

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra agroekologie a rostlinné produkce



**Česká zemědělská
univerzita v Praze**

**Výskyt a vybrané biologické vlastnosti bytlu metlatého
(*Bassia scoparia*) v Praze**

Diplomová práce

Bc. Jiří Šmaha

N-Ambu2 - Ochrana a využívání přírodních zdrojů

Vedoucí práce (Ing. Josef Holec, Ph.D.)

© 2021 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Výskyt a vybrané biologické vlastnosti bytlu metlatého (*Bassia scoparia*) v Praze" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne _____

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval svému vedoucímu práce. Pan Josef Holec, PhD. poskytl podporu, cenné tipy a nasměroval mě při řešení problémů spojených s diplomovou prací. Cením si toho, že takto vytížený člověk si našel čas na asistenci v rámci práce. Jako dalšímu tímto velmi děkuji regionálnímu pracovníkovi AOPK, který daného času působil v Brně. Mgr. Jan Juřica se bytelně již jako jeden z mála věnoval v rámci své botanické kariéry, takže podal souhrn doporučení a informací, klíčových pro start monitoringu. Vážím si jeho vstřícnosti. Dále chci poděkovat partnerce a přátelům co se podíleli jako společnost v rámci monitoringu a také ostatním, kteří fungovali jako potřebná psychická podpora.

Výskyt a vybrané biologické vlastnosti bytlu metlatého (*Bassia scoparia*) v Praze

Souhrn

Bytel metlatý (*Bassia scoparia*) patří k druhům rostlin, které jsou invazivní a šíří se v současné době na území ČR. Posouzení biologických charakteristik druhu patří k hlavní náplni práce. Rostlina sice osidluje především ruderalní místa v obcích i mimo ně, proniká však místy až na ornou půdu, kde se potom uplatňuje jako plevel v okopaninách. Management tohoto druhu na polích je značně stížen kvůli jeho vícenásobné rezistenci vůči herbicidům. Dobré plánování agrotechnických zásahů, střídání plodin, orba a posklizňová aplikace herbicidů patří k opatřením proti výskytu druhu na polích. Problematika invazních druhů se již často řeší na mezinárodním poli. Ohledně výskytu bytlu v České republice se prozatím uplatňuje shovívavý pohled. Tolerance se aplikuje v případě, že se druh v příměstských oblastech vyskytuje natolik, že je jeho eradikace nepraktická až nemožná. Nově poskytují podstatný přínos pro monitoring i nástroje dálkového pozorování. Potenciál představují bezpilotní snímkové letouny – UAV s kamerami na principu rozdílu reflektancí vegetačního pokryvu.

Součástí práce byl monitoring druhu v Praze. Výsledky z monitoringu potvrdily, že je výskyt bytlu vázaný na ruderaly podél silničních tahů. K potvrzení došlo rovněž po provedení testu statistické závislosti. K nálezům došlo na 71 lokalitách, údaje byly sepsány a poslány do databáze AOPK ČR. Výsledkem vznikla mapa rozšíření. Pro monitoring této jednoleté invazní rostliny je doporučeno navštěvovat lokality vícekrát za sezonu, kvůli vysekávání a aplikaci herbicidů v rámci údržby silnic. Rostliny dokážou rychle obrazit a dosáhnout zralosti před koncem sezony. Druh se vyznačuje vysokou produkcí nažek. Bytel je uzpůsoben na šíření pomocí větru, produkuje lehké nažky. Mateřské rostliny rostou tvarem do koule, navíc se mohou zlomit a kutálením jako stepní běžci rozsypávají semena. Tento způsob šíření bývá efektivní i na několika-kilometrové vzdálenosti. Spolu s rozšiřováním zástavby, zároveň přibývá i potřebná dopravní infrastruktura, což poskytuje migrační možnosti pro expanzivní rostliny. Hlavní migrační cesty na území České republiky vedou podél Labe z Německa a také z panonské nížiny přes Moravu. Nejvíce využívanými koridory se stávají dálnice, železniční tratě i říční síť sloužící pro přepravu materiálu. Tato práce vyzdvihuje především šíření v ruderálech podél silničních a železničních tras.

V rámci experimentu klíčení byla stanovována míra primární dormance. Vzorky semen byly nasbírány v závěru sezony. Podle hypotézy bylo prokázáno, že zralé nažky mají pouze krátkou počáteční dormanci a jsou rychle připraveny klíčit. Významné urychlení klíčení proběhlo u vybraných vzorků vesměs po druhém týdnu. Popisné statistiky klíčení naznačují vysokou fertilitu rostliny.

Klíčová slova: Biologické invaze; nepůvodní druhy; ruderalní rostliny; bytel metlatý

Occurrence and selected biological traits of *Bassia scoparia* in Prague

Summary

Bassia scoparia as an invasive plant quickly spreads inside Czech republic nowadays. Questioning its biological specifications represents main part of this work. Even though this plant primarily contributes inside ruderal parts of cities or outside, it also reaches agricultural fields. Thereby this weed grows inside rootstock. Multiple resistance of *Bassia* against herbicides strongly complicates its management. Wise planning of agricultural management, change of crops, till or herbicide application after harvest contributes to effective eradication of *Bassia*. Problems caused by invasive species nowadays are getting their international attention. Late management leads to considerable ecological and also economical impacts. Presence of *Bassia* is being tolerated in Czech republic as for now. Because of its spread in sub-urban areas, eradication seems not effective or possible. Nowadays monitoring of such species is supported by long distance screening technologies. Further support can be provided by using UAV planes that are screening differences in reflectance of vegetation canopy.

Other part of this paper is monitoring of *Bassia* spread through Prague. Results have shown, that occurrence of *Bassia* was influenced by presence of main traffic ways. Estimated statistical analysis also supports this conclusion. Plant was found on 71 places around town, these data were sent to AOPK databasis. Overview map was made afterwards. It is recommended visiting actual places multiple times, because of common road and railway management, when plants are cut or weakened by herbicides. After time, plants grow again. Their most significant fertility time is autumn. This specimen typically produces large amounts of seeds. Plant physiology helps its spreading with wind, it also produces light seeds. Maternal plants grow into round shape and they break near surface so spreading by wind as tumbleweed can happen. This mean of spreading effectively works even at distances of many kilometers. Together with growing construction needs, development of traffic routes is also supported, so migration of expansive weedy plants might be strengthened. Main migration routes inside Czech republic landscape are those of Elbe from Germany and through Panonic lowland through region of Moravia. Highway roads, railway tracks and river traffic that contributes to transport of material becomes mostly used corridors for invasive species. In this paper spreading through ruderal places that goes with highways and railways gets most attention.

Methodical experiment also includes germination investigation from the perspective of primary dormancy. Seeds used were collected in the late vegetative season. Mature seeds had shown short primary dormancy through experiment, so hypothesis was verified. Seeds were ready to germinate in relatively short time. Significant difference was proven around second week of germination. Descriptive statistics are pointing out high fertility of this plant.

Keywords: Biological invasions, alien species, ruderal plants, *Bassia scoparia*

Obsah

1 Úvod	10
2 Vědecká hypotéza a cíle práce	12
3 Literární rešerše.....	13
3.1 Invaze, expanze, nepůvodnost.....	13
3.1.1 Invaze v Evropě	16
3.1.2 Šíření rostlin.....	19
3.2 Bassia scoparia	21
3.2.1 Základní představení bytlu.....	21
3.2.2 Užší charakteristiky	23
3.2.2.1 Rezistence.....	25
3.2.2.2 Toxicita.....	26
3.2.3 Využití	27
3.2.4 Management bytlu	28
3.3 Rozšíření v ČR.....	30
3.3.1 Původní areál	31
3.3.2 Sekundární areál	32
3.3.3 Bassia a charakteristiky ruderalního stanoviště.....	32
4 Metodika	35
4.1 Monitoring bytlu metlatého.....	35
4.1.1 Popis lokalit s potvrzeným výskytem.....	35
4.1.2 Stanovení závislosti výskytu bytlu na přítomnosti komunikace.....	37
4.2 Experiment klíčení	37
4.2.1 Sběr semen.....	37
4.2.2 Vlastní pokus na stanovení primární dormance.....	38
4.3 Statistické metody	39

5	Výsledky	40
5.1	Výsledky monitoringu.....	40
5.1.1	Nálezy z lokalit	40
5.1.2	Stanovení závislosti na dopravních tazích	43
5.2	Výsledky klíčení.....	45
5.2.1	Zhodnocení sběru semen	45
5.2.2	Výsledky samotného pokusu	46
6	Diskuze	53
6.1	Mapování	53
6.1.1	Nálezy a lokality	53
6.1.2	Závislost na dopravních tazích	54
6.2	Klíčení.....	54
6.2.1	Sběr semen.....	54
6.2.2	Samotný experiment klíčení	55
7	Závěr.....	56
8	Literatura.....	57
9	Samostatné přílohy	I

1 Úvod

Invaze druhů jsou dnes již předmětem zájmu celých států. Jejich management je stále více řešen na mezinárodním poli z důvodu alokace nemalých finančních sum. Při vyhlášení výzkumných témat v 6. rámcovém programu Evropské unie (2002-2006) se stalo řešení biologických invazí jednou z priorit. Programu posloužil také k zafinancování projektu databáze zaměřené na monitoringu invazních druhů – DAISIE. Zároveň vznikla iniciativa ALARM, což je projekt zabývající ohrožením biodiverzity invazemi.

Česká republika se z hlediska polohy a geologie terénu vyznačuje vysokou vhodností pro invazní příležitosti. Postupem času se zde vytvořilo množství přírodních i člověkem vytvořených migračních cest. Převažující trasy vedou hlavně ve směru Z-V a JV-SZ (Pyšek et al. 2012a). Zároveň s opouštěním tradičního způsobu zemědělství více docházelo k výraznějšímu narušování životního prostředí rozmachem průmyslu. Spolu s rozšiřováním infrastruktury se rozvinul počet migračních možností pro rostliny (Pyšek a Sádlo 2004; Pyšek 2005). Data o početnosti, interakčních schopnostech a ekologických dopadech zavlekaných druhů v jejich zdrojových prostředích bývají překvapivě skromná (Hierro 2005). Kromě snižování výnosu kulturních plodin při zaplevelení, patří k charakteristikám ruderalní vegetace virová hostitelská potence. Druhy ruderalních společenstev bývají často hostiteli houbových a virových onemocnění kulturních rostlin (Kopecký a Hejný 1992). Pro výskyt cizích druhů poskytovala vhodná podmínka narušená místa s dostatkem živin a vody. Uplatnění nachází i místa u stružek nebo výpustí dešťové vody. Na zvlhčených úrodnějších půdách či v rudéralech u silnic konkurují invazivní druhy lépe než domácí zástupci flory (Lake 2003).

Bytel metlatý (*Bassia scoparia*, syn. *Kochia scoparia*, Chenopodiaceae) patří k druhům rostlin, které vykazují invazivní charakter a šíří se aktuálně na území ČR. Bytel upřednostňuje ruderalní místa v obcích i mimo ně, dokáže však proniknout i na ornou půdu. Na zemědělské půdě pak působí jako plevel v porostech okopanin. Druh bude v této práci posuzován podle jeho biologických charakteristik. Metodický experiment práce zahrnuje i mapování druhu na území Hlavního města Prahy. Pro ověření závislosti byla připravena statistická analýza závislosti nálezu na silniční i železniční komunikace. Experiment zahrnuje také výzkum primární dormance klíčení semen této rostliny. Použitá semena byla nasbírána na různých lokalitách v závěru sezony. Charakteristická pro druh je vysoká produkce semen, která se účinným mechanismem rozšiřují na krátké i dlouhé vzdálenosti (Friesen et al. 2009). Masivní šíření představuje vedlejší problémy i pro obyvatele například v aridních oblastech v riziku požárů suchých rostlin (Baker et al. 2008). Environmentální podmínky ovlivňují růst a vývoj této genotypem i fenotypem velmi variabilní rostliny (Friesen et al. 2009). Přizpůsobivost bytelu ho předurčuje k brzámu usazení v novém prostředí po primární migraci (Clements 2011). Uplatnění bytel nachází hlavně jako přídatek krmiva pro dobytek. Má totiž podobné nutriční hodnoty jako vojtěška, jestliže bude v krmivu však převažovat může působit toxicky. *Bassia* najde rovněž využití ve fytořemediacích půd kontaminovaných uhlovodíky či pesticidy (Friesen et al. 2009).

Semenná banka nemá příliš vysokou životnost, je z největší části vyčerpána do 12 měsíců, což udává informaci potřebnou při likvidaci plevele. Eradikační program z Austrálie jež uvádí Dodd & Randall (2002), poskytuje dobrý přehled o kapacitě šíření tohoto taxonu i o efektivním managementu za daných podmínek. Plocha zamořená bytelem dosáhla v západní Austrálii maxima (3 277 ha) v roce 1993. Tato studie předkládá informace o zavedeném Programu na likvidaci bytelu. Program začal do 12 měsíců od introdukce v roce 1990, když už se bytel značně rozšířil napříč pásmem obilných polí oblasti. K primární introdukci došlo kvůli úmyslnému vysévání semenné směsi místními farmáři za účelem prevence eroze. Rozšířením informací a spoluprací úředníků s majiteli dotčených pozemků se nakonec podařilo zlikvidovat rozšíření bytelu. Od roku 2000 nebyly nalezeny žádné rostliny bytelu, což potvrzuje úspěšnost programu. Po eradikaci ploch docházelo k dalšímu monitoringu, který se prodloužil v rámci opatrnosti na 5 let.

Management bytelu v nízkých plodinách po sklizni sebou přináší unikátní výzvy. Charakter stepního běžce v takovém případě představuje vysoce efektivní způsob rozšíření semen na dlouhé vzdálenosti. V rámci sklizně bývají ovšem vzrostlé vrcholy bytelu odříznuty harvestorem, charakter stepního běžce pak není dotvořen. Posklizňová aplikace herbicidů se však stává obtížnější, protože rostliny mají menší listovou plochu, protože přesunuly zdroje do vyvinutí kořenového systému. Potřebná kultivace půdy, která by narušila kořeny plevele se bohužel u ozimých plodin zařazuje velmi zřídka (Mickelson et al. 2004). Pokusem bylo dokázáno, že klíčení by omezila i 2,5 cm vrstva zeminy (Dille et al. 2017).

Jehlík (1998) předkládá pravděpodobný primární areál bytelu, který se táhne od jihovýchodní Evropy přes jižní část území bývalého SSSR, Střední Asii a po Dálný východ. Výskyty jsou dále známy také z Malé Asie, Pákistánu, Indie, Číny a z Japonska. V jižní a střední Evropě zavlečený bytel rychle zdomácněl. Přejídné výskyty bývají známy taktéž ze severnějších částí Evropy, ze severní a jižní Afriky i z Nového Zélandu. Management výskytu bytelu v České republice není brán vážně. Stav managementu ve formě tolerance uvádí Pergl et al. (2016). Tolerance se aplikuje v případě, že se druh v příměstských oblastech vyskytuje natolik, že je jeho eradikace nepraktická až nemožná. K zásahům by došlo při ohrožení chráněné nebo jinak významné lokality.

Pro kontrolu rozšíření se dnes již využívají i moderní senzorické technologie. To zahrnuje využívání UAV letounů, které se dokázaly uplatnit i při rozlišení glyfosát-rezistentních a nerezistentních populací druhu *Bassia scoparia*. Snímkovací DPZ technologie tedy představují klíčový potenciál pro včasné plošné odhalování rezistentních forem plevelů pro jejich včasný management (Nugent et al. 2018).

2 Vědecká hypotéza a cíle práce

Bytel metlatý se v současnosti invazivně šíří na území ČR. Osidluje nejen ruderální místa v obcích i na venkově, ale také proniká na ornou půdu. Zde se potom může vyskytovat jako plevel v okopaních. Významným koridorem pro šíření jsou ruderály podél silnic. Unášením spor větrem, nebo celých rostlin formou stepních běžců se může bytel efektivně šířit na velké vzdálenosti. Je zde jistá pravděpodobnost, že rozšíření bude ovlivněno právě dopravními cestami. Práce se rovněž bude zabývat odkrýváním této závislosti.

Cílem diplomové práce bude zmapování a charakteristika současného výskytu bytlu metlatého na území hlavního města Prahy. Dalším cílem je také stanovení klíčích charakteristik tohoto invazního druhu a stanovení primární dormance.

Hypotézy:

1. Bytel metlatý se na území Prahy přednostně vyskytuje na stanovištích ovlivněných intenzivní dopravou.
2. Nažky bytlu metlatého vykazují jen krátkou primární dormanci a rychle klíčí.

Cíle práce:

Charakterizovat rostlinu z hlediska jejích biologických vlastností

Zmapovat aktuální rozšíření bytlu metlatého v Praze a zjistit závislost nálezu na dopravních sítích

Doplnit stávající nálezy z mapování vedeného AOPK ČR

Na základě pokusu popsat klíčení nasbíraných semen při primární dormanci

3 Literární rešerše

3.1 Invaze, expanze, nepůvodnost

Nepůvodní neboli zavlečený druh se v území vyskytuje v důsledku záměrné či nezáměrné lidské činnosti, nebo se do něj dostal přirozenou cestou z území, do kterého byl již dříve zavlečen a je v něm tedy nepůvodní (Pyšek et al. 2012a). Záměrné či nezáměrné, historicky dřívější zavlékání různých druhů na nové území rozlišuje Kowarik (2003) jako iniciální procesy zavlékání. Sekundární introdukce podmíněná přirozeně či antropogenicky funguje jako šíření těchto druhů v novém místě. Výzkum procesů rozšiřování druhu na novém místě je klíčový pro posouzení invaze jako takové.

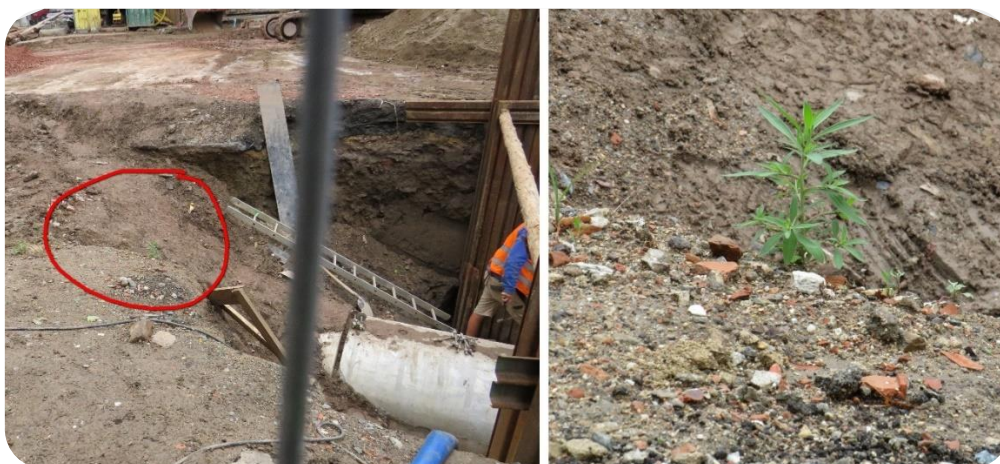
Většina teoretických prací i výzkumů zaměřených na invaze nepůvodních druhů je postavena na domněnce, že problematické nepůvodní druhy jsou podstatně více rozšířeny v oblastech kam invadovaly, než v jejich domácích regionech. Oblastem, kam byl druh introdukován, potom odpovídá větší počet vědeckých prací a výzkumů. Hierro (2005) dodává, že se ví překvapivě málo o početnosti, interakčních schopnostech a ekologických dopadech zavlekaných druhů z jejich zdrojových prostředí. Počty druhů, které invadují snadno zatím nebyly kvantifikovány. Síla druhu převážit na nových stanovištích, kam invadoval je různá. Vyskytují se tedy i druhy, které sice invadovaly, ale zastoupení mají stejné nebo nižší, než v jejich původním areálu rozšíření. Studie poukazuje na význam uceleného výzkumu společenstev jak v domácím, tak v novém prostředí, kde je druh nepůvodní. Jako hlavní hypotetické faktory pro úspěšnost expanze se započítává především počet přirozených nepřátel, evoluční připravenost na invazi, prázdné niky a neobyčejné způsoby rozšiřování. Kdyby došlo k závěru, že úspěch invazivních rostlin spočívá právě v dostupnosti prázdných nik na novém území, znamenalo by to, že složení a funkce domácích společenstev je na daném místě značně limitována nikami vhodnými pro tyto domácí druhy. Nevyužitá místa či zdroje by pak byla v popředí prvních projevů šíření nepůvodního druhu.

Jakmile druhy migrují do nových lokalit, nastartuje se přírodní výběr, který vede k lokálním adaptacím. Často dochází k případům, kdy se druhy s vysokou genetickou variabilitou jako je bytel, brzy usadí v novém prostředí po původní migraci (Clements 2011). Nepůvodní druhy nejspíše dokážou přesouvat svoje fyziologické zdroje. Na invadovaném území tolik nepotřebují obranné mechanismy proti herbivorům. Růst a plodivost se takto dostávají do popředí zájmu rostliny, zároveň tím podléhají větší selekci v těchto charakteristikách. Testy porovnávající druhy z nativního i invadovaného území zatím nevykazovaly přesvědčivé výsledky. Porovnání geneticky založené změny fenotypu rostlin z obou prostředí, pěstovaných pospolu v laboratorních podmínkách, nesly pouze smíšené výsledky s nejednoznačným závěrem (Hierro 2005).

Nepůvodní druhy by v dotyčném území neprosplávaly, bez činnosti člověka. Mezi nepůvodní druhy je tudíž potřeba zahrnovat i křížence, na jejichž vzniku se podílely zavlečené druhy. Zavlečené druhy lze klasifikovat podle několika kritérií: 1) jaké je postavení druhu v invazním procesu, tedy jestli dosáhl stupně naturalizace; 2) kdy byl do území zavlečen; 3) jakým způsobem k tomu došlo (úmyslně, neúmyslně). Při invazním procesu druh překonává jisté bariéry. Podle schopnosti překonávat bariéry bránící invazi se druh může vyskytovat jako přechodně zavlečený, naturalizovaný nebo invazní. Introdukce (zavlečení) znamená překonání geografických bariér. Nepůvodní druh vytvářející v přírodě životaschopné, rozmnožující se populace nezávisle na člověku, označujeme jako naturalizovaný. Na místě se vyskytuje dostatečně dlouho a dokáže se vyrovnat s extrémními výkyvy klimatu. Naturalizované druhy, které produkují velké množství potomstva a mají vyvinuté efektivní způsoby rozšiřování, tedy jsou schopny se rychle šířit na velké vzdálenosti od zdrojových populací, označujeme jako invazní. Ty nejsou nadále závislé na doplňování zdrojové populace vlivem člověka. Invazní rostliny nezůstávají v místě introdukce, ale dále se šíří, čímž vytvářejí různě rozsáhlý sekundární areál (Pyšek et al. 2012a).

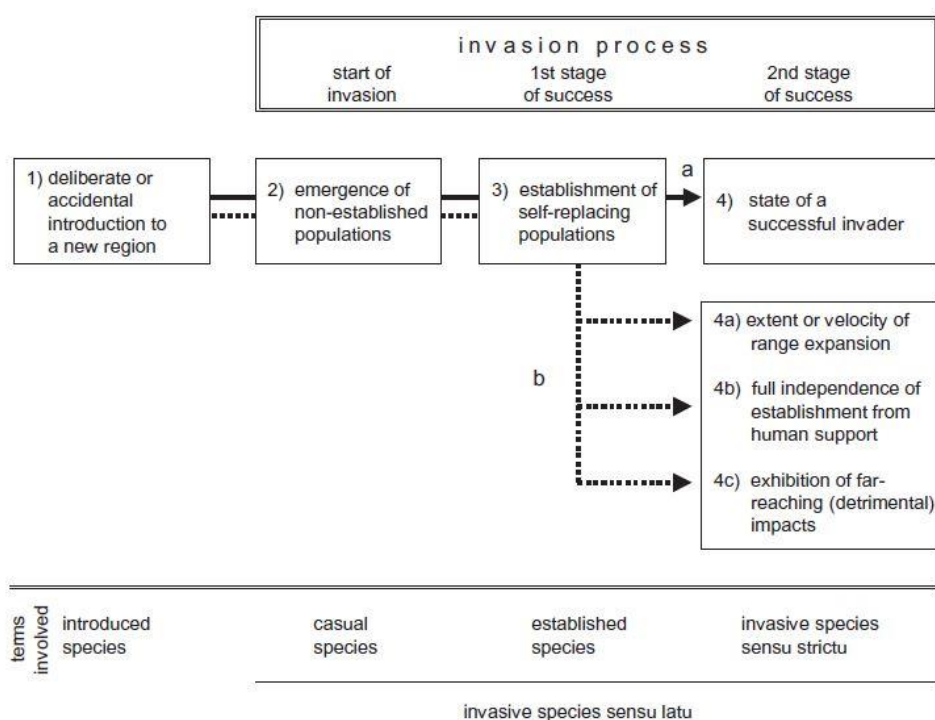


Obr. 1: Naprosto obsazený násyp u železniční trati, Brno hln., směrem k Trnité ulici. Vlastní foto



Obr. 2, 3: Pionýrský potenciál byteli. Brno. Vlastní foto

Záznamy o obsazené ploše, rychlosti šíření a frekvenci nebo zastoupení druhu v novém prostředí působí u invazních druhů neobvykle oproti domácím případům. Richardson et al. (2000) používají vzdálenost mezi mateřskou rostlinou a životaschopným klíčkem jako kritérium na definici invaze. Rostliny s invazním charakterem jsou popsány jako naturalizované druhy, které produkují životaschopné potomstvo, často ve velkých kvantech. Rozšiřují se na značně velké vzdálenosti, tímpádem mají potenciál šířit se v rozlehlých areálech. Jako škálu potom autoři doporučují disperzi větší než 100 m od mateřské rostliny v kratším období než 50 let. Taková definice, která je založena na populačním přírůstku a potenciálu šíření skýtá výhodu, protože zachycuje invazi jako ekologický proces. Populačně zaměřená definice vede k rozlišení skupiny druhů s výrazným rozdílem oproti tradičním expanzním druhům lokality. Klasifikovat však druh jako invazivní záleží na parametu či perspektivě s jakou je na daný druh nahlíženo. Rozlišování takového charakteru se u známých případů používá, specifikovat takto méně známé druhy s nejasným rozšířením je problematické (Kowarik 2003).



Tab. 1: Proces invaze. (Kowarik 2003)

Úspěch při invazi lze posuzovat také podle dalších faktorů. Studie Lake (2003) přisuzuje příznivost environmentálních podmínek invazních druhů v příměstské oblasti Sydney v Austrálii. Úspěch při šíření zde byl posuzován podle dvou hlavních faktorů, a to absencí herbivorů a schopnosti rostliny přizpůsobit se příslušnému souhrnu disturbancí typických pro místo. Tyto hypotézy byly navrženy pro společenstvo málo úrodných písčitých půd. Ve studii se posuzovaly typy disturbance jako je dostupnost živin a vody či vliv komunikací. Mezi důležitými pozorovanými jevy se nabízí zmínit absenci nepůvodních druhů na místech bez disturbancí. Příznivý pozorovaný souhrn podmínek výskytu cizích druhů pak poskytovala narušená místa s dostatkem živin a vody.

Jistou pozornost zde dostala i místa stružek a výpustí dešťové vody. Podél silnic a na zvlhčených úrodnějších půdách invazivní druhy konkurovaly lépe než domácí zástupci flory. Domácí druhy jsou tedy z příhodných stanovišť vytlačovány na sice klidnější, však méně úrodnější stanoviště. Invazivní i neinvazivní nepůvodní druhy se vyznačovaly menším napadením škůdci či poškozením herbivoirí na všech stanovištích oproti domácím druhům. Domácí druhy často tvořily často listy s více trichomy, avšak ani to jim nepomohlo proti herbivorii, při které byly preferovány. K výběru rostliny ke spásání, zde pravděpodobně hrál roli i výskyt obranných chemických látek v listech invazivních rostlin. Fyzicky narušovaná stanoviště obývaly invazivní druhy menšího morfologického vzrůstu.

Typické jevy pozorované při celkovém porovnávání jsou preference šíření invazivních druhů pomocí větru a větší relativní pokryvnost listové plochy proti domácím neinvazivním druhům. Aerochorie neboli rozšiřování pomocí větru se více projevovala u otevřenějších stanovišť s menším vegetačním krytem. Tomu napomáhala různá uzpůsobení jako je produkce velkého množství malých lehkých semen či jejich vybavenost trichomy či plachetkami. Šíření pomocí zvěře bylo taktéž lépe řešeno u invazivních druhů (Lake 2003). Jako poslední poznatek uvádí tato studie delší vegetativní periodu nepůvodních druhů, rychlejší klíčení a tím pádem vyšší potenciál kolonizace. Produkce semen trvá po delší dobu, což zvyšuje možnosti uchycení při nastávajících disturbancích. Studie navrhuje v konkurenčních místech vytvářet nová rostlinná společenstva vysazováním domácích druhů, které mají atributy podobné jako úspěšné invazivní druhy.

3.1.1 Invaze v Evropě

Nový způsob využívání krajiny, velkoplošně prosazovaný od 90. let 20. století, je charakterizován ústupem fyzické přítomnosti člověka v otevřené krajině, při současném zvýšení intenzity zásahů do takové krajiny. Došlo k opouštění tradičního způsobu zemědělství, k výraznému narušování životního prostředí v souvislosti s průmyslovými aktivitami. To a rozšiřováním zástavby v příměstských oblastech, umocněné rozvojem infrastruktury, vedlo k zesílení migračních možností pro rostliny (Pyšek 2005; Pyšek a Sádlo 2004).

Rozšiřování druhů za přispění aktivit člověka je nezanedbatelný faktor. Dochází tím občas až k umocnění přirozené invaze. Při pozorování dat z invazí probíhajících v Evropě lze pozorovat vliv antropogenního faktoru. I když jsou modely pro predikci invazí pokročilé, stejně dochází k nečekaným výchýlkám. Rozšiřování cizího druhu jako výsledek populačního růstu i expanze na místě se nejčastěji analyzuje nepřímou v regionálním měřítku výpočtem oblasti nebo za použití čtvercového gridu populace. Jako bazální se pak považují pravděpodobná iniciální místa zavlečení nebo se přihlíží k historickým zápisům literárních zdrojů. Z toho vyplývá, že populační trendy jsou často řešeny na základě pravděpodobnostních odhadů (Kowarik 2003).

Bazální data by přitom mohla být doplněna pomocí mapování za přispění bezpilotních letounů a jiných zařízení na dálkové snímání odrazivosti plevelů (Nugent et al. 2018; Reddy et al. 2014).

Řešení biologických invazí se stalo jednou z priorit při vyhlášení výzkumných témat v 6. rámcovém programu Evropské unie (2002-2006). V tomto programu došlo k zafinancování projektu DAISIE, což je projekt zaměřený výlučně na cizí druhy, a ALARM - projekt zabývající se invazemi jako jedním z faktorů ohrožení biodiverzity. Tyto projekty byly založeny na souhrnu stávajících dat a Česká republika se do nich zapojila v letech 2004-2009 díky Botanickému ústavu Akademie věd. DAISIE jako taková, je databáze nepůvodních druhů v Evropě jak botanických i živočišných. Obsahuje více než 11 000 taxonů a je dbáno na dostupnost dat pro veřejnost (Pyšek et al. 2008d). Biologickým invazím, je v posledním desetiletí věnována velká pozornost – ucelený přehled současného výzkumu v oblasti rostlinných invazí v ČR poskytují Materiály Zpráv České botanické společnosti (Pyšek et al. 2008a). Pokud jde o rostlinné invaze, patří Česká republika mezi nejlépe prozkoumané evropské země (Lambdon et al. 2008; Pyšek et al. 2002b). To se odvíjí od intenzivního floristického výzkumu, jehož počátky se datují již do konce 18. století. Základy moderního výzkumu rostlinných invazí byly položeny v 70. letech 20. století (Jehlík & Hejný 1974). Dostupné informace z území České republiky shrnuje Katalog nepůvodních rostlin ČR (konkrétně Pyšek et al. 2012b a starší Pyšek et al. 2002b).



Mapa 1: DAISIE - Výskyty *Bassia scoparia* registrované mezi lety 1851-2019



Mapa 2: DAISIE - Výskyty *Bassia scoparia* registrované mezi lety 2009-2019

Nejvyšší diverzita nepůvodních druhů se koncentruje v industrializovaných zemích s tradicí solidního botanického průzkumu nebo intenzivního výzkumu biologie v současnosti. Pokud se vezmou výsledky z projektu Daisie, který kvantifikuje invaze, za roky 2004-2008, je možné pozorovat zatížení zemí zavlékáním a invazemi druhů. Největší počet z celkového souboru nepůvodních druhů je nahlášen z Belgie (1 969), z Anglie (1 779) a České republiky (Lambdon et al. 2008). Evidováno je 1 567 rodů, která mají svoje zástupce rozšířeny po zemích Evropy. Nejběžnější rody až světového významu zahrnují z větší části městské a zemědělské plevely (*Amaranthus*, *Chenopodium*, *Solanum*) nebo kultivované taxony kvůli okrasným účelům (*Cotoneaster*). Z hlediska nepůvodních druhů masivně převažují svým rozšířením *Conyza canadensis*, *Helianthus tuberosus* a *Robinia pseudoacacia*. V seznamu, kde studie porovnávala nepůvodní druhy podle zastoupení v Evropě minimálně ve 25 regionech, *Bassia scoparia* zaujímá 37 místo ze 150 druhů. Z toho v 16 oblastech působí naturalizovaně, v 9 spíše nahodilým výskytem a v 11 oblastech se taktéž projevuje invazně, ale úroveň naturalizace nebyla specifikována.

Při tvorbě mapy invazí v Evropě se projevila vysoká invadovanost v nížinách temperátní oblasti západní a střední Evropy. Nízká invadovanost byla pozorována v boreální zóně, horských oblastech a v méně úrodné oblasti Středomoří, tedy kromě pobřežních oblastí a zavlažované zemědělské půdy (Chytrý et al. 2009). Podstatná část teorie biologických invazí se zakládá na objevech vzniklých při analýze sekundárních dat. Ty potom umožňují vytvořit historickou rekonstrukci dějů, charakter invazního procesu se tím vysvětluje snáze. Jelikož je invaze proces globální, opírá se značná část současného teoretického rámce o srovnávací analýzy dat z různých částí světa (Pyšek et al. 2012a).

Obecně platí, že biotopy, které jsou nejvíce invadovány bývají často nebo silně narušované. Případně se může jednat o biotopy, do nichž se občas dostávají živiny nebo jiné zdroje z okolí rychleji, než je původní vegetace stačí spotřebovat. Volné zdroje dodané na stanoviště z okolí, anebo zbytky zdrojů po odstranění dominantních druhů při narušení vegetace disturbancí, umožňují šíření jiných druhů z okolí. Některé nově přichozí druhy patří k původní flóře, jiné jsou však nepůvodní a zvyšují invadovanost lokality. Tyto obecné principy invazibility formulovali Davis et al. (2000) v podobě teorie fluktuace dostupnosti zdrojů. Cizí takzvaně expanzivní plevely jsou rostliny cizího původu, opětovně zavlékané mimo původní areál výskytu. Mají velmi dobrou schopnost trvalé reprodukce, často s vysokým počtem semen či spor. Vynikají značnou ekologickou adaptibilitou a plasticitou. Jejich výskyt je zřejmý v synantropních stanovištích, často se jedná o ruderalní druhy. Druhy takových rostlin obsazují například lemy silnic nebo železničních tratí. Jejich potenciální hrozba spočívá v možnosti šířit se až na obdělávané půdy, kde vnikají mezi plodiny. Nejmenším důsledkem je pak snížení kvality výnosu plodin (Jehlík 1998). Přítomnost bytlu ve sklizni pšenice nejenom kontaminuje zrna pšenice, zároveň snižuje efektivitu sklizení. To je zapříčiněno přítomností nekontrolovaných nebo později vzešlých rostlin bytlu, které jsou při sklizni pšenice ještě zelené (Kumar et al. 2018).

3.1.2 Šíření rostlin

Svou polohou je naše země ekotonem mezi velkými krajinnými celky na kontinentální úrovni: Alpami na jihu, Karpaty na východě, Panonskou pánví na jihovýchodě, oblastí oceanicky ovlivněného klatu na západě a nížinami severního Německa a Polska, jejichž druhová a biotopová diverzita byla silně omezena účinkem pleistocénského zalednění. V území se vytvořila řada přírodních i člověkem vytvořených migračních cest, které otevřely možnosti kolonizace, a to hlavně ve směru Z-V a JV-SZ. Dynamika šíření nepůvodních druhů u nás je podobná ostatním částem střední Evropy a navazuje na kontinuální tok mnoha vln invazí v západní Evropě. Mnoho druhů má blízko našich hranic severozápadní okraj areálu, odkud mohou být přímo nebo nepřímo rozšiřovány člověkem (Pyšek et al. 2012a). Invaze neofytů (druhů zavlečených po objevení Ameriky) na naše území v posledních 200 letech probíhaly rovnoměrně. Pravděpodobnost zavlečení druhu však závisela na řadě faktorů. Důležitým faktorem je doba kvetení. Druhy z ostatních částí eurasijského kontinentu se k nám dostávaly v průměru dříve. V našich zeměpisných šířkách jsou totiž mnohé nepůvodní druhy omezovány příliš krátkým vegetačním obdobím, které nestačí k dozrání semen. Časněji kvetoucí druhy tak zpravidla byly zavlékány dříve. Způsob zavlečení hrál důležitou roli na dobu imigrace. Úmyslně introdukované plodiny se objevovaly v průměru dříve než okrasné rostliny a neúmyslně zavlečené taxony. Celkový počet evidovaných cizích taxonů se u nás pohybuje okolo 4 000 (Pyšek et al. 2003c).

Cesty cizích plevelů na území České republiky a Slovenské republiky ilustruje publikace Jehlík a Hejný (1974). Jako hlavní migrační cesty označují cestu východní, labskou a panonskou. V současné době přetrvává fenomén labské cesty – adventivy se šíří lineárně ve směru toku Labe. To zapříčiňuje lodní doprava z Hamburku do labských přístavů (Děčín, Ústí nad Labem, Mělník). Odtamtud pak spolu s železniční či silniční dopravou putují spory rostlin do středních Čech přes Polabí. Týká se to olejninových adventivů ze Severní Ameriky, popřípadě obilních adventivů s obilím USA nebo Kanady. Z toho důvodu v současné době nalzáme americké adventivy např. ze společenstva sóji na našich železničních nádražích. Česká republika se vyznačuje náchylností vůči invazím rostlinných druhů. Tento fakt je podpořen velkou hustotou osídlení vůči rozloze státu (133 obyvatel/km²), hustotou řek, silnic a železničních tratí (Pyšek a Prach 2003; Pyšek 2005). Vodní toky a komunikační síť podporují šíření nepůvodních druhů, protože slouží jako medium pro šíření semen a dalších typů diaspor krajinou (Pyšek et al. 2012a). Panonská cesta se také uplatňuje při šíření adventivních druhů a někdy i cizích nebezpečných plevelů na naše území. Zonálně se sem dostávají druhy z Maďarska, Rumunska, celkově z Balkánu přes Podunají a Pomoraví. Protože mohlo docházet i k přirozenému zvětšování areálu ruderálních rostlin panonské oblasti, není tato otázka natolik jednoznačná jako v předchozím případě. Druhy význačné, šířící se touto cestou zahrnují například: *Amaranthus albus*, *A. blitoides*, *A. powellii*, *Ambrosia artemisiifolia*, *Consolida orientalis*, *Echinochloa oryzoides*, *Chenopodium ambrosioides*, *Oenothera salicifolia*, *Panicum miliaceum*, *Sisymbrium orientale*, *Sorghum halepense* a další. Nejmenší mírou se od minulého století uplatňovala cesta východní. Mezi staré druhy této cesty patří *Bunias orientalis* a *Senecio vernalis*. Po druhé světové válce však začaly vzrůstat tendence dovážení obilí z bývalého SSSR, který byl realizován železničním transportem.

Prostřednictvím velkého železničního nádraží v Čierné pri Čopě v bývalém Československu se k nám dostalo mnoho asijských a jihovýchodních rostlinných druhů. Dovoz obilí z tohoto směru ustal před rokem 1980. V současné době počet adventivů pocházejících z této cesty klesá, respektive nevzrůstá. Diaspory druhu *Bassia scoparia* subsp. *scoparia* i subsp. *densiflora* pochází rovněž z této cesty. Samozřejmě se vícero druhů šíří několika cestami najednou. Tento trend zastává výrazně *Ambrosia artemisiifolia* (Jehlík a Hejný 1974).



Obr. 4: Problémový invazní druh, *Ambrosia artemisiifolia*, Praha-Strašnice. Vlastní foto

Upřesňující informaci o zastoupení nepůvodních druhů podává Pyšek et al. (2002b) - zhruba polovina (49,9 %) všech nepůvodních taxonů se na území ČR dostala bez úmyslného příspěví člověka. 42,7 % pak bylo introdukováno úmyslně a na zavlečení zvyvajících 7,4 % se podílely oba způsoby současně. Složení nepůvodní České flóry dominují ze 44 % jednoleté rostliny. Jako typické neofytní čeledi vystupují převážně laskavcovité *Amaranthaceae* a spíše archeofytnější *Chenopodiaceae*. Rod *Amaranthus* zastupuje 24 nepůvodních taxonů, *Chenopodium* 27. Oproti původnímu katalogu je v novém přehledu Pyšek et al. (2012b) uveden počet typů biotopů, ve kterých se druh vyskytuje, pokryvnost v rostlinných společenstvech a impakt. Podíl zavlečených druhů v české flóře je značný: tvoří jej 350 (24,1 %) archeofytů a 1104 (75,9 %) neofytů. Nárůst počtu taxonů oproti původnímu katalogu, který uváděl 1378 taxonů, vyplývá z toho, že bylo přidáno 151 taxonů. Celkem 75 (39 archeofytů a 36 neofytů) bylo naproti tomu vypuštěno.

K rychlému šíření plevelných druhů dochází v posledních letech především podél dálnic a vysokorychlostních silnic. Rychlý postup šíření některých plevelných druhů napříč Evropou je zřetelný. Zejména plevele rozšiřující se anemochorně - ambrózie, bytel, starčky, zlatobýl, pelyněk černobýl, podběl lékařský atd. Vzhledem k budování dalších nových dálnic lze předpokládat, že šíření plevelů podél nich bude nabývat na stále větším významu. Nebezpečí představují i cizokrajné plevele, které se k nám šíří po železnici, lodní dopravou s různými surovinami (obilí, zemědělské produkty, železná ruda atd.). Příkladem může být ambrózie peřenolistá a bytel metlatý. Tyto plevele v našich podmínkách již zdomácněly a jsou významným nebezpečím pro zemědělskou půdu (Mikulka 2015).

Regulace plevelů na nezemědělských plochách je poměrně složitým problémem. Zejména rozsáhlé plochy železnic, plochy v přístavech a manipulačních skladech bývají pravidelně ošetřovány herbicidy. Používány jsou totální, zpravidla perzistentní herbicidy v podstatně vyšších dávkách než v zemědělství. Tyto plochy jsou zdrojem rezistentních populací plevelů, které se následně mohou šířit na zemědělskou půdu. Největším problémem je jejich šíření po železnici po celé republice (Jursík et al. 2018). Oproti zemědělským plevelům, většina problematických nepůvodních druhů je pěstována za okrasnými účely zahrad, nádraží nebo různých veřejných prostor. Tento jev prohlubuje kolonizaci příměstských oblastí, které se vyznačují podstatně vyšším zastoupením nepůvodních druhů proti přírodě bližším ekosystémům (Kowarik 2003).

Lze očekávat, že se *Bassia scoparia* subsp. *scoparia* bude postupně šířit v teplé klimatické oblasti řepářského zemědělského typu zejména na nových ruderalních stanovištích. V oblasti kukuřičného výrobního typu stále více i na stanovištích segetálních, zejména postup mezi okopaniny. Lze předpokládat určité rozšíření lokálního areálu druhu v ČR. K likvidaci plevelu se doporučuje sečení před nasazením květu. Rostliny koření mēlce, lze tedy poměrně dobře nasadit techniky mechanického pletí. Větší výskyty plevelu doporučuje Jehlík (1995) ošetřit vhodnými ekologicky šetrnými zároveň i ekonomicky únosnými herbicidy. Důraz na prevenci v oblastech, kde se zatím bytel do polí nešíří (např. východní Slovensko), povede k podchycení a likvidaci případných populací. Na některých nádražích můžeme bytel pozorovat v okrasné varietě *trichophylla*.

Management invazních druhů by se měl především zaměřit na včasný zásah před rozvojem vlastní invaze. Prevence nebo rychlá likvidace druhu v časně fázi invaze vychází podstatně ekonomicky lépe než pozdější zásahy a kontrola již rozvinuté události. Problém, který však brání včasnému zásahu je vlastní rozpoznání invaze teprve při jejím průběhu. Každá invaze se projevuje specifickými rysy. Někdy stačí nepatrná změna podmínek, aby nastala či ne (Pyšek a Sádlo 2004).

3.2 *Bassia scoparia*

3.2.1 Základní představení bytelu

Jedná se o expanzivní plevel z čeledi merlíkovité (*Chenopodiaceae*) vyznačující se rezistencí vůči klasickým herbicidním přípravkům (Slavíková a Mikulka 2009). Bytel je jednoletá bylina šedavo-zelené barvy. V mladém stavu se vyznačuje barvou spíše světlejší, při pozdějším kvetení často rudne stonek. V pozdní sezoně, kdy je rostlina připravena vysemenit nebo se šířit, lodyha seschne a zhnědne. Lodyhy jsou silné, větvené, někdy statné (až 1,5m), s výraznými podélnými rýhami. Habitus hustě větvený s tendencí zaoblení větví do koule (Jehlík 1998). Takový habitus, který napomáhá šíření rostlin kutálením se nazývá stepní běžec. Rostlina se ulomí, vyschne a plná semen je unášena větrem na velké vzdálenosti.

Typické například pro semi-aridní oblasti Ameriky či Austrálie, kde se pojem začal používat (Dodd a Randall 2002). Kořen mělký, větvený, často jeden hlavní, plazící se mělko pod povrchem. Listy střídavé, čárkovité až úzce podlouhlé, až 60 mm dlouhé, 2-5 mm široké, ploché, se střední žilkou, zúženou bází přisedlé. Květy s hustým věnečkem chloupků na bázi, po 1-2 v paždí listů. Okvětí lysé, brvitě pouze na okraji. Semena jsou smáčklá, okrouhlá, přibližně 2 mm dlouhá s obalem hvězdovitého vzhledu. Jedná se o velmi variabilní polymorfní druh, rozpadající se do několika podobných subspecií. Znamá subspecie *densiflora* se liší přítomností hustého věnečku chloupků pod květem. Chloupky jsou v tomto případě delší než okvětí (Jehlík 1998). V nahuštěných populacích se rostliny snaží růst do výšky za světlem, u řídkých populací je typičtější široký, nižší a hustější morfotyp (Weiner a Fishman 1994).

Protože se druh primárně rozmnožuje samosprášením, vytváří podstatné množství pylu. Charakteristická je vysoká produkce semen, která se účinným mechanismem rozšiřují na krátké i dlouhé vzdálenosti (Friesen et al. 2009). K rozmnožování vegetativního charakteru nedochází, rozšiřuje se pouze pomocí semen (Sholedice a Renz 2006). Bytel je velmi variabilní genotypem i fenotypem, jeho růst a vývoj jsou významně ovlivněny environmentálními podmínkami. Jedná se o rostlinu s C4 metabolismem, která je velmi kompetitivní na orné půdě, navíc dokáže klíčit v nízkých teplotách půdy. Vzchází brzy, má velké přírůstky, toleruje teplo, sucho, zasolení. Mezi další přiznané vlastnosti patří navíc i vypouštění alelopatických látek, ovlivňující fitness okolních rostlin. Ke všemu si druh vyvinul odolnost k široké škále herbicidních přípravků. Bytel je místy využíván jako přídavek krmiva pro dobytek. Má podobné nutriční hodnoty jako vojtěška, ale může působit toxicky, jestliže bude v krmivu převažovat. Přestože jsou pylová zrna alergenní, semena jsou zdrojem fytochemických látek, včetně substance komářích feromonů či saponinů, které lze využít pro zdravotní, kosmetické a jiné účely. Bassia najde rovněž využití ve fytoremediacích půd kontaminovaných uhlovodíky či pesticidy (Friesen et al. 2009). Bytel konkuruje mnohým plodinám (cukrová řepa, kukuřice aj.). Jeho přítomnost mezi plodinami negativně snižuje výnosy (Waite et al. 2013).



Obr. 5, 6: Bytel metlatý je velmi polymorfní taxon. Vlastní foto



Obr. 7: V Praze se často vyskytuje blízko komunikací. Ve vlhkém substrátu lépe nahnívá a zlamuje se, potom se šíří větrem dále po směru jízdy. Vlastní foto

3.2.2 Užší charakteristiky

Bassia scoparia subsp. *scoparia* se vícekrát vyskytla jako polní plevel mezi okopaninami, nálezy byly učiněny i na úhorech a na strništích, a to zejména v Podunajské nížině. Teplomilnější subspecie *densiflora* v rozšiřování zaostává, jelikož neměla takové možnosti šíření diaspor při zavlékání do střední Evropy. Pozdější doba zavléčení a následovné oslabení převozu obilnin z východu taktéž napomohla vzácnějšímu výskytu této subspecie. Jde o robustní rostlinu, která produkuje podstatné množství biomasy. Zastiňují jiné rostliny a konkurují jim i z hlediska získávání živin a vláhy. U nás bytel zdařile plodí, pravidelně vysemeňuje a více než 90 % nažek bývá fertálních. Semena nemají vyvinutou výraznou klíčnou dormanci, hned po uzrání klíčí v širokém rozmezí teplot. Plody zrají v říjnu a k rozšiřování semen dochází až do jara. Klíčení nastává mnohdy ještě na podzim, klíčící rostlinky však přes zimu hynou. Masivní vzcházení klíčících rostlinek lze pozorovat od poloviny dubna. Ztráta klíčivosti není rychlá. Skladované nažky klíčí z 63 % i po třech letech. Lehké nažky se rozšiřují větrem i vodou, hlavní podíl na šíření představuje doprava – větrné turbulence od kol aut, lidská činnost obecně. Vysoká produkce nažek spolu s dalšími zmíněnými charakteristikami slouží při zdomácnění v našich podmínkách (Jehlík 1995). Životnost nažek uvádí rovněž Dodd a Randall (2002). Semenná banka je z největší části vyčerpána do 12 měsíců, což udává informaci potřebnou při likvidaci plevele. Malá část nažek s vyšší životností představuje riziko, proto se navrhuje další monitoring po managementovém zásahu.

Rozmnožování pomocí větru napomáhá i možnost tvoření morfotypu zmíněných stepních běžců. V takovém případě se rostlina zlomí nad povrchem země. Mechanismus zlomení na bázi stonku popisuje článek Osipitan et al. (2019). Zkráceně jde o vytvoření dělivého pletiva na bázi stonku a následné zlomení větrem v oslabené části. Kutálením se pak seschlá lodyha dostává i 3 km od původního místa (Dodd a Randall 2002). Dálkové šíření může být umocněno na podzim, když se mění nízká a vysoká vlhkost půdy. Povědomí o environmentálních podmínkách nezbytných pro šíření těchto rostlin se potom stává klíčové pro management. Problém, který skupiny stepních běžců představují, spočívá nejen v rozmnožování rostlin, ale i v dalších kritériích. Farmáři si například stěžují na poškozování plotů běžci, ucpávání kanalizační sítě či odtoků zase dělají problémy i v obcích, a v neposlední řadě představují suché rostliny také riziko ve vzniku požárů Baker et al. (2008).



Obr. 8: Stepní běžec, Praha, Povltavská. Vlastní foto



Obr. 9, 10: Mělký kořenový systém. Vlastní foto

Po cestě kutálení mateřské rostliny pak roste řada klíčících rostlinek. Hustota rozšíření klíčících rostlinek úzce korelovala s migračními cestami mateřského běžce. Dosažené hodnoty byly často vysoké až k několika tisícům rostlinek na m^2 ve vzdálenosti 1-2 m od mateřské rostliny. K takové produkci přispěje její masivní habitus. Zmíněným způsobem šíření se odhadovaná plocha rozšířila na monitorované ploše západní Austrálie z 10 ha na jaře 1992 na 750 ha v lednu 1993. Na dalších monitorovaných plochách docházelo k podobným výsledkům s rozšířením plochy výskytu až o 5 km za 5 let. Takto naznačují Dodd a Randall (2002) kapacitu šíření tohoto taxonu. Zamořená plocha té doby v západní Austrálii dosáhla maxima 3 277 ha v roce 1993. Tato publikace předkládá informace o Programu na likvidaci bytely v západní části Austrálie. Program začal do 12 měsíců od introdukce v roce 1990, když už se bytel značně rozšířil napříč pásmem obilných polí oblasti díky úmyslnému vysévání místními farmáři. Rostlina byla součástí směsi semen na podpoření úrodnosti půdy zasolených málo úrodných půd. Podařilo se vystopovat seznam farem kde byla vyseta tato komerční směs. Prokázané farmy se vyskytovaly v nížinách s chudšími zasolenými půdami. Naštěstí oplocení farem zabránilo dálkovému šíření forem stepních běžců.

Program štědře financoval národní fond i fond Společenství skrze konzultační komisi SCARM (Standing Comitee on Agriculture and Resource Management) jako první proces na likvidaci plevelu. Díky rozšíření informací a spolupráce úředníků pověřených zemědělskou ochranou a vlastníků dotčených pozemků se podařilo zlikvidovat tamní rozšíření. Od roku 2000 nebyly nalezeny žádné rostliny bytlu, což potvrzuje úspěch programu. K ověření výsledků byly plochy po eradikaci sledovány nejdříve 3 roky, následně se lhůta prodloužila v rámci opatrnosti na 5 po sobě jdoucích let. Tehdy se jednalo především o poddruh bytlu *densiflora*. Naturalizace taxonu nastala do dvou let po jeho introdukci. V roce 1992 znaturalizoval, rostliny statně rostly a dočasných farem, kde došlo předtím k vysetí bylo 52.

Kromě fyzického zjištění nebo mapování v terénu by k problematice mohly být více využívány moderní technologie. V posledních desetiletích totiž dostaly svou pozornost senzorická zařízení, zachytávající specifický rozdíl v reflektancích porostu. Jedná se o různé dálkové snímače, sofistikované reflektanční kamery, či UAV bezpilotní letouny. Tyto technologie přislubují značnou pomoc v indentifikaci plevelných společenstev (Kumar et al. 2018). Praktické ozkoušení použitelnosti předkládají Reddy et al. (2014), když pozorovali populace rezistentního laskavce *Amaranthus palmeri*. Směrodatné byly rozdíly v reflektanci světelného rozpětí blízko UV záření, viditelného spektra i spektra blížícímu se infračervenému záření. Moderní senzorické technologie, především UAV letouny, se dokázaly uplatnit i při monitoringu a rozlišení glyfosát-rezistentních a nerezistentních populací druhu *Bassia scoparia*. Nelze popřít potenciál ani pro včasné plošné odhalování rezistentních forem plevelů pro jejich včasný management (Nugent et al. 2018).

3.2.2.1 Rezistence

Druh k nám byl zavlečen s dováženými surovinami a rozšířil se také zplaňováním okrasných kultivarů, takzvaných letních cypřišků. Hojně je rozšířen na rumišťích, skládkách, podél cest, železnic, na samotných železničních tratích, v zahradách, sadech a postupně se rozšiřuje i na ornou půdu. Biotypy rezistentních rostlin byly nalezeny na železnicích a u silnic. Je to první a doposud jediný plevel u něhož byla v České republice prokázána vícenásobná rezistence. Konkrétně vůči atrazinu, chlorsulfuronu, imazapyru, metsulfuron-methylu, nicosulfuronu, prosulfuronu, trisulfuronu a dalším. Z evropských států je bytel metlatý jako rezistentní pouze u nás. Ostatní nálezy jsou soustředěny do Kanady a USA (Slavíková a Mikulka 2009). Nálezy na více než 100 lokalitách napříč západní Kanadou potvrzují biotypy s vícenásobnou rezistencí (Hall et al. 2014). V západní Kanadě byly nalezeny populace bytlu rezistentní vůči glyfosátu. K tomu nejspíše došlo, když se cena glyfosátu výrazně snížila. Přípravek se tehdy začal masivně využívat farmáři a bytel si stihl vybudovat jistou imunitu vůči tomuto plošně používanému herbicidu (Kumar et al. 2014). Přípravek sice pozdržel dobu klíčení, prodloužil dobu objevení prvního listu a snížil počet vyklíčených semen, efekt však nebyl zásadní pro management druhu (Beckie 2018).

Planiny severní Ameriky jsou poznamenány značným rozšířením vícenásobně rezistentních populací bytlu a proto je kladen důraz na aktualizaci managementových opatření, která již ve formě aplikace herbicidů nedostačují (Kumar et al. 2018).



Obr. 11, 12: Zbarvení při květu, které bylo důvodem jeho šlechtění a tvoření okrasných forem. Vlastní foto

3.2.2.2 Toxicita

Jak již bylo zmíněno Friesen et al. (2009), nadměrné přikrmování dobytka bytelem může vyvolat toxické otravy. Toto tvrzení podporují i následující experimenty. Při krmení dobytka pouze bytelem a vodou s vysokým podílem sulfátů (2.3 g/l) na pastvinách v jihovýchodním Colorádu byly krávy periodicky monitorovány pomocí rozborů látek obsažených v krevním séru. Hodnoty glutamát-oxalacetát transaminázy, sorbitol dehydrogenázy a bilirubinu byly po delší dobu abnormálně vysoké, což značí toxické účinky. Příčinou toxikózy je zrychlený metabolismus a ochrana rostlin. Tomuto tvrzení napovídá období, kdy docházelo k relativně závažnějším toxikózám. Rostliny působily jedovatěji v době větších dešťů, když urychlovaly růst, kvetení, plodivost a zakládání semen. Klinická onemocnění dobytka se projevovala fotosenzitivně, tedy slunná odpoledne podporovala účinky toxikózy (Dickie a James 1983). Toxické účinky uvádí i Thilsted et al. (1989). Při kolektivním experimentu byl dobytek vystaven působení pastvy bytelem. Pastevní pokus byl proveden ve čtyřech opakováních na 116 kusech ročních volků v době trvání varianty mezi 14 až 105 dní. 20 kontrolních volků mohlo konzumovat přírodní travinnou pastvu a 20 volkům bylo umožněno kombinovat pastvu. Dobytek, který konzumoval pouze bytel ubýval na váze nebo měl nižší přírůstky oproti kontrole. Dobytek s kombinovanou výživou vykazoval průměrný přírůstek.

Příznaky toxikózy se projevily pouze u volků vystavených pouze pastvě bytelem. Závažné projevy vedly k úmrtí či eutanázi 9 kusů. Rozbory krve potvrdily zvýšenou hladinu bilirubinu, glutamát-oxalacetát transaminázy, gamma-glutamyl transpeptidázy a rovněž vyšší obsah vápníku v krevním séru. Onemocnění se fyziologicky projevovale depresí, dehydratací, úbytkem váhy, svalovou slabostí, fotosenzitivitou i narušením zrakových funkcí.

Jistý význam při rozšiřování nepůvodních rostlin představují i jejich alelopatické účinky. Jedná se o mechanismy, které slouží např. nepůvodnímu trnovníku *Robinia pseudoacacia* k narušení růstu a vzházení domácích rostlin v okolí. Takové vztahy pak omezují nepřírozně původní floru. Nepůvodní druhy se tedy svou přítomností mohou uplatňovat při další evoluci společenstva rostlin, například z hlediska odolnosti domácích druhů vůči alelopatickým látkám. Rostlinná společenstva jsou brána primárně jako soubor rostlin adaptovaných na podmínky na místě. Výskyt a působení nepůvodních druhů lze tedy brát, jako nový vnější faktor, který ovlivňuje vývoj původních rostlin (Hierro 2005).

3.2.3 Využití

Bytel býval v minulosti využíván na různé účely, hlavní praktické využití skýtá především jako krmný materiál pro chovatele. Dozrávající stonky slouží v Číně jako vhodný substrát pro zakuklení bource morušového. Dále se ve východní Asii dokonce bytel pěstuje na siláž. Mladé vrcholky rostlin bývají přidávány do pokrmů jako bylinky nebo samostatně na saláty v Japonsku, v Číně pak jako zelenina do polévek. Využívány bývají také mladé listy bytelu. V USA bývá rostlina využívána jako doporučená pícnina. Semena bohatá na bílkoviny jsou v Americe za tímto účelem pěstována. Nažky bývají mlety do těsta při pečení chleba. Lékařské využití bytelu spočívá v tvorbě odvarů z plodů v čínském a ruském lidovém léčitelství. Účinky jsou patrné pro své diuretické působení. Odvary se používají proti zánětům močového měchýře a močových cest. Semena bývají přidávána i do mastí k léčení některých chorob kůže a končetin. Nálev z natě je kardiotonikum, má hypotenzivní účinek a je močopudný (Jehlík 1995).

Dodd a Randall (2002) uvádí, že v americe stále existuje zájem využít bytel jako krmivo pro jeho stravitelnost, rychlý růst, vysokou produktivitu a jednoduché zakládání porostu. Většina doporučení bytelu jako vhodného krmiva bere využití této rostliny až jako krajní možnost při nedostatku jiného vhodného materiálu. Jako argument používají i toxicitu přítomného oxalátu, která se již projevila u různé chovné zvěře. Na druhou stranu se musí vzít v úvahu využití rodu *Bassia* jako alternativní pícninu luk, nebo na ozelenění ploch ve snaze kontrolovat erozi půdy. Půdoochrannou funkci zmiňují taktéž Friesen et al. (2009). Klíčová je schopnost rychle vyklíčit a růst kdykoliv v průběhu sezony, což poskytne rychlé nasazení vegetačního krytu na protekci svrchní vrstvy půdy. V rozlehlých nepřístupných oblastech by mohl být vyset pomocí letadel. Při dostatečné kontrole by tak mohla rostlina posloužit pro revegetaci ploch zasažených požárem.

3.2.4 Management bytlu

Včasná detekce nově zjištěných populací plevelů umožňuje jejich efektivní eradikaci nebo izolaci. Jednání časně ze začátku invaze může ušetřit vynaloženou práci i nemalé prostředky v budoucnosti. Projekt na řízenou likvidaci bytlu v západní Austrálii slouží dobrým příkladem úspěšného rychlého zásahu. Bytel zde byl zavlečen jako součást směsi na remediaci, jeho invazní potenciál se však včas podařilo odhalit. Národně zafinancovaný projekt proti invazi byl vhodně implementován a následně vykonán (Dodd a Randall 2002; DA Australia 2001).

Ve snaze bojovat proti snižování hodnoty úrody v případě přítomnosti plevelného bytlu v plodině se zahájily různé polní experimenty. Důležitý pokus byl proveden pro určení optimálního načasování posklizňové aplikace herbicidů. Cílem bylo předejít produkci živých semen bytlu. Ošetření herbicidem aplikovali Mickelson et al. (2004) ve třech termínech mezi srpnem a polovinou září. Nejvyšší účinnost se projevila u aplikace glyfosátu (631 g/ha) a paraquátu (701 g/ha) v pozdním srpnu. Tyto zásahy zredukovali produkci semínek bytlu o 92 % a více na všech plochách. Bytel však může z malé části takový zásah ustát, nedostatečný monitoring zásahů může vést k nekontrolovanému rozbujení zbylých jedinců.



Obr. 13: Záplava stepních běžců, Kalifornie (autor Dunn 2018).



Obr. 14: Trasy nových rostlin bytlu v poli po šíření se kutálením (autor Bagavathiannan 2016).

Posklizňový management bytlu v nízkých plodinách představuje unikátní výzvy. Charakter stepního běžce umožňuje v takovém případě vysoce efektivní způsob rozšíření semen na dlouhé vzdálenosti. Naštěstí bývají vzrostné vrcholy bytlu odříznuty harvestorem, charakter stepního běžce pak není dotvořen. Posklizňová aplikace herbicidů takových rostlin je však obtížnější, protože mají rostliny menší listovou plochu, zato však vysoce vyvinutý kořenový systém. Potřebná kultivace půdy, která by narušila kořeny plevelu, navíc zahrnula a omezila rozvoj semen bytlu se u ozimých plodin zřídka zařazuje. Většinou totiž jde o bezorebné systémy či plochy s minimální orbou. Zbylé rostliny bytlu mají dostatek času se přes srpen a září vzhopit a produkovat semena (Mickelson et al. 2004).

Nová semena pak padají pod rostlinu, kde jich většina další jaro vyklíčí, protože má rostlina pouze minimální dormanci semen (Zorner et al. 1984). Výsledná vysoká hustota klíčících rostlinek může rychle vyčerpát půdní vlhkost. To znesnadňuje zásah glyfosátem či jinými herbicidy na letním úhoru. Proto je nutné věnovat větší pozornost posklizňové aplikaci přípravků, aby se efektivně zamezilo byteli v produkci semen.

Je tedy zřejmé, že načasování ošetřování plochy herbicidem hraje klíčovou úlohu v efektivitě zásahu. Optimální účinky se dosahují při aplikaci na konci srpna nebo v prvním týdnu září. Takové termíny vyzkoušeli Mickelson et al. (2004) při svých pokusech v Montaně. Dřívější zásahy nedosahovaly takových výsledků kvůli menší listové ploše plevelu, potřebné pro absorpci přípravku. Kritický zásah nastane i při použití glyfosátu časně z jara předtím, než rostliny vzrostou a začnou být obtížněji likvidovatelné (Schwinghamer 2008). Pak by byly potřeba vyšší dávky herbicidu. Rostlina by měla rezervy se udržet a charakteristiky listu jako trichomy či povrchový vosk by znesnadnily absorpci herbicidu (Harbour et al. 2003). K podpoření účinků poslouží rozrušení kořenového systému těchto vytrvalých plevelů mechanickým zpracováním půdy. Kořenový systém se tak rozruší, rostliny se oslabí, podpoří se jejich regenerace a účinek herbicidů je vyšší. To platí však pouze při dostatku vláhy. Za sucha je regenerace vytrvalých plevelů nízká, a proto účinek herbicidů velmi často selhává. To se projeví na regeneraci plevelů zpravidla až v následné plodině (Mikulka 2015). Další efektivní metoda v boji s bytelem, tentokrát proti vzcházení rostlin je aplikace herbicidů na půdu před zasazením plodiny nebo při procesu sázení (Thompson et al. 2010).

Ve studii autorů Davis et al. (2005) se poukazuje na správný management rezistenčního byteli jako kombinaci mechanických a ekologických zásahů. Klíčová je orba, podpoření mezidruhové kompetice například lišící se doba vysetí plodiny, prospěšnější rotace plodin i využití krycí plodiny, která by ovlivnila semennou banku byteli. Bezorebné farmy se vyznačují vyšší mírou zatížení bytelem. Při orbě by došlo k zakrytí malých semen zeminou, což by vedlo k menšímu podílu vzešlých semenáčků. Klíčení pod vrstvou alespoň 2,5 cm zeminy omezilo počty semenáčků (Dille et al. 2017). Semínka vsazená 1 cm a více pod povrch se vyznačovala podstatně menší vzcháživostí i ve studii Schwinghamer a Acker (2008). S hloubkou vsazení se zvyšovala perzistence semen (Beckie 2018). Z kontextu vyplývá, že populace byteli na zemědělské půdě jsou omezeny na semena. Prevence tedy spočívá podstatně v používání postupů vhodných proti možnosti klíčení semen. Takovými zásahy lze slušně předcházet i vzcházení obtížných glyfosát rezistentních populací (Schwinghamer a Acker 2008).

V případě, kdy je za potřebí zabránit šíření již vzrostlých rostlin, které se budou šířit formou stepního běžce doporučují Dodd a Randall (2002) oplocení zdrojové populace na farmě.

Rozkutálené rostliny se zachytí plotem, tím pádem lze lépe uplatňovat další postupy. V pozdější studii uvádí autoři jako příklady z praxe v západní Austrálii i řízenou pastvu ještě živých rostlin, mechanické odstraňování lodyh v průběhu vegetace či spalování suchých semenících rostlin (Dodd 2004).

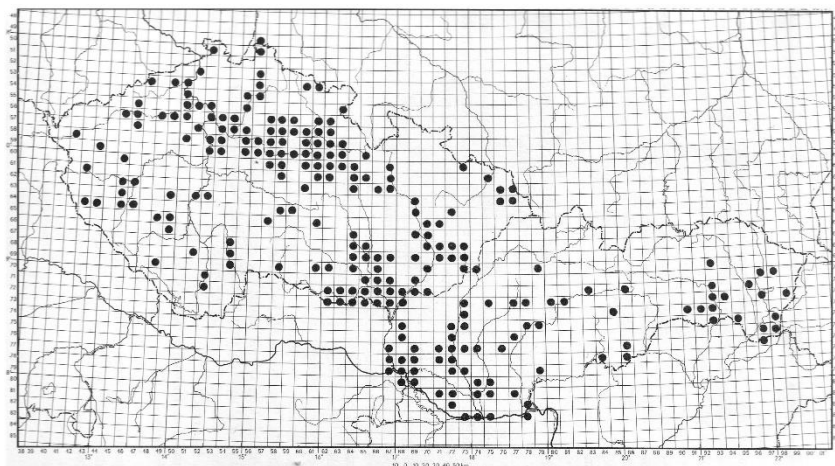
Ohledně výskytu bytlu v české republice se prozatím uplatňuje shovívavý pohled. Stav managementu ve formě tolerance uvádí Pergl et al. (2016). Tolerance se aplikuje v případě, že se druh v příměstských oblastech vyskytuje natolik, že je jeho eradikace nepraktická až nemožná. K zásahům by došlo při ohrožení chráněné nebo jinak významné lokality. Management by byl rovněž očekáván v rurálních oblastech, kde je potřeba prevence rozšiřování takových druhů. Bytel pak kolektiv autorů zařadil na šedý seznam. Tam se zahrnují druhy s jistým však omezeným environmentálním dopadem, taktéž s nahodilým až značným rozšířením.

3.3 Rozšíření v ČR

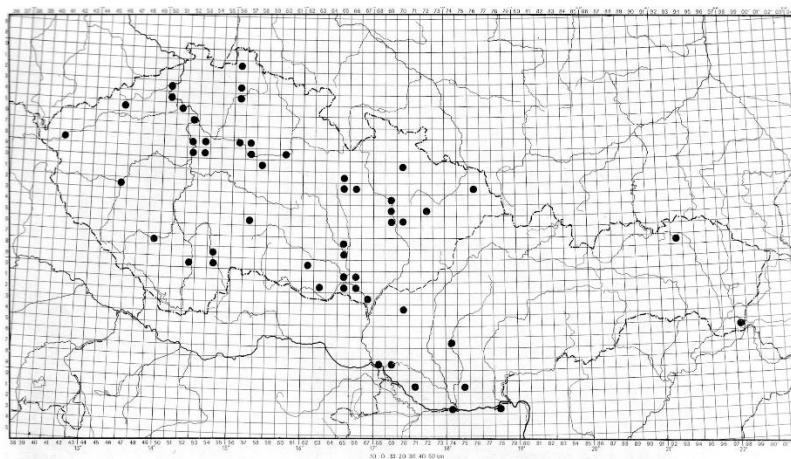
Nejstarší záznam výskytu druhu pochází již z roku 1819 (Pyšek et al. 2012a). Další doklad byl proveden sběrem - Hoffman z r. 1833. Nejstarší herbářový doklad z Moravy pochází z r. 1867, nález byl tehdy učiněn J. Freynem na hřbitově Drnholce v okrese Břeclav. Ekologické optimum druhu se rozkládá v teplé oblasti na jihu Moravy, nálezy jsou však prováděny i v severní polovině Čech. Do hornatějších poloh nezasahuje. Výškově spadá od planárního do kolinného stupně (Jehlík 1998).

Po druhé světové válce byly ve většině vyspělých států pozorovány změny ve společenstvech plevelů. Patrně se projevovalo ochuzování druhové bohatosti s tím, že postupně začaly převládat odolné, dominantní druhy. Aplikace herbicidů však nebyly jediným důvodem pro tyto změny, je potřeba zahrnout i komplexní změnu agrotechniky. Změnil se přístup k zastoupení plodin na orné půdě. Osevní plány i technologické postupy zpracování zemědělských produktů prošly vývojem (Jehlík 1998). Rezistentní forma byla na území České republiky zjištěna v roce 1996 (Slavíková a Mikulka 2009).

Dodnes má důležitý vliv pro šíření adventivních rostlin po České a Slovenské republice také železniční doprava. Hlavní význam mají transporty zahraničního konzumního i krmného obilí a olejnin. Důvodem pro vhodnost šíření cizích expanzivních plevelů podél železničních tratí a překladišť je vysoká hustota tratí na území zmíněných států (Jehlík 1998).



Mapa 3: Rozšíření bytely na našem území, *Bassia scoparia* subsp. *scoparia*. (Jehlík 1998)



Mapa 4: Rozšíření bytely na našem území, *Bassia scoparia* subsp. *densiflora*. (Jehlík 1998)

3.3.1 Původní areál

V České republice zastoupený druh *Bassia scoparia* subsp. *scoparia* je klasifikován jako běžně rozšířený poddruh pěstovaný v minulosti. Na většině území zdomácněl a subsp. *densiflora* jakožto původní středoasijský taxon byl zavlékaný do oblasti střední Evropy až ve 20. století. Tato subspecie se vyskytuje roztroušeně a spíše vzácněji. Primární areál se podle Jehlíka (1998) pravděpodobně rozpíná od jihovýchodní Evropy přes jižní část území bývalého SSSR, Střední Asii a Sibiř po Dálný východ, dále také i v Malé Asii, Íránu, Pákistánu, Indii, Mongolsku, Číně, na Tchaj-wanu a v Japonsku. Roste v sadech, zahradách, často je bytel pozorován na rumištních místech. Upřednostňuje teplá suchá místa ruderálních stanovišť. Původní oblast dokládá i (Slavíková a Mikulka 2009). Podle této publikace sahá od jihovýchodní Evropy přes jižní část bývalého SSSR až po Japonsko.

3.3.2 Sekundární areál

Zavlečený bytel zdomácněl v jižní a střední Evropě. Přechodně se vyskytuje taktéž v severnějších částech Evropy, dále i v severní a jižní Africe, v Severní a Jižní Americe, v Austrálii a na Novém Zélandě. Rostlina se pěstovala na zahrádkách, na záhonech, v parcích, na hřbitovech, a to většinou v pyramidální odrůdě var. *trichophylla*, která též často zplaňuje. Kromě toho je druh ještě stále zavlékán železniční dopravou, spolu s obilím, olejinami, osivem, v minulosti i lodním balastem apod., často ze zámoří, kam byl kdysi zavlečen. Vzácnější a mnohem později zavlečená subsp. *densiflora* je známa v Evropě s jistotou z Belgie, České republiky, Dánska, Francie, Litvy, Německa, Nizozemí, Polska, Rakouska, Slovenska i Velké Británie. Tato subspecie vystupuje zpravidla na typických stanovištích adventivních rostlin, jako jsou železniční nádraží, přístavy, dvory továren na zpracování olejin, okolí sil a mlýnů apod. Poddruh byl zavlékán pravidelně s transporty z území bývalého SSSR (Jehlík 1998).

Do ameriky se bytel zavlekl již v polovině 18. století jako okrasná rostlina při tehdejší imigraci. Tato širokolistá bylina původem z eurázie se někdy označuje i jako rod *Bassia*, není zde však slušný důvod pro tuto klasifikaci. Tento plevel roste běžně v rudéralech semiaridních až aridních oblastí Severní ameriky. Roste na pustých místech, neplodných pozemcích a příležitostně jako plevel na polích. Jeho expanze zasáhla v posledních 30 letech i severně do Kanadských préríí (Friesen et al. 2009).

3.3.3 *Bassia* a charakteristiky ruderálního stanoviště

Jako ruderální vegetace se označuje takové společenstvo, které spontánně zabírá obnažené, mechanicky narušované půdy různých antropogenních stanovišť. Patří sem úhory, okolí stavení, železniční násypy, silniční okraje, skládky odpadů (Kopecký a Hejný 1992) či nevyužitá plocha průmyslových i zemědělských závodů (Pyšek et al. 2002b). Ukazuje se, že spontánní sukcese na těchto stanovištích zajišťuje rychlejší pokrytí obnaženého substrátu než umělé výsevy a výsadby ekologicky méně přizpůsobivých druhů. Významu ruderální vegetace byla donedávna věnována malá pozornost. Důležité je zmínit opomíjené pozitivní funkce takové vegetace, jako je hospodářská a hygienická funkce. Ruderální společenstva jsou přirozenou složkou naší zemědělsko-průmyslové krajiny. Významnou mírou vytváří rekultivační podmínky stanoviště, zabraňují větrné a vodní erozi. Udržení mikroklimatu bylinného patra nebo asanační schopnost jsou další důležité funkce takových porostů. Za použití deduktivní metody syntaxonomické klasifikace bylo možno podat mnohem úplnější výčet typů ruderálních fytoocenóz vyskytujících se na našem území. Společenstva ekologicky úzce specializovaných druhů dřívějších vesnických a městských ruderálních stanovišť ustupují. Na jejich místo se postupně dostávají společenstva složená z menšího počtu druhů, za to však se širokou cenologickou amplitudou. K cenózám osidlujícím obnažené násypové půdy patří především společenstva řádů *Sisymbrietalia* a *Onopordetalia acanthii*. Právě řádem *Sisymbrietalia* se bude práce zabývat v následujících řádcích.

Nejvýznamnější skupina je zařazena jako: Třída Chenopodietea, řád Sisymbrietalia, svaz Sisymbriion officinalis – identifikační skupina druhů: +*Atriplex nitens*, *Chenopodium album*, +*Chenopodium opulifolium*, +*Chenopodium strictum*, + *Lactuca serriola*, + *Sisymbrium loeselii*, a další význačné druhy nižších jednotek svazu. Jedná se o společenstva převážně jednoletých druhů s letním až pozdně letním vývojem. Zahajují sukcesi na převrstvených nebo nově vzniklých antropogenních půdách. Odvozené společenstvo *Kochia scoparia* – dominantou je *Bassia* (syn. *Kochia*) *scoparia* subsp. *densiflora*. Dominantní druh se lokálně šíří v porostech nižších jednotek svazu na xerothermních stanovištích kontinentálních oblastech. Jedná se o vznikající typ neofytocenózy. Mezernatá společenstva vyvíjející se na násypových půdách, od hlinitých půd po škváro-písčité substráty s příměsí mouru podél železničních tratí. Publikace zmiňuje společenstva železniční tratě a nádraží v Brně (Kopecký a Hejný 1992).



Obr. 15: Ruderál na Knížecí v létě 2020, dnes je téměř celý ruderál rozrušen stavenišťem. Vlastní foto

Existují seznamy vnější a vnitřní karantény. Do vnější karantény počítáme druhy, které se drží komunikací a nemají takové tendence vnikat na zemědělskou půdu. Stanoviště, která obývají, jsou plošně i početně velmi omezená, je však zřejmá tendence naturalizace s možnou expanzí (Jehlík 1998). Vnitřní karanténa je pojem, který zahrnuje cizí rostliny více rozšířené s jasným tlakem na domácí květenu. Tyto se prokazatelně šíří na obdělávanou půdu. Je pro ně charakteristický jasně expanzivní charakter. Do kategorie vnitřní karantény zařazuje Jehlík (1986) kromě druhu *Bassia scoparia* také: *Amaranthus albus*, *A. blitoides*, *A. powellii*, *Ambrosia artemisiifolia*, *Artemisia annua*, *Cannabis ruderalis*, *Setaria macrocarpa*. Pro tyto druhy je vyhraněna společná kategorie plevelů polních kultur s možností optimálního vývoje v okopaninách zejména v teplejších oblastech.

Jako další druhy vyskytující se pospolu lze jmenovat: *Conyza canadensis*, *A. artemisiifolia*, *Hordeum murinum*, *Bromus tectorum*, *Bassia scoparia*, *Lactuca serriola*, *Voila arvensis*, *Capsella bursa-pastoris*, *Crepis foetida subsp. rhoeadifolia* (Albertenst et al. 2016). Ruderální stanoviště s popsanou skladbou druhů zahrnují lemy i středové mezipásky silnic, náspy u železnic, rumišť, výsypky a další antropogenní stanoviště.



Obr. 16: *Bassia* spolu s *Conyza canadensis* u náspu železnice, Praha-Strašnice. Vlastní foto

Vliv invazních druhů rostlin na diverzitu původních společenstev souvisí s mírou jejich relativní dominance vzhledem k původním dominantním druhům, které se na lokalitě vyskytovaly před invazí. Charakter invadovaných společenstev však musí být rovněž brán v potaz při hodnocení environmentálních rizik spojených s invazí daného druhu (Hejda et al. 2009). Většina doposud studovaných druhů plevelů, se geneticky i fenotypem liší v porovnání s plodinami mezi které invadují. Opakovaně došlo k prokázání, že vysoká genetická diverzita je kritická při zajištění přežití rostliny v prostředí, kde se rychle mění podmínky (Van Boheemen 2019). Jak se předpokládá, klimatická změna dopomůže expanzi plevelných druhů jako je bytel. V tom případě je potřeba znát a umět aplikovat metody pro kontrolu takových druhů. Přesto přítomnost odolných mechanismů, jimiž se v současnosti bytel může bránit, stejně jako nedostatek nových použitelných herbicidů předkládají, že herbicidy samotné nebudou vhodnou dlouhodobou metodou pro kontrolu takového druhu (Dayan 2019).

K negativním charakteristikám ruderální vegetace kromě snižování výnosu kulturních plodin v případě zaplevelení, patří virová hostitelská potence. Četné druhy ruderálních stanovišť jsou hostiteli houbových a virových onemocnění kulturních rostlin. Více než 30 typů fytovirů mohou hostit druhy rodů *Atriplex* a *Chenopodium* z okruhu fytoocenóz svazu *Sisymbrium officinalis*. Jako nejčastější bývají zjišťovány virus mozaiky okurky, virus mozaiky tabáku, virus černé kroužkovitosti rajčete, virus mozaiky vojtěšky, nebo mozaika řepy. (Kopecký a Hejný 1992).

4 Metodika

V průběhu druhé poloviny vegetačního období bylo provedeno mapování výskytu bytlu metlatého na území hlavního města Prahy. U každého výskytu byly zaznamenány GPS souřadnice, datумы nálezu i fotografie zachycující stav lokality. V době zralosti byly odebrány nažky z mateřských rostlin. Předpokladem pro ověření hypotézy, že se bytel vyskytuje závisle na hlavních dopravních tazích, je provedení testu statistické závislosti ANOVA. Pro laboratorní testy klíčení byly nasbírány vzorky semen z lokalit: Kobylisy - Vychovatelna, Hloubětín, Holešovice zastávka, Kačerov. V rámci laboratorních testů klíčení byla posuzována délka primární dormance a rychlost klíčení nedormantních nažek pro otestování druhé hypotézy.

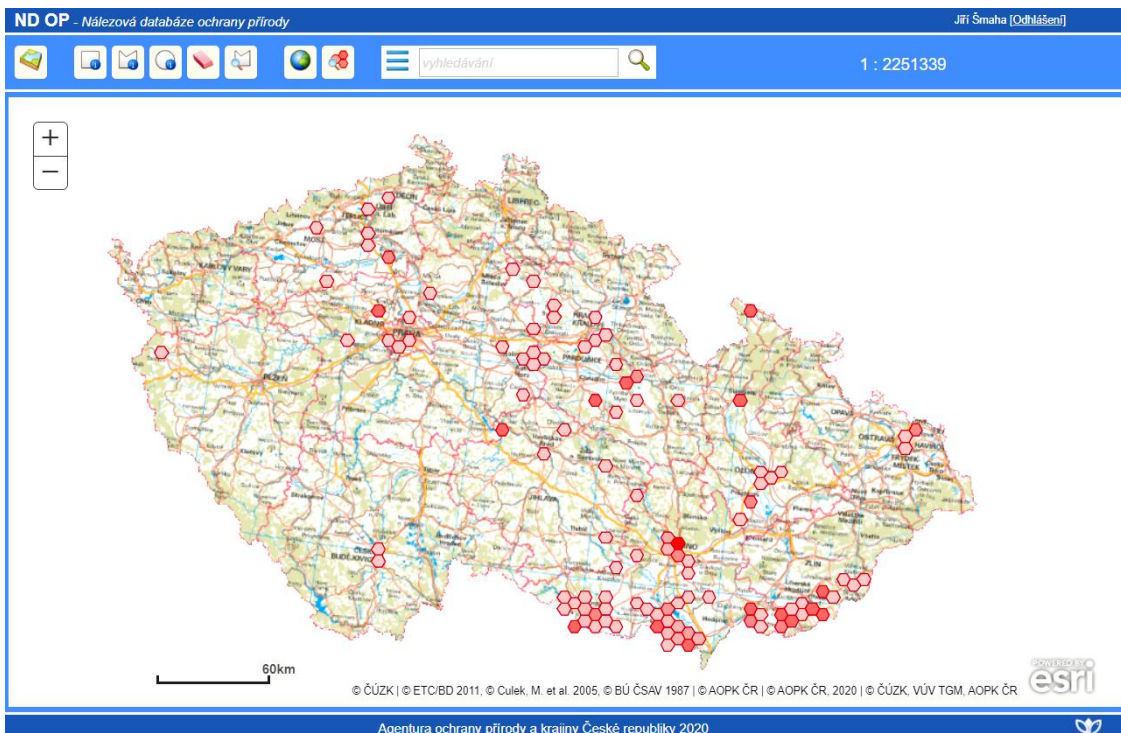
4.1 Monitoring bytlu metlatého

Při monitoringu byly procházeny různé lokality napříč Prahou. Inspirací byla data uvedená v publikacích (Jehlík 1998), výpomoc vedoucího práce, poznatky o místech výskytu v Brně podle databáze AOPK, a v neposlední řadě vstřícné postřehy Váženého pana Mgr. Jana Juřici, pracovníka pobočky AOPK v Brně. Zajímavou možností pro předmapování lokalit na území hlavního města skýtalo využití snímků 3D Google views. V 3D pohledu byla zachycena příhodná místa u silnice v různých letech i obdobích, někdy i s fotografiemi populace bytlu. Toto bylo velmi nápomocné pro předmapování lokalit a určení vhodných míst pro ověření výskytu. Pokud to bylo možné, byly využívány i přejezdy autem hlavními tahy či cestování vlakem. Nejasné nálezy se posléze ověřovali pěšími pochůzkami. Nápomocný byl v některých případech rovněž dalekohled a fotoaparát s velkým rozpětím zoomu. V rámci monitoringu došlo ke zmapování železničních i autobusových nádraží s přílehlými ruderály.

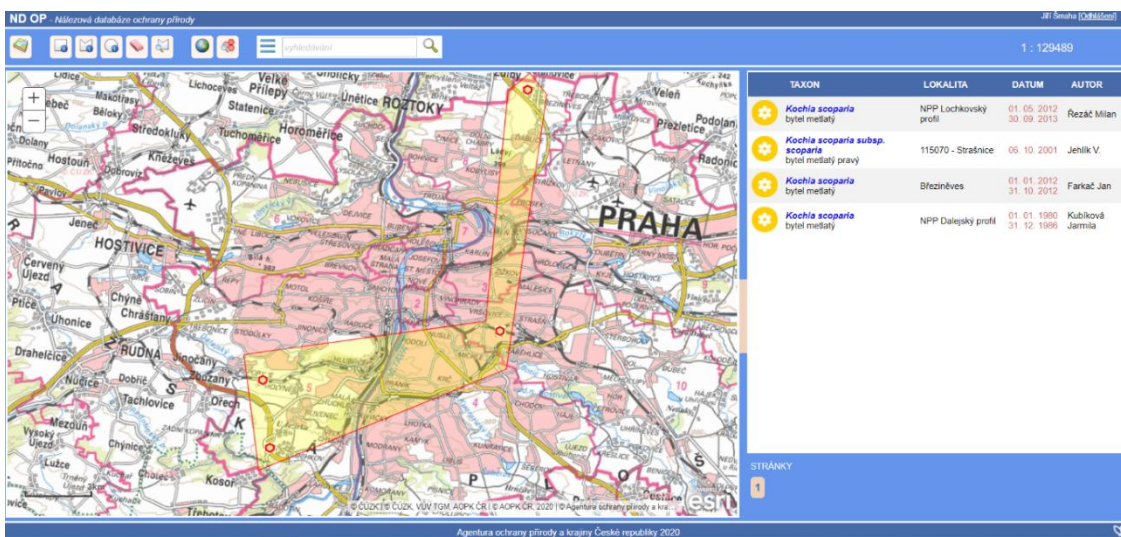
K monitoringu docházelo již od 5.8. Stejný den byla provedena i návštěva Brna z důvodu rozšíření přehledu o biologii bytlu, také z důvodu průzkumu upřednostňovaných lokalit lépe zmapovaného Brna. Cenná podkladová data a tipy pro začátek monitoringu vstřícně poskytl zmíněný Mgr. Jan Juřica z regionální pobočky AOPK. Na základě nabitých zkušeností další průběh hlavních průzkumů v Praze probíhal efektivněji.

4.1.1 Popis lokalit s potvrzeným výskytem

Jako hlavní předpokládané lokality se braly v úvahu mezipásy hlavních tahů silnic, boční ruderální násypy silnic, zdi podél komunikací, železniční překladiště a jejich přílehlé ruderály. Tip z dat AOPK, ruderál blízko orné půdy v Březiněvsi měl potenciál pro uvedení příkladu zásahu bytlu na ornou půdu. Z hlavního města totiž vede tah přímo blízko zmíněné Březiněvsi, tak bylo velmi vhodné lokalitu navštívit a nález z roku 2012 ověřit. Pro představu o zmapování bytlu v kompetenci AOPK ČR je níže uvedena mapa rozšíření nálezů na území státu.



Mapa 5: Nálezy bytlu registrované v databázi agentury (AOPK 2020)

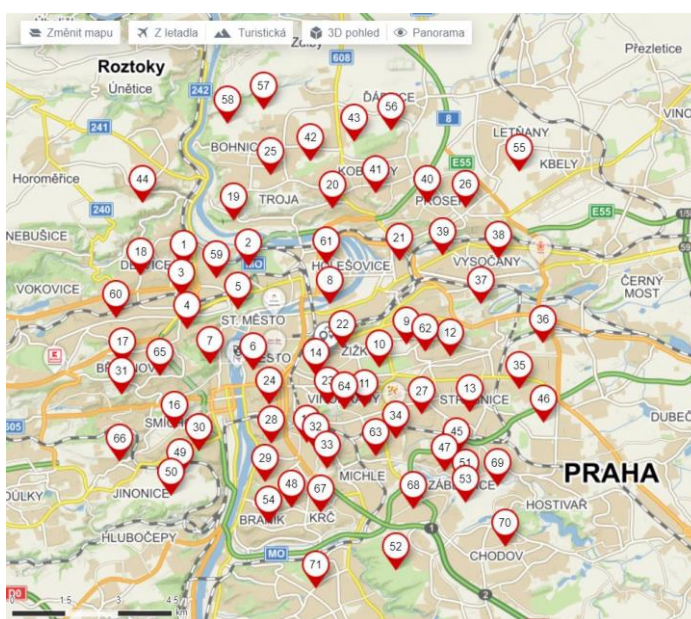


Mapa 6: Nálezy AOPK v Praze, před započítáním monitoringu

Z nálezů uvedených v tehdejší databázi AOPK byly prozkoumány relevantní lokality: Březiněves (severně); staré překladiště Strašnice. Strašnice jsou uvedeny i v publikaci Jehlík (1998), proto zde bylo vhodné výskyt ověřit. Lokalita v Březiněvsi mohla poskytnout cenná data ohledně šíření bytlu do plodiny. Tato lokalita je totiž rozsáhlý ruderál mezi novou výstavbou a ornou plochou, blízko silničního tahu vedoucího z Letňan.

4.1.2 Stanovení závislosti výskytu bytlu na přítomnosti komunikace

Pro toto stanovení byly nálezy bytlu i vytvořené náhodné body srovnávány podle vzdálenosti ke komunikacím. Pro srovnání v rámci analýzy se zvolil stejný počet náhodně rozmístěných bodů po území Prahy. Pro umístění náhodných bodů byl použit mapový portál Mapy.cz. Manuálně pomocí funkce měření vzdálenosti se naměřily vzdálenosti náhodného bodu k nejbližší silnici 1. či 2. třídy a k železniční trati. Stejný postup byl proveden pro soubor míst s nálezem bytlu. Po zapsání vzdáleností vznikla Excell tabulka, která posloužila jako základ pro statistickou analýzu rozptylu - Anova. Takto se mělo zjistit, zda-li existuje statisticky významná závislost mezi místem výskytu rostliny a přítomností dané komunikace.



Mapa 7: Zvolené náhodné body pro stanovení závislosti nálezů na komunikacích. Mapy.cz

4.2 Experiment klíčení

4.2.1 Sběr semen

K odběrům semen došlo 15.10. na čtyřech lokalitách, jmenovitě Kobylisy – zastávka tramvaje Vychovatelna; Hloubětín – křižovatka silnic Poděbradská a Průmyslová; Holešovice zastávka; Kačerov – protihluková stěna, jihozápadní napojení Jižní spojky se silnicí 5. května. K odběru posloužily zralé rostliny, semena byla z místa sebrána formou směšného vzorku z více mateřských rostlin. Sebráno bylo větší množství semen z každé lokality. Pro uchování vzorků z terénu byly použity uzavíratelné plastové sáčky s vloženým filtračním papírem proti zapaření. Tyto sáčky byly převáženy v zastíněné nádobě se stálou teplotou z důvodu udržení reprezentativnosti vzorků do laboratorních podmínek.

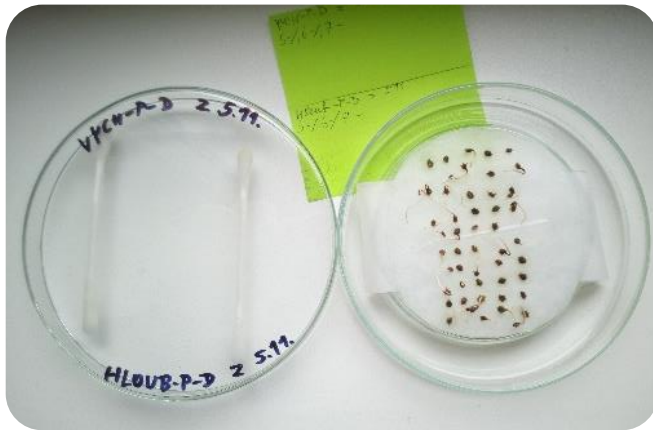
4.2.2 Vlastní pokus na stanovení primární dormance

Klíčení probíhalo formou pokusu s Petriho miskami v laboratorních podmínkách. Semena byla rozprostřena v Petriho misce na filtrační papír, zalita destilovanou vodou, ponechána na středním světle, za konstantní teploty přibližně 20°C. Sledované lokality z hlediska performance semen při klíčení jmenovitě: Vychovatelna, Hloubětín z., Holešovice, Kačerov. Semena každé lokality byla sázena po týdnu, ve 3 opakováních (A, B, C). Pokus byl pro každou lokalitu veden ve 4 týdnech. Každý týden tedy zahrnoval 25 semen na opakování. Pro první týden se založením 15.10., tedy bylo destilovanou vodou zalito 3 x 25 semen za jednu lokalitu. Termíny zakládání klíčení pro lokality odpovídaly datumům: 15.10., 22.10., 29.10., 05.11. Průběžné výsledky byly kontrolovány každý den ve 12 h. Výsledkem se stala tabulka Excell se všemi daty pro uvedené lokality. Počty vyklíčených semen byly následně převedeny na procenta, a z opakování A, B, C byl vypočten aritmetický průměr, aby mohla být použita jedna hodnota pro každý den od založení na lokalitu.

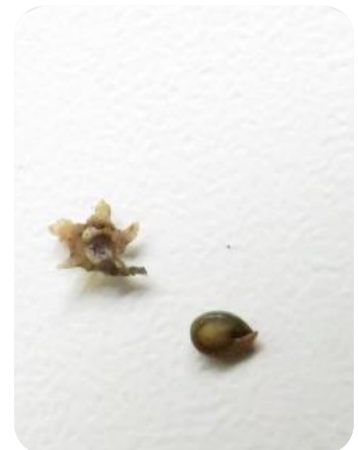
vzorek	týden	opakování	založeno	vzorek	týden	opakování	založeno
Vychovatelna	1. týden	A	15.10.	Holešovice z.	1. týden	A	15.10.
		B	15.10.			B	15.10.
		C	15.10.			C	15.10.
	2. týden	A	22.10.		2. týden	A	22.10.
		B	22.10.			B	22.10.
		C	22.10.			C	22.10.
	3. týden	A	29.10.		3. týden	A	29.10.
		B	29.10.			B	29.10.
		C	29.10.			C	29.10.
	4. týden	A	05.11.		4. týden	A	05.11.
		B	05.11.			B	05.11.
		C	05.11.			C	05.11.
Hloubětín	1. týden	A	15.10.	Kačerov	1. týden	A	15.10.
		B	15.10.			B	15.10.
		C	15.10.			C	15.10.
	2. týden	A	22.10.		2. týden	A	22.10.
		B	22.10.			B	22.10.
		C	22.10.			C	22.10.
	3. týden	A	29.10.		3. týden	A	29.10.
		B	29.10.			B	29.10.
		C	29.10.			C	29.10.
	4. týden	A	05.11.		4. týden	A	05.11.
		B	05.11.			B	05.11.
		C	05.11.			C	05.11.

Tabulka 2: Přehled založení opakování pro vzorky lokalit zakládáných po týdnu

Většina klíčení proběhla v rámci měsíce. Následně se čekalo několik týdnů na doklíčení. Pokus byl ukončen po dalších 15 dnech od posledního vyklíčeného semene. Doba vhodná k ukončení pokusu se stanovila také na základě výsledků dalších pokusů na primární dormanci, také podle poznatků Beckie et al. (2018). Podle těchto autorů nebyla po 19 dnech od založení klíčení zaznamenána relevantní data.



Obr 17, 18: Klíčení v Petriho miskách s filtračním papírem a destilovanou vodou. Vlastní fotografie



Obr 19, 20, 21: Propukání celé klíčící rostlinky skrze obaly nažky. Vlastní fotografie

4.3 Statistické metody

V rámci práce se shromážděná data vypisovala do tabulek v Excelu. Tabulky shrnující klíčení a tabulky naměřených vzdáleností nálezů i náhodných bodů od komunikací byly nadále statisticky vyhodnocovány. Pro tabulky byly stanoveny popisné statistiky. Pro výpočet statistické závislosti vzdálenosti nálezů od komunikace i pro výpočet průkazu krátké primární dormance výsledků klíčení se využily testy rozptylu (jednofaktorová ANOVA). V rámci detailnějšího post-hoc testování (Tukeyovy testy) byly stanovovány průkazné rozdíly. Nulové hypotézy pro testy: Bytel nevykazuje závislost svého výskytu na dopravních tazích; z počátku od založení vzorku semen bytel nevykazuje průkazně horší klíčení (primární dormanci). Pro testování byl využit software Statistica 12.

5 Výsledky

5.1 Výsledky monitoringu

5.1.1 Nálezy z lokalit

Z důvodu získávání informací pro efektivnější monitoring se 05. 08. 2020 provedla návštěva lépe zmapovaného Brna. Zde na prozkoumaných lokalitách tou dobou již rostly velmi statné populace oproti soudobým průzkumům v Praze.

Při předmapování lokalit za využití snímků 3D Google views byly v některých případech ze snímku přímo patrné populace bytely. Toto bylo velmi nápomocné pro určení vhodných míst pro ověření výskytu. Nejen snímky 3D views, ale i opakované návštěvy lokalit odhalily vývoj lokalit, kdy se v průběhu sezóny v pásech u silnice aplikovalo vysekávání nebo aplikace herbicidů. Z toho vyplývá, že pro monitoring tohoto druhu je klíčové navštěvovat lokality vícekrát, nejlépe i ve více letech.

Provedením monitoringu vznikl seznam lokalit s GPS a fotkami. Monitoring probíhal v období od srpna do listopadu. Potvrzený výskyt bytely až na 71 lokalitách. Místy se zápis nálezu zdal sporný, jelikož nebylo jasné, jestli jde o navazující část linie nebo samostatné místo. Dále se pak hodilo jako dva nebo tři nálezy označit dlouhou souvislou linií, aby došlo k vyznačení rozsahu dané linie. Tehdy byl takto označen střed a oba zřetelné konce dlouhého liniového výskytu. Ve větším měřítku mapy dochází k odhalení liniového spojení lokalit, kdy nálezy kopírují hlavní silniční tahy.



Obr. 22: Část hlavní linie Hloubětín, kompaktní pásy populace bytely.
Vlastní foto



Obr. 23: Šíření podél hrany mostu, využívání oslabeného přechodu holiny a zapojeného trávníku, Zenklova – Palmovka. Vlastní foto

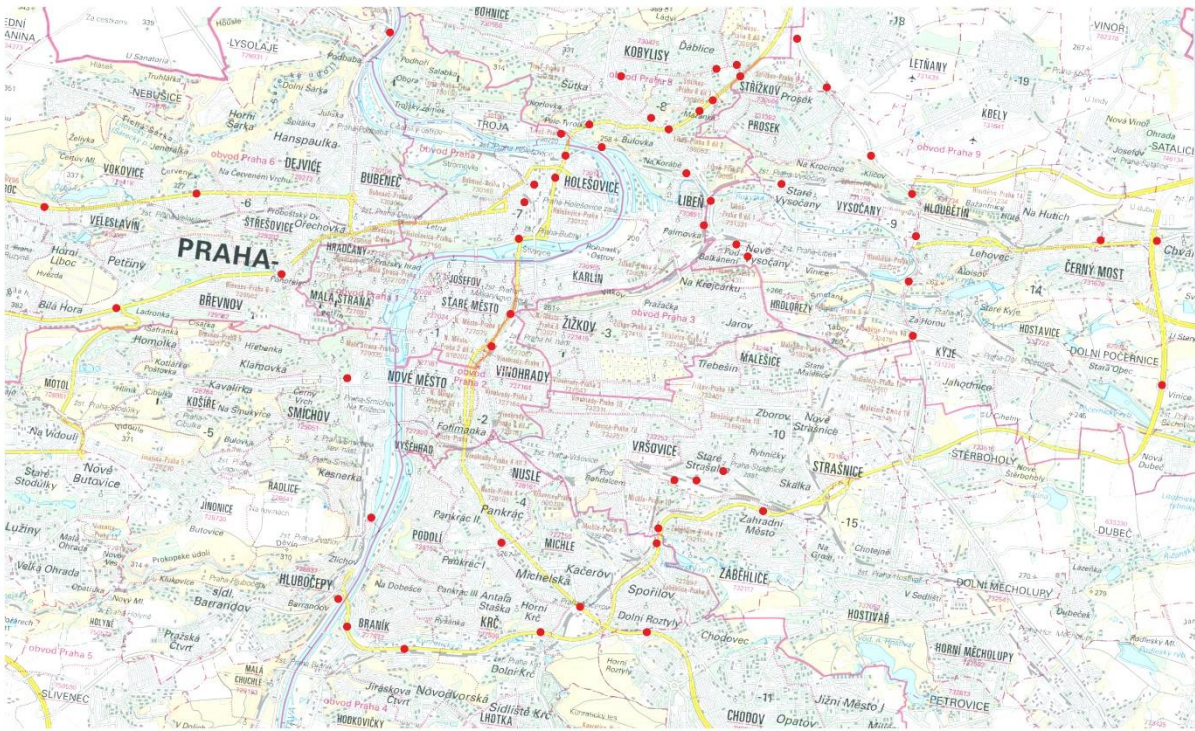
Po sepsání lokalit a odebrání vzorků semen v pozdější části sezony, došlo k vytvoření mapy výskytů. Na základě nasbíraných dat se jeví vhodné, bezúplatně doplnit stávající náleзовou databázi AOPK ČR o tato nová data rozšíření invazního druhu. Výsledkem byla mapa nálezů (Mapa 8), která se jeví jako vhodná pro použití v této práci. V příloze bude přiložena větší verze této mapy i seznam nálezů.

Zkušenosti z terénu naznačují, že kvůli vysekávání nebo ošetřování plevelů herbicidy poblíž silnic a železnic, je potřeba podezřelou lokalitu navštívit vícekrát. Na zdánlivě holém místě mohou v několika měsících vyrašit nové rostliny bytely. Rostlina se v průběhu let sama o sobě vyznačuje migrací a střídavým výskytem, může tedy docházet k nenalezení, i když v daném místě funguje semenná banka. Monitoring pro tuto jednoletou bylinu lze doporučit na delší dobu s více návštěvami.

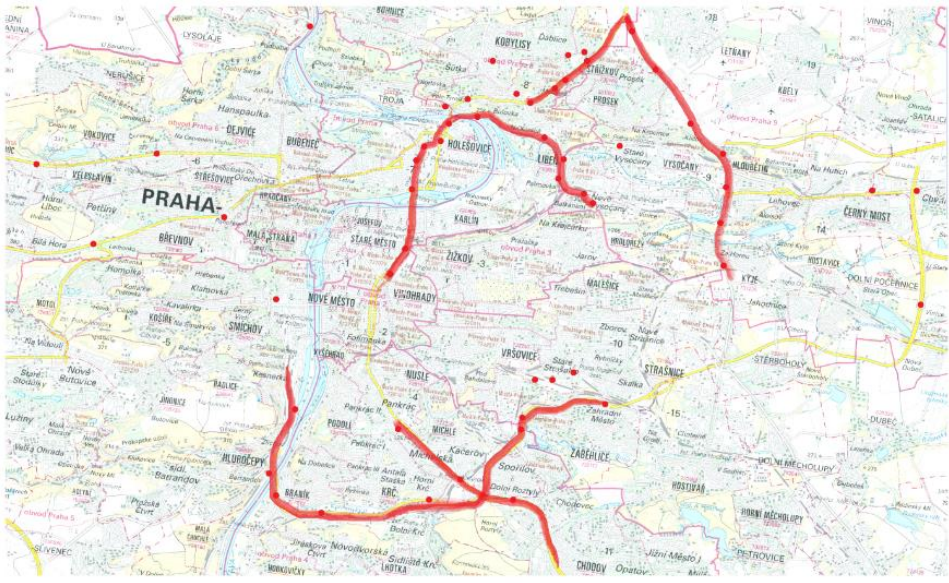
Habitus rostliny je opravdu rozmanitý, byly nalezeny různé formy. Podle lokality rostlina skutečně mění svou morfologii. Na rozvolněných místech byly nacházeny statné široké rostliny s pevnou lodyhou, v místech nahloučení více jedinců bytely rostliny rostly spíše do výšky. Podle hlavních pražských tahů rostly velmi podobné bytely, někdy kvůli sekání a stejnému vzcházení. Například u ulice Průmyslová v Hloubětíně, rostla téměř unitární populace. Předpokladem pro časnější a lepší růst rostlin v Brně může být teplejší klima či větší semenná banka.

Ve Strašnicích se nález ověřil, zde se populace bytely pravděpodobně drží dlouhodobě. Lokalita v Březiněvsi mohla poskytnout cenná data ohledně šíření bytely do plodiny. V sezóně 2020 byla v dotčené ploše vyseta pšenice a vyznačená lokalita byl rozlehlý rozbujelý ruderal nedaleko nové výstavby. Po několika návštěvách však nebyl nález z roku 2012 ověřen.

Jako pravěpodobné lokality pro další monitoring by bylo vhodné zmínit: Praha - svah Letná (Jehlík 1995); Březiněves u Prahy (AOPK); Praha Českomoravská - mezířasy silnic a tramvaje vedle železnice; Sokolovská – mezířasy a managementy staveniště z roku 2020; ulice Poděbradská - v bodě nad metrem Hloubětín; Rohanské nábřeží; Na knížecí (dnes již ruderal zrušen stavebními pracemi, v létě 2020 v ruderalu bez nálezů; vedle železničního nádraží Holešovice je rovněž ruderal bez nálezů, dnes stavba, při novém zarůstání by zde mohlo být zajímavé udělat soubor pionýrů, jestli bytel neprorazí ze semenné banky nebo větrem. Tyto navržené lokality byly taktéž monitorovány. Bytel zde sice nebyl nalezen, je zde však nějaká šance výskytu. Důvodem nenalezení pak bývala složitost lokality, termíny vysekávání mezířasů, zrušení semenné banky v důsledku dlouhé doby od posledního nálezů či chybná externí ústní sdělení, že se zde druh vyskytoval.



Mapa 8: Vlastní nálezy rozšíření bytelu po provedení monitoringu. Mapa AOPK ČR



Mapa 9: Z umístění nálezů na mapě lze již okem pozorovat liniový výskyt a nějakou závislost na hlavních dopravních tazích Pražského okruhu. AOPK ČR, upraveno

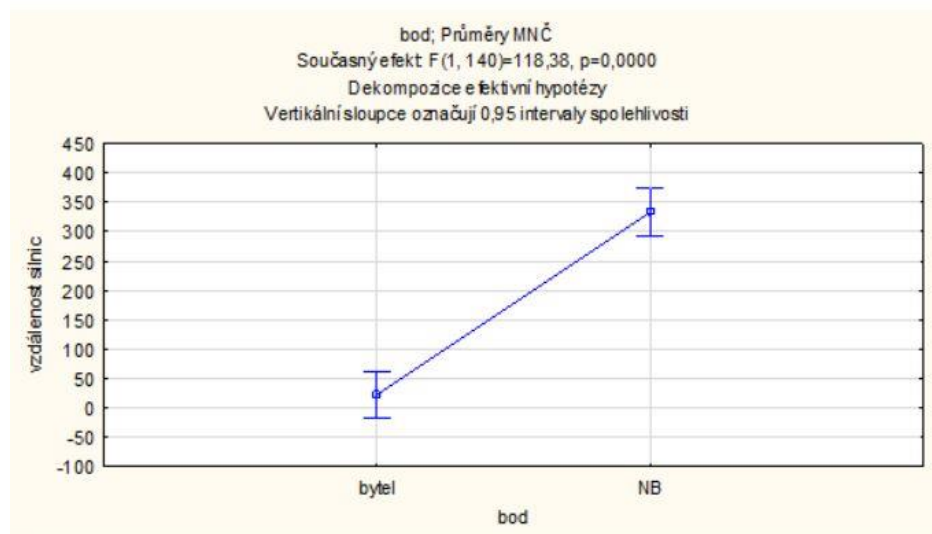
5.1.2 Stanovení závislosti na dopravních tazích

Pro výpočty závislostí posloužila Excell tabulka s výčtem 71 nálezů bytlu a 71 náhodnými body. Ke každé sadě dat byly určeny nejbližší vzdálenosti od silnic 1. nebo 2. třídy a od železniční trati. Na základě této tabulky byla data uspořádána pro analýzu rozptylu. Jelikož se jednalo o jedinný faktor – vzdálenost, vhodným statistickým úkonem byla určena jednofaktorová Anova. Za pomoci programu Statistica 12 se vypočetly jednorozměrné testy významnosti pro vzdálenost nálezu i náhodného bodu od silnic. Tabulky popisných statistik, tabulky Tukeyova testu významnosti, tabulky Tukeyova testu prokazatelné odlišnosti dat jsou pro silnice i železnice jsou uvedeny v přílohách. Z níže uvedených grafů č. 1, 2 lze pozorovat rozdíl v průměrech dat vzdáleností.

Při ověření závislosti nálezu bytlu na přítomnosti silnice bylo zjištěno následující: nálezy bytlu se (s průměrnou vzdáleností 22,9 m) průměrem statisticky liší oproti vzdálenostem náhodných bodů (s průměrnou vzdáleností 333,4 m). Na základě parametru $p = 0,000009$, který je menší než hladina významnosti ($\alpha 0,05$) lze vyloučit nulovou hypotézu a potvrdit platnost alternativní. Alternativní hypotéza: Bytel je svým výskytem v Praze závislý na silničních tazích 1. a 2. třídy.

Jednorozměrné testy významnosti pro vzdálenost silnic (List1 v ANOVA silnice lepsi) Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy					
Efekt	SC	Stupně volnosti	PC	F	p
Abs. člen	4508745	1	4508745	155,9620	0,00
bod	3422409	1	3422409	118,3845	0,00
Chyba	4047295	140	28909		

Tab. 3: Analýza ANOVA pro vzdálenost silnic



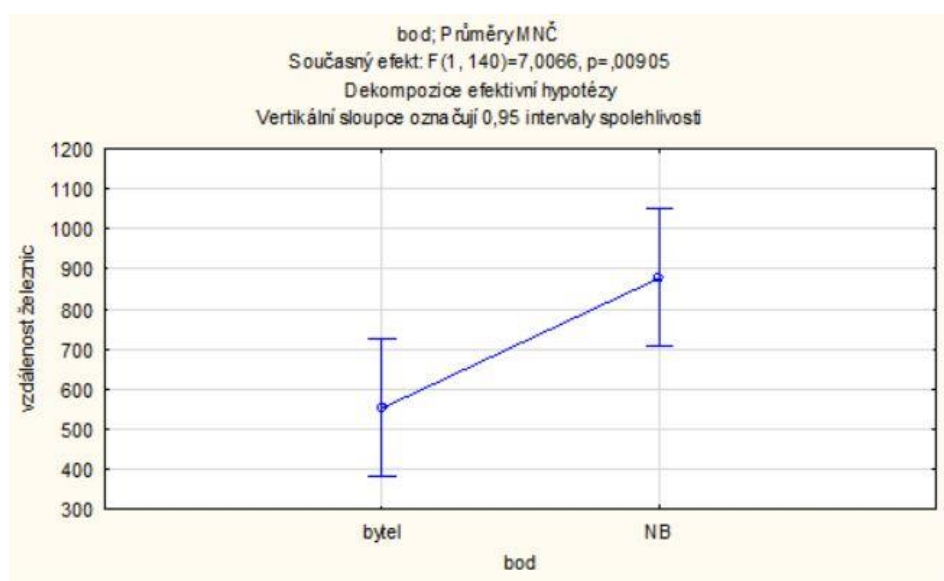
Graf 1: Rozdíly v datech vzdáleností silnic pro bytel a náhodné body
Stejný postup byl použit i pro stanovení závislosti u železnic.

Při ověření závislosti nálezů bytů na přítomnosti železnice bylo zjištěno následující: nález bytu se (s průměrnou vzdáleností 552,4 m) průměrem statisticky liší oproti vzdálenostem náhodných bodů (s průměrnou vzdáleností 877,4 m). Na základě parametru $p = 0,009052$, který je menší než hladina významnosti ($\alpha 0,05$) lze vyloučit nulovou hypotézu a potvrdit platnost alternativní. Alternativní hypotéza: Bytel je svým výskytem v Praze závislý na železnicích.

Z hlediska rozdílu v parametru závislosti lze tvrdit, že významnější závislost nálezů byla stanovena u silnic. Toto potvrzují zmíněné výsledky z terénu.

Jednorozměrné testy významnosti pro vzdálenost železnic (List1 v ANOVA železnice lepší) Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy					
Efekt	SC	Stupně volnosti	PC	F	p
Abs. člen	72581081	1	72581081	135,6232	0,000000
bod	3749688	1	3749688	7,0066	0,009052
Chyba	74923387	140	535167		

Tab 4: Analýza ANOVA pro vzdálenost železnic



Graf 2: Rozdíly v datech vzdáleností železnic pro bytel a náhodné body

Pro představu o podobě souboru dat se vzdálenostmi slouží níže uvedená tabulka č. 5. Z celkových 71 použitých dat byla předvedena pouze část pro nepraktičnost celkového souboru. Výsledné tabulky statistiky Anova pro důkaz závislosti výskytu bytely na dopravních tazích jsou přiřazeny v přílohách.

Bytel	Vzdálenost (m) k silnici 1/2. třídy	Vzdálenost (m) k železnici	Náhodný bod	Vzdálenost (m) k silnici 1/2. třídy	Vzdálenost (m) k železnici
1	5	1320	1	310	783
2	4	35	2	325	268
3	3	8	3	243	32
4	1	129	4	418	754
5	1	188	5	150	436
6	1	43	6	227	1093
7	1	20	7	694	1714
8	1	16	8	196	470
9	1	44	9	530	34
10	1	927	10	184	651
11	1	46	11	240	582
12	1	74	12	160	1420
13	1	59	13	331	689
14	171	108	14	78	570
15	2	281	15	124	596
<i>pokračuje</i>	<i>pokračuje</i>	<i>pokračuje</i>	<i>pokračuje</i>	<i>pokračuje</i>	<i>pokračuje</i>
průměr	23	552	průměr	333	877
medián	1	217	medián	331	701
modus	1	1	modus	240	1093
min	1	1	min	2	27
max	551	3987	max	1015	2983

Tabulka 5: Úryvek z tabulky vzdáleností pro představu o podobě dat

5.2 Výsledky klíčení

5.2.1 Zhodnocení sběru semen

Pro založení klíčného pokusu byl nejdříve stanoveno množství semen potřebných k provedení experimentu. Pro získání vypovídajících vzorků byly zvoleny již jmenované lokality – Vychovatelna, Hloubětín, Holešovice, Kačerov. Po opakovaných návštěvách byl vytipován vhodný termín pro zachycení dobrého stavu zralosti na všech lokalitách. Ke konci sezony, dne 15. 10. 2020 byly tato místa navštívena za účelem odběru reprezentativních vzorků. Přibližně bylo odebráno 500 ks semen z každé lokality, celkem 2 000 ks. Z takto připravených skupin vzorků se následně použilo 4x 300 ks semen pro klíčení každé jednotlivé lokality. Toto množství bylo potřebné pro klíčení 3 opakování základaných po týdnu v délce jednoho měsíce za každou lokalitu.

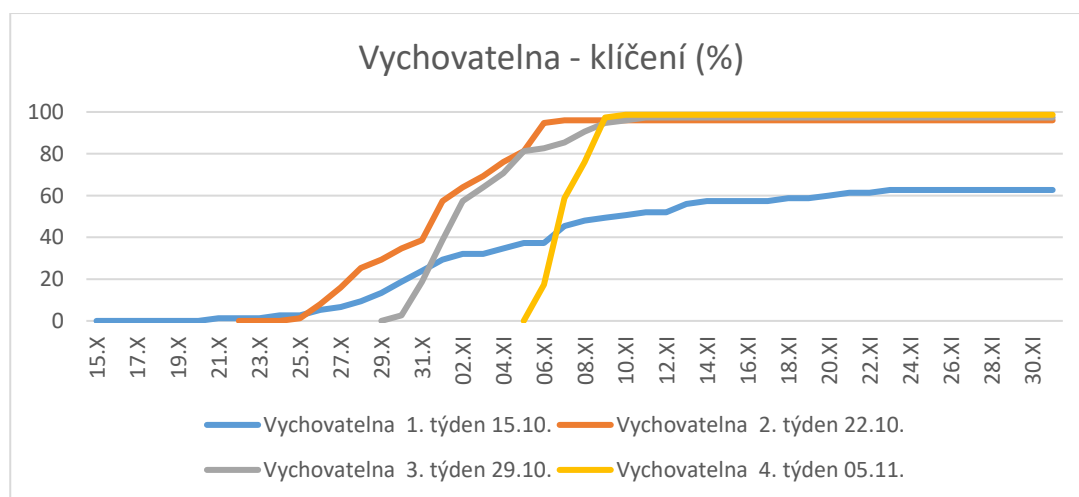
5.2.2 Výsledky samotného pokusu

Průběžným zapisováním vyklíčených semen vznikla tabulka Excell. Na základě porovnání výsledků po ukončení pokusu šlo sestavit grafy podávající přehled o průběhu klíčení. Pomocí binolupy a fotoaparátu se podařilo nafotit detail nažky při klíčení. Okvětí obalující nažku se ve vlhkosti lehce odlupuje, nažka ve vlhkosti rychle dosáhne vzhledu životaschopnosti. Nažka obsahuje víceméně hotovou klíčící rostlinku, rozdělenou na kořenovou a listovou část. Klíčení probíhá formou propuknutí obalů. V přirozené situaci se pak hotová klíčící rostlinka rychle usadí na zemi a je připravena pokračovat v klíčení.



Obr. 24: Detail semene v rámci jeho klíčení, pod binolupou. Vlastní foto

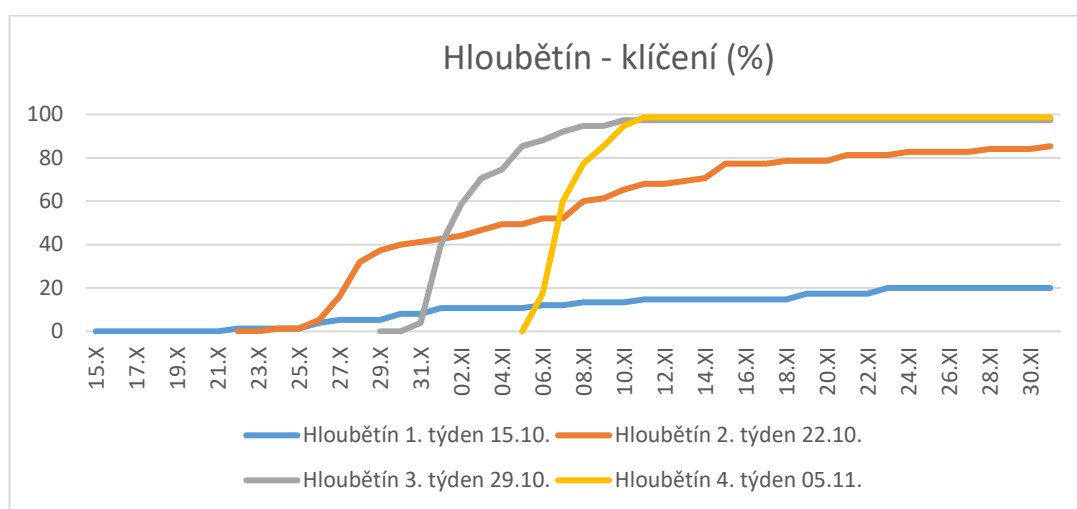
Následující grafy 3-8 popisují vývoj klíčení nažek bytlu odebraných z lokalit – Vychovatelna, Hloubětín, Holešovice zastávka, Kačerov. Grafy pro jednotlivé lokality jsou uvedeny zvlášť. Pomocí grafů lze sledovat procentický nárůst při klíčení nažek za každý den v průběhu pokusu.



Graf 3: Vývoj klíčení nažek bytlu z lokality Vychovatelna

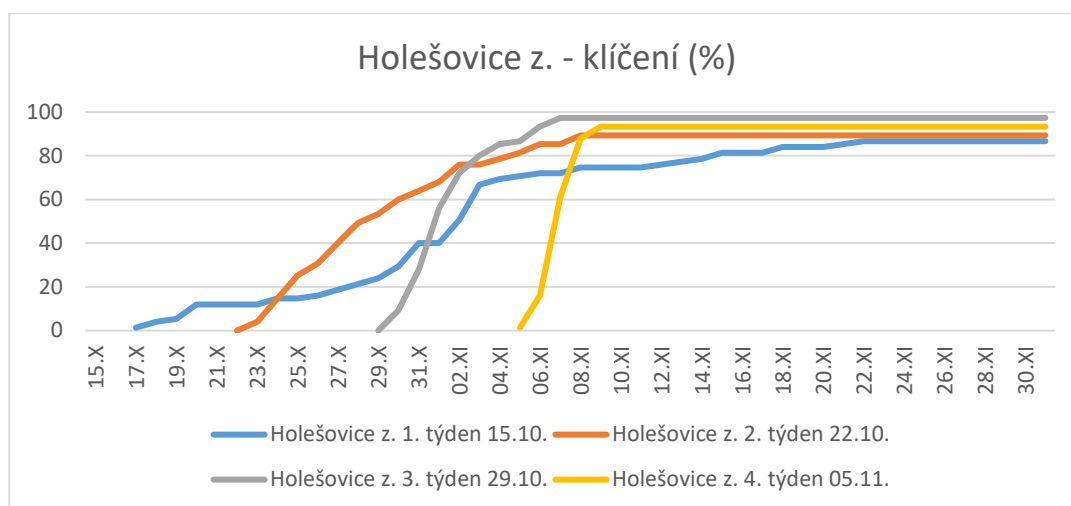
Průběh klíčení nažek odebraných z lokality Vychovatelna je uveden v Grafu 3. Na první pohled lze z tohoto grafu poznat, že nejpomalejší klíčení s nejnižším počtem vyklíčených nažek vykazují vzorky založené první týden, tedy od 15.10.

Klíčení tohoto vzorku trvalo 40 dní, vyklíčilo 62,7 % souboru nažek. Naopak nejvíce nažek s nejrychlejším průběhem vyklíčilo ve vzorku založeném ve čtvrtém týdnu. Klíčení tohoto vzorku trvalo 6 dní, s počtem 98,7 % nažek. U pozdějších vzorků došlo k postupnému zvyšování rychlosti i efektivity klíčení, protože přestávala fungovat primární dormance semen. U tohoto případu šlo sledovat ustávání primární dormance v průběhu druhého týdne. Vzorky vysázené ve druhém a třetím týdnu vykazovaly podobný trend grafu. Ve druhém případě vyklíčilo 96 % nažek za 17 dní, ve třetím 97,3 % nažek za 14 dní. Všechna semena z této lokality ukončila klíčení do 23.11.



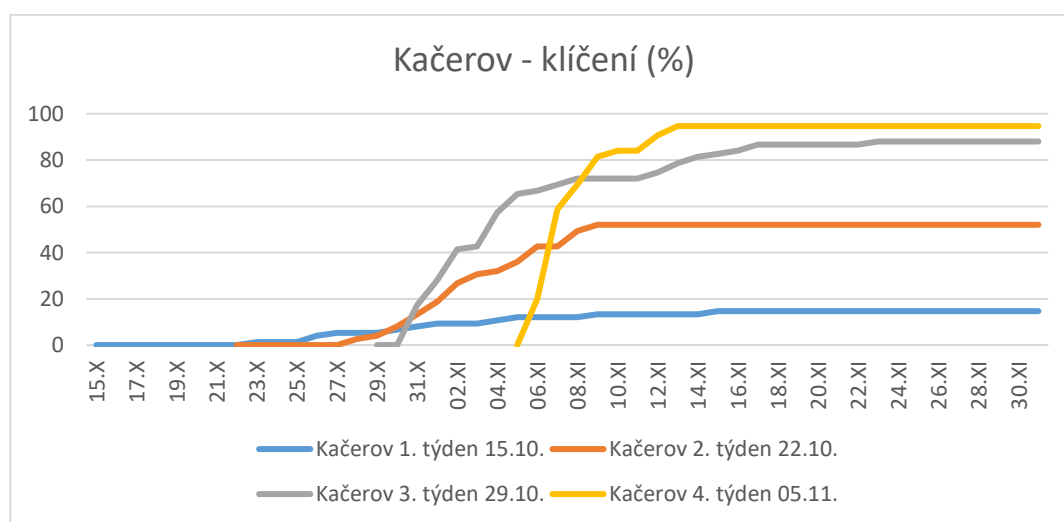
Graf 4: Vývoj klíčení nažek bytlu z lokality Hloubětín

V Grafu 4 je uvedený vývoj klíčení nažek z lokality Hloubětín. Klíčení s nejnižším počtem vyklíčených nažek vykazují vzorky založené první týden, tedy od 15.10. Tehdy vyklíčilo 20 % nažek za 40 dní. Naopak nejvíce nažek s nejrychlejším průběhem vyklíčilo ve vzorku založeném ve čtvrtém týdnu, což vycházelo na 98,7 % nažek za 7 dní. Vzorky vysázené ve druhém týdnu klíčily ze všech lokalit postupem nejpomaleji s počtem 85,3 % vyklíčených nažek za 41 dní. Na pomezí druhého a třetího týdne lze pozorovat ustávání primární dormance. Nažky od třetího týdne začaly podstatně rychleji klíčit. Ve třetím týdnu vykazoval vzorek s 97,3 % nažek za 13 dní, podobný trend jako vzorek ze čtvrtého týdne. Všechna semena z Hloubětína ukončila klíčení do 1.12.



Graf 5: Vývoj klíčení nažek bytlu z lokality Holešovice zastávka

Jako další byl uveden graf č. 5, který popisuje průběh klíčení nažek odebraných z lokality Holešovice zastávka. Nejpomalejší klíčení s nejmenším počtem vyklíčených nažek vykazují vzorky založené první týden, tedy od 15.10, kdy vyklíčilo za 39 dní 86,7 % nažek. Naopak nejvíce nažek (97,3 %) s průběhem (10 dní) vyklíčilo ve vzorku založeném ve třetím týdnu. Vzorky vysázené ve druhém týdnu klíčily rychlostí 89,3 % nažek za 18 dní. U opakování provedených ve čtvrtém týdnu došlo v průměru k nejrychlejšímu klíčení z lokalit (93,3 % za 5 dní). U vzorků může být opět sledován trend narůstání hodnoty klíčivosti v průběhu experimentu. Toto rovněž ukazuje na překonání primární dormance. Semena odebraná z této lokality ukončila klíčení do 22.11.



Graf 6: Vývoj klíčení nažek bytlu z lokality Kačerov

Pro vývoj klíčení nažek pocházejících z lokality Kačerov byl vytvořen Graf č. 6. Zde nejpomalejší klíčení s nejmenším počtem vyklíčených nažek nastalo u vzorků založených první týden – 14,7 % nažek za 32 dní, zároveň se jedná o nejnižší naklíčený počet nažek v poměru se všemi vzorky zkoumaných lokalit.

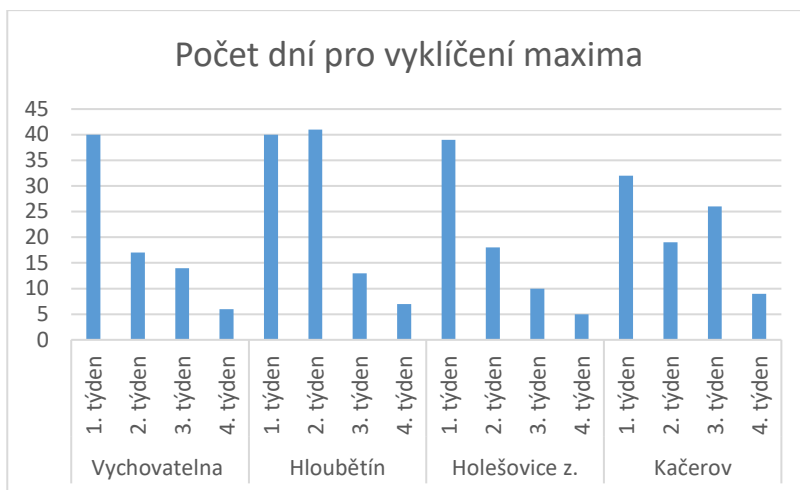
Nejvíce nažek s nejrychlejším průběhem (94,7 % nažek za 9 dní) vyklíčilo ve vzorku založeném ve čtvrtém týdnu. Vzorky vysázené ve druhém (52 %, 19 dní) a třetím (88 %, 26 dní) týdnu vykazovaly podobný trend grafu. Z výsledků tohoto grafu je patrné, že lepší průběh klíčení nastával až ke třetímu týdnu, oproti ostatním lokalitám byla tedy primární dormance překonána pozvolněji. Všechna semena z Kačerova ukončila klíčení do 23.11.

Uvedené grafy 3-6 poukazují na jistou podobnost. Klíčení nažek z těchto lokalit se shodovalo ve zrychlování tempa i efektivity klíčení postupem času. Podle křivek lze vypořadovat poměrně náhlou změnu v klíčení, čímž je překonání primárního dormantního stavu nových zralých semen. Výpočty následujících statistik poukazují na jevy pozorované v rámci klíčícího experimentu.

Nejnižší zaznamenaný procentický počet naklíčených nažek byl pozorován u vzorků z Kačerova, založených první týden (14,7 % nažek za 32 dní). Klíčení vzorků Vychovatelná a Hloubětín dosáhlo nejvyššího počtu vyklíčených nažek, a to shodných 98,7 % ve čtvrtém týdnu. V případě Vychovatelný trvalo dosáhnout maxima jen 6 dní, v případě Hloubětína 7. Vzorky Hloubětína založené ve druhém týdnu zase postupně klíčily ze všech lokalit nejpomaleji, s počtem 85,3 % vyklíčených nažek za 41 dní. U opakování provedených ve čtvrtém týdnu pro lokalitu Holešovice zastávka, došlo v průměru k nejrychlejšímu klíčení z lokalit - 93,3 % za 5 dní.

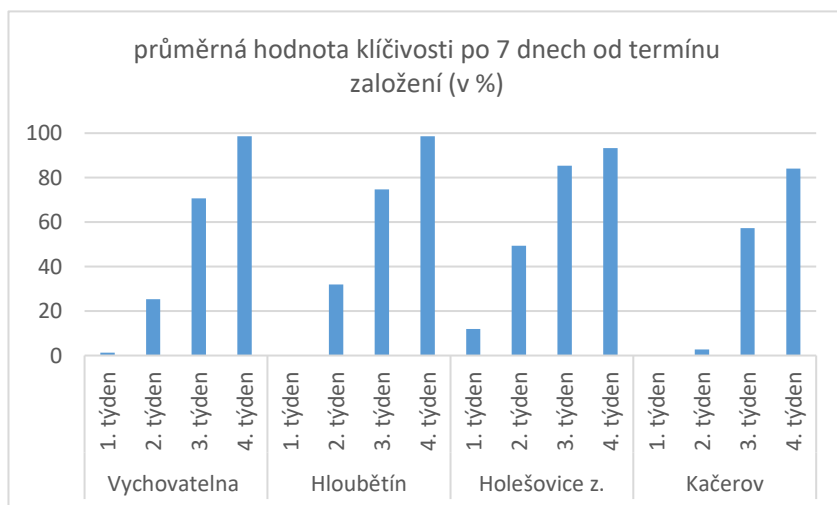
Souhrné statistiky pro všechny vzorky lokalit experimentu byly určeny následovně. Průměrně vyklíčilo 79,5 % nažek bytely za 21 dní. Medián celkového počtu vyklíčených semen v rámci experimentu stanovil 91,3 % vyklíčených semen.

K přiloženým grafům je v práci doložený také souhrný přehled následujících charakteristik a trendů týkajících se proběhlého pokusu. Grafy níže předkládají představu o počtu dní, za které došlo u jednotlivých vzorků k naklíčení jejich maximálního počtu i výčet průměrných hodnot procentického vyjádření ke klíčení za týden od založení vzorků nažek.



Graf 7: Počet uplynulých dní pro vyklíčení maximálního počtu nažek

Nejpomalejší klíčení s nejvyšším počtem uplynulých dní, probíhalo u vzorku z lokality Hloubětín, založeného druhý týden. Klíčení v tomto případě trvalo 41 dní. Nejkratší doba klíčení byla naopal registrována u vzorku z Holešovice zastávka, kdy nažky nasazené ve čtvrtém týdnu vyklíčily do maxima během 5 dní. Průměrná doba všech vzorků, za kterou by hypoteticky vyklíčila semena je stanovena jako 21 dní. Medián by v hypotetickém případě byl roven 17,5 dne.



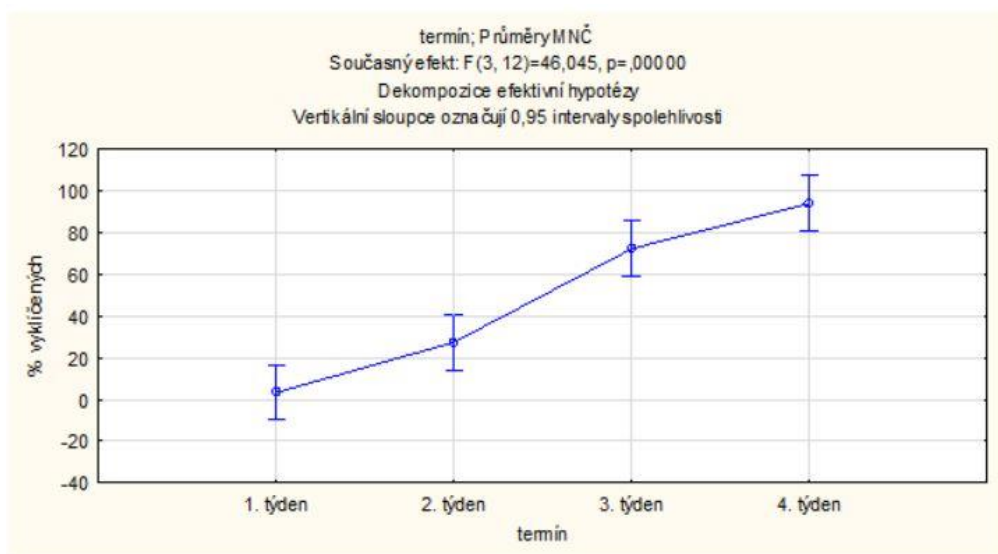
Graf 8: Průměrná hodnota vyklíčených nažek po týdnu od založení

Výše uvedený graf č. 8 představuje porovnání hodnot klíčivosti po 7 dnech od založení vzorků. Nejnížší klíčivost a to 0 % byl zjištěna u vzorků Hloubětín z 1. týdne; Kačerov rovněž z prvního týdne. Nejvyšší procentický počet – 98,7 % vyklíčených semen vykazují vzorky: Vychovatelna ze čtvrtého týdne; Hloubětín taktéž ze čtvrtého týdne po založení příslušných nažek. Průměrná klíčivost všech vzorků zkoumaných lokalit udává, že 49,1 % nažek by hypoteticky vyklíčilo týden po založení. Vezmeme-li v úvahu pouze první týden založení semene (tedy pouze vzorky založené 15.10.), průměrně vyklíčilo vlivem primární dormance pouze 3,3 % semen. Medián pro procentickou klíčivost v prvním týdnu od založení vychází 0,7 %.

Pro stanovení primární dormance byl proveden statistický test Anova, s odpovídajícími doplňujícími post-hoc Tukeyovými testy. Na základě testování lze zamítnout nulovou hypotézu a potvrdit alternativní – v rámci průběhu klíčení je stanovena prokazatelná odlišnost. Mezi průměry vývoje klíčení 1,2 a 3,4 týdne byl nalezen statisticky významný rozdíl. Vzhledem k porovnatelně menším hodnotám průměrů vyklíčených nažek 1. týdne (3,33 %) a 2. týdne (27,33 %) (které jsou však podle Tukeyova testu významnosti ve stejné skupině tříd s neprůkazným rozdílem hodnot průměrů), lze potvrdit statisticky významně nižší klíčení oproti skupině 3. a 4. týdne, kdy klíčení probíhalo podstatně rychleji. Toto je pravděpodobně způsobeno krátkou primární dormancí nažek, která po druhém týdnu přestane působit a klíčivost se následně významně zvýší.

Tukeyův HSD test; proměnná % vyklíčených (List1 v ANOVA3 primarka)					
Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy					
Chyba: meziskup. PČ = 147,07, sv = 12,000					
Č. buňky	termín	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1. týden	3,3333	27,333	72,000	93,667
2	2. týden	0,067034	0,067034	0,000209	0,000199
3	3. týden	0,000209	0,001239	0,001239	0,000215
4	4. týden	0,000199	0,000215	0,105832	0,105832

Tab. 6: Rozdíl v průměrech 1 a 2 týdne oproti 3 a 4 týdnu



Graf 9: Odlišnosti v průměrném počtu vyklíčených semen v průběhu experimentu

Tukeyův HSD test; proměnná % vyklíčených (List1 v ANOVA3 primarka)				
Homogenní skupiny, alfa = ,05000				
Chyba: meziskup. PČ = 147,07, sv = 12,000				
Č. buňky	termín	% vyklíčených Průměr	1	2
1	1. týden	3,33333	****	
2	2. týden	27,33333	****	
3	3. týden	72,00000		****
4	4. týden	93,66668		****

Tab. 7: Tukeyův test na odhalení výrazně se lišících se skupin dat

Závěrem lze uvést souhrnou tabulku č. 8, která slouží pro přehled o počtu dní stanovených pro vyklíčení daného procenta nažek. Zároveň je zde i předveden soubor dat procentického klíčení nažek po týdnu od založení příslušných opakování, jak již bylo předvedeno v grafu č. 8.

Lokalita	Týden založení	Dny celkem	Vyklíčilo %	% Klíčivost po 7 dnech
Vychovatelna	1. týden	40	62,7	1,3
	2. týden	17	96,0	25,3
	3. týden	14	97,3	70,7
	4. týden	6	98,7	98,7
Hloubětín	1. týden	40	20,0	0,0
	2. týden	41	85,3	32,0
	3. týden	13	97,3	74,7
	4. týden	7	98,7	98,7
Holešovice z.	1. týden	39	86,7	12,0
	2. týden	18	89,3	49,3
	3. týden	10	97,3	85,3
	4. týden	5	93,3	93,3
Kačerov	1. týden	32	14,7	0,0
	2. týden	19	52,0	2,7
	3. týden	26	88,0	57,3
	4. týden	9	94,7	84,0
	průměr celkem	21	79,5	49,1
	průměr 1. týdnů	-	-	3,3
	median	-	91,3	-
	median 1. týdnů	-	-	0,7

Tabulka č. 8: Souhrnný přehled počtu dní a procent vyklíčených nažek

6 Diskuze

6.1 Mapování

6.1.1 Nálezy a lokality

Při mapování bytely v Praze byl druh nacházen především v ruderálních pásech podél silnic. Autoři Mikulka (2015); Slavíková a Mikulka (2009); Lake (2003); Jehlík (1998) vyzdvihují právě souvislost nálezů s ruderály poblíž silničních komunikací i železničních tras. Prokazatelná závislost výskytu a dopravních tazích byla zřejmá z terénního mapování, je jasné patrná z mapy shrnující zjištěné výskyty a následně byla ověřena i statisticky. Příznivý pozorovaný souhrn podmínek výskytu cizích druhů pak poskytovala narušená místa s dostatkem živin a vody. Vhodná byla rovněž místa pod mosty, podél protihlukových stěn dálnic či podél výpustí dešťové vody. Zde mohl bytel jako invazivní druh lépe konkurovat než domácí zástupci flory Lake (2003). Vhodná doba pro monitoring v Praze se dá vymezit mezi srpnem a listopadem

Habitus rostlin je velmi proměnlivý, na rozvolněných místech rostly statné rostliny s pevnou lodyhou, v nahloučených místech se rostliny táhly spíše do výšky. Přizpůsobení morfortypu podle hustoty populace se shodovalo s tvrzením Weiner & Fishman (1994). Často byla pozorována jednoznačná dominance, což odpovídá tvrzení o schopnosti konkurence (Friesen et al. 2009). Předpokladem pro časnější a lepší růst rostlin pozorovaný při experimentální návštěvě v Brně, může být teplejší klima či větší semenná banka. Rovněž hraje jistou roli faktor umístění města, jelikož se Brno nachází ve směru panonské cesty, jejíž důležitou roli pro invazní možnosti popisují Jehlík a Hejný (1974).

Po opakovaných návštěvách pražských lokalit bylo patrné, že výskyt může být i skrytý v důsledku vysekávání porostů podél silnic nebo používání herbicidů. Rostliny časem znovu obrazí, a proto je potřeba lokalitu kontrolovat vícekrát. Obezřetnost a sledování lokalit se shoduje s tvrzením Dodd a Randall (2002), kteří uvádí sledování ploch po eradikaci v rámci programu z Austrálie, po dobu až 5 let.

Pro monitoring bytely se dá najít uplatnění i pro moderní sledovací technologie. Nejen nástroje dálkového průzkumu, ale dnes již i reflektanční kamery bezpilotních UAV letounů slouží jako účinná pomůcka při zajišťování bazálních dat (Nugent et al. 2018; Kumar et al. 2018; Reddy et al. 2014).

6.1.2 Závislost na dopravních tazích

Provedením uvedených statistických analýz vypracovaných dat byla zjištěna závislost na dopravních komunikacích. V rámci experimentu vyšla užší závislost výskytu bytlu blízko silnic oproti železničním trasám, které však mají rovněž prokazatelný význam pro šíření rostliny. Tvzení jsou také podložena na základě tabulek č. 3 a 4, a grafů 1 a 2. Výsledky statistického stanovení se shodují s tvrzením (Lake 2003).

Vyšší míru závislosti vykazovaly silnice 1 a 2 třídy. Význam dálnic pro šíření anemochorních invazních druhů napříč Evropou uvádí Mikulka (2015). Jako hlavní příklady je uvedena ambrózie peřenolistá a bytel metlatý. Tyto plevele v našich podmínkách již zdomácněly a jsou významným nebezpečím pro zemědělskou půdu. Závislost výskytu na přítomnosti železnice nebyla tak vysoká, byla však znatelně vyšší než u náhodných bodů. Železniční trasy dají na základě vyhodnocení taktéž označit jako důležité pro šíření bytlu na našem území.

Jursík et al. (2018) zdůrazňují spíše význam železnic pro šíření bytlu na území České republiky. To může být zapříčiněno tím, že se bytel pravděpodobně primárně dostane na území pomocí železnic odkud je potom sítí ruderalů u silnic rozšiřován sekundárně dále. Vlivem krátké životnosti semen, kterou uvádí Dodd a Randall (2002), pak mohlo dojít k oslabení populací blízko železničních kolejí a zároveň k udržování a posilování populací šířících se podél okolních silnic.

6.2 Klíčení

6.2.1 Sběr semen

Nažky byly sbírány k závěru sezony. K dozrávání nažek bytlu dochází různě v průběhu sezony (Friesen et al 2009). Období nejvyšší míry dozrávání nastává ovšem až na začátku podzimu (Mickelson et al. 2004). Proto byly vzorky semen odebrány 15.10. po předchozích obhůzkách kýžených lokalit, tedy po ověření zralosti. Semen bylo nasbíráno větší množství, protože bylo potřeba připravit vzorky postačující na 3 opakování zakládání znovu po týdnu v délce jednoho měsíce.

6.2.2 Samotný experiment klíčení

Experimentálně byla zjišťována délka primární dormance. Krátkou primární dormanci uvádí Beckie et al. (2018); Jehlík (1995); Zorner et al. (1984). Podle nich čerstvě sebraná semena bytlu metlatého převážně nevykazují vysoký stupeň počáteční dormance. Zralá semena bývají připravena klíčit, jakmile nastanou vhodné podmínky (Zorner et al., 1984).

V rámci vlastního metodického experimentu bylo klíčení nažek založených ve třetím a čtvrtém týdnu po sběru rychlejší, navíc trendem grafu navzájem podobné u vzorků Vychovatelna, Hloubětín a Holešovice. Toto je zřejmé z grafů č. 3-5. Výrazně pomalejší vývoj klíčení v prvních týdnech poukazuje na počáteční dormanci. Nažky bytlu metlatého v návaznosti na výsledky provedeného klíčícího pokusu vykazují jen krátkou primární dormanci a jejich klíčení nastává v krátké době. Jako další důkaz primární dormance, kdy docházelo k naprosto minimálnímu klíčení do 7 dní od úplně prvotního založení vzorků (tedy od 15.10., neboli v prvním týdnu), slouží výsledky grafu č. 8. V tomto případě klíčilo průměrně za všechny lokality pouze 3,3 % nažek. Graf č. 7 ukazuje pozvolnost a omezenost klíčení u prvních termínů založení podle vysokého počtu dní po které nažky klíčily.

Pokusy s klíčením semen bytlu byly provedeny v uvedených podmínkách po vzoru zkušeností autorů, kteří se stejnou problematikou již zabývali. Pro klíčící pokusy v Petriho miskách bylo určeno vhodné rozmezí teplot mezi 3,5 °C a 40 °C (Eberlein a Fore 1984). Nejvhodnější teplotu uvádí Jami Al-Ahmadi a Kafi (2007) jako 25 °C. Hlavní klíčení proběhlo do měsíce od založení pokusu. Následně probíhalo ještě 14 dní kontrolní měření, pro případ změny stavu, která však nenastala. Dobu vhodnou pro ukončení pokusu bylo vhodné odvodit podle postřehů Beckie et al. (2018).

Průměrné procento vyklíčených semen 79,5 % a medián lokalit 91,3 %, naznačují podobnost s tvrzením Jehlíka (1995). Tento autor uvádí, že v době zralosti bytlu bývá více než 90 % nažek fertálních.

7 Závěr

- Šíření bytlu na území Hlavního města Prahy shrnulo provedené mapování. Statistickým vyhodnocením byla stanovena závislost na dopravních tazích. Problém nastává, když se druh šíří i na zemědělskou ornou půdu. Potom snižuje výnosy sklizně a negativně ovlivňuje fitness okolní plodiny. Opatření vedoucí proti jeho přítomnosti byly shrnuty časnější zasévání nebo střídání plodin, posklizňová aplikace účinných herbicidů nebo orba. Nicméně nejvhodnější je včasná reakce, funkční spolupráce může vést k prevenci významných ekonomických ztrát.
- V práci byl uveden přehled o charakteristikách druhu, o jeho vlastnostech, vlivech, managementu i nových postřehů z hlediska jeho monitoringu. Jako další byly uvedeny mapy pro představu o jeho rozšíření. V neposlední řadě je v práci uveden i popis rudérálních lokalit, které bytel upřednostňuje, spolu s příklady druhů charakteristických pro společenstvo
- V rámci monitoringu bylo učiněno a sepsáno 71 nálezů. Po doplnění databáze AOPK ČR vznikla mapa výskytů. Z mapy šlo pozorovat liniové rozšíření podél hlavních dopravních tahů. Pro experiment klíčení semen bylo sebráno celkem 2000 semen ze čtyř lokalit v období zralosti rostlin.
- Vyhodnocením klíčného pokusu došlo k ověření uvedené hypotézy o primární dormanci. Tento experiment se podobal výsledkům jiných autorů, nažky vykazovaly krátkou dormanci v délce dvou týdnů a následně začaly klíčit s významným rozdílem v efektivitě klíčení.
- Prozatím je management rostliny v příměstských oblastech pouze prováděn nepřímo při běžném ošetřování okolí vozovky. Ačkoliv byly uvedeny i způsoby využití druhu z hlediska jeho biologie, je potřeba dbát na kontrolu tohoto invazního druhu.

8 Literatura

- Alberstenst B, Nawrath S, Starfinger U. 2016. Biodiversity impacts of common ragweed. Projektgruppe Biodiversität und Landschaftsökologie Friedberg, Federal Research Centre for Cultivated Plants Braunschweig, Germany.
- Baker DV, Beck KG, Bienkiewicz BJ, Bjostad LB. 2008. Forces necessary to initiate dispersal for three tumbleweeds. *Invasive Plant Science and Management* **1** (1): 59-65.
- Bagavathianan M. 2019. Herbicide-resistant Kochia invading Texas High Plains. October 2019. Agrilife Today A&M, Texas. Available from: <https://agrilifetoday.tamu.edu/2019/10/02/herbicide-resistant-kochia-invading-texas-high-plains/> (accessed 03, 2021).
- Beckie HJ, Blackshaw RE, Leeson JY, Stahlman PW, Gaines TA, Johnson EN. 2018. Seedbank persistence, germination and early growth of glyphosate-resistant Kochia scoparia. *Weed Research*, Volume **58**, Issue 3.
- Van Boheemen LA, Atwater DZ, Hodgins KA. 2019. Rapid and Repeated Local Adaptation to Climate in an Invasive Plant. *New Phytol.* **222**, 614–627.
- Clements D.R, Ditommaso A. 2011. Climate Change and Weed Adaptation: Can Evolution of Invasive Plants Lead to Greater Range Expansion than Forecasted? *Weed Res.* **51**, 227–240.
- Hierro JL, Maron JL, Callaway RM. 2005. A biogeographical approach to plant invasions: The importance of studying exotics in their introduced and native range. *Journal of Ecology.* **93**: 5-15.
- Chytrý M, Pyšek P, Wild J, Pino J, Maskell LC, Villa M. 2009. European map of alien plant invasions, based on the quantitative assessment across habitats, *Diversity Distribution* **15**: 98-107.
- Davis MA, Grime JP, Thompson P. 2000. Fluctuating resources in plant communities: a general theory of invasibility – *Journal of Ecology* **88**: 528-534.
- Davis AS, Cardina J, Forcella F, Johnson GA, Kegode G, Lindquist JL, Luschei EC, Renner KA, Sprague CL, Williams MM. II edition. 2005. Environmental factors affecting seed persistence of annual weeds across the U.S. corn belt. *Weed Sci* **53**:860–868.
- DA Australia. 2001. Weed plan for Western Australia. Department of Agriculture and Food, State Weed Plan Steering Group, Western Australia, Perth. Bulletin 4490.

DAISIE - mapový portál, Global biodiversity information facility. Available from: <https://www.gbif.org/species/8904738> (accessed 02, 2021).

Dayan FE. 2019. Current Status and Future Prospects in Herbicide Discovery. *Plants* **8**, s341.

Dickie CW, James LF. 1983. Kochia scoparia poisoning in cattle – Journal of the American Veterinary Medical Association, 01 Oct, **183**(7): 765-768.

Dille JA, Stahlman PW, Du J, Geier PW, Riffel JD, Currie RS, Wilson RG, Sbatella GM, Westra P, Kniss AR, Moechnig MJ, Cole RM. 2017. Kochia emergence profiles across the central Great Plains. *Weed Sci* **65**:614–625.

Dodd J, Randall RP. 2002. Eradication of kochia (*Bassia scoparia* (L.) A.J. Scott, Chenopodiaceae) in Western Australia. Department of Agriculture, Locked Bag 4, Bentley DC, Western Australia 6983, Cooperative Research Centre for Australian Weed Management, Australia.

Dodd J. 2004. Kochia (*Bassia scoparia* (L.) A.J.Scott) eradication in Western Australia: a review. *Weed management: balancing people, planet, profit. 14th Australian Weeds Conference*, Wagga Wagga, New South Wales, Australia, 6-9 September 2004: papers and proceedings. Weed Society of New South Wales.

Dunn CJ. 2018. A Photo of home in Victorville. News 4. California neighbourhood buried in tumbleweeds as the desert winds blow, California on April 16, 2018. Available from: <https://mynews4.com/news/offbeat/california-neighborhood-buried-in-tumbleweeds-as-the-desert-winds-blow> (accessed 03, 2021).

Eberlein CV, Fore ZQ. 1984. Kochia biology. *Weeds Today* **15**, 5-7.

Friesen LF, Beckie HJ, Warwick SI, Van Acker RC. 2009. The biology of Canadian weeds. 138. *Kochia scoparia* (L.) Schrad, Canadian Journal of Plant Science, January 2009. Volume **89** (1).

Hall LM, Beckie HJ, Low R et al. 2014. Survey of glyphosate-resistant kochia (*Kochia scoparia* L. Schrad.) in Alberta. Canadian Journal of Plant Science **94**, 127-130.

Harbour JD, Messersmith CG, Ramsdale BK. 2003. Surfactants affect herbicides on kochia (*Kochia scoparia*) and Russian thistle (*Salsola iberica*). *Weed Sci.* **51**:430-434.

Hejda M, Pyšek P, Jarošík V. 2009. Impact of invasive plants on species richness, diversity and composition of invaded communities, *Journal of Ecology* **97**: 393-403.

- Jami Al-Ahmadi M, Kafi M. 2007. Cardinal temperatures for germination of *Kochia scoparia* (L.). *Journal of Arid Environments* **68**, 308– 314.
- Jehlík V. 1998. Cizí expanzivní plevelé České republiky a Slovenské republiky, Vladimír Jehlík, Academia Praha, 1998.
- Jehlík V, Hejný S. 1974. Main migration routes of adventitious plants in Czechoslovakia, *Folia, Geobotanical Phytotaxonomy*. Praha, **9**: 241-248.
- Jehlík V. 1986, Nový návrh karanténních plevelů Československa. Sborník Československé Konference Ochrany Rostlin, Brno, 241-242.
- Jehlík V. 1995, Současný výskyt cizích expanzivních druhů rostlin v železničních uzlech České republiky, *Ochrana Rostlin*, Praha, **31**: 149-160.
- Jursík M, Holec J, Hamouz P, Soukup J. 2018. Biologie a regulace plevelů. Kurent s.r.o., 353.
- Kopecký K, Hejný S. 1992. Ruderální společenstva bylin České republiky. ČSAV, Academia Praha.
- Kowarik I. 2003. Human agency in biological invasions: secondary releases foster naturalisation and population expansion of alien plant species. *Biological Invasions*. **5**. 293-312.
- Kumar V, Jha P, Reichard N. 2014. Occurrence and characterization of kochia (*Kochia scoparia*) accessions with resistance to glyphosate in Montana. *Weed Technol* **28**:122–130.
- Kumar V, Jha P, Jugulam M, Yadav R, Stahlman PW. 2018. Herbicide resistant Kochia (*Bassia scoparia*) in North America: A Review. Cambridge University Press. *Weed Science*, Volume **67**, issue 1.
- Lake JC, Leishman MR. 2004. Invasion success of exotic plants in natural ecosystems: the role of disturbance, plant attributes and freedom from herbivores. *Biological Conservation*. **117** (2): 215 – 226.
- Lambdon PW, Pyšek P, Basnou C, Hejda M, Arianoutsou M, Esek F, Jarošík V, Pergl J, Winter M, Anastasii P, Andriopoulos P, Bazos I, Brundu G, Celesti-Grapow L, Chassot P, Delipetrou P, Josefsson M, Kark S, Klotz S, Kokkoris Y, Kuhn I, Barchante H, Perglova I, Pino J, Vila M, Zikos A, Roy D, Hulme PE. 2008. Alien flora of Europe: species diversity, temporal trends, geographical patterns and research needs. *Preslia*. **80**: 101-149.

Mickelson JA, Bussan AJ, Davis ES, Hulting AG, Dyer WE. 2004. Postharvest Kochia (*Kochia scoparia*) Management with Herbicides in Small Grains. *Weed Technology*, volume **18**(2): 426-431.

Mikulka J. 2015. Plevelle polních plodin. Profi Press Praha. 178s.

Nugent P, Shaw JA, Jha P, Scherrer B, Donelick A, Kumar V. 2018. Discrimination of herbicide-resistant kochia with hyperspectral imaging. *J Appl Remote Sens* 12:016037.

Osipitan OA, Dille JA, Bagavathiannan MV, Knezevic SZ. 2019. Modeling Population Dynamics of Kochia (*Bassia scoparia*) in Response to Diverse Weed Control Options *Weed science*, January, **67**(1) 57-67.

Pergl J, Sádlo J, Petroušek A, Laštůvka Z, Musil J, Perglová I, Šandas R, Šefrová H, Šíma J, Vohralík V, Pyšek P. 2016. Black, Grey and Watch Lists of alien species in the Czech Republic based on environmental impacts and management strategy. *NeoBiota* **28**: 1-37.

Pyšek et al. 2002b – Pyšek P, Sádlo J & Mandák B, 2002, Catalogue of alien plants of the Czech Republic, *Preslia*, **74**: 97-186.

Pyšek P, Prach K. 2003. Research into plant invasions in a cross-roads region: history and focus. *Biological Invasion* **5**: 337-348.

Pyšek P, Sádlo J. 2004. Zelení cizinci a nové krajiny 2, Invazní rostliny: jak je to u nás doma. *Vesmír* **83**: 80-85.

Pyšek et al. 2003c – Pyšek P, Sádlo J, Mandák B, Jarošík V. 2003. Czech alien flora and historical pattern of its formation: what came first to Central Europe? *Oecologia* **135**: 122-130.

Pyšek P. 2005. Zavlečené a invazní druhy jako ukazatele změn biodiverzity. In Vačkář D, *Ukazatele změn biodiverzity*, pp. 129-146, Academia, Praha.

Pyšek et al. 2008a – Pyšek P, Chytrý M, Moravcová L, Pergl J, Perglová I, Prach K, Skálová H. 2008. Návrh české terminologie vztahující se k rostlinným invazím, *Zprávy České Botanické Společnosti* 43, *Mater* **23**: 3-15, 219-222.

Pyšek et al. 2008d – Pyšek P, Jarošík V, Chytrý M, Pergl J. 2008. Projekty 6. rámcového programu Evropské unie zaměřené na biologické invaze: DAISIE a ALARM, *Zprávy České Botanické Společnosti* 43, *Mater* **23**: 199-211.

Pyšek et al. 2012a - Pyšek P, Chytrý M, Pergl J. 2012. Invazní rostliny v ČR a jejich vliv na biodiverzitu. Pages 692-702 in Machar I, Drobilová L a kol., editors. *Ochrana přírody a krajiny v České republice, vybrané aktuální problémy a možnosti jejich řešení 2*. Univerzita Palackého, Olomouc.

Pyšek et al. 2012b - Pyšek P, Danihelka J, Sádlo J, Chrtěk J Jr, Chytrý M, Janošík V, Kaplan Z, Krahulec F, Moravcová L, Pergl J, Štajerová K, Tichý L. 2012. Catalogue of alien plants of the Czech Republic (2nd edition): checklist update, taxonomic diversity and invasion patterns. *Preslia*. **84**: 155 - 255.

Reddy KN, Huang Y, Lee MA, Nandula VK, Fletcher RS, Thomson SJ, Zhao F. 2014. Glyphosate-resistant and glyphosate-susceptible Palmer amaranth (*Amaranthus palmeri* S. Wats.): hyperspectral reflectance properties of plants and potential for classification. *Pest Manag Sci* **70**:1910–1917.

Richardson DM, Pyšek P, Rejmánek M, Barbour MG, Panetta FD and West CJ. 2000. Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions. *Diversity and Distributions* **6**: 93–107.

Sholedice F, Renz M. 2006. Kochia. O & T Guide W-10. University of New Mexico Cooperative Extension Service, College of Agriculture and Home Economics; October 2006.

Slavíková L, Mikulka J, 2009 - Slavíková L, Mikulka J. 2009. Rezistentní plevele v České republice – Bytel metlatý – *Kochia scoparia*, *Agromanuál*, **4**(5): 12-12.

Schwinghamer TD, Van Acker RC. 2008. Emergence, timing and persistence of kochia (*Kochia scoparia*). *Weed Science* **56**: 37-41

Thilsted J, Hibbs C, Kiesling H, Hallford D, Kirksey R, Meininger A, Tompkins J. 1989. Kochia (*Kochia scoparia*) toxicosis in cattle: results of four experimental grazing trials, *Veterinary and Human Toxicology*, 01 Feb, **31**(1): 34-41.

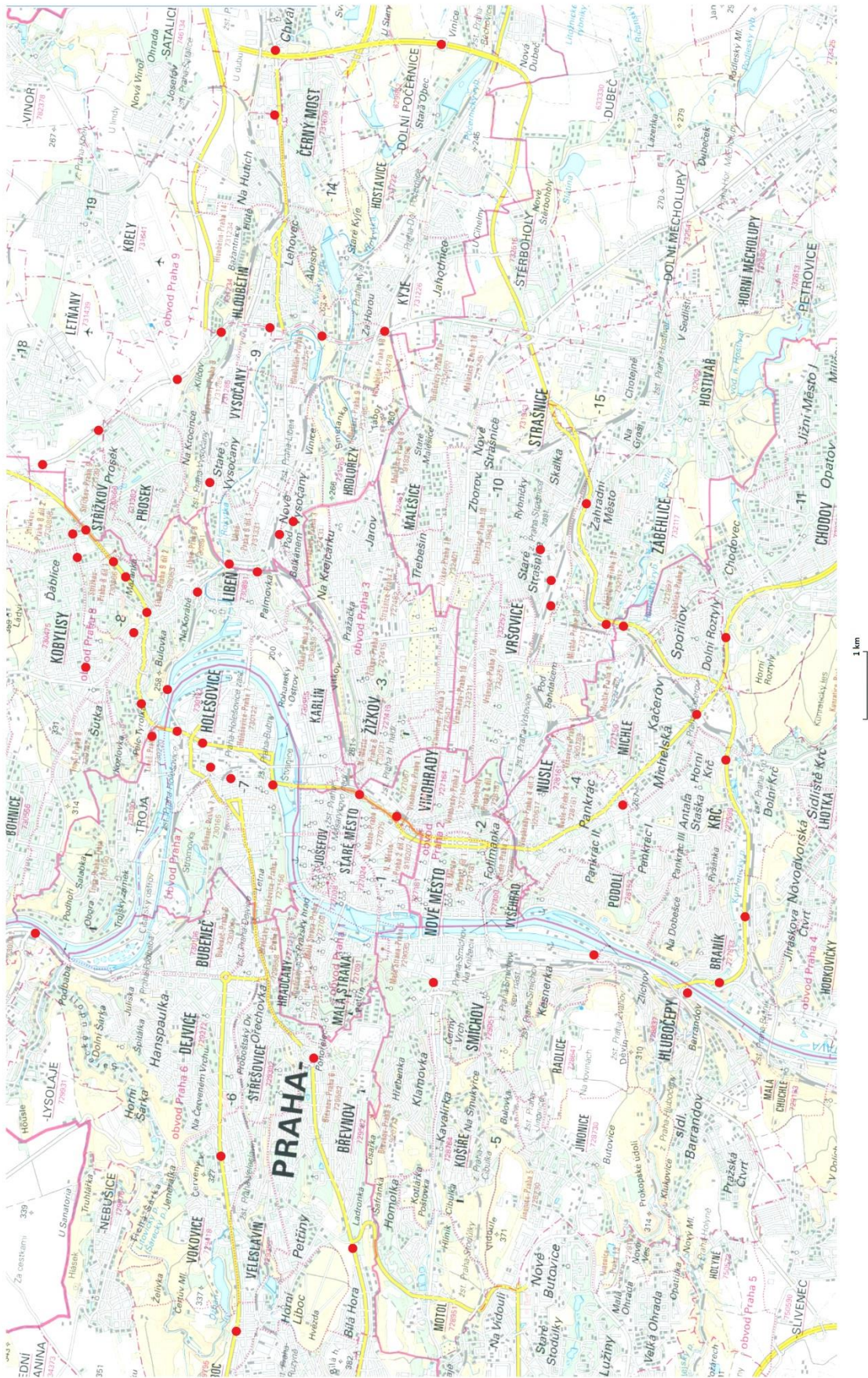
Thompson CR, Peterson DE, Fick WH, Stahlman PW, Wolf RE. 2010. Chemical Weed Control for Field Crops, Pasture, Rangeland, and Noncropland. Report of Progress 1027. Manhattan, KS: Kansas State University Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service, 22-23.

Waite J, Thompson CR, Peterson DE, Currie RS, Olson BLS, Stahlman PW, Al-Khatib K. 2013. Differential Kochia (*Kochia scoparia*) Populations Response to Glyphosate. *Weed Sci.* **61**, 193–200.

Weiner J, Fishman L. 1994. Competition and Allometry in *Kochia scoparia*. *Annals of Botany*. Volume **73**(3): 263-271.

Zorner PS, Zimdahl RL, Schweizer EE. 1984. Effect of depth and duration of seed burial on kochia (*Kochia scoparia*). *Weed Science* **32**, 602– 607.

Mapa vnitřku Prahy s vyznačenými nálezy. Mapa AOPK ČR



Anova pro silnice

Proměnná	Popisné statistiky (List1 v ANOVA1 silnice)									
	N platných	Průměr	Medián	Modus	Četnost modu	Minimum	Maximum	Rozptyl	Sm.odch.	Var.koef.
Bytel	71	22,9437	1,0000	1,000000	42	1,000000	551,000	7186,34	84,7723	369,4802
Náh. bod	71	333,4366	331,0000	Vícenás.	2	2,000000	1015,000	50632,16	225,0159	67,4839

Tukeyův HSD test; proměnná vzdálenost silnic (List1 v ANOVA silnice lepsi) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 28909,, sv = 140,00			
Č. buňky	bod	{1}	{2}
1	bytel	22,944	0,000009
2	NB	0,000009	

Tukeyův HSD test; proměnná vzdálenost silnic (List1 v ANOVA silnice lepsi) Homogenní skupiny, alfa = ,05000 Chyba: meziskup. PČ = 28909,, sv = 140,00				
Č. buňky	bod	vzdálenost silnic Průměr	1	2
1	bytel	22,9437	****	
2	NB	333,4366		****

Anova pro železnice

Proměnná	Popisné statistiky (List1 v ANOVA2 zeleznice)									
	N platných	Průměr	Medián	Modus	Četnost modu	Minimum	Maximum	Rozptyl	Sm.odch.	Var.koef.
Bytel	71	552,4366	217,0000	1,000000	3	1,000000	3987,000	686248,9	828,4014	149,9541
Náh. bod	71	877,4366	701,0000	1093,000	2	27,000000	2983,000	384085,2	619,7461	70,6314

Tukeyův HSD test; proměnná vzdálenost železnic (List1 v ANOVA zeleznice lepsi) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 5352E2, sv = 140,00			
Č. buňky	bod	{1}	{2}
1	bytel	552,44	0,008134
2	NB	0,008134	

Tukeyův HSD test; proměnná vzdálenost železnic (List1 v ANOVA zeleznice lepsi) Homogenní skupiny, alfa = ,05000 Chyba: meziskup. PČ = 5352E2, sv = 140,00				
Č. buňky	bod	vzdálenost železnic Průměr	1	2
1	bytel	552,4366	****	
2	NB	877,4366		****

Anova primární dormance v 1. a 2. týdnu

Jednorozměrné testy významnosti pro % vyklíčených (List1 v ANOVA3 primarka) Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy					
Efekt	SC	Stupně volnosti	PC	F	p
Abs. člen	38546,78	1	38546,78	262,0909	0,000000
termín	20315,89	3	6771,96	46,0446	0,000001
Chyba	1764,89	12	147,07		

Šíření podél hrany mostu, podél protihlukových stěn a zdí u silnic. Vlastní fotografie



Příklady habitusu. Vlastní fotografie



Detail rostliny. Vlastní fotografie



Příklad pionýrství a využívání i minimálních zdrojů. Vlastní fotografie



Porovnání Brno a Praha, začátky monitoringu v Praze. Vlastní fotografie

