

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE
FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ
KATEDRA EKOLOGIE

Vliv biopásů na druhové složení společenstev
plevelů na orné půdě

Effects of flower strip on weed assemblages
inhabiting arable land

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Diplomant: Bc. Klára Neradová

Vedoucí práce: Ing. Michael Knapp, Ph.D.

Konzultant: Ing. Hana Foffová

2022

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Klára Neradová

Inženýrská ekologie
Ochrana přírody

Název práce

Vliv biopásů na druhové složení společenstev plevelů na orné půdě

Název anglicky

Effects of flower strip on weed assemblages inhabiting arable land

Cíle práce

Prvním cílem této diplomové práce bude vytvořit literární rešerši shrnující problematiku poklesu biologické rozmanitosti v zemědělské krajině z pohledu rostlin. Obsažena bude i informace o možnostech podpory biologické rozmanitosti na orné půdě, (specificky bude pojednáno o různých typech agroenvironmentálních opatření) Detailně bude popsáno fungování biopásů (především nektarodárných), způsoby jejich zakládání (výběr směsi rostlin) a možné dopady na společenstva plevelů. Hlavním cílem bude realizace terénního experimentu, při kterém bude pomocí fytoocenologického snímkování sledován vliv zakládání biopásů na společenstva rostlin a potenciální zaplevelení v prvním roce po založení biopásů. Analyzována budou společenstva rostlin jak uvnitř biopásů, tak v různé vzdálenosti od biopásů směrem do pole.

Metodika

Jako informační zdroje pro literární rešerši budou použity především vědecké články dohledané v databázi Web of Science a odborné knihy. V experimentální části bude realizován sběr dat pomocí fytoocenologického snímkování, tj. zapsání soupisu všech druhů rostlin spolu s jejich pokryvností dle Braun-Blanquetovi stupnice. Terénní práce budou probíhat na 12 polích v okolí městské části Praha-Vinoř, na jejichž části jsou založeny biopásy a jiné části jsou ponechány bez zásahů (kontroly). Fytoocenologické snímky budou pořízeny 12 m, 36 m a 60 m od okraje pole v rámci 24 sledovaných lokalit. Na lokalitách s biopásy vzdálenost 12 m reprezentuje střed biopásu. Data budou analyzována pomocí zobecněných lineárních modelů s náhodnými efekty a ordinačních analýz v programu R.

Doporučený rozsah práce

cca 40 stran + přílohy dle potřeby

Klíčová slova

biopásy, směs semen, čas výsevu, plevele, nepůvodní druhy, druhová diverzita

Doporučené zdroje informací

- Kirmer A., Rydgren K., Tischew S. (2018) Smart management is key for successful diversification of field margins in highly productive farmland. *Agric Ecosyst Environ* 251:88–98
- Piqueray J., Gilliaux V., Decruyenaere V., Cornelis J.-T., Uyttenbroeck R., & Mahy G. (2019) Management of grassland-like wildflower strips sown on nutrient-rich arable soils: The role of grass density and mowing regime. *Environmental Management* 63:647–657
- Schmidt A., Kirmer A., Kiehl K., Tischew S. (2020) Seed mixture strongly affects species-richness and quality of perennial flower strips on fertile soil. *Basic and Applied Ecology* 42:62–72
- Stroot L., Brinkert A., Hölzel N., Rüsing A. Bucharova A. (2021) Establishment of wildflower strips in a wide range of environments: a lesson from a landscape-scale project. *Restoration Ecology* 10.1111/rec.13542
-

Předběžný termín obhajoby

2021/22 LS – FZP

Vedoucí práce

Ing. Michal Knapp, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra ekologie

Konzultant

Ing. Hanka Foffová

Elektronicky schváleno dne 24. 2. 2022

prof. Mgr. Bohumil Mandák, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 25. 2. 2022

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 02. 03. 2022

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: Vliv biopásů na druhové složení společenstev plevelů na orné půdě vypracovala samostatně a citovala jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použila a které jsem rovněž uvedla na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů. Jsem si vědoma, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla. Jsem si vědoma, že odevzdáním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby. Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR

V Praze dne

.....
(podpis autora práce)

Poděkování

Chtěla bych primárně poděkovat mému vedoucímu, Ing. Michaelu Knappovi, Ph.D., za jeho rady, připomínky a hlavně trpělivost při zpracování diplomové práce. Dále děkuji mé konzultantce Ing. Haně Foffové nejprve za pomoc při terénní práci, za empatii, za kontrolu textu a celkově za velkou podporu. Dále děkuji Ing. Martinovi Štroblovi, PhD. a Ing. Kateřině Křížové za pomoc při zpracování dat a laskavá slova. Další velké díky patří mé rodině, která při mně stála po celou dobu studia a také svému příteli Davidu Frühaufovi, který mi byl pevnou oporou. Na závěr nesmím zapomenout na mé spolužáky, kteří se díky společným zážitkům stali mými přáteli.

Abstrakt

Tato diplomová práce je zaměřena na podporu biodiverzity rostlin, především plevelů, v zemědělské krajině. První část práce představuje literární rešerše vytvořená na základě informací z vědeckých článků dohledaných na Web of Knowledge. Shrnutí je problematika poklesu biologické rozmanitosti na orné půdě a možné podpory biodiverzity rostlin se zaměřením na biopásy a plevelná společenstva. Druhou část práce tvořil terénní výzkum realizovaný ve dvanácti nektarodárných biopásech a s nimi sousedících polích na pozemcích obhospodařovaných firmou VIN AGRO s.r.o. na území hlavního města Prahy. Na studovaných plochách byl na konci června proveden záznam fytoocenologických snímků. Sledován byl vliv zakládání biopásů a efekt vzdálenosti od okraje pole na druhové složení a diverzitu společenstev rostlin. Na lokalitách bylo nalezeno celkem 68 druhů rostlin, z čehož bylo 51 druhů plevelných. Nejčastějším plevelným druhem v biopásech byl merlík bílý (*Chenopodium album* L.) a nejčastěji vyskytující se vyseté druhy v biopásech byly svazenka vratičolistá (*Phacelia tanacetifolia* Benth.) a hořčice bílá (*Sinapis alba* L.). Nejvyšší pokryvnost v biopásech měl z plevelů v prvním roce mák vlčí (*Papaver rhoeas* L.). Z plevelných druhů s vysokou pokryvností na lokalitách dále rostla locika kompasová (*Lactuca serriola* L.) a úhorník mnohodílný (*Descurainia Sophia* (L.) Prantl). Na orné půdě mimo biopásy se nejčastěji vyskytovala bažanka roční (*Merculialis annua* L.), merlík bílý (*Chenopodium album* L.) a violka rolní (*Viola arvensis* Murray). Nektarodárné biopásy průkazně zvyšují biodiverzitu rostlin na orné půdě již v prvním roce po založení. To samé platí pro společenstva plevelů, tedy v případě, že úmyslně vyseté druhy v rámci analýzy nebyly brány v úvahu. Počet rostlinných druhů mimo biopásy kupodivu nebyl ovlivněn vzdáleností od okraje pole. Naopak pěstovaná plodina měla průkazný vliv na druhové složení společenstev plevelů. Data sebraná v rámci této diplomové práce mohou sloužit jako důležitý dataset pro navazující výzkum vývoje plevelných společenstev uvnitř biopásů v následujících letech (v průběhu jejich stárnutí).

Klíčová slova: biopásy, směs semen, čas výsevu, plevele, nepůvodní druhy, druhová diverzita

Abstract

This diploma thesis is focused on the support of plant biodiversity, especially weeds, in the agricultural landscapes. The first part of the thesis consists of a literature review written based on information gathered from scientific articles searched on the Web of Knowledge. The issue of declining biodiversity on arable land and possible solutions for support of plant biodiversity is summarized, with emphasize on weed communities and wildflower strips. The second part of the thesis consists of field research performed in twelve wildflower strips and adjacent fields in Prague, Czech Republic (on land managed by VIN AGRO s.r.o. company). In June 2021, I recorded in total 144 phytosociological releves. The influence of wildflower strips establishment and the effect of the distance from the field edge on the species composition and diversity of plant communities were investigated. A total of 68 plant species were recorded in investigated sites, of which 51 were weed species. The most common weed species in wildflower strips was *Chenopodium album* L. and the most common sown species in wildflower strips were *Phacelia tanacetifolia* Benth. and *Sinapis alba* L. In the first year after wildflower strips establishment the most abundant weed species inside of wildflower strips were *Papaver rhoeas* L., *Lactuca serriola* L. and *Descurainia Sophia* (L.) Prantl. In contrast, *Mercurialis annua* L., *Chenopodium album* L. and *Viola arvensis* Murray were the most common weeds on arable land outside of wildflower strips. Wildflower strips significantly increased biodiversity of arable plants even in the first year after strip establishment. The same is true when only weed communities are considered, i.e., if intentionally sown species have not been taken into account in the analysis. Surprisingly, the number of plant species outside the biozone was not affected by the distance from the field edge. On the contrary, the crop identity had a significant effect on the species composition of weed communities. The data collected in this thesis can serve as an important dataset for follow-up research on the development of weed communities within the wildflower strips in the following years (during strip aging).

Keywords: non-native species, seed mixture, sowing time, species diversity, weeds, wildflower strips

Obsah

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | Úvod..... | 1 |
| 2 | Cíl práce..... | 3 |
| 3 | Literární rešerše | 4 |
| 3.1 | Pojem biodiverzita..... | 4 |
| 3.2 | Pokles biodiverzity v zemědělské krajině | 6 |
| 3.3 | Podpora biodiverzity na orné půdě..... | 8 |
| 3.4 | Biopásy | 11 |
| 3.4.1 | Podmínky zakládání biopásů v České republice | 13 |
| 3.4.2 | Rozdělení biopásů | 14 |
| 3.4.3 | Výběr směsi semen pro biopás..... | 18 |
| 3.4.4 | Rizika zvolení nevhodné směsi semen..... | 20 |
| 3.4.5 | Management biopásů | 21 |
| 3.4.6 | Plevelné rostliny | 22 |
| 3.4.7 | Možnosti hodnocení vegetace | 26 |
| 4 | Metodika..... | 27 |
| 4.1 | Charakteristika zkoumaného území a přírodní podmínky | 27 |
| 4.2 | System experimentálních biopásů | 27 |
| 4.3 | Design experimentu..... | 28 |
| 4.4 | Typy experimentálních biopásů | 30 |
| 4.5 | Sběr fytoocenologických dat..... | 32 |
| 4.6 | Zpracování dat..... | 35 |
| 4.6.1 | Indexy diverzity | 35 |
| 4.6.2 | Jednorozměrné modely | 36 |
| 4.6.3 | Ordinační techniky | 36 |
| 5 | Výsledky | 37 |
| 5.1 | Výsledky indexů diverzity..... | 39 |
| 5.2 | Výsledky modelů z dat s vyšetými i s plevelnými druhy rostlin..... | 40 |
| 5.3 | Výsledky modelů z dat pouze s plevelnými druhy..... | 40 |
| 5.4 | Přímá ordinace..... | 41 |
| 6 | Diskuse | 43 |

| | | |
|-----|--|----|
| 7 | Závěr a přínos práce | 48 |
| 8 | Přehled literatury a použitých zdrojů..... | 50 |
| 8.1 | Odborné publikace | 50 |
| 8.2 | Legislativní zdroje..... | 59 |
| 8.3 | Internetové zdroje..... | 59 |
| 8.4 | Ostatní zdroje | 61 |
| 9 | Přílohy..... | 62 |
| 9.1 | Příklady vyšetých druhů | 62 |
| 9.2 | Příklady plevelných druhů..... | 64 |
| 9.3 | Celkový pohled na vegetaci | 67 |

1 Úvod

Ve stredoevropské krajině nyní prevažují predevším rozsáhlá pole, hospodářské lesy, průmyslové a městské oblasti, kde se neustále rozšiřují zastavěné plochy pro lidské potřeby. Z krajiny se vinou člověka vytratila jemná mozaikovitost. Na počátku dvacátého století docházelo v Evropě k intenzifikaci zemědělství, což mělo za následek ztrátu přirozených stanovišť. Od 50. let 20. století docházelo ke scelování pozemků, koncentraci zemědělské výroby do stále větších celků a rozorávání mezí či remízků. Vrcholem industriálního zemědělství bylo využití agrotechniky v 70. letech, kdy se začalo užívat více chemických prostředků, a byly zaváděny plošné meliorace. Důsledkem těchto období je výrazný pokles biologické rozmanitosti v zemědělské krajině.

Součástí klíčových strategických dokumentů, jak na mezinárodní, tak na vnitrostátní úrovni je nutnost zachování a další rozvoj ekologické stability v rámci zemědělské praxe. Významným mezníkem byl vstup České republiky do Evropské unie (EU) v roce 2004, který přinesl do zemědělství prostředky Společné zemědělské politiky EU (SZP). V reakci na probíhající klimatické změny vytvořila EU komplexní strategii Green Deal (Zelená dohoda pro Evropu). Hlavním cílem strategie je zajistit transformaci evropské ekonomiky a společnosti směrem k udržitelnosti. Plán obsahuje opatření, která podporují účinné využívání zdrojů prostřednictvím přechodu na čisté oběhové hospodářství a zabraňují ztrátě biodiverzity a snižují znečištění prostředí.

Jedním ze stěžejních bodů strategie je ochrana ekosystémů a biodiverzity. Mnoho evropských zemí na podporu biodiverzity v zemědělské krajině zavedlo tzv. agro-environmentální opatření. Jedním z opatření jsou i biopásy. Biopás je 6–24 m široký díl půdního bloku, který bývá umístěn přímo uvnitř polí nebo k jejich okrajům a skládá se z různých druhů rostlin. Právě podle směsi vysévaných rostlin rozdělujeme biopásy na nektarodárné a krmné. Nový návrh strategického plánu Společné zemědělské politiky rozdělení biopásů rozšiřuje o pásy kombinované.

Biopásy přispívají k pestrosti a rozmanitosti krajiny, zvyšují potravní nabídku pro volně žijící živočichy a slouží jako útočiště pro veškerou faunu. Ptactvu zemědělské krajiny poskytují nejen možnosti úkrytu, ale i místa bezpečného zahnízdění. V mnoha studiích bylo potvrzeno, že biopásy zvyšují druhové bohatství

opylovačů a členovců. Poskytují útočiště živočichům, kteří mohou sloužit jako přirození predátoři škodlivých organismů. Nemůžeme opomenout ani půdoochrannou funkci. Biopásy pomáhají tlumit účinky vodní i větrné eroze a díky vegetaci chrání půdu před nadměrným vysycháním. Zvyšují úrodnost půdy díky hluboko kořenícím rostlinám obsaženým ve směsi, které dostávají biomasu do půdy. Na méně úrodných půdách může biopás napomoci s jejich regenerací. Tato diplomová práce se věnuje fungování biopásů, zvláště pak těch nektarodárných. Metodou fytoocenologického snímkování je sledován vliv zakládání biopásů a efekt vzdálenosti od okraje pole na druhové složení a diverzitu společenstev rostlin.

2 Cíl práce

Diplomová práce bude rozdělena na dvě dílčí části – část teoretickou a experimentální. Teoretická část bude tvořena literární rešerší shrnující problematiku poklesu biologické rozmanitosti v zemědělské krajině z pohledu rostlin. Pojednáno bude také o možnostech podpory biologické rozmanitosti na orné půdě. Literární rešerše bude specificky zaměřena na fungování biopásů, zvláště pak těch nektarodárných. Uvedeny budou podmínky zakládání biopásů, veškeré jejich náležitosti a uplatnění a možné dopady na společenstva plevelů.

Následující část bude experimentálního charakteru. Při terénní práci bude pomocí fytoecologického snímkování sledován vliv zakládání biopásů na společenstva rostlin a potenciální podporu plevelů v prvním roce po založení biopásů. Analyzována budou společenstva rostlin, jak uvnitř biopásů, tak v různé vzdálenosti od biopásů směrem do pole.

3 Literární rešerše

3.1 Pojem biodiverzita

Pojem biodiverzita (neboli biologická rozmanitost, diverzita) použil americký statistik a botanik James Arthur Harris (1916) v publikaci *Proměnlivá poušť* (*The variable desert*), až o několik let později se o biodiverzitu začal zajímat Thomas Lovejoy. Tento americký biolog a ekolog pojem uvedl v úvodu spisu *Ochranařská biologie: evolučně ekologická perspektiva*, sestaveného Michaelem Soulé a Bruceem Wilcoxem v roce 1980. Do podvědomí lidí se pojem dostal o osm let později, kdy ho popularizoval redaktor sborníku *Biodiverzita*, Edward O. Wilson (Wilson 1988).

V nynějším znění je definice pojmu biodiverzita zakotvena v Úmluvě o biologické rozmanitosti (*Convention on Biological Diversity*).

Definice podle Úmluvy o biologické rozmanitosti zní:

„Biodiverzita je variabilita všech žijících organismů včetně, mezi jiným, suchozemských, mořských a jiných vodních ekosystémů a ekologických komplexů, jejichž jsou součástí; zahrnuje diverzitu v rámci druhů, mezi druhy i diverzitu ekosystémů.“

Cílem této Úmluvy je ochrana biologické rozmanitosti na všech jejích úrovních, udržitelné využívání jejích složek, přístup ke genetickým zdrojům a rovnocenné rozdělování přínosů plynoucích z jejich využívání (MŽP ©2006). Vystavena k podpisu byla na Konferenci OSN o životním prostředí a rozvoji 5. června 1992 ve městě Rio de Janeiro v Brazílii a v platnost vstoupila 29. prosince 1993. Česká republika k této úmluvě přistoupila usnesením č. 293/1993 a v platnost pro ČR vstoupila v březnu 1994 (Sbírka zákonů pod č. 134/1999 Sb.). Plnění této úmluvy je v kompetenci Ministerstva životního prostředí (MŽP) a Ministerstva zemědělství (MZe).

Lidská činnost způsobuje degradaci ekosystémů a životního prostředí a ohrožuje populace druhů a úbytek přírodních zdrojů, čímž ubývá i biodiverzita. Biodiverzita má pro nás hospodářský význam (poskytuje lidem suroviny pro přímou spotřebu i výrobu), dále nám poskytuje fungující ekosystémy, bez kterých by společnost nemohla existovat. Nese také kulturní, estetické a duchovní hodnoty (Morton et Hill 2015).

Dělení biodiverzity může být různé. Nejčastěji se biodiverzita dělí do tří kategorií – genetická diverzita, druhová diverzita (diverzita organismů) a diverzita ekosystémová (Plesník 2019). Diverzitou genetickou se rozumí rozmanitost genů v rámci jednoho druhu, kdežto druhová diverzita je rozmanitost druhů v rámci lokality. Ekosystémovou diverzitou máme na mysli rozmanitost daného ekosystému (Vermeulen et Koziell 2002).

Biodiverzitu můžeme sledovat na dvou prostorových úrovních – úroveň lokální a regionální. Lokální biodiverzita závisí na schopnosti druhů koexistovat spolu na jedné lokalitě, dále na intenzitě a pravděpodobnosti kolonizace plochy. Regionální biodiverzita je rozmanitost velkých ploch (území), kde se předpokládá, že většina druhů je zde původních – došlo ke speciaci (vznik nových biologických druhů) přímo na daném území. V tomto rozdělování však rozloha nemusí hrát tak významnou roli – biodiverzita oceánských ostrovů je z tohoto hlediska regionální diverzita, jelikož zde probíhají evoluční procesy speciace a extinkce (vymírání druhů). Kolonizace je zde relativně nepodstatná. Tomuto rozdělení odpovídá v terminologii spíše rozdělení biologické rozmanitosti na alfa- diverzitu a gama- diverzitu (Storch 2019). Jak se zmiňuje Whittaker (1960) biodiverzita se dělí do tří úrovní alfa, beta a gama-diverzita. Alfa-diverzita (within-habitat diversity) je rozmanitost druhů na lokalitě a počet druhů bývá zaznamenán v rámci plochy uváděnou například v kilometrech čtverečních (km²) nebo v hektaru (ha), anebo přirozeně na základě stanoviště. Beta-diverzita (between-habitat diversity) je změna ve složení druhů mezi lokalitami a společenstvy.

Gama-diverzita je ve své podstatě alfa- diverzita, jen ve velké škále (regionu), která odkazuje na úplnou druhovou bohatost velkých geologických celků (Whittaker 1960).

3.2 Pokles biodiverzity v zemědělské krajině

Ve středověku tvořila krajina mozaiku různě husté a vysoké vegetace – vypasené svahy, písčiny, pole, úhory, louky, pastviny a lesy. Většina těchto biotopů byla udržována pastvou (Mládek et al. 2006). Převážně na pastvinách byla biodiverzita historicky relativně bohatá. V dnešní době je stav biodiverzity neuspokojivý (Miko et Hosek 2009). V 50. letech docházelo k radikálním změnám struktury zemědělských pozemků. S kolektivizací zemědělství se začaly rozorávat meze a malá pole byla scelena v souvislé celky (Vlašín 2014). Mnoho zemí východního bloku se v období komunismu potýkalo s řadou environmentálních problémů s ohrožením životního prostředí. V tomto období byly využívány především regulační a hierarchické přístupy politiky a environmentální ekonomika byla slabá. Na počátku 90. let neměla vláda České republiky téměř žádné zkušenosti s navrhováním a prováděním environmentálních opatření (Prazan et al. 2005).

V 90. letech velké podniky chovaly skot pro maso a mléko, pro který pěstovaly na okolních polích pícniny – jako jsou např. kvetoucí jeteloviny, které jsou důležité pro hmyz (Holý et al. 2020). Studie Skelton et Barrett (2005), prokazuje, že početnost hmyzích škůdců a predátorů (např. pavouků) byla vyšší v porostech s vysokým procentem zastoupení tolíce vojtěšky (*Medicago sativa* L.) na rozdíl od monokultury pšenice ozimé (*Triticum aestivum* L.). Vstup do Evropské unie zapříčinil koncentraci skotu jen do několika podniků a z krajiny tak ubyly pícniny s květy bohatými na pyl (Holý et al. 2020).

V posledních desetiletích intenzifikace zemědělství vedla k masivní ztrátě biodiverzity (Díaz et al. 2019). V těchto intenzivně využívaných zemědělských oblastech, díky scelování a rozšiřování polí, docházelo k úbytku stanovišť bohatých na rostliny (Schmidt et al. 2020). Právě díky scelování pozemků a redukci mezí a remízků došlo k ohrožení plevelů, jako je například hlaváček letní (*Adonis aestivalis* L.), prorostlík okrouhlostý (*Bupleurum rotundifolium* L.) nebo svízel trojrohý (*Galium tricorutum* Dandy) (Štefánek 2018). Hlaváček letní (*Adonis aestivalis* L.) je dle (Grulich 2017) označen jako ohrožený taxon (C3), prorostlík okrouhlostý (*Bupleurum rotundifolium* L.) a svízel trojrohý (*Galium tricorutum* Dandy) jsou kategorizovány jako druhy kriticky ohrožené. Na území Německa je v současnosti ohroženo 35 % rostlinných druhů vázaných na ornou půdu (Korneck and Sukopp

1988) a 28 % ohrožených druhů na území Anglie (Stroh et al. 2014). Ubývají přirozená stanoviště a dochází k fragmentaci krajiny spojené s urbanizací. Fragmentace krajiny, způsobená rozrůstajícími se městy, snižuje bohatství kvetoucích druhů rostlin a tím nepřímo snižuje biodiverzitu a četnost opylovačů (Theodorou et al. 2020). Došlo k intenzifikaci pěstování plodin, což mělo za příčinu pokles biodiverzity plevelů na orné půdě a úbytek semen z půdní zásoby semen (Storkey et al. 2012). V zemědělství bylo vždy cílem vyloučit rostliny, konkurující hlavní plodině např. vytrháváním, čištěním osiva, hlubší orbou, celkovou změnou agrotechnických postupů (Štefánek 2018) a nadměrným užíváním hnojiv a herbicidů (Holý et al. 2020). Zemědělská opatření jako je vysoké užití herbicidů (Holý et al. 2020), typ plodiny a zpracování půdy má za příčinu úbytek kvetoucích plevelů, a tudíž i ztrátu potravy pro hmyz (Schumacher et al. 2020). Hluboká orba například zapříčinila úbytek plevelů patřících do cibulovin jako jsou rody křivatec (*Gagea* sp.), snědek (*Ornithogalum* sp.) nebo modřenec (*Muscari* sp.) (Štefánek 2018). Nadměrný vstup živin z hnojiv do půdy narušuje přirozený koloběh živin a způsobuje eutrofizaci půdy i vody. Látky se dostávají formou splachů mimo pole a eutrofizace prostředí má za důsledek podporu jen několika druhů rostlin na úkor biodiverzity (Šafarčíková 2011). Opakované mulčování ve vegetačním období prospívá konkurenčním vytrvalým travám (Kirmer et al 2018). Zvýšené množství živin v půdě způsobuje vysoký výskyt trav a nitrofilních druhů na okrajích polí (Schmidt et al. 2020). Nitrofilní druhy neboli nitrofyty jsou rostliny upřednostňující vysokou koncentraci dusíku (Krpeš 2005). Příkladem jsou hluchavka bílá (*Lamium album* L.), šťovík tupolistý (*Rumex obtusifolius* L.), nebo invazní druhy jako je křídlatka japonská (*Reynoutria japonica* Houtt.) (Šafarčíková 2011).

V literatuře nacházíme studie, které zjistili drastické změny populací mnoha druhů. Příkladem může být práce z jihu Německa, která detekuje změnu 18 druhů (Buse et al. 2015). Studie prokazují značné úbytky několika druhů rostlin na zemědělské půdě, a to zejména těch, které jsou opylovány hmyzem (Wesche et al. 2012) a rostlin, které mají květy bohaté na nektar (Bruehlheide et al. 2020). Úbytek divokých rostlin na zemědělské půdě je akutní (Meyer et al. 2013). Biodiverzita rostlinných společenstev klesá, čímž klesají i zdroje potravy pro opylovače, užitečné členovce, drobné savce a ptactvo (Butchart et al. 2010). Pro zachování plně funkčního ekosystému s pokračováním ekonomického využívání krajiny je nutné zhodnotit způsoby využívání zemědělské krajiny (Anton et al. 2020).

Nevhodné hospodaření vede k zhoršení kvality zemědělské půdy. Degradaci půdy způsobuje především obsah rizikových látek v půdě, nedostatek organické hmoty nebo eroze (MŽP ©2019). Důležitým faktorem úrodnosti a funkčnosti půdy je jak neživá složka – přítomnost živin, humusu a vody potřebná k růstu a vývinu rostlin (Vrba et Huleš 2007), tak složka živá – půdní bakterie, řasy, houby, prvoci a bezobratlí. Na tyto půdní organismy mají negativní vliv výše zmíněné herbicidy a zvýšená hladina živin (eutrofizace). Užitím těžké mechanizace dochází k utužování půdy (Šafarčíková 2011), zvláště pak za nevhodných vlhkostních podmínek (Mistr et Čáp 2019). Rozpad půdní struktury a následné utužení způsobuje nevhodná kultivace (např. orba na stejnou hloubku), pěstování monokultur (s nízkým nebo žádným zastoupení víceletých pícnin v osevním postupu), acidifikace půdy, vysoké hnojení minerálními hnojivy atd. (Mistr et Čáp 2019).

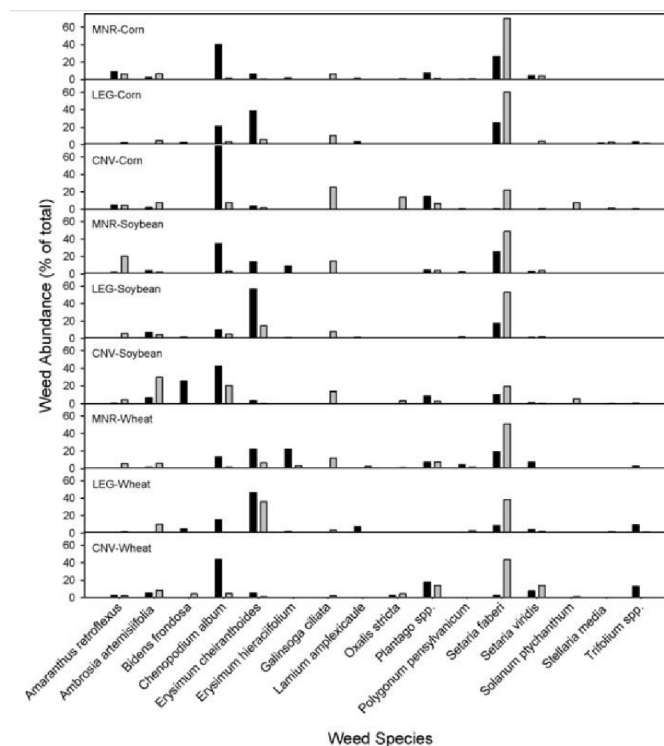
V posledních letech spotřeba minerálních hnojiv klesá, díky tzv. nitrátové směrnici. Cílem směrnice je snížení znečištění vod, zajištění pitné vody a ochrana povrchových vod před eutrofizací (Směrnice rady 91/676/EHS).

3.3 Podpora biodiverzity na orné půdě

V reakci na neustále se snižující biologickou rozmanitost byla v rámci společné zemědělské politiky (SZP) implementována agroenvironmentální schémata/ programy, které mají tuto ztrátu kompenzovat (Schmidt et al. 2019) a finančně motivovat zemědělce k využívání opatření podporující biodiverzitu. Součástí strategie pro biologickou rozmanitost do roku 2020 byla směrnice o ptácích, směrnice o stanovištích, Natura 2000 a iniciativa Evropské unie týkající se opylovačů (Evropská unie 2011). Evropská komise však vydala v roce 2020 novou strategii Evropské unie pro biologickou rozmanitost do roku 2030 („Navrácení přírody do našeho města“), která by měla vést k rovnováze mezi přírodou a ekonomickými aktivitami a zajistit naplnění cílů Green Deal. V rámci této strategie je nastavení snižování negativního dopadu zemědělství. Podle strategie by mělo být nejméně 25 % zemědělské půdy obhospodařováno ekologickým způsobem. Odsouhlaseny byly tyto cíle: snížit používání nebezpečných a chemických pesticidů o 50 %, využívání hnojiv nejméně o 20 %, ztráty živin nejméně o 50 % do roku 2030 (EU ©2020). V roce 2022 vypracuje Evropská komise společně s členskými státy akční plán pro hospodaření s živinami.

Strategie zvaná „Farm to Fork“ se bude zabývat snižováním používání a rizik pesticidů a podporovat bude širší provádění integrované ochrany rostlin (EU ©2020).

Na území České republiky byla v roce 2021 vydána Zpráva o strategickém plánu Společné zemědělské politiky (Strategický plán SZP) (2023–2027). Společná zemědělská politika zohledňuje doporučení Evropské komise z roku 2020 související s cíli Green Deal. Součástí Společné zemědělské politiky je ekologické zemědělství (EZ), jehož intervence je v souladu se Strategií MZe 2030 a s Akčním plánem České republiky pro rozvoj ekologického zemědělství v letech 2021–2027. Navazuje na výše zmíněný strategický dokument Evropské komise Strategie „Farm to fork“ (eAGRI ©2021). Ekologické zemědělství je moderní forma zemědělské výroby obsahující mimo jiné postupy, které zamezují poškození půdy a široká podpora biodiverzity v krajině. Celý systém ekologického zemědělství je legislativně ukotven společně s nastavenými a kontrolními podmínkami v zákoně č. 242/2000 Sb. (eAGRI ©2022a). Ekologické zemědělství cílí na úrodnost půdy, preventivní opatření a vytváření ekologické rovnováhy na rozdíl od konvenčního zemědělství, které se zaměřuje především na ochranu rostlin spojenou s užitím agrochemických látek a aplikaci minerálních hnojiv (Šarapatka et al. 2008). Nutná výživa pro rostliny by u ekologického zemědělství měla být zaopatřena víceletým střídáním plodin, zařazováním luskovin do osevního postupu, zařazováním meziplodin sloužících jako zelené hnojivo a používáním chlévské mrvy a organických materiálů, pokud možno kompostovaných, pocházejících z ekologického zemědělství (ÚKZÚZ ©2012). Možné je následně použít hnojiva a pomocné půdní látky, které jsou schváleny pro použití v ekologické produkci (Nařízení Komise (ES) č. 889/2008). Ryan et al. (2010) uvádí, že biodiverzita plevelů byla o 15–40 % bohatší v ekologickém zemědělství než v zemědělství konvenčním. Obrázek číslo 1 zobrazuje relativní četnost druhů plevelů v různých zemědělských systémech (Ryan et al. 2010).



Obrázek 1: Relativní početnost druhů plevelů tvořící 95 % density v půdní zásobě semen při různých systémech hospodaření; MNR=organické hospodaření s využitím hnoje, LEG= organické zemědělství s využitím luštěnin, CNV=konvenční hospodaření (Ryan et al. 2010)

Ekologické zemědělství a tradiční systémy nízkointenzivního zemědělství, kde ochranné aspekty mají přednost před rostlinnou produkcí, přispívají k ochraně vzácných a ohrožených druhů na orné půdě (Albrecht et al. 2016).

Biodiverzitu podporují některé tituly uvedené v nařízení vlády č. 75/2015 Sb. nazvané argoenvironmentálně-klimatická opatření tzv. AEKO. Příkladem je ošetřování travních porostů (OTP), zatravnění orné půdy, ochrana čejky chocholaté, biopásy atd. (nařízení vlády č. 75/2015 Sb.). Cílem ošetřování travních porostů je trvale udržitelné hospodaření na cenných stanovištích travních porostů. Hlavní myšlenkou podopatření zvané zatravnění orné půdy je zatravnění ploch orné půdy, čímž dojde ke zpomalení povrchového odtoku vody, zvýší se tak retence vody a sníží se eroze půdy. Zatravnění by mělo být provedeno regionální a druhově bohatou směsí rostlin (MZe ©2016). Reakcí na pokles čejky chocholaté (*Vanellus vanellus*), a dalších polních ptáků byla vytvořena podpora zvaná „Ochrana čejky chocholaté“. Cíli na omezení obhospodařování v hnízdních lokalitách, které jsou určené odborníky pro dlouhodobý prokazatelný výskyt čejky. Kromě čejky jsou díky absenci agrotechnických operací v určité době podpořeny i další druhy, např. čap černý (*Ciconia nigra*), ťuhák obecný (*Lanius collurio*) a skřivan polní (*Alauda arvensis*)

(MZe ©2016). Agoenvironmentálně-klimatická opatření – Podpora biodiverzity na orné půdě jsou důležitým pilířem Společného zemědělské politiky. Konkrétně se jedná o zakládání biopásů (cíleno na opylovače a na koroptev polní), o ochranu čejky chocholaté (cíleno na ochranu hnízdišť tohoto druhu) a o druhově bohaté pokrytí orné půdy (eAGRI ©2021).

3.4 Biopásy

Biopás je díl půdního bloku nerušené zeleně, který bývá umístěn přímo do polí nebo k jejich okrajům a je oset různými druhy rostlin (viz Obrázek 2). Jde v podstatě o úhorové hospodaření s vysetím předem stanovené směsi rostlin (MZe ©2016). Biopásy jsou polyfunkční – zvyšují biologickou rozmanitost na orné půdě, poskytují potravu a úkryt pro hmyz a jiná zvířata a tvoří místa pro růst a rozmnožování rostlin (Haaland et al. 2011).

Tzv. „Conservation headlands“ na okraji polí zakládáné na vybraných lokalitách německých spolkových zemí v se ukázaly jako úspěšné pro ochranu vzácných druhů rostlin na orné půdě. Jde o vyseté, extenzivně obhospodařované okraje polí bez užití herbicidů, jejichž cílem je podpora vzácných rostlin na orné půdě (Albrecht et al., 2016). Na území spolkového státu Porýní-Falc bylo nalezeno 49 druhů rostlin zapsaných v Červené knize (1994) (Oesau et Jörg 1994), 45 druhů bylo nalezeno na území státu Dolní Sasko (Schacherer 1994), 41 druhů rostlin na území Severní Porýní-Vestfálsko a 23 druhů na území Horní Bavorsko (Mattheis et Otte 1994). Některé z nalezených druhů byly dříve považovány za vyhynulé (Albrecht 2016). „Conservation headlands“ nebo biopásy přispívají k tvorbě ekologické infrastruktury krajiny a poskytují živočichům záchytná místa, přes která mohou migrovat. Biopásy lákají přirozené nepřátele škodlivých organismů (Landis et al. 2000) a členovce jako jsou opylovači (Nicholls et al. 2012). Vyšší početnost nepřátel škodlivých organismů – dravých členovců včetně pavouků, pestřenek a slunéček bylo nalezeno v borůvkových polích, které sousedily s biopásem divokých druhů rostlin na rozdíl od kontrolních ploch bez podpory divokých druhů rostlin (Blaauw et Isaacs 2015). Přítomnost biopásů zlepšila ochranu plodin proti škodlivým organismů v průměru o 16 %. Starší biopásy s vyšší rozmanitostí kvetoucích rostlin poskytují více potravní nabídky pro opylovače a zvyšují tak opylovací služby (Albrecht et al. 2020). Zvýšení potravní nabídky pro opylovače, je nejdůležitější v období, kdy po odkvětu kulturních

plodin na orné půdě dojde k výraznému úbytku zdrojů pylu a nektaru (eAGRI ©2021). Založení biopásů snižuje erozi půdy a zlepšuje estetiku krajiny (Fiedler et al. 2008). Kromě všech pozitivních funkcí mohou biopásy poskytovat úkryt škůdcům jako je např. hraboš polní (*Microtus arvalis*). Ve studii Briner et al. (2005) sledovali vliv biopásů na časoprostorové chování hrabošů a jejich vliv na přilehlá pole. Studie prokázala, že biopásy jsou pro hraboše kvalitním stanovištěm. Hustota populace hrabošů uvnitř biopásu byla vysoká, ale bez zvýšeného rizika rozptýlení hrabošů do sousedních polí (Briner et al. 2005). V Německu biopásy používají pro produkci biomasy na výrobu bioenergie. Nahrazují tak pěstování monokultur kukuřice, která vyžaduje množství agrochemikálií, které mají negativní vliv na životní prostředí (Tamms et al. 2021).

Funkce biopásů se v čase od jeho založení může podstatně měnit. V experimentu Albrecht et al. (2021) zdroj potravy výrazně klesal po prvních dvou až třech letech od založení biopásu pravděpodobně kvůli poklesu četnosti květů a nárůstem travního porostu. Na podporu opylovačů a přirozených nepřátel škodlivých organismů by mělo být prováděno opětovné vysetí nektarodárných biopásů (Albrecht et al. 2021). Naopak Denys and Tschardtke (2002) potvrzují, že v šestiletých biopásech bylo více predátorů (převážně pavouků) a přirozených nepřátel než v biopásech jednoletých. Tvzení, že stáří biopásů pozitivně ovlivňuje přezimující pavouky potvrzuje (Ganser et al. 2019). Počty přezimujících opylujících dvoukřídlých (*Diptera*) a brouků z čeledi drabčíkovití (*Staphylinidae*) se s věkem biopásů významně nemění. Každá skupina živočichů na stáří biopásů reaguje jinak, je tedy důležité udržovat části biopásů v různých sukcesních stádiích a podpořit tak přezimování pro širokou škálu členovců na orné půdě (Ganser et al. 2019).



Obrázek 2: Nektarodárný biopás

3.4.1 Podmínky zakládání biopásů v České republice

Podmínky provádění agroenvironmentálně-klimatických opatření (AEKO), pod které biopásy spadají, jsou zakotveny v Nařízení vlády č. 75/2015 Sb. Žadatel o zařazení do podopatření biopásy musí předložit seznam všech svých obhospodařovaných dílů půdních bloků vedených v evidenci využití půdy, údaj o výměře plánovaného biopásu, zakres příslušných dílů půdních bloků, které žadatel uvedl v této žádosti a zakres nastávajícího biopásu v mapě dílů půdních bloků. Pro zařazení do podopatření biopásy je stanovena minimální výměra 2 ha zemědělské půdy s druhem zemědělské kultury na standardní orné půdě podle Nařízení vlády č. 307/2014 Sb., na které žadatel hodlá založit biopás. Biopás musí být o šíři 6–24 m s délkou minimálně 30 m. Biopás musí zabírat nejvýše 40 % rozlohy příslušného dílu půdního bloku a nacházet se při okrajích nebo uvnitř dílu bloku ve směru orby nejméně 50 m od dálnice, silnice I. nebo II. třídy nebo od dalšího založeného biopásu. Žadatel nesmí po celou dobu zařazení do podopatření biopásu na daném pozemku používat přípravky na ochranu rostlin a hnojiva (Nařízení vlády č. 75/2015 Sb). Podle informačního materiálu pro zemědělce lze v krajním případě užít bodově herbicidy, pokud hrozí šíření plevelů z plochy biopásu a je tak ohroženo plnění rostlinolékařského zákona (MZe ©2016).

Zpráva o strategickém plánu Společné zemědělské politiky (eAGRI ©2021) obsahuje dvě změny v doplňkových podmínkách zakládání biopásů:

- 1) Žadatel vytvoří biopás v souvislé délce nejméně 50 m (dle Nařízení vlády č. 307/2014 Sb. je to nejméně 30 m).
- 2) Žadatel vytvoří biopás o souhrnné ploše nejvýše 50 % rozlohy dílu půdního bloku (dle Nařízení vlády č. 307/2014 Sb. je to 40 %).

3.4.2 Rozdělení biopásů

Biopásy jsou dvojího druhu: krmné a nektarodárné. Liší se především zasetými druhy rostlin, které jsou uvedeny v příloze č. 14 k nařízení vlády č. 75/2015 Sb. Oba typy biopásů musí žadatel založit nejpozději do 15. června příslušného kalendářního roku, přičemž výsev semen ve směsi musí proběhnout nejpozději do 24 měsíců ode dne vydání míchacího protokolu nebo vydání osvědčení prokazujícího kvalitu osiva podle zákona o oběhu osiva a sadby (Nařízení vlády č. 75/2015 Sb). Ve Strategickém plánu Společné zemědělské politiky (2023-2027) je rozdělení biopásů doplněno o biopásy kombinované (eAGRI ©2021).

Kombinované biopásy

Pro získání titulu kombinovaný biopás musí být vytvořen jednoletý krmný biopás o šíři 6-24 m, vedle kterého bude po delší straně vytvořený víceletý jetelotravní pás o šíři 18-24 m. Souvislá délka biopásu musí být nejméně 50 m o ploše nejvýše 50 % rozlohy půdního bloku. Biopás se musí nacházet na okrajích nebo uvnitř dílu půdního bloku ve směru orby. Založen musí být nejméně 50 metrů od dálnice, silnice 1. nebo 2. třídy, nebo od dalšího biopásu uvnitř dílu půdního bloku. Žadatel nesmí aplikovat hnojiva a přípravky na ochranu rostlin, s výjimkou fyto-sanitárních opatření na základě potvrzení ÚKZÚZ. Žadatel nesmí používat biopás jako souvrat' ani jako manipulační plochu.

Jednoletý krmný biopás musí žadatel založit každoročně v termínu do 31. května, a to směsí pro krmný biopás, která se bude skládat z uznaného nebo kontrolovaného osiva. Žadatel má povinnost zapravit biopás do půdy v roce po výsevu v termínu od 16. března do 30. dubna. Doplňkovou podmínkou je ponechání biopásu

od 1. června do 15. března následujícího kalendářního roku bez zásahu zemědělskou nebo jinou technikou.

Jetelotravní víceletý biopás musí žadatel založit do 31. května směsí pro jetelotravní biopás, přičemž zastoupení jetelovin a jiných bylin kromě trav v porostu musí tvořit více než 40 %. Žadatel musí biopás od 1. června do 15. srpna ponechat bez zásahu zemědělskou nebo jinou technikou. Žadatel provádí každoroční seč společně s odklizením biomasy minimálně jednou za rok (v termínu od 16. srpna do 31. října). V pátém roce po vysetí, žadatel zapraví jetelotravní biopás do půdy (v termínu od 16. března do 30. dubna). Doplnkovou podmínkou je, že žadatel od druhého roku závazku ponechá pás bez zásahů zemědělskou nebo jinou technikou (v termínu od 1. března do 15. srpna) (eAGRI ©2021)

Krmné biopásy

Krmné biopásy se zakládají zejména pro podporu drobného ptactva a savců (MZe, 2016). Krmné biopásy se ponechávají bez zásahu do konce března, což umožňuje přezimování některých druhů bezobratlých a poskytují tak potravu přezimujícím ptákům (BASF 2015).

Mezi druhy, které musí být zastoupeny ve směsi osiva v určitém množství, patří: jarní obiloviny - oves setý (*Avena sativa* L.), pšenice jarní (*Triticum aestivum* L.) nebo ječmen jarní (*Hordeum vulgare* L.); proso seté (*Panicum miliaceum* L.); kapusta krmná (*Brassica oleracea* L. conv. *acephala* (DC) Alof. var. *Medullos*) a pohanka obecná (*Fagopyrum esculentum* Moench). Mezi druhy doprovodné, volitelné patří pohanka obecná (*Fagopyrum esculentum* Moench); lesknice kanárská (*Phalaris canariensis* L.); svazenka vratičolistá (*Phacelia tanacetifolia* Benth.); len olejný (*Linum usitatissimum* L.); bobovité rostliny – hrách setý polní (*Pisum sativum* L. ssp. *Speciosum*), hrách setý pravý (*Pisum sativum* L. ssp. *Sativum*) nebo bob koňský polní (*Vicia faba* L. var. *Equina*) a dále také lupina bílá (*Lupinus albus* L.) (Příloha č. 14 k nařízení vlády č. 75/2015 Sb – část A).

Žadatel, který usiluje o zařazení do podopatření biopásy, musí krmný biopás ponechat do 15. března následujícího kalendářního roku bez zásahu zemědělskou nebo jinou technikou. Následně musí žadatel v termínu od 16. března do 15. června následujícího kalendářního roku porost biopásu zapravit do půdy (Nařízení vlády

č. 75/2015 Sb). Krmné biopásy jsou navrhovány jako jednoleté a po zapravení do půdy je nutné stanovenou směs znovu vysít.

Nektarodárné biopásy

Nektarodárné biopásy zmírňují následky nynějšího hospodaření na orné půdě a zakládají se zejména na podporu hmyzu – blanokřídlých a motýlů, kteří jsou významní opylovači (MZe ©2016). Na orné půdě nejdříve odkvétá brukev řepka (*Brassica napus* L.) se zastoupením 12% orné půdy, kdy ji vystřídají květy hořčice setá (*Sinapis alba* L.) se zastoupením 0,7 % orné půdy a v polovině léta vykvétá slunečnice roční (*Helianthus annuus* L.) se zastoupením 0,8 % orné půdy. Přibližně 2 % orné půdy tvoří jeteloviny, nicméně ty se kvůli vyšší kvalitě píce sklízí již před začátkem květu, což z nich nedělá významný zdroj nektaru (BASF 2015).

Osivo nektarodárných biopásů se skládá z jetelovin, plodin a dalších bylin. V samotné směsi osiva musí být obsaženy minimálně 4 druhy jetelovin v minimálním celkovém množství: 15 kg/ha, dále minimálně dva druhy plodin v minimálním celkovém množství 5 kg/ha a maximálním celkovém množství 7 kg/ha a minimálně jeden druh bylin v minimálním celkovém množství 2,5 kg/ha a maximálním celkovém množství 5 kg/ha.

Do seznamu jetelovin spadá: jetel luční (*Trifolium pratense* L.); komonice bílá (jednoleté i dvouleté odrůdy) (*Melilotus albus* Med.); úročník bolhoj (*Anthyllis vulneraria* L.); vičenec ligrus (*Onobrychis viciaefolia* L.); vikev setá (*Vicia sativa* L.); tolice vojtěška (*Medicago sativa* L.); čičorka pestrá (*Securigera varia* L. Lassen). Mezi osevní plodiny patří: hořčice bílá (*Sinapis alba* L.); pohanka obecná (*Fagopyrum esculentum* Moench); svazenka vratičolistá (*Phacelia tanacetifolia* Benth.) a slunečnice roční (*Helianthus annuus* L.). Byliny nektarodárných biopásů jsou kmín kořený (*Carum carvi* L.); mrkev krmná (*Daucus carota* L. ssp. *Sativus*); sléz lesní (*Malva sylvestris* L.); divizna velkokvětá (*Verbascum densiflorum* Bertol.) (Příloha č. 14 k nařízení vlády č. 75/2015 Sb. – část B). Dobu kvetení jednotlivých rostlin zobrazuje Tabulka 1.

Tabulka 1: Doba květu rostlin nektarodárného biopásu (www.kvetenacr.cz upravila Neradová 2022)

| Český název rostliny | Latinský název rostliny latinsky | Doba květu |
|-----------------------|----------------------------------|-----------------|
| jetel luční | <i>Trifolium pratense</i> | květen–říjen |
| komonice bílá | <i>Melilotus albus</i> | květen–srpen |
| úročník bolhoj | <i>Anthyllis vulneraria</i> | červen–červenec |
| vičenec ligrus | <i>Onobrychis viciaefolia</i> | květen–červenec |
| vikev setá | <i>Vicia sativa</i> | duben–září |
| tolice vojtěška | <i>Medicago sativa</i> | květen–říjen |
| čičorka pestrá | <i>Securigera varia</i> | květen–září |
| hořčice bílá | <i>Sinapis alba</i> | červen–červenec |
| pohanka obecná | <i>Fagopyrum esculentum</i> | červenec–srpen |
| svazenka vratičolistá | <i>Phacelia tanacetifolia</i> | květen–září |
| slunečnice roční | <i>Helianthus annuus</i> | červen–září |
| kmín kořený | <i>Carum carvi</i> | květen–červen |
| mrkev krmná | <i>Daucus carota</i> | červen–srpen |
| sléz lesní | <i>Malva sylvestris</i> | červen–září |
| divizna velkokvětá | <i>Verbascum densiflorum</i> | květen–září |

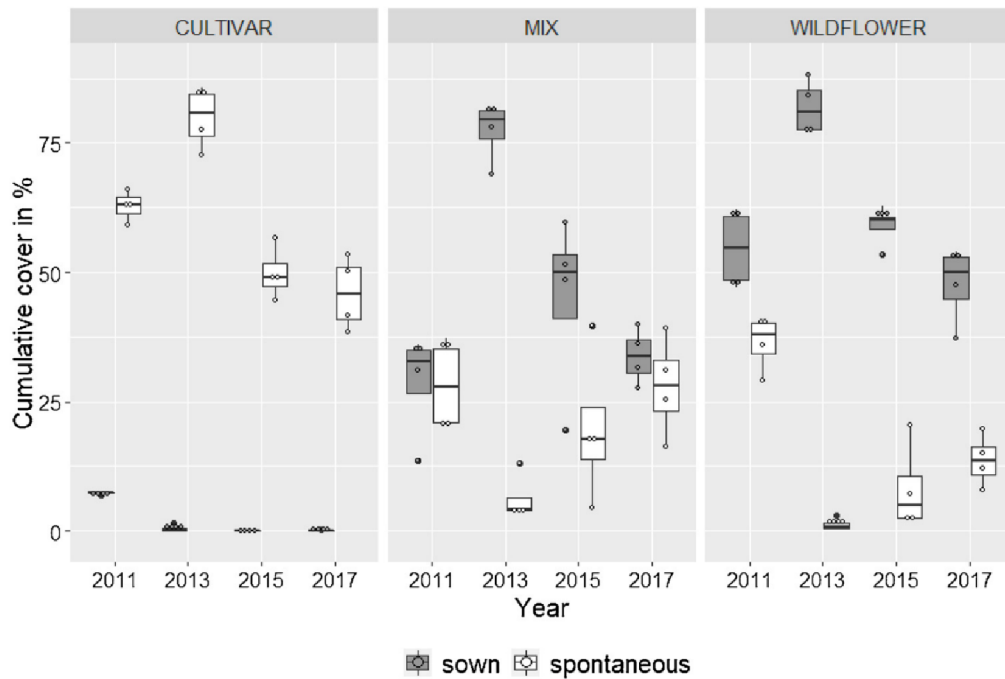
Založený nektarodárný biopás může být realizován jako dvouletý nebo tříletý, kdy po tuto dobu musí biopás zůstat na stejné ploše. Založení následného nektarodárného biopásu se pak realizuje následující rok po uplynutí dvou nebo tří let. Žadatel musí vykonat každým rokem seč s odklizením biomasy, a to v období od 1. července do 15. září příslušného kalendářního roku. Po celou dobu zařazení do podopatření nemůže žadatel zasáhnout do biopásu zemědělskou ani jinou technikou (Nařízení vlády č. 75/2015 Sb).

3.4.3 Výběr směsi semen pro biopás

V současné době neexistuje ověřená metoda pro výběr směsi rostlin pro multifunkční biopás. Nicméně Cresswell et al. (2019) vytvořili metodu pro tvorbu vegetativních biopásů, kterou lze přizpůsobit dalším ekosystémovým službám a klimatu. Metoda zohledňuje vlastnosti rostlin jako je velikost květů, barvu květů, obsah nektaru, plochu listů, hustotu trichomů listů, délku kořenů, hloubku zakořenění a hustotu kořenů, tak vnitřní a vnější faktory založení biopásu jako je např. doba květu, preferovaný typ půdy, PH atd. (Cresswell et al. 2019).

Důležitým faktorem pro výběr směsi semen je kombinace funkčních znaků rostlin. Ve studii Balzan et al. (2014) byly porovnány různé skupiny rostlin s různými funkčními znaky pro podporu členovců. Byly použity různé druhy rostlin z čeledi miříkovité (*Apiaceae*), bobovité (*Fabaceae*) a druhy jako chrpa luční (*Centaurea jacea*), pohanka obecná (*Fagopyrum esculentum*), hořčice setá (*Sinapis alba*). Výskyt funkčně rozmanitých druhů rostlin zvýšilo početnost včel (*Apidae*) a čeledí hladěnkovitých (*Anthocoridae*) (Balzan et al. 2014). Hladěnky jsou užitečné pro regulaci škodlivých organismů jako jsou třásněnky (*Terebrantia*), mšice (*Aphidoidea*), molice (*Aleyrodoidea*) a svilušky (*Tetranychus*). Nymfy a dospělci hladěnek se mohou živit pylem (eAGRI 2022b).

Volba směsi s divokými rostlinami regionálního původu se jeví pro udržení početnosti a biodiverzity kvetoucích druhů rostlin jako nejúčinnější. Po 7 letech financování agroenvironmentálního programu si směs regionálních druhů udržela 75 % zastoupení vyšetřovaných druhů divokých rostlin. Na lokalitách se směsí složené z kultivarů a nepůvodních druhů rostlin po třetím roce zůstali pouze dva druhy vyšetřovaných rostlin a převažovali vytrvalé trávy viz Obrázek 3 (Schmidt et al. 2020).



Obrázek 3: Kumulativní pokryvnost vysetých (tmavá barva) a spontánně vyrostlých druhů (světlá barva) rostlin na lokalitách s třemi různými druhy vysetých směsí (CULTIVAR, MIX, WILDFLOWER) (Schmidt et al. 2020)

Semena neregionálního původu nejsou přizpůsobena místním abiotickým podmínkám a nenajdou vhodné ekologické podmínky pro klíčení (Schmidt et al. 2019). Nizká genotypová biodiverzita nepůvodních rostlin může mít za následek genotypové překážky bránící k úspěšnému založení biopásu (Bischoff et al. 2010). Dalšími důvody absence vysetých druhů v biopásech může být neuchycení semen v půdě kvůli povětrnostním podmínkám při výsevu (Tamms et al. 2021) nebo predace semen členovci, ptáky a savci (Schumacher et al. 2020). Vyklíčení vysetých druhů je ovlivněno také obdobím výsevu – biodiverzita a pokryvnost vysetých druhů byla vyšší u biopásů vysetých na podzim. Snížená úspěšnost jarního výsevu byla pravděpodobně způsobena zvýšenou mortalitou klíčících rostlin během horkého a suchého léta (Stroot et al. 2022). Některá zasetá semena však mohou vyklíčit až v následujících letech (Kiehl et Pfadenhauer 2007).

3.4.4 Rizika zvolení nevhodné směsi semen

V 19. století se na území ČR vysazovali nepůvodní rostliny z Alp a jiných území za účelem obohacování květeny a pro okrasné účely (Kaplan 2009). Invazní rostliny, jako je například bolševník velkolepý (*Heracleum mantegazzianum* Sommier et Levier) a netýkavka žláznatá (*Impatiens glandulifera* Royle) byly na území ČR původně pěstovány na okrasu (Štajerová et al. 2021). Existují úspěšné, ale i nezdařilé záchranné programy a přenosy rostlin prováděné orgány ochrany přírody, ale stále zůstává otázkou, zda-li je aplikovat. Vysazování rostlin s sebou nese značná rizika (Lepší et al. 2008).

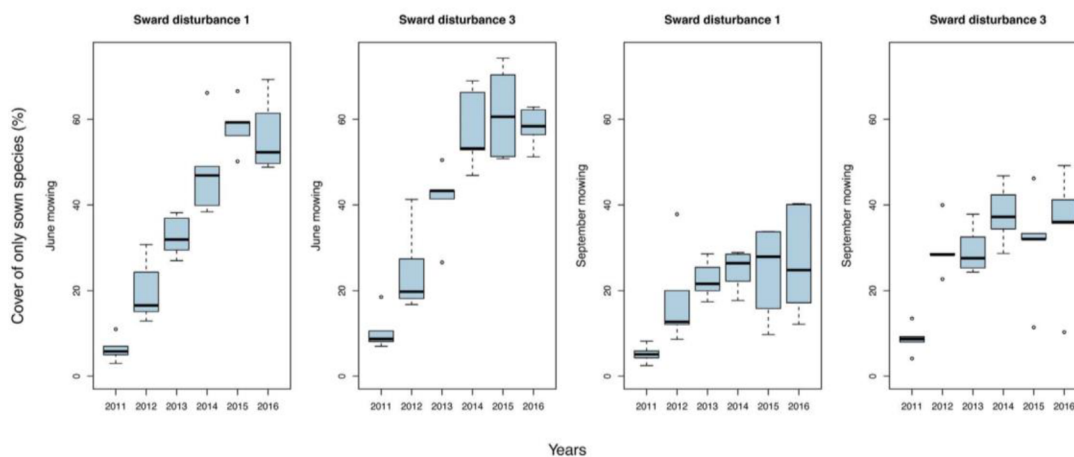
Na území ČR jsou původní druhy rostlin variabilní a mají specifické vlastnosti a genetickou strukturu, která odpovídá místu vývoje populací. Vysévání komerčních zahraničních směsí nebo směsí z druhého konce republiky populace narušuje (Štajerová et al. 2021). Tyto rostliny mohou způsobit zavlečení alely, která způsobí rezistenci původních rostlin a sníží tak jejich životaschopnost. Nepůvodní druhy mohou s sebou na lokalitu zavléct i patogenní mikroorganismy jako jsou například houby a rostlinné viry.

Zanesení nových rostlin na lokalitu může způsobit narušení konkurenčních vztahů a tím mohou z lokality vymizet původní druhy, nebo může konkurenčně silnější genotyp nahradit původní genotyp stejného druhu. Vysazování rostlin do přírody narušuje výzkum a rozlišení, které z populace jsou původních a které vyšet. Příkladem je nepřetržitá výsadba leknínů (*Nymphaea* sp.) různého původu u kterých je již prakticky nemožné odlišit původní populace od hybridogenních kultivarů (Kaplan 2007). Veškeré výsadby rostlin do volné přírody by měly být evidované (Hroudová 2009).

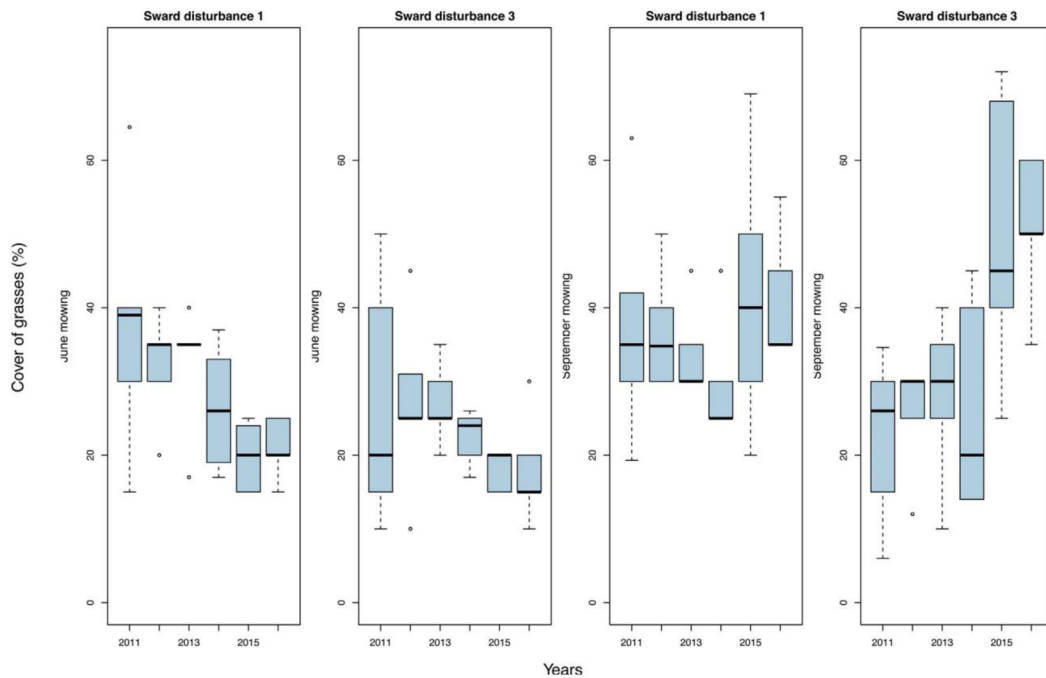
Dalším problémem je výskyt druhů rostlin v komerčních směsích, které nejsou oficiálně uváděny. Příkladem je osetí jedné lokality u Prahy směsí „Mezofylní louka – pícní pastevní“ od firmy Planta naturalis, kde byly po vzejití nalezeny druhy, které se na místě v minulých letech nevyskytovaly a byly na lokalitu danou směsí zavlečeny. Ve směsi od této firmy se nachází ohrožené druhy (Štajerová et al. 2021), které jsou zapsány v Červeném seznamu cévnatých rostlin České republiky (Grulich 2017). Takovýto výsev může znemožnit budoucí rozlišení přirozených populací od těch vyšetých (Štajerová et al. 2021).

3.4.5 Management biopásů

V některých zemích jsou biopásy ponechány bez zásahu (Scheper et al. 2015) v dalších zemích je předepsáno každoroční sečení koncem léta nebo v zimě (Haaland et al. 2011). V České republice je dle Nařízení vlády č. 75/2015 Sb. předepsána seč, s odklizením biomasy, v období od 1. července do 15. září. Sečení biopásů v pozdním létě vedlo ke zvýšení travního porostu a snížení pokryvnosti vysetých druhů. Nejlepší volbou pro posílení abundance cílených druhů je seč na začátku léta (tj. červen) (viz Obrázek 4) (Kirmer et al. 2018). Brzká seč, provedena začátkem léta, umožní dostatečný nárůst píce a zemědělci mohou uskutečnit následnou seč na podzim – píce je tedy kvalitnější s vyšším výnosem (Bruinenberg et al. 2002). Piqueray et al. (2019) doporučují seč dvakrát ročně (koncem června a v září). Tento management umožňuje zvýšení pokryvnosti kvetoucích rostlin a zvýšení kvality píce. Vhodné je ponechat část biopásu bez zásahu, která pak slouží jako úkryt pro hmyz. (Lebeau et al. 2015). Nicméně Kirmer et al. (2018) upozorňuje, že seč v září má za následek vyšší pokryvnost trav a snížení pokryvnosti cílových druhů (viz Obrázek 5).



Obrázek 4: vývoj pokryvnosti vysetých druhů s různou intenzitou narušení trávníku (jednou/tříkrát) před setím, a s různou dobrou seče (červen/září) (Kirmer et al. 2018)



Obrázek 5: vývoj travního porostu na osetých místech s různou intenzitou narušení drnu (jednou (Sward disturbance 1)/tříkrát (Sward disturbance 3)) a s různou dobou seče (červen/září) (Kirmer et al. 2018)

3.4.6 Plevelné rostliny

S obděláváním půdy a pravidelně se opakujícími zásahy byly vytvořeny vhodné podmínky pro plodiny, tak i pro plevelné druhy s podobnými ekologickými nároky (Willcox 2012). Plevelé jsou rostliny, které se na určitém stanovišti vyskytují proti vůli člověka (Jursík et al. 2011). S rozšiřováním zemědělství se spolu s kulturní plodinou rozšířily také plevelné druhy mimo svůj původní areál (Dekker 2011). V regionech s původními druhy, kde dochází k degradaci přirozených stanovišť, orná půda představuje důležitý sekundární biotop pro vzácné endemické druhy (Albrecht et al., 2016).

V minulosti byly plevely odstraňovány ruční prací (Mikulka 2012), s inovací setí v řádcích i mechanicky (pomocí brány) (Timmons 2005) a následně chemicky, používáním herbicidů (Mikulka 2012). Před užíváním herbicidů měly značnou vývojovou výhodu jednoleté druhy s brzkým klíčením při nízkých teplotách (v této fázi je nízká konkurence o světlo a živiny). S častým užíváním herbicidů se časné klíčení změnilo v nevýhodu, jelikož tyto druhy byly vystaveny aplikaci herbicidů. Výhodu tedy začaly mít letní druhy vyžadující vyšší teploty pro klíčení (Fried et al.

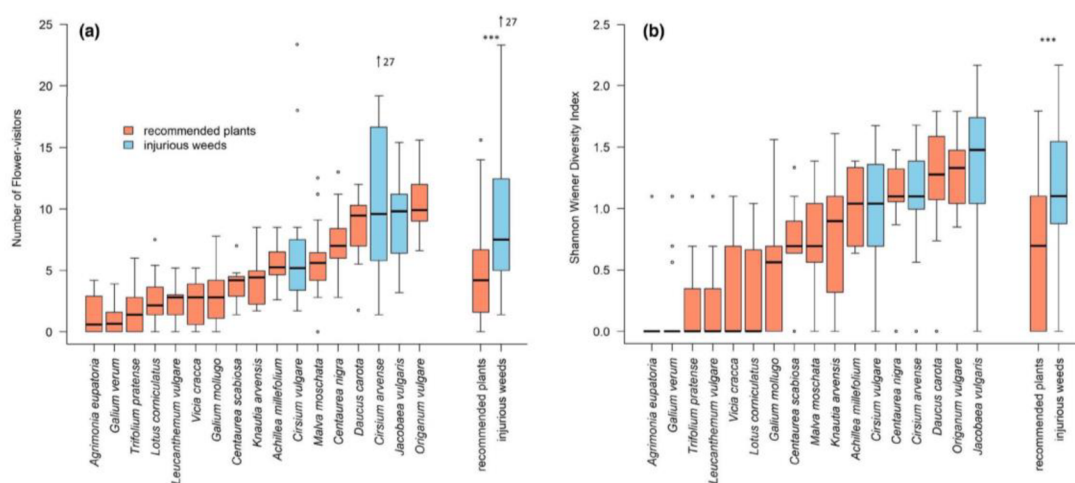
2012). Jednoleté rostliny klíčící v nízkých teplotách mají nižší perzistenci semenné banky a může díky působení herbicidů docházet ke snižování půdní zásoby semen (Bekker et al. 2003). Na orných půdách převažují druhy s relativně vysokým teplotním optimem pro klíčení (Otte et al. 2006). Některé jednoleté druhy plevelů se ekologicky a morfologicky podobají pěstované plodně např. velikostí a hmotností semen, délkou životního cyklu, dobou vysemenění nebo výškou rostliny. Tato speciální životní strategii se nazývá speirochorie a umožňuje plevelům šíření společně se semeny pěstovaných rostlin (Štefánek 2018). Pomocí speirochorie se šíří například chrpa polní (*Centaurea cyanus* L.) a mák vlčí (*Papaver rhoeas* L.) (Mikulka 2012). Mnoho plevelných druhů, které se plodně podobají velikostí a tvarem semen, téměř vymizelo po zavedení čištění osiva a komercializace produkce. Po ukončení pěstování některých tradičních plodin jako je např. len setý (*Linum usitatissimum* L.) došlo ke snížení výskytu vzácných plevelných druhů jako je např. lnička tařicovitá (*Camelina alyssum* (Mill.) Thell.), kokotice hubilen (*Cuscuta epilinum* Weihe.) a jílek oddálený (*Lolium remotum* Schrank) (Meyer et al. 2013). V Polsku došlo například k poklesu výskytu plevele nehtovce přeslenitého (*Illecebrum verticillatum* L.) díky nahrazení tradičních okopanin kukuřicí setou (*Zea mays* L.) (Skrajna, Kubicka a Rzymowska, 2012).

Z pohledu zemědělce jsou plevele hlavním omezením rostlinné výroby, ale na druhou stranu jsou důležitou součástí agroekosystému (Marshall et al. 2002). Alternativní systémy pěstování plodin zajišťují, jak kvalitní produkci plodin, tak zároveň možnou kontrolu plevele (Petit et al., 2010). Plevelné rostliny mají ekologický význam v krajině – omezují vysychání a narušení půdní struktury, zabraňují vodní a větrné erozi, jsou nedílnou součástí koloběhu živin a celého ekosystému (Mikulka 2014). Mezi plevelely je mnoho druhů, které člověk může využívat jako potravu, léčiva nebo krmivo (Jursík et al. 2011). Plevelná společenstva jsou také důležitá stanoviště pro úkryt, k poskytování potravy pro faunu (Rollin et al. 2016) a možnosti rozmnožování (např. kladení vajíček).

V prvním roce po založení biopásu, je početnost plevelů způsobena jednoletými plevelely z půdní zásoby semen. Půdní zásoba semen závisí na dřívějším systému hospodaření (střídání plodin, aplikace herbicidů) na lokalitách (Albrecht, 2005) a také na predaci semen živočichy (Schumacher et al. 2020). Predátoři semen jsou schopni zkonzumovat až 70 % vyprodukovaných semen plevelů v jednom roce (Westerman et al. 2003). Mezi nejčastější predátory semen patří především larvy

brouků, zejména z čeledi nosatcovití (*Curculionidae*), larvy much z čeledi vrtulovití (*Tephritidae*) a housenky některých zástupců řádu motýlů (*Lepidoptera*) (Saska et al., 2014).

Výskyt plevelných druhů v biopásech závisí na konkurenceschopnosti vysetých druhů (De Cauwer et al. 2008). Zvýšení obsahu trav ve směsi rostlin pro biopás a zvýšení frekvence sečení nevede ke snížení pokryvnosti plevelů (Piqueray et al. 2019). K potlačení konkurenčně schopných plevelů jako je pcháč oset (*Cirsium arvensem* L.) a trav např. pýr plazivý (*Elymus repens* (L.) Gould) je účinné použití výsev směsi divokých rostlin s 80 % zastoupením svazenky vřatičolisté (*Phacelia tanacetifolia* Benth.) (Denys et Tschardtke 2002). Konkurenčně schopné plevele mají výhodu oproti vzácným plevelům na půdách bohatých na živiny, což je způsobeno neselektivním používáním herbicidů (Marshall et al. 2002). Nicméně početnost a biodiverzita opylovačů, kteří navštěvují významné plevele jako např. starček obecný (*Senecio vulgaris* L.), pýr plazivý (*Elytrigia repens* (L.) Gould), pcháč obecný (*Cirsium vulgare* (Savi) Ten.), šťovík kadeřavý (*Rumex crispus*) nebo šťovík tupolistý (*Rumex obtusifolius* L.), byla v průměru dvakrát vyšší než u rostlin určených k opylování (viz Obrázek 6). Výsledky dokazují, že plevele mají pro biodiverzitu nedoceněnou hodnotu (Balfour et Ratnieks 2022).



Obrázek 6: Grafy znázorňující počet návštěv květů plevelů (a) a Shannon-Wienerův index diverzity (b), zaznamenaný na 1 m² během 5minutového censusu. Boxplot ukazuje 14 druhů zjištěných plevelů; oranžově = druhy doporučené na podporu opylovačů pro agro-envi schémata, modře = škodlivé plevele (Balfour et Ratnieks, 2022)

Ve Spojeném království monitorovali význam neobdělávaných okrajů polí (tzv. „uncropped cultivated margins“), které byly vysety na podporu vzácných rostlin orné půdy. Na 156 okrajích polí ve Spojeném království zaznamenali 34 vzácných

druhů rostlin orné půdy (40 % britské vzácné orné flóry). Nalezen byl například pryšec drobný (*Euphorbia exigua* L.), zrcadlovka různobarvá (*Legousia hybrida* (L.) Delarbre) a úporek pochybný (*Kickxia spuria* L. Dumort.) (Walker et al. 2007). Biopásy nejsou specificky zaměřeny na ochranu vzácných druhů rostlin orné půdy, ale na poskytování stanovišť pro zemědělskou faunu (Haaland 2011). Hodnota biopásů by se mohla zvýšit, pokud by se do směsí biopásů zahrnuly i ohrožené druhy orné půdě. Nutné je však použít druhy rostlin z místních zdrojů. V experimentu Van Elsen and Hotze (2008) prokázali, že biopásy se vzácnými druhy rostlin po prvním roce od výsevu biopásu pomohli potlačit problematické druhy plevelů. Ve Švýcarsku existuje komerční směs rostlin s 32 druhy rostlin vyskytujících se na orné půdě z regionálních zdrojů (většina uvedena ve švýcarském Červeném seznamu ohrožených druhů). Při pravidelném zpracovávání půdy se tyto vyseté druhy na lokalitách drží po dobu několika let (Boerlin 2008). Pokryvnost vzácných rostlin dosáhla obvykle pod 2 %, a na lokalitách převažovali konkurenceschopnější druhy jako je koukol polní (*Agrostemma githago* L.), chrpa modrá (*Centaurea cyanus* L.) a mák vlčí (*Papaver rhoeas* L.) (Eggenschwiler et al. 2007). Ve Spojeném království existuje projekt, ve kterém místní obyvatelé sbírají semena vzácných druhů roztoucích na orné půdě, která jsou dále množena a následně vysévána (Cornfield Flowers Project 2015). Do směsí semen rostlin se často přidávají vzácné druhy jako je např. koukol polní (*Agrostemma githago* L.), chrpa modrá (*Centaurea cyanus* L.), jelikož jsou výhodné pro opylovače pro své atraktivní květy, nicméně směsi většinou obsahují nepůvodní a neregionální druhy rostlin, které mohou mít negativní účinky na místní populace (Hotze et al. 2008). Nicméně zařazení ohrožených druhů do směsí může ovlivnit budoucí rozlišení přirozených populací od těch vysetých (Štajerová et al. 2021).

3.4.7 Možnosti hodnocení vegetace

Rostlinná společenstva se sledují v podobě tzv. fytoecologických (vegetačních) snímků (seznamy druhů rostlin s pokryvností na vytyčené ploše) (Westhoff a Van der Maarel, 1978 in Divíšek et al. 2010). Seznamy druhů s pokryvností se zapisují zvlášť pro jednotlivá vegetační patra: E3 = stromové patro, E2 = keřové patro, E1 = bylinné patro, E0 = mechové patro (Moravec et al. 1994). Nejpoužívanější možností sledování rostlinných společenstev je devítičlenná Braun-Blanquetova stupnice, která vyjadřuje pokryvnost druhů rostlin na dané ploše pomocí procent nebo odhadem počtu jedinců. Stupnice je složena z 9 hodnot vyjadřujících pokryvnost: r = ojedinělý výskyt (cca 1 rostlina), + = roztroušený výskyt, 1 = roztroušený až dosti hojný výskyt (pokryvnost 1-5 %), 2m = hojný výskyt (pokryvnost (5 %), 2a = pokryvnost (5–15 %), 2b = pokryvnost (15–25 %), 3 = pokryvnost (25–50 %), 4 = pokryvnost (50–75 %), 5 = pokryvnost (70–100 %). Velikost fytoecologického snímku se mění s typem společenstva. Pro nelesní společenstva se používá nejčasněji plocha od 1–25 m² (Westhoff et Van der Maarel, 1978 in Divíšek et al. 2010). Kromě Braun-Blanquetovi stupnice se využívá stupnice Dominova, Zlatníkova nebo Hult-Sermanderova srupnice lišící se počtem kategorií pokryvnosti. Další možností je zapsání pokryvnosti přímo v procentu (Moravec et al. 1994).

Pro zjištění druhů semen vyskytující se v půdní zásobě semen (= všechna životaschopná semena nacházející se v dané oblasti v půdě (Harper 1977) a na jejím povrchu (Roberts 1981)) se používá odběr půdních vzorků. Pro srovnatelnost výsledků se doporučuje používat půdní sondy s hloubkou 5–10 cm (Csontos 2007). Nutností je také přesná dokumentace metody odběru vzorků s uvedením plochy povrchu/ hloubky půdní sondy a celkového objemu vzorku (Thompson 1997). Doba odběru půdních vzorků se odvíjí od cílů výzkumu (Csontos 2007).

4 Metodika

4.1 Charakteristika zkoumaného území a přírodní podmínky

Studované plochy se nacházejí na území hl. m. Prahy na pozemcích využívaných firmou VIN AGRO s.r.o. (viz Obrázek 7). Lokality se nachází severozápadně na hranicích území hl. m. Prahy a Středočeského kraje. Dle mapy geomorfologických jednotek se lokality rozkládají na subprovincii Česká tabule, oblasti Středočeská tabule, podcelku Středolabská tabule a celku Čakovická tabule (ČÚZK ©2022). Geologické podloží většinou tvoří nezpevněné sedimenty jako je spraš a sprašová hlína, písek a štěrk a lokálně se nachází zpevněné sedimenty jako jsou písčité slínovce až jílovce a pískovce křemenné, jílové a glaukonitické (ČGS ©2022a). Zkoumaná pole jsou umístěna na černozemi, většinou se jedná o černozem karbonátovou (ČGS ©2022b). Jedná se o fyto geografickou oblast termofytikum, fyto geografický obvod České termofytikum, podobvod Pražská plošina – Jenštějnská tabule (Skalický 1988). Potenciální přirozenou vegetací pro tyto lokality jsou dubohabřiny (Neuhäuslová 1998). Všechny studované lokality dle Quitta (1971) spadají do teplé oblasti T2. Průměrná teplota v dubnu je 8–9 °C a v červenci 18–19 °C. Srážkový úhrn ve vegetačním období je 350–400 mm a suma srážek v zimním období 200–300 mm (Quitt, 1971). Podél pole s názvem „Linda“, které je v experimentální části označeno F3, protéká Vinořský potok a u pole Dlouhé velké (F2) protéká Ctěnický potok s nivní půdou (ČGS ©2022b) a nivními nezpevněnými sedimenty (ČGS ©2022a).

4.2 Systém experimentálních biopásů

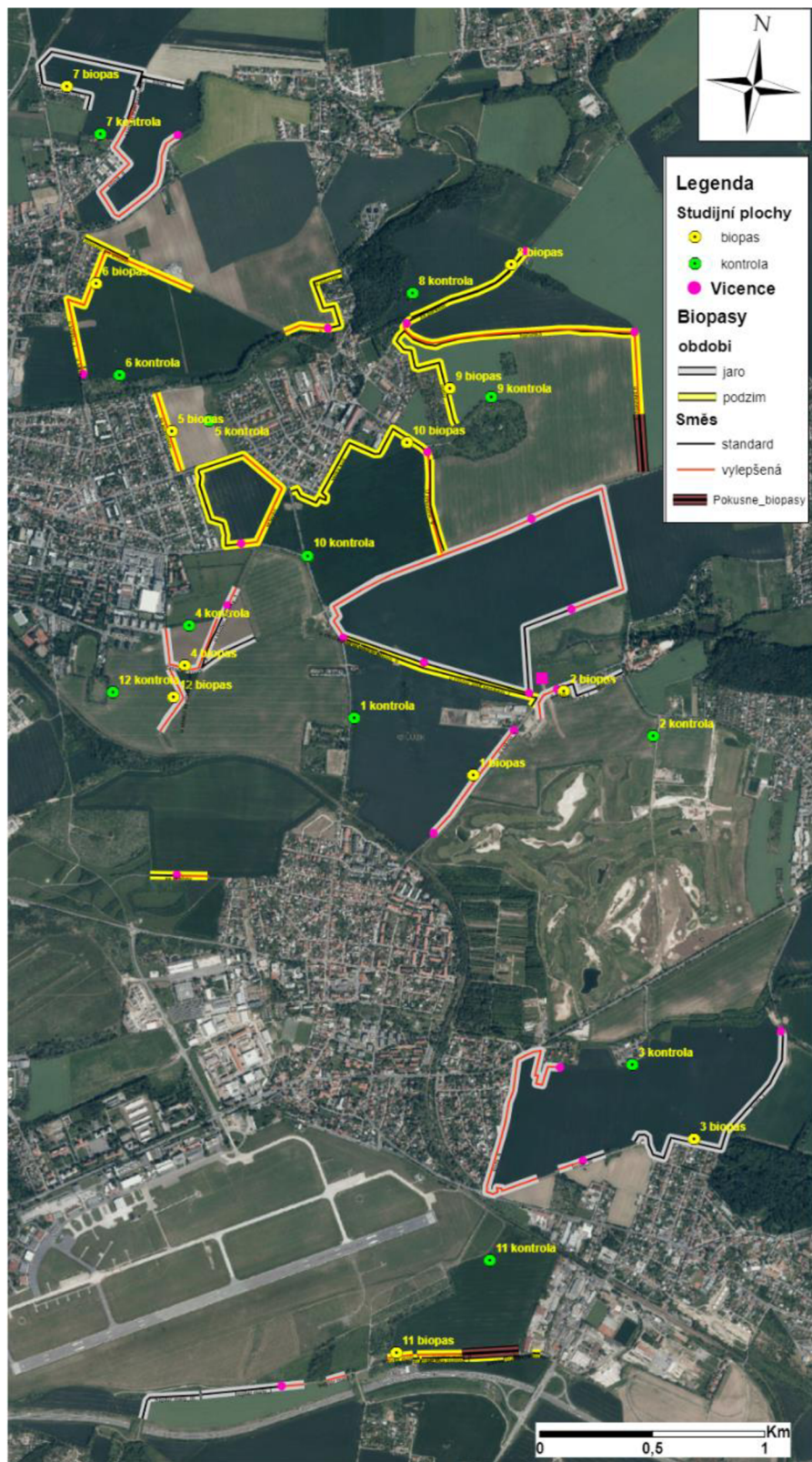
Systém experimentálních biopásů vznikl za podpory magistrátu hl. m. Prahy, který se rozhodl od roku 2020 finančně podporovat tvorbu nektarodárných biopásů na polích v katastru hl. m. Prahy. Tato finanční podpora ze strany magistrátu může být pro zemědělce velice užitečná. Výhodou je, že nastavení pravidel pro tvorbu mimoprodukčních ploch na orné půdě a pro následnou péči o plochy je v kompetenci Magistrátu hl. m. Prahy. Navíc zemědělci hospodařící na území hl. m. Prahy nemohou žádat o standardní dotace na biopásy (Praha je příliš bohatý region).

Tým ekologie hmyzu na FŽP ČZU v rámci svých aktivit monitoruje od roku 2020 v nektarodárných biopásech členovce (např. včely, pavouky, střevlíky atd.) a od roku 2021 rostlinná společenstva, a to nejen úmyslně vysetých druhů. Dalším cílem širšího projektu je přímé měření ekosystémových služeb, které není snadné aproximovat z početností monitorovaných organismů (předační tlak na větší hmyzí škůdce, rychlost rozkladu organické hmoty v půdě a post-disperzní predace semen plevelů).

Tato diplomová práce se zaměřuje na část tohoto projektu monitorující dopady zakládání biopásů na plevele. Cílem bylo fytoocenologickým snímkováním sledovat vliv zakládání biopásů na společenstva rostlin a potenciální zaplevelení v prvním roce po založení biopásů.

4.3 Design experimentu

Projekt využívá systém cca 60 ha nektarodárných biopásů o šíři 24 m na monitoring probíhá na 12 polích (viz Obrázek 7), kde byly založeny biopásy na podzim 2020 nebo na jaře 2021. Podzimní biopásy byly založeny v termínu 15. a 16. září 2020 a jarní biopásy byly založeny 8. a 9. dubna 2021.



Obrázek 7: Rozmístění sledovaných nektarodárných biopásů (Ing. Martin Štrobl, PhD. 2021)

4.4 Typy experimentálních biopásů

Sledovány byly čtyři typy nektarodárných biopásů: 1. standardní směs založená na jaře; 2. standardní směs založená na podzim; 3. vylepšená směs založená na jaře a 4. vylepšená směs založená na podzim.

Pro založení standardních biopásů byla použita certifikovaná směs komerčně prodávaná firmou Seed Service s.r.o. zvaná „Nektarodárný biopás“. Tato směs se skládá z těchto druhů rostlin: vikev setá (*Vicia sativa* L.), vičenec ligrus (*Onobrychis viciifolia* Scop), jetel luční (*Trifolium pratense* L.), jetel plazivý (*Trifolium repens* L.) jetel zvrhlý (*Trifolium hybridum* L.), štírovník růžkatý (*Lotus corniculatus* L.), komonice bílá (*Melilotus albus* Medik.), pohanka obecná (*Fagopyrum esculentum* Moench.), hořčice setá (*Sinapis alba* L.), svazenka vratičolistá (*Phacelia tanacetifolia* Benth.), kmín kořený (*Carum carvi* L.), sléz lesní (*Malva sylvestris* L.) a řebříček obecný (*Achillea millefolium* L.).

Ve vylepšené směsi bylo smícháno 60 % standardní směsi a 40 % vylepšující složky složené z travní směsi a dalších druhů dvouděložných nektarodárných rostlin. Vylepšená směs obsahuje následující druhy rostlin: vikev setá (*Vicia sativa* L.), vičenec ligrus (*Onobrychis viciifolia* Scop), jetel luční (*Trifolium pratense* L.), jetel plazivý (*Trifolium repens* L.) jetel zvrhlý (*Trifolium hybridum* L), štírovník růžkatý (*Lotus corniculatus* L.), komonice bílá (*Melilotus albus* Medik.), pohanka obecná (*Fagopyrum esculentum* Moench.), hořčice setá (*Sinapis alba* L.), svazenka vratičolistá (*Phacelia tanacetifolia* Benth.), kmín kořený (*Carum carvi* L.), sléz lesní (*Malva sylvestris* L.) a řebříček obecný (*Achillea millefolium* L.), směs druhů kostřav (*Festuca* sp.), lipnice luční (*Poa pratensis* L.), mrkev obecná (*Daucus carota* L), pastinák setý (*Pastinaca sativa* L.), šalvěj přeslenitá (*Salvia verticillata* L.), hvozdík kartouzek (*Dianthus carthusianorum* L.), chrpa luční (*Centaurea jacea* L.), krvavec menší (*Sanguisorba minor* Scop.), šedivka šedá (*Berteroa incana* (L.) DC.). Množství jednotlivých druhů ve směsi společně s přibližnou cenou směsi zobrazuje Tabulka 2.

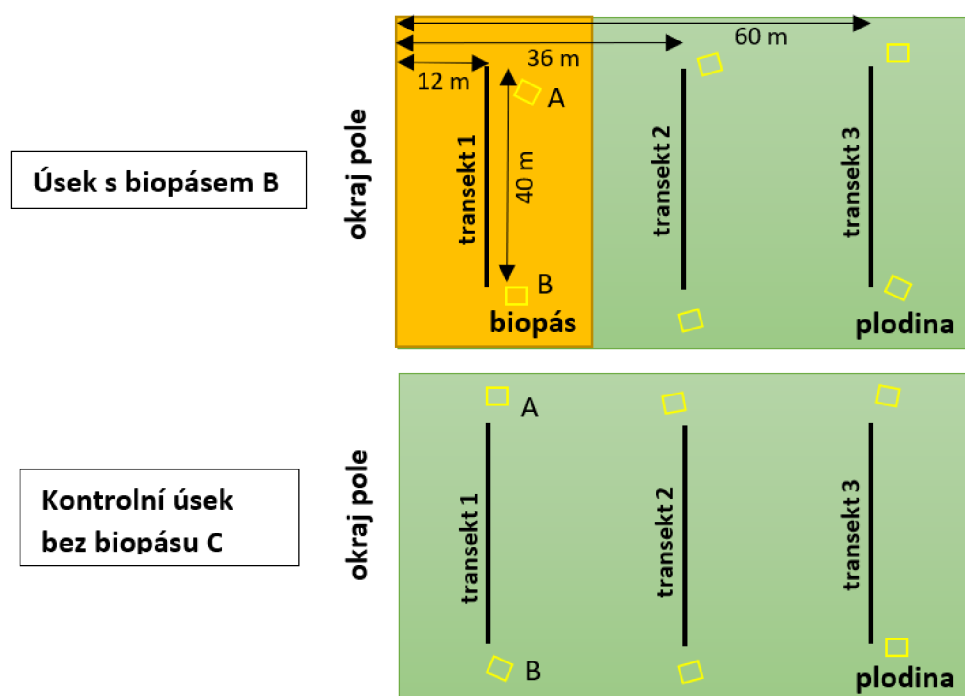
Tabulka 2: Použité druhy semen do vyšetých směsí

| standardní směs Seed Service s.r.o. (2600,- Kč/ha) | | vylepšená směs Seed Service s.r.o. (5000,- Kč/ha) | |
|---|---------------|--|---------------|
| Rostlina | složení kg/ha | rostlina | složení kg/ha |
| vikev setá | 5,31 | vikev setá | 3,18 |
| vičenec ligrus | 5,31 | vičenec ligrus | 3,18 |
| jetel luční | 4,25 | jetel luční | 2,55 |
| jetel plazivý | 0,43 | jetel plazivý | 0,26 |
| jetel zvrhlý | 0,43 | jetel zvrhlý | 0,26 |
| štírovník růžkatý | 0,21 | štírovník růžkatý | 0,13 |
| komonice bílá | 1,06 | komonice bílá | 0,64 |
| pohanka obecná | 2,65 | pohanka obecná | 1,59 |
| hořčice bílá | 1,59 | hořčice bílá | 0,96 |
| svazenka vratičolistá | 1,06 | svazenka vratičolistá | 0,64 |
| kmín kořený | 2,65 | kmín kořený | 1,59 |
| sléz lesní | 0,05 | sléz lesní | 0,03 |
| řebříček obecný | 0,01 | řebříček obecný | 0,01 |
| | | kostřava (směs druhů) | 5,41 |
| | | lipnice luční | 1,35 |
| | | mrkev obecná | 1,69 |
| | | pastinák setý | 0,68 |
| | | šalvěj přeslenitá | 0,23 |
| | | hvozdík kartouzek | 0,45 |
| | | chrpa luční | 0,05 |
| | | krvavec menší | 0,01 |
| | | šedivka šedá | 0,02 |

4.5 Sběr fytoocenologických dat

Do fytoocenologického snímkování (viz Obrázek 8) bylo zařazeno 12 polí s biopásem označených F1-F12. Názvy těchto polí a vyšetřené plodiny zobrazuje Tabulka 3.

V rámci každého pole byl sledován úsek s biopásem (označován písmenem B) a kontrolní úsek bez biopásu (označován písmenem C), na kterých probíhalo fytoocenologické snímkování. Na těchto úsecích byly vyznačeny tři 40 m dlouhé transektly se vzdáleností 12 m, 36 m a 60 m od okraje pole, aby bylo možné stanovit vlivy biopásů na jejich okolí. Dohromady bylo monitorováno celkem 72 transektů.



Obrázek 8: Design experimentu; žluté čtverce značí fytoocenologické snímkování

Tabulka 3: Seznam polí s vysetou plodinou, použitou směsí semen a dobou vysetí

| Pole ID | Pole název | Plodina 2020 | Plodina 2021 | Termín výsevu biopásu | Typ směsi |
|---------|--------------------------|--------------|--------------|-----------------------|-----------|
| F1 | U Ctěnic | cukrová řepa | ječmen | jaro | vylepšená |
| F2 | Dlouhé velké | pšenice | řepka | jaro | standard |
| F3 | Linda | cukrová řepa | ječmen | jaro | standard |
| F4 | U Stodol kousky 2 | pšenice | hořčice | jaro | vylepšená |
| F5 | Za kravínem | pšenice | ječmen | podzim | vylepšená |
| F6 | U křížku | řepka | pšenice | podzim | vylepšená |
| F7 | Hliník u trati + Mikoláš | cukrová řepa | ječmen | jaro | standard |
| F8 | Za parkem | ječmen | řepka | podzim | standard |
| F9 | Radar | pšenice | oves | podzim | Standard |
| F10 | Velký kus | řepka | pšenice | podzim | Standard |
| F11 | Jezírka malá | řepka | pšenice | podzim | Vylepšená |
| F12 | U stodol za stadionem | pšenice | hořčice | jaro | Vylepšená |

Fytoocenologické snímkování probíhalo v termínu 21. - 30. června 2021 na výše zmíněných 12 polích s biopásy (Obrázek 7; Tabulka 3). Data o společenstvech rostlin byla zaznamenána pomocí fytoocenologických snímků o velikosti 1x1 m. Tato velikost byla dána tzv. metrovkou, čtvercem vytvořeným pomocí 4 propojených tyčí (viz Obrázek 9). Nomenklatura taxonů byla v diplomové práci sjednocena podle práce Danihelka et al. (2012).



Obrázek 9: Zápis fytoocenologického snímku pomocí metrovky

Na každém transektu byly zaznamenány dva fytoocenologické snímky, a to při okrajích transektu (viz Obrázek 8). Celkově tedy každé pole obsahuje šest fytoocenologických snímků na úseku s biopásem (B) a šest snímků na kontrolním úseku bez biopásu (C). Kontrola (C) jsou kontrolní okraje polí bez přítomnosti biopásů, nacházející se na jiné straně pole a sousedí se stejným typem biotopu jako monitorovaný úsek biopásu. Monitoring byl proveden jak uvnitř biopásu, tak uvnitř pole v různé vzdálenosti od okraje, aby bylo možné stanovit vliv biopásů na jejich okolí. Samotné snímkování spočívalo v náhodném umístění metrovky do porostu na okrajích transektu. Pro zaznamenání druhů byla použita Braun-Blanquetova stupnice pokryvnosti s rozdělením stupně 2 na 2m, 2a a 2b, dle procentuálního zastoupení v snímku (Obrázek 10).

| Braun-Blanquet | van der Maarel | procenta |
|-----------------------|-----------------------|-----------------|
| r | 1 | 1 |
| + | 2 | 2 |
| 1 | 3 | 3 |
| 2 | 5 | 13 |
| 3 | 7 | 38 |
| 4 | 8 | 63 |
| 5 | 9 | 88 |
| (2m) | 4 | 5 |
| (2a) | 5 | 8 |
| (2b) | 6 | 18 |

Obrázek 10: Použitá Braun-Blanquetova stupnice s převodem do dalších škál (Herben et Münzbergová 2003)

Každému fytoocenologickému snímku byl přidělen identifikační kód např.: F1_B1A. Spojení F1 označuje číslo pole, následuje písmeno B/C značící lokalizaci snímku s přítomností biopásu nebo kontrolu bez biopásu, číslice 1–3 označuje transekt (vzdálenost od okraje pole 12, 36 nebo 60 metrů) a písmena A/B značící variantu, tedy zdali byl snímek vytvořen na levé nebo pravé straně transektu (vše při pohledu od okraje pole směrem do středu pole k plodině).

4.6 Zpracování dat

Data byla přepsána do programu Excel a následně byla zpracovávána v programu R a R Studio (R Core Team 2022). Hladina významnosti α byla u všech testů stanovena na 0,05. Nejprve proběhla úprava dat, kdy bylo procentuální zastoupení v podobě Bran-Blanquetovi stupnice převedeno na procenta (Obrázek 10). Následně byly sloučeny každé dva snímky s označením A a B umístěné na stejném transektu do jednoho záznamu, který obsahoval všechny druhy nalezené na obou plochách s průměrnou hodnotou pokryvnosti z obou snímků. Každému transektu tak odpovídal jeden datový bod (záznam). Dále byla data naformátována pro následné zpracování pomocí balíčku „tidyverse“ v programu R. Vytvořeno bylo šest kategorií proměnné „lokalizace“ pomocí kombinace vzdálenosti od okraje a typu okraje (biopás/kontrola): B1, B2, B3, C1, C2, C3. Analyzována byla samostatně data obsahující všechny zaznamenané druhy (tedy s ponecháním vyšetých druhů) a následně i data obsahující pouze záznamy pro plevelná společenstva (tedy bez úmyslně vyšetých druhů).

4.6.1 Indexy diverzity

Pro přímou analýzu druhové diverzity byla použita data přímo odpovídající počtu zaznamenaných druhů (*Species richness* = S). K dalšímu hodnocení biodiverzity byl použit Shannon-Wienerův index heterogenity (*Shannon-Wiener index* = H). Tento index může nabývat hodnot od 0 (0 = absolutní dominance jednoho druhu) do $\ln(S)$ (hodnota přirozeného logaritmu celkového počtu druhů značí absolutní vyrovnanost početností všech druhů). Obvykle však v praxi nabývá hodnot 1,5 až 4,5. Použit byl také Simpsnův index, který zobrazuje pravděpodobnost, že dvě po sobě náhodně vybrané rostliny budou patřit k jednomu druhu a nabývá hodnot 0–1 (0 = nízká biodiverzita, 1 = vysoká biodiverzita). Dále byl použit index vyrovnanosti (*Equitability index* = J), který ukazuje, jak vyrovnané jsou druhy ve společenstvu. Tento index nabývá hodnot 0–1 (0 = nevyrovnané, 1 = vyrovnané). Totožné indexy byly použity i pro data, z kterých byly odstraněny vyšeté druhy a analyzovala se data pouze pro plevelné druhy. Pro grafické zobrazení hodnot zkoumaných indexů v podobě grafů (boxplot) byl použit balíček „vegan“ v programu R.

4.6.2 Jednorozměrné modely

Pro určení, který jednorozměrný model použít pro analýzu počtu druhů a indexů diverzity bylo nejprve pomocí Shapiro testu zjištěno, zdali data mají normální rozdělení. Tím bylo zjištěno, že data, jak s vysetými i plevelnými druhy (H: $p < 0,001$; J: $p < 0,001$; S: $p < 0,001$), tak pouze s plevelnými druhy (H_{plev}: $p < 0,001$; J_{plev}: $p < 0,001$; S_{plev}: $p < 0,001$) nemají normální rozdělení. Bylo proto nutné použít jiné (Poissonovo) rozdělení. Na základě toho byly zvoleny zobecněné lineární modely s náhodnými efekty (GLMM), kde jako náhodný efekt byla využita identita pole (F1-F12). K tvorbě a vizualizaci modelů byly použity balíčky „car“ a „MASS“. Pro následné otestování rozdílů mezi lokalizací vzorků (B1, B2, B3, C1, C2, C3) byly použity Tukeyho testy za využití balíčku „multcomp“. Do modelu byly použity následující proměnné: lokalizace (B1, B2, B3, C1, C2, C3) a vysetá plodina (hořčice, ječmen, oves, pšenice, řepka), termín výsevu (jaro=J/podzim= P), typ vysetá směsi (standard=S/vylepšená=V) a předplodina (cukrová řepa, ječmen, pšenice, řepka).

4.6.3 Ordinační techniky

Ordinační techniky umožňují pracovat současně se všemi zaznamenanými druhy, a tudíž ukazovat rozdíly v druhovém složení společenstev. Přímé ordinační techniky navíc propojují změny ve složení společenstev přímo se zkoumanými (vybranými) proměnnými prostředí. Pro analýzu svých dat jsem na základě délky gradientu v druhových datech vybrala kanonickou korespondenční analýzu (CCA). Pro zobrazení druhů v ordinačních diagramech jsou použity zkratky v podobě EPPO kódů, které kódují latinské názvy jednotlivých rostlin (viz Tabulka 4). Jako environmentální proměnné do plných modelů vstupovaly: lokalizace (B1, B2, B3, C1, C2, C3), vysetá plodina (hořčice, ječmen, oves, pšenice, řepka), termín výsevu (jaro=J/podzim= P) a typ směsi (standard=S/vylepšená=V) a předplodina (cukrová řepa, ječmen, pšenice, řepka).

5 Výsledky

Na studovaných plochách bylo celkově nalezeno 68 druhů rostlin. Z nich celkem 17 druhů bylo obsažených ve vyšetých směsích a zbylých 51 druhů bylo plevelných (viz Tabulka 4). Druhy jako hvozdík kartouzek (*Dianthus carthusianorum* L.), chrpa luční (*Centaurea jacea* L.), kostřava (*Festuca* sp.), šalvěj přeslenitá (*Salvia verticillata* L.) nebo šedivka šedá (*Berteroa incana* (L.) DC.), které byly vysety ve směsi nebyly na lokalitách (ve zkoumaných čtvercích) nalezeny. Největší počet druhů rostlin (22) byl nalezen ve fytoocenologickém snímku uvnitř biopásu na poli „Linda“ (F3), kde bylo nalezeno také nejvíce plevelných druhů (14). Nejčastější plevelný druh v biopásu byl merlík bílý (*Chenopodium album* L.), který se s největší pokryvností (50,5 %) vyskytoval v biopásu se na poli „Linda“ (F3). Nejčastěji vyskytující se vyšetý druh v biopásu byla svazenka vratičolistá (*Phacelia tanacetifolia* Benth.), která se nacházela ve všech 12 studovaných biopásech a dominovala na poli „Radar“ (F9) a „Velký kus“ (F10) (obě lokality s pokryvností 63 %). Dalším častým vyšetým druhem byla hořčice bílá (*Sinapis alba* L.), která byla zaznamenána s nejvyšší pokryvností (63 %) na polích „U stodol kousky 2“ (F4) a „Hliník u trati“ (F7). Nejvyšší pokryvnost plevelu měl mák vlčí (*Papaver rhoeas* L.) (63 %) v biopásu na poli „Za parkem“ (F8).

Z plevelných druhů s vysokou pokryvností na lokalitách dále rostla locika kompasová (*Lactuca serriola* L.) (25,5 %) v biopásu na poli „Jezírka malá“ (F11) nebo úhorník mnohodílný (*Descurainia Sophia* (L.) Prantl) (s pokryvností 18 %) v biopásu na poli „Radar“ (F9). Nelze opomenout plevelný druh bažanka roční (*Merculialis annua* L.), která se společně s druhy merlík bílý (*Chenopodium album* L.) a violka rolní (*Viola arvensis* Murray) nejčastěji objevovaly jako semenáčky na fytoocenologických snímcích uvnitř pole s plodinou.

Tabulka 4: Veškeré nalezené druhy na lokalitách (celkem 68 druhů rostlin)

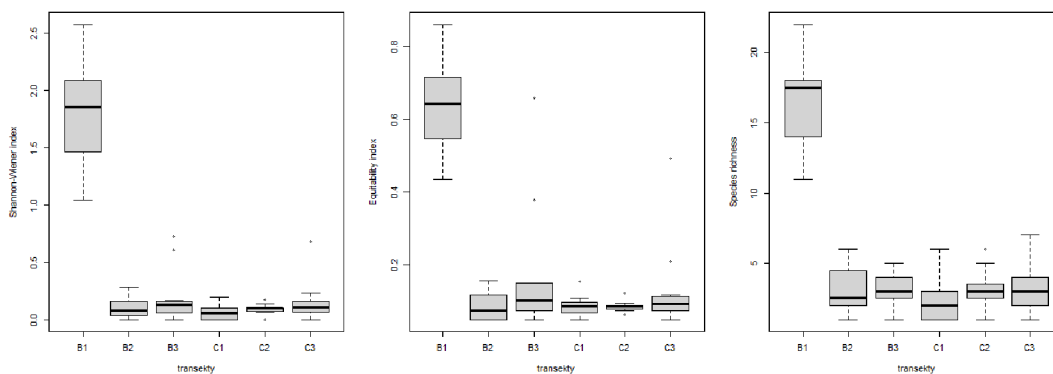
| Název rostliny | EPPO kód | Výsev |
|---------------------|----------|-------|
| bažanka roční | MERAN | ne |
| blín černý | HSYNI | ne |
| brukev řepka | BRSNN | ne |
| brukev zelná | BRSOX | ne |
| drchnička rolní | ANGAR | ne |
| heřmánkovec nevonný | MATIN | ne |
| hořčice bílá | SINAL | ano |

| | | |
|-------------------------|-------|-----|
| hulevník Loeselův | SSYLO | ne |
| huseníček rolní | ARBTH | ne |
| chundelka metlice | APESV | ne |
| javor sp. | ACRSS | ne |
| ječmen obecný | HORVX | ne |
| jetel luční | TRFPR | ano |
| jetel plazivý | TRFRE | ano |
| jetel zvrhlý | TRFHY | ano |
| jílek vytrvalý | LOLPE | ne |
| jitrocel kopinatý | PLALA | ne |
| kakost maličký | GERPU | ne |
| kmín kořenný | CRYCA | ano |
| kokoška pastuší tobolka | CAPBP | ne |
| komonice bílá | MEUAL | ano |
| komonice lékařská | MEUOF | ne |
| krvavec menší | SANMI | ano |
| laskavec ohnutý | AMARE | ne |
| lebeda lesklá | ATXNI | ne |
| lipnice luční | POAPR | ano |
| locika kompasová | LACSE | ne |
| mák vlčí | PAPRH | ne |
| merlík bílý | CHEAL | ne |
| mléč zelinný | SONOL | ne |
| mrkev obecná | DAUCA | ano |
| opletka obecná | POLCO | ne |
| oves hluchý | AVEFA | ne |
| oves setý | AVESA | ne |
| pastinák setý | PAVSA | ano |
| pelyněk černobýl | ARTVU | ne |
| penízek rolní | THLAR | ne |
| pcháč oset | CIRAR | ne |
| pohanka obecná | FAGES | ano |
| pomněnka rolní | MYOAR | ne |
| pryšec chvojka | EPHCY | ne |
| pryšec kolovratec | EPHHE | ne |
| pšenice setá | TRZAX | ne |
| ptačinec žabinec | STEME | ne |
| rdesno blešník | POLLA | ne |
| rozrazil perský | VERPE | ne |
| rozrazil rolní | VERAR | ne |
| řebříček obecný | ACHMI | ano |
| silenka noční | MELNO | ne |

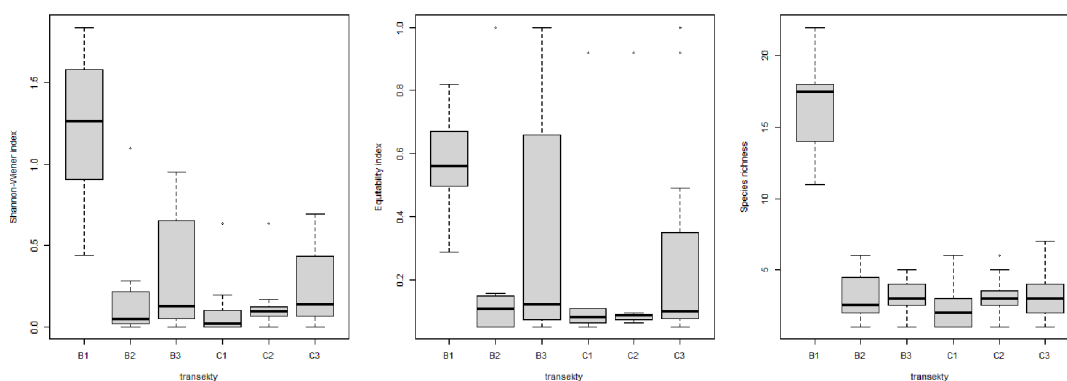
| | | |
|-----------------------|-------|-----|
| sléz lesní | MALSI | ano |
| svazenka vratičolistá | PHCTA | ano |
| sveřep jalový | BROST | ne |
| sveřep střešní | BROTE | ne |
| svízel přítula | GALAP | ne |
| svlačec rolní | CONAR | ne |
| štírovník růžkatý | LOTCO | ano |
| šťovík kadeřavý | RUMCR | ne |
| tetlucha koží pysk | AETCY | ne |
| tolice srpovitá | MEDFA | ne |
| tolice vojtěška | MEDSA | ne |
| truskavec ptačí | POLAV | ne |
| turan kanadský | ERICA | ne |
| úhorník mnohodílný | DESSO | ne |
| vičenec ligrus | ONBVI | ano |
| vikev huňatá | VICVI | ne |
| vikev setá | VICSA | ano |
| violka rolní | VIOAR | ne |
| zemědým lékařský | FUMOF | ne |

5.1 Výsledky indexů diverzity

Bylo dopředu zřejmé, že biodiverzita rostlin bude vyšší na fytoocenologických snímcích pořízených uvnitř biopásů, což potvrzuje Obrázek 11 a 12. Shannon-Wiener indexem (H) ukazuje, že kombinace druhové diverzity a vyrovnanosti početností druhů je nejvyšší ve fytoocenologickém snímku nacházejícím se uvnitř biopásu (B1) na poli „Jezírka malá“ (F11) ($H = 2,58$; $H = 1,84$ po vynechání vyšetých druhů). Tento snímek měl také nejvyšší hodnotu Simpsonova indexu = 0,90; a 0,79 bez vyšetých druhů). I podle indexu vyrovnanosti byl nejvyrovnanější snímek F11_B1 ($J = 0.86$). Pro data pouze s plevelnými druhy byly nejvyrovnanějšími snímky na poli „U Stodol kousky 2“ (F4_B2, F4_B3 a F4_C3; hodnota indexu = 1). Obrázek 12 ukazuje, že druhově nejbohatší společenstva rostlin, s nejvyšší biodiverzitou (měřeno pomocí Shannon-Wienerova indexu) a vyvážeností (měřeno pomocí *Equitability index*) se nacházejí uvnitř biopásů, a tento výsledek je platný i pro společenstva plevelů (tedy po vynechání dat pro vyšeté druhy).



Obrázek 11: Shannon-Wiener index = H , Equitability index= J , Species richness= S pro kompletní data s vysetými i plevelnými druhy



Obrázek 12: Shannon-Wiener index = H , Equitability index= J , Species richness= S pro plevelná společenstva

5.2 Výsledky modelů z dat s vysetými i s plevelnými druhy rostlin

Bylo prokázáno, že na počet druhů (S) má statisticky významný vliv pozice ($p < 0,001$). Plodina vysetá na poli ($p = 0,19$), ani termín výsevu ($p = 0,48$) na počet druhů vliv nemá. Na Shannon-Wienerův index (H) má také statický vliv pozice ($p < 0,001$). Na index vyrovnanosti (J) nemá statisticky významný vliv ani jedna ze zkoumaných proměnných.

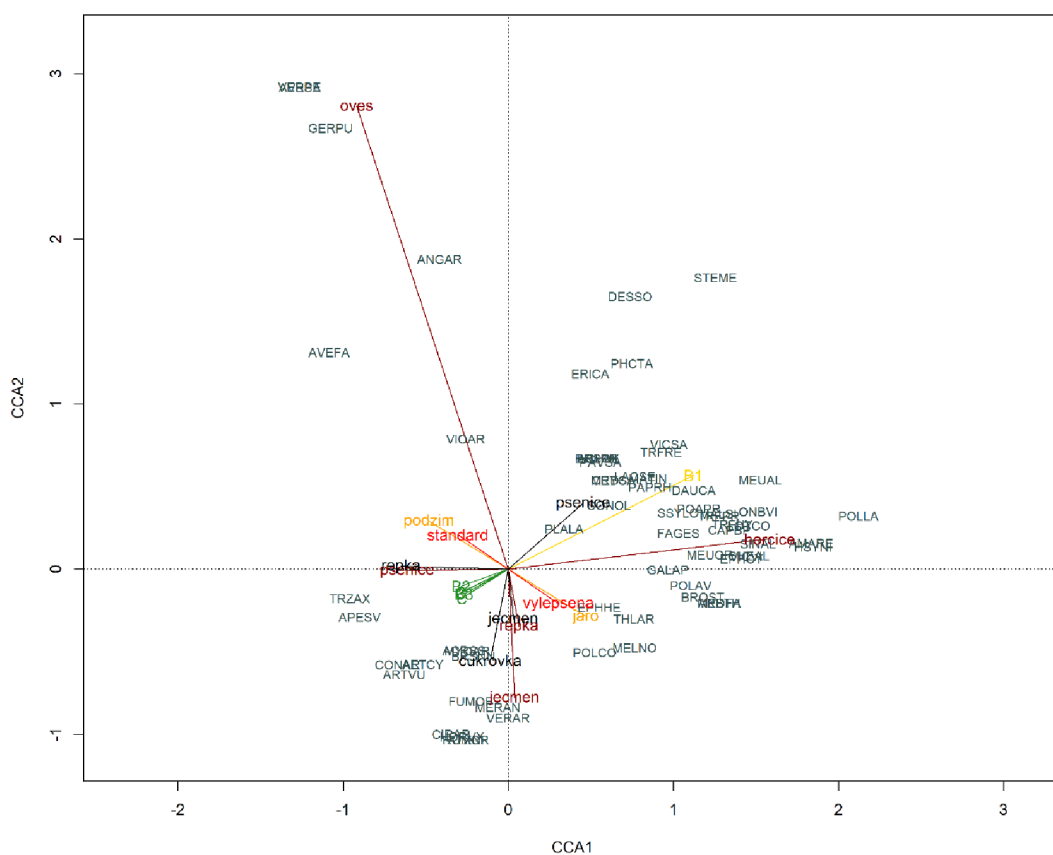
5.3 Výsledky modelů z dat pouze s plevelnými druhy

U dat s absencí vysetých druhů bylo prokázáno, že počet druhů (S) je ovlivněn jak pozicí ($p < 0,001$), tak vysetou plodinou ($p = 0,007$). Shannon-Wienerův index (H) byl ovlivněn pouze pozicí ($p < 0,001$) a index vyrovnanosti (J) opět nebyl ovlivněn žádnou z proměnných.

5.4 Přímá ordinace

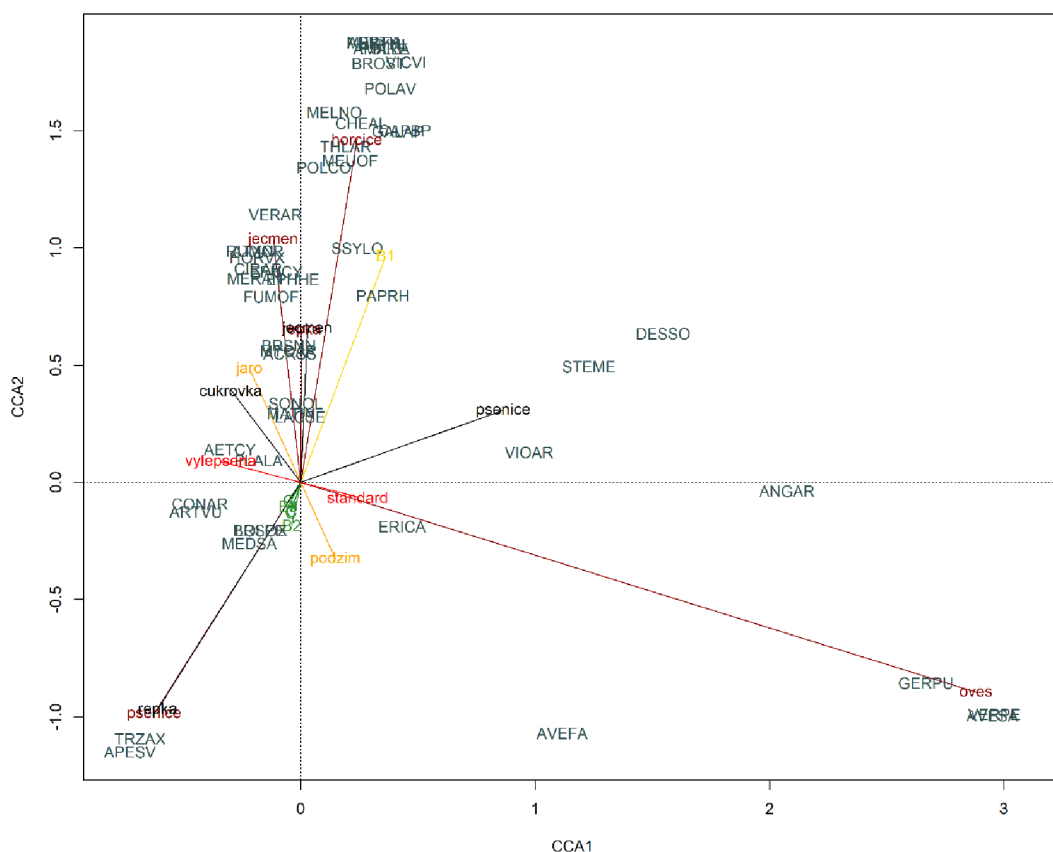
Druhové složení společenstev rostlin zahrnující všechny druhy bylo průkazně ovlivněno zkoumanými proměnnými prostředí, a to stejné platilo i pro analýzu zkoumající pouze plevelné druhy (randomizační test pro všechny kanonické osy; $p = 0,001$ v obou případech).

Ordinační diagram (Obrázek 13) ukazuje jasné rozdělení záznamů na kompletní (včetně vysetých druhů) fytoecologické snímky, které byly provedeny v biopásu (označené žlutě B1), a které na poli (označené zeleně). Dále je vidět zřetelný výskyt vysetých rostlin v biopásu, jako například mrkev obecná (*Daucus carota* L.), ale převažují zde i plevelné druhy, např. mák vlčí (*Papaver rhoeas* L.).



Obrázek 13: Ordinační diagram (CCA) - data s vysetými i plevelnými druhy. První ordinační osa vysvětlila 21,2 % variability v datech a 2. ordinační osa 20,0 %, druhy rostlin jsou značeny EPPO kódy viz Tabulka 4

Z ordinačního diagramu pro plevelná společenstva (viz Obrázek 14) je vidět preference některých druhů směrem k určitému druhu plodiny pěstované na poli. Příkladem je preference druhů kakost maličký (*Geranium pusillum* Burm. f.) a rozrazil rolní (*Veronica arvensis* L.) k polím osetým ovsem, preference druhu chundelka metlice (*Apera spica-venti* (L.) P. Beauv) k polím osetým pšenicí, preference druhů rozrazil rolní (*Veronica arvensis* L), pcháč oset (*Cirsium arvense* (L.) Scop) a sveřep větší (*Bromus tectorum* L.) k polím s ječmenem, anebo preference druhů merlík bílý (*Chenopodium album* L.), komonice lékařská (*Melilotus officinalis* (L.) Lam), silenka noční (*Silene noctiflora* L.) a svízel přítula (*Galium aparine* L.) k polím osetým hořčicí. Jednoznačná je také preference máku vlčího (*Papaver rhoeas* L.) pro plochy v biopásu (B1), kde tento druh v některých fytoocenologických snímcích dokonce silně dominoval.



Obrázek 14: Ordinační diagram (CCA) - data plevelných druhů. První ordinační osa vysvětlila 23,7 % variability v datech a 2. ordinační osa 23,3 %, druhy rostlin jsou značeny EPPO kódy viz Tabulka 4

6 Diskuse

Intenzifikace zemědělství se podílí na celosvětovém poklesu biodiverzity. V Evropské unii jsou navržena agro-environmentální schémata jako např. biopásy, které mají přispět k navýšení biodiverzity (Balfour et Ratnieks 2020). Biodiverzita rostlin byla v této diplomové práci nejvyšší ve fytoocenologických snímcích nacházejících se v biopásech. To potvrzuje fakt, že biopásy zvyšují biodiverzitu rostlin na orné půdě (Haaland et al. 2011). Bylo předpokládáno, že druhové zastoupení rostlin bude nejvyšší u okrajů pole, neboť vykazují vyšší druhovou biodiverzitu rostlin kolonizujících ornou půdu z okolních biotopů (Romero et al. 2008). Vyšší druhová biodiverzita u okrajů bez biopásů však nebyla mými daty potvrzena. Druhová pestrost byla nejvyšší uvnitř biopásu, ale ve všech dalších částech pole byla stejná. Tento výsledek odporuje výsledku práce autorů Fried et al. (2009), kteří zjistili, že okraje polí zvyšují výskyt vzácných druhů na orné půdě oproti vnitřku pole. Fakt, že na zkoumaných pozemcích byla nízká variabilita plevelných rostlin v polích, může být vysvětlen systémem hospodaření, které VIN AGRO s.r.o. realizuje. Jedná se o podnik s konvenčním způsobem hospodaření, kde se používá certifikované osivo, hluboká orba a herbicidní ošetření. Z herbicidních prostředků používají celou řadu účinných látek, které se používají na regulaci dvouděložných i jednoděložných rostlin. V některých polích byl použit tankmix (kombinace herbicidů, které s sebou nesou 3–5 účinných látek (Mikulka 2014) více herbicidů zároveň. Právě vysoké užití herbicidů, typ plodiny a zpracování půdy je příčinou úbytku kvetoucích plevelů na orné půdě (Holý et al. 2020; Schumacher et al. 2020). Ekologické zemědělství a tradiční systémy extenzivního zemědělství, kde ochranné aspekty mají přednost před rostlinnou produkcí, přispívají k ochraně vzácných a ohrožených druhů na orné půdě (Albrecht et al. 2016). Biodiverzita plevelů byla zaznamenána o 15–40 % vyšší v ekologickém zemědělství než v zemědělství konvenčním (Rayen et al. 2010). Ekologické zemědělství zvyšuje biodiverzitu především u plevelných druhů rostlin (Boguzas 2004).

Kumulace plevelných druhů v biopásech mohla být způsobena vzejitím plevelných rostlin z půdní zásoby semen, což je v prvním roce po založení biopásu běžné (Albrecht 2005). Bohužel v našem experimentu nebyla zkoumána samotná půdní zásoba semen, která by upřesnila výskyt veškerých druhů semen. Počet vzešlých plevelných rostlin může být ovlivněn i predací semen živočichy (Westerman et al.

2003). Bylo zjištěno, že predátoři semen jsou schopni zkonzumovat až 1000 semen na metru čtverečním ročně (Honěk et al. 2013). Střevlíkovití brouci (*Carabidae*) preferují semena rostlin z čeledi hvězdicovitých (*Asteraceae*), jako jsou např. pampelišky (*Taraxacum* sect. *Ruderalia*) nebo pcháč oset (*Cirsium arvense* L.), dále semena z čeledi brukvovitých (*Brassicaceae*), jako je kokoška pastuší tobolka (*Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik.) (Lungren et al. 2009). To by mohlo být důvodem, proč se tyto plevelné druhy v biopásech příliš nevyskytovaly.

Druhovú skladbu biopásů zaleží také na konkurenceschopnosti vysetých druhů (De Cauwer et al. 2008). V našem experimentu byla vyseta svazenka vratičolistá (*Phacelia tanacetifolia* Benth.), která je poměrně konkurenčně silná a zároveň má vysokou klíčivost. Procentuální klíčivost svazenky vratičolisté (*Phacelia tanacetifolia* Benth.) je 93 % (Pelikán et al. 2013). Díky dobré konkurenceschopnosti se tento duh stal dominantní na polích „Radar“ (F9) a „Velký kus“ (F10) (s pokryvností až 63 %). Výsevy směsi pro podporu biodiverzity s 80% zastoupením svazenky vratičolisté (*Phacelia tanacetifolia* Benth.) jsou vhodné, k potlačení konkurenčně schopných plevelů jako je pcháč oset (*Cirsium arvensem* L.) a trav jako např. pýr plazivý (*Elymus repens* (L.) Gould) (Denys and Tschardtke 2002). V našem experimentu bylo vyseto 0,64 kg/ha (3 % z vylepšené směsi) svazenky vratičolisté (*Phacelia tanacetifolia* Benth.). Na poli „Za kravínem“ (F5) pokryvnost svazenky vratičolisté (*Phacelia tanacetifolia* Benth.) činila 15,5 % plochy fytoocenologického snímku, což mohlo mít vliv na nízký výskyt pcháče osetu (*Cirsium arvense* (L.) Scop).

Na lokalitách bylo celkem nalezeno 51 plevelných druhů, což je celkem 75 % z celkového počtu nalezených rostlin. Přestože plevelné rostliny nejsou na polích žádané, pro podporu biodiverzity jsou nezbytné. Výsledky studie autorů Balfour et Ratnieks (2022) naznačují, že tolerování škodlivých druhů plevelů na orné půdě může být pro opylovače větším přínosem než výsev směsí určených pro zakládání biopásů.

Vyseté druhy hvozdík kartouzek (*Dianthus carthusianorum* L.), chrpa luční (*Centaurea jacea* L.), kostřava (*Festuca* sp.), šalvěj přeslenitá (*Salvia verticillata* L.) a šedivka šedá (*Berteroa incana* (L.) DC.), které na lokalitách nebyly nalezeny, mohou vzejít až v příštích letech (Kiehl et Pfadenhauer 2007). Nevyklíčení některých semen mohlo být způsobeno predací semen členovci, ptáky nebo savci (Schumacher et al. 2020) a nevhodným výsevem (Tamms et al. 2021). Podzimní biopásky byly vysety v termínu 15. a 16. září 2020 a jarní biopásky v termínu 8. a 9. duben 2021. Dne 15. září 2020 vítr dosahoval v odpoledních hodinách průměrnou rychlost 18 km/h a 8.

dubna 2020 vítr dosahoval průměrnou rychlost až 22 km/h, kdy nárazy větru přesáhly 40 km/h (meteostanice Praha-Kbely (Praha, 285 m n. m.)) (ČHMÚ ©2022). Neuchycení semen může být způsobeno nevhodným povětrnostním podmínkám při výsevu (Tamms et al. 2021). Pokud semena vyklíčila mohly být klíčící rostliny zahubeny herbivory (Lundgren et al. 2003), nebo mohlo dojít k jejich uschnutí během horkého a suchého léta (Stroot et al. 2021). Na zkoumaných lokalitách, v době snímkování ve dnech 27. a 28. června 2020, denní teploty dosahovaly až 30 °C, denní srážkový úhrn se pohyboval v rozmezí od 0–12,1 mm. Maximální hodnota (12,1 mm) byla naměřena dne 29. června 2020 (meteostanice Praha-Kbely (Praha, 285 m n. m.)) (ČHMÚ ©2022). Tyto podmínky za jisté mohly ovlivnit výslednou druhovou skladbu rostlin v biopásech.

Ačkoli v modelech GLMM nebyl prokázán statisticky významný vliv předplodiny na Shannon-Wienerův index (H), indexu vyrovnanosti (J) ani na druhovou bohatost (S), některé plevelné druhy rostlin mohou být ovlivněny plodinou, která byla pěstována v předchozích letech. Například na ploše v biopáse na poli Radar (F9), kde byla v předchozím roce pěstována řepka ozimá se s pokryvností 18 % prosadil úhorník mnohodílný (*Descurainia Sophia* (L.) Prantl). V porostech řepky ozimé může dojít k přemnožení plevelných rostlin z čeledi brukvovitých jako je právě úhorník mnohodílný (*Descurainia Sophia* (L.) Prantl), nebo dalších plevelů jako je zemědělný lékařský (*Fumaria officinalis* L.) a violka rolní (*Viola arvensis* Murray) (Jursík et Soukup 2013). Semena úhorníku mnohodílného (*Descurainia Sophia* (L.) Prantl) pravděpodobně přetrvala v půdní zásobě semen z roku 2020, kdy na poli „Radar“ byla vyseta řepka ozimá. V případě zvýšení výskytu ozimých obilnin nebo řepky ozimé se mnohdy velmi rychle přemnoží druhy plevelů jako je např. heřmánkovec nevonný (*Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch. Bip.), mák vlčí (*Papaver rhoeas* L.), violka rolní (*Viola arvensis* Murray) aj. (Mikulka 2014). Heřmánkovec nevonný (*Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch. Bip) se s hojnou pokryvností (6,5 %) vyskytoval na poli „Jezírka malá“ (F11) a mák vlčí (*Papaver rhoeas* L.) (s pokryvností 63 %) dominoval v biopáse na poli „Za parkem“ (F8). Violka rolní (*Viola arvensis* Murray) byla zaznamenána celkem na 22 lokalitách (z celkem 72). Výskyt tohoto druhu mohl být způsoben zvýšeným počtem semen v půdní zásobě semen a také schopností prosadit se v konkurenčně silných porostech plodin (Winkler et al. 2018). V případě opakování ozimých plodin v následujících rocích dochází ke zvýšení semen ozimých plevelů v půdní zásobě semen a

při opakování jarních plodin naopak k přemnožení plevelů jarních (Mikulka 2014). K plevelným druhům, které ovlivňují výnos pšenice ozimé patří například chundelka metlice (*Apera spica-venti* (L.) P. Beauv) (Winkler et al. 2018). Chundelka metlice (*Apera spica-venti* (L.) P. Beauv) je jednoděložná rostlina a je těžko odstranitelná z porostu pšenice (Mikulka 2014). Posun tohoto druhu k pěstované pšenici zřetelně zobrazuje ordinační graf s plevelnými společenstvy (viz obrázek 16). V porostech ječmenu se vyskytují převážně heřmánkovité plevele, merlíky (*Chenopodium* spp.) nebo pcháč oset (*Cirsium arvensem* L.) (eAGRI ©2022). Ten preferoval právě pole osetá ječmenem (viz Obrázek 16).

U biopásů založených na podzim proběhla celoplošná seč začátkem července. Pro zvýšení abundance vysetých cílených druhů je doporučena seč začátkem léta (Kirmer et al., 2017). Celoplošná seč v prvním roce slouží k potlačení plevelů (Cenvell et al. 2021). Druhá seč proběhla koncem října, kdy se posekala pouze polovina šířky biopásů. Seč dvakrát ročně (konec června a v září) je ideální pro zvýšení pokryvnosti vysetých druhů a zvýšení kvality píce (Piqueray et al., 2019). Druhá půlka biopásu byla přes zimu ponechána ladem a sloužila jako biotop pro přezimování bezobratlých i obratlovců. Ponechané části biopásu bez zásahu slouží jako úkryt pro hmyz (Lebeau et al., 2015). U biopásů založených na jaře proběhla pouze jedna seč, a to na začátku druhé poloviny srpna. Ve všech případech byla biomasa sklizena a využita buď jako biomasa do kompostárny nebo v případě první seče u podzimně vysetých částečně jako biomasa ke spálení do kotelny.

Pro podporu hmyzu je nejlepší sekat biopás po částech a vícekrát ročně než pouze jednou (Lebeau et al. 2015). V České republice je dle Nařízení vlády č. 75/2015 Sb. předepsána seč minimálně jednou ročně, s odklizením biomasy, v období od 1. července do 15. září. Dvojitá seč tedy není podmínkou pro získání dotačního titulu. Pro posílnění potravních zdrojů pro opylovače je vhodné posekat biopás až po odkvětu rostlin, takovýto pozdní zásah však může způsobit následné zaplevelení. Pro regulaci plevelů, je třeba seč v květu, tj. před dozráním semen plevelů (Šrámková 2018).

Řešením je uskutečnění postupné seče (např. výše zmiňované na půlky), kdy vždy půl plochy bude v květu. Tento rok (2022) je v plánu na lokalitách uskutečnit testování tří režimů seče (1 x ročně plošná, 2x ročně plošná a seč po půlkách (1,5x ročně)).

Společně s komonící bílou (*Melilotus albus* Medik.) se na lokalitách často nacházela i komonice lékařská (*Melilotus officinalis* (L.) Lam.). Ve použité směsi od společnosti Seed Service s.r.o. by se eventuelně tedy mohly nacházet druhy, které nejsou oficiálně uvedeny, což u některých komerčních druhů směsí semen bývá. Užití semen dovezených ze zahraničí nebo z druhého konce republiky může narušovat původní populace (Štajerová et al. 2021). Volba směsi rostlin regionálního původu se jeví pro udržení početnosti a biodiverzity kvetoucích druhů jako nejúčinnější. Bylo by tedy vhodné vytvořit směs semen rostlin z lokálních zdrojů (Schmidt et al. 2020).

Z jednoho pohledu jsou plevely hlavním omezením rostlinné výroby, ale na druhou stranu jsou důležitou součástí agroekosystému (Marshall et al. 2002). Plevely mají ekologický význam v krajině, jelikož omezují vysychání a narušení půdní struktury, zabraňují vodní a větrné erozi a jsou nedílnou součástí koloběhu živin (Mikulka, 2014). Plevelná společenstva jsou také důležitá stanoviště pro úkryt, k poskytování potravy pro faunu (Rollin et al., 2016) a možnosti rozmnožování (např. kladení vajíček).

7 Závěr a přínos práce

Biodiverzita rostlin byla v diplomové práci nejvyšší ve fytoecologických snímcích nacházejících se v biopásech na rozdíl od ploch umístěných v polích, což potvrzuje fakt, že biopásy zvyšují biodiverzitu rostlin na orné půdě. Celkem bylo na lokalitách zaznamenáno 68 druhů rostlin, z kterých 51 druhů bylo plevelných. Nejčastějším plevelným druhem v biopáse byl merlík bílý (*Chenopodium album* L.) a nejčastějším vysetým druhem v biopáse byla svazenka vratičolistá (*Phacelia tanacetifolia* Benth.). Dalším dominantním druhem v biopáse byla vysetá hořčice setá (*Sinapis alba* L.) a plevelný druh mák vlčí (*Papaver rhoeas* L.). Z plevelných druhů s vysokou pokryvností se na lokalitách dále vyskytovala locika kompasová (*Lactuca serriola* L.), úhorník mnohodílný (*Descurainia Sophia* (L.) Prantl). Nelze opomenout plevelný druh bažanka roční (*Mercurialis annua* L.), která se společně s druhy merlík bílý (*Chenopodium album* L.) a violka rolní (*Viola arvensis* Murray) nejčastěji objevovaly jako semenáčky na fytoecologických snímcích uvnitř pole s plodinou. Nízká pokryvnost plevelných druhů uvnitř pole je způsobena především používáním herbicidů na sledovaných lokalitách. V konvenčně obhospodařovaných zemědělských plochách, kde se používají herbicidy je integrace agroenvironmentálních schémat velice důležitá. Fakt že agroenvironmentální schémata, konkrétně biopásy, podporují biodiverzitu na orné půdě potvrzuje tato diplomová práce. Založení biopásů je podporováno dotací, která žadatelům slouží jako finanční kompenzace vypěstované úrody. Přítomnost biopáse tedy není tak pro zemědělce nijak ztrátová.

Pro obnovení druhové diverzity by bylo vhodné přestat používat herbicidy a pole začít tradičně obhospodařovat. Nejsme schopni ve velkém měřítku navrátit tradiční způsoby hospodaření, každopádně s použitím dobře integrovaných přístupů je možné podporovat biodiverzitu na orné půdě. Biopásy mohou převážně v prvním roce obsahovat kromě vysetých druhů i druhy plevelné. Plevelná společenstva jsou však také nedílnou součástí ekosystému. Přestože se v biopásech vyskytovaly plevelné rostliny, stále jsou tyto biopásy vhodnou možností pro navýšení biodiverzity na orné půdě. Konkurenceschopnost plevelných druhů se dá v prvním roce potlačit celoplošnou sečí, která byla na lokalitách aplikována.

Ačkoli zatím tento rok (2022) nebyly na lokalitách opakovány fytoocenologické snímky, již je vidět, že se v biopásu začínají prosazovat bobovité rostliny a dominantní svazanka (*Phacelia tanacetifolia* Benth.) a hořčice bílá (*Sinapis alba* L.) není tak častá. Následujícím krokem by bylo vhodné zopakovat fytoocenologické snímkování a zaznamenávání dat po dobu několik let pro zjištění posunu vegetace. Po několika letech by byl pravděpodobně vidět větší rozdíl mezi vegetací biopásů s vysetou standardní a vylepšenou směsí a studie by přinesla další prospěšné závěry. Na lokalitách VINAGRA se plánuje v příštích letech uskutečnění testování tří režimů seče (1 x ročně plošná, 2x ročně plošná a seč po půlkách). Integrace konkrétního managementu do výzkumu by v následujících letech mohla pomoci ke zjištění nejvhodnějšího způsobu seče.

V literatuře se objevuje mnoho článků řešící téma biopásů ve spojitosti s problematikou úbytku opylovačů a dalších druhů bezobratlých. Studií věnujících se zakládání, následného managementu biopásů a jejich vlivu na společenstva plevelů není velké množství. Sledování stavu těchto lokalit a jejich porostu je pro ochranu biodiverzity velice důležité. Tato diplomová práce může sloužit jako podklad pro další výzkum v daných lokalitách.

8 Přehled literatury a použitých zdrojů

8.1 Odborné publikace

- Albrecht H., 2005: Development of arable weed seedbanks during the 6 years after the change from conventional to organic farming. *Weed Res*, 45:339–350.
- Albrecht H., Cambecèdes J., Lang M. et Wagner M., 2016: Management options for the conservation of rare arable plants in Europe. *Botany Letters*, 163 (4), 389-415.
- Albrecht M., Kleijn D., Williams N.M., et al., 2020: The effectiveness of flower strips and hedgerows on pest control, pollination services and crop yield: a quantitative synthesis. *Ecol. Lett.* 23 (10), 1488–1498.
- Albrecht M., Klein D., Williams N. M., et al. 2020: The effectiveness of flower strips and hedgerows on pest control, pollination services and crop yield: a quantitative synthesis. *Ecology Letters*, 23(10), 1488-1498.
- Anton Ch., Mupepele A.Ch., Steinicke H., 2020: German National Academy of Natural Sciences Leopoldina, Berlin, 75 s.
- Balfour N. J. et Ratnieks F. L. W., 2022: The disproportionate value of ‘weeds’ to pollinators and biodiversity. *Journal of Applied Ecology*, 1365-2664.
- Balzan M. V., Bocci G. a Moonen A.C. 2014: Augmenting flower trait diversity in wildflower strips to optimise the conservation of arthropod functional groups for multiple agroecosystem services. *Journal of Insect Conservation*, 18(4), 713-728.
- Bekker R. M., Bakker J. P., Ozinga W. A. et Thompson K., 2003: Seed Traits: Essential for Understanding Seed Longevity. *Aspects of Applied Biology*, 69: 1–9.
- Bischoff A., Steinger T. et Müller-Schärer H., 2010: The Importance of Plant Provenance and Genotypic Diversity of Seed Material Used for Ecological Restoration. *Restoration Ecology*, 18(3), 338-348.
- Blaauw B. R. et Isaacs R., 2015: Wildflower plantings enhance the abundance of natural enemies and their services in adjacent blueberry fields. *Biological Control*, 91, 94-103.

- Blaix C. et Moonen A. C., 2020: Structural field margin characteristics affect the functional traits of herbaceous vegetation. *Plos One*, 15(9).
- Boerlin K., 2008: Gesäte Segetalstreifen: Eine Möglichkeit zum Schutz der bedrohten Ackerbegleitflora? Diploma Thesis, Zuerich School of Engineering (ZHAW).
- Boguzas V., Marcinkeviciene A., Kairyte A., 2004: Quantitative and qualitative evaluation of seed bank in organic farming. – *Agronomy Research*, 2(1): 13–22
- Briner, T., et al., 2005: Habitat quality of wildflower strips for common voles (*Microtus arvalis*) and its relevance for agriculture. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 105 (1-2), 173-179.
- Bruelheide H., Jansen F., Jandt U. et al. 2020: Using incomplete floristic monitoring data from habitat mapping programmes to detect species trends. *Diversity and Distributions*, 26, 782-794.
- Bruinenberg M. H., Valk H., Korevaar H. et Struik P. C. 2002: Factors affecting digestibility of temperate forages from seminatural grasslands: a review. *Grass and Forage Science*, 57(3), 292-30.
- Buse J., Boch S., Hilgers J. et Griebeler E. M., 2015: Conservation of threatened habitat types under future climate change: Lessons from plant-distribution models and current extinction trends in southern Germany. *Journal for Nature Conservation*, 27, 18-25.
- Butchart S. H. M., Walpole M., Collen B., van Strien A., Scharlemann J. P. W., Almond R.E.A., et al. 2010: Global biodiversity: indicators of recent declines. *Science*, 328, 1164-1168
- Cresswell C. J., Cunningham H.M., Wilcox A. et Randall N.P., 2019: A trait-based approach to plant species selection to increase functionality of farmland vegetative strips. *Ecology and Evolution*, 9 (8), 4532-4543.
- Csontos P., 2007: Seed banks: ecological definitions and sampling considerations. *Community Ecology*, 8(1), 75-85
- Danihelka J., Chrtek J. jr., Kaplan Z., 2012: Checklist of vascular plants of the Czech Republic. *Preslia*, Praha, 84: 647–811.
- De Cauwer B., Reheul D., Nijs I., Milbau A., 2008 Management of newly established field margins on nutrient-rich soil to reduce weed spread and seed rain into adjacent crops. *Weed Res* 48: 102–112.

- Dekker, J. 2011. Evolutionary Ecology of Weeds and Invasive Plants. Weeds-R-us, 238 s.
- Denys Ch. et Tscharrntke T., 2002: Plant-insect communities and predator-prey ratios in field margin strips, adjacent crop fields, and fallows. *Oecologia* 130(2), 315-324.
- Díaz S., Settele J., Brondízio E. S., Ngo H. T., Agard J., Arneth A., Balvanera P., Brauman K. A., Butchart S. H. M., Chan K. M. A., Garibaldi L. A., Ichii K., Liu J., Subramanian S. M., Midgley G. F., Miloslavich P., Molnár Z., Obura D., Pfaff A., Polasky S., Purvis A., Razzaque J., Reyers B., Chowdhury R. R., Shin Y., Visseren-Hamakers I., Willis K. J., Zayas C. N., 2019: Pervasive human-driven decline of life on Earth points to the need for transformative change. *Science* 366, 1-10.
- Eggenschwiler L., Richner N., Schaffner D. et Jacot K., 2007: Bedrohte Ackerbegleitflora: Wie fördern und erhalten?. *AGRARForschung*, 14: 206-211.
- Fiedler A.K., Landis D.A. et Wratten S.D., 2008. Maximizing ecosystem services from conservation biological control: the role of habitat management. *Biol. Control*, 45(2), 254-271.
- Fried G., Kazakou E. et Gaba S., 2012: Trajectories of Weed Communities Explained by Traits Associated with Species' Response to Management Practices. *Agriculture, Ecosystems and Environment* ,158: 147–155.
- Fried G., Petit S., Dessaint F. et Reboud X., 2009: Arable Weed Decline in Northern France: Crop Edges as Refugia for Weed Conservation? *Biological Conservation*, 142: 238–243.
- Ganser D., Knop E. et Albrecht M., 2019: Sown wildflower strips as overwintering habitat for arthropods: Effective measure or ecological trap?. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 275, 123-131.
- Grulich V., 2017: Červený seznam cévnatých rostlin ČR. In: Grulich V. & Chobot K. [eds], Červený seznam ohrožených druhů České republiky, cévnaté rostliny, *Příroda* 35: 75–132.
- Grulich V., 2017: Červený seznam cévnatých rostlin ČR. *Příroda*, Praha, 35: 75-132.
- Haaland C., Naisbit R.E. et Bersier L.F., 2011: Sown wildflower strips for insect conservation: a review. *Insect Conserv. Divers.*, 4(1), 60-80.

- Harper J. L., 1977: Population Biology of Plants. Academic Press, London, 892 s.
- Harris J. A., 1916: The variable desert. Scientific Monthly, 3 (1), 41-50.
- Herben T., Münzbergová, Z., 2003: Zpracování geobotanických dat v příkladech- Část I. Data o druhovém složení. 118 s.
- Holý K., Skuhrovec J., Saska P. et Papoušek Z. 2020: Pokles diverzity hmyzu v zemědělské krajině a možnosti jejího zvýšení: decline in insect diversity in agricultural landscape and measures for improvement. VÚRV Praha. 49 s.
- Hotze C., van Elsen T., Haase T., Heß J., Otto M. 2008: Ackerwildkraut-Blühstreifen zur Integration autochthoner Ackerwildkräuter in ökologisch bewirtschaftete Ackerflächen. – Beitr. 10. Wiss.-Tagung Ökol. Landbau (Band 1): 426-429.
- Hroudová Z., 2009: Vysazovat či nevysazovat? – Zprávy Čes. Bot. Společ., 44: 325–326.
- Jursík M., Holec J., Hamouz P. et Soukup J., 2011: Plevel. Biologie a regulace. České Budějovice, Kurent, s.r.o., 232 s.
- Kaplan Z., Brabec J., Danihelka J., Grulich V., Hadinec J., Hroudová Z., Chrtek J., Kolbek J., Krahulec F., Kubát K., Lustyk P., Prach K., Pyšek P., Rybka V., Soldán Z., Šída O., Štech M. et Trávníček B., 2007: Upozornění na rizika spojená s vysazováním nepůvodních druhů rostlin do přírody a posilováním populací nepůvodních druhů. Zprávy Čes. Bot. Společ., 42, 337-338.
- Kiehl K. et Pfadenhauer J., 2007: Establishment and persistence of target species in newly created calcareous grasslands on former arable fields. Plant Ecology, 189, 31-48.
- Kirmer A., Rydgren K et Tischew S., 2018: Smart management is key for successful diversification of field margins in highly productive farmland. agriculture, ecosystems & environment, 251, 88-98.
- Korneck, D. et H. Sukopp, 1988: Rote Liste in der Bundesrepublik Deutschland ausgestorbenen, verschollenen und gefährdeten Farn- und Blütenpflanzen und ihre Auswertung für den Arten- und Biotopschutz.
- Krpeš V., 2005: Ekologie rostlin. Přírodovědecká fakulta v Ostravě, Ostrava, 75 s.

- Landis D. A., Wratten S. D. et Gurr G.M., 2000: Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture. *Annu. Rev. Entomol.*, 45(1), 175- 201.
- Lebeau J., Wesselingh R.A., Van Dyck H. et Breuker C., 2015: Butterfly Density and Behaviour in Uncut Hay Meadow Strips: Behavioural Ecological Consequences of an Agri-Environmental Scheme. *PLOS ONE*.
- Lepší P., Lepší M. et Boublík K., 2008: Hlavně nic nevysazovat! *Zprávy Čes. Bot. Společ.*, 43: 343-345.
- Lundgren J.G., Saska P. et HONĚK A., 2013: Molecular approach to describing a seed-based food web: the post-dispersal granivore community of an invasive plant. *Ecology and Evolution*, 3(6), 1642-1652.
- Marshall E.J.P. et Moonen A.C. 2002: Field margins in northern Europe: integrating agricultural, environmental and biodiversity functions. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 89: 5–21.
- Mattheis A., et A. Otte, 1994: Ergebnisse der Erfolgskontrollen zum Ackerrandstreifenprogramm im Regierungsbezirk Oberbayern 1985-1991. *Schriftenreihe der Stiftung zum Schutz gefährdeter Pflanzen*, 5, 56–71.
- Meyer S., Wesche K., Krause B. & Leuschner C. 2013: Dramatic losses of specialist arable plants in Central Germany since the 1950s/60s: A cross-regional analysis. *Diversity and Distributions*, 19, 1175-1187.
- Miko L., et Hošek M. [eds], 2009: Příroda a krajina České republiky. Zpráva o stavu. 1. vydání. Praha. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, 102 s.
- Mikulka J., 2014: Plevel polních plodin. Praha: Profi Press, 178 s.
- MIKULKA, J., 2012: Generativní rozmnožování plevelných rostlin, *Agromanuál: Profesionální ochrana rostlin*, 7 (9-10), 10 – 13.
- Mistr M. et Čáp P. 2019: Ochrana půdy a udržitelné způsoby hospodaření. *Institut vzdělávání v zemědělství o.p.s. Praha 1*, 40 s.
- Mládek J., Pavlů V., Hejzman M. et Gaisler J. [eds], 2006: Pastva jako prostředek údržby trvalých travních porostů v chráněných území. *VÚRV Praha*, 104 s.
- Moravec et al. (1994): *Fytocenologie*; Dengler et al. (2008): *Phytosociology* /in *Encyclopedia of Ecology*.
- Morton S. R. et Hill R., 2014: What is biodiversity, and why is it important? In: Morton S. R., Sheppard A. W. et Lonsdale W. M., [eds]: *Biodiversity*:

- science and solutions for Australia. CSIRO Publishing, Collingwood, Melbourne, 1–12.
- Neuhäuslová Z. (ed.), 1998: Mapa potenciální přirozené vegetace České republiky. Academia, Praha.
 - Nicholls C. I. et Altieri M. A., 2012: Plant biodiversity enhances bees and other insect pollinators in agroecosystems. *Sustainable Dev.*, 33(2), 257-274.
 - Oesau A. et E. Jörg. 1994: The Pilot-Project: Field Margin Strips in Rheinland-Pfalz (1984-1993). In: Field Margin Strip Programmes. Proceedings of a Technical Seminar on Field Margin-Strip Programmes of the Landesanstalt für Pflanzenbau und Pflanzenschutz Rheinland-Pfalz, 29–34, Mainz, Germany, 25–27.
 - Otte A., Bissels S., and Waldhardt R., 2006: Samen-, Keimungs-, und Habitateigenschaften: Welche Parameter erklären Veränderungstendenzen in der Häufigkeit von Ackerwildkräutern in Deutschland? *Journal of Plant Diseases and Protection Special Issue*, 20:507–516.
 - Pelikán, J., 2013: Metodika pěstování vybraných meziplodin na semeno v podmínkách ekologického zemědělství: uplatněná certifikovaná metodika. Troubsko: Zemědělský výzkum. 40 s.
 - Petit S., Boursault A., Guilloux M., Munier-jolain N. et Reboud. 2011: Weeds in agricultural landscapes. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 31(2), 309-317.
 - Piqueray J., Gilliaux V., Decruyenaere V., Cornelis J.T. Uyttenbroeck R. et Mahy G., 2019: Management of Grassland-like Wildflower Strips Sown on Nutrient-rich Arable Soils: The Role of Grass Density and Mowing Regime. *Environmental Management*, 63(5), 647-657.
 - Plesník J., 2019: Biologická rozmanitost z pohledu ochrany přírody. *Živa* 5/2019, 121-123.
 - Prazan J., Rättinger T. et Krumalova V. 2005: The Evolution of Nature Conservation Policy in the Czech Republic – Challenge of Europeanisation in the White Carpathians Protected Landscape Area. *Land Use Policy* 22, 235-243.
 - Quitt E., 1971: Klimatische Gebiete der Tschechoslowakei. *Stud. Geogr.*, 16, 1–83.
 - Roberts, H. A., 1981: Seed banks in soils. *Adv. Appl. Biol.* 6: 1-55.

- Rollin O., Benelli G., Benvenuti S., Decourtye A., Wratten S. D., Canale A. et Desneux N., 2016: Weed-Insect Pollinator Networks as Bio-Indicators of Ecological Sustainability in Agriculture. *Agronomy for Sustainable Development*. 36(8).
- Romero A., Chamorro L. et Sans F.X., 2008: Weed Diversity in Crop Edges and Inner Fields of Organic and Conventional Dryland Winter Cereal Crops in NE Spain. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 124: 97–104.
- Ryan M. R., Smith R. G., Mirsky S. B., Mortensen D. A. et Seidel, R. (2010). Management filters and species traits: Weed community assembly in long-term organic and conventional systems. *Weed Science*. 58, 265-277.
- Saska P., Hoňek A., Martinková Z., 2014: Predace semen střeblíky v agrocekozách. *Živa* 5/2014, 213-214.
- Schacherer A., 1994: Das niedersächsische Ackerwildkrautprogramm - Ergebnisse des Pilotprojektes. *Schriftenreihe der Stiftung zum Schutz gefährdeter Pflanzen*, 5, 2–77.
- Scheper J., Bommarco R., Holzschuh A., Potts S.G., Riedinger V., Roberts S.P.M., Rundlof M., Smith H.G., Steffan-Dewenter I., Wickens J.B., Wickens V.J., Kleijn D., 2015: Local and landscape-level floral resources explain effects of wildflower strips on wild bees across four European countries. *Journal of Applied Ecology*, 52(5), 1165-1175.
- Schmidt A., Kirmer A., Kiehl K. et Tischew S. 2020: Seed mixture strongly affects species-richness and quality of perennial flower strips on fertile soil. *Basic and Applied Ecology* 42,62-72.
- Schumacher M., Dieterich M. et Gerhards R., 2020: Effects of weed biodiversity on the ecosystem service of weed seed predation along a farming intensity gradient. *Global Ecology and Conservation*.
- Skalický V., 1988: Regionálně fyto geografické členění. In: Hejný S. et Slavík B. [eds], *Květena České socialistické republiky* 1. Academia, Praha, 103–121.
- Skelton L. E. et Barrett G. W., 2005: A comparison of conventional and alternative agroecosystems using alfalfa (*Medicago sativa*) and winter wheat (*Triticum aestivum*). *Renewable Agriculture and Food Systems*, Follow journal, 20 (1),38 – 47.

- Skrajna T., Kubicka H. et Rzymowska Z., 2012: *Illecebrum verticillatum* L. - Endangered Species in Agrocenoses of Eastern Poland: Assessment of Ecological and Genetic Indicators for Protection Goals. *Polish Journal of Ecology* 60: 577–589.
- Soulé M. E., Wilcox B. A., 1980: *Conservation Biology: An Evolutionary-Ecological Perspective*. Sinauer, Sunderland, 395 s.
- Storch D., 2019: Biodiverzita: co to je, jak ji měřit, co ji podmiňuje a k čemu je to všechno dobré. *Živa* 5/2019, 194-197.
- Storkey J., Meyer S., Still K. S. et Leuschner C., 2012: The impact of agricultural intensification and land-use change on the European arable flora. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 279, 1-9.
- Stroh P. A., Leach S. J., August T. A., Walker K. J., Pearman D. A., Rumsey F. J., Harrower C. A., et al. 2014: *A Vascular Plant Red List for England*. Bristol, UK: Botanical Society of Britain and Ireland.
- Stroot L., Brinkert A., Hölzel N., Rüsing A. et Bucharova A., 2022: Establishment of wildflower strips in a wide range of environments: a lesson from a landscape-scale project. *Restoration Ecology*.
- Šafarčíková S., 2011: *Zemědělství*. Občanské sdružení Ametyst, Plzeň, 12 s.
- Šarapatka B., Niggli U., et al., 2008: *Zemědělství a krajina: cesty k vzájemnému souladu*, Univerzita Palackého v Olomouci, 271 s.
- Štefánek M., 2018: Stále mizející polní plevel. *Ochrana přírody* 4/2018, 2-5.
- Tamms L., de Mol F., Glemnitz M. et Gerowitt B., 2021: Weed Densities in Perennial Flower Mixtures Cropped for Greater Arable Biodiversity. *Agriculture*. 11(6),501.
- Theodorou P., Herbst S. C., Kahnt B., Landaverde-González P., Baltz L. M., Osterman J. et Paxton R. J., 2020: Urban fragmentation leads to lower floral diversity, with knock-on impacts on bee biodiversity. *Scientific Reports* 10.
- Thompson K., Bakker J. P. et Bekker R. M. 1997: *The Soil Seed Banks of North West Europe: Methodology, Density and Longevity*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Timmons F. L., 2005.: *History of Weed Control in the United States and Canada*. *Weed Science*, 53: 748–761.

- van Elsen, T., Hotze, C. 2008: Die Integration autochthoner Ackerwildkräuter und der Kornrade in Blühstreifenmischungen für den Ökologischen Landbau. *Journal of Plant Diseases and Protection, Special Issue*, 21: 373–378.
- Vermeulen S., et Koziell, I. 2002: Integrating global and local values: a review of biodiversity assessment. International Institute for Environment and Development, London, UK, 113 s.
- Vlašín M., 2014: Co je důležitější v krajině: estetika nebo biodiverzita? *Envigogika* 9/2014, 1-8.
- Walker K. J., Critchley C. N. R., Sherwood A. J., Large R., Nuttall P., Hulmes S., Rose R. et Mountford J. O., 2007: The Conservation of Arable Plants on Cereal Field Margins: An Assessment of New Agri-Environment Scheme Options in England, UK. *Biological Conservation*, 136: 260–270.
- Wesche K., Krause B., Culmsee H. et Leuschner C., 2012: Fifty years of change in Central European grassland vegetation: Large losses in species richness and animal-pollinated plants. *Biological Conservation*, 150, 76-85.
- Westerman P.R., Hofman A., Vet L.E.M. et van der Werf W., 2003: Relative importance of vertebrates and invertebrates in epigeaic weed seed predation in organic cereal fields. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 95(2-3), 417-425.
- Westhoff V. et Van der Maarel E., 1978: The Braun-Blanquet approach. In: Whittaker, R. H. (ed.): *Classification of plant communities*. W. Junk, The Hague, 289- 399.
- Whittaker R. H., 1960: Vegetation of the Siskiyou Mountains. Oregon and California. *Ecological Monographs*, 30, 279-338.
- Willcox G., 2012: Searching for the Origins of Arable Weeds in the near East. *Vegetation History and Archaeobotany* 21:163–167.
- Wilson E. O. et Peter F. M., 1988: *Biodiversity*. National Academies Press (US), 538 s.

8.2 Legislativní zdroje

- Nařízení Komise (ES) č. 889/2008, kterým se stanoví prováděcí pravidla k nařízení Rady (ES) č. 834/2007, o ekologické produkci a označování ekologických produktů, pokud jde o ekologickou produkci, označování a kontrolu.
- Nařízení vlády č. 307/2014 Sb, o stanovení podrobností evidence využití půdy podle užívatelských vztahů.
- Nařízení vlády č. 75/2015 Sb, o podmínkách provádění argoenvironmentálně-klimatická opatření.
- Sbírka zákonů pod č. 134/1999 Sb., sdělení Ministerstva zahraničních věcí o sjednání Úmluvy o biologické rozmanitosti.
- Směrnice Evropského parlamentu a Rady (2009/128/ES), kterou se stanoví rámec pro činnost Společenství za účelem dosažení udržitelného používání pesticidů
- Směrnice rady 91/676/EHS, o ochraně vod před znečištěním způsobeném dusičnany ze zemědělských zdrojů.
- Zákon č. 242/2000 Sb, o ekologickém zemědělství.

8.3 Internetové zdroje

- MZe ©2016: Zatravnění orné půdy – Informační materiál pro zemědělce (online) [2022.01.1], dostupné z https://eagri.cz/public/web/file/479835/E_AEKO_Zatrav_orne_pudy.pdf.
- MZe ©2021: Strategický plán Společné zemědělské politiky na období 2023-2027 pro Českou republiku (online) [2022.01.1], dostupné z [https://eagri.cz/public/web/file/686224/SP_SZP_verze do MPR a EK_cistopis.pdf](https://eagri.cz/public/web/file/686224/SP_SZP_verze_do_MPR_a_EK_cistopis.pdf).
- MŽP 2016: Úmluva o biologické rozmanitosti a ochrana biodiverzity (online) [2022.01.1], dostupné z https://www.mzp.cz/cz/ochrana_biodiverzity_umluva.
- MŽP ©2019: Zpráva o životním prostředí České republiky (online) [2022.01.1], dostupné z

- <[https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/news_20210215_Zprava-o-zivotnim-prostredi-CR-2019/\\$FILE/Zprava_2019.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/news_20210215_Zprava-o-zivotnim-prostredi-CR-2019/$FILE/Zprava_2019.pdf)>.
- EU ©2011: Strategie v oblasti biologické rozmanitosti do roku 2030 (online) [2022.01.1], dostupné z <https://ec.europa.eu/environment/strategy/biodiversity-strategy-2030_cs>.
 - EU ©2020: Zelená dohoda pro Evropu (online) [2022.01.01], dostupné z <https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_cs>.
 - ÚKZÚZ ©2012: Ekologické zemědělství (online) [2022.01.01], dostupné z <<https://eagri.cz/public/web/ukzuz/portal/ekologicke-zemedelstvi/>>.
 - eAGRI ©2021: Zpráva o strategickém plánu SZP na rok 2021 (online) [2022.01.1], dostupné z <https://eagri.cz/public/web/file/694730/sfc2021_2023CZ06AFSP001_1._0_5079194099287621157.pdf>.
 - eAGRI ©2022a: Ekologické zemědělství (online) [2022.01.1], dostupné z <<https://eagri.cz/public/web/mze/zemedelstvi/ekologicke-zemedelstvi/>>.
 - eAGRI ©2022b: Hladěny (online) [2022.01.1], dostupné z <https://eagri.cz/public/app/srs_pub/fytoportal/public/?key=%226fa2ebcc438edcb8d6ca61e1df8aaab8%22#r|p|uzitorg|detail:6fa2ebcc438edcb8d6ca61e1df8aaab8|popis>.
 - ČUZK ©2022: Český ústav zeměměřický a katastrální (online) [2022.03.03], dostupné z <<https://ags.cuzk.cz/geoprohlizec/?p=84>>.
 - ČGS ©2022a: Česká geologická služba (online) [2022.03.03], dostupné z <<https://mapy.geology.cz/geocr50/>>.
 - ČGS ©2022b: Česká geologická služba (online) [2022.03.03], <<https://mapy.geology.cz/pudy/>>.
 - ČHMÚ ©2022: Český hydrologický ústav (online) [2022.01.1], <<https://www.chmi.cz/>>.
 - Winkler J., Sysel M., Zdražilková M., 2018: Plevelé a konkurenční schopnost ozimých plodin. (online) [cit. 2022.03.04], dostupné z: <<https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/plevele/plevele-a-konkurencni-schopnost-ozimych-plodin>>.

- Vrba V., Huleš L., 2007: Humus - půda - rostlina: Humus a půda. (online) [cit. 2022.03.04], dostupné z: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/humus-puda-rostlina-2-humus-a-puda>>.
- Jursík M. et Soukup J., 2013: Regulace problematických plevelů v ozimé řepce (online) [2022.03.04], dostupné z <[Regulace problematických plevelů v ozimé řepce - Články - Agromanual.cz \(agromanual.cz\)](http://agromanual.cz)>.
- Divíšek J., Culek M., Jiroušek M., 2010: Multimediální výuková příručka. kapitola 5.4.3. Fytcenologie. Masarykova univerzita. Brno (online) [2022.03.04], dostupné z <https://is.muni.cz/el/1431/jaro2010/Z0005/18118868/index_book_5-4-3.html>.
- Štajerová K., Kaplan Z. et Krahulec F., 2021: Vysévání květnatých luk a McDonaldizace české krajiny (online) [2022.03.04], <https://ekolist.cz/cz/publicistika/priroda/vysevani-kvetnatych-luk-a-mcdonaldizace-ceskekrajiny?fbclid=IwAR312iwtSxpCsy8FCcDr5jRytVh6dHfUECQ_x68ohLltEJi8NjGpcYAk_nU>.
- Šrámková A., 2018: Nektarodárné biopásy (online) [2022.03.04], <<https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/nektarodarne-biopasy>>.

8.4 Ostatní zdroje

- BASF, 2015: Nektarodárné porosty pro praxi - Praktická příručka k zakládání a využití nektarodárných biopásů a dalších opatření v produkčním zemědělství, Basf spol. s.r.o., Praha 8, 27 s.
- Cornfield Flowers Project, 2015: Out of Intensive Care' 2010-2015 - A Report. Hutton-Le-Hole, UK: Cornfield Flowers Project. dostupné z <<http://www.northyorkmoors.org.uk/looking-after/our-projects/>>.
- R Core Team, 2021: R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.

9 Přílohy

Autorem snímků je Klára Neradová. Fotografie byly pořízeny v období 21.-30. června 2021.

9.1 Příklady vyšetých druhů



Obrázek 15: Svazenka vratičolistá (*Phacelia tanacetifolia* Benth.)



Obrázek 16: Vičenec ligrus (*Onobrychis viciifolia* Scop.)



Obrázek 17: Sléz lesní (Malva sylvestris L.)

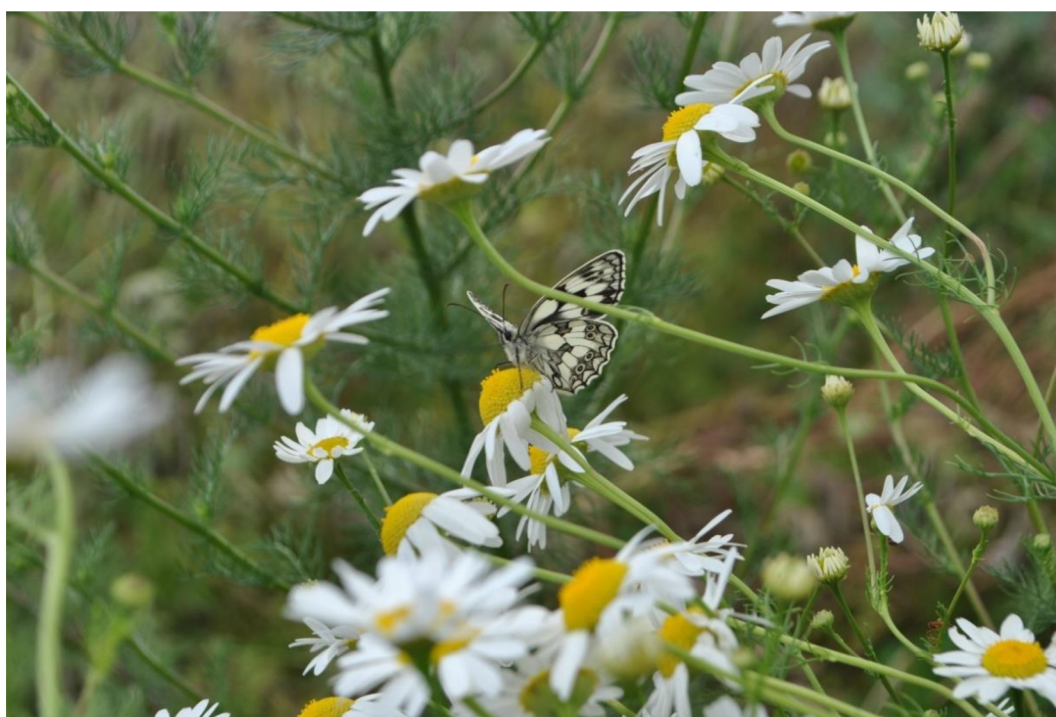


Obrázek 18: Štírovník růžkatý (Lotus corniculatus L.)

9.2 Příklady plevelných druhů



Obrázek 19: Mák vlčí (*Papaver rhoeas* L.)



Obrázek 20: Heřmánkovec nevonný (*Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch. Bip.) a okáč bojínkový (*Melanargia galathea*)



Obrázek 21: Zemědým lékařský (*Fumaria officinalis* L.)



Obrázek 22: Blín černý (*Hyoscyamus niger* L.)



Obrázek 23: *Violka rolní (Viola arvensis Murray.)*



Obrázek 24: *Merlík bílý (Chenopodium album L.)*

9.3 Celkový pohled na vegetaci



Obrázek 25: Celkový pohled na biopás a pole Jezírka malá (F11)



Obrázek 26: Celkový pohled na vegetaci v biopásu