

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta životního prostředí

Katedra ekologie



Distribuce světlušky menší (*Lamprohiza splendidula*) v urbánním prostředí

Diplomová práce

Autor práce: Bc. Lenka Pelikánová

Vedoucí práce: Ing. Jana Svobodová, Ph.D.

Konzultant: Ing. Martin Novák, Ph.D.

2024

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Lenka Pelikánová

Inženýrská ekologie

Ochrana přírody

Název práce

Distribuce světlušky menší (*Lamprohiza splendidula*) v urbánním prostředí

Název anglicky

Distribution of *Lamprohiza splendidula* in urban environment

Cíle práce

Neustálý rozvoj lidských sídel má prokazatelně destruktivní vliv na populace hmyzu (např. Dirzo et al. 2014). Úbytek hmyzu v městském prostředí je však především studován pomocí charismatických nebo ekonomicky významných druhů hmyzu jako jsou včely nebo motýli. Světluška menší (*Lamprohiza splendidula*), přitom představuje ideální indikátor kvality životního prostředí, neboť je vázána na vlhké stinné biotopy, na pomezí listnatých lesů a otevřených ploch, v blízkosti říček a potoků nebo malých vodních ploch (Burakowski 2003, De Cock 200, Faust 2012, Ineichen 2016, Lewis et al. 2020, Schwalb 1961, Viviani et al. 2010). Tyto stanoviště, která jsou vhodná i pro mnoho jiných druhů, ať už bezobratlých nebo obratlovců, jsou však v současné době nejvíce ohrožena probíhajícími změnami jako například suchem nebo urbanizací.

Metodika

Cílem práce bude zmapovat současný výskyt světlušek na přírodě blízkých lokalitách území hl. m. Prahy. Následně výskyt tohoto druhu bude zaznamenán pomocí geografických informačních systémů (GIS). Práce bude testovat, zda současný výskyt světlušek souvisí s výskyt vhodných biotopů v historii.

Doporučený rozsah práce

40 stran

Klíčová slova

biotopové preference, *Lamprohiza splendidula*, městská příroda, ochránářská ekologie, světluška menší

Doporučené zdroje informací

- Dirzo R, Young HS, Galetti M, Ceballos G, Nick JB, Collen B 2014. Defaunation in the Anthropocene. *Science* 345 (6195): 401–6.
- Faust L 2012. Fireflies in the Snow: Observations on Two Early-Season Arboreal Fireflies *Ellychnia Corrusca* and *Pyraetomena borealis*. *Lampyrid* 2 (July): 48–71.
- Hallmann CA., Sorg M, Jongejans E, Siepel H, Hofland N, Schwan H, Stenmans W et al. 2017. "More than 75 Percent Decline over 27 Years in Total Flying Insect Biomass in Protected Areas. *PLoS ONE* 12 (10)
- Ineichen S 2016. Light into Darkness: The Significance of Glowworms and Fireflies in Western Culture. *Advances in Zoology and Botany* 4 (4): 54–58
- Lewis SM, Wong CH, Owens ACS, Fallon C, Jepsen S, et al. 2020. A Global Perspective on Firefly Extinction Threats. *BioScience* 70: 157–67
- Schwalb HH 1961. Beiträge zur Biologie der einheimischen Lampyriden *Lampyris noctiluca* Geoffr. und *Phausis splendidula* Lec. und experimentelle Analyse ihres Beutefang- und Sexualsverhaltens. *Zoologische Jahrbücher, Abteilung für Systematik, Geographie und Biologie der Tiere* 88: 399-550
- Viviani VR, Rocha MY, Hagen O 2010. Bioluminescent beetles (Coleoptera: Elateroidea: Lampyridae, Phengodidae, Elateridae) in the municipalities of Campinas, Sorocaba-Votorantim and Rio Claro-Limeira (SP, Brazil): biodiversity and influence of urban sprawl. *Biota Neotropica* 10: 103-116
-

Předběžný termín obhajoby

2023/24 LS – FŽP

Vedoucí práce

Ing. Jana Svobodová, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra ekologie

Konzultant

Ing. Martin Novák, Ph.D.

Elektronicky schváleno dne 4. 3. 2024

prof. Mgr. Bohumil Mandák, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 5. 3. 2024

prof. RNDr. Michael Komárek, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 07. 03. 2024

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: Distribuce světlušky menší (*Lamprohiza splendidula*) v urbánním prostředí vypracovala samostatně a citovala jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použila a které jsem rovněž uvedla na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

Jsem si vědoma, že na moji diplomovou 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 vědoma, že odevzdáním diplomové 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 souvislosti s GDPR.

V Říčanech dne 28.3.2024

.....
Bc. Lenka Pelikánová

Poděkování

Děkuji Ing. Janě Svobodové, Ph.D., za její vstřícnost, ochotu a trpělivost projevenou při vedení této práce a množství cenných rad při statistickém zpracování dat. Dále Ing. Martinu Novákovi, Ph.D. za konzultace a za zasvěcení do světa světlušek. V neposlední řadě děkuji Magistrátu hlavního města Praha za finanční podporu projektu a všem, kteří se podíleli na sběru dat.

Abstrakt

Tato studie zkoumá vliv různých faktorů prostředí na výskyt *Lamprohiza splendidula* na území Prahy. Bylo navštíveno celkem 85 lokalit, na kterých se zkoumal typ lesa, přítomnost vody a pokryvnost bylinného a keřového patra. Studie potvrzuje preferenci *Lamprohiza splendidula* k lesnímu biotopu s důrazem na smíšené lesy. Analytické porovnání ukazuje vztah mezi výskytem *Lamprohiza splendidula* a charakteristikami vegetace, zejména s pokryvností bylinného a keřového patra. U bylinného patra preferovaly pokryvnost 0-25 %, u keřového 51-75 %. Tato patra jsou důležitá, protože poskytují úkryt a potravu pro larvy v podobě měkkýšů a probíhá zde rozmnožování, kdy samice sedí ve vegetaci a lákají samce. Dále bylo zjištěno, že přítomnost vody je klíčovým faktorem pro výskyt *Lamprohiza splendidula*. Větší plochy byly *Lamprohiza splendidula* obsazovány na lokalitách, kde se historicky vyskytoval lesní biotop, to znamená, že má tato světluška omezenou disperzi a obtížnost se pohybovat mezi izolovanými úseky. Tato studie přispívá k pochopení vlivu urbanizace a environmentálních faktorů na výskyt světlušek. Mezi managementová opatření můžeme zařadit zachování a obnovu lesních biotopů společně s ochranou přírodních lesů a obnovu degradovaných oblastí, zajistit konektivitu mezi vhodnými stanovišti, ochranu keřového a bylinného patra před vykácením a minimalizaci lidského zásahu v těchto oblastech, ochranu vodních zdrojů, vodních toků a mokřadů, které jsou důležitými stanovišti pro *Lamprohiza splendidula*.

Klíčová slova: biotopové preference, *Lamprohiza splendidula*, městská příroda, ochránářská ekologie, světluška menší

Abstract

This study examines the influence of various environmental factors on the occurrence of *Lamprohiza splendidula* in the territory of Prague. A total of 85 sites were visited, where the type of forest, presence of water, and coverage of herbaceous and shrub layers were investigated. The study confirms the preference of *Lamprohiza splendidula* for forest habitat, with an emphasis on mixed forests. Analytical comparisons show a relationship between the occurrence of *Lamprohiza splendidula* and vegetation characteristics, particularly the coverage of herbaceous and shrub layers. For the herbaceous layer, a preference was observed for coverage between 0-25 %, while for the shrub layer, it was 51-75 %. These layers are important as they provide shelter, food for larvae in the form of mollusks, and serve as sites for reproduction, where females sit in vegetation and attract males. Furthermore, it was found that the presence of water is a key factor for the occurrence of *Lamprohiza splendidula*. Larger areas were occupied by *Lamprohiza splendidula* at sites where forest habitat historically existed, indicating that this firefly has limited dispersal ability and difficulty moving between isolated patches. This study contributes to understanding the impact of urbanization and environmental factors on the occurrence of fireflies. Management measures may include the preservation and restoration of forest habitats, protection of natural forests, and restoration of degraded areas, ensuring connectivity between suitable habitats, protection of shrub and herbaceous layers from clearance, and minimizing human intervention in these areas, as well as protection of water sources, watercourses, and wetlands, which are important habitats for *Lamprohiza splendidula*.

Key words: habitat preferences, *Lamprohiza splendidula*, urban nature, conservation ecology, Lesser glowworm

Obsah

1. Úvod.....	1
2. Cíle práce	2
3. Literární rešerše.....	3
3.1 Světluškovití (Lampyridae).....	3
3.2 Bioluminiscence světluškovitých.....	4
3.3 Negativní faktory ovlivňující Lampyridae.....	4
3.3.1 Ztráta biotopů a jejich fragmentace.....	5
3.3.2 Pesticidy a zemědělství	6
3.3.3 Světelný smog	7
3.3.4 Firefly tourism.....	9
3.4 <i>Lamprohiza splendidula</i>	10
3.5 Shrnutí literární rešerše	13
4. Metodika	15
4.1 Terénní průzkum	15
4.2 Geografické informační systémy	17
4.3 Statistické zpracování dat.....	18
5. Výsledky	19
6. Diskuse.....	30
7. Závěr	33
8. Bibliografie	34
9. Seznam obrázků	41
10. Seznam tabulek	43
11. Seznam příloh.....	43
12. Přílohy	44

1. Úvod

V dnešní době se městské lesy a parky stávají stále důležitějšími útočišti pro rozmanité druhy rostlin a živočichů v intenzivně obhospodařovaných krajinách (Forman, 2009; Grimm et al., 2008; Mckinney, 2015; McKinney, 2006). Tyto zelené plochy poskytují klíčové přechodné biotopy pro mnoho druhů, včetně lesních i nelesních, které se dokáží adaptovat na různé typy prostředí, včetně lesů, luk nebo vodních ploch (Grimm et al., 2008; McKinney, 2006). Avšak, tato unikátní stanoviště jsou v současnosti ohrožena rychlým rozvojem urbanizace, která snižuje rozlohu městských zelených ploch a fragmentuje jejich biotopy. Tento proces komplikuje migraci a šíření druhů a zvyšuje riziko úbytku biodiverzity (Forman, 2009; Mckinney, 2015). Další hrozbou pro biodiverzitu městských lesů a parků je změna klimatu, která se projevuje vytvářením tepelných ostrovů, které mohou negativně ovlivnit fyziologii a ekologii mnoha druhů (Matzarakis & Mayer, 2001; Oke, 1973).

Brouci, přestože tvoří největší skupinu hmyzu, jsou často přehlíženi ve prospěch charismatičtějších nebo ekonomicky významnějších druhů, jako jsou včely nebo motýli (Wagner, 2018; Wagner et al., 2021). Světlušky, jako malá čeleď brouků, jsou však výjimkou a představují skvělý příklad s velkým potenciálem pro využití v ochraně přírody, protože slouží jako indikátory kvality životního prostředí (Pérez-Hernández et al., 2023; Picchi et al., 2013).

V ČR je nejhojnější světluška menší (*Lamprohiza splendidula* Linnaeus, 1767), která se vyskytuje v řídkých listnatých a lužních lesích a v zalesněných údolích s tekoucími vodami (Hůrka, 2005). Vzhledem k fragmentaci biotopů a její obtížné disperzi, má omezenou až nulovou schopnost pohybovat se mezi izolovanými úseky biotopů. To může vést k postupnému ústupu a v některých případech i k vyhynutí druhu v městském prostředí (Fahrig, 2003; McKinney, 2006).

Cílem této práce je provést mapování současného výskytu světlušky *Lamprohiza splendidula* v přírodě blízkých lokalitách v Praze a zaměřit se na analýzu faktorů prostředí spojených s jejím výskytem. Následně bude testována hypotéza, zda současný výskyt světlušek souvisí s přítomností vhodných biotopů v minulosti. Součástí práce bude také literární rešerše zabývající se ekologií a chováním *Lamprohiza splendidula*.

2. Cíle práce

Cílem této práce je provést literární rešerši a zjistit, zda *Lamprohiza splendidula* může sloužit jako indikátor prostředí a identifikovat faktory, které ovlivňují její výskyt v přirozeném prostředí.

Součástí práce bude také mapování současného výskytu této světlušky na přírodě blízkých lokalitách v hlavním městě Praze. Analyzovány budou různé faktory prostředí, včetně typu lesního porostu, pokryvnosti vegetace a přítomnosti vody, které mohou mít vliv na výskyt *Lamprohiza splendidula* v Praze.

Práce bude testovat hypotézu, zda současný výskyt světlušek souvisí s přítomností vhodných biotopů v minulosti. Předpokládám, že světlušky budou preferovat místa, kde v minulosti existovaly pro ně příhodné biotopy.

3. Literární rešerše

Cílem literární rešerše je zanalyzovat různé faktory ovlivňující výskyt světlušek. První část se věnuje obecnému pohledu na světluškovité, včetně jejich bioluminiscence, což je klíčový prvek v jejich životě. Dále se soustředí na negativní faktory, které mohou mít dopad na populaci světlušek. Tato část zahrnuje ztrátu biotopů a jejich fragmentaci, vliv pesticidů a eutrofizace či hnojení, světelný smog a také jev firefly tourism. Poslední část literární rešerše se specificky věnuje ekologii a výskytu druhu *Lamprohiza splendidula*.

3.1 Světluškovití (Lampyridae)

Světluškovití (Lampyridae) jsou čeledí brouků spadající do nadčeledi Elaroidea. Spadají sem druhy, které jsou především aktivní v noci (nocturnalita), ale nalezneme zde i druhy, které jsou aktivní ve dne i v noci (diurnální) jako např. *Luciola lusitanica* (Charpentier, 1825). Díky jejich světélkování jsou pozorovány nejenom entomology, ale i laickou veřejností a díky tomu je v historických pramenech najdeme třeba v kronikách, básních, ale i písních. V některých zemích věřili, že jsou světlušky nadpřirozené a fascinující a mají zvláštní schopnosti. Některé kmeny indiánů dokonce věřili tomu, že pokud je požijí společně s prasečíma očima, budou moci vidět ve tmě (Lockwood, 2009). V Evropě se zase tradovala v minulosti pověra, kdy výskyt světlušek v blízkosti obydlí značila smrt dítěte (Capinera, 2008).

Světlušky jsou v dospělosti terestriční živočichové a nacházíme je po celém světě, preferují zejména vlhké a teplé oblasti. Jejich nejobvyklejším habitatem jsou louky, pole a lesy v blízkosti vody. Larvy světlušek nalezneme prakticky ve všech biotopech, ale zpravidla vyhledávají vlhčí prostředí a najdeme je v hrabance, půdě, pod shnilými kmeny či pod kameny. Larvy a dospělci druhů, které obývají břehy řek či říček vyhledávají potravu ve vodě a některé druhy se adaptovaly natolik, že larvy mají zcela vodní (De Cock, 2009).

V současné chvíli máme popsáno cca 2200 druhů, které nalezneme všude po světě, vyjma Antarktidy a odhady na celkový počet druhů světlušek se blíží k 8000 druhů (Capinera, 2008). Největší hotspot tohoto druhu nalezneme v tropickém pásmu, kdy se nejvíce popsaných druhů světélkujících brouků vyskytuje v Brazílii (500 druhů) a zároveň v Jižní Americe, se stále spoustou nepopsaných druhů (Amaral et al., 2014).

V ČR nalezneme tři druhy světlušek. Jsou jimi světluška *Lamprohiza splendidula*, světluška větší (*Lampyrus nocticula* Linnaeus, 1758), a nejvzácněji se vyskytující světluška krátkokřídlá (*Phosphaenus hemipterus* Geoffroy, 1762), která jako jediná nemá křídla a nesvětélkuje. Všechny naše světlušky obsazují stejné biotopy a jejich rozšíření je podobné (Hůrka, 2005). Popis *Lamprohiza splendidula*, její rozšíření a ekologii se budu věnovat v samostatné kapitole.

3.2. Bioluminiscence světluškovitých

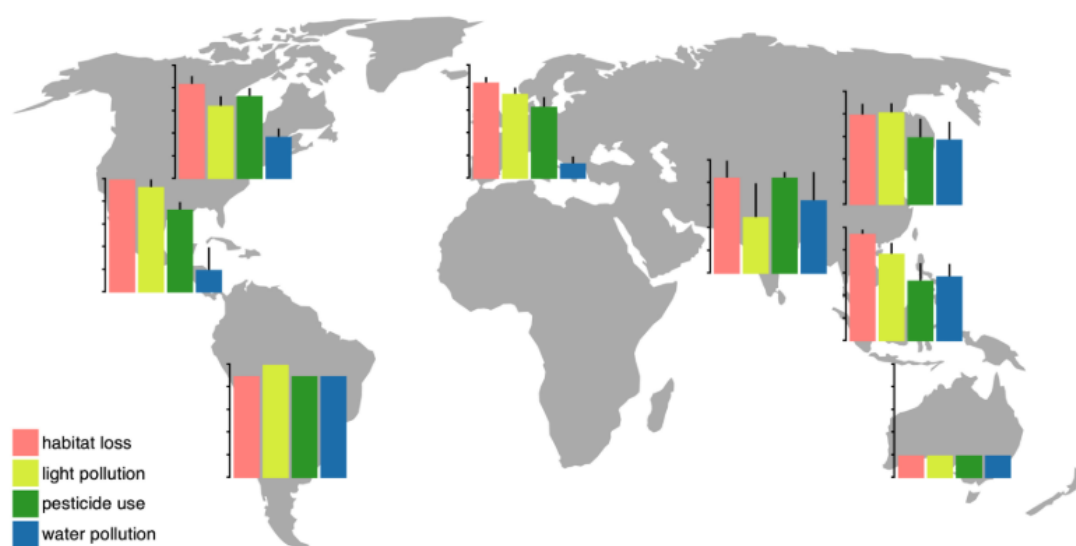
U světluškovitých slouží bioluminiscence především k přilákání partnera. U dospělců a u mnoha druhů se vyvinula do podoby propracovaného světélkování v podobě blikání, pulzování či trvalého světla (Lloyd, 1997), larvy světélkují z jiných důvodů a to, aby lákaly kořist, komunikovaly a nebo z důvodu aposematismu a jejich obrany (Sivinski, 1981). Tyto komplexní role se odrážejí ve složité fyziologii a řízení orgánů emitujících světlo u těchto brouků. Tento výjimečně jasný, koordinovaný světelný projev s řadou behaviorálních rolí se mohl vyvinout z méně sofistikovaného systému se slabší bioluminiscencí, který zpočátku nesouvisel s etiologickými úvahami, nebo byl pro ně vedlejší (Day et al., 2004).

Světelné orgány se nachází na spodní straně těla ve světelných segmentech. Světlušky produkují světlo prostřednictvím dvouступňové reakce katalyzované enzymem luciferázou. Nejprve luciferáza katalyzuje adenylaci substrátu luciferinu závislou na Mg-ATP. Po tomto kroku následuje sled oxygendependentních reakcí, které vedou k emisi světla. Barvy bioluminiscence světlušek se pohybují v širokém rozmezí od žlutozelené (~546 nm) po oranžovou (~590 nm) (Lewis & Cratsley, 2008).

3.3 Negativní faktory ovlivňující Lampyridae

Světlušky bereme jako bioindikátory a mohou nám posloužit ke sledování změny kvality životního prostředí (Hagen et al., 2015; Picchi et al., 2013). Vědecké výzkumy ukazují úbytek hmyzu celkově (Wagner et al., 2021), nejenom světlušek. Přesná příčina úbytku těchto brouků není prokazatelná, ale jako hlavní příčinu mnoho vědců uvádí umělé osvětlení, které je spojené s urbanizací a v posledních letech pozorujeme jeho nárůst (Gaston et al., 2012; Ineichen & Rüttimann, 2012; Picchi et al., 2013; Vaz et al., 2021). Umělé osvětlení může negativně ovlivňovat jejich biorytmy, a to i jejich

páření, navíc luminiscence slouží jako ochrana před predátory a pozbývá tak účinnosti v umělém osvětlení (Barrett, 1997; Picchi et al., 2013; Van den Broeck et al., 2021b; Vaz et al., 2021). Užívání herbicidů, pesticidů, ztráta habitatů jsou dalšími negativními faktory, které ohrožují nejenom světlušky, ale i ostatní živočichy (Leong et al., 2007; Lewis et al., 2020; Marques & Da Silva, 2014; Viviani et al., 2010). Poměrně novým ohrožením pro světlušky je turistika spojená s jejich pozorováním, která v posledních letech zažívá velký rozmach (Dawood, 2016; Lewis et al., 2021). Jednotlivé negativní faktory ovlivňující světluškovité, které se liší podle kontinentu, můžeme vidět na Obr. 1. Jednotlivým faktorům se budu věnovat podrobněji v následujících kapitolách.



Obrázek 1: Geografické rozdíly v hodnocení čtyř nejzávažnějších hrozeb pro světlušky (sloupce ukazují průměr + jednu standardní chybu, stupnice 0-5), jak je uvedlo 49 respondentů dotazovaných v lednu a únoru 2019 (Lewis et al., 2020).

3.3.1 Ztráta biotopů a jejich fragmentace

Urbanizace, průmysl a intenzivní zemědělství mění tvář naší krajiny, což má vliv na přirozené životní prostředí organismů, včetně světlušek. Tato transformace krajiny způsobuje fragmentaci ekosystémů a ztrátu přirozených stanovišť, což je pro specializované druhy, jako jsou světlušky, zvláště problematické. Celková ztráta a fragmentace krajiny přispívá ke ztrátě biodiverzity. Světlušky jsou součástí komplexních potravních řetězců a ekosystémů, a jejich úbytek může mít kaskádový efekt na další organismy (Atkins et al., 2017; Gardiner, 2011; Lewis et al., 2020).

Ve Velké Británii ubyl druh *Lampyrus nocticula* kvůli intenzifikaci zemědělství a sukcesi lesů a následnému upuštění od pastvy (Gardiner, 2011). Dlouhodobé průzkumy ukázaly, že v jižní a střední Anglii ubyla *Lampyrus nocticula* v důsledku změny land use (výstavba nových silnic, těžba a následné skladování kulatin), stejně tak i suchu (Atkins et al., 2017; Gardiner, 2011). Ve Španělsku mají naopak obavy z opuštěných sadů a menších zemědělských ploch, kde se vyskytují *Nyctophila reichii* (Val, 1859), *Lampyrus iberica* (Geisthardt, Figueira, Day & De Cock, 2008) a *Lamprohiza paulinoi* (Olivier, 1884). Tyto opuštěné plochy se většinou stávají neobyvatelnými pro měkkýše, kteří bývají nejčastější potravou pro určité druhy světlušek (Lewis et al., 2020).

3.3.2 Pesticidy a zemědělství

Intenzivní zemědělství je hrozbou pro všechny ekosystémy, souvisí s ním i odlesňování krajiny. Se zemědělstvím je spojeno hlavně hnojení, pesticidy a herbicidy, což je největší důsledek vymírání hmyzu (Wagner, 2018). U hnojiv je problém eutrofizace ekosystémů. Světluškovití mají dravé larvy, které žijí v půdě a jsou tedy přímo ovlivněny insekticidy, kdy buď sežerou nakaženou kořist anebo se k nim dostanou tyto toxické a fatální látky přímo do organismu po aplikaci na půdní povrch (Marques et al., 2015). Při používání insekticidů je v dané oblasti kontaminovaná půda a voda, nebo dokonce i potrava světlušek. Pro světlušky je vysoká koncentrace pesticidů ve vodě a půdě nebezpečná, protože larvy některých druhů žijí několik měsíců až let ve vodě, v okolí kořenů, ve vegetaci mezi dospělými stromy a v půdě. Některé druhy světlušek kladou vajíčka do mechu, tlejícího dřeva a následně se kukly vyvíjí v podzemí nebo na kmenech stromů. Dospělci bývají vystaveni reziduím insekticidů, když odpočívají na obhospodařované půdě nebo v listí (Lewis et al., 2020, 2021).

I přes to, že Evropská unie zakázala neonicotinoid v dubnu 2018, v ostatních regionech včetně USA se tyto látky stále hojně používaly nejenom v zemědělství, tak i pro domácí využití (Douglas et al., 2015). Insekticidy, jako jsou pyretroidy, jsou široce používány k regulaci dospělců komárů, ale má vliv i na nečlověčí hmyz. Ohroženy mohou být zejména světlušky, protože postřiky se obvykle provádějí za soumraku, kdy jsou aktivní jak komáři, tak světlušky (Davis et al., 2007). Pesticidy na světlušky

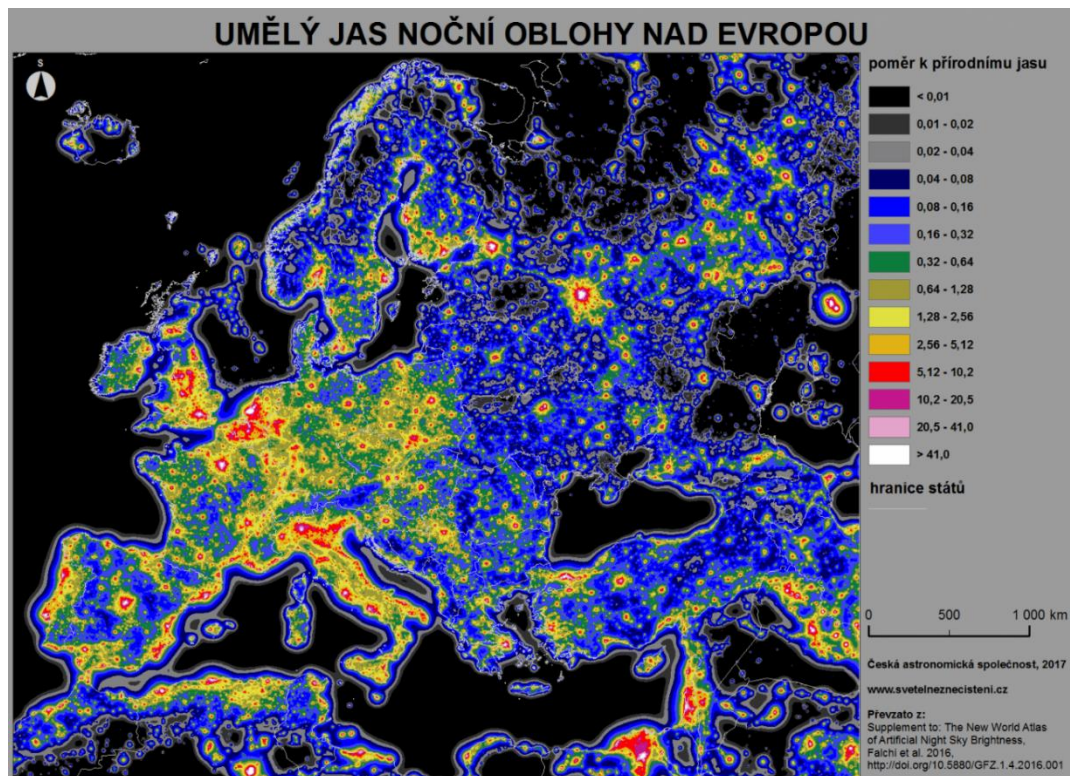
působí také nepřímo, a to snížením dostupnosti nebo zvýšením toxicity jejich larvální kořisti, mezi kterou patří plži a žížaly (Lewis, 2016).

Přístup k organickému zemědělství, který minimalizuje používání syntetických pesticidů, bude pozitivní pro světlušky a další bezobratlé. Přílišný a neuvážený používání pesticidů může ohrozit biodiverzitu a ekosystémovou rovnováhu, což může mít nepříznivý dopad na celé ekosystémy.

3.3.3 Světelný smog

Společně se ztrátou přirozených stanovišť nárůst světelného smogu se stává v posledních letech velkým problémem (Lewis et al., 2020; Reed et al., 2020). Existuje spousta zdrojů, které vyzařují světlo během noci a vytváří tak světelný smog. Patří mezi ně zejména pouliční lampy, světla z reklam, nasvícené architektonické památky, světla z domácností a dopravní prostředky. Největším původcem světelného znečištění jsou pouliční lampy, které intenzivně svítí v urbánním prostředí. Co se týká ostatních zdrojů světla (architektura, reklama, světla vozidel), bývají zejména lokálního charakteru a mají nepřiměřený efekt na životní prostředí, jestliže jsou vyzařovány horizontálně (Gaston et al., 2012). Na Obr. 2 můžeme vidět, jak vypadá světelně znečištění v celé Evropě.

Hmyz je adaptovaný na přirozené cirkadiánní rytmy a je zvyklý na periodické opakování, polaritu, intenzitu, zdroj a vlnovou délku. Noční hmyz má citlivý zrak a jejich složené oči jsou 100–1000krát citlivější než oči jednoduché (Hagen et al., 2015). Důležitou věcí je, že osvětlení má negativní dopad na biologické cykly organismů a zejména světlušky jsou tímto jevem mnohem více ovlivněny, protože komunikují prostřednictvím světelných signálů. Během námluv používají feromony a zejména světelné signály, které se druh od druhu liší. Samečci používají světelné signály, aby se zalíbili samičkám a následně se mohli spářit. Pokud není dostatečná tma, tak tato komunikace není efektivní a může tak docházet k postupnému vymírání populací (Vaz et al., 2021). Umělé světlo zapříčiňuje zpoždění vylétávání světlušek k páření a zároveň světélkování není tolik efektivní (Lloyd, 2006).



Obrázek 2: Mapa světelného znečištění nad Evropou, Autor: Martin Mašek, Fabio Falchi (Převzato z Falchi et al. 2016)

Ve studii Van den Broek (2021) sledovali vliv pouličních lamp na úspěšnost páření *Lampyrus noctiluca*. Monitorovali denně samice, aby zjistili, kdy a jak rychle se spáří (po spáření přestanou samice světélkovat). Samice, které byly ve tmě a nebyly ovlivněny pouličními lampami, přestaly svítit po jednom dni, protože našly partnera a spářily se. Naproti tomu samice, které se nacházely v blízkosti lamp, svítily déle, některé až patnáct dní. Tyto výsledky jim potvrdily předchozí hypotézu, že samice, které jsou vystaveny umělému světlu, mají problém se rychle spářit a může docházet k vymírání populací (Van den Broeck et al., 2021a). Ve Švýcarsku proběhl další experiment, který se týkal dospělých jedinců *Lampyrus noctiluca*. Výsledky jasně ukazují, že se samci vyhýbají osvětleným oblastem. To je patrné z absence samců v pastech pod lampami a jejich přítomnosti mezi lampami v noci, kdy byly lampy zapnuté (odchyceno 73 samců výhradně v tmavých oblastech). Vysoký počet samic vystavujících se v osvětlených oblastech naznačuje, že samice světlušek nezakládají svůj výběr místa vystavování na tom, zda je tato oblast v noci uměle osvětlena, či nikoli (toto může být ovlivněno i jejich omezenou disperzí). Dávají přednost vegetaci, která hraničí s otevřenými prostory, kdy jim vegetace poskytuje útočiště ve dne a v noci místo, odkud se mohou po setmění vystavovat a lákat samce. Dospělé samice se však jen zřídka přesunují z původně vybraného místa a je pravděpodobné, že

samice, které se nachází pod lampami, hynou, aniž by se spářily (Ineichen & Rüttimann, 2012).

V Malajsii proběhla studie na larvy rodu *Lamprigera*. Ty se zdržovaly ve větších vzdálenostech od pouličních lamp a občas se našly i v oblastech s vysokou intenzitou umělého světla. Larvy tohoto druhu jsou poměrně pohyblivé a po zhasnutí lamp se pohyby světlušek zdály být více nahodilé. Předpokládá se, že larvy během vystavení světlu zůstávaly skryté např. pod listím a svou aktivitu zahájily až po vypnutí světel. Pouliční lampy se rozsvěcí před soumrakem a zhasínají dlouho před východem slunce. Larvy tím pádem mají pouze omezený čas během noci, kdy mohou hledat potravu (Mbugua et al., 2020).

Světelné znečištění představuje jednu z hlavních hrozeb pro světlušky a může mít širší ekologické důsledky v nočním prostředí nejenom na ně. Ochrana tmavých nočních obloh a minimalizace umělých světelných zdrojů v oblastech s výskytem světlušek jsou důležité kroky pro zachování udržitelné populace.

3.3.4 Firefly tourism

Během několika posledních desetiletí turistika za světluškami stala oblíbenou rekreační aktivitou nejen v Japonsku a Thajsku, ale také v Koreji, na Tchaj-wanu, v Malajsii, Indii, Mexiku a Spojených státech. Stejně jako jiné fotogenické zážitky, které jsou široce sdíleny (Boley et al., 2018; Napompeth, 2009; Thancharoen, 2012), i fotografie světlušek mají silný vliv na výběr budoucích cestovních destinací turisty. Pokud tato turistika není řízena správně, tak ohrožuje populace světlušek nejenom v larválních stádiích, ale i v reprodukčních cyklech. Nejkritičtější pro ně je světlo z těchto zájezdů, ať už se jedná o baterky nebo blesky z fotoaparátů, tak i možné zašlápnutí nelétavých samic, které leží v trávě. Jsou i případy, kdy kvůli sešlapu břehu řeky a následné erozi došlo k destrukci stanoviště, kde se nacházely larvy (Lewis et al., 2020).

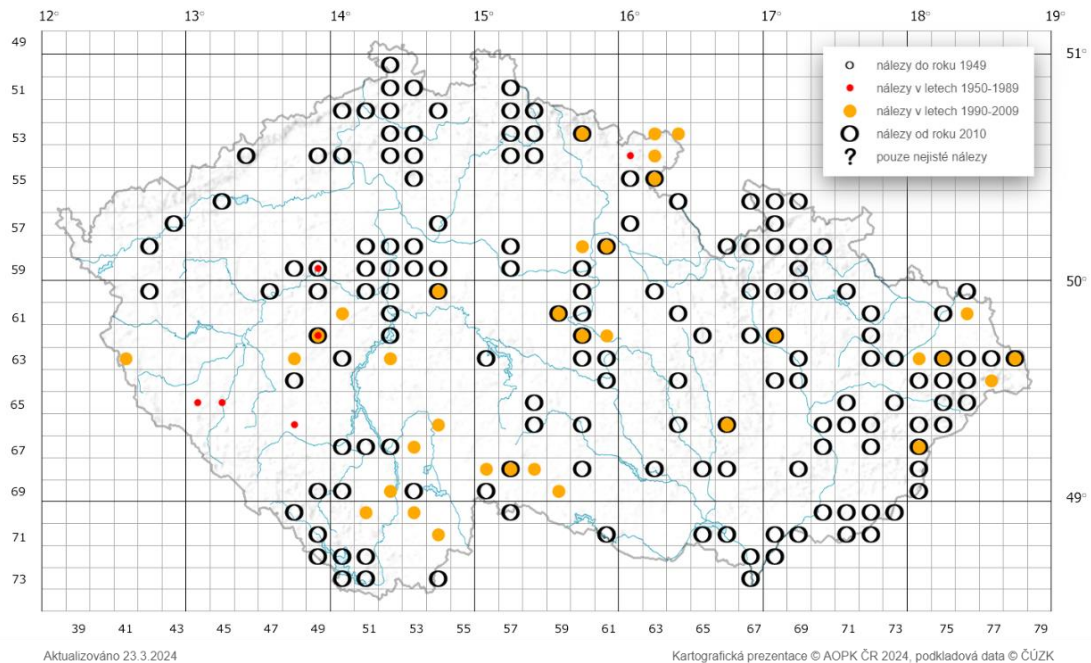
Intenzivní sešlap způsobuje nejenom zhutnění půdy, ale i fragmentaci listí a erozi (Ceballos-Lascurain, 1996) a může měnit rostlinná společenstva a snižovat dostupnost kořisti, dále znečištění vody v důsledku úniku plynu a ropy ničí ekosystémy (Bilkovic et al., 2017). U přibližně 25 % všech druhů světlušek na světě jsou sešlapem obzvláště zranitelné dospělé samice, protože jim chybí funkční křídla a nemohou tedy létat. Pěší

turistika může navíc snížit reprodukční úspěšnost světlušek tím, že narušuje páření párů, které hřadují na nízké vegetaci a neúmyslným pošlapáním samic, které hledají místa pro kladení vajíček na zemi (Lewis et al., 2021).

Domnívám se, že vzhledem k citlivosti světlušek by turismus měl být prováděn udržitelným způsobem. To zahrnuje dodržování stanovených tras, respektování nočního klidu a minimalizaci světelného znečištění. Je však důležité si být vědomý vlivu lidské aktivity na tato křehká ekosystémová společenství. Přemíra turismu nebo nevhodné chování může mít negativní dopady na světlušky a jejich prostředí. Udržitelný turismus, péče o přírodu a vzdělávání veřejnosti jsou klíčovými faktory pro zachování ekosystémů. Turisté mají možnost se dozvědět více o životním cyklu světlušek, jejich ekologii, významu pro životní prostředí a ohrožení. Tato forma turismu může zahrnovat prohlídky přírodních lokalit, tematické exkurze, přednášky, workshopy a další aktivity, které mají za cíl osvětu veřejnosti o světluškách a podpoření jejich ochrany a udržitelného zachování životního prostředí.

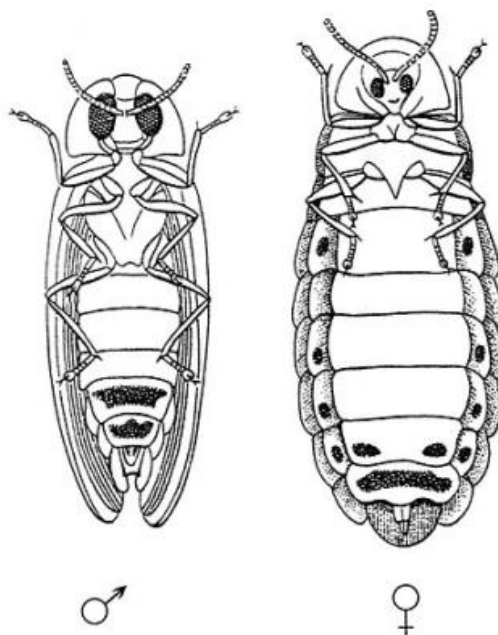
3.4 *Lamprohiza splendidula*

Lamprohiza splendidula je naše nejhojnější světluška (Hůrka, 2005) a její rozšíření v České republice můžeme vidět na Obr. 3. Její geografické rozšíření zahrnuje různé části střední a východní Evropy jako například Slovensko, Maďarsko, Polsko, Rakousko a Německo (Schwalb, 1961). Populace s velkým počtem jedinců se vyskytují v řídkých listnatých a lužních lesích a v zalesněných údolích s tekoucími vodami. Jako stanoviště světlušek jsou vhodné zejména listnaté lesy v různých asociacích. Hlavními ekologickými vlastnostmi jsou: ani v horkých dnech neklesá vlhkost pod 80 %, lokality jsou bez přímého slunečního záření, přítomnost plžů (potrava larev světlušek), přítomnost listnatých stromů, přítomnost kyprého půdního materiálu (humus, surový humus), přítomnost čerstvých travin rostoucích na lesní půdě (Hůrka, 2005; Zahradník, 2008). Vhodnými biotopy, které nemají tak vysokou populační hustotu, jsou také smíšené lesy (Martin Novák, XI. 2023, pers.comm.) s listnatými keři v keřovém patře (např. borůvčí) a travinami v bylinném patře, ale i městské parky (Hůrka, 2005; Zahradník, 2008).



Obrázek 3: Výskyt *Lamprohiza splendidula* v ČR, převzato z (c) AOPK ČR, Nálezořá databáze ochrany přírody, 2024

Tito brouci se vyznačují výraznou pohlavní dvoutvárností Obr. 4. Samci brouků jsou dlouzí 8-10 mm. Jejich tělo je silně zploštělé. Krovky jsou šedohnědé s lehce tečkovanou strukturou. Štít překrývá celou hlavu a má dvě průhledná okénka vpředu nad složenýma očima (De Cock, 2009). Oči jsou velké, pokrývají téměř celou hlavu a jsou umístěny mírně ventrálně a uprostřed se téměř dotýkají. Ústní ústrojí je částečně redukováno (dospělci nepřijímají potravu, jen vodu). Na 5. a 6. břišním článku jsou světelné orgány, které mají bělavou barvu. Po setmění mohou zářit jasně zeleně. Samičky mají místo křídel zakrnělé pahýly, jejich tělo je krémově bílé a průsvitné. Světélkující orgány na břišní straně tak mohou vyzařovat světlo směrem vzhůru. Kromě luminiscenčních orgánů na 5. a 6. břišním segmentu mají samice také luminiscenční orgány na dalších segmentech. Jejich světelný vzor se skládá z několika výrazných bodů a světelného pásu za nimi (De Cock, 2009; Schwalb, 1961). Larvy mají ploché, černě zbarvené tělo. V místech, kde se nacházejí luminiscenční orgány, má jejich exoskelet světle hnědou barvu (Novák, 2018b). Jejich záře po setmění je velmi slabá. Vajíčka jsou kulovitá a mají přirozenou luminiscenci. Samice snáší 50-147 vajec (průměr snůšky je 60-90 vajec), která jsou snesena v noci (De Cock, 2009; Schwalb, 1961).



Obrázek 4: Světelné orgány samce a samice *Lamprohiza splendidula* (De Cock, 2009)

Lamprohiza splendidula má dlouhý životní cyklus. Larvy se vylíhnou především v srpnu asi 35 dní po naklazení vajíček. Ty se živí převážně měkkýši, kteří mohou být až dvakrát delší a patnáctkrát těžší než oni sami. Měkkýši jsou usmrceni jedovatým kousnutím a následně snědzeni během 24-36 hodin. Podle Schwalb (1961) larvy světlušek po vylíhnutí přežijí tři zimy v půdě a teprve po 34 měsících se kuklí v červnu čtvrtého roku života, ale Hůrka (2005) popisuje, že larvy přežijí v půdě jen dva roky. Ve stádiu předkukly jsou taky rozdílné názory, kdy Schwalb (1961) toto období odhaduje na 8-20 dní před kuklením, zatímco Martin Novák vypožoroval, že toto období může trvat i 3 dny (Novák, 2018a, nepublikovaná data.). Po 7 dnech zakuklení se vylíhnou dospělí brouci (Schwalb, 1961). Samci začínají létat a svítit za soumraku. Samice sedí na zemi a zřejmě začnou svítit až poté, co si všimnou svítících samců. Teprve pak mohou samci samice najít. Večerní období letové aktivity trvá přibližně od 21:40 a končí kolem 23:10, kdy vrchol letu je od 22:10 do 22:50 (Lautenschläger et al., 2021). Páření a snášení vajíček probíhá na zemi. Protože dospělí jedinci nemohou přijímat potravu, jejich tuková zásoba je během této doby zcela spotřebována. Pokud nejsou zvířata předčasně sežrána predátory (mnoho samců se chytá do pavučin), umírají samci po páření vyčerpáním a samice po naklazení vajíček (Münch et al., 2009; Nuß & Seidel, 2008; Schwalb, 1961).

Samice *Lamprohiza splendidula* jsou nelétavé a jejich pohyb je omezený na krátké vzdálenosti, obvykle jen několik metrů od místa, kde se líhnou. Naopak, okřídlení

samci mají tendenci přeletět větší vzdálenosti, až do cca 2 km, aby hledali vhodné partnerky k páření. Tato rozdílná schopnost letu mezi samci a samicemi ovlivňuje disperzi druhu a rozložení populací v krajině (Rodriguez-Montes & Hoff, 2023).

3.5 Shrnutí literární rešerše

Negativní faktory, jako je ztráta biotopů a jejich fragmentace, způsobují dramatický úbytek prostoru pro populace světlušek. Tato degradace přirozených oblastí způsobuje nejen ztrátu životního prostředí, ale také omezuje dostupnost potravy, úkrytů a vhodných míst pro rozmnožování, což výrazně snižuje biodiverzitu hmyzu i světlušek (Wagner, 2018; Wagner et al., 2021; Atkins et al., 2017; Gardiner, 2011).

Pesticidy, eutrofizace a nadměrné hnojení představují další hrozbu pro světlušky. Chemické látky používané v zemědělství mohou mít devastující účinky na populaci hmyzu, narušují endokrinní systémy a mohou způsobovat úhyn. Eutrofizace a hnojení mohou vést k nerovnováze v ekosystémech, což negativně ovlivňuje jak primární producenty, tak i konzumenty ve stravovacích řetězcích (Leong et al., 2007; Lewis et al., 2020; Marques & Da Silva, 2014; Viviani et al., 2010).

Světelný smog, způsobený nadměrným osvětlením v urbánních oblastech, je dalším faktorem přispívajícím k úbytku světlušek. To může ovlivnit noční životní cyklus mnoha druhů, narušovat migrace a mít negativní dopad na rozmnožování. Bodové světlo může také přilákat hmyz k nepřírodným zdrojům, což vede k jejich nadměrnému úhynu (Barrett, 1997; Picchi et al., 2013; Van den Broeck et al., 2021b; Vaz et al., 2021).

Firefly tourism, zahrnující intenzivní sledování světlušek ze strany turistů, znamená další hrozbu pro tyto křehké organismy. Tlak na populaci světlušek způsobený nadměrným turistickým ruchem může vést k narušení jejich reprodukčních cyklů a snižování jejich celkových populací, což má negativní dopad na ekosystémové funkce (Dawood, 2016; Lewis et al., 2021).

Rozsah pH půdy může hrát klíčovou roli při výskytu *Lamprohiza splendidula*. Tento druh světlušky může preferovat určité pH půdy, které mu poskytuje vhodné prostředí pro životní podmínky a následnou reprodukci. Rozdíly v pH půdy mohou ovlivňovat dostupnost živin, mikroorganismů a dalších faktorů, které jsou pro *Lamprohiza*

splendidula důležité. V jedné studii bylo sledováno pouze pH vody, které nekorelovalo s výskytem (Faudzi et al., 2021)

Světlušky jsou považovány za bioindikátory prostředí, což znamená, že jejich přítomnost nebo absence může poskytnout důležité informace o stavu daného ekosystému. Pokud se světlušky vyskytují v určité oblasti, naznačuje to, že tamní podmínky jsou pravděpodobně vhodné pro život mnoha dalších organismů, které tvoří ekosystém. Naopak, pokud jsou světlušky vzácné nebo chybějí, může to naznačovat narušení nebo degradaci prostředí, jako je ztráta biologické rozmanitosti, znečištění nebo změny v kvalitě životního prostředí (Hagen et al., 2015; Pérez-Hernández et al., 2023; Picchi et al., 2013).

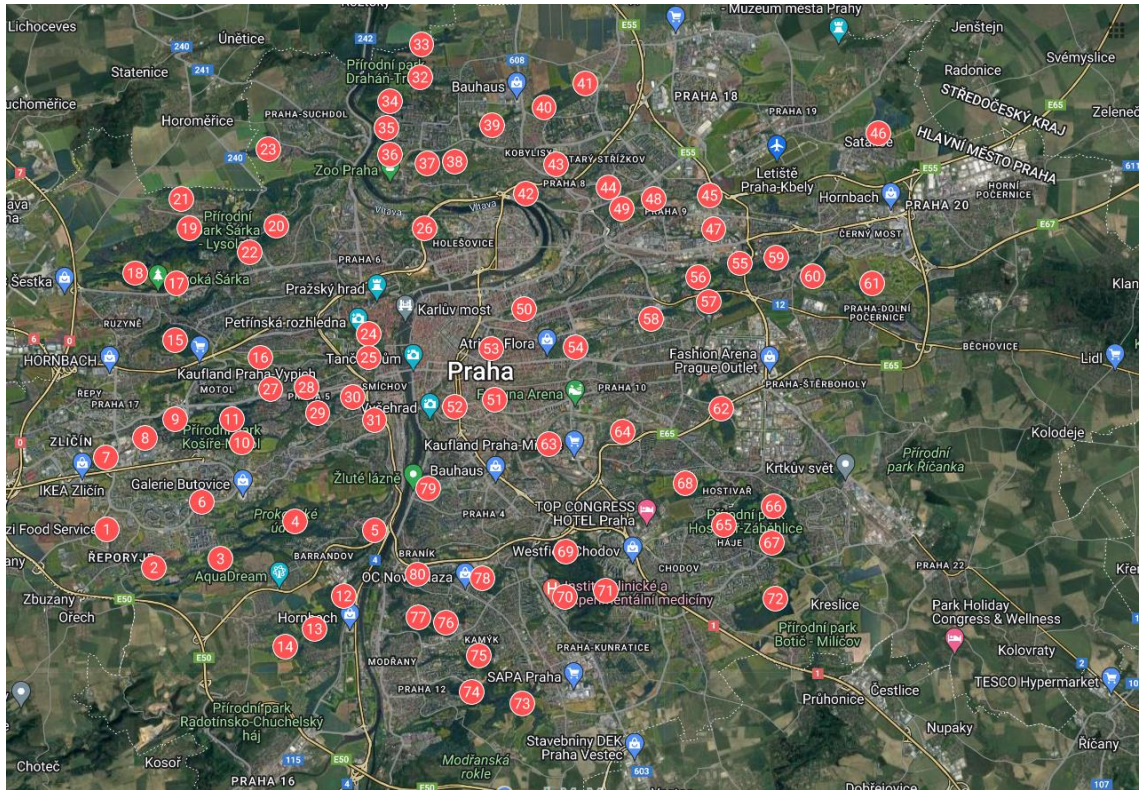
4. Metodika

4.1 Terénní průzkum

Terénní průzkum byl prováděn na pečlivě vybraných lokalitách v Praze (celkem 80 lokalit, viz Obr. 5), které byly předem identifikovány jako možná stanoviště pro výskyt světlušek. Průzkumy se konaly v červnu a červenci v letech 2022 a 2023 za příznivých povětrnostních podmínek, aby bylo dosaženo co nejlepších výsledků. V rámci spolupráce s veřejností byla zahájena iniciativa "Praha hledá světlušky" prostřednictvím Facebookové stránky a aplikace iNaturalist, což umožnilo širší zapojení a možnost sdílení pozorování občany.

Průzkum lokalit probíhal ve večerních hodinách po soumraku viz. Obr. 6 (mezi 22:00 – 23:30), přičemž se zaměřoval zejména na okolí vodních ploch, kde je výskyt světlušek pravděpodobnější. V případě potvrzení výskytu světlušek byla jejich lokalizace pečlivě zaznamenána do mapy. Pokud došlo k negativnímu výsledku, tedy absence světlušek, byla daná lokalita opakována, aby byla eliminována možná omezení způsobená nepříznivými klimatickými podmínkami.

Během terénního průzkumu byly systematicky sledovány charakteristiky lokalit, jako je keřové a bylinné patro, typ lesa a přítomnost vody. Tento podrobný průzkum umožnil získat důležité informace o prostředí, které světlušky obývají, a tím přispěl k lepšímu pochopení ekologie tohoto zajímavého druhu.



Obrázek 5: Vytipované lokality výskytu v Praze,
<https://www.google.com/maps/d/viewer?mid=1K0H2jQqfUUxfFacwOzg5u7HVj5zvQ84G&ll=50.06564316434688%2C14.466668035718428&z=12>



Obrázek 6: PR Mýto a světélkující samečci *Lamprohiza splendidula*, Lenka Pelikánová 2022

4.2 Geografické informační systémy

Dalším postupem bylo vytvořit mapy výskytu a nevýskytu *Lamprohiza splendidula* v Praze. Použila jsem k tomu program QGIS Desktop 3.24.2 a volně dostupné podklady na stránkách Geoportál hl. m. Praha. Ortofoto mapa (Příloha 7) a základní mapa (Příloha 1) poskytly vizuální rámec pro prezentaci dat. Kromě toho byly použity geologická mapa (Příloha 4), pedologická mapa (Příloha 3), mapa vodstva (Příloha 5) a historické císařské otisky (Příloha 2) jako podklady pro získání informací o pH půdy, historickém vývoji lokality a vzdálenosti lokalit od vody.

Rozsah pH půdy může hrát klíčovou roli při ovlivňování výskytu *Lamprohiza splendidula*. Tento druh světlušky může preferovat určité pH půdy, které jí poskytují vhodné prostředí pro životní podmínky a následnou reprodukci. Rozdíly v pH půdy mohou ovlivňovat dostupnost živin, mikroorganismů a dalších faktorů, které jsou pro *Lamprohiza splendidula* důležité. Jako historická mapa sloužila mapa císařských otisků z roku 1845, aby se zjistil typ porostu v minulosti. Nelesní lokality obsahovaly biotopy jako jsou vlhké louky, pastviny, sady a zahrady. Historická disperze *Lamprohiza splendidula* může mít vliv na současný výskyt tohoto druhu světlušky v krajině. Lidská činnost vedla k fragmentaci a změně prostředí, což pravděpodobně mělo za následek izolaci populací *Lamprohiza splendidula* a omezení jejich disperzní schopnosti, která už tak je omezená. Předpokládám, že se bude vyskytovat na lokalitách, které již obývala v minulosti, kvůli její omezené schopnosti obsazovat nové lokality.

Pro vizualizaci výskytu a nevýskytu světlušek byly vytvořeny dvě vrstvy. První vrstva, ve formě polygonů, zachytila lokality s potvrzeným výskytem, zatímco druhá vrstva, ve formě bodů, reprezentovala lokality, kde nebyl výskyt zaznamenán.

4.3 Statistické zpracování dat

Všechny statistické analýzy byly provedeny v programu R ve verzi 4.0.3 (R Core Development Team, 2020). Cílem testování bylo zjistit, jaké faktory prostředí mají vliv na výskyt *Lamprohiza splendidula*. Závislá proměnná byla velikost plochy výskytu světlušek (ha), která byla zlogaritmována pro dosažení normálního rozdělení. Efekt roku byl do modelu zahrnut jako proměnná s náhodným efektem. Nezávislé proměnné byly:

- voda (0 = nevýskyt, 1 = výskyt)
- typ biotopu před rokem 1945 (historicky lesní plocha, historicky nelesní plocha)
- pH (bazické, mírně kyselé, silně kyselé)
- typ lesa (listnatý les, smíšený les, nelesní plocha)
- keřové patro (kategorie 0-25 %, 26-50 %, 51-75 %, 76-100 %)
- bylinné patro (kategorie 0-25 %, 26-50 %, 51-75 %, 76-100 %)

Statistické analýzy byly provedeny pomocí zobecněných lineárních modelů se smíšenými efekty GLMM - Generalized Linear Model With Mixed Effects (Bolker, 2015), Linear Mixed Effects Regression (Bates et al., 2015), Generalized Linear Mixed Effects Regression (Davidson et al., 2013).

Rozhodování o nejlepších modelech probíhalo na základě Akaikeho informačního kritéria (AIC, Akaike, 1973), přičemž všechny modely s ΔAIC menším než 2 byly považovány za podobně podporované (Burnham a Anderson 2002). Kumulativní váha (cw) pro každý prediktor byla vypočítána jako součet vah modelů obsahujících daný prediktor.

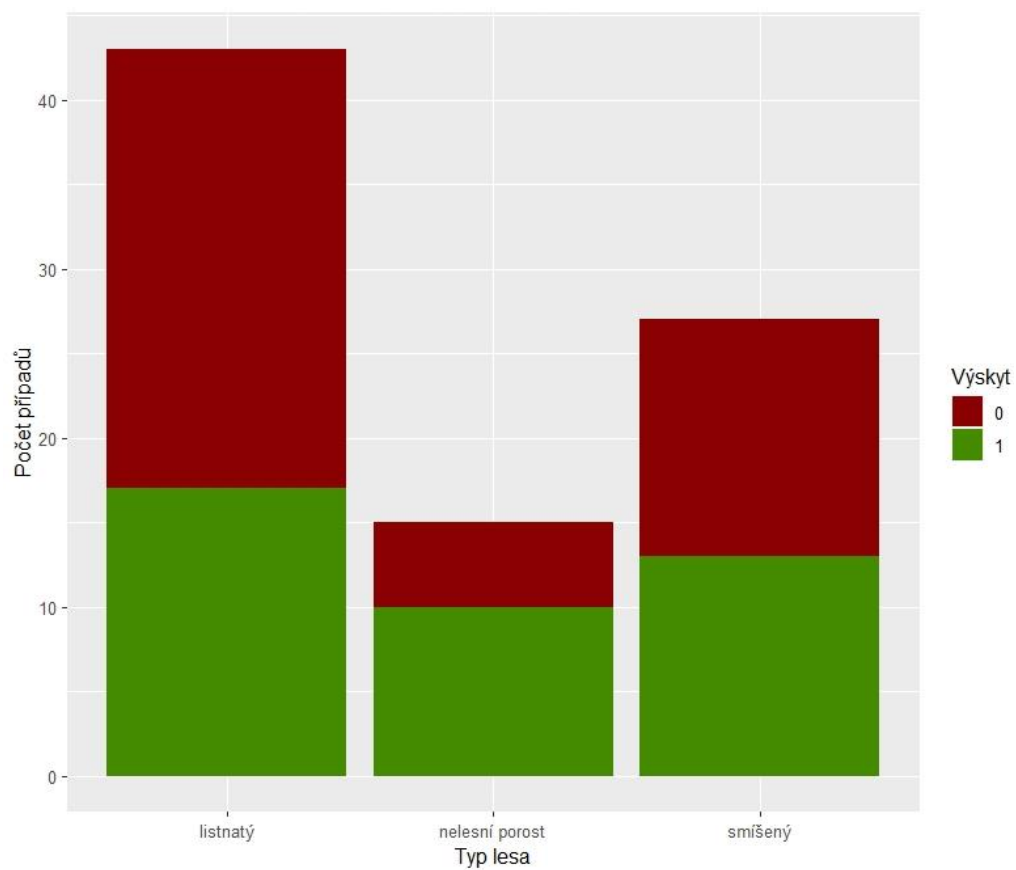
Post-hoc testování bylo provedeno Tukeyho testem pomocí balíčku multcomp (Hothorn et al., 2008), abych zjistila statisticky významné rozdíly mezi skupinami. Konkrétně byl testován vliv historického lesa, keřového patra, bylinného patra a typu lesa.

5. Výsledky

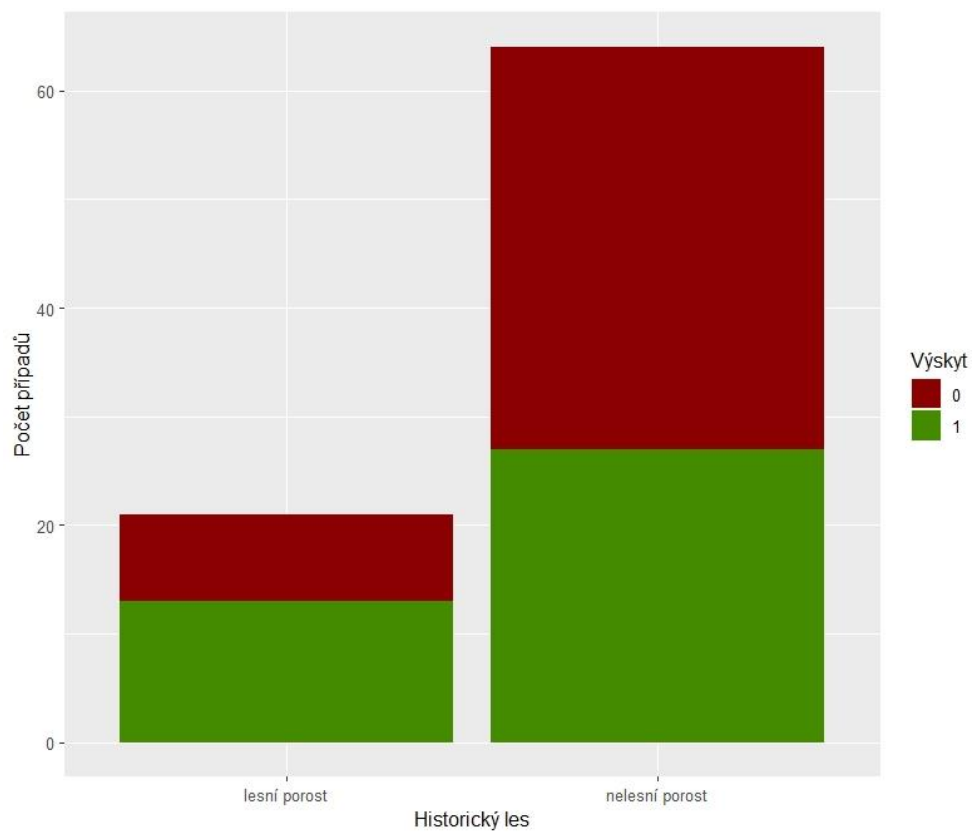
Z celkových 85 zkoumaných lokalit byl potvrzený výskyt světlušek na 40 z nich (Obr.7). Nejvíce pozorování světlušek bylo zaznamenáno v listnatých lesích, celkem 17 případů. Dále byly světlušky pozorovány ve smíšených lesích (13 případů), zatímco nejméně často byly spatřeny na nelesních plochách, kde bylo zaznamenáno pouze 10 případů. Tato data naznačují, že výskyt světlušek je spojen s přítomností lesního biotopu (Obr. 8). Ohledně historického pokryvu vyšlo, že *Lamprohiza splendidula* se vyskytovala na původně 13 lesních lokalitách a 27 nelesních lokalitách (Obr. 9). Nejvíce výskytů *Lamprohiza splendidula* bylo zaznamenáno v oblastech s pokryvem bylinného patra v rozmezí 0-25 % (n = 20). Tento trend pokračoval i v oblastech s vyšším pokryvem, kde bylo druhu zjištěno méně pozorování: 26-50 % (n = 15) a 51-75 % (n = 5). Zároveň na lokalitách s nejvyšším pokryvem bylinného patra (76-100 %) nebyly zaznamenány žádné pozorování druhu. Tento trend je ilustrován na Obr. 10. *Lamprohiza splendidula* byla nejčastěji zaznamenána v keřovém patře s pokryvností 26-50 % (n = 14), poté s pokryvností 51-75 % (n = 10), následováno pokryvností 0-25 % (n = 9), a nejméně často byla zjištěna v oblastech s pokryvem 76-100 % (n = 7). Tyto výsledky naznačují, že pro výskyt světlušek je klíčové keřové patro, které není příliš husté ani příliš řídké, jak lze vidět na Obr. 11. Z grafu (Obr. 12) je zřejmé, že *Lamprohiza splendidula* vykazuje výraznou tendenci k preferenci lokalit s přítomností vody (n = 30). Naopak pouze na 10 lokalitách, kde vodní zdroj chyběl, byl zaznamenán výskyt *Lamprohiza splendidula*.



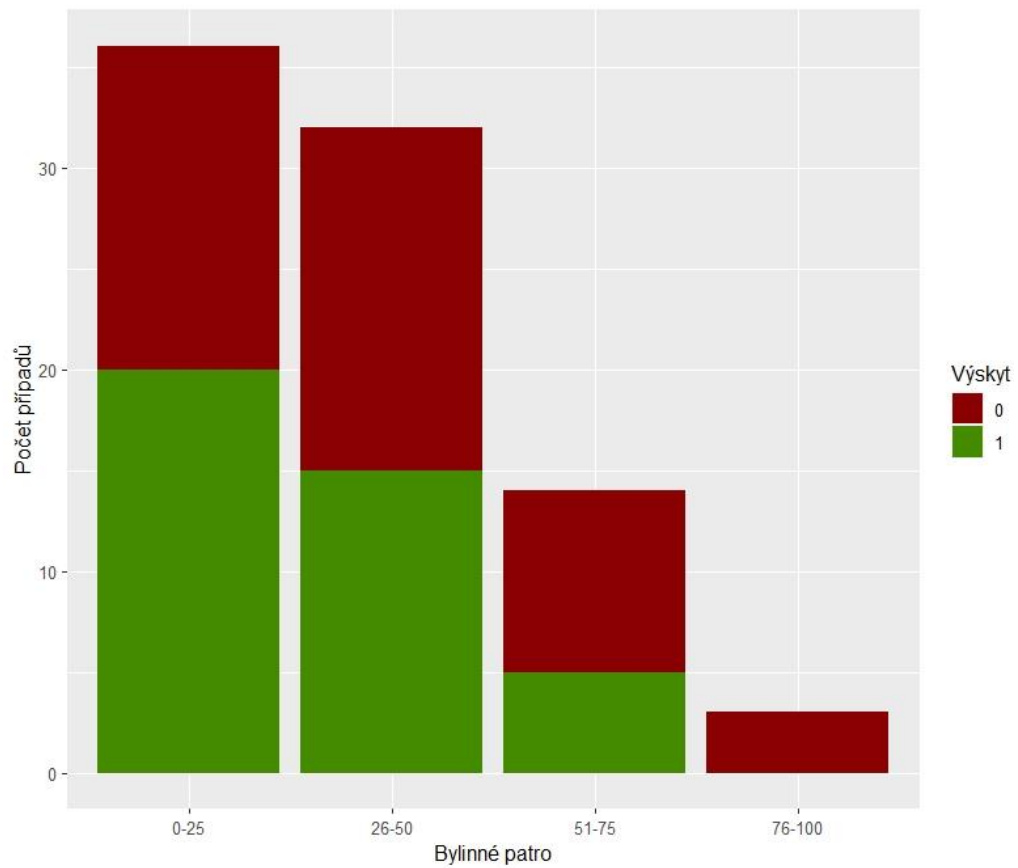
Obrazek 7: Studované lokality ($n = 85$) *Lamprohiza splendidula* v Praze, žlutozelené lokality jsou výskyt, červené jsou nevýskyt, vytvořeno v QGIS Desktop 3.24.2.



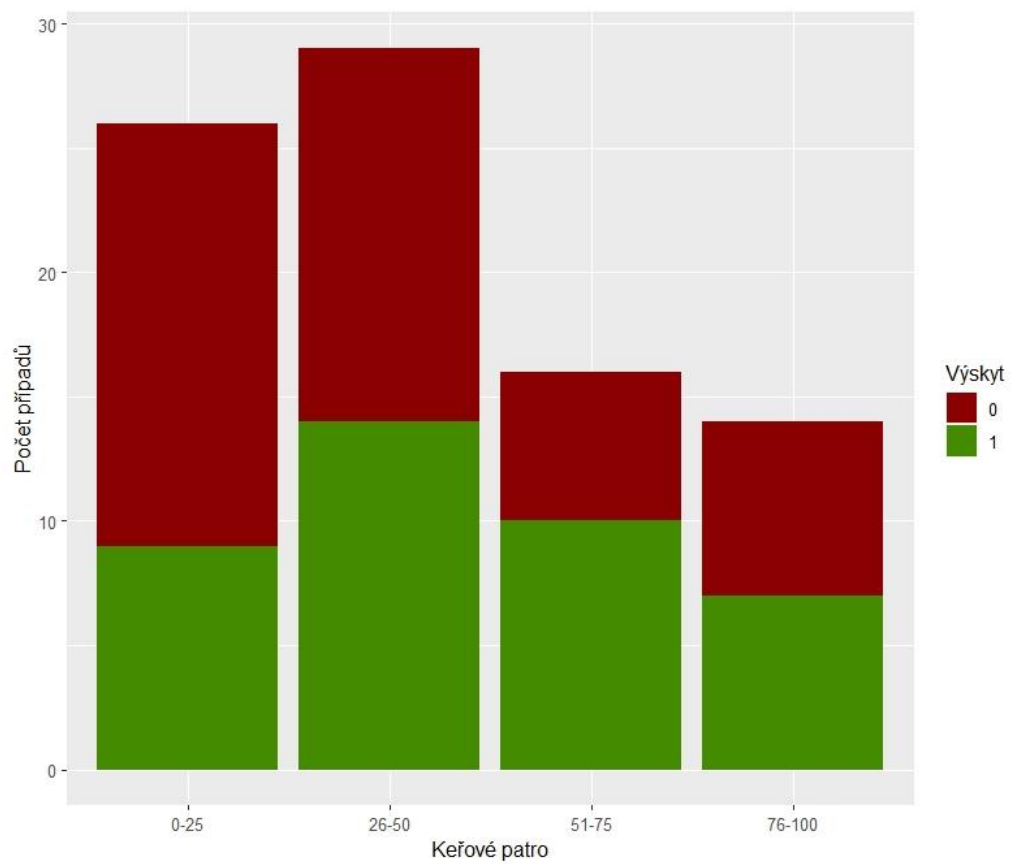
Obrázek 8: Počet případů přítomnosti či nepřítomnosti Lamprohiza splendidula podle typu lesa



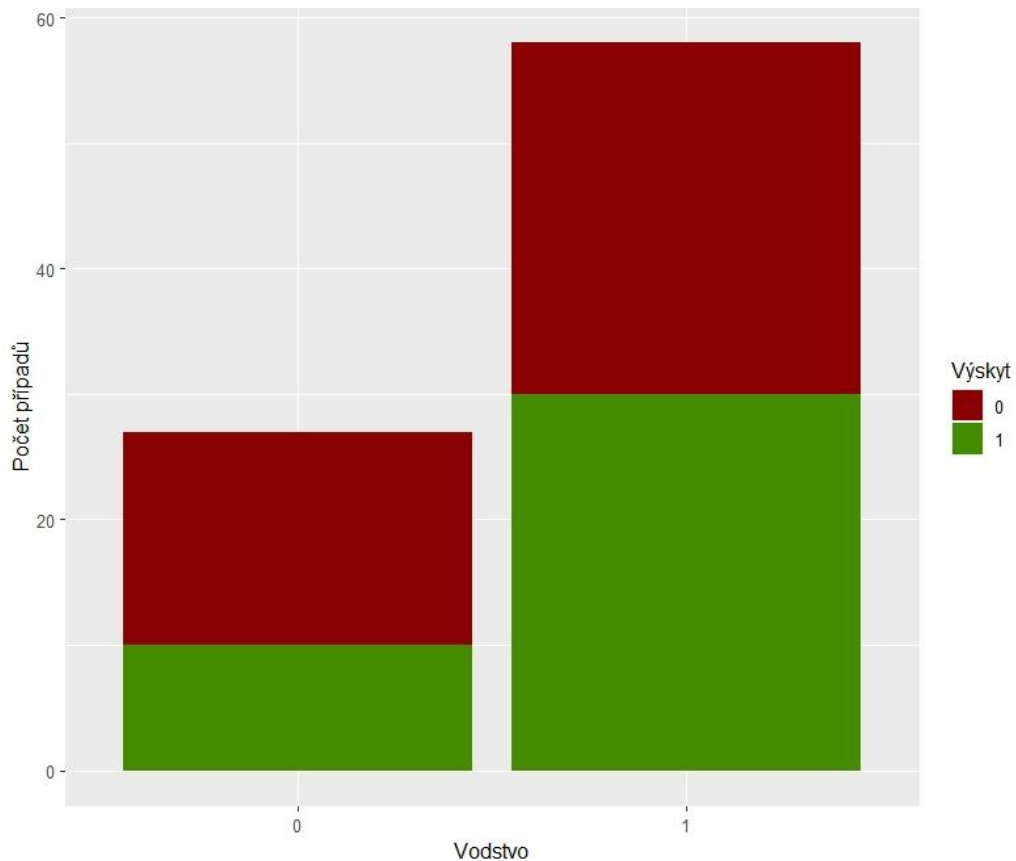
Obrázek 9: Počet případů přítomnosti či nepřítomnosti Lamprohiza splendidula podle historického lesa



Obrázek 10: Počet případů přítomnosti či nepřítomnosti *Lamprohiza splendidula* podle bylinného patra



Obrázek 11: Počet případů přítomnosti či nepřítomnosti *Lamprohiza splendidula* podle keřového patra.



Obrázek 12: Počet případů přítomnosti či nepřítomnosti *Lamprohiza splendidula* podle vodstva

Analýzy GLMM ukázaly, že nejlepší modely, tj. modely s nejnižším AIC a $\Delta AIC < 2$ obsahují proměnné historický les, keřové patro, typ lesa, bylinné patro a voda (Tab. 1).

Tabulka 1: GLMM modely analyzující velikost plochy výskytu *Lamprohiza splendidula* v závislosti na ostatních faktorech, kde byla použita random proměnná rok ($n=85$)

Model s random efektem rok	Deviance	AIC	ΔAIC	AIC w	Cum. Wt
logploch~historicky_les	250,1	258,60	0,00	0,17	0,17
logploch~kerove_patro	246,0	259,11	0,51	0,14	0,31
logploch~historicky_les+typ_lesa	246,4	259,47	0,86	0,11	0,42
logploch~historicky_les+typ_lesa+bylinne_patro+kerove_patro	231,3	259,59	0,98	0,11	0,53
logploch~voda+bylinne_patro+kerove_patro	236,7	259,69	1,09	0,10	0,63
logploch~voda	252,5	260,96	2,35	0,05	0,69
logploch~voda+typ_lesa+bylinne_patro+kerove_patro	232,7	261,03	2,43	0,05	0,74
logploch~typ_lesa	250,3	261,03	2,43	0,05	0,79
logploch~historicky_les+typ_lesa+bylinne_patro	240,7	261,11	2,51	0,05	0,84
logploch~voda+typ_lesa+kerove_patro	241,5	261,90	3,30	0,03	0,87
logploch~voda+historicky_les+typ_lesa+bylinne_patro+kerove_patro+pH	225,1	262,05	3,45	0,03	0,90
logploch~voda+typ_lesa+bylinne_patro	241,9	232,33	3,73	0,03	0,93
logploch~historicky_les+pH	249,5	262,39	3,99	0,02	0,95

V Tab. 1 byly podrobně porovnány modely s náhodnou proměnnou rokem podle několika kritérií: odchylky (Deviance), Akaikeho informačního kritéria (AIC), rozdílu v AIC oproti nejlépe podporovanému modelu (ΔAIC), váhy modelu (AIC w) a kumulativní váhy (Cum. Wt), která vyjadřuje součet vah všech modelů, které zahrnují daný prediktor. Modely s AIC w menší než 0,01 nebyly zahrnuty do tabulky. Modely s ΔAIC do hodnoty 2 jsou zvýrazněny, což naznačuje jejich podobnou podporu.

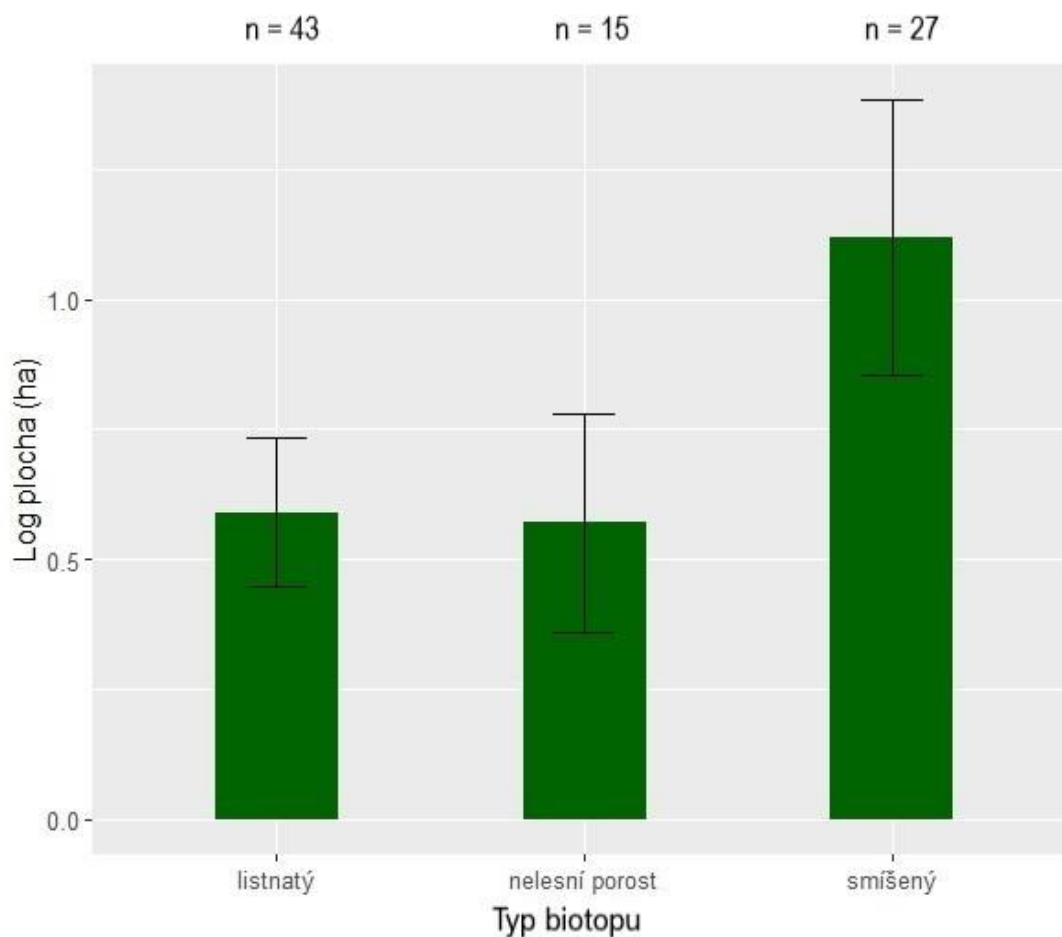
Z analýzy grafu (Obr. 13) vyplývá, že plochy s výskytem světlušek, které se nacházely v oblastech smíšených lesů, byly průměrně větší než plochy v listnatých lesích a nelesních biotopech. Jelikož modely s typem lesa vyšly podle AIC porovnávání mezi nejlepšími, udělala jsem pro ně Tukeyho porovnávání (Tab. 2). Podle Tukeyho porovnávání lze říci, že rozdíly mezi skupinami "smíšený – listnatý", "nelesní – listnatý" a "smíšený – nelesní" nejsou statisticky významné.

Na základě analýzy je patrné, že velikost lokalit, na kterých byl potvrzen výskyt světlušek, je výrazně větší v oblastech, kde se historicky nacházely lesní porosty. Naopak, lokalit, které v minulosti byly nelesními plochami, vykazují menší rozlohu. Tato tendence je dobře patrná při pohledu na graf uvedený na Obr. 14, kde je jasně vidět rozdíl ve velikosti lokalit v závislosti na historickém výskytu lesa.

Určité vzory výskytu světlušek lze pozorovat v závislosti na pokryvnosti bylinného patra na grafu na Obr. 15. Největší plochy výskytu byly zaznamenány zejména na lokalitách s pokryvností 0–25 %, následovaných oblastmi s pokryvností 26–50 % a 51–75 %. Naopak, lokalitami s pokryvností 76–100 % nebyly zaznamenány žádné výskyty světlušek. V Tab.3 můžeme vidět Tukeyho post-hoc testování kategorie bylinné patro, které v modelech mělo $\Delta AIC < 2$. Porovnání mezi kategoriemi 26-50 % a 0-25 % odhalilo statisticky významný rozdíl ve výskytu světlušek. Podobně porovnání mezi kategoriemi 51-75 % a 0-25 % ukázalo statisticky významný rozdíl. Z grafu je patrný rozdíl také mezi ostatními kategoriemi, avšak rozdíl je nesignifikantní díky malému vzorku.

Největší plochy, kde byla pozorována *Lamprohiza splendidula*, se nacházely na lokalitách s výraznou pokryvností keřového patra, a to především v kategoriích 51-75 %, následovaných kategoriemi 76-100 % a 26-50 %. Naopak nejmenší plochy výskytu byly pozorovány na lokalitách s nízkou pokryvností keřového patra (0-25 %). Celkově, z chybových úseček na Obr.16 je patrné, že mezi kategoriemi 26-50 %, 51-75 % a 76-100 % nebyly zaznamenány významné rozdíly. Ačkoli kategorie 0-25 % vykazuje výrazné rozdíly ve srovnání s ostatními kategoriemi, po provedení Tukeyho post-hoc testování (Tab. 4) jsem zjistila, že porovnání je marginálně signifikantní pouze mezi kategoriemi 51-75 % a 0-25 % ($p = 0,0549$) a 76-100 % a 0-25 % ($p = 0,0772$).

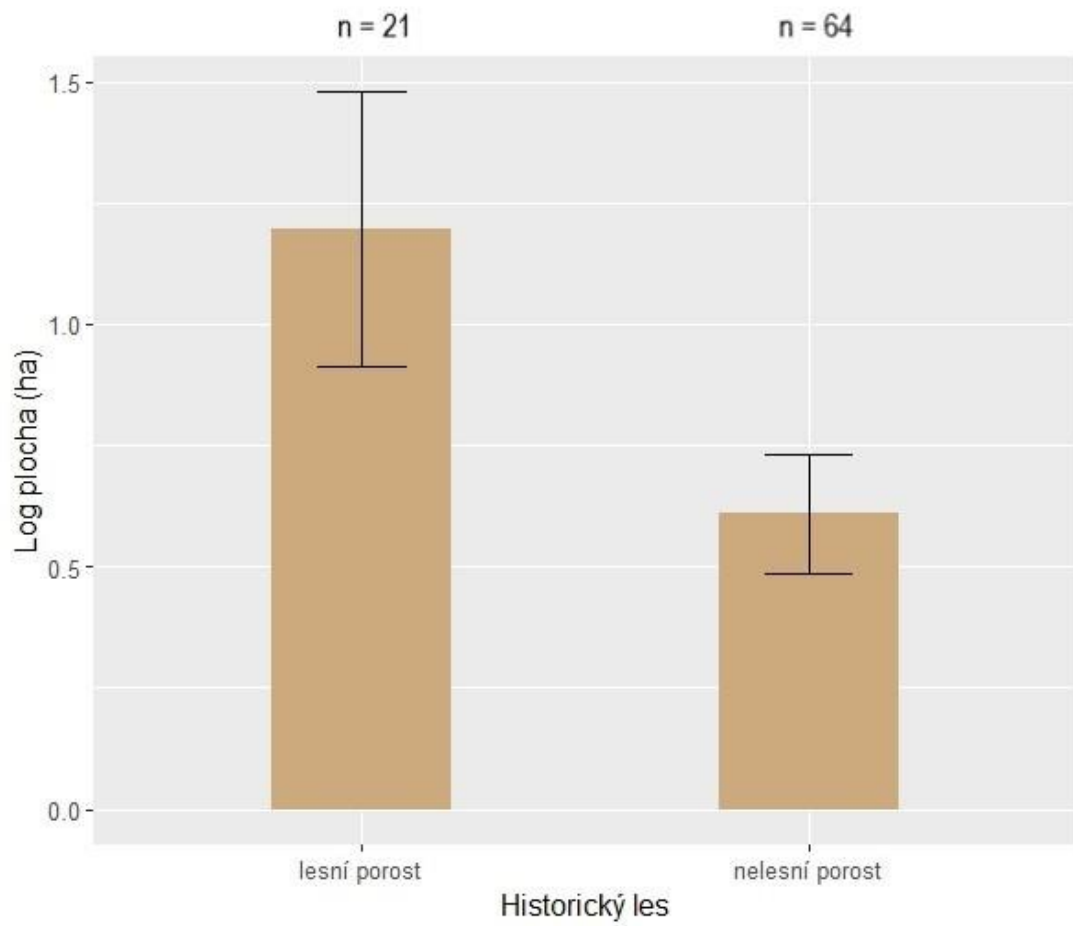
Co se týče rozlohy výskytu *Lamprohiza splendidula* v závislosti na přítomnosti vody, je patrné, že se výrazněji vyskytovala na větších plochách tam, kde byla přítomna voda (Obr. 19).



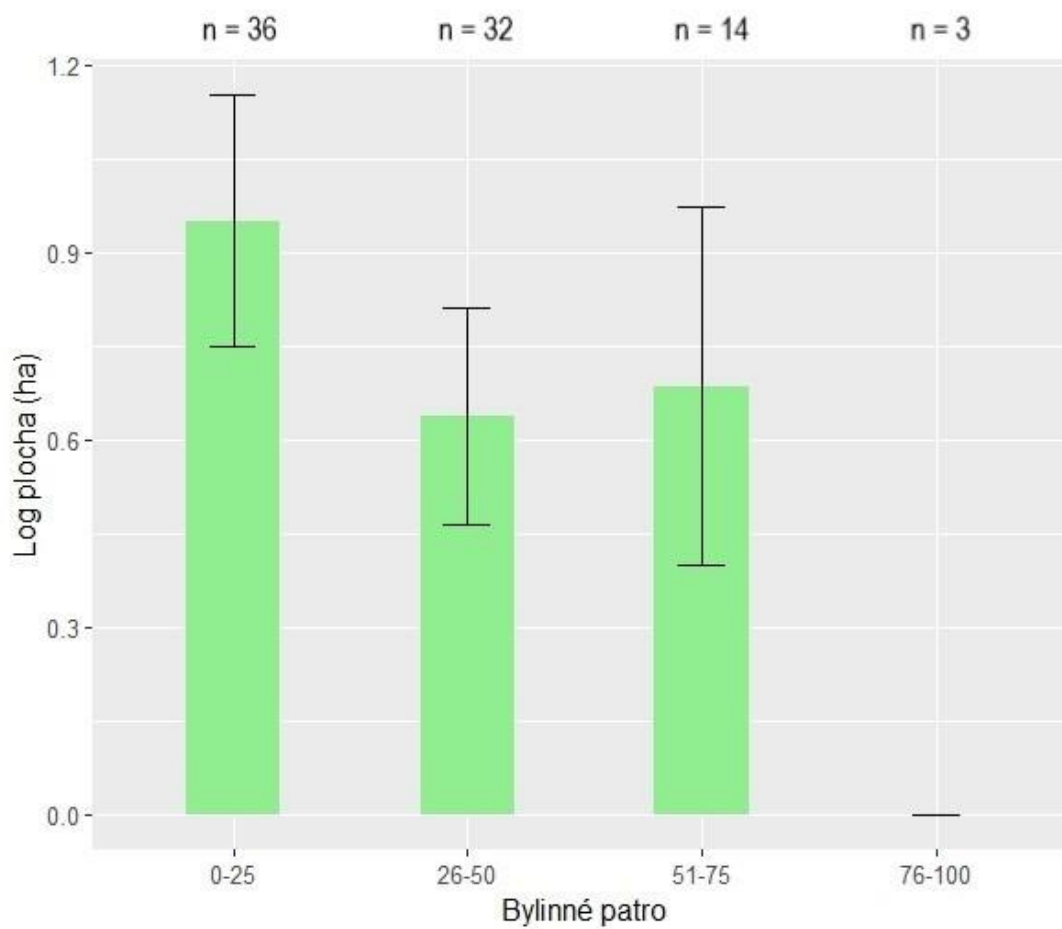
Obrázek 13: Velikost plochy výskytu *Lamprohiza splendidula* v závislosti na typu lesa ($n = 85$). Analyzováno pomocí GLMM, chybové úsečky ve sloupcovém grafu slouží k vizualizaci rozsahu nejistoty spojené s odhadem středních hodnot nebo průměrů mezi skupinami. Tyto úsečky naznačují rozsah, ve kterém se průměrná hodnota může pohybovat s určitou pravděpodobností.

Tabulka 2: Tukeyho porovnávání mezi jednotlivými kategoriemi typu lesa

Kategorie	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)
nelesní - listnatý ==0	0,3486	0,2885	1,208	0,445
smíšený - listnatý ==0	0,4654	0,2420	1,924	0,130
smíšený - nelesní == 0	0,1168	0,3185	0,367	0,928



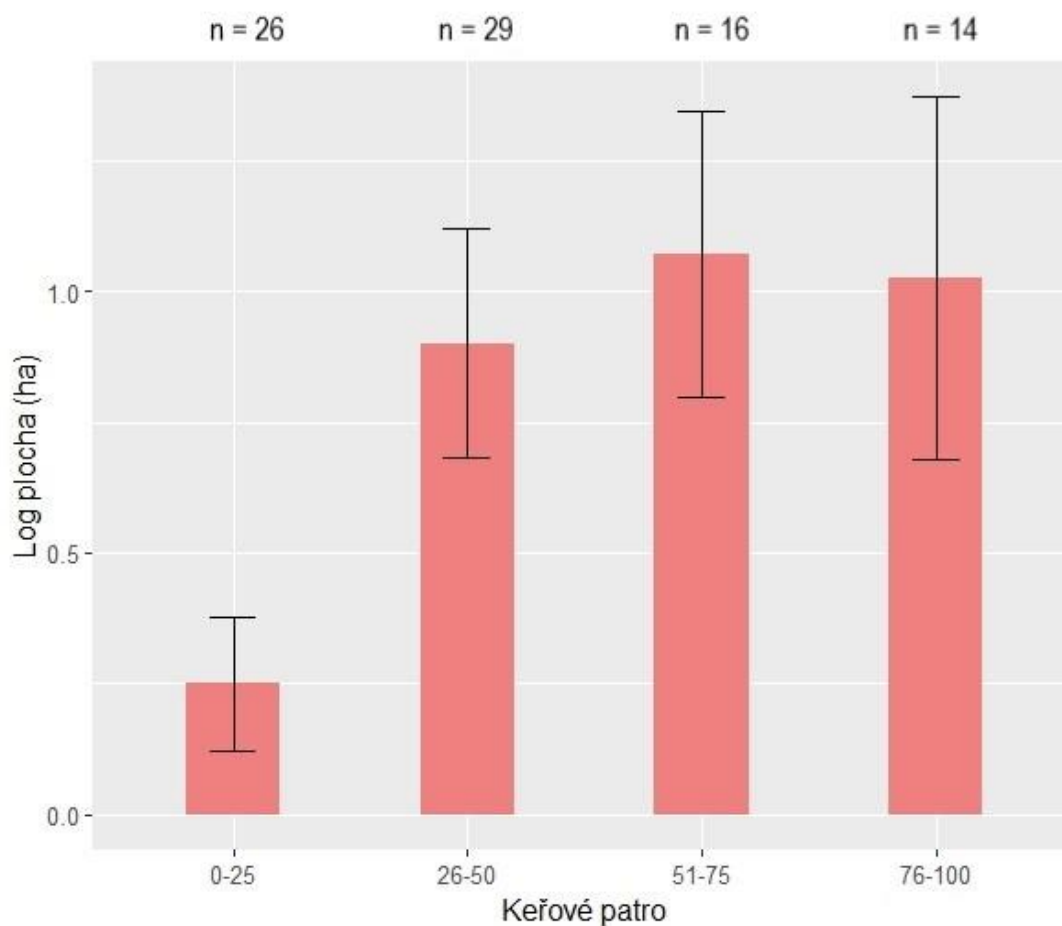
Obrázek 14: Velikost plochy výskytu *Lamprohiza splendidula* v závislosti na historickém typu lesa ($n = 85$). Analyzováno pomocí GLMM, chybové úsečky ve sloupcovém grafu slouží k vizualizaci rozsahu nejistoty spojené s odhadem středních hodnot nebo průměrů mezi skupinami. Tyto úsečky naznačují rozsah, ve kterém se průměrná hodnota může pohybovat s určitou pravděpodobností.



Obrázek 15: Velikost plochy výskytu *Lamprohiza splendidula* v závislosti na bylinném patře ($n = 85$). Analyzováno pomocí GLMM, chybové úsečky ve sloupcovém grafu slouží k vizualizaci rozsahu nejistoty spojené s odhadem středních hodnot nebo průměrů mezi skupinami. Tyto úsečky naznačují rozsah, ve kterém se průměrná hodnota může pohybovat s určitou pravděpodobností.

Tabulka 3: Tukeyho porovnávání mezi jednotlivými kategoriemi bylinného patra

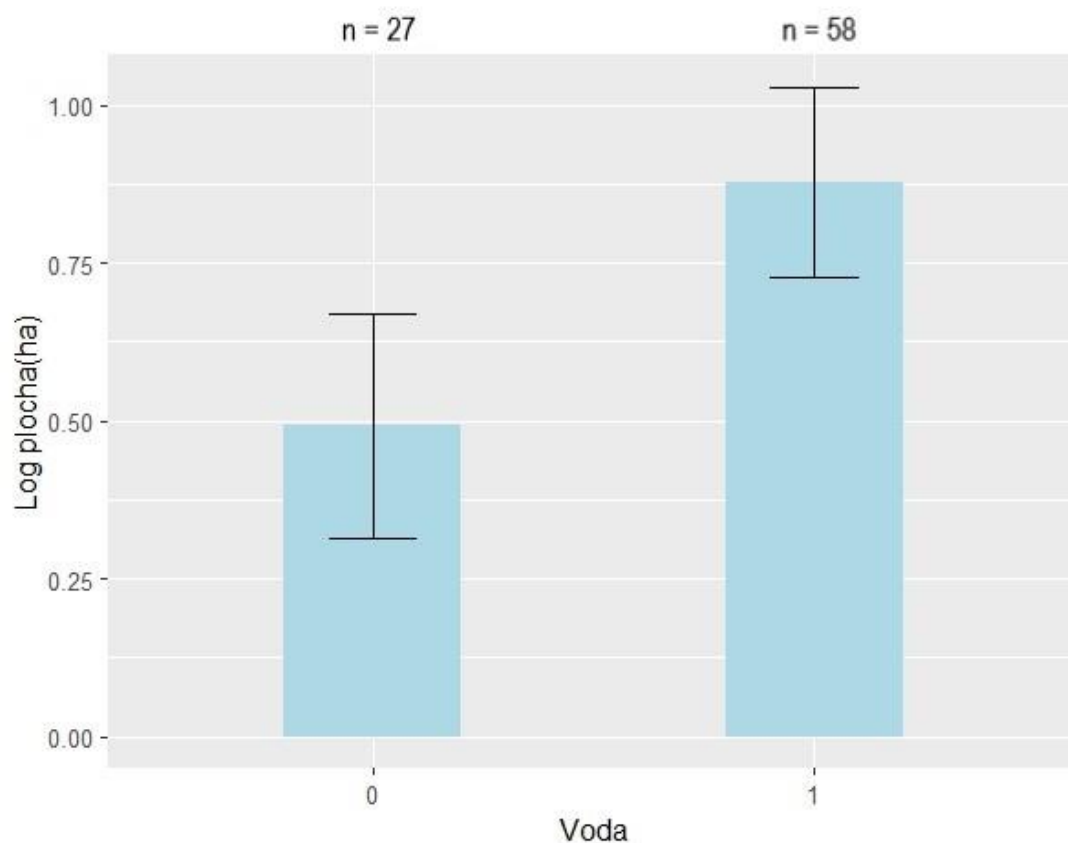
Kategorie	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)
26-50 - 0-25 == 0	-0,8081	0,2476	-3,264	0,00519
51-75 - 0-25 == 0	-0,9305	0,3254	-2,859	0,01964
76-100 - 0-25 == 0	-0,5104	0,5679	-0,899	0,79223
51-75 - 26-50 == 0	-0,1223	0,3127	-0,391	0,97791
76-100 - 26-50 == 0	0,2977	0,5911	0,504	0,95474
76-100 - 51-75 == 0	0,4201	0,6308	0,66	0,90291



Obrázek 16: Velikost plochy výskytu *Lamprohiza splendidula* v závislosti na keřovém patře ($n = 85$). Analyzováno pomocí GLMM, chybové úsečky ve sloupcovém grafu slouží k vizualizaci rozsahu nejistoty spojené s odhadem středních hodnot nebo průměrů mezi skupinami. Tyto úsečky naznačují rozsah, ve kterém se průměrná hodnota může pohybovat s určitou pravděpodobností.

Tabulka 4: Tukeyho porovnávání mezi jednotlivými kategoriemi keřového patra

Kategorie	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)
26-50 - 0-25 == 0	0,49550	0,27027	1,833	0,2543
51-75 - 0-25 == 0	0,84448	0,33399	2,528	0,0549
76-100 - 0-25 == 0	0,86035	0,35961	2,392	0,0772
51-75 - 26-50 == 0	0,34898	0,30344	1,150	0,6549
76-100 - 26-50 == 0	0,36486	0,32602	1,119	0,6744
76-100 - 51-75 == 0	0,01587	0,35727	0,044	1,0000



Obrázek 17: Velikost plochy výskytu *Lamprohiza splendidula* v závislosti na vodstvu ($n = 85$). Analyzováno pomocí GLMM, chybové úsečky ve sloupcovém grafu slouží k vizualizaci rozsahu nejistoty spojené s odhadem středních hodnot nebo průměrů mezi skupinami. Tyto úsečky naznačují rozsah, ve kterém se průměrná hodnota může pohybovat s určitou pravděpodobností.

6. Diskuse

Ze získaných dat vyplývá, že světlušky vykazují určitou preferenci k lesnímu biotopu, zejména ke smíšeným a listnatým lesům, přičemž nelesní biotopy byly pozorovány méně často. Tato tendence naznačuje, že smíšené lesy mohou poskytovat světluškám vhodnější prostředí než listnaté lesy a nelesní oblasti. Zajímavostí proto je, že byla zaznamenána i na Olšanských hřbitovech. Souvislost mezi výskytem a přítomností lesa potvrdily i tři studie a to Khoo et al., 2008; Nada et al., 2023; Picchi et al., 2013. Tyto studie ale neřešily typ lesa, pouze jeho přítomnost. Analytické srovnání ploch s výskytem světlušek ukázalo, že oblasti s přítomností smíšených lesů měly průměrně větší plochu než oblasti s listnatými lesy a nelesními biotopy.

Srovnání velikosti lokalit, které v minulosti byly lesními biotopy, odhalilo zajímavý trend. Ukázalo se, že lokality s historickými lesními porosty měly výrazně větší rozlohu než lokality bez lesa, mezi které patřily vlhké louky, pastviny, sady a zahrady. Dále je v současnosti Praha mnohem více zalesněná, než před rokem 1945. Tento jev lze přičíst omezené disperzi druhu, kdy mají světlušky obtížnosti s pohybem mezi izolovanými úseky, pohyb samic je omezený na krátké vzdálenosti, jen několik metrů od místa, kde se líhnou. Naopak, okřídlení samci mají tendenci přeletět větší vzdálenosti, až do cca 2 km, aby hledali vhodné partnerky k páření (Rodriguez-Montes & Hoff, 2023). V současné literatuře není dostupná žádná studie, která by zkoumala souvislost mezi historickým pokryvem a nynějším výskytem světlušek. Také nemáme žádné informace o migraci mezi jednotlivými lokalitami. Pokud jsou tyto lokality izolované a nedochází mezi nimi k výměně jedinců, nelze očekávat, že fungují jako součást větší metapopulace. S ohledem na velké vzdálenosti mezi lokalitami lze předpokládat, že jsou izolované. Pokud jsou populace malé a izolované, mohou rychle vymizet. Kvůli nízké schopnosti disperze *Lamprohiza splendidula* se pak těžko obnoví.

Výsledky průzkumu naznačují, že výskyt *Lamprohiza splendidula* je úzce spojen s pokryvem vegetačního patra, ať už se jedná o bylinné nebo keřové patro. Nejvíce pozorování bylo zaznamenáno v oblastech s nižší hustotou vegetace, tj. s pokryvností mezi 0–25 % pro bylinné patro a vyšší hustotou 51–75 % pro keřové patro. I když existuje zřetelný trend ve výskytu světlušek v závislosti na pokryvnosti bylinného a keřového patra, není vždy dosaženo statisticky významných rozdílů mezi všemi kategoriemi, pravděpodobně kvůli malému vzorku nebo dalším faktorům, které nebyly

zohledněny. Celkově lze konstatovat, že výsledky analýz potvrzují spojitost mezi typem vegetace a výskytem *Lamprohiza splendidula*. Bylinné a keřové patro je důležité z ohledu na potravní zdroje, úkryt a zejména na rozmnožování. Larvy se živí převážně měkkýši (kteří se nachází v bylinném patře), které loví a konzumují a tvoří tak hlavní složku stravy. Zároveň larvy přezimují v půdě či pod listím, aby byly chráněny před nepříznivými podmínkami (Hůrka, 2005; Schwalb, 1961). *Lamprohiza splendidula* využívá vegetaci, zejména bylinné patro, jako místo, kde sedí a svítí, aby přilákaly samce k páření. Rostliny poskytují úkryt a ochranu pro samice během klidu i při kladení vajíček (Hůrka, 2005; Münch et al., 2009; Nuß & Seidel, 2008; Schwalb, 1961). Jediná studie, která řešila pokryvnost vegetací byla Pérez-Hernández et al., 2023, která zjistila, že pokryvnost lokalit, na kterých se světlušky vyskytují, je střední až vyšší (50 – 100 %), což je rozdílný výsledek od mého.

Výsledky studie naznačují, že *Lamprohiza splendidula* projevuje výraznou preferenci k lokalitám s přítomností vody. Tento trend je podporován i výsledky jiných studií, např. Khoo et al., 2008; Pérez-Hernández et al., 2023; Picchi et al., 2013. Na lokalitách s přítomností vodního zdroje byla zaznamenána větší rozloha, na které se světlušky vyskytovaly. Sucho, které postihuje svět, ale i ČR zejména v urbánním prostředí má zásadní dopad na tuto světlušku, která je na vodu vázaná (Atkins et al., 2017; Gardiner, 2011).

Vzhledem k získaným poznatkům o preferencích a vztazích *Lamprohiza splendidula* k různým typům prostředí lze navrhnout několik opatření pro ochranu tohoto druhu. Zachování a obnova lesních biotopů jsou klíčové, protože světlušky preferují lesní prostředí, zejména smíšené lesy, kde je dostatečné vlhko společně s bylinným a keřovým patrem. Proto je důležité aktivně pracovat na zachování těchto biotopů a jejich biodiverzity. To může zahrnovat opatření jako je ochrana přírodních lesů, obnova degradovaných lesních oblastí a udržení biodiverzity pomocí vhodné lesnické praxe. V městských parcích nejsou vhodné žádné parkové úpravy jako je intenzivní kosení a hrabání, aby mohly larvy přezimovat ve vhodném prostředí jako je hrabanka a listí.

Ochrana keřového a bylinného patra je také klíčová, jelikož výskyt *Lamprohiza splendidula* je spojen s optimální pokryvností keřového patra v rozmezí 51-75 % a bylinného patra 0–25 %. Je tedy důležité chránit a udržovat tato prostředí, která poskytují vhodné podmínky pro přítomnost tohoto druhu. To může zahrnovat ochranu

keřů před vykácením, udržování přirozeného prostředí a minimalizaci lidského zásahu v těchto oblastech.

Ochrana vodních zdrojů je dalším důležitým opatřením, protože přítomnost vody má klíčový vliv na výskyt *Lamprohiza splendidula*. Proto je důležité chránit a udržovat vodní zdroje, které jsou důležitými stanovišti pro tuto světlušku. To může zahrnovat ochranu vodních toků, mokřadů a dalších vlhkých oblastí, které slouží jako útočiště a zdroj potravy pro světlušky. V současnosti jsou však tyto biotopy ohroženy eutrofizací, stejně jako lesy v okolí vodních toků. Proto je nezbytné provést další výzkumy v těchto oblastech. Současně je také důležité monitorovat noční osvětlení na lokalitách a zjistit, zda dochází k migraci mezi jednotlivými lokalitami.

Pokračování v monitorování a výzkumu je klíčové pro lepší porozumění ekologii, preferencím a potřebám této světlušky. To může zahrnovat sledování populací, studium vlivu prostředí a klimatických změn na tento druh a další výzkumné aktivity.

Tato opatření by měla být součástí širších snah o ochranu biodiverzity a ekosystémů, které přispívají k udržení ekologické rovnováhy a zachování druhové rozmanitosti v krajině.

7. Závěr

Cílem této studie bylo podrobněji prozkoumat vliv různých faktorů prostředí na výskyt *Lamprohiza splendidula* v oblasti Prahy a analyzovat jejich vzájemné vztahy. Výsledky nám ukazují určitou preferenci prostředí tohoto druhu. Na základě vyhodnocených dat lze vyvodit následující závěry:

- Světlušky projevují preferenci lesních biotopů, s důrazem na smíšené lesy.
- Výskyt světlušek je komplexně ovlivněn faktory prostředí, včetně typu lesního podrostu, charakteristik vegetace a přítomnosti vodních zdrojů.
- Historický výskyt lesních biotopů koreluje s nynějším výskytem *Lamprohiza splendidula* a je spojen s výrazně větší rozlohou než lokality bez lesa. To zapříčiňuje její omezená disperze.
- Preferované oblasti *Lamprohiza splendidula* vykazují nižší hustotu vegetace v bylinném patře a hustější v keřovém patře. To je způsobeno dostupností zdrojů potravy (měkkýši) a vhodnými podmínkami pro přezimování larev a místo pro rozmnožování dospělců.
- Přítomnost vodních zdrojů má klíčový vliv na výskyt *Lamprohiza splendidula*, které jsou častěji zaznamenány v jejich blízkosti.
- Pro úspěšný management a ochranu *Lamprohiza splendidula* je nezbytné zachování a obnova lesních biotopů, ochrana keřového a bylinného patra s preferovaným pokrytím, udržování vodních zdrojů a provádění kontinuálního monitorování a výzkumu zaměřeného na ekologii a potřeby tohoto druhu.
- Přítomnost vody má klíčový vliv na výskyt *Lamprohiza splendidula*. Proto je nezbytné chránit vodní zdroje, jako jsou vodní toky a mokřady, které slouží jako útočiště a zdroj potravy pro tuto světlušku. Současně je třeba provést další výzkumy v těchto ohrožených biotopech.
- Je důležité monitorovat noční osvětlení na lokalitách a zjistit, zda dochází k migraci mezi jednotlivými lokalitami. To může pomoci lépe porozumět migraci a chování *Lamprohiza splendidula* v urbanizovaných oblastech.

8. Bibliografie

- Akaike, H. (1973). Information theory as an extension of the maximum likelihood principle. In B.N. Petrov & F. Csaki (Eds.), *Second International Symposium on Information Theory* (pp. 267–281). Budapest: Akademiai Kiado.
- AOPK ČR 2024. Nálezová databáze ochrany přírody. [on-line databáze; portal.nature.cz]. [cit. 2024-03-24]
- Amaral, D. T., Arnoldi, F. G. C., Rosa, S. P., & Viviani, V. R. (2014). Molecular phylogeny of Neotropical bioluminescent beetles (Coleoptera: Elateroidea) in southern and central Brazil. *Luminescence*, 29(5), 412–422. <https://doi.org/10.1002/BIO.2561>
- Atkins, V., Bell, D., Bowker, A., Charig, M., Crew, J., Dale, M., Hickmott, B., Payne, B., Pendleton, D., Pendleton, T., Robinson, M., Wollen, K., Woodell, B., & Tyler, J. (2017). The status of the glow-worm *Lampyris noctiluca* L. (Coleoptera: Lampyridae) in England. *Lampyrid*, 4(January 2016), 20–35.
- Barrett, M. H. (1997). *Firefly curios and sundry lights*. <https://doi.org/10.25148/etd.FI14050443>
- Bates D, Mächler M, Bolker B, Walker S (2015). “Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4.” *Journal of Statistical Software*, 67(1), 1–48. [doi:10.18637/jss.v067.i01](https://doi.org/10.18637/jss.v067.i01).
- Bilkovic, D. M., Mitchell, M., Davis, J., Andrews, E., King, A., Bilkovic, D., Mitchell, M., Davis, J., Andrews, E., King, A., Mason, P., Herman, J., & Tahvildari, N. (2017). *Review of boat wake wave impacts on shoreline erosion and Review of boat wake wave impacts on shoreline erosion and potential solutions for the Chesapeake Bay potential solutions for the Chesapeake Bay*. <https://scholarworks.wm.edu/reports/1271>
- Boley, B. B., Jordan, E. J., Kline, C., & Knollenberg, W. (2018). Social return and intent to travel. *Tourism Management*, 64, 119–128. <https://doi.org/10.1016/J.TOURMAN.2017.08.008>
- Bolker, B. M. (2015). Linear and generalized linear mixed models. *Ecological statistics: contemporary theory and application*, 309–333.

- Capinera, J. L. (2008). Encyclopedia of Entomology. In *Encyclopedia of Entomology*. Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6359-6>
- Ceballos-Lascurain, H. (1996). Tourism, ecotourism, and protected areas: The state of nature-based tourism around the world and guidelines for its development. *Tourism, Ecotourism, and Protected Areas: The State of Nature-Based Tourism around the World and Guidelines for Its Development*.
- Davidson, D. J., & Martin, A. E. (2013). Modeling accuracy as a function of response time with the generalized linear mixed effects model. *Acta psychologica*, *144*(1), 83-96.
- Davis, R. S., Peterson, R. K., & Macedo, P. A. (2007). An ecological risk assessment for insecticides used in adult mosquito management. *Integrated Environmental Assessment and Management*, *3*(3), 373–382. <https://doi.org/10.1002/IEAM.5630030308>
- Dawood, M. M. (2016). Studies on Congregating Fireflies (Coleoptera; Lampyridae; Pteroptyx sp.) in Sabah, Malaysia: A Review. *Journal of Tropical Biology & Conservation (JTBC)*, *13*, 13–25.
- Day, J. C., Tisi, L. C., & Bailey, M. J. (2004). Evolution of beetle bioluminescence: The origin of beetle luciferin. *Luminescence*, *19*(1), 8–20. <https://doi.org/10.1002/bio.749>
- De Cock, R. (2009). Biology and behaviour of European lampyrids. In *Research signpost* (Vol. 2, Issue May).
- Douglas, M. R., Rohr, J. R., & Tooker, J. F. (2015). Neonicotinoid insecticide travels through a soil food chain, disrupting biological control of non-target pests and decreasing soya bean yield. *Journal of Applied Ecology*, *52*(1), 250–260. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12372>
- Fahrig, L. (2003). Effects of Habitat Fragmentation on Biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, *34*, 487–515. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.34.011802.132419>
- Faudzi, R., Abas, A., Othman, N. W., & Mazlan, S. M. (2021). Effect of water quality on the abundance of firefly populations at Cherating River, Pahang, Malaysia. *EnvironmentAsia*, *14*(1), 69–79. <https://doi.org/10.14456/ea.2021.8>

- Forman, R. T. T. (2009). Urban ecology: Science of cities. *Urban Ecology: Science of Cities*, 1–462. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139030472>
- Gardiner, T. (2011). Glowing, glowing, gone? The plight of the Glow-worm in Essex . In *British Naturalists' Association*. British Naturalists' Association. https://www.researchgate.net/publication/297758230_Glowing_glowing_gone_The_plight_of_the_Glow-worm_in_Essex
- Gaston, K. J., Davies, T. W., Bennie, J., & Hopkins, J. (2012). Reducing the ecological consequences of night-time light pollution: Options and developments. *Journal of Applied Ecology*, 49(6), 1256–1266. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2012.02212.x>
- Grimm, N. B., Faeth, S. H., Golubiewski, N. E., Redman, C. L., Wu, J., Bai, X., & Briggs, J. M. (2008). Global change and the ecology of cities. *Science*, 319(5864), 756–760. <https://doi.org/10.1126/science.1150195>
- Hagen, O., Santos, R. M., Schlindwein, M. N., & Viviani, V. R. (2015). Artificial Night Lighting Reduces Firefly (Coleoptera: Lampyridae) Occurrence in Sorocaba, Brazil. *Advances in Entomology*, 03(01), 24–32. <https://doi.org/10.4236/ae.2015.31004>
- Hothorn T, Bretz F, Westfall P (2008). “Simultaneous Inference in General Parametric Models.” *Biometrical Journal*, 50(3), 346–363.
- Hůrka, K. (2005). *Brouci České a Slovenské republiky* (2.). Nakladatelství Kabourek.
- Ineichen, S., & Rüttimann, B. (2012). Impact of artificial light on the distribution of the common European glow-worm, *Lampyrus noctiluca* (Coleoptera: Lampyridae). *Lampyrid*, 2(Lloyd 2006), 31–36.
- Khoo, V., Nada, B., & Kirton, L. G. (2008). *Conservation of the Selangor River Population of Pteroptyx tener in Malaysia : Results of Seven Years of Monitoring*. 1–27.
- Lautenschläger, T., Kretzschmar, J., & Nuß, M. (2021). *Die zeitliche Flug- und Leuchtaktivität männlicher Glühwürmchen (Lamprohiza splendidula) (Coleoptera) in Sachsen*. 11, 61–67.
- Leong, K. H., Benjamin Tan, L. L., & Mustafa, A. M. (2007). Contamination levels of selected organochlorine and organophosphate pesticides in the Selangor River,

- Malaysia between 2002 and 2003. *Chemosphere*, 66(6), 1153–1159.
<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2006.06.009>
- Lewis, S. (2016). Silent Sparks. In *Silent Sparks*. Princeton University Press.
<https://doi.org/10.2307/J.CTV7H0SXP>
- Lewis, S. M., & Cratsley, C. K. (2008). Flash signal evolution, mate choice, and predation in fireflies. *Annual Review of Entomology*, 53(June), 293–321.
<https://doi.org/10.1146/annurev.ento.53.103106.093346>
- Lewis, S. M., Thancharoen, A., Wong, C. H., López-Palafox, T., Santos, P. V., Wu, C., Faust, L., De Cock, R., Owens, A. C. S., Lemelin, R. H., Gurung, H., Jusoh, W. F. A., Trujillo, D., Yiu, V., López, P. J., Jaikla, S., & Reed, J. M. (2021). Firefly tourism: Advancing a global phenomenon toward a brighter future. *Conservation Science and Practice*, 3(5). <https://doi.org/10.1111/csp2.391>
- Lewis, S. M., Wong, C. H., Owens, A. C. S., Fallon, C., Jepsen, S., Thancharoen, A., Wu, C., De Cock, R., Novák, M., López-Palafox, T., Khoo, V., & Michael Reed, J. (2020). A Global Perspective on Firefly Extinction Threats. *BioScience*, 70(2), 157–167. <https://doi.org/10.1093/biosci/biz157>
- Lloyd, J. E. (2006). Stray light, fireflies, and fireflyers. In C. Rich & T. Longcore (Eds.), *Ecological Consequences of Artificial Night Lighting* (pp. 345–364). Island Press.
- Lloyd, James E. (1997). Firefly mating ecology, selection and evolution. *The Evolution of Mating Systems in Insects and Arachnids*, 184–192.
<https://doi.org/10.1017/CBO9780511721946.011>
- Lockwood, T. (2009). Frameworks of Design Thinking. *Design Management Journal*, 4(1), 3–3. <https://doi.org/10.1111/J.1942-5074.2009.00001.X>
- Marques, S. M., & Da Silva, J. C. G. E. (2014). Quantitative analysis of organophosphorus pesticides in freshwater using an optimized firefly luciferase-based coupled bioluminescent assay. *Luminescence*, 29(4), 378–385.
<https://doi.org/10.1002/bio.2556>
- Marques, Simone M., Gonçalves, L. M., & Esteves Da Silva, J. C. G. (2015). An Optimized Firefly Luciferase Bioluminescent Assay for the Analysis of Free Fatty Acids. *Photochemistry and Photobiology*, 91(4), 980–984.

<https://doi.org/10.1111/php.12458>

- Matzarakis, A., & Mayer, H. (2001). Dependence of the thermal urban climate on morphological variables. *Screen, January 2008*, 129–139.
- Mbugua, S. W., Wong, C. H., & Ratnayeke, S. (2020). Effects of artificial light on the larvae of the firefly *Lamprohiza* sp. in an urban city park, Peninsular Malaysia. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 23(1), 82–85. <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2019.10.005>
- McKinney, M. L. (2015). *Urbanization , Biodiversity , and Conservation*. 3568(February 2009). [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2002\)052](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2002)052)
- McKinney, M. L. (2006). Urbanization as a major cause of biotic homogenization. *Biological Conservation*, 127(3), 247–260. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2005.09.005>
- Münch, M., Nuß, M., & Seidel, J. (2009). *Das Glühwürmchen (Lamprohiza splendidula (Linnaeus , 1767)) in Sachsen – Zusammenfassung der Ergebnisse der säch- sischen Suchaktion „ Wo tanzt das Glühwürmchen ?“ aus den Jahren 2007 – 2009 (Coleoptera : Lampyridae)*. 5, 40–48.
- Nada, B., Beckerman, A. P., Evans, K. L., & Ballantyne, L. A. (2023). The Effects of Tropical Elevations and Associated Habitat Changes on Firefly (Coleoptera: Lampyridae) Diversity in Malaysia. *Diversity*, 15(1), 1–13. <https://doi.org/10.3390/d15010079>
- Napompeth, B. (2009). Diversity and Conservation of Fireflies: Proceedings of the International Symposium on Fireflies. *Queen Sirikit Botanic Garden*.
- Novák, M. (2018a). [Vývojová stádia *Lamprohiza splendidula*]. Nепublikovaná hrubá data. FŽP ČZU, Praha.
- Novák, M. (2018b). Redescription of immature stages of central European fireflies, Part 2: *Lamprohiza splendidula* (Linnaeus, 1767) larva, pupa and notes on its life cycle and behaviour (Coleoptera: Lampyridae). *Zootaxa*, 4378(4), 516–532. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4378.4.4>
- Nuß, M., & Seidel, J. (2008). *Historische Vorkommen des Glühwürmchens (Lamprohiza splendidula (Linnaeus , 1767)) in Sachsen (Coleoptera : Lampyridae)*. 1852, 30–38.

- Oke, T. R. (1973). City size and the urban heat island. *Atmospheric Environment* (1967), 7(8), 769–779. [https://doi.org/10.1016/0004-6981\(73\)90140-6](https://doi.org/10.1016/0004-6981(73)90140-6)
- Pérez-Hernández, C. X., Mancillas, A. M. G., del-Val, E., & Mendoza-Cuenca, L. (2023). Living on the edge: urban fireflies (Coleoptera, Lampyridae) in Morelia, Michoacán, Mexico. *PeerJ*, 11, 1–26. <https://doi.org/10.7717/peerj.16622>
- Picchi, M. S., Avolio, L., Azzani, L., Brombin, O., & Camerini, G. (2013). Fireflies and land use in an urban landscape: The case of *Luciola italica* L. (Coleoptera: Lampyridae) in the city of Turin. *Journal of Insect Conservation*, 17(4), 797–805. <https://doi.org/10.1007/s10841-013-9562-z>
- Reed, J. M., Nguyen, A., Owens, A. C. S., & Lewis, S. M. (2020). Linking the seven forms of rarity to extinction threats and risk factors: an assessment of North American fireflies. *Biodiversity and Conservation*, 29(1), 57–75. <https://doi.org/10.1007/s10531-019-01869-7>
- Rodriguez-Montes, L., & Hoff, K. (2023). *Two novel genomes of fireflies with different degrees of sexual dimorphism reveal insights into sex-biased gene expression and dosage compensation*. 1–24.
- Schwalb, H. (1961). Beiträge zur biologie der einheimischen Lampyriden *Lampyris noctiluca* Geoffr. und *Phausis splendidula* Lec. und experimentelle analyse ihres beutefang- und sexualverhaltens. *Zoologische Jahrbücher*, 88, 399–550.
- Sivinski, J. (1981, June). *The Nature and Possible Functions of Luminescence in Coleoptera Larvae*. The Coleopterists Bulletin. <https://www.jstor.org/stable/4007935>
- Thancharoen, A. (2012). Well managed firefly tourism: A good tool for firefly conservation in Thailand. *Lampyrid*, 2, 142–148.
- Van den Broeck, M., De Cock, R., Van Dongen, S., & Matthysen, E. (2021a). Blinded by the light: Artificial light lowers mate attraction success in female glow-worms (*Lampyris noctiluca* L.). *Insects*, 12(8). <https://doi.org/10.3390/insects12080734>
- Van den Broeck, M., De Cock, R., Van Dongen, S., & Matthysen, E. (2021b). White LED light intensity, but not colour temperature, interferes with mate-finding by glow-worm (*Lampyris noctiluca* L.) males. *Journal of Insect Conservation*, 25(2), 339–347. <https://doi.org/10.1007/s10841-021-00304-z>

- Vaz, S., Manes, S., Gama-Maia, D., Silveira, L., Mattos, G., Paiva, P. C., Figueiredo, M., & Lorini, M. L. (2021). Light pollution is the fastest growing potential threat to firefly conservation in the Atlantic Forest hotspot. *Insect Conservation and Diversity*, *14*(2), 211–224. <https://doi.org/10.1111/icad.12481>
- Viviani, V. R., Rocha, M. Y., & Hagen, O. (2010). Bioluminescent beetles (Coleoptera: Elateroidea: Lampyridae, Phengodidae, Elateridae) in the municipalities of Campinas, Sorocaba-Votorantim and Rio Claro-Limeira (SP, Brazil): Biodiversity and influence of urban sprawl. *Biota Neotropica*, *10*(2), 103–116. <https://doi.org/10.1590/s1676-06032010000200013>
- Wagner, D. (2018). OBSOLETE: Trends in biodiversity: insects. *Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.09819-5>
- Wagner, D. L., Grames, E. M., Forister, M. L., Berenbaum, M. R., & Stopak, D. (2021). Insect decline in the Anthropocene: Death by a thousand cuts. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *118*(2). <https://doi.org/10.1073/PNAS.2023989118>
- Zahradník, J. (2008). *Brouci*. Aventium.

9. Seznam obrázků

Obrázek 1: Geografické rozdíly v hodnocení čtyř nejzávažnějších hrozeb pro světlušky (sloupce ukazují průměr + jednu standardní chybu, stupnice 0-5), jak je uvedlo 49 respondentů dotazovaných v lednu a únoru 2019(Lewis et al., 2020).....	5
Obrázek 2: Mapa světelného znečištění nad Evropou, Autor: Martin Mašek, Fabio Falchi (Převzato z Falchi et al.2016)	8
Obrázek 3: Výskyt Lamprohiza splendidula v ČR, převzato z (c) AOPK ČR, Nálezová databáze ochrany přírody, 2024	11
Obrázek 4: Světelné orgány samce a samice Lamprohiza splendidula (De Cock, 2009)	12
Obrázek 5: Vytipované lokality výskytu v Praze, https://www.google.com/maps/d/viewer?mid=1K0H2jQqfUUXfFacwOzg5u7HVj5zvQ84G&ll=50.06564316434688%2C14.466668035718428&z=12	16
Obrázek 6: PR Mýto a světélkující samečci Lamprohiza splendidula, Lenka Pelikánová 2022	16
Obrázek 7: Studované lokality (n = 85) Lamprohiza splendidula v Praze, žlutozelené lokality jsou výskyt, červené jsou nevýskyt, vytvořeno v QGIS Desktop 3.24.2.....	20
Obrázek 8: Počet případů přítomnosti či nepřítomnosti Lamprohiza splendidula podle typu lesa	21
Obrázek 9: Počet případů přítomnosti či nepřítomnosti Lamprohiza splendidula podle historického lesa.....	21
Obrázek 10: Počet případů přítomnosti či nepřítomnosti Lamprohiza splendidula podle bylinného patra.....	22
Obrázek 11: Počet případů přítomnosti či nepřítomnosti Lamprohiza splendidula podle keřového patra.....	22
Obrázek 12: Počet případů přítomnosti či nepřítomnosti Lamprohiza splendidula podle vodstva	23
Obrázek 13: Velikost plochy výskytu Lamprohiza splendidula v závislosti na typu lesa (n = 85). Analyzováno pomocí GLMM, chybové úsečky ve sloupcovém grafu slouží k vizualizaci rozsahu nejistoty spojené s odhadem středních hodnot nebo průměrů	

mezi skupinami. Tyto úsečky naznačují rozsah, ve kterém se průměrná hodnota může pohybovat s určitou pravděpodobností.	25
Obrázek 14: Velikost plochy výskytu Lamprohiza splendidula v závislosti na historickém typu lesa (n = 85). Analyzováno pomocí GLMM, chybové úsečky ve sloupcovém grafu slouží k vizualizaci rozsahu nejistoty spojené s odhadem středních hodnot nebo průměrů mezi skupinami. Tyto úsečky naznačují rozsah, ve kterém se průměrná hodnota může pohybovat s určitou pravděpodobností.	26
Obrázek 15: Velikost plochy výskytu Lamprohiza splendidula v závislosti na bylinném patře (n = 85). Analyzováno pomocí GLMM, chybové úsečky ve sloupcovém grafu slouží k vizualizaci rozsahu nejistoty spojené s odhadem středních hodnot nebo průměrů mezi skupinami. Tyto úsečky naznačují rozsah, ve kterém se průměrná hodnota může pohybovat s určitou pravděpodobností.	27
Obrázek 16: Velikost plochy výskytu Lamprohiza splendidula v závislosti na keřovém patře (n = 85). Analyzováno pomocí GLMM, chybové úsečky ve sloupcovém grafu slouží k vizualizaci rozsahu nejistoty spojené s odhadem středních hodnot nebo průměrů mezi skupinami. Tyto úsečky naznačují rozsah, ve kterém se průměrná hodnota může pohybovat s určitou pravděpodobností.	28
Obrázek 17: Velikost plochy výskytu Lamprohiza splendidula v závislosti na vodstvu (n = 85). Analyzováno pomocí GLMM, chybové úsečky ve sloupcovém grafu slouží k vizualizaci rozsahu nejistoty spojené s odhadem středních hodnot nebo průměrů mezi skupinami. Tyto úsečky naznačují rozsah, ve kterém se průměrná hodnota může pohybovat s určitou pravděpodobností.	29

10. Seznam tabulek

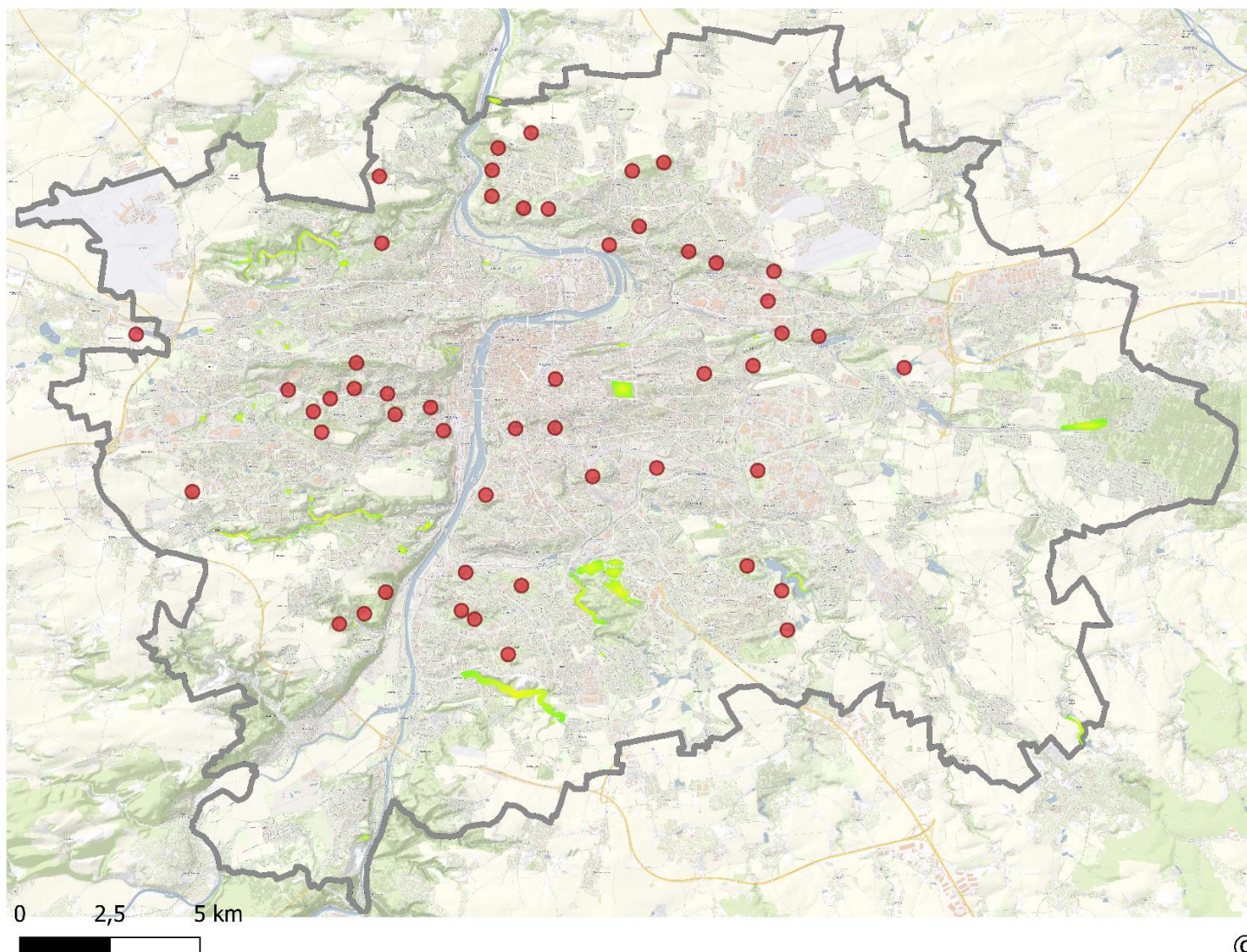
Tabulka 1: GLMM modely analyzující velikost plochy výskytu Lamprohiza splendidula v závislosti na ostatních faktorech, kde byla použita random proměnná rok (n=85).....	23
Tabulka 2: Tukeyho porovnávání mezi jednotlivými kategoriemi typu lesa.....	25
Tabulka 3: Tukeyho porovnávání mezi jednotlivými kategoriemi bylinného patra ..	27
Tabulka 4: Tukeyho porovnávání mezi jednotlivými kategoriemi keřového patra ...	28

11. Seznam příloh

Příloha 1: Studované lokality Lamprohiza splendidula podle základní mapy, n = 85, vytvořeno v QGIS Desktop 3.24.2.....	44
Příloha 2: Studované lokality Lamprohiza splendidula podle historické mapy z roku 1845, n = 85, vytvořeno v QGIS Desktop 3.24.2.....	45
Příloha 3: Studované lokality Lamprohiza splendidula podle pedologie, n = 85, vytvořeno v QGIS Desktop 3.24.2.....	46
Příloha 4: Studované lokality Lamprohiza splendidula podle geologie, n = 85, vytvořeno v QGIS Desktop 3.24.2.....	47
Příloha 5: Studované lokality Lamprohiza splendidula podle vodstva, n = 85, vytvořeno v QGIS Desktop 3.24.2.....	48
Příloha 6: Studované lokality Lamprohiza splendidula podle druhů pozemků, n = 85, vytvořeno v QGIS Desktop 3.24.2.....	49
Příloha 7: Studované lokality Lamprohiza splendidula podle ortofoto, n = 85, vytvořeno v QGIS Desktop 3.24.2.....	50
Příloha 8: Potencionální lokality pro výskyt Lamprohiza splendidula v Praze podle základní mapy, n = 90, vytvořeno v QGIS Desktop 3.24.2.	51

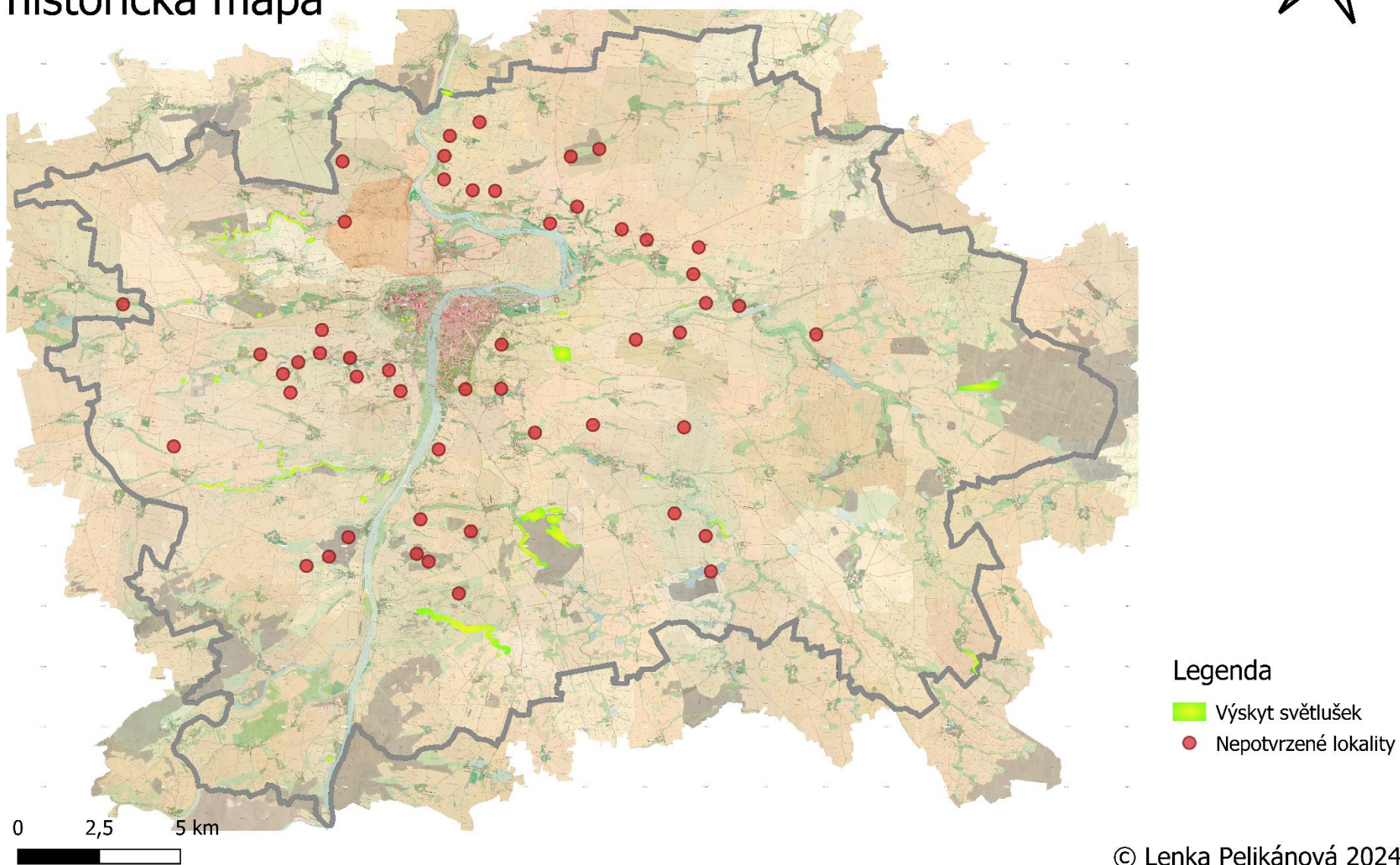
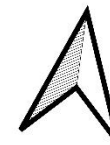
12. Přílohy

Studované lokality Lamprohiza splendidula v Praze



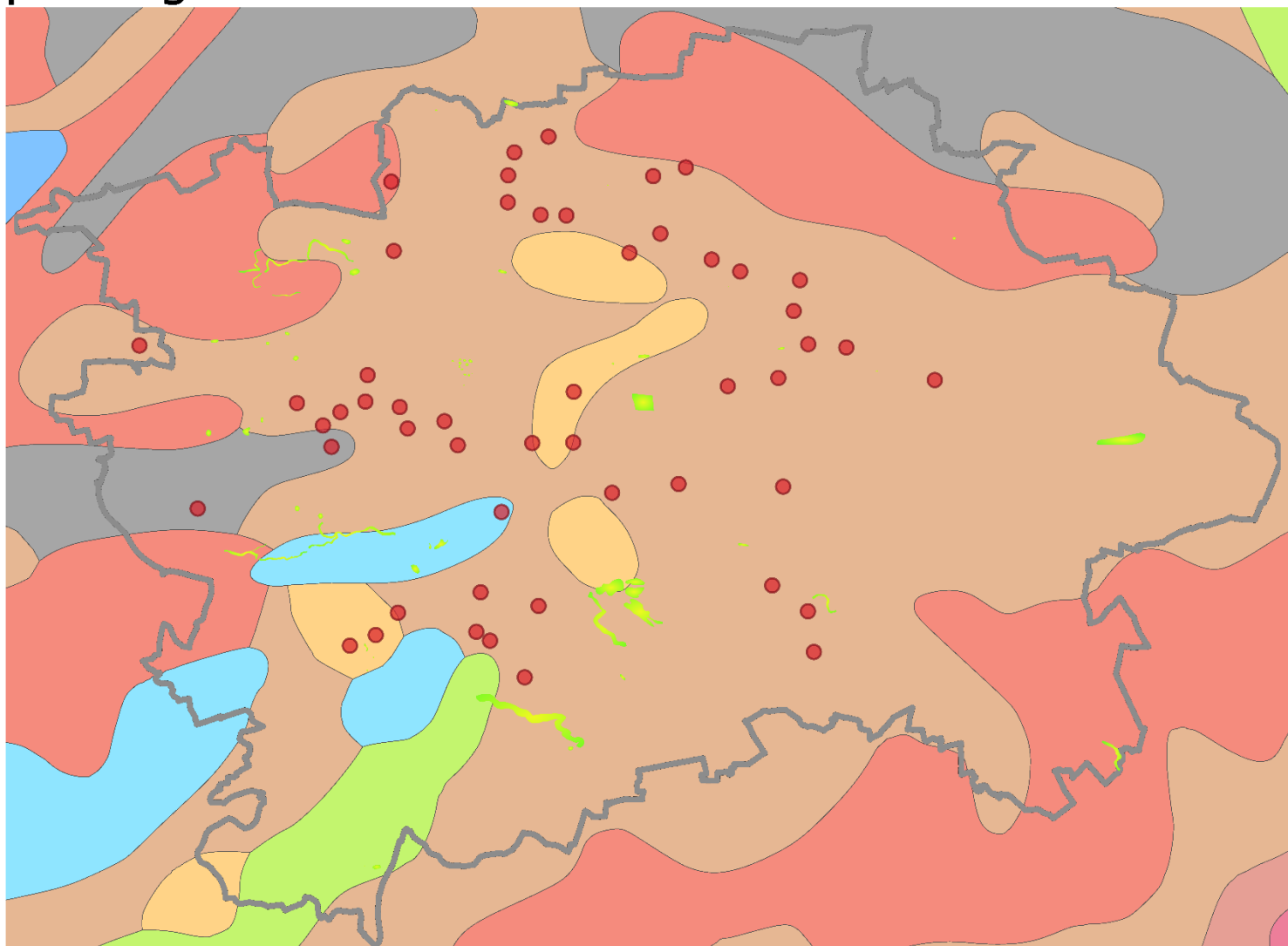
Příloha 1: Studované lokality Lamprohiza splendidula podle základní mapy, $n = 85$, vytvořeno v QGIS Desktop 3.24.2.

Studované lokality *Lamprohiza splendidula* v Praze, historická mapa



Příloha 2: Studované lokality *Lamprohiza splendidula* podle historické mapy z roku 1845, $n = 85$, vytvořeno v QGIS Desktop 3.24.2.

Studované lokality *Lamprohiza splendidula* v Praze, pedologie



Legenda

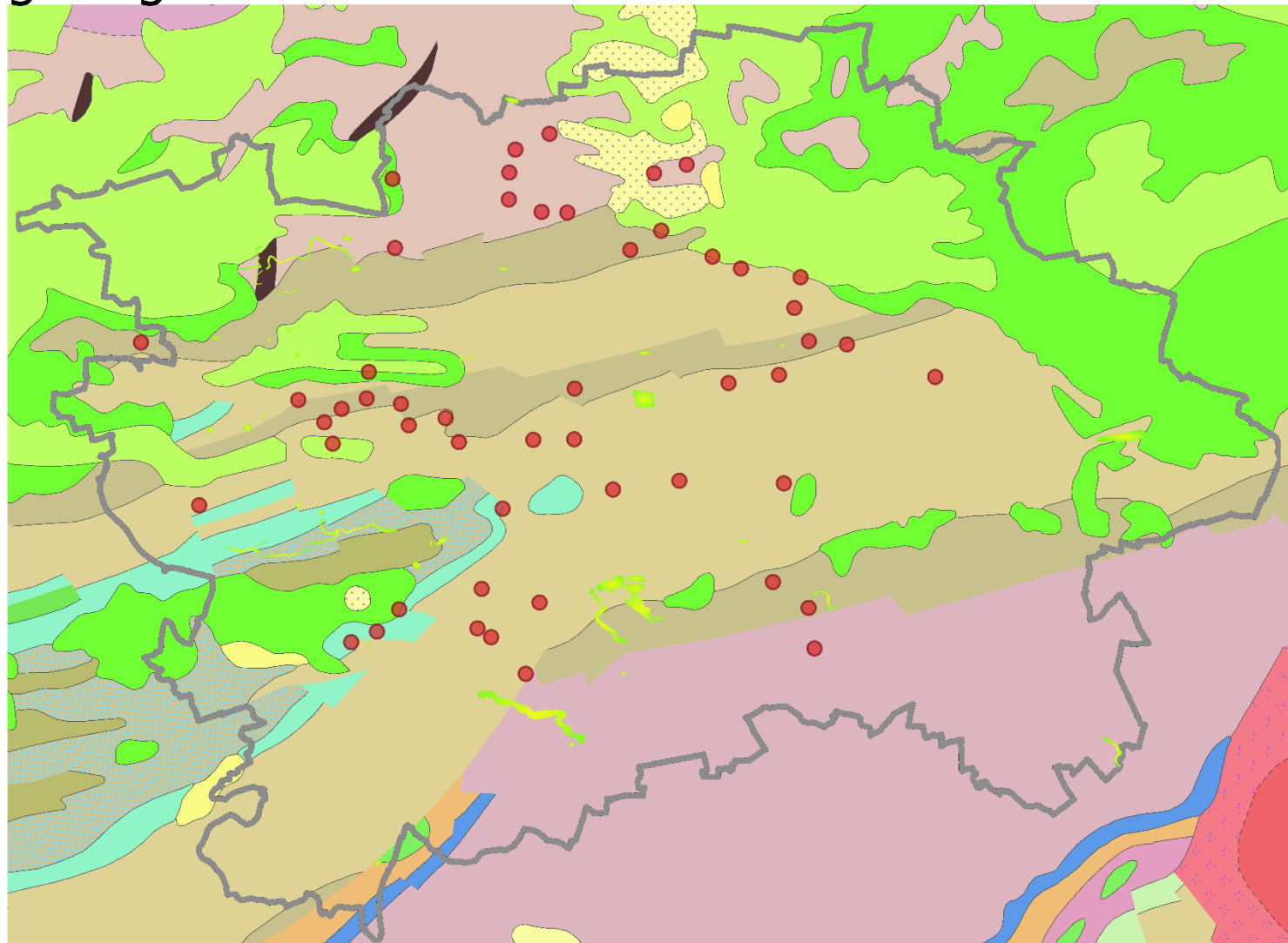
- Výskyt světlušek
 - Nepotvrzené lokality
- Půdní typy 1 : 1 000 000

- LEG_THSP
- podzoly, rankery a litozemě (alpínské půdní formy)
 - randány
 - podendány
 - regozemě, kambizemě a podzoly arenické
 - fluvisol
 - stevnice
 - černozemě
 - černozemě s čerňákem
 - černice
 - černice (solončákové varianty)
 - seduzemě
 - hnědozemě
 - kambizemě s luvizací a oglejením
 - kambizemě eutrofní
 - kambizemě s rankery a litozemí
 - kambizemě modříní a esbazičká
 - kambizemě dystričká
 - kambizemě s podzoly neterasových ústředních
 - pekozemě
 - kryptopodzoly a podzoly
 - podzoly
 - pseudogleje s kambizemí oglejenými
 - gleje
 - organozemě
 - antropozemě

© Lenka Pelikánová 2024

Příloha 3: Studované lokality *Lamprohiza splendidula* podle pedologie, $n = 85$, vytvořeno v QGIS Desktop 3.24.2.

Studované lokality Lamprohiza splendidula v Praze, geologie



Legenda

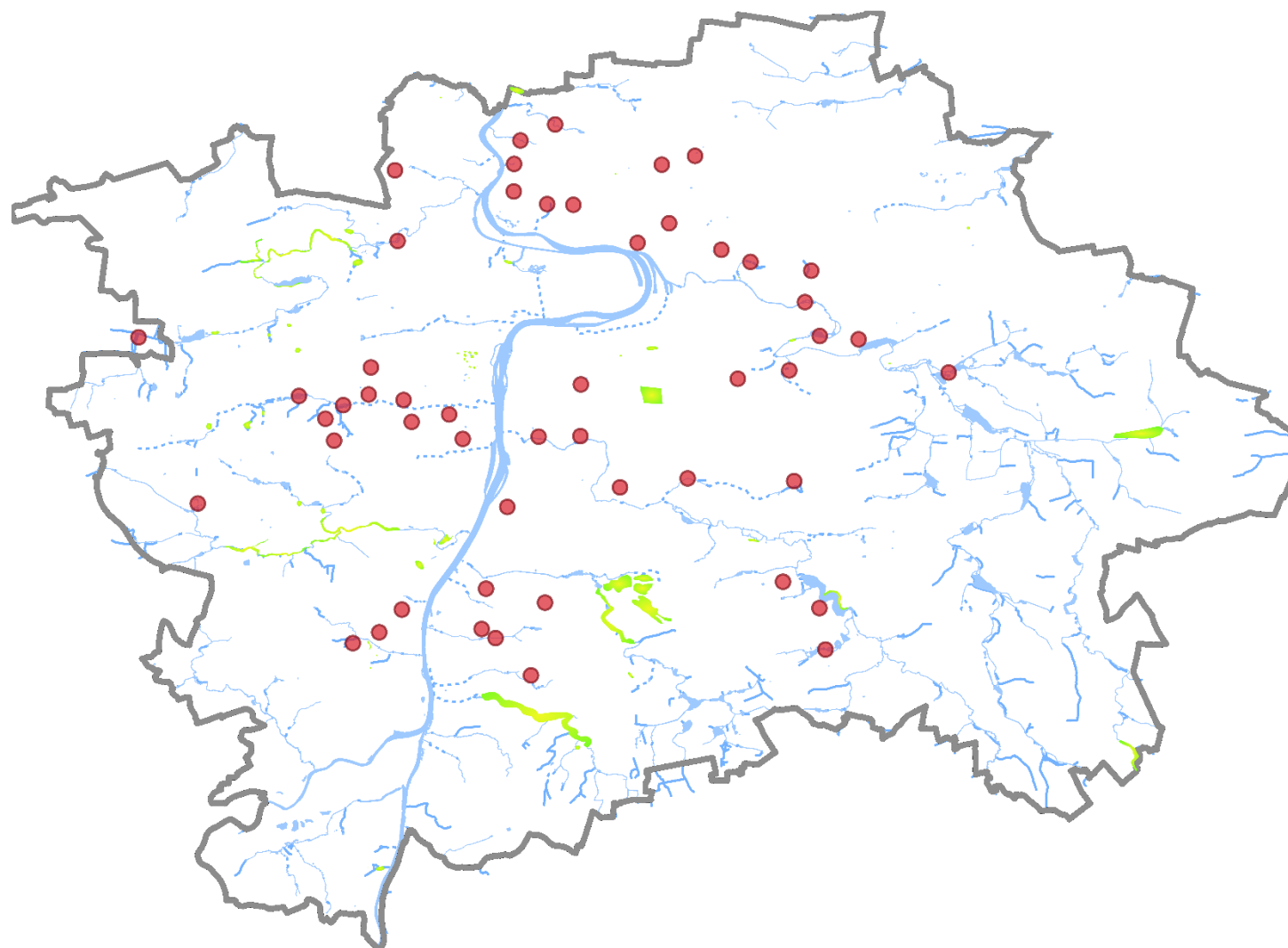
- Výskyt světlušek
- Nepotvrzené lokality
- D1 vápence, v emsu i vápnité břidlice
- S granitové břidlice, vločky bazaltů
- O23 břidlice, prachovce, pískovce, vločky bazaltů
- O12 břidlice, prachovce, pískovce, křemence, silicity, bazalty, tufy
- NP břidlice, droby, podřadné slápence (rytmické střídaní, flyšový vývoj), anchimetamorfované
- NPb břidlice, droby (rytmické střídaní, flyšový vývoj) masivní tělesa drob-anchimetamorfované
- si silicity, metasilicity (lydity, bulžňky)
- b3 bazalty, bazaltické andesity a jejich alkalické ekvivalenty a tufy, nejvýš anchimetamorfované
- D2 břidlice, prachovce, pískovce
- Koc jílovce, prachovce, pískovce, slápence
- uKt vápnité jílovce, slánovce, méně jílovité
- vápence
- M písky, štěrky, jíly, lignitové sloje
- Pl písky, štěrky, jíly

0 2,5 5 km






© Lenka Pelikánová 2024

Příloha 4: Studované lokality Lamprohiza splendidula podle geologie, n = 85, vytvořeno v QGIS Desktop 3.24.2.

Studované lokality Lamprohiza splendidula v Praze, vodstvo



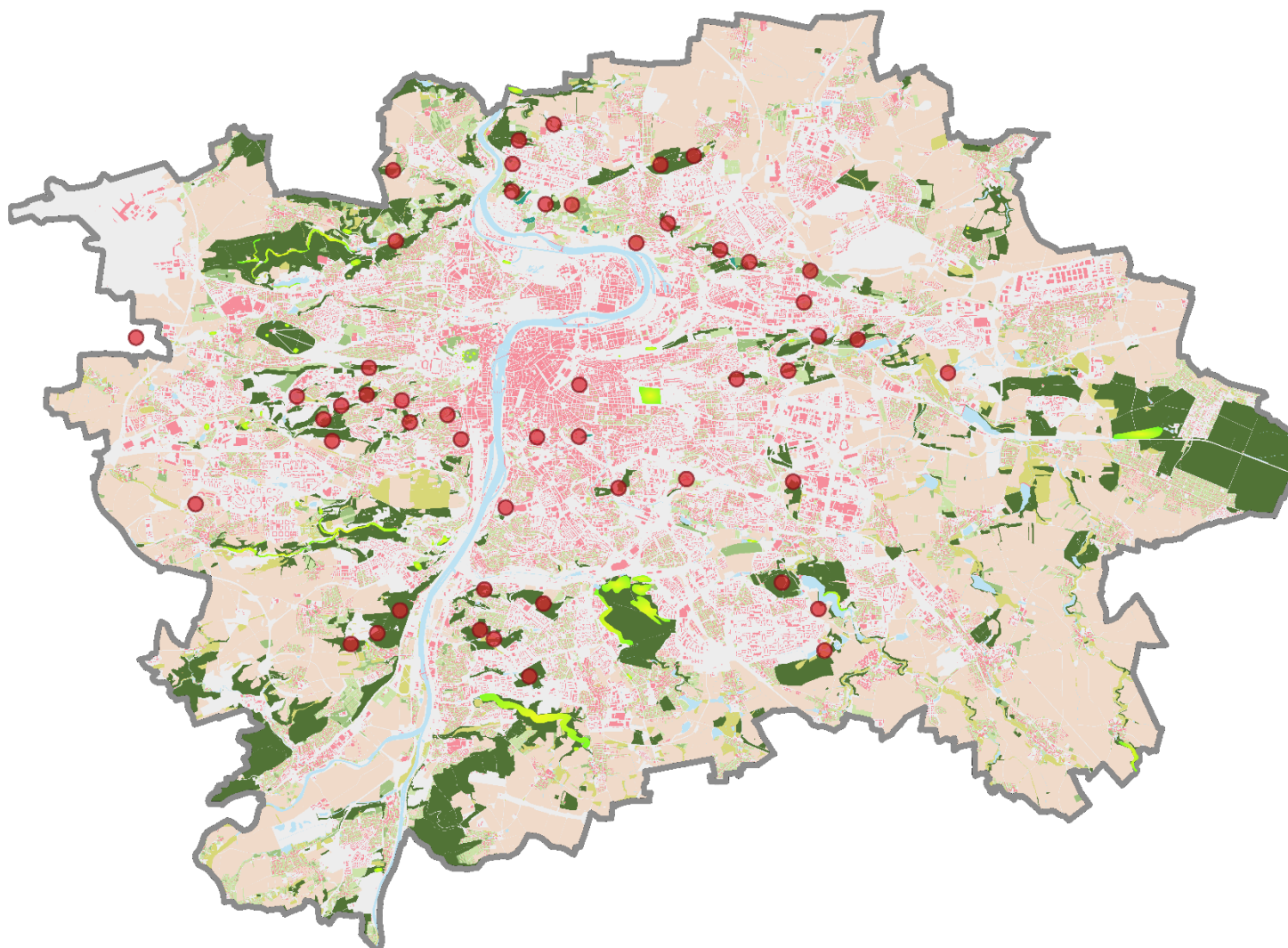
Legenda

-  Výskyt světlušek
-  Nepotvrzené lokality
- Vodní plochy
- 
- Vodní toky
-  vodní tok
-  skrytý vodní tok

© Lenka Pelikánová 2024

Příloha 5: Studované lokality Lamprohiza splendidula podle vodstva, $n = 85$, vytvořeno v QGIS Desktop 3.24.2.

Studované lokality *Lamprohiza splendidula* v Praze, druhy pozemků

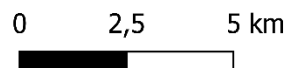


Legenda

- Výskyt světlušek
- Nepotvrzené lokality

Pozemky podle druhu

- zastavěná plocha a nádvoří
- ostatní plocha
- zeleň
- ovocný sad
- stráž
- vodní plocha
- trvalý travní porost
- lesní pozemek
- orná půda



© Lenka Pelikánová 2024

*Příloha 6: Studované lokality *Lamprohiza splendidula* podle druhů pozemků, n = 85, vytvořeno v QGIS Desktop 3.24.2.*

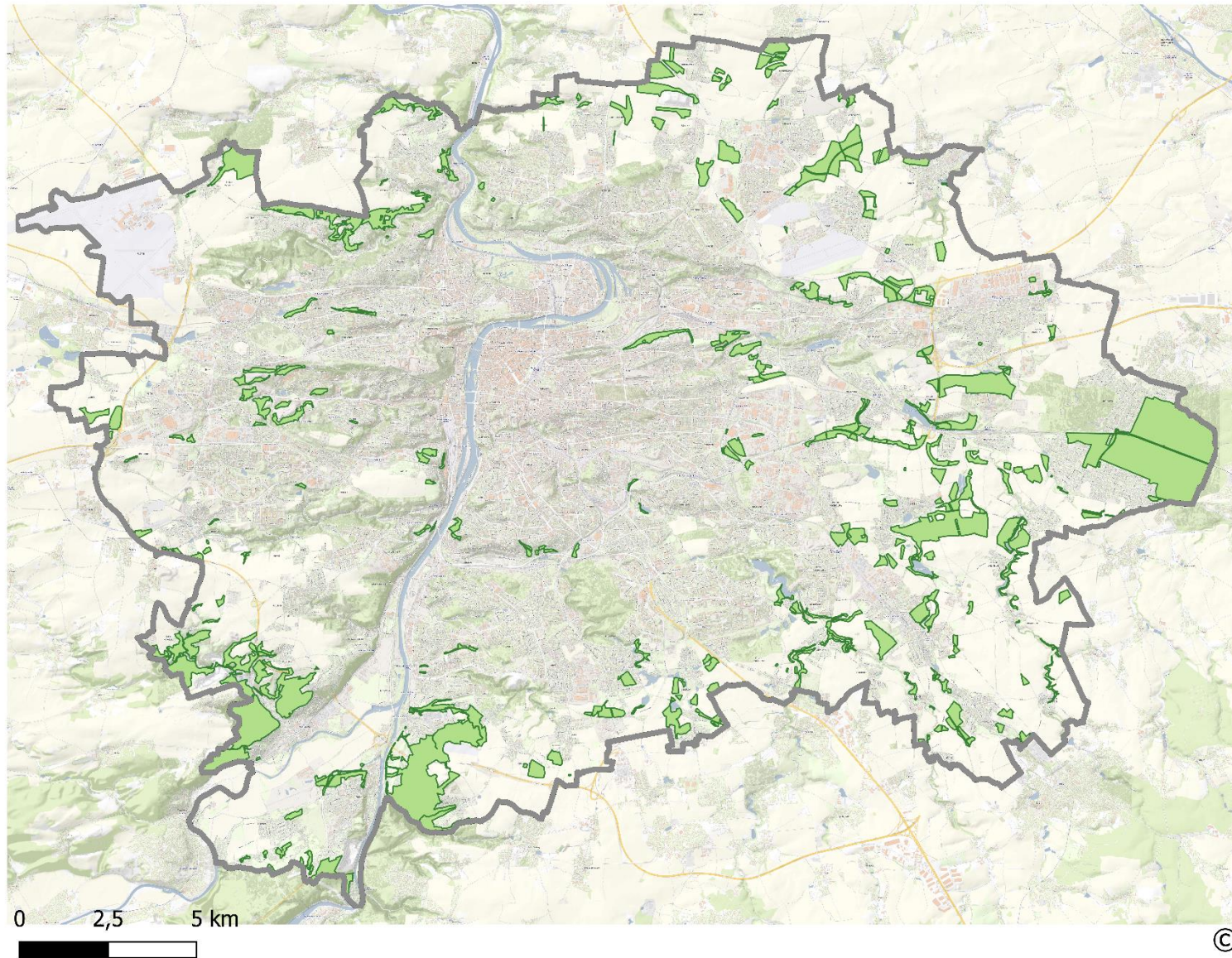
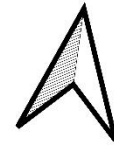
Studované lokality *Lamprohiza splendidula* v Praze



© Lenka Pelikánová 2024

*Příloha 7: Studované lokality *Lamprohiza splendidula* podle ortofoto, n = 85, vytvořeno v QGIS Desktop 3.24.2.*

Potencionální lokality v Praze



Legenda

■ potencionální lokality

© Lenka Pelikánová 2024

Příloha 8: Potencionální lokality pro výskyt *Lamprohiza splendidula* v Praze podle základní mapy, $n = 90$, vytvořeno v QGIS Desktop 3.24.2.