack – kompozitní
obraz

Po spuštění procesu záznamu byla vygenerována výsledná fotografie s automaticky doplněným měřítkem a uložena na disku počítače. Vzhledem k tomu, že velikost jedné takto pořízené fotografie se mohla pohybovat v řádu desítek až stovek MB, bylo nutné se připravit na velký objem výsledných obrazových dat.

Výše popsany postup byl zopakován pro všechny vybrané znaky, druhy, případně pohlaví, výsledkem čehož byla kolekce „surové“ neupravené obrazové dokumentace. Celá kolekce následně prošla nejdříve kvalitativní selekcí a poté také procesem zpracování pořízených fotografií do formátu vhodného pro použití ve webové aplikaci.

Zpracování zahrnovalo převážně digitální retušování nečistot na preparátech, které se staly viditelnými při vysokém zvětšení a které se nepodařilo dostatečně odstranit čistěním (viz obr. č. 25). Následovala úprava velikosti vybraných fotografií na menší rozlišení a formát 1:1, který byl použit ve webové aplikaci. Jelikož tento krok obnášel pořízení výřezu z originálního formátu 4:3, v některých případech to znamenalo vyříznutí a posunutí měřítka (které LAS X automaticky generuje pro každý výstup) do nové pozice v obrázku menšího formátu.

Veškerá manipulace s fotografiemi byla prováděna s využitím grafického editoru GIMP verze 2.10.34 (The GIMP Development Team, 2019) a částečně také v rastrovém grafickém editoru Pixelmator verze 3.9.11 Classic. Nicméně lze použít jakýkoliv bitmapový grafický editor pro tvorbu a úpravy rastrové grafiky (např. Adobe Photoshop).



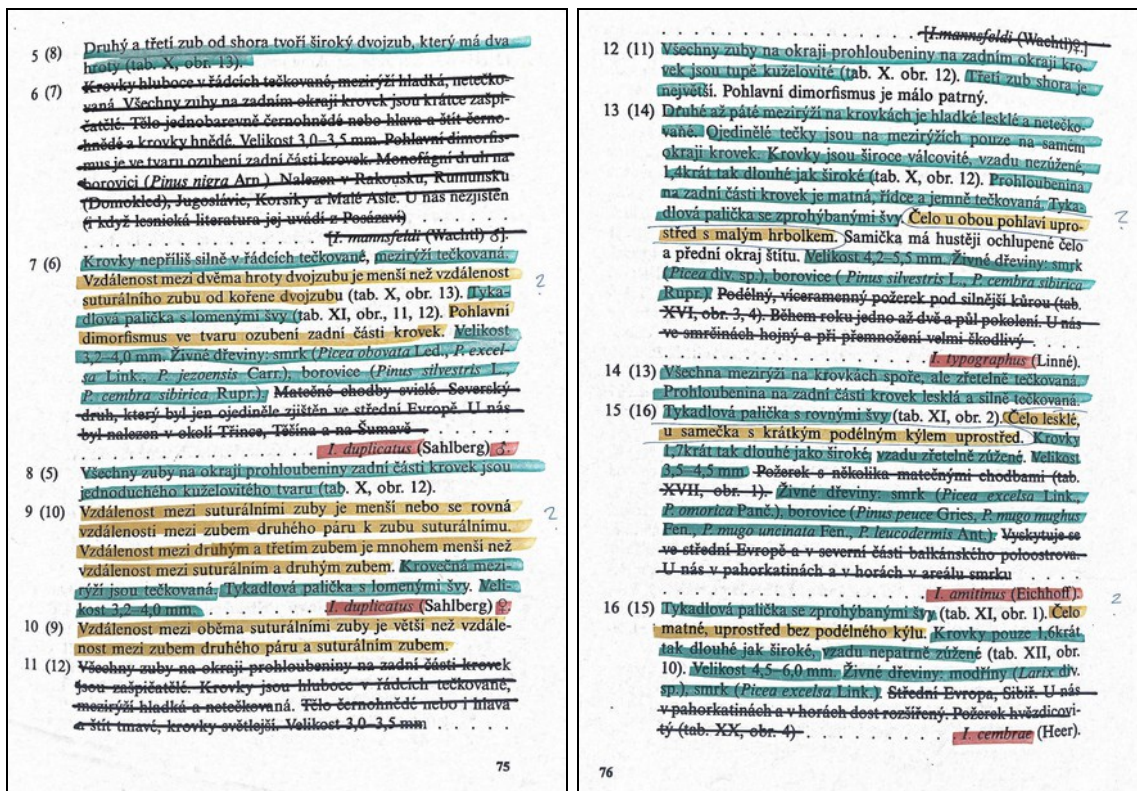
Obr. č. 25 - Ukázka fotografie před a po retušování nečistot a úpravě jasu a kontrastu (foto autor)

4.2 Tvorba maticového determinačního klíče

Jak již bylo zmíněno v úvodu, za předlohu ke tvorbě maticového klíče byl zvolen dichotomický determinační klíč k určování evropských druhů rodu *Ips* sestavený prof. Pfefferem a publikovaný v knize *Kůrovcovití (Scolytidae) a jádrohlobovití (Platypodidae)* (Pfeffer, 1989). Originální dichotomický klíč je přiložen k této práci jako Příloha č. 1. Tento klíč prošel analýzou (obr. č. 26), kdy byly shromážděny všechny znaky uvedené v dichotomickém klíči, vybrány znaky vhodné pro použití v maticovém klíči a vyloučeny znaky nevhodné.

Výsledkem byla množina základních skupin znaků:

1. Velikost (numerická hodnota v mm)
2. Tvar/vzhled krovek
3. Poměr délky krovek k jejich šířce (bezrozměrná numerická hodnota)
4. Vzhled mezirýží
5. Vzhled prohloubeniny na zadní části krovek
6. Počet zubů na okraji prohloubeniny
7. Největší zub na okraji prohloubeniny
8. Konfigurace zubů na okraji prohloubeniny
9. Tvar švů na tykadlové paličce
10. Živná dřevina



Obr. č. 26 – Ukázka analýzy textového klíče pro převod do matice (Pfeffer, 1989)

Nad touto množinou deseti morfologických a distribučních znaků byla sestavena datová matice, tj. vizuální reprezentace těchto znaků, jejich vlastností a jednotlivých druhů. Tato matice byla základem pro digitalizaci klíče a je součástí této práce jako Příloha č. 2.

Posledním krokem před digitalizací a implementací klíče bylo vytvoření jeho první online varianty (prototyp) ve zkušební verzi programu Lucid Player. Prototyp byl použit k ověření, zda navržený klíč funguje správně a lze tedy pokračovat v jeho převedení do relační databáze. Tato verze klíče je k dispozici online (Štěpán, 2023a).

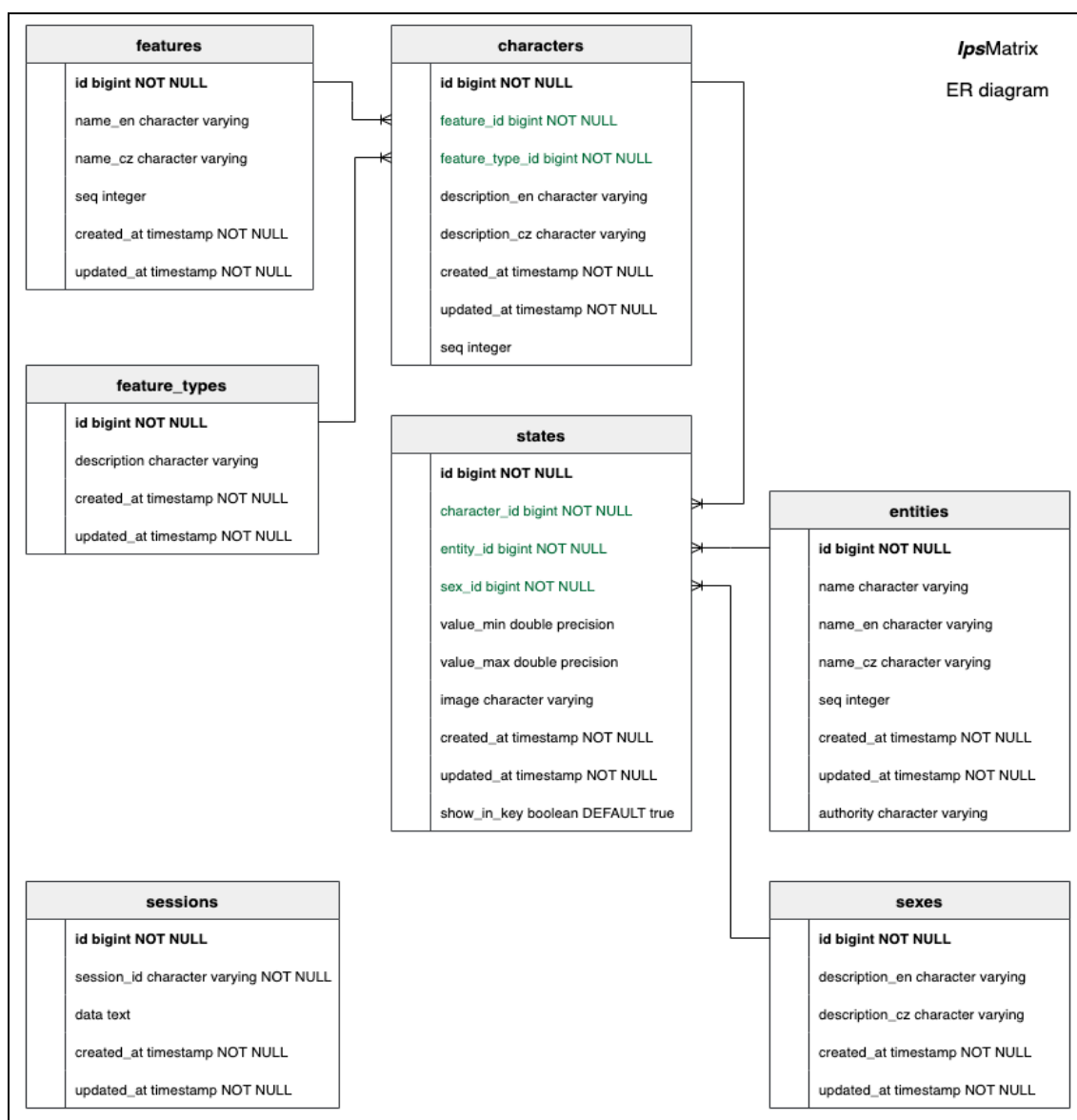
4.3 Implementace online verze determinačního klíče

Před započítím vlastní implementace bylo nutné vybrat vhodné technologie pro tento úkol a připravit vývojové prostředí (tzv. development stack). Systém byl navržen podle třívrstvé architektury (Fowler & Rice, 2002):

1. datová vrstva,
2. obchodní vrstva nebo algoritmy aplikace a
3. uživatelské rozhraní.

Po analýze požadavků na výsledný systém byly vybrány následující technologie a služby:

- **Ruby on Rails** (Hansson, 2003), framework pro vývoj webových aplikací napojených na databázi, používající architekturu model-view-controller (MVC)
- databázový systém **PostgreSQL** (PostgreSQL Global Development Group, 1996) pro zajištění datové vrstvy
- pro prezenční vrstvu neboli uživatelské rozhraní jsou standardem jazyk **HTML**, kaskádové styly **CSS** a skriptovací jazyky **JavaScript** a **JQuery** pro programování interaktivních prvků
- pro podporu vývoje softwaru pomocí verzovacího nástroje Git a k uložení a zpřístupnění zdrojového kódu na internetu byla zvolena služba **GitHub** (Microsoft, 2008)
- pro ošetření licenčních podmínek byla pro tuto aplikaci vybrána **Creative Commons Attribution License 3.0 (CC-BY)**, která umožňuje neomezené použití, distribuci a reprodukci na jakémkoli médiu za předpokladu, že je uveden původní autor a zdroj (Creative Commons, 2023).



Obr. č. 27 – ER diagram

Následoval návrh E-R diagramu (entity-relationship diagram) (obr. č. 27). Smyslem diagramu je abstraktní a konceptuální znázornění dat, respektive vizuální znázornění vztahů (1:1, 1:N, M:N) mezi databázovými entitami (tabulkami). Diagram posloužil jako pomůcka k sestavení databázové instance v PostgreSQL a s jeho pomocí lze podrobněji popsat jednotlivé tabulky přímo kopírující prvky „offline“ determináčního klíče, jež byl sestaven v předchozím kroku:

Znaky (features) – množina deseti základních znaků s textovými poli pro český a anglický název znaku a číselná hodnota určující pořadí znaku v klíči.

Typy znaků (features_types) – typ znaku může být buď výběrový (selection, výběr z několika možností) nebo obsahovat číselnou hodnotu (numeric).

Vlastnosti (characters) – množina 31 vlastností znaků, z nichž každá je přiřazena právě k jednomu znaku a typu znaku, spolu s číselnou hodnotou určující pořadí vlastnosti v rámci znaku. Český a anglický popis vlastnosti.

Druhy (entities) – šest studovaných druhů lýkožroutů, jejich český, anglický a latinský název a číselné pořadí.

Pohlaví (sexes) – tři typy pohlaví – samičky, samečci a bez rozdílu.

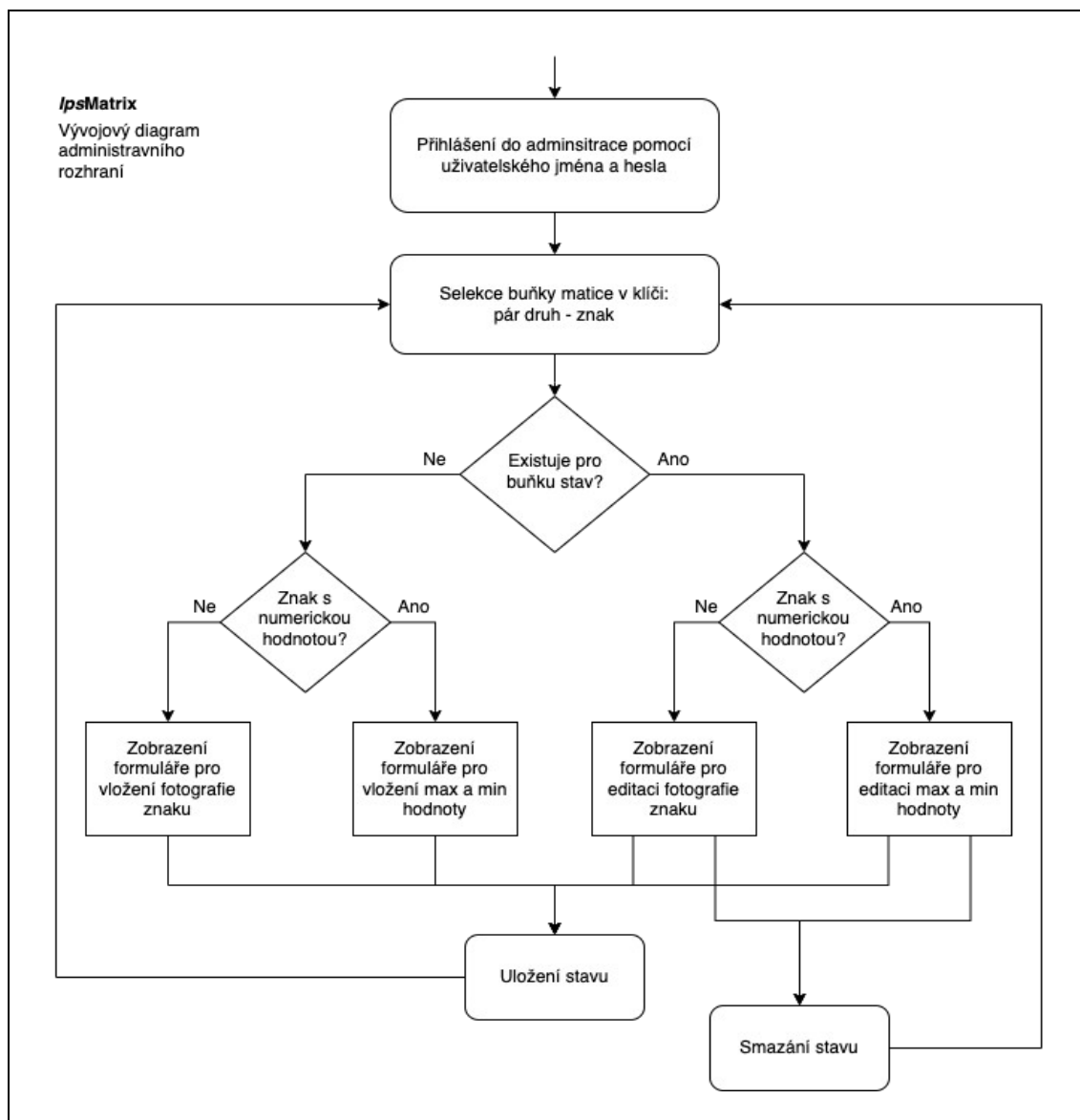
Stavy (states) – tabulka, jejíž obsah definuje strukturu klíče. Každý stav je kombinace právě jednoho druhu, vlastnosti a pohlaví. Každý záznam koresponduje s jednou buňkou tabulky determinativního klíče. Dále může obsahovat odkaz na fotografii u výběrového znaku (pokud k němu byla fotografie nahrána, pole je nepovinné) nebo mezní hodnoty u číselného znaku. Stav také obsahuje logickou hodnotu, která přepíná zda-li se fotografie zobrazuje na hlavní stránce klíče.

Relace (sessions) – tabulka ukládá relace uživatelů, kteří s klíčem v danou chvíli pracují. Ukládá se datová struktura s uživatelem vybranými znaky v klíči pro každou relaci, dle kterých následně aplikace filtruje možné druhy.

Ve chvíli, kdy byl na bázi tohoto návrhu vytvořen databázový model v prostředí Ruby on Rails, bylo možno databázovou instanci naplnit konkrétními daty z navrženého maticového klíče a nad vytvořenou databází začít programovat vlastní aplikaci.

Struktura aplikace byla navržena tak, aby umožňovala interakci dvěma skupinám uživatelů – správci, či správčům, aplikace, kteří mají možnost definovat strukturu interaktivního klíče (administrativní rozhraní, backend) a vlastním uživatelům, kteří budou s klíčem pracovat (uživatelské rozhraní, frontend).

Administrativní rozhraní bylo vytvořeno podle vývojového diagramu (obr. č. 28).



Obr. č. 28 – Vývojový diagram pro administrativní rozhraní

Uživatelské rozhraní implementuje vedle vlastního klíče řadu interaktivních prvků (s využitím skriptovacího jazyka jQuery):

- galerii fotografií pro vlastnosti znaků s více druhy/fotografiemi (obr. č. 32)
- zobrazování textového popisu stavu a změna obrázku z černobílého na barevný a naopak při pohybu myši nad obrázkem
- posuvník k zadávání numerických hodnot a tlačítko k jeho zresetování
- zobrazení podrobných informací o vybraném druhu
- stručnou nápovědu

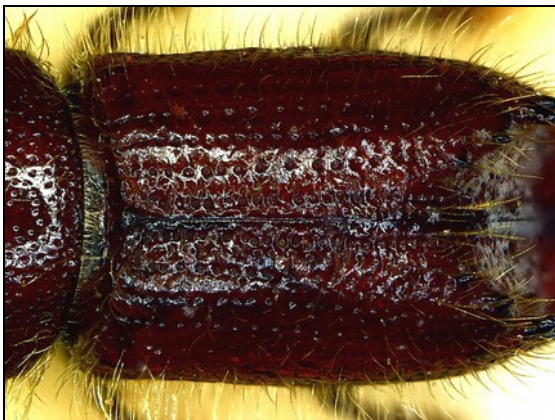
- přepínač jazykové verze webové aplikace mezi českou a anglickou

Jelikož aplikace používá velké množství interaktivních prvků, jedním z hlavních požadavků byla nutnost nenačítat stránku v prohlížeči při každé akci uživatele. K tomu bylo využito technologie AJAX (Asynchronous JavaScript and XML), pomocí které se mění obsah webových stránek bez nutnosti jejich kompletního znovunačítání za pomoci asynchronního zpracování na pozadí.

5. Výsledky

5.1 Fotodokumentace

Po skončení práce s mikroskopem vznikla kolekce 152 surových fotografií. Po kvalitativní selekci a vyřazení nevhodných fotografií (rozostřené, nevýrazné znaky, duplicity) se databáze zmenšila na 114 fotografií, z kterých byly vybrány fotografie vhodné pro použití ve webové aplikaci. Výsledkem byla finální kolekce čtyřiceti fotografií, které byly podrobeny post-produkci: retušování nečistot, úprava formátu, korektura jasu a kontrastu apod. Na následujícím obrázku je ukázka z výsledné fotodokumentace, celá kolekce je k nahlédnutí v Příloze č. 3.



a. *Ips amitinus* (mezirýž)



b. *Ips acuminatus* (prohlubeň)



c. *Ips typographus* (zoubky)



d. *Ips typographus* (palička)

Obr. č. 29 – Ukázky z finální fotodokumentace (foto autor)

Konečný počet fotografií dle druhů:			
<i>I. acuminatus</i>	16	Švy lomené	7
<i>I. amitinus</i>	5	Švy rovné	9
<i>I. cembrae</i>	12	Švy zprohýbané	1
<i>I. duplicatus</i>	18		
<i>I. sexdentatus</i>	18		
<i>I. typographus</i>	27		

5.2 Maticový determinační klíč

Analýzou dichotomického determinačního klíče (Pfeffer, 1989) bylo identifikováno 10 základních skupin znaků. Hned na začátku analýzy byl z klíče vyloučen druh *Ips mannsfeldi*, který se u nás nevyskytuje. I Pfeffer přímo v klíči uvádí, že druh u nás nebyl zjištěn, i když lesnická literatura jej uvádí z Posázaví (Pfeffer, 1989). Původní verze klíče také pracovala s pohlavním dimorfismem druhu *Ips duplicatus*, který je součástí textového klíče. Po konzultaci s vedoucím práce jsem však nakonec tento znak ve výsledném klíči nezohlednil, neboť závisí na vzdálenosti zoubků, kterou není jednoduché změřit bez speciálního vybavení (více viz kapitola 3.2.7 Pohlavní dimorfismus).

Výsledná datová matice tvořící základ klíče je založena na těchto deseti morfologických a distribučních znacích. Každý znak má buď přiřazenu vlastnost s rozsahem dva až šest možných z celkového počtu 31 vlastností, nebo rozsah numerické hodnoty. Spolu se sedmi druhy (6 druhů + pohlavní dimorfismus u *Ips acuminatus*) tyto znaky a vlastnosti kódují klíč o 78 stavech (odpovídající obsazeným buňkám v maticovém klíči, viz Příloha č. 2). Následuje seznam identifikovaných znaků pro každý druh, z kterých byl výsledný maticový klíč sestaven.

Ips acuminatus

Velikost:	2,2-3,9 mm
Tvar/vzhled krovek:	velmi lesklé, jemně v řádcích tečkované
Vzhled mezirýží:	řídce a jemně tečkovaná
Počet zubů na okraji prohloubeniny:	tři páry

Největší zub na okraji prohloubeniny:	třetí
Zuby na okraji prohloubeniny:	spodní zub jednoduchý (samičky) spodní zub široký a při horním okraji vykrojený do tvaru dvojzubu (samečci)
Švy na tykadlové paličce:	zprohýbané
Živné dřeviny:	borovice

Ips amitinus

Velikost:	3,5-4,5 mm
Tvar/vzhled krovek:	vzadu zřetelně zúžené
Poměr délky krovek k jejich šířce:	1,7
Vzhled mezirýží:	spoře, ale zřetelně tečkovaná
Prohloubenina na zadní části krovek:	lesklá a silně tečkovaná
Počet zubů na okraji prohloubeniny:	čtyři páry
Největší zub na okraji prohloubeniny:	třetí
Zuby na okraji prohloubeniny:	spodní zub jednoduchý všechny zuby jednoduchého kuželovitého tvaru
Švy na tykadlové paličce:	rovné
Živné dřeviny:	borovice, smrk

Ips cembrae

Velikost:	4,5-6,0 mm
Tvar/vzhled krovek:	vzadu nepatrně zúžené
Poměr délky krovek k jejich šířce:	1,6
Vzhled mezirýží:	spoře, ale zřetelně tečkovaná
Prohloubenina na zadní části krovek:	lesklá a silně tečkovaná
Počet zubů na okraji prohloubeniny:	čtyři páry
Největší zub na okraji prohloubeniny:	třetí
Zuby na okraji prohloubeniny:	spodní zub jednoduchý všechny zuby jednoduchého kuželovitého

	tvary
Švy na tykadlové paličce:	zprohýbané
Živné dřeviny:	smrk, modřín
<i>Ips duplicatus</i>	
Velikost:	3,2-4,0 mm
Tvar/vzhled krovek:	nepříliš silně v řádcích tečkované
Poměr délky krovek k jejich šířce:	1,4
Vzhled mezirýží:	tečkovaná
Počet zubů na okraji prohloubeniny:	čtyři páry
Největší zub na okraji prohloubeniny:	třetí
Zuby na okraji prohloubeniny:	spodní zub jednoduchý druhý a třetí zub od shora tvoří široký dvojzub, který má dva hroty
Švy na tykadlové paličce:	lomené
Živné dřeviny:	borovice, smrk

Ips sexdentatus

Velikost:	5,5-8,0 mm
Tvar/vzhled krovek:	válcovité, silně v řádcích tečkované
Poměr délky krovek k jejich šířce:	1,5
Vzhled mezirýží:	široká a jemně nepravidelně tečkovaná
Počet zubů na okraji prohloubeniny:	šest párů
Největší zub na okraji prohloubeniny:	čtvrtý
Zuby na okraji prohloubeniny:	spodní zub jednoduchý všechny zuby jednoduchého kuželovitého tvary
Švy na tykadlové paličce:	zprohýbané
Živné dřeviny:	borovice, smrk

Ips typographus

Velikost:	4,2-5,5 mm
Tvar/vzhled krovek:	široce válcovité, vzadu nezúžené

Poměr délky krovek k jejich šířce:	1,4
Vzhled mezirýží:	hladká, lesklá a netečkovaná
Prohloubenina na zadní části krovek:	matná, řídce a jemně tečkovaná
Počet zubů na okraji prohloubeniny:	čtyři páry
Největší zub na okraji prohloubeniny:	třetí
Zuby na okraji prohloubeniny:	spodní zub jednoduchý všechny zuby jednoduchého kuželovitého tvaru
Švy na tykadlové paličce:	zprohýbané
Živné dřeviny:	borovice, smrk, modřín

5.3 Aplikace *IpsMatrix*

Hlavním výsledkem této práce je webová aplikace prezentující navržený maticový klíč, která byla pojmenována ***IpsMatrix***, a která je veřejně dostupná na internetu na adrese (Štěpán, 2023b):

<http://ipsmatrix.chaosdesign.net>

Následující kapitoly jsou jejím popisem a základní uživatelskou příručkou pro správu a ovládání interaktivního webového klíče.

5.3.1 Administrativní rozhraní

Administrativní rozhraní je nedílnou součástí většiny webových aplikací založených na databázi. Jeho úkolem je především zpřístupnění funkcí k manipulaci se záznamy v databázi – vytváření, editace a mazání. Jelikož by tyto funkce měly být přístupné pouze správci aplikace či oprávněným osobám, bývá toto rozhraní chráněno heslem. Nejinak je tomu i v tomto případě. Následují přístupové údaje pro aplikaci *IpsMatrix*:

URL: <http://ipsmatrix.chaosdesign.net/admin>

Uživatelské jméno: admin

Heslo: lykozrout

*Ips*Matrix > Maticový determinační klíč
lýkožroutů rodu *Ips* České republiky

Stav s hlavní fotografií pro znak
Stav s fotografií
Stav bez fotografie

Velikost

- délka [mm]	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
--------------	-------------------------------------	-------------------------------------	-------------------------------------	-------------------------------------	-------------------------------------	-------------------------------------	-------------------------------------

Krovky

- velmi lesklé, jemně v řádcích tečkované	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- válcovité, silně v řádcích tečkované	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- nepřilíš silně v řádcích tečkované	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- široce válcovité, vzadu nezúžené	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- vzadu zřetelně zúžené	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- vzadu nepatrně zúžené	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Poměr délky krovek k jejich šířce

- poměr	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
---------	--------------------------	--------------------------	-------------------------------------	-------------------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

Mezirýží

- řídké a jemně tečkované	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- široká a jemně nepravidelně tečkovaná	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- tečkovaná	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- hladké lesklé a netečkované	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- spoře, ale zřetelně tečkovaná	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Prohloubenina na zadní části krovek

- matná, řídké a jemně tečkovaná	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- lesklá a silně tečkovaná	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Počet zubů na okraji prohloubeniny

- tři páry	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- čtyři páry	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
- šest párů	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Největší zub na okraji prohloubeniny

- druhý	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- třetí	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
- čtvrtý	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Zuby na okraji prohloubeniny

- spodní zub jednoduchý	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- spodní zub široký a při horním okraji vykrojený do tvaru dvojzubu	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- druhý a třetí zub od shora tvoří široký dvojzub, který má dva hroty	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- všechny zuby jednoduchého kuželovitého tvaru	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Švy na tykadlové palčice

- zprohýbané	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- rovné	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- lomené	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Živné dřeviny

- borovice	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
- smrk	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
- modřín	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

1 Nový stav

Skupina znaků: Prohloubenina na zadní části krovek
Znak: lesklá a silně tečkovaná
Druh: *Ips duplicatus*
Pohlaví: bez rozdílu

Použít fotografii v klíči
Fotografie znaku:

Choose file No file chosen

Uložit stav

2 Editace stavu

Skupina znaků: Velikost
Znak: délka [mm]
Druh: *Ips cembrae*
Pohlaví: bez rozdílu


Spodní hranice parametru: 4.5
Horní hranice parametru: 6.0

Uložit stav

3 Editace stavu

Skupina znaků: Krovky
Znak: vzadu nepatrně zúžené
Druh: *Ips cembrae*
Pohlaví: bez rozdílu

Použít fotografii v klíči
Fotografie znaku:



Choose file No file chosen

Uložit stav

Obr. č. 30 – Administrativní rozhraní aplikace *Ips*Matrix
1: Formulář pro vložení nového stavu, 2: Formulář pro editaci existujícího (číselného) stavu,
3: Formulář pro editaci existujícího (výběrového) stavu

Po úspěšné autentizaci se správci zobrazí administrativní rozhraní klíče (obr. č. 30). Tvorba a úprava klíče je velmi jednoduchá a intuitivní. Znaky a vlastnosti jsou

seřazeny v řádcích tabulky, druhy pak v jejích sloupcích. Každá buňka tabulky odpovídá potenciálnímu stavu a obsahuje zaškrtačací políčko – nezaškrtnuté pro chybějící stav a zaškrtnuté pro existující. Pozadí buněk je barevně odlišeno podle viditelnosti fotografie v hlavním klíči – tmavě modrá značí hlavní fotografii zobrazovanou na stránce klíče, světle modrá druhotnou fotografii zobrazovanou v galerii a červená indikuje stav s chybějící fotografií.

Po kliknutí na prázdné políčko se otevře stránka s formulářem pro přidání nového stavu. Formulář se mírně liší podle typu znaku – u numerického znaku se vkládají nejmenší a největší hodnota (povinné hodnoty), u výběrového znaku je možné nahrát fotografii (nepovinné pole) a označit, zda se má fotografie zobrazit na hlavní stránce klíče (obr. č. 30 - 1). Formulář lze tlačítkem odeslat, čímž se data uloží do databáze, případně je možné vrátit se zpět na klíč bez uložení.

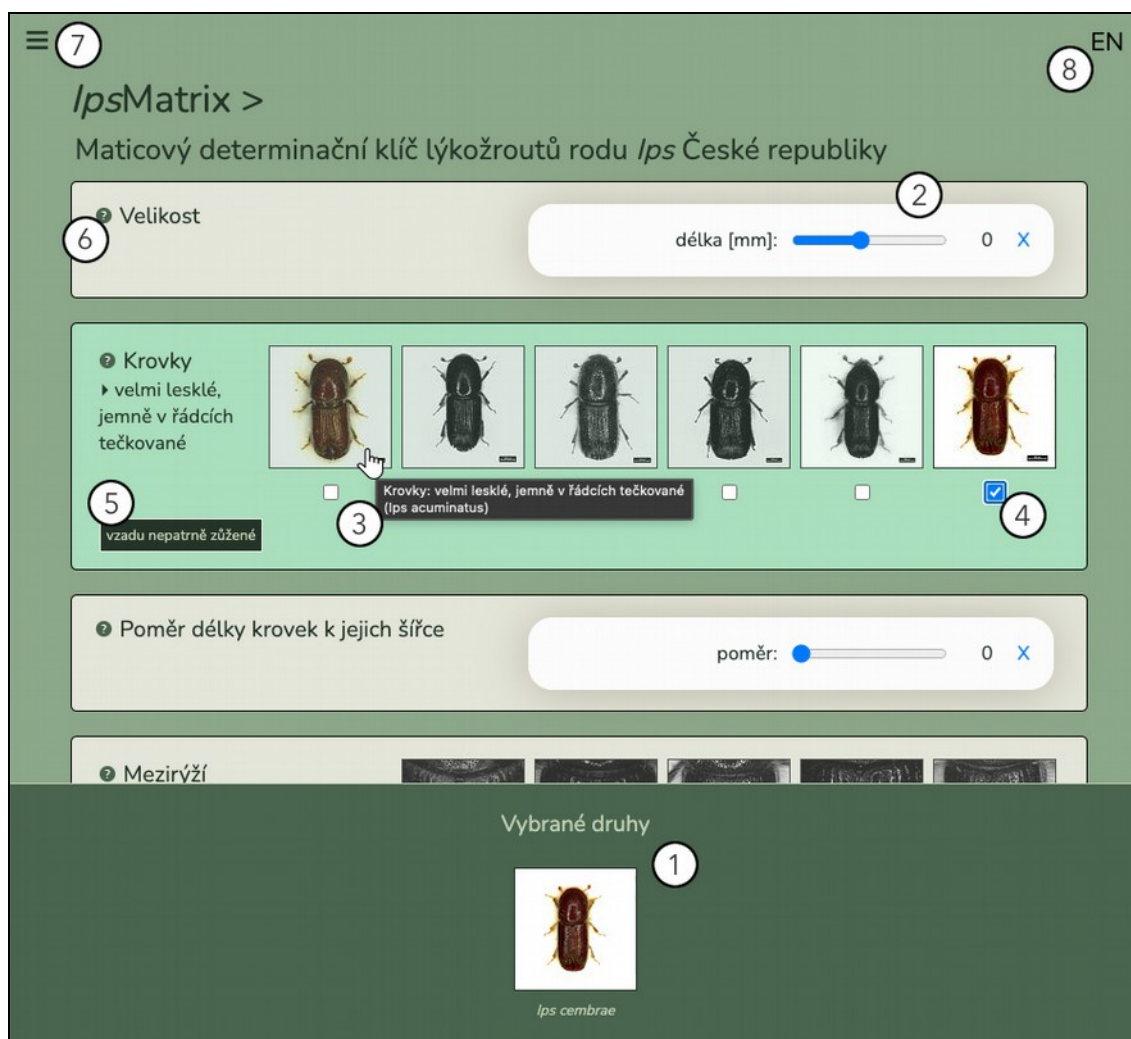
Editace existujících dat probíhá po kliknutí na zaškrtnuté políčko. Formuláře jsou velmi podobné – u numerického znaku lze upravovat mezní hodnoty (obr. č. 30 - 2) a u výběrového znaku se zobrazí stávající fotografie, kterou je možno nahradit jinou. Lze opět měnit viditelnost fotografie v klíči (obr. č. 30 - 3). Editační formuláře navíc umožňují (po potvrzení) existující stavy odstranit.

Všechny formuláře přehledně v levé části zobrazují výpis znaku, vlastnosti, druhu a pohlaví, ke kterému se stav vztahuje.

5.3.2 Uživatelské rozhraní

Hlavní okno webové aplikace je možné vizuálně rozdělit na dvě oblasti. Horní, zhruba $\frac{3}{4}$ obrazovky zobrazuje viditelnou část klíče, což je vertikálně seřazená kolekce prvků interpretujících jednotlivé znaky. Celou kolekci znaků se lze pohybovat pomocí posuvníku v okně prohlížeče. Oproti tomu spodní čtvrtina stránky je trvale umístěna na spodním okraji obrazovky. V této oblasti je na začátku práce vykreslena skupina všech možných druhů, která se později dynamicky zmenšuje (nebo zvětšuje) v závislosti na vybraných stavech (obr. č. 31 - 1). V případě, že kombinaci vybraných znaků neodpovídá žádný druh, zobrazí se ikona „Ø“. U každého druhu jsou jejich druhová jména a fotografie habitu, jejichž velikosti poměrově odpovídají reálným poměrům velikosti těl lýkožroutů.

Jak již bylo dříve zmíněno, klíč implementuje dva typy znaků. Vložení numerické hodnoty do klíče obstarává grafický posuvník (obr. č. 31 - 2). Na začátku práce je neaktivní (hodnota 0). Posouváním se znak aktivuje a zobrazuje vybranou číselnou hodnotu v intervalu mezi minimální a maximální povolenou hodnotou. Deaktivaci znaku lze provést kliknutím na křížek v pravé části posuvníku.



Obr. č. 31 – Hlavní stránka aplikace IpsMatrix

1: Vybrané druhy, 2: Grafický posuvník pro numerické hodnoty, 3: Popis znaku při přejetí myší, 4: Vybraný znak, 5: Textový popis vybraného znaku, 6: Ikona kontextové nápovědy znaku, 7: Nápověda k ovládní klíče, 8: Přepínač mezi jazykovými verzemi

Druhým typem znaku je znak výběrový, zobrazující mezi dvěma až šesti černobílými náhledy fotografií. Po najetí kurzorem myši na náhled se tento probarví a pod názvem znaku se zobrazí textový popis odpovídající vlastnosti znaku (obr. č. 31 - 3). Zaškrťovací políčka pod náhledy provedou výběr znaku, náhled se permanentně

probarví (obr. č. 31 - 4) a textový popis se zobrazí ve spodní části bloku znaku (obr. č. 31 - 5). U obou typů znaků dojde při jejich vybrání ke změně pozadí na světle zelenou, aby bylo vizuálně zřejmé, které znaky jsou aktivní.

Zbývajících prvky hlavní obrazovky je ikona zobrazující kontextovou nápovědu ke každému znaku (obr. č. 31 - 6) přepínač zobrazení panelu se základní nápovědou ke klíči v levé části obrazovky (obr. č. 31 - 7) a přepínač mezi jazykovými verzemi (obr. č. 31 - 8).




Obr. č. 32 - *IpsMatrix* - Galerie znaků

1: Popis znaku a druhu, 2: Indikace pořadí fotografie z celkového počtu v galerii, 3: šipky pro posouvání v galerii

Klikne-li uživatel na náhled fotografie, zobrazí se odpovídající fotografie v plné velikosti (obr. č. 32). Pod fotografií je legenda s kompletním popisem znaku

a druhem, ke kterému zobrazená fotografie patří (obr. č. 32 - 1). Je-li v galerii více fotografií, lze v pravém dolním rohu vyčíst, která fotografie z kolika se právě zobrazuje (obr. č. 32 - 2). V takovém případě lze procházet galerií oběma směry pomocí šipek po stranách obrazovky (obr. č. 32 - 3).

Vybrané druhy



Ips cembrae

1
✕

***Ips cembrae* (lýkožrout modřínový)**
třída: hmyz (Insecta) řád: brouci (Coleoptera) čeleď: nosatcovití (Curculionidae)

Vědecká synonyma: *Ips shinanonensis*, *Ips subelongatus*, *Ips* var. *engadinensis*

EPPO kód: **IP SXCE**

Hostitelské spektrum
 Prakticky se jedná o monofágní druh lýkožrouta na modřínu opadavém, jen zřídka napadá jiné jehličnany (např. silně stresované smrky, nebo po žíru bekyně mnišky atp.).

Popis
 Jedná se o cca 4,5–6,0 mm velkého zástupce, který je válcovitého tvaru, tmavě hnědé barvy. Imaga jsou intenzivně lesklá. Na silně prohloubené zádi mají dospělci celkem 4 zoubky, ten největší je 3. shora. Larvy jsou při vývoji soustředěny pouze pod kůrou. Jsou charakteristického rohlíčkovitého tvaru, cca 2,0–4,0 mm velké, bezohé a světle slonovinové barvy.

Možnost záměny
 Rozlišovacím znakem je především vazba na modřín, kdy se jedná o hlavní živnou dřevinu. U druhu *I. aminitus* jsou mezirýžl dospělců intenzivně tečkované. U druhu *I. typographus* je zmíněné mezirýžl hladké a lesklé a u průmětného druhu (*I. modřínový*) je mezirýžl jemně tečkované.

Příznaky poškození/napadení
 Požerek je hvězdicovitý (tři až pět matečných chodeb na jednu snubní komůrku), matečné chodby jsou orientovány spíše podélně, snubní komůrka i matečné chodby nezasahují do lýka, příp. běle. Larvální chodby jsou umístěny převážně v kůře a lýku, do dřeva také nezasahují.

Možnost záměny poškození/napadení
 Charakter poškození je obdobný u všech druhů rodu *Ips*. Tento druh lze nalézt na modříně spíše středních dimenzí, nebo na silnějším materiálu. Hostitelská dřevina bude hlavním determinačním znakem tohoto konkrétního druhu. Ostatní druhy rodu *Ips* budou mít těžší výskyt na jiných taxonech (borovice a smrky). Tento druh provádí zralostní žír na koncích větví a na letorostech modřínu.

Životní cyklus
 Rojení tohoto druhu v jarní generaci probíhá v dubnu až květnu. Zakládá i sesterskou generaci po regeneračním žíru. Letní rojení probíhá v červenci až srpnu. Druhá generace ukončí zpravidla vývoj ještě téhož roku a imaga přezimují buď v místě žíru, nebo v kůře sousedních smrků. V teplých letech a příznivých podmínkách je možné založení pokolení č. 3, které přezimuje ve stadiu larev nebo kukel.

Hospodářský význam
 Jedná se o druh s intenzivní škodlivostí, který má tendenci k přemnožování, pokud se vyskytne v lokalitách s intenzivním výskytem živých dřevin. Je to druh, který napadá slábnoucí a stresované stromy (např. zastíněním, přísuškem atp.) především silnější dimenzí.

Zdroj: [Rostlinolékařský portál](#), text: P. Martinek, MENDELU

Obr. č. 33 – *Ips*Matrix - Informace o vybraném druhu
1: Ikona pro uzavření okna

Poslední komponentou hlavní stránky aplikace je zobrazení podrobných informací o vybraném druhu (obr. č. 33). Kliknutím na obrázek lýkožrouta ve spodní části obrazovky se zviditelní blok textových informací o tomto druhu. Informace byly převzaty z Rostlinolékařského portálu Ústředního kontrolního a zkušebního ústavu

zemědělského (ÚKZUZ) (ÚKZÚZ, 2014), který dovoluje jejich použití pro osobní či nekomerční účely. Vedle popisu, životního cyklu, hospodářského významu a hostitelského spektra se v této sekci vyskytují vědecká synonyma, kód záznamu v globální databázi EPPO (Evropská a Středozevní organizace ochrany rostlin) (EPPO, 2023) a odkaz na něj, příznaky poškození/napadení a možnosti záměny jak druhu, tak i poškození/napadení.

Pro návrat na hlavní stránku a uzavření této textové sekce je určena ikona „X“ v pravém horním rohu (obr. č. 33 - 1).

Kompletní kód aplikace je uložen a volně k dispozici v repositáři služby GitHub (Štěpán, 2023c), buď k nahlédnutí nebo k použití (adaptaci, rozšíření) na bázi open-source za dodržení licenčních podmínek Creative Commons Attribution License 3.0 (CC-BY). Tato licence umožňuje neomezené použití, distribuci a reprodukci zdrojového kódu na jakémkoli médiu za předpokladu, že je uveden původní autor a zdroj (Creative Commons, 2023).

6. Diskuze

Porovnávat vytvořený systém s existujícími řešeními je, vzhledem k tomu o jak specifický a úzce zaměřený produkt se jedná, velmi těžké, ne-li nemožné. U naprosté většiny systémů používaných k implementaci a práci s interaktivními klíči ve webovém prostředí se jedná o systémy generické, poskytující tvůrcům klíčů spíše nástroje a postupy, než konkrétní řešení. To je případ jak systému DELTA (Dallwitz & Paine, 1999), který je více popisným jazykem či formátem pro výměnu taxonomických popisů, tak i generického nástroje pro identifikaci DiversityNaviKey (Triebel et al., 2021). Oba systémy poskytují procesy a formáty pro sdílení a výměnu diagnostických dat, na kterých lze identifikační klíče stavět. Je tomu tak i v případě balíčku nástrojů Lucid (Lucidcentral, 2021), který umožňuje klíče vytvářet, nejedná se však o implementaci konkrétního klíče. Systém AbaTax (Murguía-Romero & Serrano-Estrada, 2021) je také určen k tvorbě různých klíčů, nicméně svým záběrem se blíží řešení v této práci, neboť jde o samostatnou aplikaci vytvořenou na

míru jednomu konkrétnímu záměru. Hlavní rozdíl mezi aplikací AbaTax a *IpsMatrix* je ve skutečnosti, že AbaTax implementuje responzivní webdesign. To znamená, že se v reálném čase přizpůsobuje typu zařízení, na kterém je zobrazován (stolní počítač, notebook, tablet nebo mobilní telefon). Tato funkcionalita nebyla u *IpsMatrix* implementována, aplikace je určena pouze pro stolní počítače (případně tablety). Pravděpodobně nejbližší a nejvhodnější k porovnání je maticový interaktivní klíč k určování čeledi kuklicovitých MOSCHweb (Cerretti et al., 2012). I když nelze srovnávat objem identifikovaných dat – klíč kóduje celkem 374 stavů pro 98 morfologických znaků nad množinou 423 taxonů – lze porovnat vizuální zpracování klíče. *IpsMatrix* klade větší důraz na přehlednost, interaktivitu a upřednostnění vizuálního zobrazení znaku.

Na začátku práce byly zvažovány některé postupy a principy, na kterých by práce mohla být postavena, které však z různých důvodů nebyly ve výsledku použity. Jedním z nich byl koncept publikace, citace a šíření interaktivních online webových klíčů tak, aby i vlastní interaktivní klíč byl považován za „formální vědeckou publikaci“ (Penev et al., 2009). Tím by se mohla řešit typická dynamika a nestálost webových aplikací. Jedním z možných přístupů je publikování online identifikačního klíče ve formě vědeckého článku (Penev et al., 2012). Ve výsledku tento přístup nebyl v práci použit kvůli časovým nárokům. Druhým zajímavým konceptem, který nebyl implementován díky tomu, že byl publikován pouze velice nedávno, je způsob ukládání dat identifikačního klíče ve specifickém formátu, který by ulehčoval a sjednocoval případnou výměnu a sdílení dat klíče. Takovým formátem by mohl být navrhovaný otevřený a všestranný formát Clavis (Koch et al., 2022).

Při práci na jednotlivých cílech došlo k několika drobným komplikacím. Vytvořená fotografická dokumentace je uspokojivá, byl pořízen dostatečný počet fotografií, nicméně jejich kvalita je značně proměnlivá. Důvodem byl nedostatečný prostor a čas věnovaný ovládnutí digitálního mikroskopu a jeho software pro zpracování obrazu na takové úrovni, aby byl schopen produkovat opravdu kvalitní fotografie. Začínalo-li by se znovu s touto prací s nabytými zkušenostmi, doporučil bych zvládnutí všech aspektů optického systému Leica věnovat větší pozornost před

začátkem vlastní práce místo učení se tzv. „za pochodu“. Výsledkem hlubší znalosti funkcí a možností systému by byla méně frustrující zkušenost a kvalitnější výstup.

Vzhledem k tomu, jak byl webový klíč navržen a postaven, není méně kvalitní fotodokumentace velkou překážkou v jeho užívání. Správce má možnost fotografie vyměnit a nahradit, případně v rámci studia entomologie a práce s digitálním mikroskopem by mohlo být vytvoření kvalitní fotografie zvoleného znaku součástí výuky.

Problémy nastávaly i u jednotlivých kroků při práci s mikroskopem a exponáty. Ty byly často přilepeny na čtvrtce papíru a k některým znakům (hlavně ke švům na paličce) se buď nešlo dostat vůbec nebo nebylo možné exponát natočit tak, aby byl znak dobře viditelný. Velká intenzita LED osvětlení často způsobovala silné odlesky na exponátech, což si vyžádalo použití zmíněné rozptylky z pauzovacího papíru. I když zdaleka ne ideální, tato pomůcka dokázala do jisté míry intenzitu a rozptyl světla mikroskopu snížit. Hojně využívaná funkce mikroskopu Z-Stack umožňovala nastavit začátek a konec úseku mezi dvěma ohniskovými vzdálenostmi tak, aby všechny části studovaného exempláře byly zaostřeny. Z těchto limitních údajů software vypočítal počet kroků a úsek ohniskové vzdálenosti, o kterou se objektiv přeostril při každém kroku. Po spuštění se při každém kroku pořídila jedna fotografie a na konci procesu se z těchto jednotlivých fotografií zkompletovala fotografie výsledná, která by měla mít všechny prvky v zaostření. Někdy tomu však tak nebylo a proces bylo nutno opakovat s hledáním nových hraničních poloh. Tento proces mohl být někdy velmi zdoluhavý, neboť pokud se pořízení jedné fotografie počítalo v řádech sekund či desítek sekund, vyprodukování výsledné kompozitní fotografie mohlo zabrat i několik minut při vysokém počtu kroků. Posledním úskalím byla nepřítomnost samečků *Ips acuminatus* v původní sbírce, což bylo vyřešeno sbírkou čerstvých lýkožroutů.

Při tvorbě maticového klíče docházelo k méně komplikacím než v předchozím kroku. Nejzásadnější byla pravděpodobně skutečnost, že dostupné údaje o charakteristických znacích lýkožroutů se mírně liší dle použitého zdroje. To se týká i jednoho autora, neboť popis lýkožroutů v obou publikacích prof. Pfeffera (Pfeffer, 1955; 1989) není zcela identický. To vedlo k rozhodnutí určit si „zdroj

pravdy“, za který byl zvolen dichotomický klíč z novější publikace a z ostatních zdrojů bylo čerpáno pouze minimálně.

Volba znaků pro maticový klíč je do jisté míry subjektivní. Bylo již zmíněno, že několik znaků z použitého dichotomického klíče nebylo do maticového klíče přeneseno a za účelem snažší a přehlednější práce s klíčem by zpětně bylo vhodné některé znaky z klíče vyřadit. Porovná-li se vytvořený klíč s klíčem vytvořeným dr. Douglasem a jeho spolupracovníky (Douglas et al., 2019b), nelze říci, že klíč k určování druhů České Republiky je podmnožinou jejich klíče k určování druhů světových. Ze 38 znaků použitých v jejich klíči je identických pouze šest znaků z deseti. To může znamenat, že zbylé znaky v klíči byly nevhodně zvolené, či že existují možnosti rozšíření pro oba klíče. Pokud by k realizaci této práce byla zvolena cesta existujícího řešení a klíč by byl implementován např. v programu Lucid, technicky by to bylo možné považovat za splnění zadání práce, nicméně by to nepřineslo nic nového. Zmíněný klíč dr. Douglase je v tomto směru kompletnějším řešením.

Před začátkem implementace byly stanoveny požadavky na aplikaci, jmenovitě a) použitelnost softwaru, b) dvojjazyčnost aplikace (české a anglické prostředí), a c) všechny použité technologie i výsledný kód determinálního klíče na bázi otevřeného software (open-source software). Použitelnost (usability) je vlastnost počítačového programu nebo webové stránky představující jednoduchost jeho používání a snadnou naučitelnost zacházení s nimi. Pro splnění těchto požadavků byl pro implementaci zvolen framework Ruby on Rails (Hansson, D. H., 2003). Jde o framework pro vývoj webových aplikací napojených na databázi, používající architekturu model-view-controller (MVC), což je architektura která rozděluje datový model aplikace (model), uživatelské rozhraní (view) a řídicí logiku (controller) do tří nezávislých komponent tak, že modifikace některé z nich má jen minimální vliv na ostatní. Framework je postaven na robustním a efektivním programovacím jazyce Ruby, který kromě jiného podporuje princip vývoje softwaru orientovaný na snižování počtu duplicitního kódu, tzv. DRY princip (Don't Repeat Yourself, tj. „Neopakuj se“). Pro zajištění funkce databázové vrstvy se pak nabízel volně dostupný a otevřený objektově-relační databázový systém PostgreSQL

(PostgreSQL Global Development Group, 1996), který je velmi dobře s frameworkem Ruby on Rails integrován.

Z pohledu implementace je výsledek velmi uspokojivý a k diskuzi se nabízí řada poznámek k alternativním řešením dílčích problémů a k nepřeborným možnostem, jak existující aplikaci rozšířit.

Výsledný implementovaný klíč nabízí jiný, více vizuální a interaktivnější způsob jak přistupovat k identifikaci našich lýkožroutů. Jde o systém otevřený a rozšiřitelný, a to nejen z pohledu výše zmíněné fotodokumentace, ale i stran funkcionality. Ruby on Rails automaticky poskytuje formuláře ke čtyřem základním operacím nad každým datovým objektem – vytvořit, číst, editovat a smazat, tzv. CRUD (Create, Read, Update, Delete). Tyto operace jsou povoleny pro stavy klíče, pro ostatní elementy klíče (vlastnosti, druhy atd.) jsou v aktuální verzi blokovány. Technicky je ale možné přidávat, editovat a mazat kromě stavů také znaky, vlastnosti a druhy. To umožňuje nejen upravovat, rozšiřovat a ladit stávající klíč, ale také vytvořit na stejném základu klíč zcela odlišný.

Rozšiřování takového řešení „na míru“ je skutečně neomezené. Lze např. přidat uživatelský modul dovolující založit uživatelský účet. Pod ním by bylo možné ukládat provedené identifikace lýkožroutů spolu s dalšími informacemi, např. geolokačními daty k identifikovaným exemplářům, podobně jako je tomu v aplikaci pro monitoring hmyzích a houbových škůdců dřevin Treez (Pešková et al., 2021).

Jedním z problémů, který se projevil až po vytvoření aplikace a po nějaké době jejího používání, je otázka vhodnosti použití numerických znaků, resp. jejich reprezentace posuvníky. Posuvník se pohybuje mezi nejmenší a největší hodnotou znaku. Např. u velikosti těla je to mezi hodnotami 2,2 a 8,0 mm. Jelikož i velikost u jednotlivých druhů se uvádí v rozmezí hodnot, není u tohoto znaku takový problém při posouvání posuvníku, jako u znaku poměr délky krovek, kde jde o jedno specifické číslo. To má za následek, že tento znak je velice restriktivní – uživatel musí uvést přesnou konkrétní hodnotu a posuvník vyvolává dojem, že se jedná o interval hodnot. Z tohoto důvodu by tedy tento znak měl být z klíče odstraněn, případně znaky s numerickou hodnotou implementovat jiným, vhodnějším způsobem.

Poslední zmínka patří absenci testování. Bylo by ideální představit klíč skupině uživatelů vybavených exempláři lýkožroutů a optickými pomůckami (binokulárem či lupou) a otestovat, zda jsou schopni s pomocí webového klíče lýkožrouty správně identifikovat.

7. Závěr

Výsledkem práce je webová online verze determinačního klíče, která je otevřená, intuitivní, jednoduchá, přehledná a vizuálně bohatá. Vizuální stránka klíče je hlavním přínosem této práce v porovnání s ostatními existujícími řešeními, u nichž funkcionalita převládá nad tím, jak program vypadá a jak intuitivně se s ním pracuje (tzv. „look & feel“).

Druhou silnou stránkou řešení je skutečnost, že se nejedná o rigidní jednoúčelovou aplikaci, ale o systém navržený a vytvořený s použitím technologií, které umožňují jeho vysokou a téměř neomezenou rozšiřitelnost. Na této rozšiřitelnosti je možné postavit případné navazující práce, které mohou stávající řešení vylepšit či expandovat. Maticový klíč, který byl pro tuto práci sestaven, nemusí být finální, ale lze ho spíše považovat za výchozí verzi klíče, kterou je možné dále doplňovat, upravovat a ladit.

Cílů vytyčených v úvodu práce bylo dosaženo. Pořízená fotografická databáze dokumentující identifikační znaky lýkožroutů má potenciál být vylepšena stranou kvality a i zde se otevírá možnost pro případné navazující práce. Hlavním limitujícím faktorem u tohoto úkolu se ukázal být nedostatek času věnovaný osvojení si pracovních postupů pro manipulaci s digitálním mikroskopem.

Výsledkem práce s literaturou a zdroji v první části literární rešerše byl vhled a pochopení objemu a komplexnosti identifikačních znaků i pro relativně malou množinu šesti studovaných druhů, jejich vzájemného propojení a způsoby jejich interpretace v klasických determinačních klíčích. Bylo nutné rozhodnout, které znaky zohlednit a převést do maticového klíče, a které z něj naopak vypustit. Druhá část literárního výzkumu pak dala nahlédnout do velice rozsáhlé oblasti taxonomie,

problematiky různých druhů determinačních klíčů a poznání, jakou výhodou a přínosem pro implementaci těchto klíčů má moderní výpočetní technika.

Vlastní fáze implementace webové aplikace mi byla známá a blízká, ale i přes to, že jsem minulých třicet let ve své praxi strávil programováním a prací s počítači, bylo možné si při této práci vyzkoušet některé nové přístupy a principy.

8. Slovníček použitých pojmů

Fenetická klasifikace – je klasifikace organismů, na základě jejich celkové podobnosti v morfologii nebo podle jiných pozorovatelných znaků, bez ohledu na jejich fylogenezi nebo evoluční vztah, která úzce souvisí s numerickou taxonomií.

Framework – česky aplikační rámec nebo vývojová platforma, je softwarová struktura pro podporu programování, vývoje a organizaci jiných softwarových projektů. Může obsahovat podpůrné programy, knihovny API, podporu pro návrhové vzory nebo doporučené postupy při vývoji.

Habitus – v biologii tento termín odkazuje na charakteristickou formu, tvar, celkový vnější vzhled nebo morfologii druhu.

Kladistika – způsob klasifikace organismů, která je řadí v pořadí podle jejich větvení v evolučním stromu a nikoliv podle jejich morfologické podobnosti.

Pronotum – předohrud', ploška mezi hlavou a krovkami.

Suturální zub – první či nejsvrchnější zub na okraji krovkové prohlubně.

Šagrenovaný – na pohled mdle lesklý.

9. Přehled literatury a použitých zdrojů

- Bueno, A., Diez, J.J., Fernandez, M.M., 2010. Ophiostomatoid Fungi Transported by *Ips sexdentatus* (Coleoptera, Scolytidae) in *Pinus pinaster* in NW Spain. *Silva Fennica*, 44(3): 387–397. DOI: 10.14214/sf.137.
- Cerretti, P., Tschorsnig, H., Lopresti, M., Di Giovanni, F., 2012. MOSCHweb - a matrix-based interactive key to the genera of the Palaearctic Tachinidae (Insecta, Diptera). *ZooKeys*, 205: 5–18. DOI: 10.3897/zookeys.205.3409.
- Česko, 1996. Vyhláška Ministerstva zemědělství č. 101/1996 ze dne 28. března 1996, kterou se stanoví podrobnosti o opatřeních k ochraně lesa a vzor služebního odznaku a vzor průkazu lesní strážce. In: Sbírka zákonů České republiky, 1996, částka 33, 1124–1127. Dostupná také z: <https://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/ViewFile.aspx?type=c&id=2928>.
- Cognato, A.I., 2015. Chapter 9 - Biology, Systematics, and Evolution of *Ips*. In: Vega, F. E., Hofstetter, R. W. (Eds.), *Bark Beetles: Biology and Ecology of Native and Invasive Species*: 351–370. Academic Press, San Diego. DOI: 10.1016/B978-0-12-417156-5.00009-5.
- Creative Commons, 2023. *Creative Commons Attribution License 3.0 (CC-BY)* [online]. [cit. 2023-03-17]. Dostupné z: <https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/us/deed.cs>.
- Crowson, R.A., 1974. Observations on Histeroidea, with descriptions of an apterous male, and of the internal anatomy of male *Sphaerites*. *Journal of Entomology Series B, Taxonomy*, 42(2): 133–140.
- Dallwitz, M.J., 1980. A General System for Coding Taxonomic Descriptions. *Taxon*, 29(1): 41–46. DOI: 10.2307/1219595.
- Dallwitz, M.J., 1992. A comparison of matrix-based taxonomic identification systems with rule-based systems. In: Xiong, F. L. (Ed.), *Proceedings of IFAC Workshop on Expert Systems in Agriculture*: 215–218. International Academic Publishers, Beijing. Dostupné z: <https://www.delta-intkey.com/www/expertid.pdf>.
- Dallwitz, M.J., Paine, T.A., 1999. *Definition of the Delta Format* [online]. Version: 2005-09-13. [cit. 2023-03-14]. Dostupné z: <https://www.delta-intkey.com>.
- Delgado, C., Couturier, G., 2017. First record of *Xylosandrus compactus* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) on cocoa in Peru. *Revista Colombiana de Entomologia*, 43(1): 121–124. DOI: 10.25100/socolen.v43i1.6659.
- Douglas, H.B., Cognato A.I., Grebennikov, V., Savard, K., 2019a. Dichotomous and matrix-based keys to the *Ips* bark beetles of the World (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). *Canadian Journal of Arthropod Identification*, 38: 234 pp. DOI: 10.3752/cjai.2019.38.
- Douglas, H.B., Cognato A.I., Grebennikov, V., Savard, K., 2019b. *Key to the world species of Ips (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae)* [online]. [cit. 2023-03-14]. Dostupné z: https://keys.lucidcentral.org/keys/v4/ips_de_geer/.

Engel, M.S., Ceríaco, L.M.P., Daniel, G.M., Dellapé, P.M., Löbl, I., Marinov, M., Reis, R.E., Young, M.T., Dubois, A., Agarwal, I., Lehmann A., P., Alvarado, M., Alvarez, N., Andreone, F., Araujo-Vieira, K., Ascher, J.S., Baêta, D., Baldo, D., Bandeira, S.A., Barden, P., Barrasso, D.A., Bendifallah, L., Bockmann, F.A., Böhme, W., Borkent, A., Brandão, C.R.F., Busack, S.D., Bybee, S.M., Channing, A., Chatzimanolis, S., Christenhusz, M.J.M., Crisci, J.V., D'elía, G., Da Costa, L.M., Davis, S.R., De Lucena, C.A.S., Deuve, T., Fernandes Elizalde, S., Faivovich, J., Farooq, H., Ferguson, A.W., Gippoliti, S., Gonçalves, F.M.P., Gonzalez, V.H., Greenbaum, E., Hinojosa-Díaz, I.A., Ineich, I., Jiang, J., Kahono, S., Kury, A.B., Lucinda, P.H.F., Lynch, J.D., Malécot, V., Marques, M.P., Marris, J.W.M., Mckellar, R.C., Mendes, L.F., Nihei, S.S., Nishikawa, K., Ohler, A., Orrico, V.G.D., Ota, H., Paiva, J., Parrinha, D., Pauwels, O.S.G., Pereyra, M.O., Pestana, L.B., Pinheiro, P.D.P., Prendini, L., Prokop, J., Rasmussen, C., Rödel, M.-O., Rodrigues, M.T., Rodríguez, S.M., Salatnaya, H., Sampaio, Í., Sánchez-García, A., Shebl, M.A., Santos, B.S., Solórzano-Kraemer, M.M., Sousa, A.C.A., Stoev, P., Teta, P., Trape, J.-F., Dos Santos, C.V.-D., Vasudevan, K., Vink, C.J., Vogel, G., Wagner, P., Wappler, T., Ware, J.L., Wedmann, S., Zacharie, C.K., 2021. The taxonomic impediment: a shortage of taxonomists, not the lack of technical approaches. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 193(2): 381–387. DOI: 10.1093/zoolinnean/zlab072.

EPPO, 2022. *EPPO Global Database* [online]. [cit. 2022-11-30]. Dostupné z: <https://gd.eppo.int>.

EU, 2016. *Narizení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2016/2031 ze dne 26. října 2016 o ochranných opatřeních proti škodlivým organismům rostlin*. Příloha II. In: EUR-Lex, 2016. Dostupné z: https://eagri.cz/public/web/file/640565/_02_Priloha_II.pdf.

Fernández-Fernández, M., Naves, P., Musolin, D.L., Selikhovkin, A.V., Cleary, M., Chira, D., Paraschiv, M., Gordon, T., Solla, A., Papazova-Anakieva, I., Drenkhan, T., Georgieva, M., Altunisik, A., Morales-Rodríguez, C., Tabaković-Tošić, M., Avtzis, D.N., Georgiev, G., Doychev, D.D., Nacheski, S., Trestic, T., Elvira-Recuenco, M., Diez, J.J., Witzell, J., 2019. Pine pitch canker and insects: Regional risks, environmental regulation, and practical management options. *Forests*, 10(8): 649. DOI: 10.3390/f10080649.

Foelker, C.J., Hofstetter, R.W., 2014. Heritability, Fecundity, and Sexual Size Dimorphism in Four Species of Bark Beetles (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). *Annals of the Entomological Society of America*, 107(1): 143–151. DOI: doi.org/10.1603/AN12153.

Fowler, M., Rice, D., 2003. *Patterns of Enterprise Application Architecture*. Addison-Wesley, 533 pp. ISBN 9780321127426.

Furniss, R.L. and Carolin, V.M., 1977. *Western forest insects*. United States Department of Agriculture (USDA) Forest Service, Miscellaneous Publication No. 1339. Washington, DC, USDA.

Hagedorn, G., Rambold, G., Martellos, S., 2010. Types of identification keys. In: Nimis P.L., Vignes Lebbe R. (Eds.), *Tools for Identifying Biodiversity: Progress and Problems*: 59–64. ISBN 978-88-8303-295-0.

- Hansson, D.H., 2003. *Ruby on Rails* [online]. [cit. 2023-03-17]. Dostupné z: <https://rubyonrails.org>.
- Hlásny, T., Krokene, P., Liebhold, A., Montagné-Huck, C., Müller, J., Qin, H., Raffa, K., Schelhaas, M.-J., Seidl, R., Svoboda, M., Viiri, H., 2019. Život s kůrovcem: Dopady, výhledy a řešení. *Od vědy ke strategii*, 8. Evropský lesnický institut.
- Hulcr, J., Atkinson, T.H., Cognato, A.I., Jordal, B.H., McKenna, D.D., 2015. Chapter 2 - Morphology, Taxonomy, and Phylogenetics of Bark Beetles. In: Vega, F.E., Hofstetter, R.W. (Eds.), *Bark Beetles: Biology and Ecology of Native and Invasive Species*: 41-84. Academic Press, San Diego. DOI: 10.1016/B978-0-12-417156-5.00009-5
- James, T., Leslie, A., Popay, A., Champion, P., 2004. A Lucid (TM) key for common weeds of New Zealand. In: Zydenbos, S. (Ed.), *New Zealand Plant Protection*, 57: 277–280. New Zealand Plant Protection Society.
- Jankovský, L., Novotný, D., Mrkva, R., 2018. Induced wound response of Norway spruce *Picea abies* P. Karst. after artificial inoculation by imagoes of *Ips typographus*. *Journal of Forest Science*, 49(9): 403–411. DOI: 10.17221/4713-JFS.
- Jaramillo, J., Torto, B., Mwenda, D., Troeger, A., Borgemeister, C., Poehling, H.-M., Francke, W., 2013. Coffee Berry Borer Joins Bark Beetles in Coffee Klatch. *PLoS ONE*, 8(9): e74277. DOI: 10.1371/journal.pone.0074277.
- Jeger, M., Bragard, C., Caffier, D., Candresse, T., Chatzivassiliou, E., Dehnen-Schmutz, K., Gilioli, G., Jaques Miret, J.A., MacLeod, A., Navajas Navarro, M., Niere, B., Parnell, S., Potting, R., Rafoss, T., Rossi, V., Urek, G., Van Bruggen, A., Van der Werf, W., West, J., Winter, S., Kertesz, V., Aukhojee, M., Gregoire, J.-C., 2017. Pest categorisation of *Ips duplicatus*. *EFSA Journal*, 15(10). DOI: doi.org/10.2903/j.efsa.2017.5040.
- Johnson, A.J., Knížek, M., Atkinson, T.H., Jordal, B.H., Ploetz, R.C., Hulcr, J., 2017. Resolution of a Global Mango and Fig Pest Identity Crisis. *Insect Systematics And Diversity*, 1(2). DOI: 10.1093/isd/ixx010.
- Johnston, B.C., 1980, Computer Programs For Constructing Polyclave Keys From Data Matrices. *Taxon*, 29: 47–51. DOI: 10.2307/1219596.
- Jordal, B.H., Beaver, R.A., Normark, B.B., Farrell, B.D., 2002. Extraordinary sex ratios and the evolution of male neoteny in sib-mating *Ozopemon* beetles. *Biological Journal of the Linnean Society*, 75: 353–360.
- Kapounová, J., Kapoun P., 2017. *Bakalářská a diplomová práce. Od zadání po obhajobu*. Grada Publishing, Praha, 134 pp. ISBN 978-80-271-0079-8.
- Katuščák, D., Drobíková B., Papík R. 2008. *Jak psát závěrečné a kvalifikační práce*. Enigma, Praha, 162 pp. ISBN 978-80-89132-70-6.
- Kirkendall, L.R., Biedermann, P.H.W., Jordal, B.H., 2015. Chapter 3 - Evolution and Diversity of Bark and Ambrosia Beetles. In: Vega, F. E., Hofstetter, R. W. (Eds.), *Bark Beetles: Biology and Ecology of Native and Invasive Species*: 85–156. Academic Press, San Diego. DOI: 10.1016/B978-0-12-417156-5.00009-5.

Knížek, M., 2006. *Diagnostické klíče hospodářsky významných druhů čeledi kůrovcovití (Coleoptera: Scolytidae)*, Disertační práce. Česká Zemědělská Universita v Praze, Fakulta lesnická a environmentální, Praha, 146 pp.

Knížek, M., 2004. Fauna Europaea: Scolytinae. In: Alonso-Zarazaga M. A. (Ed.), *Fauna Europaea: Curculionidae*. Fauna Europaea version 1.1. Dostupné online: <https://fauna-eu.org>.

Knížek, M., Beaver, R., 2004. Taxonomy and systematics of bark and ambrosia beetles. In: Lieutier, F., Daz, K. R., Battisti, A., Grégoire J.-C., Evans, H.F. (Eds.). *Bark and Wood Boring Insects in Living Trees in Europe, a Synthesis*: 41-54. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, London.

Koch, W., Elven, H., Finstad, A., 2022. *Clavis: an open and versatile identification key format*. DOI: 10.1101/2022.05.26.493630.

Krokene, P., Solheim, H., 1996. Fungal associates of five bark beetle species colonizing Norway spruce. *Canadian Journal of Forest Research*, 26: 2115–2122. DOI: 10.1139/x26-240.

Kula, E., 2014. *Ochrana lesa ve středoevropských podmínkách. 1. část Lýkožrout smrkový (Ips typographus L.) kalamitní škůdce smrkových ekosystémů střední Evropy* [online]. Brno, Mendelu [cit. 2023-04-02]. Dostupné z: https://akela.mendelu.cz/~xcepl/inobio/skripta/Ochrana_lesa.pdf.

Linnaeus, C. Von., 1758. *Systema naturae per regna tria naturae, secundum classes, ordines, genera, species, cum characteribus, differentiis, synonymis, locis. Editio decima, reformata*. Tomus I., reformata. Laurentii Salvii, Stockholm, iv, 824 pp.

Lobanov, A.L. 2003. *Keys to beetles and biological diagnostics* [online]. [cit. 2022-11-26]. Dostupné z: <https://www.zin.ru/Animalia/Coleoptera/eng/syst8.htm>.

Lucidcentral, 2021. *Home - Lucidcentral* [online]. [cit. 2023-03-14]. Dostupné z: <https://www.lucidcentral.org>.

Microsoft, 2008. *github* [online]. [cit. 2023-04-03]. Dostupné z: <https://github.com/>.

McElrath, T., Boyd, O., McHugh, J., 2016. MonotomidGen – A matrix-based interactive key to the New World genera of Monotomidae (Coleoptera, Cucujoidea). *ZooKeys*, 634: 47–55. DOI: 10.3897/zookeys.634.9857.

Moon, M.-J., Kim, H., Park, J.-G., Choi, W.-I., 2014. Mouthparts of the bark beetle (*Ips acuminatus*) as a possible carrier of pathogenic microorganisms. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 17: 829–836. DOI: 10.1016/j.aspen.2014.08.003.

Murguía-Romero, M., Villaseñor, J.L., 1992. La computadora en la identificación botánica. *Ciencia y Desarrollo (México)*, 18: 130–137.

Murguía-Romero, M., Serrano-Estrada, B., 2021. *AbaTax version 5. Building taxonomic keys on the web* [online]. Revista ABACo. January 2021. Mexico City. [cit. 2023-03-14]. Dostupné z: <http://www.abatax.abaco2.org>.

- Murguía-Romero, M., Serrano-Estrada, B., Ortiz, E., Villaseñor, J.L., 2021. Taxonomic identification keys on the web: tools for better knowledge of biodiversity. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 92. DOI: 10.22201/ib.20078706e.2021.92.3592.
- Penev, L., Cerretti, P., Tschorsnig, H., Lopresti, M., Di Giovanni, F., Georgiev, T., Stoev, P., Erwin, T., 2012. Publishing online identification keys in the form of scholarly papers. *ZooKeys*, 205: 1–3. DOI: 10.3897/zookeys.205.3581.
- Penev, L., Sharkey, M., Erwin, T., Noort, S., Buffington, M., Seltmann K., Johnson, N., Taylor M., Thompson, F., Dallwitz, M., 2009. Data publication and dissemination of interactive keys under the open access model. *ZooKeys*, 21: 1-17 DOI: 10.3897/zookeys.21.274.
- Pešková, V., Nakládal, O., Samek, M., Vanická, H., Synek, J., 2021. *TreeZ – Aplikace pro identifikaci škůdců dřevin* [online]. [cit. 2023-03-22]. Dostupné z: <https://treez.fld.czu.cz/>.
- Petrov, A.V., 2013. New ichnotaxon *Megascolytinus zherikhini* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) from upper cretaceous deposits of Mongolia. *Paleontological Journal*, 47: 597–600. DOI: 10.1134/S0031030113060051.
- Pfeffer A., 1955. *Kůrovci*. Fauna ČSR, Svazek 6. Československá akademie věd, Praha, 324 pp.
- Pfeffer, A., 1989. *Kůrovcovití (Scolytidae) a jádrohlodovití (Platypodidae)*. Zoologické klíče. Academia, Praha, 137 pp. ISBN 80-200-0089-5.
- Pfeffer, A., 1995. *Zentral- und westpaläarktische Borken- und Kernkäfer (Coleoptera: Scolytidae und Platypodidae)*. Pro Entomologica, c/o Naturhistorisches Museum, Basel, 310 pp.
- PostgreSQL Global Development Group, 1996. *PostgreSQL* [online]. [cit. 2023-04-03]. Dostupné z: <https://www.postgresql.org/>.
- Ristaino, J.B., 2012. A Lucid Key to the Corn on Species of *Phytophthora*. *Plant Disease*, 96(6): 897–903. DOI: 10.1094/PDIS-08-11-0636.
- Schlyter, F., Cederholm, I., 1981. Separation of the sexes of living spruce bark beetles, *Ips typographus* (L.), (Coleoptera: Scolytidae). *Zeitschrift für Angewandte Entomologie*, 92(1-5): 42–47. DOI: 10.1111/j.1439-0418.1981.tb01650.x
- Šefrová, H., Laštůvka, Z., 2005. *Catalogue of alien animal species in the Czech Republic*. Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis, 53: 151-170.
- Six, D.L., Wingfield, M.J., 2011. The role of phytopathogenicity in bark beetle–fungus symbioses: a challenge to the classic paradigm. *Annual Review of Entomology*, 56: 255-272. DOI: 10.1146/annurev-ento-120709-144839.
- Stagg, B.C., Donkin, M.E., Smith, A.M., 2015. Bryophytes for Beginners: The usability of a printed dichotomous key versus a multi-access computer-based key for bryophyte identification. *Journal Of Biological Education*, 49(3): 274–287. DOI: 10.1080/00219266.2014.934900.

- Štěpán, V., 2023a. *Maticový klíč lýkožroutů rodu Ips České republiky vytvořený v programu Lucid Player* [online]. [cit. 2023-03-15]. Dostupné z: <http://ipsmatrix.chaosdesign.net/lucid/preview/key.html>.
- Štěpán, V., 2023b. *IpsMatrix: Maticový determinační klíč lýkožroutů rodu Ips České republiky* [online]. [cit. 2023-03-15]. Dostupné z: <http://ipsmatrix.chaosdesign.net>.
- Štěpán, V., 2023c. *Úložiště kódu aplikace IpsMatrix* [online]. [cit. 2023-03-17]. Dostupné z: <https://github.com/chaosdesigner/ipsmatrix>.
- Švestka, M., Hochmut, R., Jančařík, V., 1998. *Praktické metody v ochraně lesa*. Dot. 2. vydání. Lesnická práce, Kostelec nad Černými lesy, 308 pp. ISBN 80-902503-0-0.
- The GIMP Development Team, 2019. *GIMP – GNU Image Manipulation Program* [online]. [cit. 2023-03-16]. Dostupné z: <https://www.gimp.or>.
- Tomšovic, P., 1976. Určovací klíče a jejich konstrukce. *Preslia*, 48(4): 355–367. Dostupné z: <https://www.preslia.cz/article/pdf?id=11024>.
- Triebel, D., Grunz, A., Seifert, S., Link, A., Rambold, G., 2021. *DiversityNaviKey* [online]. Verze aplikace: 1.1.20. [cit. 2023-03-14]. Dostupné z: <https://divnavikey.snsb.info>.
- Triebel, D., Hagedorn, G., Rambold, G. (Eds.), 1999 onwards. *Diversity Workbench – A virtual research environment for building and accessing biodiversity and environmental data* [online]. [cit. 2023-03-14]. Dostupné z: <https://diversityworkbench.net/Portal/DiversityNaviKey>.
- ÚKZÚZ, 2014. *Rostlinolékařský portál ÚKZÚZ* [online]. [cit. 2023-03-17]. Dostupné z: https://eagri.cz/public/app/srs_pub/fytoportal/public/.
- Walter, D., Winterton, S., 2007. Keys and the Crisis in Taxonomy: Extinction or Reinvention? *Annual Review of Entomology*, 52: 193–208. DOI: 10.1146/annurev.ento.51.110104.151054.
- Wood, S.L., 1982. *The bark and ambrosia beetles of North and Central America (Coleoptera: Scolytidae), a taxonomic monograph*. Great Basin Naturalist Memoirs, Volume 6. Brigham Young University, Provo, Utah, 1359 pp.

9.2 Seznam obrázků

- Obr. č. 1: *Ips typographus*, krovková prohlubeň (Pfeffer, 1989), **str. 15**
- Obr. č. 2: *Ips duplicatus*, krovková prohlubeň (Pfeffer, 1989), **str. 15**
- Obr. č. 3: *Ips acuminatus*, habitus (foto autor), **str. 16**
- Obr. č. 4: Dimorfismus u *Ips acuminatus* (Pfeffer, 1989), **str. 16**
- Obr. č. 5: *Ips amitinus*, habitus (foto autor), **str. 17**
- Obr. č. 6: *Ips amitinus*, tykadlo (Pfeffer, 1955), **str. 17**
- Obr. č. 7: *Ips cembrae*, habitus (foto autor), **str. 18**
- Obr. č. 8: *Ips cembrae*, tykadlo (Pfeffer, 1955), **str. 18**
- Obr. č. 9: *Ips cembrae*, krovková prohlubeň (Pfeffer, 1955), **str. 18**
- Obr. č. 10: *Ips duplicatus*, habitus (foto autor), **str. 19**
- Obr. č. 11: *Ips duplicatus*, prohlubeň (Pfeffer, 1989), **str. 19**
- Obr. č. 12: *Ips sexdentatus*, habitus (foto autor), **str. 21**
- Obr. č. 13: *Ips sexdentatus*, krovková prohlubeň (Pfeffer, 1989), **str. 21**
- Obr. č. 14: *Ips typographus*, habitus (foto autor), **str. 22**
- Obr. č. 15: *Ips typographus*, krovková prohlubeň (Pfeffer, 1989), **str. 22**
- Obr. č. 16: Příklad dichotomického klíče (Walter & Winterton, 2007), **str. 26**
- Obr. č. 17: Obrazovka klíče k určování řádu Elateriformia v programu IntKey, **str. 29**
- Obr. č. 18: Rozhraní tvorby klíče v programu Lucid Builder, **str. 30**
- Obr. č. 19: Rozhraní práce s klíčem v programu Lucid Player, **str. 30**
- Obr. č. 20: Rozhraní aplikace DiversityNaviKey – detail vybrané entity, **str. 31**
- Obr. č. 21: Rozhraní aplikace AbaTax – zobrazení klíče, **str. 32**
- Obr. č. 22: Digitální mikroskop Leica DVM6 se softwarem LAS X, **str. 34**
- Obr. č. 23: Uživatelské rozhraní softwaru LAS X, **str. 35**
- Obr. č. 24: LAS X moduly, **str. 36**
- Obr. č. 25: Ukázka fotografií před a po retuši a úpravě jasu a kontrastu, **str. 37**
- Obr. č. 26: Ukázka analýzy textového klíče pro převod do matice, **str. 38**
- Obr. č. 27: E-R diagram, **str. 40**
- Obr. č. 28: Vývojový diagram pro administrativní rozhraní, **str. 42**
- Obr. č. 29: Ukázky z finální fotodokumentace (foto autor), **str. 44**
- Obr. č. 30: Administrativní rozhraní aplikace IpsMatrix, **str. 49**
- Obr. č. 31: Hlavní stránka aplikace IpsMatrix, **str. 51**

Obr. č. 32: *IpsMatrix* - Galerie znaků, **str. 52**

Obr. č. 33: *IpsMatrix* - Informace o vybraných druzích, **str. 53**

Obr. č. 34: Morfologické znaky kůrovců (Pfeffer, 1989), **str. 73**

Obr. č. 35: Morfologické znaky kůrovců (Pfeffer, 1989), **str. 74**

Obr. č. 36: Morfologické znaky kůrovců (Pfeffer, 1989), **str. 75**

10. Přílohy

Příloha 1: Dichotomický determinační klíč k určení evropských druhů rodu *Ips* (Pfeffer, 1989)

- 1 (4) Okraje prohloubeniny se třemi nebo šesti páry zubů na zadní části krovek (obr. č. 34 - 9, 11).
- 2 (3) Okraje zadní části krovek se třemi páry zubů. Spodní zub je u samičky jednoduchý (obr. č. 34 - 9) a u samečka je široký a při horním okraji vykrojený do tvaru dvojzubu. Krovky jsou krátké, pouze 1,17-1,20krát tak dlouhé jako štít, velmi lesklé a jemně v řádcích tečkované. Mezirýží řídce a jemně tečkovaná (obr. č. 34 - 9). Tělo je žlutavě hnědé až tmavohnědé. Velikost 2,2-3,9 mm. Vytváří se ve větvích borovice (*Pinus silvestris* L.), blatky (*Pinus ugo uncinata* Fen.). Na jihu Evropy a na Sibiři se vytváří i v jiných druzích borovic. Požerky jsou podélně hvězdicovité s velmi řídkými larvovými chodbami. Má dvě pokolení do roka
. *I. acuminatus* (Gyllenhal).
- 3 (2) Okraje prohloubeniny na zadní části krovek se šesti páry kuželovitých zubů, z nichž čtvrtý ze shora je největší (obr. č. 36 - 1). Krovky válcovité, 1,3krát delší než štít a silně v řádcích tečkované. Mezirýží široká a jemně nepravidelně tečkovaná. Barva těla černohnědá. Velikost 5,5-8,0 mm. Živné dřeviny borovice (*Pinus* div. sp.), smrk (*Picea orientalis* Link). Požerek dlouhý, svislý a dvou až čtyřramenný. Má dvě pokolení do roka. V ČR se vyskytuje místy a nehojně
. *I. sexdentatus* (Börner).
- 4 (1) Okraje prohloubeniny se čtyřmi páry zubů na zadní části krovek (obr. č. 34 - 12).
- 5 (8) Druhý a třetí zub od shora tvoří široký dvojzub, který má dva hroty (obr. č. 34 - 13).
- 6 (7) Krovky hluboce v řádcích tečkované, mezirýží hladká, netečkovaná. Všechny zuby na zadním okraji krovek jsou krátce zašpičatělé. Tělo jednobarevně černohnědé

nebo hlava a štít černohnědé a krovky hnědé. Velikost 3,0-3,5 mm. Pohlavní dimorfismus je ve tvaru ozubení zadní části krovek. Monofágní druh na borovici (*Picea nigra* Arn.). Nalezen v Rakousku, Rumunsku (Domokled), Jugoslávii, Korsice a Malé Asii. U nás nezjištěn (i když lesnická literatura jej uvádí z Posázaví)

. [I. mannsfeldi (Wachtl) ♂.]

7 (6) Krovky nepřilíživě v řádcích tečkované, mezirýžtečkovaná. Vzdálenost mezi dvěma hroty dvojzubu je menší než vzdálenost suturálního zubu od kořene dvojzubu (obr. č. 34 - 13). Tykadlová palička s lomenými švy (obr. č. 34 - 11, 12). Pohlavní dimorfismus ve tvaru ozubení zadní části krovek. Velikost 3,2-4,0 mm. Živné dřeviny: smrk (*Picea obovata* Led., *P. excelsa* Link., *P. jezoensis* Carr.), borovice (*Pinus sylvestris* L., *P. cembra sibirica* Rupr.). Matečné chodby svislé. Severský druh, který byl jen ojediněle zjištěn ve střední Evropě. U nás byl nalezen v okolí Třince, Těšína a na Šumavě

. I. duplicatus (Sahlberg) ♂.

8 (5) Všechny zuby na okraji prohloubeniny zadní části krovek jsou jednoduchého kuželovitého tvaru (obr. č. 34 - 12).

9 (10) Vzdálenost mezi suturálními zuby je menší nebo se rovná vzdálenosti mezi zubem druhého páru k zubu suturálnímu. Vzdálenost mezi druhým a třetím zubem je mnohem menší než vzdálenost mezi suturálním a druhým zubem. Krovečná mezirýžtečkovaná. Tykadlová palička s lomenými švy. Velikost 3,2-4,0 mm

. I. duplicatus (Sahlberg) ♀.

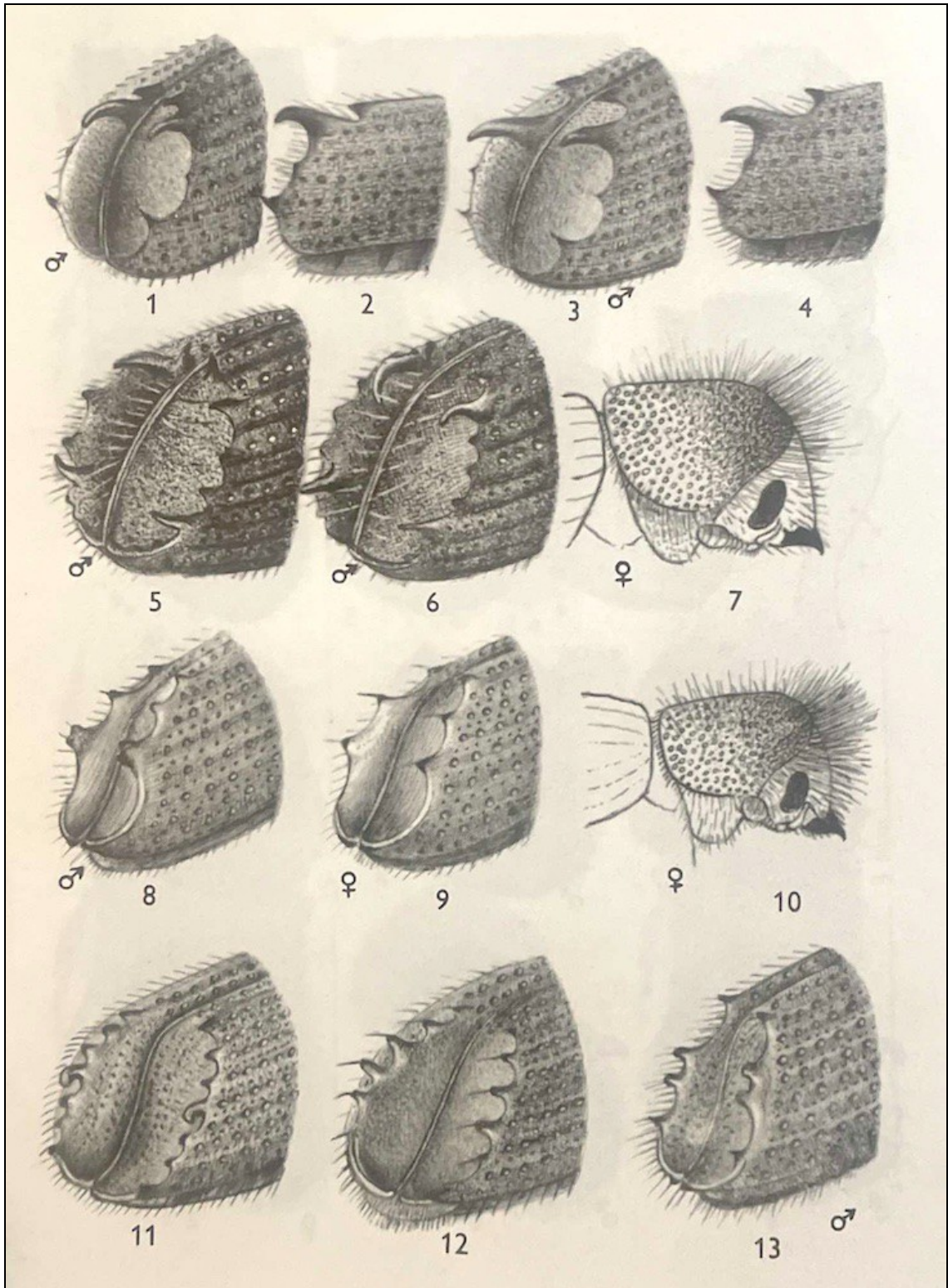
10 (9) Vzdálenost mezi oběma suturálními zuby je větší než vzdálenost mezi zubem druhého páru a suturálním zubem.

11 (12) Všechny zuby na okraji prohloubeniny na zadní části krovek jsou zašpičatělé. Krovky jsou hluboce v řádcích tečkované, mezirýžtečkovaná. Tělo černohnědé nebo i hlava a štít tmavé, krovky světlejší. Velikost 3,0-3,5 mm

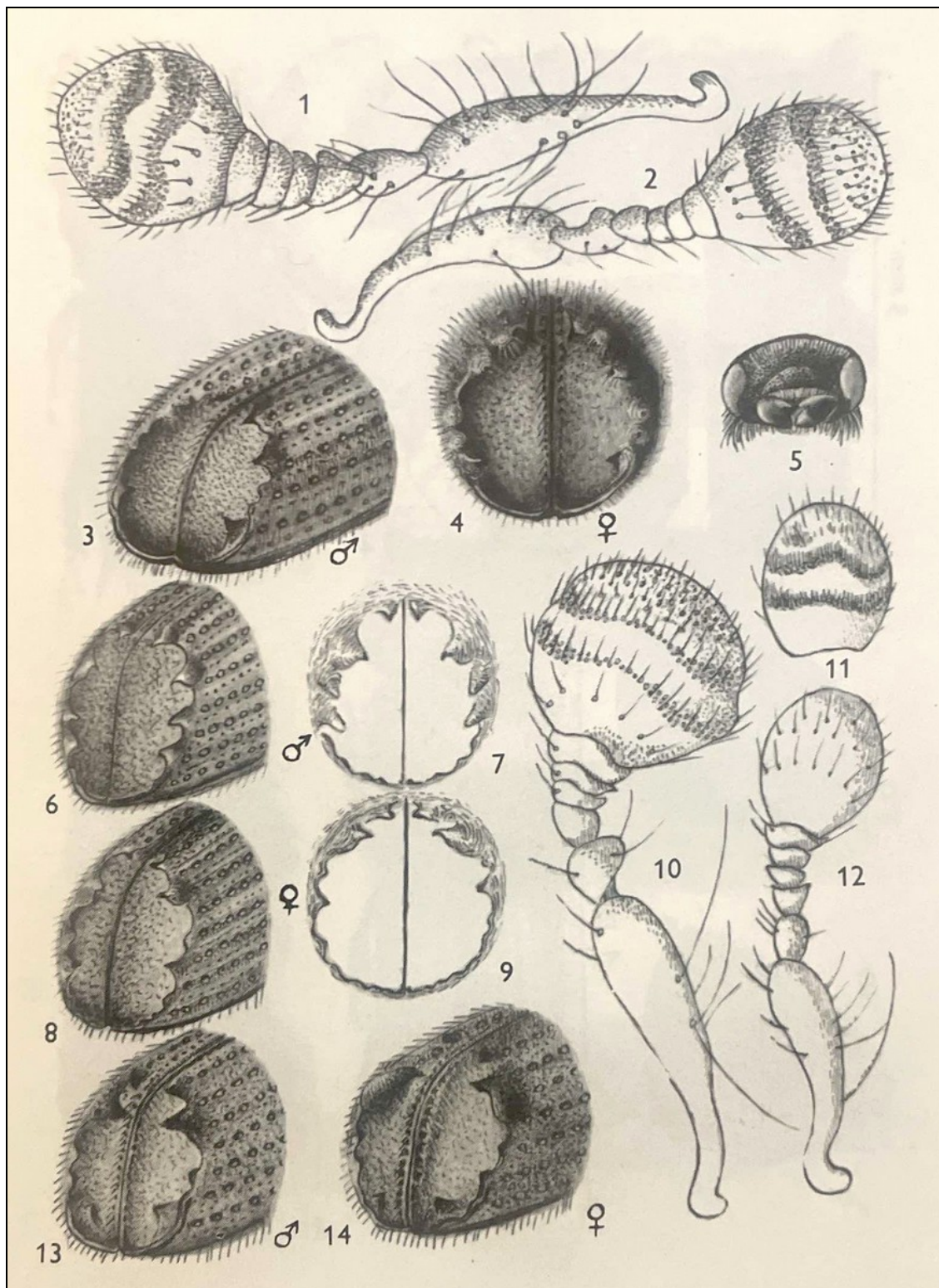
. [I. mannsfeldi (Wachtl) ♀.]

12 (11) Všechny zuby na okraji prohloubeniny na zadním okraji krovek jsou tupě kuželovité (obr. č. 34 - 12). Třetí zub shora je největší. Pohlavní dimorfismus je málo patrný.

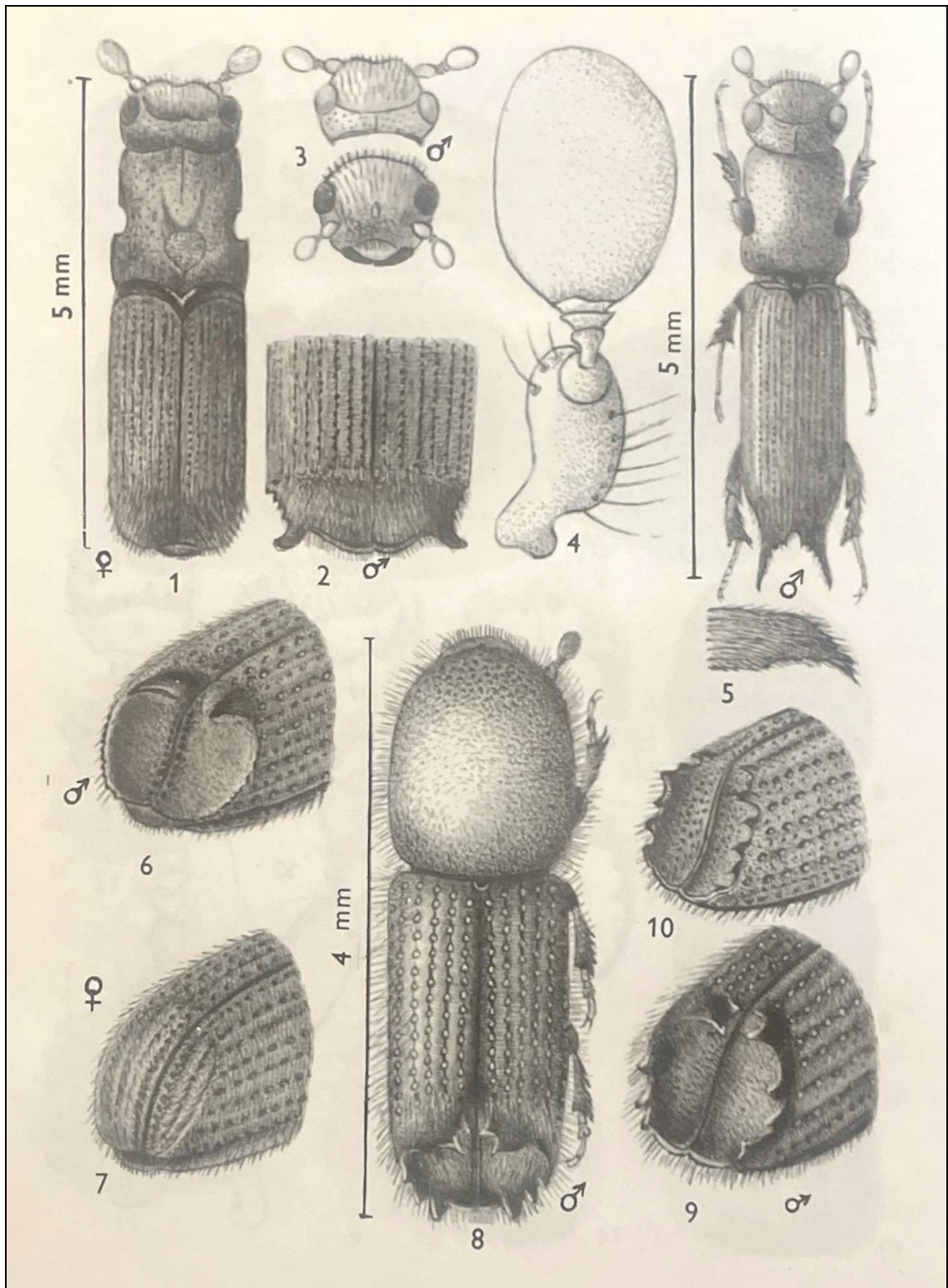
- 13 (14) Druhé až páté mezirýží na krovkách je hladké lesklé a netečkované. Ojedinelé tečky jsou na mezirýžích pouze na samém okraji krovek. Krovky jsou široce válcovité, vzadu nezúžené 1,4krát tak dlouhé jak široké (obr. č. 35 - 12). Prohloubenina zadní části krovek je matná, řídce a jemně tečkovaná. Tykadlová palička se zprohýbanými švy. Čelo u obou pohlaví uprostřed s malým hrbolkem. Samička má hustěji ochlupené čelo a přední okraj štítu. Velikost 4,2-5,5 mm. Živné dřeviny: smrk (*Picea div. sp.*), borovice (*Pinus silvestris* L., *P. cembra sibirica* Rupr.). Podélný, víceramenný požerek pod silnější kůrou. Během roku jedno až dvě a půl pokolení. U nás ve smrčinách hojný a při přemnožení velmi škodlivý *I. typographus* (Linnaeus).
- 14 (13) Všechna mezirýží na krovkách spoře, ale zřetelně tečkovaná. Prohloubenina na zadní části krovek lesklá a silně tečkovaná.
- 15 (16) Tykadlová palička s rovnými švy (obr. č. 35 - 2). Čelo lesklé, u samečka s krátkým podélným kýlem uprostřed. Krovky 1,7krát tak dlouhé jako široké, vzadu zřetelně zúžené. Velikost 3,5-4,5 mm. Požerek s několika matečnými chodbami. Živné dřeviny: smrk (*Picea excelsa* Link., *P. omorica* Panč.), borovice (*Pinus peuce* Gries, *P. mugo mughus* Fen., *P. mugo uncinata* Fen., *P. leucodermis* Ant.). Vyskytuje se ve střední Evropě a v severní části balkánského poloostrova. U nás v pahorkatinách a v horách v areálu smrku *I. amitinus* (Eichhof).
- 16 (15) Tykadlová palička se zprohýbanými švy (obr. č. 35 - 1). Čelo matné, uprostřed bez podélného kýlu. Krovky pouze 1,6krát tak dlouhé jak široké, vzadu nepatrně zúžené (obr. č. 36 - 10). Velikost 4,5-6,0 mm. Živné dřeviny modřín (*Larix div sp.*), smrk (*Picea excelsa* Link.). Střední Evropa, Sibiř. U nás v pahorkatinách a v horách dost rozšířený. Požerek hvězdovitý *I. cembrae* (Heer).



Obr. č. 34 - 1, 2: *Pityogenes conjunctus* (Reitt.) ♂; 3, 4: *P. bistridentatus* (Eich.) ♂; 5: *Pytiokteines curvidens* (Germ.) ♂; 6: *P. spinidens* (Reitt.) ♂; 7: *P. spinidens* (Reitt.) ♀; 8: *Ips acuminatus* (Gyll.) ♂; 9: *Ips acuminatus* (Gyll.) ♀; 10: *P. vorontzowi* (Jak.) ♀; 11: *Ips sexdentatus* (Börn.); 12: *Ips typographus* (L.); 13: *Ips duplicatus* (Sahlb.) ♂. Orig. B. Starý. (Pfeffer, 1989)



Obr. č. 35 - 1: *Ips cembrae* (Heer), tykadlo; 2: *Ips amitinus* (Eichh.), tykadlo; 3: *Orthotomicus laricis* (F.) ♂; 4: *O. laricis* (F.) ♀; 5: *O. laricis* (F.), hlava zředu; 6, 7: *O. proximus* (Eichh.) ♂; 8, 9: *O. proximus* (Eichh.) ♀; 10: *O. proximus* (Eichh.), tykadlo; 11, 12: *Ips duplicatus* (Sahlb.), tykadlová palička svrchu a ze spodu; 13: *O. saturalis* (Gyll.) ♂; 14: *O. longicollis* (Gyll.) ♀; 1, 2 podle A. Balachovského, 10-12 podle M. Nunberga, ostatní orig. B. Starý. (Pfeffer, 1989)



Obr. č. 36 - 1: *Platypus cylindrus* (F.) ♀; 2: *P. cylindrus* (F.) ♂; 3: *P. cylindrus* (F.), hlava; 4: *P. cylindrus* (F.), tykadlo; 5: *P. oxyurus* (Duft.) ♂; 6: *Xylocleptes bispinus* (Duft.) ♂; 7: *X. bispinus* (Duft.) ♀; 8, 9: *Orthotomicus longicollis* (Gyll.) ♂; 10: *Ips cembrae* (Heer). 4. podle M. Nunberga, ostatní orig. B. Stary. (Pfeffer, 1989)

Příloha 2: Maticový determinační klíč lýkožroutů rodu *Ips* České republiky

Matrix determination key for bark beetles of the genus *Ips* of the Czech Republic

Znak (feature)		1	2	3	4	5	6	7
		<i>I. acuminatus</i> - samičky (females)	<i>I. acuminatus</i> - samečci (males)	<i>I. amitinus</i>	<i>I. cembrae</i>	<i>I. duplicatus</i>	<i>I. sexdentatus</i>	<i>I. typographus</i>
1	Velikost (Body length) [mm]	2,2–3,9		3,5–4,5	4,5–6,0	3,2–4,0	5,5–8,0	4,2–5,5
2	Krovky (Elytra)							
	- velmi lesklé, jemně v řádcích tečkované (very shiny, lightly dotted in rows)	•	•					
	- válcovité, silně v řádcích tečkované (cylindrical, heavily dotted in rows)						•	
	- nepřilíší silně v řádcích tečkované (not very heavily dotted in rows)					•		
	- široce válcovité, vzadu nezúžené (broadly cylindrical, not narrowed at the back)							•
	- vzadu zřetelně zúžené (distinctly narrowed at the back)			•				
	- vzadu nepatrně zúžené (slightly narrowed at the back)				•			
3	Poměr délky krovek k jejich šířce (elytral length/width ratio)			1,7	1,6	1,4	1,5	1,4
4	Mezírýží (elytral intervals)							
	- řídké a jemně tečkovaná (sparsely and finely dotted)	•	•					
	- široká a jemně nepravidelně tečkovaná (wide and finely irregularly dotted)						•	
	- tečkovaná (dotted)					•		
	- hladká, lesklá a netečkovaná (smooth shiny and not dotted)							• ⁽⁸⁾
	- spíše, ale zřetelně tečkovaná (sparsely, but distinctly dotted)			•	•			
5	Prohloubenina na zadní části krovek (Declivity)							
	- matná, řídké a jemně tečkovaná (mat, sparsely and finely dotted)							•
	- lesklá a silně tečkovaná (shiny and heavily dotted)			•	•			
6	Počet zubů na okraji prohloubeniny na zadní části krovek (Number of spines on the side of declivity)							
	- tři páry (three pairs)	•	•					
	- čtyři páry (four pairs)			•	•	•		•
	- šest párů (six pairs)						•	
7	Největší zub na okraji prohloubeniny (Largest declivital spine)							
	- druhý (second)					•		
	- třetí (third)	•	•	•	•	•		•
	- čtvrtý (fourth)						•	

Znak (feature)		1	2	3	4	5	6	7
		<i>I. acuminatus</i> – samičky (females)	<i>I. acuminatus</i> – samečci (males)	<i>I. amitinus</i>	<i>I. cembrae</i>	<i>I. duplicatus</i>	<i>I. sexdentatus</i>	<i>I. typographus</i>
8	Zuby na okraji prohloubeniny (Declivital spines)							
	- spodní zub jednoduchý (lower spine simple)	●		●	●	●	●	●
	- spodní zub široký a při horním okraji vykrojený do tvaru dvojzubu (lower spine wide and cut into a double spine at the upper edge)		●					
	- druhý a třetí zub od shora tvoří široký dvojzub, který má dva hroty (the second and third spine from the top form a wide double spine with has two points)					●		
	- všechny zuby jednoduchého kuželovitého tvaru (all spines simple conical shape)	●		●	●	●	●	●
9	Švy na tykadlové paličce (Antennal club sutures)							
	- zprohýbané (bisinuate)	●	●		●		●	●
	- rovné (straight)			●				
	- lomené (angulate)					●		
10	Živné dřeviny (Host)							
	- borovice (<i>Pinus</i> div. sp.)		● ⁽¹⁾	● ⁽⁵⁾		● ⁽³⁾	●	● ⁽³⁾
	- smrk (<i>Picea</i> div. sp.)			● ⁽⁶⁾	● ⁽⁷⁾	● ⁽⁴⁾	● ⁽²⁾	●
	- modřín (<i>Larix</i> div. sp.)				●			●

Poznámky

- (1) *Pinus silvestris* L., *Pinus mugo uncinata* Fen.
- (2) *Picea orientalis* Link.
- (3) *Pinus silvestris* L., *Pinus cembra sibirica* Rupr.
- (4) *Picea obovata* Led., *Picea excelsa* Link., *Picea jezoensis* Carr.
- (5) *Pinus peuce* Gries, *Pinus mugo mughus* Fen., *Pinus mugo uncinata* Fen., *Pinus leucodermis* Ant.
- (6) *Picea excelsa* Link., *Picea omorica* Panč.
- (7) *Picea excelsa* Link.
- (8) Ojedinelé tečky jsou na mezirýžích pouze na samém okraji krovek