

Univerzita Palackého v Olomouci
Přírodovědecká fakulta
Katedra ekologie a životního prostředí



**Ověřování lokálních opatření pro podporu střevlíkovitých
brouků a dalších půdních organismů v intenzivně
obhospodařované zemědělské krajině**

Bc. Jakub MENŠÍK

Diplomová práce

předložená

na Katedře ekologie a životního prostředí
Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci

jako součást požadavků
k získání titulu Mgr. ve studijním programu
Učitelství biologie a environmentální výchovy pro střední školy

Vedoucí práce: doc. RNDr. Mgr. Ivan Hadrián TUF, Ph.D.

Olomouc 2026

Menšík J. 2026. Ověřování lokálních opatření pro podporu střevlíkovitých brouků a dalších půdních organismů v intenzivně obhospodařované zemědělské krajině [diplomová práce]. Olomouc: Katedra ekologie a ŽP PřF UP v Olomouci. 37 s. 1 příloha, česky.

Abstrakt

Intenzifikace zemědělství, charakterizovaná rutinní aplikací agrochemikálií a hlubokou orbou, představuje jeden z hlavních faktorů vedoucích k drastickému úbytku biodiverzity a ekosystémových služeb v kulturní krajině. Tato diplomová práce hodnotí ekologický potenciál vybraných lokálních agroenvironmentálních opatření, konkrétně osetých krmných biopásů, jakožto nástrojů pro podporu a ochranu populací střevlíkovitých brouků (Carabidae) a další epigeické fauny.

Terénní výzkum byl realizován v intenzivně obhospodařované krajině Trhšovska metodou standardizovaného odchytu do zemních pastí. Pro postihnutí fenologické dynamiky byl sběr rozdělen do dvou klíčových aspektů: jarního a podzimního. Porovnávána byla struktura společenstev v produkční obilnině, ochranném liniovém biopásu, na úhoru a v porostu jeteloviny.

Výsledky analýz prokázaly, že zatímco dospělá fauna produkční obilniny je na jaře početná, avšak extrémně druhově chudá a dominovaná několika adaptabilními generalisty (zejména *Poecilus cupreus*), polopřirozené prvky hostí signifikantně vyšší druhovou diverzitu. Stěžejním zjištěním je potvrzení kritické funkce biopásu jako podzimního refugia a inkubátoru. Zatímco na podzim došlo na produkčních plochách k absolutnímu kolapsu populace dospělců i larev, biopás hostil dvacetinásobně vyšší koncentraci larev než okolní zorané pole.

Zvýšená koncentrace biomasy v úzkém pásu s sebou však může přinášet rizika zvýšené vnitrodruhové konkurence či vzniku ekologické pasti. Práce zdůrazňuje, že ačkoliv jsou biopásky vysoce efektivním a nezbytným prvkem pro přežití citlivých vývojových stádií hmyzu, bez integrace šetrnějších agrotechnických postupů do celého osevního sledu zůstane jejich ochranný dosah prostorově limitován.

Součástí práce je rovněž aplikovaný didaktický výstup ve formě kapesního průvodce pro potřeby badatelsky orientované výuky a šíření povědomí o významu půdní fauny.

Klíčová slova: agroekosystém, biodiverzita, biopás, ekosystém, epigeon, herbicidy, pesiticity, refugium, společenstvo, škůdci, zemědělství

Menšík J. 2026. Assessment of local measures to support ground beetles (Carabidae) and other soil organisms in intensively managed agricultural landscapes [master's thesis]. Olomouc: Department of Ecology and Environmental Sciences, Faculty of Science, Palacký University Olomouc. 37 pp. 1 Appendix. Czech.

Abstract

Agricultural intensification, characterized by the routine application of agrochemicals and deep ploughing, represents one of the main factors leading to a drastic decline in biodiversity and ecosystem services in cultural landscapes. This master's thesis evaluates the ecological potential of selected local agri-environmental measures, specifically sown forage strips, as tools for the support and protection of ground beetle (Carabidae) populations and other epigeic fauna.

Field research was conducted in the intensively managed landscape of the Trhšovsko region using the method of standardized pitfall trapping. To capture phenological dynamics, the sampling was divided into two key aspects: spring and autumn. Community structure was compared across a production cereal field, a protective linear conservation strip, a fallow, and a clover stand.

The results of the analyses demonstrated that while the adult fauna of the production cereal field is abundant in spring, it is extremely species-poor and dominated by a few adaptable generalists (especially *Poecilus cupreus*), whereas semi-natural elements host significantly higher species diversity. A pivotal finding is the confirmation of the critical function of the conservation strip as an autumn refuge and incubator. While the production areas experienced an absolute collapse of both adult and larval populations in the autumn, the strip hosted a twenty-fold higher concentration of larvae compared to the surrounding ploughed field.

However, the increased concentration of biomass in a narrow strip may entail risks of heightened intraspecific competition or the emergence of an ecological trap. The thesis emphasizes that although conservation strips are a highly effective and essential element for the survival of sensitive insect developmental stages, their protective reach will remain spatially limited without the integration of more sustainable agrotechnical practices into the entire crop rotation.

The thesis also includes a didactic output in the form of a pocket guide for the purposes of inquiry-based learning and raising awareness about the importance of soil fauna.

Key words: agriculture, agroecosystem, biodiversity, community, conservation strip, ecosystem, epigeon, herbicides, pesticides, pests, refuge

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně pod vedením doc. Tufa a jen s použitím citovaných literárních pramenů.

V Olomouci 5. srpna 2026

Jakub Menšík

Věnování

Tuto práci věnuji všem přírodou fascinovaným, s touhou přírodě lépe porozumět, aby ji mohli lépe chránit.

Obsah

Seznam tabulek	viii
Seznam obrázků	ix
Úvod.....	1
Proměna zemědělské krajiny a intenzivní hospodaření	1
Úbytek prostorové heterogenity a význam okrajových zón.....	2
Agroenvironmentální opatření a dotační nástroje	4
Bioindikační význam a ekologie střevlíkovitých v agrocenózách.....	5
Cíle práce	7
Materiál a metody	8
Charakteristika zájmového území	8
Metodika terénního sběru	12
Laboratorní zpracování materiálu	13
Statistická analýza dat.....	15
Výsledky	16
Celkový přehled epigeické fauny.....	16
Druhové složení střevlíkovitých	18
Vliv biotopu na prostorovou distribuci a diverzitu	20
Sezónní dynamika a fenomén zimování larev	21
Statistické zhodnocení vlivu biotopu	22
Vazba druhů na biotop a roční období (Multivariátní analýza).....	25
Diskuze	27
Ekologický význam biopásů jako refugia a zimoviště pro larvální stadia.....	27
Dynamika dospělců, vliv funkčních vlastností a (omezený) potenciál biokontroly	28
Širší kontext a design agroenvironmentálních programů.....	29
Didaktické využití.....	31
Závěr	33
Literatura.....	34
Přílohy.....	38

Seznam tabulek

TABULKA 1. SMĚS OSIV PRO KRMNÝ BIOPÁS DLE METODIKY MZ	9
TABULKA 2. CELKOVÁ ABUNDANCE HLAVNÍCH SKUPIN EPIGEICKÉ FAUNY ZACHYCENÉ DO ZEMNÍCH PASTÍ BĚHEM JARNÍ A PODZIMNÍ EXPOZICE.	16
TABULKA 3. DRUHOVÉ SLOŽENÍ A ABUNDANCE DOSPĚLCŮ STŘEVÍKŮ (CARABIDAE) ZACHYCENÝCH BĚHEM JARNÍ A PODZIMNÍ EXPOZICE.	17
TABULKA 4. POROVNÁNÍ ABUNDANCE, DRUHOVÉ BOHATOSTI A DIVERZITY SPOLEČENSTEV STŘEVÍKOVITÝCH BROUKŮ VE SLEDOVANÝCH BIOTOPECH BĚHEM JARNÍ A PODZIMNÍ EXPOZICE.....	20

Seznam obrázků

OBRÁZEK 1. POHLED NA KRMNÝ BIOPÁS MEZI DVĚMA LÁNY OZIMÉ PŠENICE. FOTO: VLASTNÍ.	8
OBRÁZEK 2. DOČASNÝ TRAVNÍ POROST (ÚHOR) NEDALEKO OBCE VYHLÍDKY. FOTO: VLASTNÍ. ...	10
OBRÁZEK 3. POLE JETELE VE ŠTIPTONI, HNED ZA HUMNY EVL. FOTO: VLASTNÍ.	11
OBRÁZEK 4. PRACOVNÍ PROSTŘEDÍ PŘI TŘÍDĚNÍ A DETERMINACI MATERIÁLU V LABORATORNÍM ZÁZEMÍ KATEDRY EKOLOGIE UP. FOTO: VLASTNÍ.....	14
OBRÁZEK 5. POECILUS CUPREUS (STŘEVLÍČEK MĚDĚNÝ). FOTO: VLASTNÍ.....	18
OBRÁZEK 6. AGONUM SEXPUNCTATUM. FOTO: VLASTNÍ.....	19
OBRÁZEK 7. POROVNÁNÍ ABUNDANCE DOSPĚLCŮ STŘEVLÍKOVÝCH BROUKŮ	23
OBRÁZEK 8. POROVNÁNÍ SHANNON-WIENEROVA INDEXU DIVERZITY (H') STŘEVLÍKŮ	24
OBRÁZEK 9. POROVNÁNÍ ABUNDANCE LAREV PODLE BIOTOPU A OBDOBÍ	25
OBRÁZEK 10. BILOT KANONICKÉ KORESPONDENČNÍ ANALÝZY (CCA) ZNÁZORŇUJÍCÍ VAZBU DRUHŮ STŘEVLÍKOVÝCH BROUKŮ NA TYP BIOTOPU A ROČNÍ OBDOBÍ.	26

Poděkování

Poděkování v první řadě směřuji na svou odbornou pomoc a podporu, – pana vedoucího doc. RNDr. Mgr. Ivana Hadriána Tufa, Ph.D. - za zasvěcení a prvotní nadchnutí do problematiky, jíž se tato práce zabývá. Dále skupině výzkumníků pod vedením RNDr. Karla Tajovského, CSc., jež v rámci projektu prováděla terénní sběr na lokalitách Trhosvinska.

Tento výzkum byl financován v rámci projektu *Rozvoj a ověřování lokálních opatření na dlouhodobou podporu půdních organismů a žádoucích skupin bezobratlých na intenzivně zemědělsky obhospodařovaných plochách* (TAČR č. SS07010439).

Úvod

Proměna zemědělské krajiny a intenzivní hospodaření

Zemědělská krajina prošla od konce druhé světové války plošnými, a hlavně masivními změnami, které byly celosvětově motivovány především snahou o maximalizaci produkce a zefektivnění hospodaření. Tento, dnes již historický, proces, obecně označovaný jako „zemědělská intenzifikace“, s sebou přinesl radikální proměnu struktury pěstebních ploch i samotných agrotechnických přístupů a postupů, jimiž jsou plochy obhospodařovány (Fried et al., 2009). V touze po vyšších výnosech došlo (a na mnoha místech po celém světě stále dochází) k výraznému zjednodušení a homogenizaci krajiny, z níž byly postupně odstraňovány mimoprodukční, avšak významné, krajinné prvky. Intenzivní hospodářství tak dnes představuje jeden z hlavních globálních faktorů, který významným způsobem snižuje biodiverzitu zemědělské krajiny u celé řady skupin organismů – polních ptáků (Reif & Vermouzek, 2019); půdních bezobratlých (Tsiafouli et al., 2015), i epigeického hmyzu, včetně významných predátorů škůdců a konzumentů semen plevelů – střevlíkovitých brouků (Carabidae) (Zinati et al., 2018).

Základním pilířem této intenzifikace se stala enormní závislost zemědělského modelu na externích vstupech, zejména tedy na plošné aplikaci agrochemikálií – hnojiv, pesticidů, herbicidů (Bischoff & Mahn, 2000). Během posledních desetiletí došlo k masivnímu nárůstu používání syntetických hnojiv a k rutinní aplikaci herbicidů a širokospektrálních insekticidů (Hyvönen, 2007; Fried et al., 2009). Tyto postupy byly historicky dále podpořeny zaváděním nových, vysoce produkčních odrůd pěstovaných plodin, které jsou systematicky vysévány ve vysokých hustotách. Což vytváří pro společenstva na polích další negativní vlivy jako je zvýšená kompetice o světlo, což v kombinaci s neustálým chemickým tlakem herbicidů vytváří vysoce nepříznivé prostředí pro doprovodnou flóru těchto společenstev (Petit et al., 2011). Výsledkem těchto synergicky působících agrotechnických faktorů je prokazatelný a silný úbytek dříve zcela běžných druhů segetálních společenstev jako jsou například archeofytní polní plevely (Andreasen et al., 1996). Tyto druhy přitom historicky tvořily nezbytnou potravní základnu a klíčový habitat pro agrární hmyz i ptactvo, jejichž populace v důsledku intenzifikace v celé Evropě, i ve světě, dramaticky klesají (Boatman et al., 2004).

Vedle chemizace je dalším zcela zásadním a zničujícím aspektem moderního intenzivního hospodaření všudypřítomná těžká mechanizace a s ní spojené rutinní narušování půdního profilu. Mechanické zásahy, jako je zejména hluboká orba,

představují z pohledu ekologie půdy masivní plošnou disturbanci, která fyzicky obrací, obnažuje a rozrušuje svrchní, biologicky neaktivnější vrstvu půdy. Pro půdní faunu a epigeické bezobratlé to znamená naprostou destrukci jejich habitatu (Zinati et al., 2018). Zpracování půdy hlubokou orbou má obzvláště fatální dopad na vajíčka a raná larvální stádia hmyzu (na rozdíl od dospělců, kteří mohou do jisté míry z disturbovaného prostředí včas uniknout), která jsou imobilní a takovýmto mechanickým zásahem jsou spolehlivě likvidována (Zinati et al., 2018).

Tento trvalý a mnohočetný tlak ze strany intenzivního zemědělství vede k postupnému vyčerpání, degradaci a extrémnímu zjednodušení agrocenóz. Úbytek biodiverzity se projevuje nejen na úrovni rostlin, ale kriticky zasahuje druhy žijící trvale nebo dočasně v půdě (Jing et al., 2025). Tento propad početnosti a druhové bohatosti organismů vázaných na ornou půdu má následně silně negativní dopad na samotné poskytování klíčových ekosystémových služeb (Bardgett et al., 2013). Z funkčního hlediska je přitom prokázáno, že právě přítomná půdní biota dokáže v přirozených systémech zkonzumovat zhruba polovinu veškerého rostlinného opadu přicházejícího na povrch a aktivně se tak podílí na formování půdní struktury a hromadění organické hmoty. V intenzivně chemizovaných a orbou degradovaných polích však ochuzená společenstva nedokáží tuto roli při dekompozici a koloběhu živin plnohodnotně zastat (Heděnc et al., 2022). Tím se moderní zemědělský systém stává plně závislým na neustálých umělých vstupech a uzavírá se tak v kruhu ekologické degradace.

Úbytek prostorové heterogenity a význam okrajových zón

Výše popsaná ekologická degradace a neustálá homogenizace orné půdy vedly k významné ztrátě prostorové heterogenity v zemědělské krajině. Tento fenomén se nejviditelněji projevuje na plošném úbytku plevelových společenstev v centrech obhospodařovaných ploch. Dlouhodobé srovnávací studie z Evropy mapující vývoj agrární flóry již od 70. let až do současnosti dokazují, že v aktivně obhospodařovaných centrech polí došlo k bezprecedentně vysokému poklesu druhové bohatosti, a to až o 42 % a dále došlo k ještě drastičtějšmu prořidnutí hustoty zápoje plevelových společenstev, a to až o 67 % (Fried et al., 2009). Úbytek těchto doprovodných rostlin, jež jsou systematicky vytlačovány vysoce konkurenčními výsevy plodin a herbicidy, má devastující dominový efekt na všechny vyšší trofické úrovně. Plevely totiž historicky představovaly nezbytný zdroj potravy a úkrytu pro epigeický hmyz i polní ptactvo (Boatman et al., 2004; Fried et al., 2009).

V důsledku extrémního tlaku v centrech polí se zbývající biodiverzita agrocenóz postupně prostorově stáhla do liniových prvků a okrajů polí (crop edges). Průzkumy ukazují, že tyto okrajové zóny si zachovávají výrazně vyšší úroveň diverzity a hostí druhy, které z produkčních center již zcela vymizely (Dutoit et al., 2007; Fried et al., 2009). Důvodem je značně nižší intenzita mechanického narušení, omezený vliv postřikovačů s agrochemikáliemi a vyšší průnik slunečního záření, což v součtu vytváří alespoň částečně příznivější podmínky pro přežití fauny a flóry (Dutoit et al., 2007; Fried et al., 2009; Zinati et al., 2018). Ponechání stabilních liniových prvků a dočasně nesečených či neoraných pásů vytváří v krajině funkční „ostrovy života“, které mají prokazatelně pozitivní vliv na zachycenou celkovou biomasu a druhovou bohatost bezobratlých (Šípek et al., 2021).

Při studiu okrajů těchto polí a liniových mimoprodukčních prvků je však nezbytné správně definovat jejich ekologickou podstatu. V literatuře jsou tyto zóny často označovány jako ekotony. Ekoton je však definován jako přirozená stresová zóna vykazující vlastní specifické vlastnosti a zvýšenou druhovou bohatost tvořenou plynulým prolutím dvou sousedních klimaxových společenstev (Dutoit et al., 2007). Moderní výzkumy však ukazují, že přechodové zóny mezi ornou půdou a přilehlými biotopy se chovají spíše jako zóny okrajového efektu (edge effect) nebo jako tzv. vynucené ekotony (constraint ecotones), protože mezi sebou zcela postrádají právě onen plynulý přírodní gradient. Hranice mezi těmito agrocenózami je ostrá, umělá a vytvořená čistě antropogenními zásahy (Dutoit et al., 2007).

Absence plynulého přírodního gradientu v těchto zónách znamená, že složení místních společenstev není určováno klimatickými či edafickými faktory, ale je téměř výhradně diktováno antropogenním managementem (Dutoit et al., 2007). Podoba a ekologická hodnota okraje pole se odvíjí od toho, jakým způsobem zemědělec s daným prostorem nakládá – zda jej pravidelně seče, aplikuje na něj herbicidy, využívá jej k přejezdům těžké techniky, nebo jej ponechává ladem s přirozenou sukcesí (Dutoit et al., 2007). Pro ekologii hmyzu a možnosti ochrany přírody z tohoto zjištění plyne zcela zásadní závěr: kvalita a úživnost posledních refugií v zemědělské krajině je plně závislá na cílených rozhodnutích hospodáře (Šípek et al., 2021). Tento fakt poukazuje na nutnost tyto zóny aktivně chránit a jejich specifický management finančně stimulovat.

Agroenvironmentální opatření a dotační nástroje

Jak bylo rozebráno v předchozí kapitole, udržení a smysluplná tvorba funkčních okrajových zón (vynucených ekotonů) je v intenzivně obhospodařované krajině plně závislá na rozhodnutích hospodářů. Vzhledem k tomu, že vyčlenění cenné orné půdy pro neprodukční účely představuje pro pěstitele přímou ekonomickou ztrátu, vyvstala nutnost tyto ekologicky nepostradatelné postupy finančně stimulovat. Na tuto potřebu na nadnárodní úrovni reaguje Evropská unie prostřednictvím Společné zemědělské politiky (SZP), do které jsou každoročně alokovány značné finanční prostředky.

Přes tyto masivní investice do dotačních titulů se však dlouhodobě ukazuje, že celkové dopady SZP na ochranu biodiverzity a zachování ekosystémových služeb jsou často nedostatečné, nebo dokonce negativní (Reif & Vermouzek, 2019). Jednou z hlavních příčin je skutečnost, že velká část plošně aplikovaných opatření vychází pouze z obecných teoretických předpokladů a před svým zavedením do legislativy nebyla nikdy empiricky testována v reálných terénních podmínkách (Frouz & Frouzová, 2021). Moderní agroekologické přístupy proto silně apelují na přechod k tzv. evidence-based policy (politice založené na vědeckých důkazech) (Sutherland et al., 2004), která by podmiňovala plánování a vyplácení dotací exaktním ověřením jejich skutečné účinnosti.

V podmínkách České republiky je v současnosti realizována podpora mimoprodukčních prvků prostřednictvím dvou hlavních dotačních mechanismů.

- a) Prvním z nich je systém povinné podmíněnosti pro získání přímých plateb, konkrétně standard Dobrého zemědělského a environmentálního stavu (DZES 8). Tento standard striktně nařizuje, aby příjemci zemědělských dotací věnovali minimálně 4 % orné půdy na úrovni podniku neprodukčním plochám a krajinným prvkům. Do této povinné kvóty si mohou zemědělci započítat pestrou škálu prvků: od půdy ležící ladem (úhorů), přes dělicí a ochranné pásy, meze a souvratě, až po porosty meziplodin.

Pro maximalizaci ekologického přínosu však legislativa zohledňuje kvalitu těchto prvků pomocí redukčních koeficientů; například jeden hektar plošně osetý dočasnou meziplodinou se do povinných čtyř procent započítává pouze jako 0,1 hektaru, čímž jsou zemědělci nepřímo nuceni k vytváření trvalejších a stabilnějších biotopů (MZ, 2026).

- b) Druhým, nadstavbovým nástrojem jsou dobrovolná Agroenvironmentální a klimatická opatření (AEKO). Zemědělci, kteří se do těchto dotačních programů zapojí, jsou nad rámec svých základních povinností finančně motivováni k zakládání specifických ochranných ploch. Mezi nejčastější formy patří cílené vysévání nektarodárných, krmných či kombinovaných biopásů, zajištění druhově bohatého pokrytí orné půdy nebo ochrana hnízdišť ohrožených polních ptáků (např. čejky chocholaté) (MZ, 2026).

Ačkoliv se mnohá opatření v rámci DZES a AEKO svým charakterem částečně překrývají, jejich primárním společným cílem je rozbít uniformitu intenzivních agrocenóz a nabídnout stabilní životní prostor pro ustupující druhy flóry i fauny (MZ, 2026). Vzhledem k rostoucí ploše takto uměle zakládaných prvků v české krajině však vyvstává palčivá potřeba detailních terénních studií, které by kvantifikovaly jejich skutečný dopad. Většina dosavadního monitoringu se zaměřuje na nadzemní složky ekosystému, zatímco informace o tom, jak tato dotační opatření reálně podporují funkčně nenahraditelnou půdní a epigeickou faunu, zůstávají v odborné literatuře stále spíše fragmentární.

Bioindikační význam a ekologie střevlíkovitých v agrocenózách

Jak bylo zdůrazněno v závěru předchozí podkapitoly, exaktní hodnocení vlivu agroenvironmentálních opatření vyžaduje sledování vhodných modelových organismů. Jednou z nejvýznamnějších, druhově nejbohatších a funkčně nezastupitelných skupin epigeické fauny v zemědělské krajině je čeleď střevlíkovití (Coleoptera: Carabidae). Zástupci této brouččí čeledi se vyznačují vysokou citlivostí na antropogenní disturbance, ať už se jedná o změny mikroklimatu v důsledku odstraňování vegetace, mechanické narušování půdního profilu, nebo chemickou zátěž. Díky této senzitivitě a rychlé reakci na změny v managementu krajiny představují střevlíkovití vynikající bioindikátory kvality prostředí, na kterých lze exaktně měřit reálný ekologický dopad dotačních titulů.

Význam střevlíkovitých však zdaleka nespočívá pouze v jejich indikačním potenciálu; v agrocenózách plní zcela klíčové ekosystémové služby. V odborné literatuře dokonce označování jako efektivní „bojovníci na farmě“ (warriors on the farm), neboť většina druhů žije dravě a aktivně reguluje populace hospodářsky významných škůdců, jako jsou mšice, housenky, drátovci či larvy mandelínek (Zinati et al., 2018). Mnoho druhů, a to zejména zástupci rodů *Amara* a *Harpalus*, se navíc vyznačuje omnivorií až specializovanou granivorií (Zinati et al., 2018). Tito brouci působí jako významní

predátoři semen; masivně konzumují semena plevelů vypadaná na povrch půdy, čímž zemědělcům poskytují neocenitelnou biologickou ochranu před zaplevelením a přirozeně snižují nutnost aplikace herbicidů (Lövei & Sunderland, 1996; Zinati et al., 2018).

Úspěšné přežití a reprodukce těchto užitečných organismů jsou však silně limitovány agrotechnickými postupy, což úzce souvisí s jejich specifickou fenologií. Střevlíkovití se z hlediska rozmnožování dělí na dvě hlavní skupiny: jarní druhy, které se množí na počátku vegetační sezóny a zimu přečkávají ve stádiu dospělců, a podzimní druhy, které se páří na konci léta (Saska & Honěk, 2003). Právě podzimní druhy (např. *Amara eurynota*, *A. equestris*) vykazují specifické fyziologické adaptace. Spodní teplotní práh vývoje (LDT) je u jejich vajíček prokazatelně vyšší (kolem 13,1 °C) ve srovnání s jarními druhy (10,8 °C). Tato adaptace zajišťuje zpoždění vývoje larev do pozdního léta a podzimu, aby se vyvíjející stádia stihla správně načasovat před nástupem zimní diapauzy (Saska & Honěk, 2003).

Tato vývojová strategie však činí podzimní druhy extrémně zranitelnými vůči moderním zemědělským postupům. Imobilní vývojová stádia (vajíčka, pupy a zimující larvy), která se na podzim nacházejí v centrech produkčních polí, jsou nechráněná proti plošným disturbancím. Hluboká podzimní orba radličným pluhem tyto populace mechanicky spolehlivě likviduje (Zinati et al., 2018). Aby střevlíkovití mohli v kulturní krajině dlouhodobě přežívat a plnit své funkce, jsou absolutně závislí na existenci stabilních mimoprodukčních refugií. Neorané dělicí pásy, zatrávněné okraje a trvalé biopásy fungují jako inkubátory, které vyvíjejícím se larvám poskytují optimální mikroklima pro dosažení potřebné sumy efektivních teplot, a především fyzickou ochranu před destrukcí ((Saska & Honěk, 2003; Zinati et al., 2018)). Na jaře pak dospělci z těchto okrajových zimovišť migrují zpět do produkčních ploch, čímž se uzavírá jejich životní cyklus a obnovuje se jejich role přirozených nepřátel škůdců na poli.

Cíle práce

Z výše uvedeného literárního přehledu jasně vyplývá, že ačkoliv je teoretický ekologický význam mimoprodukčních ploch a dotačních agroenvironmentálních opatření nezpochybnitelný, v praxi často chybí relevantní empirická data z lokálních podmínek České republiky. Bez exaktního terénního ověřování (v duchu evidence-based policy) nelze objektivně posoudit, zda vynakládané dotační prostředky reálně plní svou funkci a skutečně přispívají k záchraně biodiverzity.

Předkládaná práce reaguje na tento informační deficit. Jejím hlavním cílem je tedy na základě terénního šetření kvantitativně vyhodnotit ekologický potenciál vybraných zemědělských i mimoprodukčních prvků a ověřit, do jaké míry plní roli refugií pro epigeickou faunu.

Pro naplnění tohoto cíle byly stanoveny dílčí cíle:

1. Kvantifikace vlivu typu biotopu na abundanci a diverzitu fauny - porovnat strukturu společenstev (s primárním důrazem na čeleď Carabidae) ve čtyřech funkčně a agrotechnicky odlišných typech stanovišť.
2. Zhodnocení fenologické dynamiky a vlivu agrotechnických lhůt: Vyhodnotit rozdíly v distribuci dospělců a vývojových stádií (larev) zachycených během jarní a podzimní expozice, a to s ohledem na ontogenezi podzimních druhů střevlíkovitých a kritická rizika spojená s hlubokou podzimní orbou.
3. Formulace doporučení pro zemědělskou praxi: Na základě nasbíraných terénních dat objektivně posoudit smysluplnost zakládání okrajových zón a poskytnout argumenty pro optimalizaci ochrany přirozených predátorů škůdců.
4. Didaktické využití a popularizace významu epigeonu: Zpracovat aplikovaný edukační materiál ve formě praktického terénního „kapesního průvodce“. Cílem tohoto výstupu je přiblížit široké i zemědělské veřejnosti klíčovou roli střevlíkovitých brouků a dalších půdních organismů v agroekosystému. Průvodce má za úkol srozumitelně vysvětlit a vyzdvihnout jejich ekosystémový přínos (např. bioindikace, predace škůdců, konzumace semen plevelů, bioturbace a dekompozice) a edukativní formou argumentovat, proč je nezbytné tyto živočichy v kulturní krajině chránit a jejich populace cíleně podporovat.

Materiál a metody

Charakteristika zájmového území

Terénní sběr dat pro účely této studie probíhal v Jihočeském kraji (okres České Budějovice), konkrétně v intenzivně obhospodařované zemědělské krajině oblasti Trhosvinska. Výzkumné transekty byly lokalizovány na zemědělských pozemcích situovaných v okolí obcí Štipton a Vyhlídky.



Obrázek 1. Pohled na krmný biopás mezi dvěma lány ozimé pšenice. Foto: vlastní.

Modelové území představuje typickou mozaiku moderní intenzivně využívané zemědělské krajiny (pro niž je charakteristická vysoká míra homogenizace a historické scelování pěstebních ploch. Tyto procesy vedly k potlačení původní prostorové heterogenity, což je považováno za jeden z hlavních faktorů fragmentace a izolace zbývajících populací epigeické fauny (Tschardt et al., 2005). Výběr těchto lokalit tak poskytl ideální podmínky pro komparativní analýzu vlivu různých agrotechnických režimů a mimoprodukčních prvků na strukturu sledovaných společenstev.

Pro postihnutí ekologických gradientů a vyhodnocení reálného fungování dotačních agroenvironmentálních nástrojů byly v rámci zájmového území vytyčeny čtyři funkčně odlišné typy biotopů. Tyto plochy byly vybrány s cílem zachytit jak extrémní stresové podmínky produkčního centra (O), tak i ochranný potenciál uměle vytvořených okrajových zón (B). Sledovány byly následující biotopy:

- **Obilnina (O):** Tato plocha (Obrázek 1), osetá ozimou pšenicí (*Triticum aestivum*), reprezentuje standardní střed intenzivně obhospodařovaného pole a slouží v rámci výzkumu jako kontrolní produkční stanoviště. Vyznačuje se vysokou mírou mechanických a chemických disturbancí, pravidelnou aplikací agrochemikálií, a především podzimní hlubokou orbou. Ta představuje pro imobilní vývojová stádia hmyzu (vejčička, pupy, larvy) i pro doprovodná plevelová společenstva vysoce nehostinné, stresové a často letální prostředí (Fried et al., 2009; Zinati et al., 2018)
- **Biopás/dělicí pás (B):** Liniový ochranný prvek cíleně vyjmutý z plošné agrotechniky. Z ekologického hlediska tento biotop nereprezentuje klasický přírodní přechod, ale představuje tzv. vynucený ekoton (constraint ecotone) (Obrázek 1), jehož existence a kvalita je plně diktována formou zvoleného managementu hospodáře (Dutoit et al., 2007). V intenzivně obhospodařované matici funguje jako refugium, které fauně nabízí potravu v podobě plevelových semen a alternativní kořisti, a především prostor bezpečný před mechanickou destrukcí radličnými pluhy a hlubokou orbou (Zinati et al., 2018). V našem případě byl biopás na lokalitě v obci Vyhlídky krmný, tedy podle metodiky MZ (2024) osázen plodinami z Tabulky 1, což poskytuje vhodné prostředí zejména pro epigeickou faunu (a až druhotně pro taktéž velmi důležité opylovače) (MZ, 2024).

Tabulka 1. Směs osiv pro krmný biopás dle metodiky Ministerstva Zemědělství (MZ, 2024).

Druh (povinně zastoupený)	Minimální množství ve směsi (kg/ha)
Jarní obilovina oves setý (<i>Avena sativa</i> L.) pšenice jarní (<i>Triticum aestivum</i> L.) ječmen jarní (<i>Hordeum vulgare</i> L.)	65
Proso seté (<i>Panicum miliaceum</i> L.)	15
Kapusta krmná (<i>Brassica oleracea</i> L. conv. <i>acephala</i> (DC) Alof. var. <i>medullosa</i>)	0,8
Pohanka obecná (<i>Fagopyrum esculentum</i> Moench)	15

Druh (dobrovolně zastoupený)	Minimální množství ve směsi (kg/ha)
Slunečnice roční (<i>Helianthus annuus</i> L.)	2,5
Lesknice kanárská (<i>Phalaris canariensis</i> L.)	5
Svazenka vratičolistá (<i>Phacelia tanacetifolia</i> Benth.)	5
Svazenka shloučená (<i>Phacelia congesta</i>)	5
Len olejný (<i>Linum usitatissimum</i> L.)	20
Bobovité hrách setý polní (<i>Pisum sativum</i> L. ssp. <i>Speciosum</i>) peluška (<i>Pisum</i> sp.) hrách setý pravý (<i>Pisum sativum</i> L. ssp. <i>Sativum</i>) bob koňský polní (<i>Vicia faba</i> L. var. <i>Equina</i>) víkev setá (<i>Vicia sativa</i>)	30
Lupina bílá (<i>Lupinus albus</i> L.)	5
Čirok zrnový (dvoubarevný) (<i>Sorghum bicolor</i> L.)	3
Bér italský (<i>Setaria italica</i> L.)	4

- **Úhor (U):** Ponechaná klidová zóna vyloučená z bezprostřední produkce, která plní funkci dočasně nesečeného či nezpracovávaného habitatu. Ponechání takovýchto ploch bez zásahu těžké mechanizace je klíčovým mechanismem pro vznik tzv. ostrovů života, což v agroceenózách prokazatelně a signifikantně zvyšuje zachycenou biomasu bezobratlých (Šípek et al., 2021). Tento krajinný prvek navíc reflektuje současné požadavky na vyčleňování neprodukcčních ploch v rámci dotačních standardů DZES. Úhor je zastoupen dočasným travním porostem (Obrázek 2) nedaleko lokality biopásu a obilniny na území obce Vyhlídky.



Obrázek 2. Dočasný travní porost (úhor) nedaleko obce Vyhlídky. Foto: vlastní.

- **N-fixující plodina/jetelovina:** Porost jetele lučního (*Trifolium pratense*), specifické plodiny vázající vzdušný dusík, který fauně poskytuje hustší a déletrvající vegetační kryt než klasická obilnina. Odlišná architektura porostu zde vytváří výrazně stabilnější mikroklimatické podmínky, což je kritické zejména pro druhy vyžadující specifickou a nepřerušenu sumu efektivních teplot pro zdárné dokončení své ontogeneze (Saska & Honěk, 2003). Rozsáhlá lokalita porostlá jetelem lučním se nachází hned za humny Evropsky Významné Lokality Sokolí hnízdo a bažantnice a též nedaleko Jánského Rybníka v obci Štipton (Obrázek 3).



Obrázek 3. Pole jetele ve Štiptoni, hned za humny EVL. Foto: vlastní.

Tato čtveřice sledovaných biotopů vytváří v krajině modelovou mozaiku, na níž lze objektivně testovat předpoklad, že šetrně obhospodařované okrajové zóny nejenže chrání ohroženou biodiverzitu, ale zpětně poskytují přilehlé produkční plodině klíčové ekosystémové služby (Tschumi et al., 2016).

Metodika terénního sběru

Pro kvantitativní a kvalitativní zhodnocení společenstev epigeické fauny, se specifickým zaměřením na bioindikačně významnou čeleď střevlíkovitých, byla využita standardizovaná metoda zemních pastí. Tato metoda představuje v agroekologickém výzkumu a při hodnocení agroenvironmentálních opatření celosvětově nejpoužívanější a metodicky nejlépe ukotvený postup pro efektivní monitoring abundance (respektive activity/density) epigeických bezobratlých. Její hlavní předností je schopnost kontinuálně zachycovat organismy pohybující se po povrchu půdy, což umožňuje exaktní srovnání dynamiky společenstev napříč různými biotopy i v odlišných ročních obdobích.

Prostorové rozmístění pastí bylo navrženo tak, aby postihlo distribuci fauny v odlišných typech porostů a zachytilo případné migrační přesuny či okrajové efekty (edge effects) mezi produkční plochou a navazujícími mimoprodukčními prvky, jež v krajině fungují jako vynucené ekotony (Dutoit et al., 2007). Na každém ze čtyř definovaných stanovišť (obilnina, biopás, úhor, N-fixující plodina) byly vytyčeny dva liniové transekty. V rámci každého transektu bylo do úrovně půdního povrchu zapuštěno pět zemních pastí, čímž vznikly ucelené odběrové série pro jednoznačnou identifikaci vzorků (označené v databázi jako O-1 až O-10, B-1 až B-10, U-1 až U-10 a N-1 až N-10). Celkově tak bylo v každém expozičním termínu na modelové lokalitě Trhosvinsko aktivováno 40 zemních pastí.

Z hlediska časového harmonogramu byl sběr dat rozdělen do dvou nezávislých, fenologicky oddělených expozičních period. Toto rozdělení je důležité pro objektivní zhodnocení populace střevlíkovitých, neboť zohledňuje jejich rozličné vývojové a reprodukční strategie, odvíjející se od odlišných fyziologických nároků na teplotu (Hůrka, 1996; Saska & Honěk, 2003).

- **Jarní expozice (jarní výběr)** byla realizována ve dnech **27. 5. – 11. 6. 2025**. Cílem této expozice bylo zachytit vrcholnou aktivitu jarních druhů střevlíkovitých brouků a zároveň dospělců, kteří úspěšně přezimovali v okrajových refugiích. S nástupem příznivých jarních teplot a rozvojem vegetace tyto predátoři masivně kolonizují centra produkčních polí, kde vyhledávají potravu v podobě jarních generací zemědělských škůdců.
- **Podzimní expozice (podzimní výběr)** probíhala v termínu **1. 10. – 15. 10. 2025**. Načasování tohoto sběru bylo primárně zaměřeno na postihnutí aktivity tzv. podzimních druhů (např. semenožravých zástupců rodu *Amara*). Tyto druhy

se vyznačují specifickou bionomií; díky vyššímu spodnímu prahu vývoje (LDT) u jejich vajíček (kolem 13,1 °C) je masivní líhnutí larev adaptivně posunuto právě do období pozdního léta a podzimu (Saska & Honěk, 2003). Říjnový termín sběru byl současně vybrán s ohledem na probíhající zemědělský rok – cílem bylo zaznamenat distribuci a koncentraci střevlíků a jejich larev v krajině bezprostředně před tím, než na produkčních plochách započne hluboká podzimní orba. Ta představuje masivní plošnou disturbanci, která tato imobilní zimující stádia ponechaná v centrech polí spolehlivě likviduje (Zinati et al., 2018). Rozložení expozic tak umožňuje zhodnotit, do jaké míry testovaná ochranná opatření (biopásky) fungují jako prevence před touto podzimní destrukcí.

Laboratorní zpracování materiálu

Po ukončení obou terénních expozičních period byly odebrané zemní pasti transportovány z Českobudějovicka do laboratorního zázemí Katedry ekologie a životního prostředí Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci ke konečnému zpracování. Obsah pastí byl nejprve pečlivě propláchnut od zbytků fixační tekutiny (4 % formaldehyd) a půdních nečistot přes síto. Následně proběhla pod binokulární lupou separace nasbíraného materiálu v misce naplněné vodou, během níž byl úlovek roztríděn na úroveň hlavních taxonomických skupin, jež jsou (Obrázek 4) důležitými bioindikátory - Střevlíkovití (Carabidae) a ostatní brouci (Coleoptera), larvy brouků, pavouci (Araneae), sekáči (Opiliones), stonožky (Chilopoda), mnohonožky (Diplopoda) a stejnonožci (Isopoda) (Birkhofer et al., 2015).

Chvostoskoci (Collembola), ačkoliv jsou jakožto bioindikační organismy náchylné na polutanty vhodnými kandidáty (Joimel et al., 2022), byli pro náročnou determinaci a nevhodný způsob odchyty pro účely této práce během třízení zcela diskvalifikováni. Co výskyt jednotlivých (bioindikačních) druhů vypovídá o kvalitě půdy je dále shrnuto nejen v odborné, ale též v didaktické části této práce (viz kapitulu „Didaktické využití“).



Obrázek 4. Pracovní prostředí při třídění a determinaci materiálu v laboratorním zázemí Katedry ekologie UP. Foto: vlastní.

Zásadní pozornost byla v rámci této práce věnována čeledi střevlíkovitých. Všichni zachycení dospělci (imaga) z této indikační skupiny byli determinováni na úroveň druhů s využitím určovacího klíče – Carabidae České a Slovenské republiky (Hůrka 1996).

Souběžně s druhovou determinací dospělců probíhala separace nedospělých vývojových stádií. Vzhledem k vysoké taxonomické a morfologické náročnosti určování larev brouků (a zejména pak střevlíkovitých) do druhové úrovně (Saska & Honěk, 2003) byly všechny nalezené larvy separovány a kvantifikovány jako jedna souhrnná kategorie (bez bližšího druhového zařazení). Tento metodický krok byl však nezbytný pro exaktní vyhodnocení podzimní reprodukční dynamiky na stanovištích a pro následné posouzení fatálního vlivu blížících se agrotechnických zásahů na tato preimaginální stádia (Zinati et al., 2018).

Veškerá získaná kvantitativní i kvalitativní data – tedy přesné počty determinovaných jedinců a druhů dospělců střevlíkovitých a jejich abundance larev – byla pro každou individuální past (1–10) a každý sledovaný biotop (O, B, U, N) průběžně digitalizována. Data z obou expozic byla převedena do tabulkového procesoru (Microsoft Excel), čímž vznikla přehledná a strukturovaná databáze. Tato primární data následně posloužila jako základ pro veškeré analýzy, vzájemnou komparaci společenstev v jednotlivých biotopech a tvorbu grafických vizualizací prezentovaných v následujících kapitolách.

Statistická analýza dat

Pro statistické zpracování byla primární data o zachycených jedincích z obou expozičních period uspořádána do databáze v programu MS Excel. Pro účely statistického testování byla nejprve pro každou zemní past samostatně vypočtena celková abundance (počet zachycených jedinců), druhová bohatost (počet determinovaných druhů) střevlíkovitých brouků a stanoven Shannon-Wienerův index diverzity (H'). Základní výpočetní jednotkou pro následné analýzy nebyl celkový sumární úlovek na stanovišti, nýbrž konkrétní zemní past, jež představovala nezávislé opakování

K otestování rozdílů v abundanci, druhové bohatosti a diverzitě mezi čtyřmi sledovanými biotopy (obilnina, biopás, úhor, N-fixující plodina) byla využita jednofaktorová analýza rozptylu (ANOVA). Pro zjištění průkaznosti rozdílů mezi konkrétními dvojicemi biotopů byl následně aplikován Tukey HSD test. Hladina významnosti byla stanovena na $\alpha = 0,05$. Ke grafické vizualizaci těchto dat byly využity krabicové grafy.

Pro vyhodnocení vlivu typu biotopu na celkové druhové složení společenstva střevlíkovitých brouků byla využita multivariátní statistika zpracovaná v softwaru R. V závislosti na struktuře dat byla k vizualizaci a testování rozdílů v druhovém složení aplikována Kanonická korespondenční analýza (CCA).

Výsledky

Celkový přehled epigeické fauny

V průběhu dvou nezávislých expozičních termínů (jarní expozice 27. 5. 2025 - 11. 6. 2025 a podzimní expozice 1. 10. 2025 - 15. 10. 2025) bylo na modelové lokalitě Trhosvinsko odchyceno celkem 3 340 dospělých jedinců a 506 larev epigeické fauny. Získaný biologický materiál byl roztríděn do čtyř hlavních sledovaných kategorií: (1) dospělci střevlíkovitých brouků (Coleoptera: Carabidae), (2) dospělci ostatních čeledí brouků (Coleoptera), (3) pavouci (Araneae), (4) larvy brouků (tvořené primárně preimaginálními stádii střevlíkovitých).

Nejpočetnější skupinou v rámci celého výzkumu byli dospělci střevlíkovitých brouků (Carabidae), kterých bylo zachyceno celkem 1631. Významnou část společenstev zemědělských ploch tvořili též pavouci (Araneae) s 1308 jedinci. Larvální stádia byla zastoupena 506 jedinci a ostatní brouci (zahrnující například zástupce čeledí drabčíkovití (Staphylinidae), kovaříkovití (Elateridae), nosatcovití (Curculionidae) či mrchožroutovití (Silphidae)) tvořili úlovek o velikosti 401 jedinců (Tabulka 2).

Tabulka 2. Celková abundance hlavních skupin epigeické fauny zachycené do zemních pastí během jarní a podzimní expozice.

Skupina	Jaro	Podzim	Celkem
Střevlíci (Carabidae)	1590	41	1631
Pavouci (Araneae)	1113	195	1308
Ostatní Coleoptera	276	125	401
Larvy střevlíkovitých	125	381	506

Srovnání obou odběrů ukázalo vyzdvihlo rozdíly, a to jak v celkové početnosti, tak ve struktuře aktivity zachycených společenstev. Zatímco v jarním období (květen–červen) vykazovala dospělá epigeická fauna extrémně vysokou abundanci (celkem 2979 jedinců), podzimní odchyt (říjen) přinesl její drastický pokles (361 jedinců). Tento fenomén byl nejvýraznější právě u dospělců čeledi Carabidae, jejichž početnost se propadla z 1 590 na pouhých 41 jedinců. Zcela opačný trend byl naopak zaznamenán u jejich larev. Jejich aktivita na podzim masivně vzrostla, a to z jarních 125 jedinců na říjnových 381 jedinců, což představuje více než trojnásobný nárůst.

Z hlediska druhové bohatosti bylo na sledovaných transektech determinováno celkem 21 druhů střevlíkovitých brouků. Jarní výběr byl druhově výrazně bohatší (20 zaznamenaných druhů) ve srovnání s podzimním výběrem (11 druhů) (Tabulka 3).

Tabulka 3. Druhové složení a abundance dospělců střevlíků (Carabidae) zachycených během jarní a podzimní expozice.

Název	Zkratka	Jarní výběr	Podzimní výběr	Celkem	% zastoupení
<i>Agonum sexpunctatum</i> (Linnaeus, 1758)	Agosex	1	0	1	0,06 %
<i>Amara aenea</i> (De Geer, 1774)	Amaaen	1	0	1	0,06 %
<i>Amara familiaris</i> (Duftschmid, 1812)	Amafam	1	8	9	0,55 %
<i>Anchomenus dorsalis</i> (Pontoppidan, 1763)	Ancdor	72	1	73	4,48 %
<i>Bembidion biguttatum</i> (Fabricius, 1779)	Bembig	4	0	4	0,25 %
<i>Bembidion lampros</i> (Herbst, 1784)	Bemlam	30	3	33	2,02 %
<i>Carabus granulatus</i> (Linnaeus, 1758)	Cargra	38	0	38	2,33 %
<i>Clivina collaris</i> (Herbst, 1784)	Clicol	11	3	14	0,86 %
<i>Harpalus affinis</i> (Schrank, 1781)	Haraff	6	0	6	0,37 %
<i>Harpalus griseus</i> (Panzer, 1796)	Hargri	1	0	1	0,06 %
<i>Harpalus rubripes</i> (Duftschmid, 1812)	Harrub	15	2	17	1,04 %
<i>Harpalus rufipes</i> (De Geer, 1774)	Harruf	101	1	102	6,25 %
<i>Loricera pilicornis</i> (Fabricius, 1775)	Lorpil	1	0	1	0,06 %
<i>Nebria brevicollis</i> (Fabricius, 1792)	Nebbre	2	1	3	0,18 %
<i>Notiophilus biguttatus</i> (Fabricius, 1779)	Notbig	1	0	1	0,06 %
<i>Poecilus cupreus</i> (Linnaeus, 1758)	Poecup	1259	13	1272	77,99 %
<i>Poecilus versicolor</i> (Sturm, 1824)	Poever	28	0	28	1,72 %
<i>Pterostichus melanarius</i> (Illiger, 1798)	Ptemel	16	2	18	1,10 %
<i>Pterostichus vernalis</i> (Panzer, 1796)	Ptever	1	2	3	0,18 %
<i>Stenolophus teutonius</i> (Schrank, 1781)	Steteu	1	0	1	0,06 %
<i>Trechus quadristriatus</i> (Schrank, 1781)	Trequa	0	5	5	0,31 %
		1590	41	1631	100,00 %

Deset druhů se stabilně vyskytovalo v obou sledovaných obdobích, přičemž deset druhů bylo zachyceno exkluzivně pouze na jaře (např. *Carabus granulatus*, *Poecilus versicolor* či *Bembidion biguttatum*) a jeden druh (*Trechus quadristriatus*) byl zaznamenán výhradně v podzimním odchytu (Tabulka 3).

Druhové složení střevlíkovitých

Z celkového počtu 1631 determinovaných dospělců čeledi Carabidae tvořilo společenstvo na modelové lokalitě 21 různých druhů. Struktura dominance tohoto společenstva vykazovala značnou nevyrovnanost, což je typickým jevem v intenzivně obhospodařovaných agrocenózách, kde úzké spektrum ekologicky plastických a mobilních druhů početně potlačuje druhy citlivější.

Absolutně dominantním druhem, vyskytujícím se v zemních pastech, se stal *Poecilus cupreus* (Obrázek 5), který byl zastoupen 1 272 jedinci. Tento druh tak tvořil téměř 78 % veškerého odchyceného dospělého materiálu čeledi Carabidae. Druhým nejpočetnějším, dominantním zástupcem byl *Harpalus rufipes* se 102 jedinci (6,25 %). Dalším významným druhem, jenž byl zastoupen 73 jedinci (4,47 %) byl *Anchomenus dorsalis*. A nakonec velký druh *Carabus granulatus* (38 jedinců, 2,33 %) a naopak drobný *Bembidion lampros* (33 jedinců, 2,02 %).



Obrázek 5. *Poecilus cupreus* (střevlíček měděný). Foto: vlastní.

Zbýlých 16 druhů bylo v odebraném vzorku zastoupeno méně než 2 % - spadají tedy do kategorie recedentních, až subrecedentních druhů v tomto společenstvu. Přičemž hned osm z nich bylo v pastích zachyceno pouze v jediném exempláři (např. *Agonum sexpunctatum* (Obrázek 6), *Loricera pilicornis* či vzácněji zaznamenávaný *Stenolophus teutonus*.



Obrázek 6. *Agonum sexpunctatum*. Foto: vlastní.

Při detailním srovnání obou fenologických aspektů byla zjištěna výrazná dynamika ve struktuře dospělého společenstva. Jarnímu aspektu (1 590 jedinců) dominoval výše zmíněný *Poecilus cupreus* (79,2 %), doprovázený druhy *Harpalus rufipes* a *Anchomenus dorsalis*. Extrémní aktivita těchto druhů na přelomu května a června jasně koreluje s jejich rozmnožovací a loveckou strategií – jedná se o typické jarní druhy a aktivní predátory plošně kolonizující produkční plochy za účelem lovu kořisti.

Naopak podzimní aspekt, který představoval propad na pouhých 41 aktivních dospělců, ukázal zcela odlišnou vnitřní strukturu. Ačkoliv zde *P. cupreus* v absolutních číslech stále představoval nejčastější úlovek (13 jedinců), do popředí se procentuálně dostaly typicky podzimní druhy s odlišnou bionomií. Výrazně vzrostl podíl semenožravého druhu *Amara familiaris* (8 jedinců, což tvořilo 19,5 % celého podzimního úlovku dospělců) a exkluzivně se objevil druh *Trechus quadristriatus* (5 jedinců, 12,2 %), který v jarních sběrech na lokalitě zcela chyběl.

Vliv biotopu na prostorovou distribuci a diverzitu

Prostorová distribuce dospělců střevlíkovitých brouků vykazovala mezi čtyřmi testovanými biotopy (obilnina, biopás, úhor, N-fixující plodina) extrémní rozdíly. Tyto rozdíly se projevily nejen v absolutní početnosti (abundanci) odchycených jedinců, ale především v ekologické kvalitě a struktuře společenstev, kterou lze exaktně vyjádřit pomocí Shannon-Wienerova indexu diverzity (H') (Tabulka 4)

Tabulka 4. Porovnání abundance, druhové bohatosti a diverzity společenstev střevlíkovitých brouků ve sledovaných biotopech během jarní a podzimní expozice.

Typ biotopu	Expozice	Abundance (ks)	Počet druhů	Shannon-Wienerův index (H')
Obilnina (O)	Jarní	1137	14	0,57
	Podzimní	6	3	0,87
	Celkem	1143	14	0,57
Biopás (B)	Jarní	56	8	1,22
	Podzimní	20	7	1,6
	Celkem	76	10	1,57
Úhor (U)	Jarní	214	8	1,24
	Podzimní	4	1	0
	Celkem	218	8	1,22
Jetelovina (N)	Jarní	183	13	1,45
	Podzimní	11	5	1,41
	Celkem	194	15	1,62

Z hlediska absolutní abundance dospělců představovala nejproduktivnější stanoviště kontrolní obilnina (O), kde bylo za obě expozice odchyceno celkem 1143 jedinců. Tento vysoký záchyt byl však takřka exkluzivně tvořen jarní populační explozí druhu *Poecilus cupreus* (1 001 jedinců v jarním odběru). Následoval úhor (U) s 21 jedinci a jetelovina (N) se 194 jedinci a zdánlivě nejméně jedinců poskytl biopás (B) s 76 jedinci.

Při hodnocení skutečné ekologické hodnoty biotopů (druhové bohatosti a vyrovnanosti) se ovšem situace zcela obrací. Produkční obilnina (O), navzdory obrovskému počtu jedinců, vykazovala extrémně nízkou diverzitu (celkový Shannon-Wienerův index (H') = 0,57). Nízká hodnota indexu zde matematicky potvrzuje silný disturbující vliv intenzivní agrotechniky – drsné podmínky v centru pole přežívá a plně jim dominuje pouze hrstka vysoce adaptabilních druhů (tzv. eurytopní generalisté), kteří potlačují ostatní faunu.

Naopak mimoprodukční a ochranné prvky zafungovaly jako vysoce kvalitní refugia. Nejvyšší druhové bohatství napříč celým výzkumem hostila jetelovina (N), kde bylo zjištěno 15 druhů s celkově nejvyšším Shannon-Wienerovým indexem diverzity ($H' = 1,62$). Těsně v závěsu následoval biopás (B), v kterém bylo odchyceno 76 jedinců z celkem deseti různých druhů a vykazoval tak vysokou diverzitu ($H' = 1,57$). Tyto stabilnější biotopy poskytly útočiště i druhům, které se v produkční obilnině nevyskytovaly, nebo jen zcela raritně (např. *Carabus granulatus* či *Amara familiaris*).

Zásadní ekologický význam biopásů se naplno projevil u výsledků podzimní expozice. Zatímco obilnina (O) a úhor (U) zaznamenaly v říjnu z hlediska dospělců absolutní kolaps (na úhoru spadl počet na 4 jedince jediného druhu s nulovou diverzitou ($H' = 0,00$), biopás (B) si udržel nejvyšší druhovou bohatost (7 druhů) i nejvyšší diverzitu dospělců ze všech sledovaných ploch ($H' = 1,60$).

Sezónní dynamika a fenomén zimování larev

Analýza časoprostorové distribuce epigeické fauny odhalila zcela zásadní fenologický posun mezi jarním (květen–červen) a podzimním (říjen) aspektem. Zatímco druhové složení a aktivita dospělců (imag) dominovaly počátku vegetační sezóny (jarní období), podzimní období se vyznačovalo extrémním nárůstem počtu nedospělých vývojových stádií (larev). Tento posun byl navíc silně vázán na konkrétní typy stanovišť, což prokazuje odlišnou ekologickou funkci produkčních ploch a okrajových refugií v průběhu roku.

Aktivita dospělců čeledi Carabidae byla v jarním aspektu masivní, a to především v centru produkční obilniny (O), kde bylo zaznamenáno 1 137 jedinců. Tato obrovská koncentrace odráží jarní kolonizaci polí mobilními predátory vyhledávajícími kořist. S nástupem podzimu však došlo k plošnému kolapsu aktivity dospělců napříč všemi stanovišti. V obilnině (O) se jejich počet propadl na pouhých 6 jedinců, v úhoru (U) na 4 jedince a v N-fixující plodině (N) na 11 jedinců. Jediným biotopem, který si zachoval alespoň mírnou aktivitu dospělců a nejvyšší druhovou diverzitu, zůstal biopás (B) s 20 zaznamenanými imagy.

Další zajímavý výsledek přinesla analýza počtu larev. V jarním období byla početnost larev na lokalitě relativně nízká a jejich prostorová distribuce poměrně rovnoměrná – v obilnině (O) bylo odchyceno 38 larev, v biopáse (B) 47, v úhoru (U) 15 a v N-fixující plodině (N) 25 jedinců.

Na podzim však nastala radikální změna. Zatímco v produkční obilnině (O), která v této době podléhá posklizňovému managementu a blížící se podzimní orbě, zůstal počet larev extrémně nízký (15 jedinců), v mimoprodukčních prvcích jejich počty explodovaly. Na úhoru (U) se počet larev zvedl na 35 a v jetelovině (N) na 24 jedinců. Zcela dominantní koncentrace larev však byla objevena v liniovém biopásu (B). Zde bylo během dvou říjnových týdnů (podzimní expozice) odchyceno celkem 307 larev, což představuje více než dvacetinásobně vyšší abundanci ve srovnání s přilehlou obilninou. Tento propastný rozdíl dokládá, že podzimní snůšky a líhnoucí se larvy nejsou v krajině rozloženy náhodně, ale jsou cíleně koncentrovány v ochranných zónách biopásů, které nepodléhají dosud běžně nastavenému intenzivnímu zemědělskému managementu.

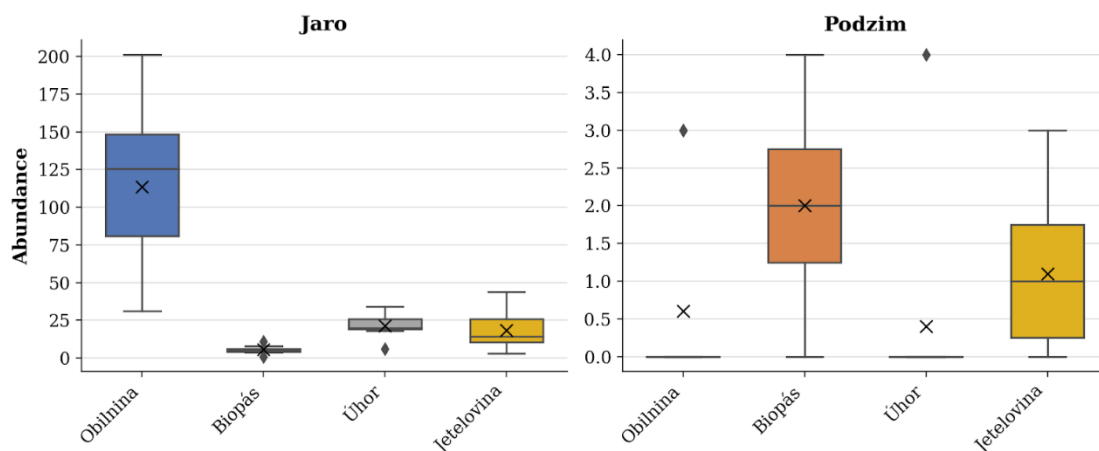
Statistické zhodnocení vlivu biotopu

Výše zmíněné sumární rozdíly v úlovcích mezi biotopy byly pro objektivizaci podrobeny statistickému testování (ANOVA). Pro porovnání byly využity celkové úlovky z jednotlivých zemních pastí na daném biotopu. K testování odlišnosti abundance dospělých střevlíkovitých brouků na sledovaných biotopech (obilnina, biopás, úhor, jetelovina) v průběhu obou fenologických aspektů byla použita dvoufaktorová analýza ANOVA a následně Tukey HSD test.

Statisticky vysoce významný byl, jak vliv samotného biotopu ($F = 30,28$; $p < 0,0001$), tak také vliv ročního období ($F = 74,40$; $p < 0,0001$). Rovněž vzájemná interakce mezi biotopem a ročním obdobím měla na abundanci signifikantní vliv ($F = 31,18$; $p < 0,0001$), což dokazuje, že se společenstva na jednotlivých stanovištích mění v čase odlišně.

Dle následného post-hoc testování pro jarní období byla abundance dospělců v produkční obilnině signifikantně vyšší ve srovnání se všemi ostatními mimoprodukčními a okrajovými prvky (biopás, úhor i jetelovina). S nástupem podzimního aspektu však došlo k plošnému a drastickému propadu aktivity dospělců napříč všemi biotopy. Z tohoto propadu vystupoval pouze liniový biopás, který si jako jediný zachoval mírnou aktivitu dospělců, jež zde byla prokazatelně vyšší než na úhoru ($p = 0,02$) a blížila se signifikantnímu rozdílu i vůči samotné produkční obilnině

($p = 0,053$). Ochranný biopás a jetelovina tak v podzimním období posloužily jako nejvýznamnější záchytná refugia (nejen) pro dospělé (Obrázek 7).

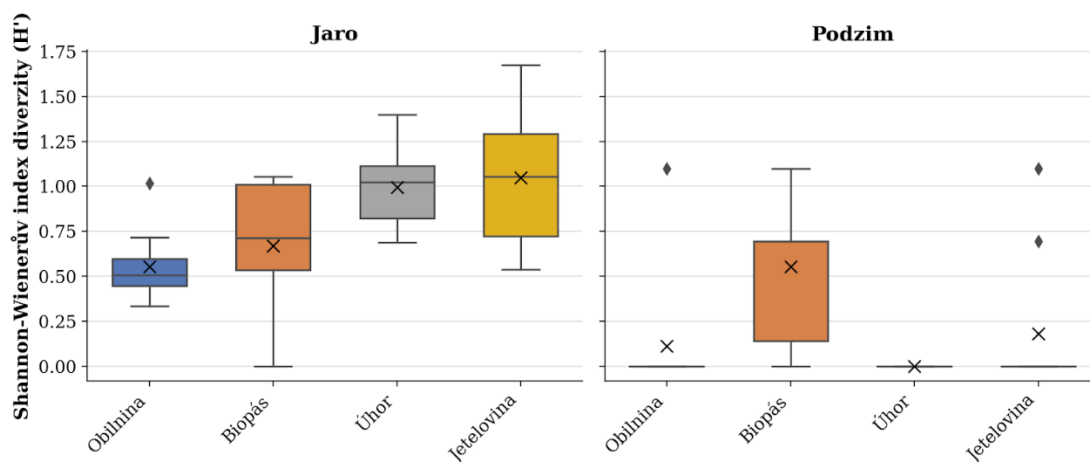


Obrázek 7. Porovnání abundance dospělých střevlíkovitých brouků (Dvoufaktorová ANOVA: vliv biotopu i období, $p < 0,0001$)

Při hodnocení celkové ekologické kvality společenstev se situace napříč sledovanými biotopy a obdobími diametrálně proměnila. Dvoufaktorová analýza rozptylu prokázala signifikantní vliv jak sledovaného biotopu ($F = 3,35$; $p = 0,023$), tak ročního období ($F = 69,41$; $p < 0,0001$) na hodnotu Shannon-Wienerova indexu diverzity (H'). Zásadní je rovněž statisticky průkazná interakce těchto dvou faktorů ($F = 7,71$; $p = 0,0001$), jež dokládá, že se atraktivita biotopů pro střevlíkovité v průběhu sezóny mění.

U jarní expozice potvrdil Tukey HSD test, že diverzita na produkční obilnině byla i přes nejvyšší abundanci jedinců signifikantně nižší než na úhoru a v porostu jeteloviny. Tyto dvě stabilní mimoprodukční plochy plnily v jarním období funkci prostorově nejvyrovnanějšího refugia (přičemž mezi sebou nevykazovaly statisticky průkazný rozdíl).

S příchodem podzimního aspektu však došlo k výrazné změně. Na produkční obilnině, úhoru i jetelovině diverzita dospělých plošně klesla až k nulovým hodnotám. Jak prokázal post-hoc test, ochranný biopás se v tomto období stal jedinou plochou, která si zachovala relativně vysokou druhovou vyrovnanost a jeho diverzita byla signifikantně vyšší než na úhoru ($p = 0,003$) a v produkční obilnině ($p = 0,026$). Ochranný biopás tak s příchodem podzimních měsíců převzal téměř exkluzivní roli klíčového refugia, s podstatně nejvyšší druhovou diverzitou (Obrázek 8).



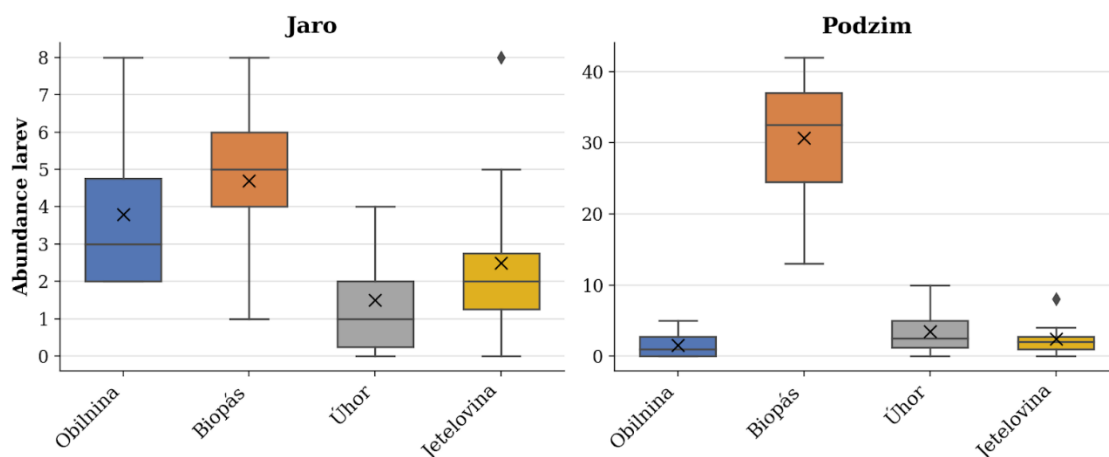
Obrázek 8. Porovnání Shannon-Wienerova indexu diverzity (H') střevočků (Dvoufaktrová ANOVA: vliv biotopu $p = 0,023$, období $p < 0,0001$)

Zatímco na distribuci dospělých má značný vliv jejich schopnost aktivní disperze, další významný indikátor ekologické funkce stanoviště představuje analýza abundance prakticky imobilních preimaginálních stádií. K otestování rozdílů v početnosti larev mezi biotopy v obou sezónních aspektech byla opět využita dvoufaktrová ANOVA.

Výsledky odhalily statisticky vysoce průkazný vliv biotopu ($F = 77,39$; $p < 0,0001$), ročního období ($F = 55,11$; $p < 0,0001$) a jejich vzájemné interakce ($F = 58,47$; $p < 0,0001$). V jarním období byla početnost larev na lokalitě celkově nízká a jejich prostorová distribuce poměrně vyrovnaná (signifikantní rozdíl byl zaznamenán pouze mezi biopásem a úhorem).

Se změnou ročního období však nastala výrazná změna. Zatímco v intenzivně obhospodařované produkční obilnině zůstala před podzimními agrotechnickými zásahy abundance larev na zcela minimální úrovni, liniový biopás zaznamenal populační explozi.

Dle výsledků Tukey HSD testu pro podzimní aspekt byla koncentrace larev v biopáseu signifikantně, až dvacetinásobně vyšší než v produkční obilnině, úhoru či jetelovině (ve všech případech $p < 0,0001$). Tento výsledek, názorně vizualizovaný v Obrázek 9, tak potvrzuje funkci neoraného biopáseu jakožto klíčového podzimního inkubátoru a refugia.

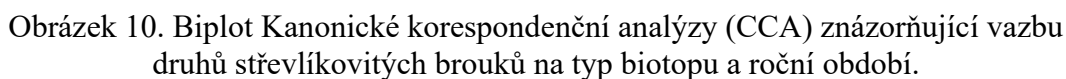


Obrázek 9. Porovnání abundance larev podle biotopu a období (Dvoufaktorialní ANOVA: vliv biotopu $p < 0,0001$, období $p < 0,0001$)

Vazba druhů na biotop a roční období (Multivariátní analýza)

Pro zhodnocení komplexního vlivu sledovaných biotopů a ročních období na celkové druhové složení společenstva střevlíkovitých brouků byla aplikována Kanonická korespondenční analýza (CCA). Do analýzy byly zahrnuty pouze pasti s nenulovým záchytem, aby se předešlo matematickému zkreslení modelu. Neparametrický permutační Monte Carlo test (999 permutací) potvrdil, že testované proměnné (typ biotopu a období) mají vysoce statisticky průkazný vliv na strukturu zkoumaného společenstva ($F = 3,01$; $p = 0,001$). Zvolený model dokázal objasnit 18,2 % celkové druhové variability v datovém souboru.

Ordinační diagram (Obrázek 10) vizualizuje silnou disociaci společenstev a potvrzuje ekologické trendy zjištěné v univariátních analýzách. Střed diagramu (těžiště) je silně vymezen jarním aspektem, který představoval nejpočetnější a druhově nejbohatší vzorky napříč všemi plochami. Kolem tohoto středu a směrem k produkční obilnině se shlukují typické eurytopní druhy s vazbou na zemědělskou půdu, jako je *Poecilus cupreus*, *Bembidion biguttatum* či zástupci rodu *Harpalus*.



26

Diskuze

Ekologický význam biopásů jako refugia a zimoviště pro larvální stadia

Nejvýraznějším zjištěním je markantní rozdíl v abundanci larev střevlíkovitých v podzimním období, kdy biopásy hostily neporovnatelně vyšší počet jedinců (307 larev) ve srovnání s ošetřenou produkční plochou (15 larev). Tento výrazný, až propadný rozdíl je přímým důsledkem rozdílných podmínek na produkčním poli a v mimoprodukčním prvku po sklizni.

Intenzivní zemědělské praktiky, mezi které patří plošná orba a aplikace agrochemikálií, drasticky narušují zimoviště a způsobují masivní přímou mortalitu edafické fauny. Tento devastační tlak nejtvrději dopadá právě na zranitelná larvální stadia podzimních druhů střevlíků, pro které se zorané pole stává v podstatě neobyvatelným prostředím. Zatímco na ošetřeném poli larvy fyzicky jen stěží přežijí mechanickou destrukci půdního profilu (Thorbek & Bilde, 2004), polopřirozené okrajové habitaty a biopásy pro ně fungují jako nepostradatelná a stabilní refugia.

Tento jev koresponduje s poznatky, které prokazují, že konvenční zpracování půdy (conventional tillage) radikálně snižuje celkovou abundanci i druhovou bohatost společenstva ve srovnání s konzervačními a extenzivními přístupy. Z výsledků tedy prokazatelně vyplývá, že biopás v podzimním období plní zcela kritickou funkci zimoviště (overwintering site), jež je nezbytnou podmínkou pro udržení populací v zemědělské krajině (Pfiffner & Luka, 2000).

Přestože biopás poskytuje záchranu před tvrdou agrotechnikou, je nutné objektivně zhodnotit rizika spojená s takto extrémní prostorovou koncentrací larev. Shromáždění více než tří set larev na velmi omezené ploše úzkého lineárního prvku nevyhnutelně vede ke skokovému nárůstu vnitrodruhové i mezidruhové konkurence. Střevlíci jsou vysoce aktivní predátoři a při nedostatku prostoru či primární potravy se u nich (a obzvláště u larev) rapidně zvyšuje míra kanibalismu a kompetiční predace, tzv. intraguild predation (Currie et al., 1996; Kromp, 1999). Reálné procento larev, které v biopáse úspěšně dokončí svůj vývoj a dožije se jara, tak může být vlivem těchto denzitně závislých faktorů významně redukováno.

Dále je nutné vzít v úvahu fenomén tzv. ekologické pasti (ecological trap). Koncentrace obrovského množství biomasy hmyzu na tak malé ploše zákonitě láká vyšší predátory, jako jsou hmyzožraví ptáci či drobní hlodavci (např. hraboši či myšice) (Frank,

1997; Boinot et al., 2020). Tento argument je dále podpořen empirickými daty z výběru zemních pastí, kde se nejeden tento hlodavec nacházel. Z širšího agroekologického hlediska je tato koncentrace potravy pro ptáky a obratlovce vysoce žádoucí a je prokazatelně nezbytná pro udržení zdravého potravního řetězce a zvrácení populačního poklesu polního ptactva. Z užšího pohledu samotné populace střevlíků se však biopás stává prostorem s extrémním predaním tlakem (Kromp, 1999).

Dynamika dospělců, vliv funkčních vlastností a (omezený) potenciál biokontroly

Zatímco u larev je plošný vliv mechanického narušení půdy většinou fatální, dynamika dospělců vykazuje v závislosti na managementu agroekosystému mnohem vyšší druhovou specifitu, která je silně vázána na jejich funkční vlastnosti. Z určitého úhlu pohledu se může zdát, že plošná agrotechnika nepředstavuje pro dospělé zcela nepřekonatelnou překážku, neboť běžné eurytopní druhy disponují širokou ekologickou valencí a silnými disperzními schopnostmi. Díky této mobilitě a oportunistickému chování dokáží tyto druhy rychle rekolonizovat narušená stanoviště a relativně úspěšně přežívat i v intenzivně obdělávaných monokulturách s konvenční orbou. Tento argument adaptability se však hroutí při pohledu na potravní a disperzní specialisty. Pro druhy rodů *Amara* či *Harpalus* je naopak naprosto nezbytná přítomnost pestré plevelové flóry a stabilního vegetačního krytu, jenž jim poskytuje nutná semena a úkryt, což oraniště či strniště nenabízí.

Dále platí, že velcí a nelétaví (brachypterní) draví střevlíci jsou k ekologickým disturbancím způsobeným intenzivním hospodařením mimořádně citliví a k přežití v homogenizované zemědělské krajině striktně vyžadují trvale ozeleněné biopásky či stabilní okraje. I zcela malé fragmenty polopřirozených stanovišť přitom mají obrovský vliv na zachování druhové bohatosti a fungují jako nepostradatelná zimoviště pro druhy, které by jinak v intenzivní krajině neměly šanci přežít (Knapp & Řezáč, 2015). Zemědělský a ochránářský přínos těchto stabilních prvků je tak neoddiskutovatelný. Biopásky fungují jako efektivní nárazníkové zóny; zjistilo se totiž, že po plošné aplikaci insekticidů na produkční ploše se populace střevlíků dokážou mnohem rychleji zotavit právě a jen tehdy, pokud je v bezprostřední blízkosti přítomno podobné refugium (Lee et al., 2001). Udržení vysoké funkční diverzity, zejména přítomnost zmíněných větších predátorů, prokazatelně a významně zvyšuje účinnost biologické kontroly škůdců.

Z biopásů se navíc na jaře a v létě šíří (tzv. spill-over efekt) obrovské množství dospělců do přilehlé plodiny, kde signifikantně redukuje populace mšic a jiných škůdců, což přináší přímý ekonomický benefit pro pěstitele (Collins et al., 2002).

Různorodá vegetace v těchto okrajích neposkytuje úkryt a potravu pouze pro semenožravé a dravé střevlíky, ale sekundárně funguje jako klíčový zdroj potravy pro hmyzožravé a granivorní polní ptáky, jejichž hnízdní úspěšnost i přežívání mláďat s úbytkem bezobratlých a plevelů prudce klesá. Navzdory těmto nesporným benefitům je však nezbytné hodnotit účinnost biopásů objektivně a zohlednit fyzikální i ekologické limity samotných brouků.

Větší druhy střevlíků omezuje zhoršená schopnost disperze, často se po poli pohybují pouze chůzí, a v rozlehlých, silně homogenizovaných oblastech mohou mít značný problém šířit se na delší vzdálenosti. Z toho přímo vyplývá takzvaný *distance-decay effect*, kdy predanční tlak a celková hustota dospělců rapidně klesají s rostoucí vzdáleností od tohoto záchranného prvku - biopásu (Tscharntke et al., 2005). Okrajový biopás tudíž nedokáže plnohodnotně biologicky ochránit hluboký střed rozsáhlého produkčního lánu, čímž je jeho plošný agronomický efekt u mnoha druhů značně limitován (Thomas. et al., 2001).

Extrémní prostorová koncentrace navíc přináší rizika přímo uvnitř samotného pásu. Když se velká hustota střevlíků a jejich larev ocitne na takto malém a úzkém prostoru, dochází k masivní vnitrodruhové konkurenci a kanibalismu, což může danou populaci paradoxně významně zredukovat (Currie et al., 1996). Koncentrace obrovského množství hmyzí biomasy zároveň přirozeně láká vyšší obratlovce, jako jsou ptáci či drobní savci, což z biopásu může lokálně učinit ekologickou past (ecological trap) s enormním predančním tlakem na samotné střevlíky (Frank, 1997).

Širší kontext a design agroenvironmentálních programů

Přechod od lokální populační dynamiky k širšímu měřítku ukazuje, že efektivita biopásů není v prostoru uniformní, ale silně závisí na struktuře okolní krajiny. V silně degradovaných a zjednodušených zemědělských oblastech, kde převládají rozsáhlé bloky orné půdy bez přirozených prvků, představují biopásky doslova ekologické oázy. V takovém prostředí je jejich zavedení spojeno s obrovským lokálním nárůstem funkční diverzity a biomasy střevlíkovitých (Woodcock et al., 2010). Naopak v heterogenní, mozaikovitě krajině s dostatkem remízků, luk a trvalých travních porostů může být

specifický záchranný efekt jednoho biopásu částečně maskován, jelikož brouci i jejich larvy mají k dispozici širší spektrum alternativních refugií (Tscharntke et al., 2005). To však nesnižuje jejich agronomickou hodnotu, nýbrž poukazuje na nutnost strategického plánování jejich umístění primárně do oblastí s nejvyšším stupněm intenzifikace.

Samotná přítomnost mimoprodukčního prvku v krajině nicméně úspěch nezaručuje; zcela kritický je jeho fyzický design a způsob údržby. Pro úspěšné přezimování stovek larev je nutný trvalý, neporušený travní drn a dostatek stařiny, jež chrání jedince před mrazem i predátory a eliminuje smrtící efekt podzimní orby (Pfiffner & Luka, 2000; Makwela et al., 2023). Dočasné jednoleté pásy, které jsou na podzim zaorány společně s produkčním polem, tento ochranný účel naprosto míjejí. Plošná a nízko vedená seč v termínu maximální aktivity larev či rozmnožování dospělců může celou populaci zdecimovat srovnatelně s agrotechnikou na samotném poli. Dále je pro cílenou podporu semenožravých druhů (např. *Amara* a *Harpalus*) zcela nezbytné, aby osevní směs biopásu neobsahovala pouze traviny, ale nabízela pestrou škálu kvetoucích dvouděložných bylin poskytujících dostatek potravy (Makwela et al., 2025).

Aplikace těchto prvků je dnes v Evropě úzce spjata se systémem dotací v rámci agroenvironmentálních programů Společné zemědělské politiky. Tyto finanční pobídky jsou klíčové, avšak pokud jsou biopásy vnímány pouze jako izolovaný dotační nástroj pro splnění legislativních kvót na okraji pole, zatímco na zbytku lánu probíhá extrémně intenzivní produkce, jejich ekologický efekt je značně okleštěn. Samotná izolovaná změna na okraji pole, nebo i teoretický přechod na ekologické zemědělství bez herbicidů, nedokáže bleskově kompenzovat strukturální degradaci půdy. Plná obnova vytrvalých plevelů, které jsou klíčové pro ptáky i hmyz, je velmi pomalá a pro obnovu společenstev je stěžejní zejména diverzifikace plodin a kvalitní osevní postup.

Závěrem lze shrnout, že biopásy představují vysoce efektivní nástroj pro zmírnění devastacních dopadů moderního konvenčního zemědělství. Slouží jako kritická zimoviště zachraňující larvální stadia před orbou (Kromp, 1999) a fungují jako zdrojová stanoviště pro jarní expanzi dospělců zajišťujících biokontrolu škůdců (Collins et al., 2002). Nadto tvoří nezbytnou potravní základnu tvořenou bezobratlými a semeny plevelů, jež chrání hnízdní úspěšnost polního ptactva před negativními nepřímými účinky plošně aplikovaných pesticidů. Aby však nebyl jejich potenciál promarněn, musí se stát promyšlenou součástí širší mozaiky šetrnějšího hospodaření a pestřejších osevních sledů, nikoliv pouhou ekologickou náplastí v krajině.

Didaktické využití

Záchrana biodiverzity v intenzivně obhospodařované zemědělské krajině nepředstavuje pouze technologickou či agronomickou výzvu, ale úzce souvisí s environmentálním povědomím široké i odborné veřejnosti. Jak z této práce vyplývá, osud půdní fauny leží primárně v rukou zemědělců a jejich ochotě vyčleňovat část produkčních ploch pro tvorbu ochranných biopásů. Motivace k zavádění těchto prvků je však často limitována fenoménem, který didaktika biologie označuje jako tzv. invertebrate blindness (přehlížení bezobratlých) – pojem byl původně vztažen výhradně na přehlížení rostlin (tzv. plant blindness) (Stagg, 2026). Zatímco ochrana velkých obratlovců či ptactva získává snadno podporu veřejnosti, půdní bezobratlí – ačkoliv nesou na svých bedrech důležité ekosystémové služby jako je dekompozice či kontrola škůdců – často vyvolávají nezájem, či dokonce averzi (Drissner et al., 2010).

Právě kvůli výše uvedenému byl vytvořen didaktický výstup, jehož cílem je tento informační a postojový deficit překonat. Tímto výstupem je interaktivní edukační materiál: „Kapesní rychloprůvodce světem bezobratlých jakožto půdních indikátorových organismů“ (viz Příloha 1).

Z hlediska oborové didaktiky je prokázáno, že přímý kontakt žáků (či veřejnosti) s živými organismy v jejich přirozeném prostředí prokazatelně snižuje pocity znechucení a buduje hlubší porozumění pro ekologické vazby (Magntorn & Helldén, 2007; Drissner et al., 2010) ve své práci navíc definují důležitost schopnosti „číst přírodu“ – tedy dovednosti rozpoznat na základě přítomnosti konkrétních indikátorových druhů stav daného ekosystému. Právě tento princip *bottom-up* přístupu (od poznání drobných organismů k pochopení celého ekosystému) tvoří jádro vytvořeného kapesního průvodce.

Průvodce je koncipován jako jednoduchý, terénní nástroj, který čtenáře provází určováním základních skupin epigeické fauny (např. střevlíkovití, pavouci, stonožky, žížaly či chvostoskoci). U každé skupiny je akcentován její specifický přínos pro (agro)ekosystém, ve kterém se nachází, a její bioindikační hodnota. Cíleně implementovaným, avšak nestandardním prvkem v takovémto průvodci je zařazení shrnutí o nedospělých vývojových stádiích – larvách střevlíkovitých brouků. Tento krok přímo reflektuje významné výsledky této diplomové práce, konkrétně tedy fakt, že zatímco dospělci disponují schopností úniku, imobilní larvy jsou plošnou orbou spolehlivě likvidovány a k přežití nutně vyžadují stabilní biopásky. Vizuální a textové

představení těchto skrytých dravých larev slouží jako silný a názorný argument pro vysvětlení devastačního vlivu intenzivních agrotechnických postupů.

Vytvořený kapesní průvodce nachází široké uplatnění napříč různými cílovými skupinami. V prostředí základních a středních škol představuje ideální pomůcku pro realizaci badatelsky orientované výuky (BOV). Žáci mohou průvodce využít při terénních cvičeních spojených s instalací jednoduchých zemních pastí či při aktivním prohledávání půdního profilu, čímž si prakticky osvojí metodiku ekologického výzkumu. Jak dokládají Sitar & Rusu (2023), začlenění hmyzu do přímé terénní výuky vede k signifikantnímu nárůstu zájmu o ochranu lokální přírody.

V kontextu českého školství - praktické využití tohoto průvodce navíc koresponduje s požadavky Rámcového vzdělávacího programu pro gymnázia (RVP G) a střední odborné vzdělávání (RVP SOV). Práce s terénním průvodcem, případně spojená s instalací jednoduchých zemních pastí, přímo naplňuje očekávané výstupy vzdělávacího oboru Biologie. Konkrétně v tematickém celku „Ekologie a ochrana přírody“ je výslovně definováno, že žák „zhodnotí význam biodiverzity a navrhne postupy k její ochraně“ a zároveň „objasní podstatu základních ekologických vztahů a vlivy abiotických a biotických faktorů na vznik a vývoj ekosystémů“ (MŠMT, 2021). Samotná práce s průvodcem a vyhledávání fauny v půdním profilu dále naplňuje očekávaný výstup z tematického celku „Biologie jako věda“, v němž žák „aplikuje praktické metody poznávání přírody“ (MŠMT, 2021). Z hlediska průřezových témat pak průvodce představuje ideální nástroj pro realizaci Environmentální výchovy, neboť žáky v terénu názorně vede k pochopení přímého vlivu lidské hospodářské činnosti na dlouhodobou udržitelnost agroekosystémů.

Mimo formální vzdělávání je materiál určen i pro zemědělskou a laickou veřejnost, kde může sloužit jako rychlý, přehledný a srozumitelný nástroj k vizualizaci toho, že pole není pouze substrátem pro pěstování plodin, ale složitou a důležitou sítí vztahů, kterou je třeba chránit.

Závěr

Výsledky potvrzují významnou roli zemědělských biopásů v udržení populací střevlíkovitých, se zvláštním důrazem na jejich zranitelná larvální stadia. Propastný rozdíl v podzimní abundanci larev mezi biopásem a ošetřeným polem též dokládá, že konvenční zpracování půdy činí z produkční plochy ekologickou pustinu, zatímco neporušené okrajové prvky s trvalým dnem plní nepostradatelnou funkci refugií a zimovišť. Biopásky prokazatelně fungují jako lokální refugia pro dospělce, poskytující nutnou diverzitu plevelů a stabilní mikroklima, což je stěžejní zejména pro potravní specialisty, nelétavé formy a druhy vysoce citlivé na neustále probíhající intenzifikaci zemědělství.

Přestože biopásky efektivně napomáhají tzv. spill-over efektu do přilehlých plodin a zprostředkovávají přirozenou kontrolu škůdců, zhodnocení však poukazuje i na jejich limitovaný prostorový dosah na rozsáhlých zemědělských blocích a na lokálně zvýšená rizika spojená s masivní predací a vnitrodruhovou konkurencí (problém biopásky jako možné ekologické pasti (ecological trap)). Budoucí agroenvironmentální schémata by tak biopásky neměla pojímat pouze jako oddělené kompenzační okraje velkých lánů, ale jako nedílnou součást struktury naší zemědělské krajiny. Jen touto synergií lze dlouhodobě zajistit stabilitu edafické fauny a potažmo celých na ni navázaných potravních sítí.

Spoléhat se při ekologické obnově pouze na samotné okrajové pásy či na jednorázové zjemnění managementu (např. pouhé vyloučení herbicidů) proto zcela nelze, zejména proto, že regenerace plevelových společenstev je druhově specifická a u mnoha vytrvalých či pro ptáky preferovaných druhů trvá plná obnova i po letech konvenční zátěže velmi dlouho. Zřízení biopásů tak sice objektivně nelze vnímat jako zázračnou a plošnou náhradu za šetrnější hospodaření v rámci celého osevního postupu, nicméně zvážíme-li všechna pro a proti, bez těchto stabilních záchytných refugií by velcí predátoři, citliví semenožraví brouci i na ně navázaní polní ptáci z intenzivně obdělávaných lánů postupem času zcela a nenávratně vymizeli.

Literatura

- Andreasen, C., Stryhn, H., & Streibig, J. C. (1996). Decline of the Flora in Danish Arable Fields. *The Journal of Applied Ecology*, 33(3), 619. <https://doi.org/10.2307/2404990>
- Bardgett, R. D., Manning, P., Morriën, E., & De Vries, F. T. (2013). Hierarchical responses of plant–soil interactions to climate change: Consequences for the global carbon cycle. *Journal of Ecology*, 101(2), 334–343. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.12043>
- Birkhofer, K., Smith, H. G., Weisser, W. W., Wolters, V., & Gossner, M. M. (2015). Land-use effects on the functional distinctness of arthropod communities. *Ecography*, 38(9), 889–900. <https://doi.org/10.1111/ecog.01141>
- Bischoff, A., & Mahn, E.-G. (2000). The effects of nitrogen and diaspore availability on the regeneration of weed communities following extensification. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 77(3), 237–246. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(99\)00104-8](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(99)00104-8)
- Boatman, N. D., Brickle, N. W., Hart, J. D., Milsom, T. P., Morris, A. J., Murray, A. W. A., Murray, K. A., & Robertson, P. A. (2004). Evidence for the indirect effects of pesticides on farmland birds. *Ibis*, 146(s2), 131–143. <https://doi.org/10.1111/j.1474-919X.2004.00347.x>
- Boinot, S., Mézière, D., Poulmarc'h, J., Saintilan, A., Lauri, P.-E., & Sarthou, J.-P. (2020). Promoting generalist predators of crop pests in alley cropping agroforestry fields: Farming system matters. *Ecological Engineering*, 158, 106041. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2020.106041>
- Thomas, C.F.G., Parkinson, L., Griffiths, G. J. K., Garcia, A. F., & Marshall, E. J. P. (2001). Aggregation and temporal stability of carabid beetle distributions in field and hedgerow habitats. *Journal of Applied Ecology*, 38(1), 100–116. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2664.2001.00574.x>
- Collins, K. L., Boatman, N. D., Wilcox, A., Holland, J. M., & Chaney, K. (2002). Influence of beetle banks on cereal aphid predation in winter wheat. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 93(1–3), 337–350. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(01\)00340-1](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(01)00340-1)
- Currie, C. R., Spence, J. R., & Niemelä, J. (1996). Competition, cannibalism and intraguild predation among ground beetles (Coleoptera: Carabidae): A laboratory study. *The Coleopterists Bulletin*, 50(2), 135–148.
- Drissner, J., Haase, H.-M., & Hille, K. (2010). Short-term Environmental Education - Does it work? - An evaluation of the ‘Green Classroom’. *Journal of Biological Education*, 44(4), 149–155. <https://doi.org/10.1080/00219266.2010.9656215>
- Dutoit, T., Buisson, E., Gerbaud, E., Roche, P., & Tatoni, T. (2007). The status of transitions between cultivated fields and their boundaries: Ecotones, ecoclines or edge effects? *Acta Oecologica*, 31(2), 127–136. <https://doi.org/10.1016/j.actao.2006.03.010>

- Frank, S. A. (1997). *The Price Equation, Fisher's Fundamental Theorem, Kin Selection, and Causal Analysis*.
- Fried, G., Petit, S., Dessaint, F., & Reboud, X. (2009). Arable weed decline in Northern France: Crop edges as refugia for weed conservation? *Biological Conservation*, 142(1), 238–243. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2008.09.029>
- Frouz, J., & Frouzová, J. (2021). *Aplikovaná ekologie*. Karolinum.
- Heděnc, P., Jiménez, J. J., Moradi, J., Domene, X., Hackenberger, D., Barot, S., Frossard, A., Oktaba, L., Filser, J., Kindlmann, P., & Frouz, J. (2022). Global distribution of soil fauna functional groups and their estimated litter consumption across biomes. *Scientific Reports*, 12(1), 17362. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-21563-z>
- Hůrka, K. (1996). *Carabidae České a Slovenské republiky*. Kabourek.
- Hyvönen, T. (2007). Can conversion to organic farming restore the species composition of arable weed communities? *Biological Conservation*, 137(3), 382–390. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2007.02.021>
- Jing, H., Liu, Y., & Hou, J. (2025). Impacts of agricultural intensification on biodiversity: Habitat loss, agrochemical use, water depletion, and soil degradation. *Journal of Environmental Management*, 395, 128036. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2025.128036>
- Joimel, S., Chassain, J., Artru, M., & Faburé, J. (2022). Collembola are Among the Most Pesticide-Sensitive Soil Fauna Groups: A Meta-Analysis. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 41(10), 2333–2341. <https://doi.org/10.1002/etc.5428>
- Knapp, M., & Řezáč, M. (2015). Even the Smallest Non-Crop Habitat Islands Could Be Beneficial: Distribution of Carabid Beetles and Spiders in Agricultural Landscape. *PLOS ONE*, 10(4), e0123052. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0123052>
- Kromp, B. (1999). *Carabid beetles in sustainable agriculture: A review on pest control efficacy, cultivation impacts and enhancement*.
- Lee, J. C., Menalled, F. D., & Landis, D. A. (2001). Refuge habitats modify impact of insecticide disturbance on carabid beetle communities. *Journal of Applied Ecology*, 38(2), 472–483. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2664.2001.00602.x>
- Lövei, G. L., & Sunderland, K. D. (1996). Ecology and Behavior of Ground Beetles (Coleoptera: Carabidae). *Annual Review of Entomology*, 41(1), 231–256. <https://doi.org/10.1146/annurev.en.41.010196.001311>

- Magntorn, O., & Helldén, G. (2007). Reading nature from a 'bottom-up' perspective. *Journal of Biological Education*, 41(2), 68–75. <https://doi.org/10.1080/00219266.2007.9656065>
- Makwela, M. M., Slotow, R., & Munyai, T. C. (2023). Carabid Beetles (Coleoptera) as Indicators of Sustainability in Agroecosystems: A Systematic Review. *Sustainability*, 15(5), 3936. <https://doi.org/10.3390/su15053936>
- Makwela, M. M., Slotow, R., & Munyai, T. C. (2025). Ecological response of carabid beetles (Coleoptera: Carabidae) to contrasting agroecosystem management. *Community Ecology*, 26(3), 705–716. <https://doi.org/10.1007/s42974-025-00261-6>
- Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy. (2021). *Rámcový vzdělávací program pro gymnázia*. <https://www.edu.cz/rvp-g/>
- Ministerstvo zemědělství. (2024). *METODIKA k provádění nařízení vlády č. 80/2023 Sb., o stanovení podmínek provádění agroenvironmentálně-klimatických opatření*. <https://mze.gov.cz/>
- Ministerstvo zemědělství. (2026). *Metodická příručka pro podmíněnost pro rok 2026: Metodická doporučení k podmínkám standardů dobrého zemědělského a environmentálního stavu půdy (DZES) a povinným požadavkům na hospodaření (PPH)*. <https://mze.gov.cz>
- Petit, S., Boursault, A., Guilloux, M., Munier-Jolain, N., & Reboud, X. (2011). Weeds in agricultural landscapes. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 31(2), 309–317. <https://doi.org/10.1051/agro/2010020>
- Pfiffner, L., & Luka, H. (2000). Overwintering of arthropods in soils of arable fields and adjacent semi-natural habitats. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 78(3), 215–222. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(99\)00130-9](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(99)00130-9)
- Reif, J., & Vermouzek, Z. (2019). Collapse of farmland bird populations in an Eastern European country following its EU accession. *Conservation Letters*, 12(1), e12585. <https://doi.org/10.1111/conl.12585>
- Saska, P., & Honěk, A. (2003). Temperature and development of central European species of *Amara* (Coleoptera: Carabidae). *European Journal of Entomology*, 100(4), 509–515. <https://doi.org/10.14411/eje.2003.078>
- Sitar, G.M., & Rusu, A. S. (2023). The impact of environmental educational programs in promoting insects conservation awareness: A scoping review. *Journal of Educational Sciences*, 24(1), 74–92. <https://doi.org/10.35923/JES.2023.1.05>
- Stagg, B. C. (2026). Invertebrates Ignored: Teachers' Species Identification Skills and Awareness for Different Categories of Plants and Animals. *Sustainability*, 18(12), 6006. <https://doi.org/10.3390/su18126006>

- Sutherland, W. J., Pullin, A. S., Dolman, P. M., & Knight, T. M. (2004). The need for evidence-based conservation. *Trends in Ecology & Evolution*, 19(6), 305–308. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2004.03.018>
- Šípek, P., Jor, T., & Eršil, L. (2021). Dočasně nesečené travní pásy – naděje pro hmyz produkčních luk? *Ochrana přírody*, (3). <https://www.casopis.ochranaprirody.cz/vyzkum-a-dokumentace/docasne-nesecene-travni-pasy-nadeje-pro-hmyz-produkcni-luk/>.
- Thorbeck, P., & Bilde, T. (2004). Reduced numbers of generalist arthropod predators after crop management. *Journal of Applied Ecology*, 41(3), 526–538. <https://doi.org/10.1111/j.0021-8901.2004.00913.x>
- Tscharntke, T., Klein, A. M., Kruess, A., Steffan-Dewenter, I., & Thies, C. (2005). Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity – ecosystem service management. *Ecology Letters*, 8(8), 857–874. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2005.00782.x>
- Tschumi, M., Albrecht, M., Bärtschi, C., Collatz, J., Entling, M. H., & Jacot, K. (2016). Perennial, species-rich wildflower strips enhance pest control and crop yield. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 220, 97–103. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.01.001>
- Tsiafouli, M. A., Thébault, E., Sgardelis, S. P., De Ruiter, P. C., Van Der Putten, W. H., Birkhofer, K., Hemerik, L., De Vries, F. T., Bardgett, R. D., Brady, M. V., Bjornlund, L., Jørgensen, H. B., Christensen, S., Hertefeldt, T. D., Hotes, S., Gera Hol, W. H., Frouz, J., Liiri, M., Mortimer, S. R., ... Hedlund, K. (2015). Intensive agriculture reduces soil biodiversity across Europe. *Global Change Biology*, 21(2), 973–985. <https://doi.org/10.1111/gcb.12752>
- Woodcock, B. A., Redhead, J., Vanbergen, A. J., Hulmes, L., Hulmes, S., Peyton, J., Nowakowski, M., Pywell, R. F., & Heard, M. S. (2010). Impact of habitat type and landscape structure on biomass, species richness and functional diversity of ground beetles. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 139(1–2), 181–186. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2010.07.018>
- Zinati, G., Smith, A., & Ingerson-Mahar, J. (2018). *Ground Beetles: Warriors on Your Farm*.

Přílohy

Příloha 1: Kapesní rychloprůvodce světem bezobratlých jakožto půdních indikátorových organismů



K ČEMU SLOUŽÍ KAPESNÍ PRŮVODCE
Tento průvodce představuje profy křovíků skupin bezobratlých živočichů, kteří hrají důležitou roli ve zdraví půdy a jsou ideálními kandidáty pro hodnocení a sledování jejího stavu. Je navržen jako rychlý terénní pomocník k pochopení toho, co nám přírůstek místní fauny říká o kvalitě životního prostředí, ve kterém se nachází.

CO JSOU TO BIOINDIKÁTORY? Jsou to druhy nebo celé skupiny druhů, pomocí kterých lze posuzovat ekologické zdraví a kvalitu prostředí, nebo monitorovat jeho změny v průběhu času. Samotná jejich přítomnost či nepřítomnost, stejně jako změny v jejich počtu, chování nebo fyziologii, nám poskytují zásadní informace o lokálním prostředí.

PROČ PŘÁVĚ PŮDNÍ BEZOBRATLÍ? Mají obrovský potenciál jako ukazatelé zdraví půdy. Dokážou reflektovat kvalitu biotopu, množství živin, úroveň znečištění a další důležitá ekologická vlivy. Jsou mnohem rozmanitější a početnější než obratlovci. Co je ale nejdůležitější – jsou často mnohem odolnější na narušení prostředí a dokážou velmi rychle reagovat na změny podmínek (jako je použití pesticidů, orba nebo zhuštění půdy).

CO DĚLÁ DOBRÉHO BIOINDIKÁTORA:

1. Je citlivý na změny podmínek prostředí.
2. Lze ho snadno a spolehlivě rozpoznat.
3. Vyskytuje se rovnoměrně, nebo obecně není těžké ho najít. Druh běžně lapíme do zemní pastě nebo na něj narazíme při odvrácení kamene.
4. Je dobře prozkoumán – čím více rozumíme tomu, jak druhy reagují na své prostředí, tím přesnější informace o jeho zdraví můžeme získat.

STŘEVLIČI / GROUND BEETLES / CARABIDAE
JAK / KDE ŽIJÍ: Nacházejí se pod suti, kamery a kádami, v půdních prasklinách a opadlém, a na povrchu půdy nebo na vegetaci. Většina z nich je aktivní v noci, kdy loví. Žijí 4 roky.
ROLE / VÝZNAM: Predátoři ve stádiu larvy i dospělci; důležití při regulaci zemědělských škůdců, jako jsou slimáci, housenky, mšice a další; přispívají také k regulaci plevelů konzumací jejich semen. Někteří požírají také detrit a houby, čímž přispívají k rozkladu a koloběhu živin.
JAKO INDIKÁTORY: Jsou citliví na narušení; početnost druhů a složení společenstev efektivně mohou odrážet přírodní stresory, např. druhy se slabou schopností léti při úbytku při narušení, jako jsou aplikace pesticidů, orba a počty.
POPIS: Hlava užší než hrud. Prodloužený, oválný zadeček s ryhovanými krovkami. Některá tělárka. Výrazné oči s velkými kusadly. Tmaví a lesklí. Některé druhy jsou duhově zelené, modré nebo hnědé.

Velikost: 3–30 mm

PAVOUCI / SPIDERS / ARANEAE
JAK / KDE ŽIJÍ: Loví pavouci se nacházejí na povrchu půdy nebo v opadlém, pavouci tkají síť se nacházejí v stíhách utvářených na zemi nebo v ní. Mají 1 generaci potomků ročně, žijí 1–3 roky.
ROLE / VÝZNAM: Jakožto predátoři, kteří buď loví, nebo tkají síť k lapání kořisti, pomáhají plevelu regulovat populace členovců. Jakožto hubičky také planidují a zpracovávají půdu. Některé druhy mohou velmi výrazně přispívat k regulaci zemědělských škůdců jako jsou housenky anebo mšice.
JAKO INDIKÁTORY: Snadno rozpoznatelní a reagují na narušení, jako jsou pesticidy, orba a vypalování; např. orba může snížit počty pavouků a pavouci jsou velmi citliví na změny ve struktuře biotopu.
POPIS: 8 dlouhých nohou, 2 páry článků (hlavotrup a zadeček) se anocami (brázdami) na konci zadečku, 6–8 očí. Cheliceri (špičky) k uchopení kořisti a vyfuknutí jedu. Většinou jsou tmavě zbarvení.

Velikost: 2–30 mm



ŽÍZALY / EARTHWORMS / LUMBRICIDAE
JAK / KDE ŽIJÍ: Nacházejí se v půdě a opadlém, průměrně různé druhy žijí v různých hloubkách půdy. Žízaly se vyvíjejí v kokonu v půdě, mláďata se líhnou jako zmenšeniny dospělci (bez opasku) a mohou žít celé své 4 roky.
ROLE / VÝZNAM: Žízaly odvíjejí strukturu půdy vytvářením chodbiček a příměchováním organické hmoty do půdy. Odlišky (trus) žízal pomáhají zpřístupňovat minerály a živiny rostlinám.
JAKO INDIKÁTORY: Jsou velké a snadno rozpoznatelné. Citlivé na pesticidy a orbu (např. rozsáhle nebo časté narušování půdy snižuje jejich početnost). Mohou být také indikátory infiltrace vody.
POPIS: Hlávka, článková, trubkovitá těla. Hlávka, šest nebo různých až našervenalá barva. Opasek (celitulum) - hládko združení připomínající pásák v přední části červa. Malé řetězky na každém článku, které pomáhají v pohybu půdou.

Velikost: 10–400 mm

SEKÁČI / HARVESTMEN / OPILIONES
JAK / KDE ŽIJÍ: Nacházejí se ve vlhkém prostředí, nejčastěji v opadlém, pod kamery a kádami, na kmenech stromů nebo v nížší vegetaci. Většina druhů je aktivní v noci. Dožívají se zpravidla jednoho roku.
ROLE / VÝZNAM: Jsou to oportunisty – fungují jako predátoři, vstřebávají i mechotrou. Žijí se dlouhým hmyzem, uhlýnkem, hrochodky, tlavci rostlinnou hmotou i houbami. Významně tak přispívají k recyklaci živin a odstraňování organických zbytků.
JAKO INDIKÁTORY: Jsou mimořádně citliví na změny mikroklimatu, obzvláště na vlhkost. Jejich rychlý úbytek spolehlivě indikuje vysychání krajiny, narušení struktury biotopu (např. nevhodné lesnické zásahy) nebo chemické znečištění. Představují silové indikátory stábních a nenarušených prostředí.
POPIS: Kompaktní tělo, kde hlavotrup a zadeček sdílají v jeden celek bez zřetelného zúžení (na rozdíl od pavouků). Většinou 8 nápadně dlouhých a tenkých nohou. 2 oči umístěné na vyvýšeném hrbolek uprostřed hlavy. Nemají jedové žlázy ani snovací bradavky (jakožto síť).

Velikost: 1–22 mm

CHVOSTOKOČI / SPRINGTAILS / COLLEMBOLA
JAK / KDE ŽIJÍ: Mnoho druhů žije v opadlém na povrchu půdy a ve vegetaci, v jejich kádách a houbách, a také pod kůrou, zatímco jiné žijí přímo v půdě. Jsou široce rozšířeni, vyskytují se na všech suchozemských stanovištích, včetně Arktidy. Chvostokoci se dokáží rychle změnit a žijí od několika týdnů až jeden rok.
ROLE / VÝZNAM: Jakožto rozkladači usnadňují chvostokoci mineralizaci dusíku a růst rostlin. Jejich selektivní konzumace hub může také pomáhat houbové společenstvu.
JAKO INDIKÁTORY: Početnost a rozmanitost se výrazně mění se změnami půdních podmínek. Mohou být dobrými indikátory depadů neapetických pesticidů; jsou na pesticidy citlivější než mnoho větších členovců. Lze je proto využít jako indikátory narušení půdy a znečištění.
POPIS: Prodloužený oválný tvar těla. Zbarvení těla od bílé přes fialovou až po hnědou nebo šedou. Struktura připomínající ocas vycházející ze zadní části těla, slouží k vyhnutí chvostokoci na povrchu půdy je náklon vidličky (furca).

Velikost: 0,25–5 mm

STEINONÓŽCI / WOODLICE / ISOPODA
JAK / KDE ŽIJÍ: Stejnonožci jsou aktivní pod kádami, kamery a kůrou, v opadlém a na dalších vlhkých stanovištích; v teplých a suchých oblastech jsou převážně noční ve suchých vrstvách půdy. Dospělci žijí déle než 2 roky.
ROLE / VÝZNAM: Stejnonožci jsou rozkladači, kteří významně přispívají ke koloběhu živin tím, že narušují čeravé rostlinné zbytky a částečně rozkládají tlavci rostlinný materiál.
JAKO INDIKÁTORY: Stejnonožci jsou snadno rozpoznatelní; hromadí v sobě těžké kovy, o proto mohou sloužit jako bioindikátory znečištění, a vzhledem ke své citlivosti na orbu a pesticidy mohou sloužit i jako indikátory zemědělských postupů.
POPIS: Šest nebo více článkovaná těla, vzhledem připomínající krutý. 7 párů krátkých nohou, 2 páry tyčků. Důležitou součástí nejsou žádné žlázy, stávají se neuvěřitelně na zadním konci mají 2 křídla, ocasu podobné přívěsky (uropody).

Velikost: 5–15 mm

LARVY (STŘEVLIČI) / LARVAE (CARABIDAE)
JAK / KDE ŽIJÍ: Vytvářejí se skrytí v půdě, v opadlém, pod kádami nebo pod kamery. Zatímco dospělí brouci mohou být nebezpečně snadno uláti nebo uletět, larvy jsou většinou na místě svého vyhnání. Mnoha druhů v tomto stádiu přetrvávají, k čemuž nutí potřebu vrabění, nenarušené prostředí jako biotop, maza či ramínky.
ROLE / VÝZNAM: Jsou extrémně žraví a aktivní predátoři, kteří neuvěřitelně loví půdní škůdce. Kromě toho, že samy loví, představují larvy klíčovou potravu základnu pro hmyzožravé polní praky a drobné savce. Pomáhají tak stabilizovat potravní řetězec.
JAKO INDIKÁTORY: Fungují jako užitoční indikátor (zejména ksenotopu) půdního prostředí. Kvůli jejich nízké pohyblivosti je mechanické zásahy, jako je těžká podzimní orba, spolehlivě poškozuje škůdce. Jejich přítomnost a vysoká početnost tak neomylně značí zdravou, stabilní a mechanicky nenarušenou půdu.
POPIS: Protáhle, článková těla. Od větších „ženič“ či larv much se liší dlouhou hlavou s dlouhými a výraznými, ostrými kusadly a 3 páry dobře vyvinutých nohou hned za hlavou (brutální nohy). Na úplném konci zadečku mají často dva zřetelné přívěsky (cerky). Zbarvení bývá nenápadné – bílé, šedé či světlé hnědé.

Velikost: 5–40 mm (v závislosti na konkrétním druhu a vývojevném stádiu)

STONOŽKY / CENTIPEDES / CHILOPODA
JAK / KDE ŽIJÍ: Nacházejí se na smyšlích a vlhkých místech, například pod kamery, padlými kmeny, v opadlém a ve suchých vrstvách půdy. Jsou to převážně noční živočichové, kteří se stísně vyhnají světlu a suchu. Mohou se dožít několika let.
ROLE / VÝZNAM: Na rozdíl od mnohonozek (kteří jsou rozkladači) jsou stonožky aktivní a draví predátoři. Loví drobný hmyz, pavouky, červy a další půdní bezobratlé, čímž hrají klíčovou roli v regulaci jejich populací (většina mnoha zemědělských škůdců i poměrně udržitelné rovnováhy v půdním ekosystému).
JAKO INDIKÁTORY: Jakožto predátoři stojí výše v půdní potravní síti spolehlivě indikují její celkové zdraví. Jsou velmi citlivé na narušení svého habitatu, zejména na intenzivní orbu, zhušťování půdy, vypalování a ploidnou aplikaci pesticidů.
POPIS: Zploštělé, článkovaná těla (často žlutěhnědé až rezavé barvy). Vždy pouze 1 pár nohou na každý tělní článek (hlavě vizuálně rozdílní oproti mnohonozkám). První pár končetin pod hlavou je přeměněn v silné jedové drápky k usmrcení kořisti. 1 pár dlouhých tyčků. Vyznačují se velmi rychlým a hbitým pohybem.

Velikost: 3–50 mm

MNOHONÓŽKY / MILLIPEDES / DIPLOPODA
JAK / KDE ŽIJÍ: Mnohonozky žijí ve vlhkém prostředí, jako například pod kůrou, kádami a kamery, v opadlém a ve suchých vrstvách půdy. Některé si hloubí hluboké chodbičky a nacházejí se v hlubokých vrstvách půdy. Mnohonozky jsou dlouhokřídlé (>11 let) a samičky hrdě vyhláží vlnitě.
ROLE / VÝZNAM: Přímí rozkladači a mechotrouci, kteří významně přispívají k rozkladu rostlinných zbytků a zároveň usnadňují další rozklad mikroorganismy.
JAKO INDIKÁTORY: Vlhkost půdy a struktura vegetace ovlivňují početnost a druhovou rozmanitost mnohonozek; mohou být užitečnými indikátory při ekologické obnově.
POPIS: Prodloužené, článkované tělo rozdělené do dvou částí – hlava a trup. Často černé, hnědé nebo šedé barvy, někdy s jasnými, barevnými nohami nebo vzory. Mnoho nohou; 2 páry na tělní článek. 1 pár tyčků a kusadla ústní ústrojí.

Velikost: 2–280 mm

PROSTOR PRO POZNÁMKY

Přehled predátorů (střevličky, stonožky, pavouci) = Zdravé, stabilní prostředí sF.
Vysoký počet larv a žízal = Mechanicky narušená půda (bez 1924 orby) a dobrá struktura.
Absence větších brouků a pavouků = Biologicky narušené prostředí (častá orba, pesticidy, chemizace).