Zpráva o výsledcích projektu

Populační studie a vliv sukcese v populacích hvozdíku písečného českého v rámci realizačního projektu záchranného programu

v rámci grantu

MALÉHO GRANTOVÉHO SCHÉMATU
Záchranné programy pro zvláště chráněné druhy II
EHP fondy 2009-2014
MGSII-19

2016

Zhotovitel:
Botanický ústav AV ČR, v. v. i.
Zámek 1
252 43 Průhonice

Řešitel projektu:
Tomáš Dostálek
tomas.dostalek@ibot.cas.cz

Tato zpráva byla vytvořena za finanční podpory EHP fondů 2009-2014 a Ministerstva životního prostředí. Za obsah této zprávy je výhradně odpovědný Botanický ústav AV ČR, v. v. i. a nelze jej v žádném případě považovat za názor donora nebo Ministerstva životního prostředí.

Obsah

ÚVOD **3**

POPIS DRUHU **4**

LOKALITY **5**

NPP Kleneč 5
U Kyškovic (VKP Stráň Na Kamenici) 5

ČÍSLOVÁNO DLE OPATŘENÍ ZÁCHRANNÉHO PROGRAMU PRO HVOZDÍK PÍSEČNÝ ČESKÝ (*DIANTHUS ARENARIUS* SUBSP. *BOHEMICUS*): **6**

3.2 PÉČE O DRUH **6**

3.2.1 Výsev semen 6
3.2.2 Uchování rostlin v genobance 7

3.3. MONITORING **8**

3.3.1 Monitoring populace v NPP Kleneč 8
Sběr dat o populační dynamice *9*
Výsledky *10*
Monitoring výsevů v ploše 2010A v NPP Kleneč *11*
3.3.2 Monitoring populace u Kyškovic 14
Sběr dat o populační dynamice *14*
Výsledky *14*
3.3.3 Fytocenologické snímkování ploch se strženým drnem 17
NPP Kleneč *17*
Lokalita u Kyškovic *25*
Shrnutí *28*
3.3.4 Sledování mikroklimatických hodnot na lokalitách 29
Sběr dat *29*
Výsledky *29*
3.3.5 Analýza půdních vzorků 35
Sběr dat *35*
Výsledky *35*

3.4 VÝZKUM **42**

3.4.1. Studium způsobu reprodukce a reprodukční ekologie 42
Vzcházení a přežívání semenáčků *42*
Vliv parametrů prostředí na populační dynamiku *42*
3.4.4. Studium vazby rostlina × fytofág 47
Sběr dat *47*
Výsledky *47*
3.4.6 Sledování a determinace přirozených opylovačů hvozdíku 52
Sběr dat *53*
Výsledky *54*
Shrnutí *59*

3.5 VÝCHOVA A OSVĚTA **60**

3.5.1 Propagace výsledků záchranného programu 60
3.5.2 Kultivace v botanických zahradách 60

LITERATURA **62**

VYSVĚTLIVKY ZKRATEK DRUHOVÝCH NÁZVŮ ROSTLIN **64**

OBRAZOVÁ PŘÍLOHA **66**

Úvod

Hvozdík písečný český patří v ČR mezi kriticky ohrožené rostliny podle vyhlášky 395/1992 Sb. a na záchranu jeho populace byl vytvořen záchranný program (web 1), jehož realizace je určujícím faktorem pro celkový management území Národní přírodní památky Kleneč (NPP Kleneč). NPP Kleneč je jedinou přirozenou lokalitou hvozdíku písečného v ČR (Kuncová a Bělohoubek 1996). Managementové zákroky podporující zachování tohoto kriticky ohroženého endemického druhu jsou proto četné, různorodé a mnohdy i poměrně rozsáhlého charakteru (web 2). S výzkumem vlivu různých typů managementových zásahů na rostlinná i živočišná společenstva však bylo započato teprve nedávno (Skuhrovec 2008, Heřman 2009, Šímová 2011, Špalová 2011, Dostálek 2012, Dostálek 2013, Dostálek 2014).

Projekt „Populační studie a vegetační monitoring hvozdíku písečného českého“ probíhá v návaznosti na Realizační projekt záchranného programu hvozdíku písečného českého (*Dianthus arenarius* subsp. *bohemicus*) v České republice a zároveň navazuje na předchozí studii populační dynamiky hvozdíku písečného (Špalová 2011) a studii sukcese na štěrkopískovém podkladu na lokalitách hvozdíku písečného (Šímová 2011). Cílem této studie bylo sebrat data o populační dynamice a vegetaci v roce 2015, sloučit je s těmi již sebranými v rámci předchozích studií v letech 2010-2014 a analyzovat je. Studie je prováděna na dvou lokalitách, přičemž první je v NPP Kleneč s přirozeným výskytem hvozdíku písečného českého, druhá lokalita je v blízkosti obce Kyškovice (VKP Stráň Na Kamenici), kam byl hvozdík introdukován na konci 80. let minulého století.

Projekt je realizován od února 2015 do května 2016 za finanční podpory EHP fondů 2009-2014 a Ministerstva životního prostředí s celkovou přidělenou částkou 913 249,81 Kč.

Popis druhu

(upraveno z Šímová 2011)

Hvozdík písečný český, *Dianthus arenarius* subsp. *bohemicus* (Novák) O. Schwarz

V rámci druhu hvozdík písečný se rozlišuje celkem pět poddruhů, jejichž areál se rozkládá ve střední, severní a severovýchodní Evropě a směrem na východ až na Ukrajinu. V české kotlině se vyskytuje pouze poddruh *bohemicus.*

Jde o sivozelenou vytrvalou rostlinu preferující výslunná místa v travinných společenstvech na písčinách. Dosahuje běžné výšky 8–15 cm. Z jednoho společného kořene vyrůstají poléhavé oddenky, čárkovité listy jsou 1–2 mm úzké. Hvozdík kvete od června do července bílými či mírně narůžovělými vonnými květy (Kubát et al. 2002). Plodem jsou 25–30 mm dlouhé tobolky s 25–30 drobnými černými semeny. Celková produkce semen se v čase mění a je značně závislá na míře napadení fytofágním hmyzem (Kuncová a Bělohoubek 1996).

Jedná se o neoendemický druh, jehož přirozený výskyt je omezen na NPP Kleneč, v minulosti i stráň ve Vražkově (Kovanda 1986), a uměle též ve VKP Stráň Na kamenici. Proto je tento druh zařazen do kategorie kriticky ohrožený dle Přílohy II. Vyhlášky 395/1992 Sb. i v Červeném seznamu druhů (C1). V Červeném seznamu IUCN je hvozdík písečný český zařazen mezi druhy zranitelné (VU). Směrnice o stanovištích Evropského společenství (92/43/EEC, Habitats Directive) ho zmiňuje v Příloze II. jako „druh, jehož ochrana vyžaduje vyznačení zvláštních území ochrany“; a v Příloze IV. jako „druh, který vyžaduje přísnou ochranu“. Úmluva o ochraně evropských planě rostoucích rostlin, volně žijících živočichů a přírodních stanovišť (Bernská úmluva) ho zahrnuje do Přílohy I. jako „přísně chráněný druh rostlin“.

Lokality

(upraveno z Šímová 2011)

NPP Kleneč

Národní přírodní památka Kleneč se nachází asi 250 m východně od obce Kleneč (okres Litoměřice, ústecký kraj) a jedná se o jihozápadně orientovaný svah a plochu vzhlížející směrem k Řípu obklopenou zčásti borovo-akátovým lesem a zčásti polem. Celková rozloha NPP je 5,3467 ha, nadmořská výška lokality se pohybuje v rozmezí 200 - 220 m. n m. (Bělohoubek 2008). GPS souřadnice jsou: . 50°23’24.399”N, 14°15’21.667”E ; kvadrát síťového mapování: 5651 (Heřman 2009)

Podloží tvoří druhohorní sedimenty české křídové pánve, zejména jíly a slíny, které jsou překryty čtvrtohorními písčitými až štěrkopískovými sedimenty terasy řeky Labe, a granitickými acidickými štěrkopísky podél potoka Čepel, na kterých dominuje stepní travinná vegetace písčin (Bělohoubek 2008), která je ojedinělá svou náročností na teplo a sucho. Nejvýznamnějším jejím zástupcem je neoendemický hvozdík písečný český, *Dianthus arenarius* subsp. *bohemicus* (Novák) O. Schwarz (Kuncová a Bělohoubek 1996).

Oblast NPP Kleneč je zařazena mezi Evropsky významné lokality (EVL) soustavy Natura 2000, patří také mezi Botanicky významná území ČR (IPA – Important plant areas) (Bělohoubek 2008).

Na území NPP je prováděn intenzivní management se snahou podpořit populaci hvozdíku písečného zahrnující řadu zásahů (web 2). Nejvýznamnější je v minulosti již třikrát provedené plošné stržení drnu v rámci různých segmentů na lokalitě.

U Kyškovic (VKP Stráň Na Kamenici)

Významný krajinný prvek se nachází na pomezí dvou polních kultur v k. ú. Kyškovice po pravé straně silnice z obce Kyškovice do Vědomic (bývalý okres Litoměřice). Jedná se o parcelu č.p.p. 530/77 a 530/78 o rozloze 0,5 ha.

Stejně jako NPP Kleneč je i tato oblast tvořená pozůstatkem štěrkopískové lavice řeky Labe (Bělohoubek 2006). Dnes je na tento úzký pruh stráně pohlíženo jako na cenný biokoridor a stanoviště teplomilných druhů rostlin, s výskytem například divizny brunátné, *Verbascum phoeniceum* L., v ČR ohrožený druh rostlin (C3), i dle vyhlášky 395/1992 Sb. (Bělohoubek 2006). VKP díky vhodným podmínkám slouží také jako studijní lokalita pro hvozdík písečný český, který sem byl na konci osmdesátých let introdukován (Kuncová a Bělohoubek 1996). Je zde také prováděn doprovodný management, například každoroční kosení ovsíku vyvýšeného pravého. Vlivy managementu jsou dále zkoumány.

GPS souřadnice: 50°26’23.72’ ’ N,14°16’23.83’’ E.

Číslováno dle opatření záchranného programu pro hvozdík písečný český (*Dianthus arenarius* subsp. *bohemicus*):

3.2 Péče o druh

3.2.1 Výsev semen

Záměrem ZPZCHD je vytvořit na obou lokalitách hvozdíku dlouhodobě stabilní populace druhu. Výsev semen na obou lokalitách s výskytem druhu byl již opakovaně realizován (Špalová 2011, Dostálek 2013) a zatím představuje nejvíce účinnou a nejméně finančně náročnou metodu introdukce druhu na nové lokality.

Dle metodiky ZPZCHD byly odebrána semena hvozdíku na začátku července 2015 po dozrání semeníků na lokalitě NPP Kleneč z části původní lokality pod borovicí, kde téměř nedochází ke vzcházení nových semenáčků a kde tak nedošlo k ohrožení populace. Navíc se v této části lokality vyskytují velké trsy hvozdíku s velkou produkcí semen. V odebraných tobolkách byl spočítán počet semen. Příslušná povolení pro možnost sběru a výsevu semen hvozdíku na lokality byla udělena Správou CHKO České středohoří pro NPP Kleneč a obcí Kyškovice (vlastník pozemku lokality u Kyškovic).

Na lokalitě v NPP Kleneč se pomocí opakovaných výsevů v minulých letech podařilo již v dostatečném rozsahu podpořit rozvoj populace. V září 2015 však došlo k dalšímu stržení svrchního humusového horizontu a na nově stržené ploše bylo založeno dalších 20 nových trvalých výsevových ploch o stejné velikosti (0.5 x 0.5 m) jako v letech 2009-2011. Do každé plochy bylo 12. 10. 2015 vyseto 200 semen, celkem 4 000 semen. Navíc byla semena vyseta také do trvalých ploch se strženým humusovým horizontem z let 1999 a 2009, ve kterých se dosud žádné rostliny hvozdíku neuchytily (ve stejném počtu 200 ks, celkem 8000 semen). Celkem tak na lokalitu v NPP Kleneč bylo vyseto 12 000 semen. Plán výsevů do nově založených ploch v NPP Kleneč je v přiloženém souboru „Plán ploch NPP Kleneč.xlsx“.

Na lokalitě u Kyškovic byla pouze jedna (z devíti) trvalých výsevových ploch, kde byl výsev v minulých letech úspěšný a kde se rostliny dále množí. Ve zbylých plochách téměř žádná semena vysévána v předchozích letech nevyklíčila a velké množství již uchycených jedinců vlivem sukcese vegetace a managementových opatření, která další sukcesi brání, uhynulo. Z tohoto důvodu byly provedeny výsevy semen do všech ploch na lokalitě u Kyškovic, do kterých již byly výsevy provedeny v letech 2010, 2011 a 2013 a ve kterých se dosud neuchytily žádné rostliny hvozdíku. Jedná se o plochy o velikosti 3 x 3 metry (s již dříve strženým drnem a navezeným pískem), každá rozdělena na 4 menší podplochy o velikosti 0.5 x 0.5 m. Dále byl výsev proveden i do nově založené plochy v roce 2015, v rámci které byly vytyčeny opět 4 nové trvalé podplochy. Výsev byl proveden celkem na 34 podploch, na kterých se na podzim 2015 nevyskytovaly žádné rostliny hvozdíku v rámci 8 ploch založených v letech 2008 a 2009. Do každé podplochy bylo 12. 10. 2015 vyseto 200 semen, celkem 6 800 semen. Plán výsevů na lokalitě u Kyškovic je v přiloženém souboru „Plán ploch Kyškovice.xlsx“.

3.2.2 Uchování rostlin v genobance

Pro zachování genetické variability populací a uchování rostlinného materiálu pro případné pěstování pro potřeby výsevů a výsadeb je v ZPZCHD stanoveno uchovávání semen hvozdíku v genobance. Z tohoto důvodu byla již v roce 2009 a 2010 sebrána semena druhu a trvale uložena v bance semen ve Výzkumném ústavu rostlinné výroby v Praze – Ruzyni (Šlechtová et Bělohoubek 2010). Semena v genobance jsou uchovávána při teplotě -18°C, což je teplota doporučovaná jako standard pro dlouhodobé uchování v genové bance. Vzorek je před uložením šetrně vysušen a v kombinaci s teplotou -18°C je dostatečný předpoklad pro uchování životaschopného osiva.

Jelikož s dlouhodobým skladováním semen hvozdíku dosud nejsou žádné zkušenosti a navíc od prvního uložení semen v genobance uplynulo v roce 2015 již 6 let, může klíčivost semen za tuto dobu značně poklesnout. Z tohoto důvodu je vhodné uložit nejen další semena hvozdíku do genobanky, ale také zjistit, zda je daná metoda skladování semen efektivní právě pro studovaný druh.

V rámci projektu jsme otestovali efektivnost způsobu skladování již uskladněných semen. Odebrali jsme 100 semen uložených do genobanky v roce 2009 a 100 semen uložených v roce 2010 a klíčením v růstové komoře ověřili jejich životaschopnost. Klíčení semen bylo sledováno po dobu 55 dní za standardních podmínek pro testování klíčivosti (režim v růstové komoře: 12hod 20°C denní režim, 12 hod 5°C noční režim). Semena klíčila nejvíce v rozmezí 10-20dní. Celková klíčivost semen byla velmi vysoká jak u semen uložených do genobanky v roce 2009 (92%), tak u semen uložených v roce 2010 (74%). Uchovávání semen hvozdíku v genobance se tak jeví jako spolehlivá metoda uchovávání rostlinného materiálu pro studovaný druh. Proto jsme i v září 2015 ve spolupráci s Ing. Ludmilou Papouškovou, Ph.D. z odboru Genové banky Výzkumného ústavu rostlinné výroby v Praze – Ruzyni a taktéž s Mgr. Barborou Čepelovou z AOPK v genobance uložili dalších 1000 semen hvozdíku odebraných z NPP Kleneč začátkem července 2015. Semena byla odebírána na lokalitě NPP Kleneč z části původní lokality pod borovicí, kde téměř nedochází ke vzcházení nových semenáčků a kde tak nedošlo k ohrožení populace. Navíc se v této části lokality vyskytují velké trsy hvozdíku s velkou produkcí semen.

Příslušná povolení pro sběr semen hvozdíku v NPP Kleneč byla získána od Správy CHKO České středohoří.

3.3. Monitoring

3.3.1 Monitoring populace v NPP Kleneč

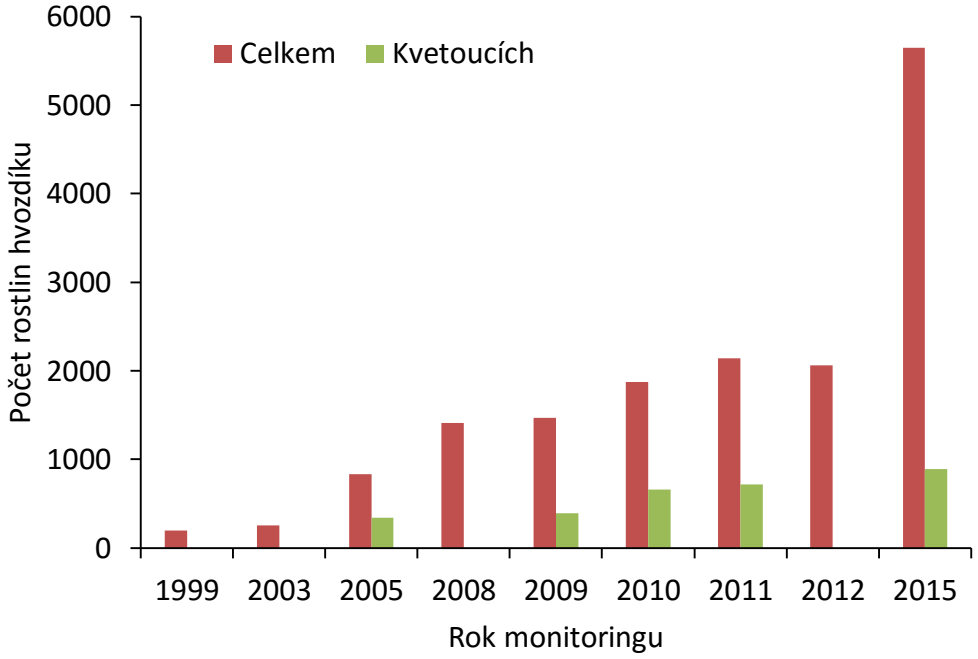
V rámci monitoringu bylo v červnu 2015 zopakováno sčítání všech rostlin hvozdíku v NPP Kleneč. Zvlášť jsou sledovány rostliny

1) na Z svahu lokality směrem ke konírně
2) v původní části lokality na plošině pod borovicí
3) na ploše stržené v roce 1999
4) na ploše stržené v roce 2009 a 2010

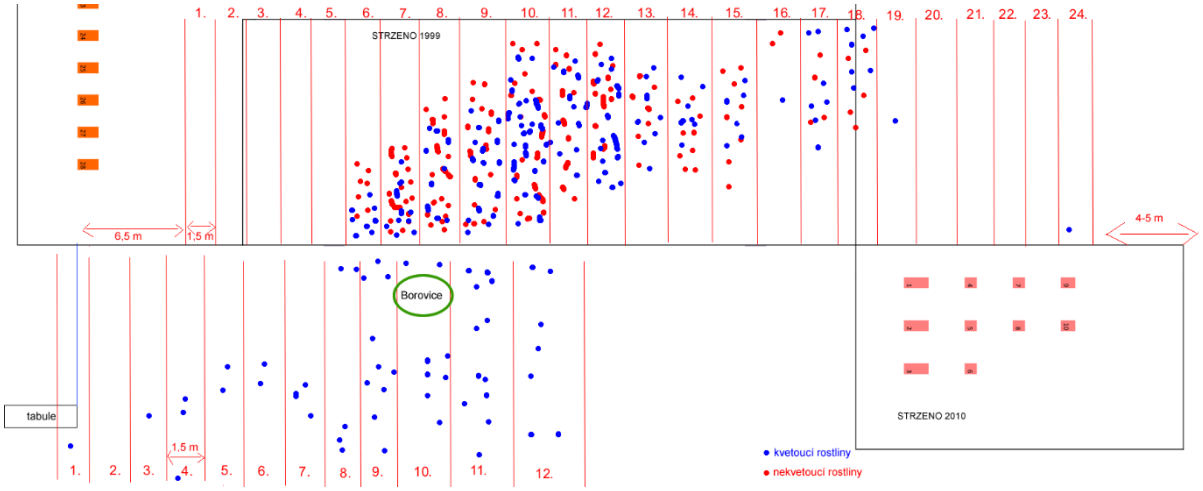
Přehled počtu rostlin hvozdíku od roku 1999 je uveden v Tab. 1 a na Obr. 1 a Obr. 2.

Rok	Datum	Z svah	Okolo borovice	Strženo 1999	Strženo 2009 a 2010	Celkový počet rostlin	Celkem kvetoucích
1999	11. 6.	200		0	0	200	
2003		120		134	0	254	
2005	28. 6.	120		714	0	834	338
2008		14	94	1300	0	1408	
2009	11. 6.	14	94	1361	0	1469	392
2010						1871	659
2011						2143	714
2012	13. 6.	10	648	1225	177	2060	
2015	15. 6.	24	2189	2577	857	5647	890

Tab. 1. Přehled vývoje počtu rostlin hvozdíku v NPP Kleneč (data 1999-2012 od J. Bělohoubka).



Obr. 1. Graf vývoje počtu rostlin hvozdíku v NPP Kleneč (data 1999-2012 od J. Bělohoubka). V roky neuvedené na ose x monitoring nebyl prováděn. Chybějící hodnoty počtu kvetoucích rostlin jsou v letech, kdy kvetoucí rostliny nebyly rozlišovány, tj. neznamenají absenci kvetoucích rostlin na lokalitě.



Obr. 2 Přibližná poloha kvetoucích a nekvetoucích rostlin hvozdíku na původní části lokality pod borovicí a na ploše stržené v roce 1999. Data jsou z monitoringu provedeného v červnu 2015.

Sběr dat o populační dynamice

Dále na lokalitě v roce 2015 opět proběhl i podrobný monitoring populace hvozdíku písečného českého na asanovaných plochách se strženým svrchním humusovým horizontem v letech 2009 a 2010. Zde je pravidelně sledován počet nově uchycených rostlin hvozdíku, který má za cíl sledovat každoroční změny početnosti populací a rozmístění rostlin na těchto plochách. Umožní nám také popsat celý životní cyklus hvozdíku a určit jaké fáze jsou kritické pro přežívání a růst jeho populace. V říjnu 2009, v dubnu 2010 a v březnu 2011 byly provedeny výsevy semen do trvalých ploch, na kterých byl v roce 2009 a 2010 stržen svrchní humusový horizont. Celkem bylo založeno 28 ploch o rozloze 0.5 x 0.5 m, kam bylo vyseto 700 semen hvozdíku v říjnu 2009, 700 semen v dubnu 2010, 700 semen v březnu 2011 a dalších 14 ploch, kam bylo vyseto celkem 700 semen v březnu 2011 (Špalová 2011, část 2010B – mapa viz soubor „Plán ploch NPP Kleneč. xlsx“). Výsevové plochy byly v letech 2010-2015 kontrolovány vždy v červnu a říjnu a byl zaznamenáván počet nových semenáčků a u již dříve zaznamenaných rostlin byly změřeny dva nejdelší rozměry trsu na sebe kolmé a byl zaznamenán počet květů. Každá rostlina byla označena špendlíkem s barevnou hlavičkou a byla zaznamenána její poloha v rámci odečítacího čtverce. U všech trvalých ploch byly dohledány, změřeny a označeny i rostliny mimo trvale vyznačené čtverce 0.5 x 0.5 maximálně však do vzdálenosti 1m, abychom postihli i šíření mimo trvalé plochy. Dále byl zaznamenáván také počet vyvinutých tobolek a u vyvinutých tobolek byl až na pěti náhodně vybraných tobolkách na trs spočítán počet semen. Dále byl zaznamenán i celkový počet tobolek napadených herbivorem na každý trs (data z minulých let viz Dostálek 2012, Dostálek 2013, Dostálek 2014).

Obr. 3. Životní cyklus hvozdíku se skládá z pěti částí – semena, semenáčky, malé a velké nekvetoucí rostliny a kvetoucí rostliny.

Rostliny byly rozděleny do pěti fází, ze kterých se skládá životní cyklus *D. arenarius* subsp. *bohemicus*: semena, semenáčky, malé a velké nekvetoucí rostliny a kvetoucí dospělé rostliny (Obr. 3).

Semenáčky jsou rostliny do velikosti 3cm^2. Jsou to rostliny, které vyklíčily v roce, kdy byly poprvé zaznamenány. Žádný semenáček nemůže být starší než jeden rok. Zpravidla do dalšího odečtu (za půl roku) semenáček vyroste do fáze malé (do 5cm^2) nebo velké (nad 5cm^2) nekvetoucí rostliny. V ojedinělých případech může hned při dalším odečtu za půl roku i vykvést a dostat se to fáze dospělé kvetoucí rostliny. Produkce dospělé kvetoucí rostliny je spočítána jako průměrná produkce semen na tobolku vynásobená průměrných počtem vyvinutých tobolek na rostlinu. Průměrný počet semen na tobolku byl spočten jako průměrný počet vyprodukovaných černých semen + průměrný počet vyprodukovaných hnědých semen na tobolku vynásobený koeficientem 0.4 (podíl klíčivosti hnědých a černých semen, detaily viz Dostálek 2012). Pro každý interval mezi jarními odečty (jeden rok) byla sestavena jedna přechodová matice, kde každý prvek matice určuje pravděpodobnost, se kterou jedinec přejde do další fáze v dalším čase odečtu. Demografická data byla analyzována pomocí přechodových maticových modelů (Caswell 2001).

Na lokalitě v NPP Kleneč jsme počítali, jaký je trend ve vývoji populace hvozdíku na plochách se strženým svrchním humusovým horizontem v roce 2009 a na ploše 2010B. Jelikož ve většině ploch nebyly zaznamenány žádné rostliny hvozdíku, matice byla vytvořena z průměrných hodnot pro celou populaci. Jelikož studie běží už 5 let, porovnávali jsme modely z matic:

1) založených na modelu z dat od jara 2011 do jara 2012
2) založených na modelu z dat od jara 2012 do jara 2013
3) založených na modelu z dat od jara 2013 do jara 2014
4) založených na modelu z dat od jara 2014 do jara 2015

a

5) data o skutečném množství pozorovaných rostlin

Počítán byl předpokládaný vývoj celkového počtu jedinců (bez semen) pro roky 20011-2015 a celkový počet kvetoucích jedinců pro roky 2011-2015 (Obr. 5 a Obr. 6).

Všechna data o jednotlivých rostlinách hvozdíku a konstrukci populačních přechodových matic jsou v přiloženém souboru „hvozdík matice 10-15 NPP Kleneč.xlsx“.

Výsledky

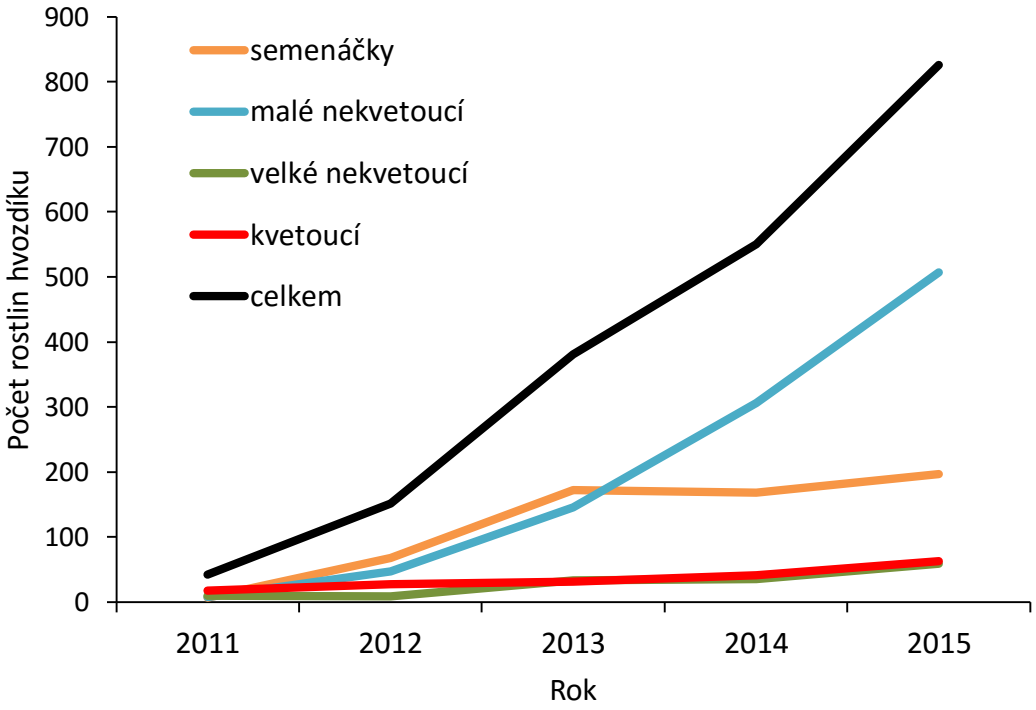
V NPP Kleneč dochází na ploše se strženým humusovým horizontem v roce 2009 a následném výsevu semen k prudkému nárůstu velikosti populace. Zatímco nejprve byla populace tvořena hlavně semenáčky a malými nekvetoucími rostlinami, postupně začíná přibývat i kvetoucích reprodukujících se rostlin hvozdíku (Obr. 4). Z původního výsevu 2800 semen se na sledované ploše stržené v roce 2009 do roku 2015 uchytilo celkem 826 rostlin hvozdíku (197 semenáčků, 507 malých nekvetoucích, 59 velkých nekvetoucích a 63 kvetoucích rostlin). Všechny fáze životního cyklu zvyšují svou početnost, přičemž nejvyšší nárůst můžeme sledovat u malých nekvetoucích rostlin do 5cm^2, které v současné době tvoří přes polovinu všech rostlin hvozdíku na sledované ploše. Na rozdíl od malých semenáčků mají tyto rostliny vyšší pravděpodobnost přežití do dalšího roku a také je větší pravděpodobnost, že v dalších letech vykvetou a vyprodukují semena.

Srovnání dat o populační dynamice hvozdíku ukazuje na postupné zpomalování rychlosti růstu populace od stržení humusového horizontu (Obr. 5). Zatímco v letech 2011-2012 byla populační růstová rychlost $\lambda = 2.23$ (populace se za rok zvětšila 2.23krát), v dalších letech rychlost růstu klesala ($\lambda = 1.76$ v roce 2012-2013, $\lambda = 1.32$ v roce 2013-2014 a $\lambda = 1.57$ v roce 2014-2015). Zpomalení rychlosti růstu populace je způsobeno pravděpodobně vlivem sukcese na stržené ploše. Zatímco v prvních letech po stržení rostliny hvozdíku velmi rychle vzcházejí a mohou velice brzy vykvést, s postupným zapojováním vegetace je růst pomalejší a rostlinám trvá delší dobu, než vyrostou do stádia dospělých kvetoucích rostlin, které se samy reprodukují. Zajímavé je také lehké zvýšení populační růstové rychlosti mezi roky 2013-2014 ($\lambda = 1.32$) a 2014-2015 ($\lambda = 1.57$), které je dáno zejména vyšší produkcí semen v roce 2014 a hlavně výrazně vyšším vzcházením nových rostlin ve sledovaných plochách v roce 2015 oproti roku 2014 (426 vs. 295 nových rostlin). Je zde tedy vidět, že vhodné podmínky v určitém roce mohou hrát významnější roli než doba od stržení humusového horizontu minimálně ve sledovaném časovém horizontu (5-6 let od stržení).

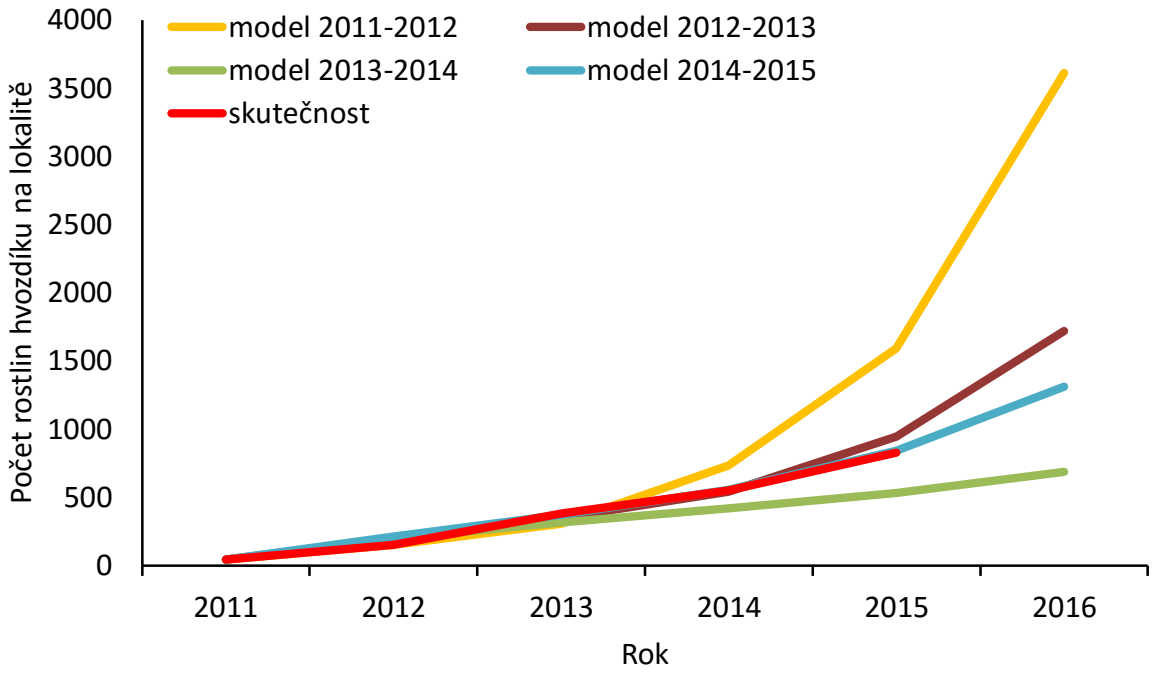
Na této lokalitě jsou rostliny hvozdíku také napadány herbivorem, jehož vliv na populační dynamiku hvozdíku je detailně pojednán v kapitole 3.4.4. Studium vazby rostlina × fytofág.

Monitoring výsevů v ploše 2010A v NPP Kleneč

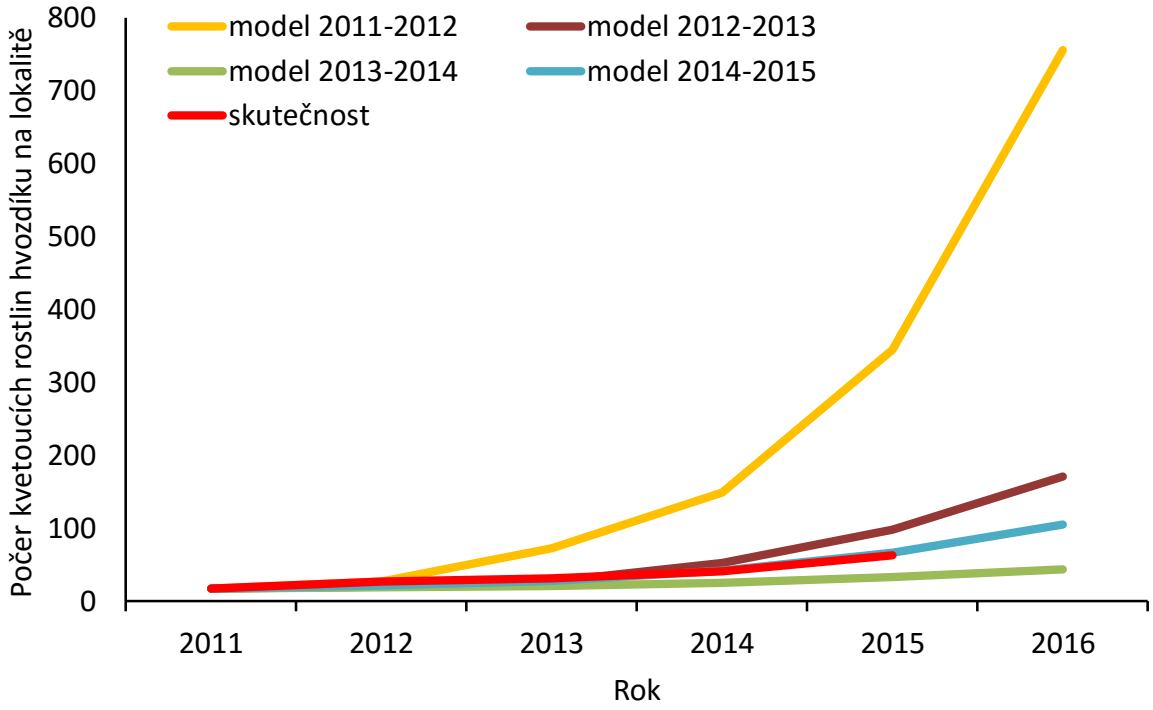
Na začátku června a v polovině října 2015 byly opět odečteny i plochy s výsevy v červenci 2011 z plochy, na které byl stržen svrchní humusový horizont v roce 2010 (plocha 2010A, mapa viz soubor „Plán ploch, NPP Kleneč. xlsx"). Z celkem 1000 vysetých semen v červenci 2011 na plochu strženou v roce 2010 se do roku 2015 uchytilo celkem 31 rostlin hvozdíku. Postupem času semenáčky vyrostly do kvetoucích reprodukujících se rostlin. Počet kvetoucích rostlin se tak na této ploše v roce 2015 rozrostl na 18. Lze předpokládat, že v dalších letech se bude hvozdík z těchto rostlin dále šířit. Vývoj zastoupení jednotlivých fází životního cyklu je na Obr. 7.



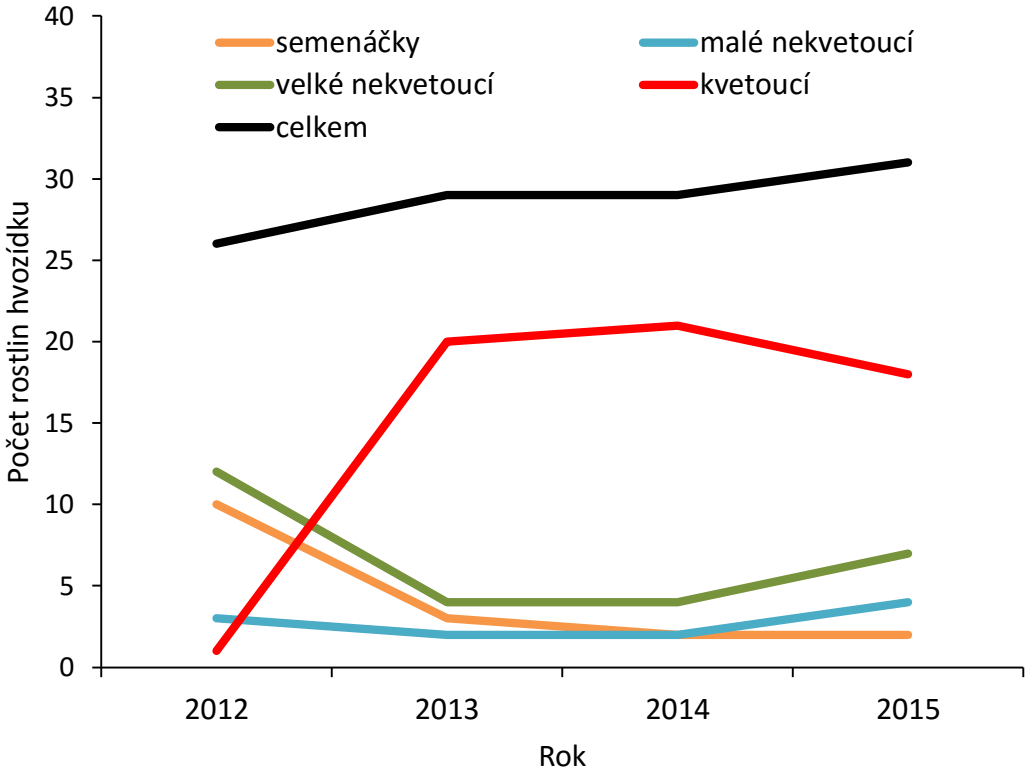
Obr. 4. Vývoj množství rostlin hvozdíku, které vzešly z výsevů na ploše, na které byl stržen svrchní humusový horizont v roce 2009 v NPP Kleneč (mapa viz soubor „Plán ploch NPP Kleneč. xlsx").



Obr. 5. Předpokládaný a skutečný vývoj množství počtu všech rostlin hvozdíku (semenáčky, malé a velké nekvetoucí a kvetoucí dospělé rostliny) na lokalitě v NPP Kleneč na části plochy se strženým svrchním humusovým horizontem v roce 2009. Jednotlivé modely značí použití dat pouze z jednoho přechodového intervalu (např. 2011-2012), postupně všech přechodových intervalů a skutečné počty zaznamenaných jedinců hvozdíku. Jako počáteční stav byl použit skutečný počet rostlin v jednotlivých fázích životního cyklu, které se v plochách vyskytovaly v roce 2011.



Obr. 6. Předpokládaný a skutečný vývoj množství počtu kvetoucích dospělých rostlin na lokalitě v NPP Kleneč na části plochy se strženým svrchním humusovým horizontem v roce 2009. Jednotlivé modely značí použití dat pouze z jednoho přechodového intervalu (např. 2011-2012), postupně všech přechodových intervalů a skutečné počty zaznamenaných jedinců hvozdíku. Jako počáteční stav byl použit skutečný počet kvetoucích rostlin, které se v plochách vyskytovaly v roce 2011.



Obr. 7. Vývoj množství rostlin hvozdíku, které vzešly z výsevů v červenci 2011 na ploše v NPP Kleneč, na které byl stržen svrchní humusový horizont v roce 2010 (2010A, mapa viz soubor „Plán ploch NPP Kleneč.xlsx“).

3.3.2 Monitoring populace u Kyškovic

Podrobný monitoring populace hvozdíku písečného českého na asanovaných plochách na lokalitě Kyškovice má za cíl sledovat každoroční změny početnosti populací a rozmístění rostlin.

Sběr dat o populační dynamice

Na lokalitě u Kyškovic bylo založeno celkem 36 trvalých ploch 0.5 x 0.5 m, kam bylo vyseto 225 semen hvozdíku v dubnu 2010, 1000 semen hvozdíku v září 2010, 900 semen v březnu 2011, 400 semen v červenci 2011 a 2400 semen v srpnu 2011, 1800 semen v říjnu 2013 (Špalová 2011, Dostálek 2013). Plán výsevových ploch je v přiloženém souboru „Plán ploch Kyškovice.xlsx". Podrobné demografické parametry všech rostlin hvozdíku jsou na této lokalitě rovněž zaznamenávány od roku 2011 (Špalová 2011, Dostálek 2012, Dostálek 2013, Dostálek 2014).

V roce 2015 byl na všech 36 trvalých plochách na lokalitě u Kyškovic proveden stejný podrobný monitoring jako v předchozích letech. Data byla analyzována stejně jako na lokalitě v NPP Kleneč (viz popis v kapitole 3.3.1 Monitoring populace v NPP Kleneč).

V první polovině července byl od roku 2011 zaznamenáván i počet vyvinutých tobolek a u vyvinutých tobolek byl až na 5 náhodně vybraných vyvinutých tobolkách na trs spočítán počet černých a hnědých semen. Dále byl zaznamenán i celkový počet herbivory napadených tobolek na trs. Sebraná data až do roku 2015 jsou uvedena v příloze v souboru „hvozdík matice 10-15 Kyškovice.xlsx".

Na lokalitě u Kyškovic jsme počítali, jaký je trend ve vývoji populace hvozdíku na plochách založených v letech 2008 a 2009. Podobně jako u NPP Kleneč byly matice vytvořeny z průměrných hodnot pro celou populaci. Jelikož studie už běží 4 roky, porovnával jsem modely z matic:

1) založených na modelu z dat od jara 2012 do jara 2013
2) založených na modelu z dat od jara 2013 do jara 2014
3) založených na modelu z dat od jara 2014 do jara 2015

a

4) data o skutečném množství pozorovaných rostlin

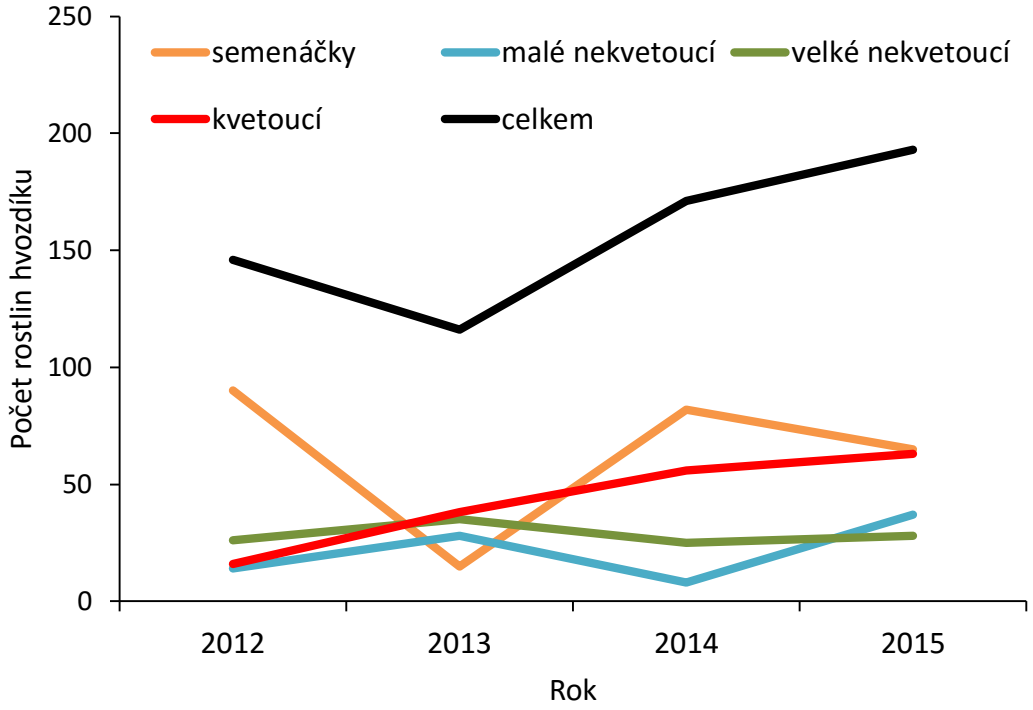
Počítán byl předpokládaný vývoj celkového počtu jedinců (bez semen) pro roky 2012-2015 a celkový počet kvetoucích jedinců pro roky 2012-2015.

Výsledky

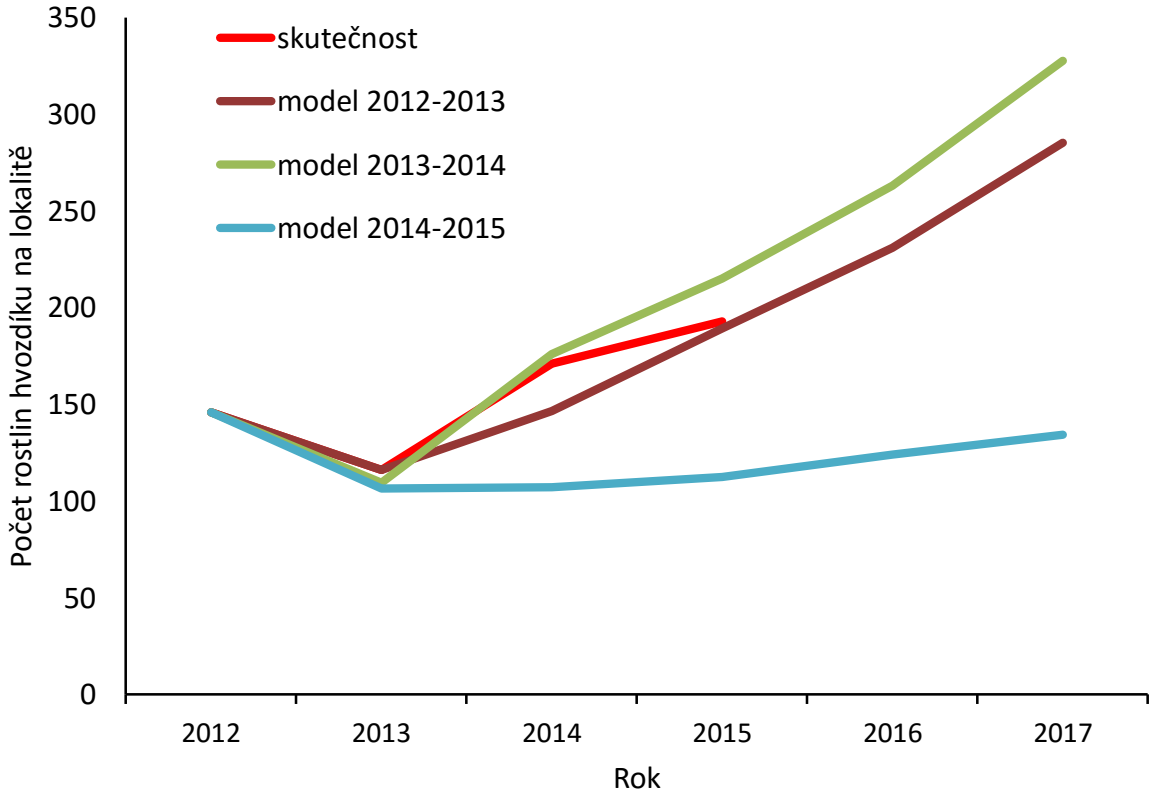
Na lokalitě u Kyškovic dochází k dalšímu šíření hvozdíku na trvalých plochách založených v letech 2008 a 2009 (Obr. 8). Jak populace stárne, dochází ke stále většímu významu přežívání kvetoucích rostlin, které produkují semena, ze kterých vzcházejí další semenáčky. Na lokalitě tedy souvisle narůstá zejména počet kvetoucích rostlin hvozdíku (Obr. 8). Je to však dáno zejména velkým rozšířením hvozdíku v trvalé ploše č. 7, kde se hvozdík velmi dobře uchytil po výsevech v letech 2010 a 2011. Postupné snižování populační růstové rychlosti patrné z Obr. 9 a Obr. 10 je důsledkem zejména toho, že sledovaná oblast v podploše č. 7 je už téměř zarostlá hvozdíkem a pro vzcházení dalších rostlin hvozdíku už není dostatek místa. Hvozdík se tak dále šíří zatím mimo podrobně sledovanou oblast v rámci plochy č. 7. Pokud by v dalších letech nedošlo k šíření hvozdíku i v dalších trvalých plochách (což bylo podpořeno dalšími výsevy semen v rámci tohoto projektu na podzim 2015), populační růst bude velmi pravděpodobně téměř zastaven z důvodu vyčerpané kapacity vhodného prostředí.

Je nutno také poznamenat, že počty rostlin hvozdíku uvedené na Obr. 8, Obr. 9 a Obr. 10 jsou pouze počty ve sledovaných trvalých plochách (viz plán výsevových ploch v přiloženém souboru „Plán ploch Kyškovice.xlsx"). Skutečné množství všech rostlin na lokalitě mohlo být v roce 2015 až dvojnásobné.

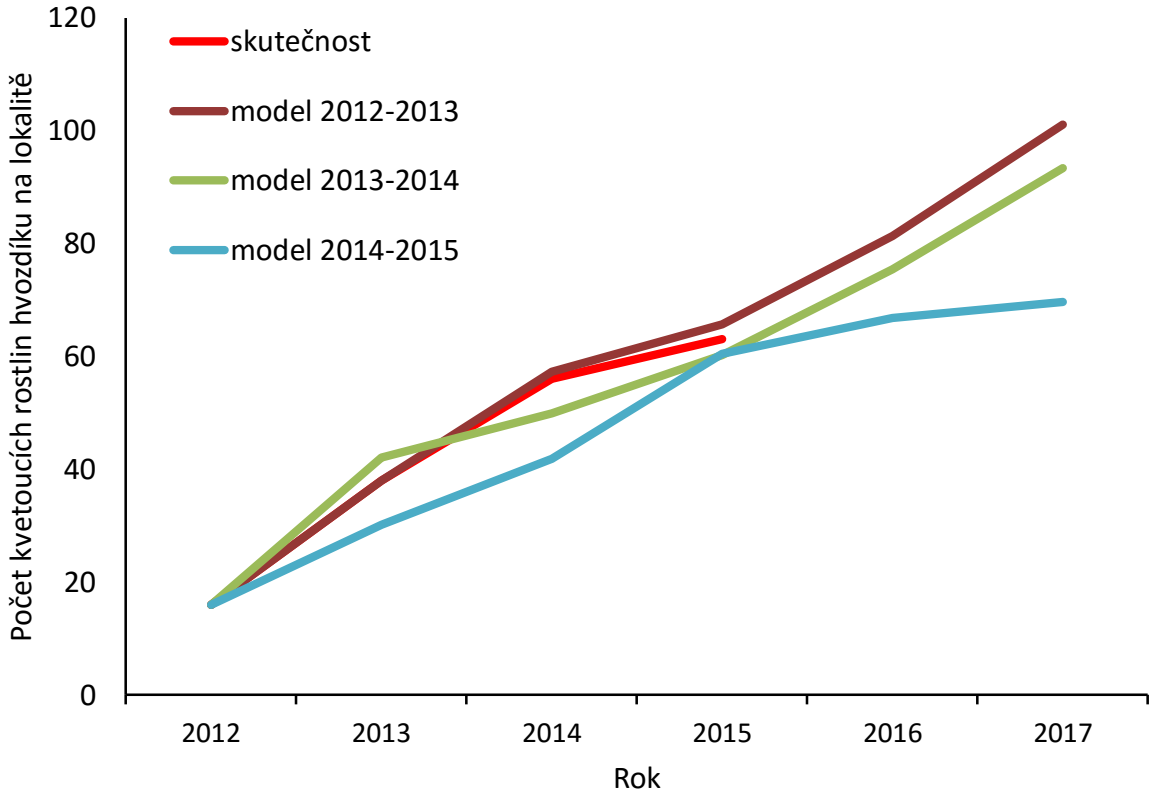
Napadení herbivorem je na lokalitě u Kyškovic velice malé. V roce 2013 činilo průměrně 3.87% tobolek na trs a v letech 2014-2015 to bylo vždy méně než 1%. Vliv herbivorie semen je na této lokalitě pravděpodobně nevýznamný.



Obr. 8. Vývoj množství rostlin hvozdíku, které vzešly z výsevů na trvalých plochách založených v letech 2008 a 2009 na lokalitě u Kyškovic.



Obr. 9. Předpokládaný a skutečný vývoj množství počtu všech rostlin hvozdíku (semenáčky, malé a velké nekvetoucí a kvetoucí dospělé rostliny) na lokalitě u Kyškovic. Jednotlivé modely značí použití dat pouze z jednoho přechodového intervalu (např. 2012-2013), postupně všech přechodových intervalů a skutečné počty zaznamenaných jedinců hvozdíku. Jako počáteční stav byl použit skutečný počet rostlin v jednotlivých fázích životního cyklu, které se v plochách vyskytovaly v roce 2012.



Obr. 10. Předpokládaný a skutečný vývoj množství počtu kvetoucích dospělých rostlin hvozdíku na lokalitě u Kyškovic. Jednotlivé modely značí použití dat pouze z jednoho přechodového intervalu (např. 2012-2013), postupně všech přechodových intervalů a skutečné počty zaznamenaných jedinců hvozdíku. Jako počáteční stav byl použit skutečný počet kvetoucích rostlin, které se v plochách vyskytovaly v roce 2012.

3.3.3 Fytocenologické snímkování ploch se strženým drnem

V této části studie jsme sbírali data o vývoji vegetace z různě starých obnažovaných štěrkopískových ploch na lokalitách v NPP Kleneč i u Kyškovic, čímž jsme rozšířili v předchozích letech získanou řadu dat vypovídající o složení a dynamice vegetace na studovaných trvalých plochách. Dalším cílem je pak tuto souvislou řadu dat o vývoji vegetace propojit s daty o populační dynamice hvozdíku a zjistit jaký vliv mají tyto změny na vývoj populace hvozdíku (část 3.4.1 Studium způsobu reprodukce a reprodukční ekologie).

NPP Kleneč

V NPP Kleneč je prováděno sledování sukcese vegetace již od roku 2010. Sukcese je sledována na ploše s pravidelným shrabáváním opadu a na štěrkopískových plochách, ze kterých byl v letech 1999, 2009 a 2010 odstraněn svrchní humusový horizont (Šímová 2011).

Stejně jako v předchozích letech (2010-2014) a v souladu se ZPZCHD bylo na přelomu června a července 2015 provedeno fytocenologickém snímkování vegetace. Na všech trvalých monitorovacích plochách o rozměrech 1x1 m byla odečtena data o pokryvnosti jednotlivých druhů cévnatých rostlin, pokryvnosti bylinného patra, mechového patra, stařiny a procento povrchu pokryté pískem (popř. volnou půdou).

Na lokalitě v NPP Kleneč bylo založeno a je pravidelně sledováno celkem 94 trvalých ploch, které jsou rozloženy v liniích v rámci různých úseků lišících se způsobem a stářím managementu (stržení humusového horizontu) – Tab. 2. Plán ploch je uveden v příloze 1. Na jaře 2010 byly během první fáze studie založeny trvalé plochy pro sledování sukcese, ze kterých byla na přelomu června a července v letech 2010-2015 pravidelně odečítána data o pokryvnosti jednotlivých druhů rostlin (u 21 ploch, u kterých byl stržen svrchní humusový horizont v roce 2010, jsou vegetační data zaznamenávaná až od roku 2012).

Strženo	Počet ploch	Velikost ploch (m^2)	Data z let
nestrženo	5	1	2010-2015
1999	16	1	2010-2015
2009	52	1	2010-2015
2010	21	1	2012-2015

Tab. 2. Počet ploch s dobou stržení svrchního humusového horizontu na lokalitě v NPP Kleneč, kde jsou odečítána data o pokryvnosti jednotlivých druhů rostlin.

Naším cílem bylo zodpovědět následující otázky:
Jak probíhá sukcese vegetace na lokalitě v NPP Kleneč? Postupuje sukcese vegetace na plochách stržených v letech 2009 a 2010 stejným směrem? Přibývají na plochách s různou dobou stržení humusového horizontu jiné druhy?
Má na složení vegetace větší vliv doba od stržení humusového horizontu nebo jednotlivý kalendářní rok, kdy se na plochy šíří podobné druhy?
Je vegetační složení ploch stržených v roce 2009 a 2010 po pěti (šesti) letech sledování již blízké vegetačnímu složení na plochách stržených v roce 1999?
Jak se liší celková pokryvnost, pokryvnost bylinného a mechového patra a volné země v průběhu sukcese na plochách s různou dobou stržení?

Analýza dat

Nejprve byl proveden pomocí redundanční analýzy (RDA) test vlivu času od stržení na složení vegetace v plochách stržených v roce 2009 a 2010, který nám umožní zjistit, jaké druhy na lokalitě přibývají s postupujícím časem. V těchto testech byl čas použitý jako proměnná prostředí a jako kovariáta byl použit pouze kód trvalé plochy.

Dále byla pomocí analýzy RDA testována interakce mezi časem a dobou stržení, přičemž čas, doba stržení a jednotlivé trvalé plochy byly použity jako kovariáty a interakce času a doby stržení jako nezávislá proměnná. Doba stržení obsahovala tři typy ploch: 1) plochy stržené v roce 2009 (2009), 2) plochy stržené v roce 2010 v jihozápadní části lokality (2010A) a 3) plochy stržené v roce 2010 v severní části lokality (2010B). Průkazná interakce by znamenala, že v každé skupině ploch s jinou dobou stržení dochází k nárůstu či úbytku rozdílných druhů. Čas byl použit jako počet let od stržení.

Testovali jsme také, jaký je vliv jednotlivých kalendářních roků na variabilitu ve vegetačním složení. Opět jsme použili analýzu RDA, přičemž rok stržení byl použit jako nezávislá proměnná (jako faktor) a čas od stržení a jednotlivé plochy jako kovariáty.

Pomocí analýzy hlavních komponent (PCA) bylo vizualizováno rozložení typů stržení (1999, 2009, 2010) v jednotlivých letech podle vegetačního složení.

Data o pokryvnosti jednotlivých druhů byla odmocninově transformována a byly vyřazeny druhy, které se vyskytovaly v datovém souboru méně než pětkrát (Šmilauer & Lepš 2014). Analýza vegetačního složení byla provedena v programu Canoco 5.01 (Šmilauer & Lepš 2014).

Výsledky analýzy vegetačního složení v NPP Kleneč

V analýze vegetačního složení ploch stržených v letech 2009 a 2010 jsme zaznamenali průkazný vliv doby od stržení na vegetační složení. Znamená to, že dle očekávání na lokalitě v průběhu sukcese dochází k nárůstu pokryvnosti některých druhů, přičemž nejvyšší soustavný nárůst byl zaznamenán u druhů *Corynephorus canescens* a *Hypericum perforatum.* Čas po stržení) vysvětluje 4.99 % variability ve vegetačním složení (Obr. 11; pseudo-F = 11.4, P = 0.002) z celkově 7.63 % variability vysvětlitelných první osou. To ukazuje, že čas od stržení umožní vysvětlit 65% variability a ukazuje, že vliv sukcese je tedy hlavním faktorem ovlivňujícím změny ve vegetačním složení na lokalitě.

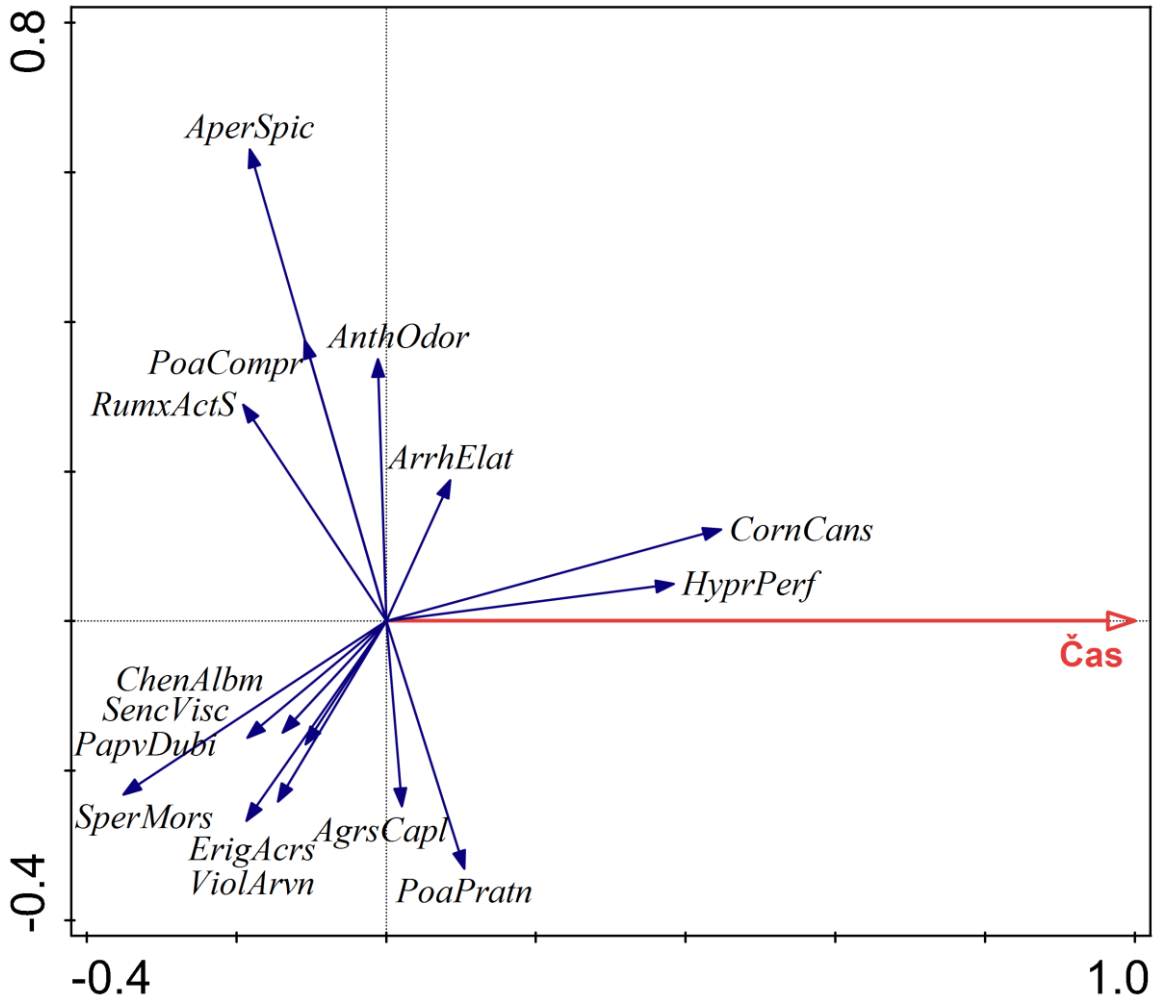
Dále jsme zaznamenali také průkazný vliv interakce času a doby stržení svrchního humusového horizontu na pokryvnost vegetace. Znamená to, že v plochách s různou dobou stržení (2009, 2010A a 2010B) přibývají či ubývají rozdílné druhy. Zatímco v plochách stržených v roce 2009 nejvíce přibývají druhy *Hypericum perforatum, Trifolium arvense* a *Spergulla morissoni*, v plochách stržených v roce 2010 v jihozápadní části lokality (2010A) přibývá zejména *Arrhenatherum elatius, Corynephorus canescens a Centaurea stoebe* a v plochách stržených v roce 2010 v severní části lokality se jedná zejména o druh *Festuca rupicola.* Interakce času a doby stržení vysvětluje 2.71 % variability ve vegetačním složení (Obr. 12; pseudo-F = 3.0, P = 0.002). Je důležité poznamenat, že interakce mezi časem a dobou stržení vysvětluje menší procento variability v datech než samotná doba od stržení. Doba od stržení je tedy důležitějším faktorem určujícím vegetační složení a v plochách se strženým svrchním humusovým horizontem sukcese probíhá velmi podobným způsobem.

Kalendářní rok měl také průkazný vliv na vegetační složení na plochách (pseudo-F = 2.0, P = 0.002), avšak vysvětluje pouze 1.41 % variability v datech z celkových 8.50 % variability vysvětlitelných první osou (Obr. 13). Přestože tedy v jednotlivých letech dochází na plochách k nárůstu rozdílných druhů, přispívají tyto druhy jen málo k celkové variabilitě ve vegetačním složení.

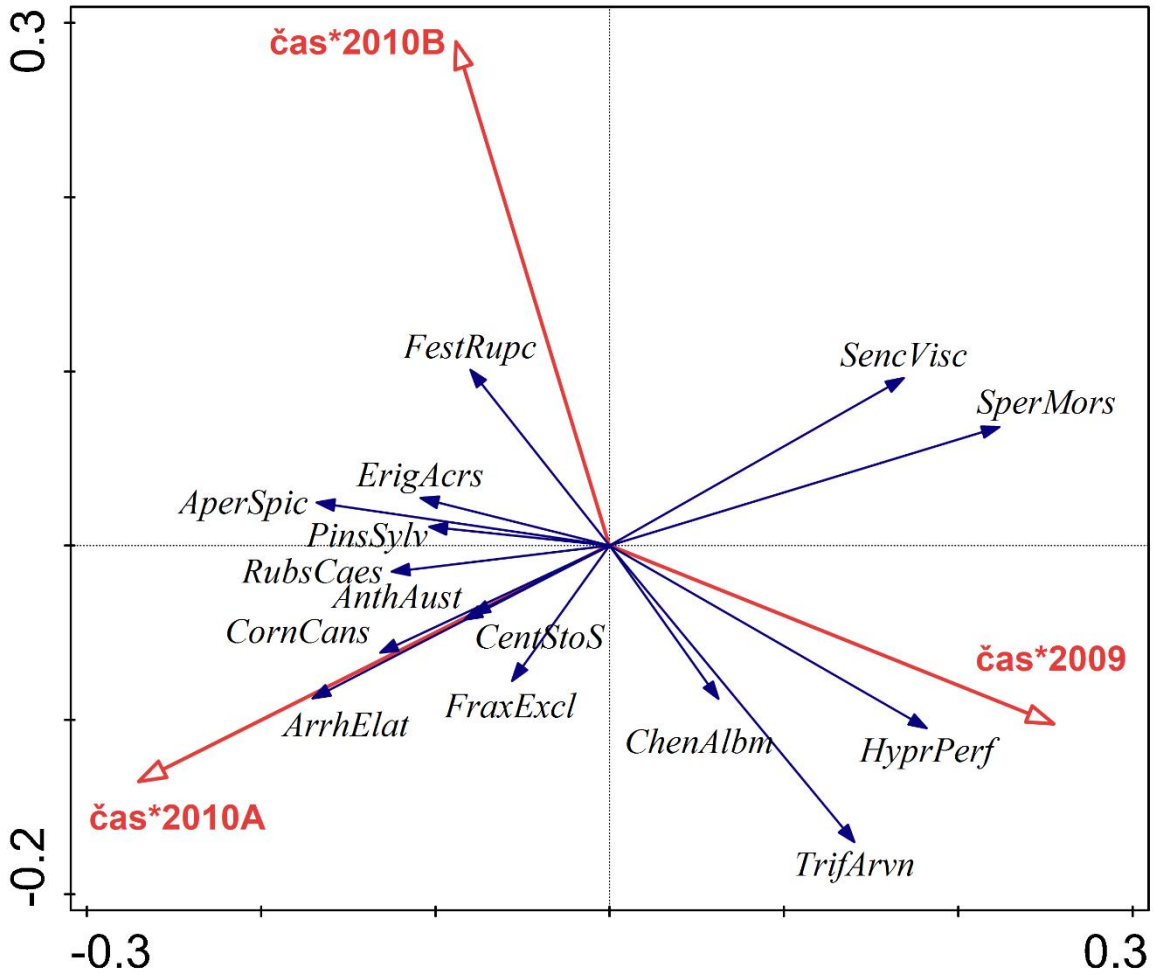
Analýza PCA nám ukazuje na jasné oddělení ploch stržených v roce 1999 a ploch stržených v letech 2009 a 2010. Zatímco na starších plochách jsou zastoupeny hlavně druhy jako *Lotus corniculatus, Dianthus carthusianorum, Festuca rupicola, Calluna vulgaris* nebo *Hieracium pilosella*, plochy stržené v letech 2009 a 2010 se liší hlavně hojným zastoupením *Corynephorus canescens* (Obr. 14).

Celková pokryvnost u ploch stržených v roce 1999 dosáhla už téměř 100%, přičemž u ploch stržených v roce 2009 je to zatím jen okolo 50 %. Plochy stržené v roce 2010 zarůstají podobným způsobem jako plochy stržené v roce 2009, tj. mají roční zpoždění (Obr. 15). Pokryvnost bylinného patra se ale za 5 let od stržení téměř srovnala a plochy stržené v letech 2009 a 2010 dosahují pokryvnosti bylinného patra okolo 35%, což je i hodnota u ploch stržených v roce 1999 (Obr. 16). Naproti tomu pokryvnost mechového patra je u ploch stržených v roce 1999 okolo 50%, čemuž plochy stržené v letech 2009 a 2010 blíží velice pomalu (současná pokryvnost okolo 5%, Obr. 17). Zbývající

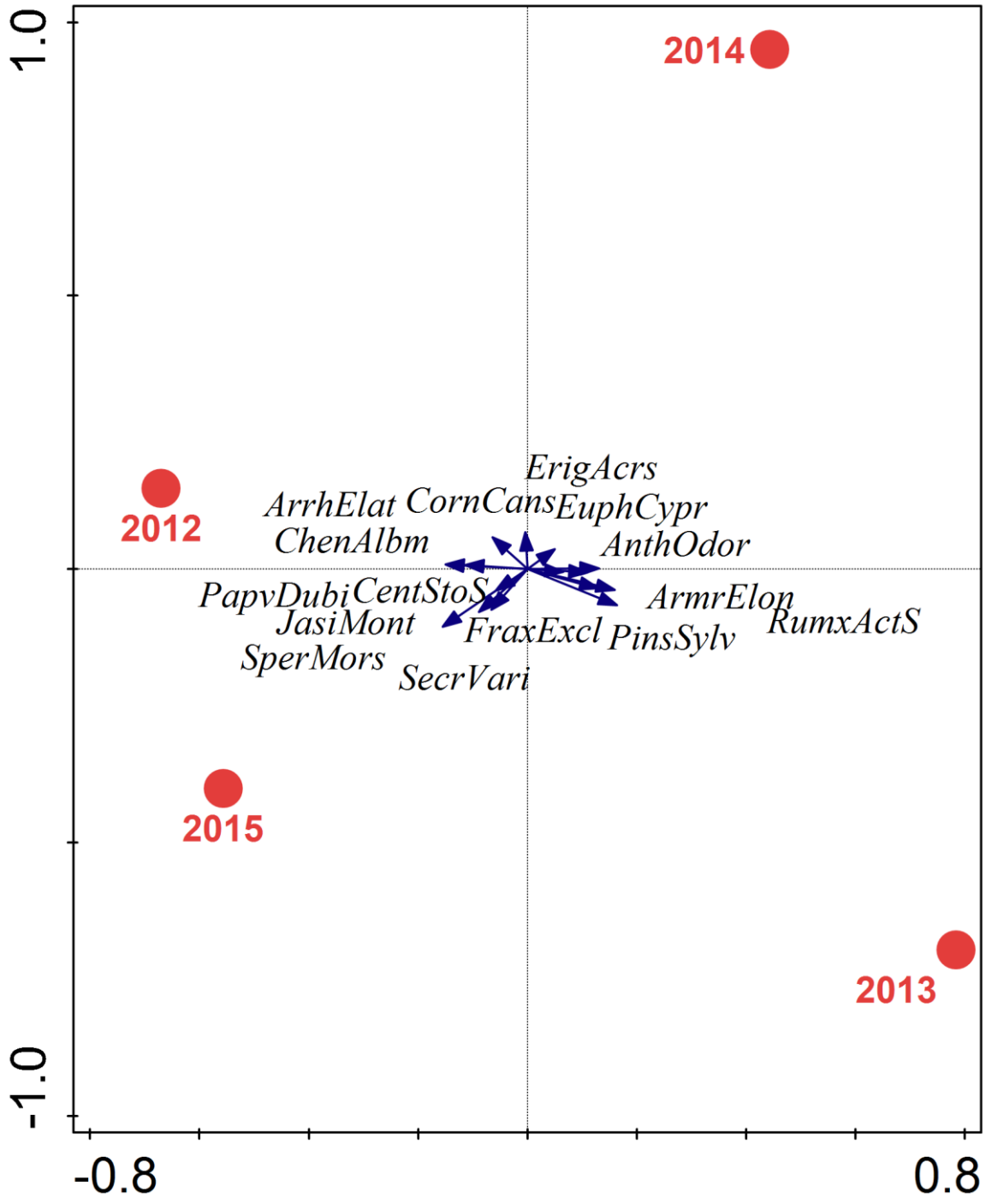
podíl volné země (tvořené většinou pískem) je u ploch stržených v roce 1999 pouze do 10%, zatímco u ploch stržených v letech 2009 a 2010 procento volné země klesá k 50% (Obr. 18).



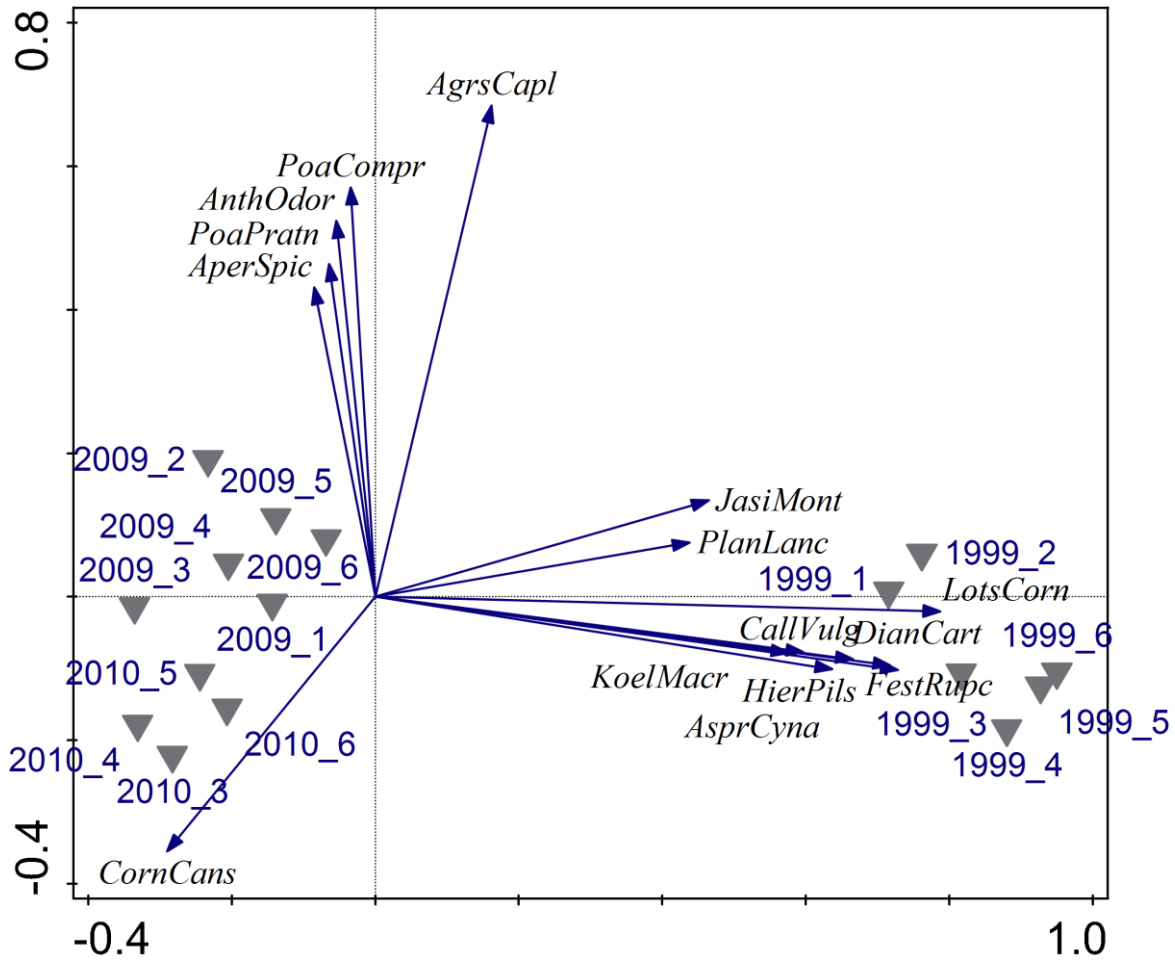
Obr. 11. Výsledek RDA analýzy, ve které byl testován vliv času (Čas) na vegetační složení v plochách v NPP Kleneč. Čas po stržení má průkazný vliv na vegetační složení (pseudo-F = 11.4, P = 0.002). První osa (čas po stržení) vysvětluje 4.99 % a druhá osa 8.02 % variability ve vegetačním složení. Vysvětlivky druhových názvů rostlin jsou uvedeny na straně 64 této zprávy.



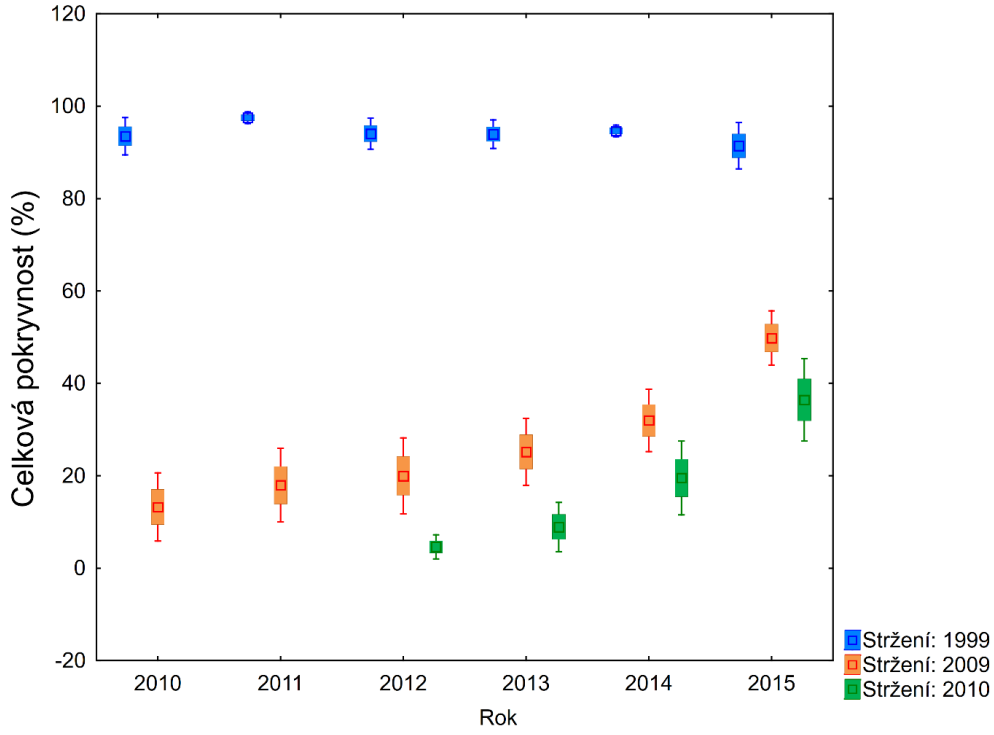
Obr. 12. Výsledek analýzy RDA, kdy byl testován vliv interakce mezi časem a dobou stržení svrchního humusového horizontu na vegetační složení v trvalých plochách v NPP Kleneč. Testovaná interakce je průkazná (pseudo-F = 3.0, P = 0.002). První osa vysvětluje 1.96 % variability a 2. osa vysvětluje 0.75 % variability ve vegetačním složení. Vysvětlivky druhových názvů rostlin jsou uvedeny na straně 64 této zprávy.



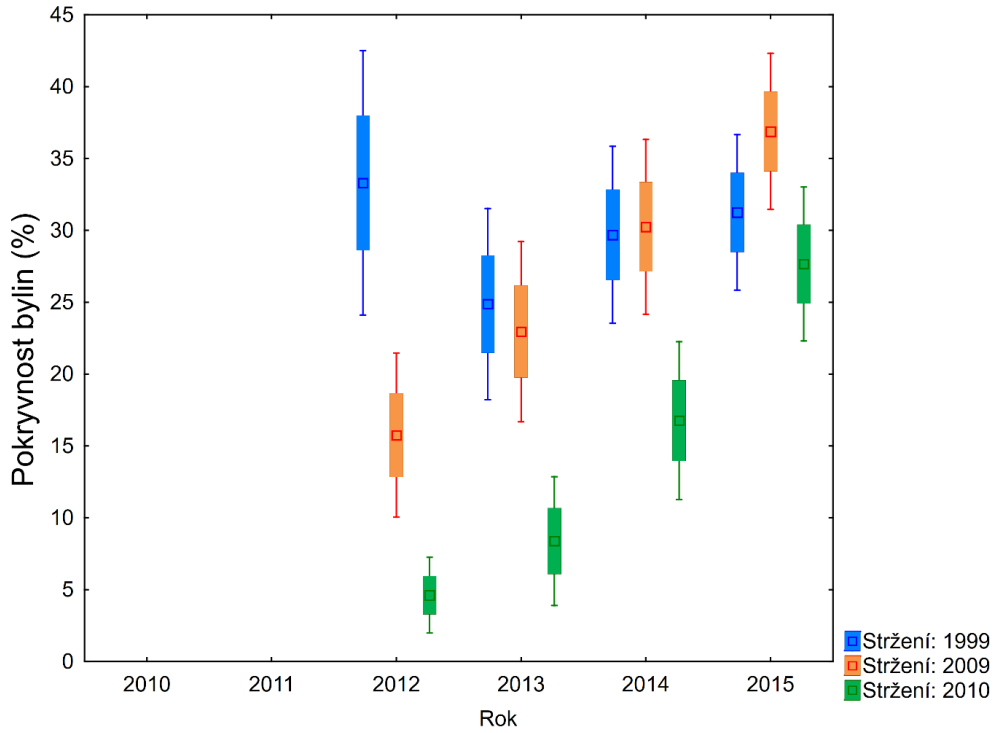
Obr. 13. Výsledek RDA analýzy, ve které byl testován vliv kalendářního roku (použit jako faktor) na vegetační složení v plochách v NPP Kleneč, ve kterých byl stržen svrchní humusový horizont v letech 2009 a 2010. Kalendářní rok má průkazný vliv na vegetační složení (pseudo-F = 2.0, P = 0.002). První osa vysvětluje 1.41 % a druhá osa 0.39 % variability ve vegetačním složení. Vysvětlivky druhových názvů rostlin jsou uvedeny na straně 64 této zprávy.



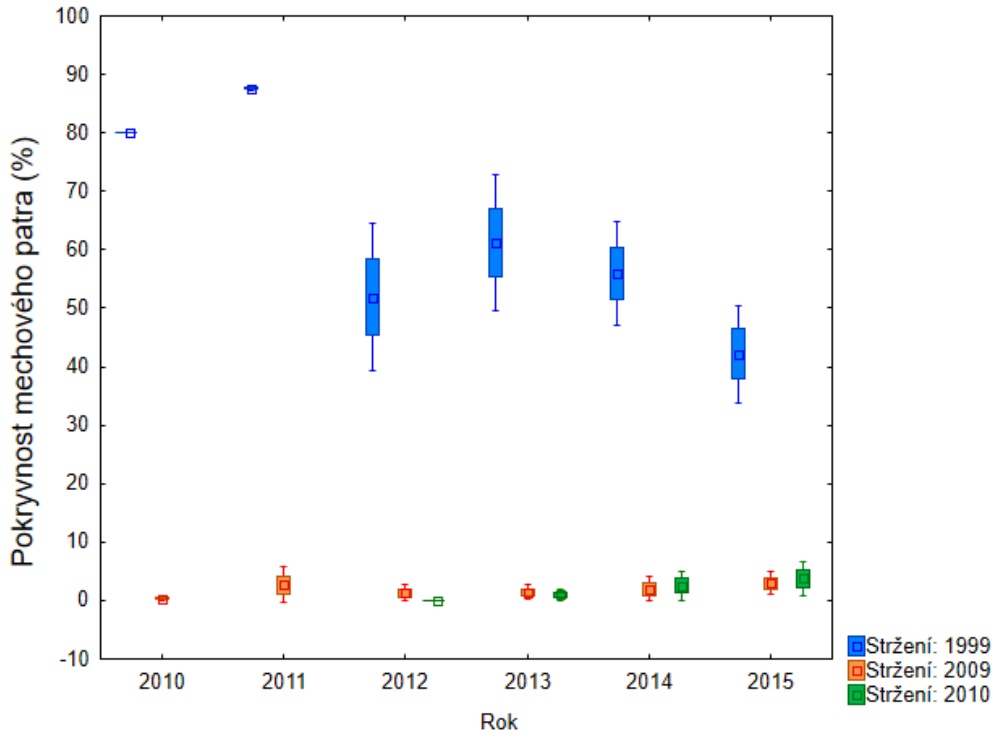
Obr. 14. Výsledek PCA analýzy, kde vidíme rozložení průměrů trvalých ploch stržených v různých letech v jednotlivých letech odečtu v NPP Kleneč. 1999_1 značí průměr ploch stržených v letech 1999 odečtených v roce 2010, 2009_1 značí průměr ploch stržených v roce 2009 odečtených v roce 2010, 2009_2 značí průměr ploch stržených v roce 2009 odečtených v roce 2011 apod. První osa vysvětluje 9.48 % a druhá osa 5.28 % variability ve vegetačním složení. Vysvětlivky druhových názvů rostlin jsou uvedeny na straně 64 této zprávy.



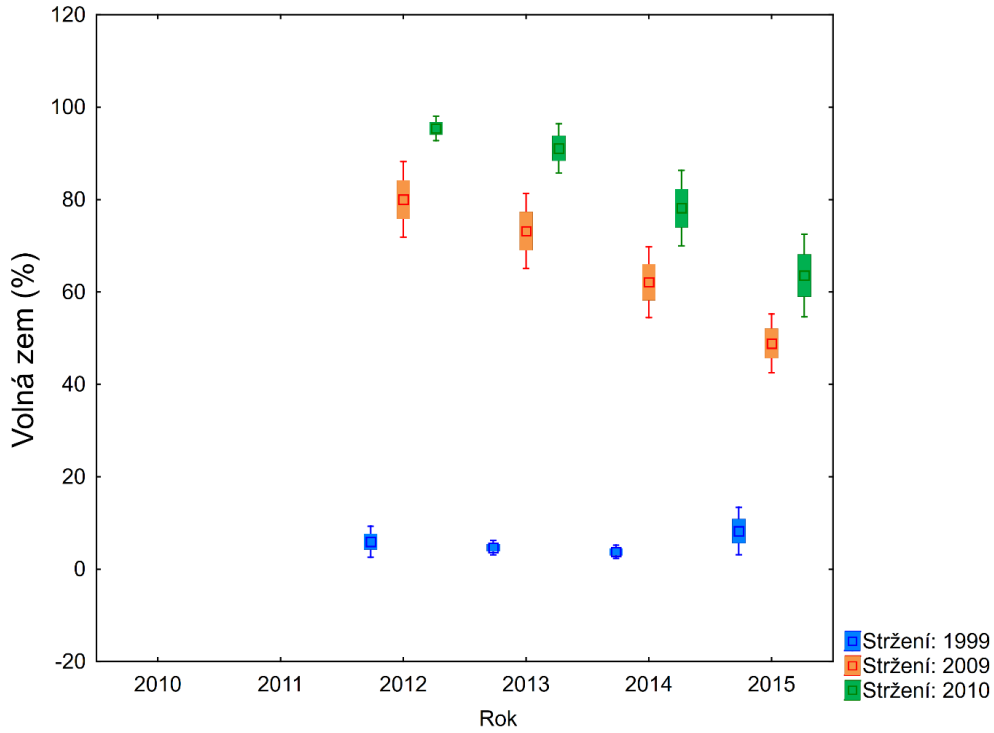
Obr. 15. Celková pokryvnost vegetace (bylinného i mechového patra) zaznamenaná v letech 2010-2015 na plochách s vrchní strženou humusovou vrstvou v letech 1999, 2009 a 2010 na lokalitě NPP Kleneč. Zobrazené hodnoty představují průměry, střední chyby průměru (SE) a 1.96*SE.



Obr. 16. Celková pokryvnost bylinného patra zaznamenaná v letech 2010-2015 na plochách s vrchní strženou humusovou vrstvou v letech 1999, 2009 a 2010 na lokalitě NPP Kleneč. Zobrazené hodnoty představují průměry, střední chyby průměru (SE) a 1.96*SE.



Obr. 17. Celková pokryvnost mechového patra zaznamenaná v letech 2010-2015 na plochách s vrchní strženou humusovou vrstvou v letech 1999, 2009 a 2010 na lokalitě NPP Kleneč. Zobrazené hodnoty představují průměry, střední chyby průměru (SE) a 1.96*SE.



Obr. 18. Celková pokryvnost volné země (většinou písku) zaznamenaná v letech 2010-2015 na plochách s vrchní strženou humusovou vrstvou v letech 1999, 2009 a 2010 na lokalitě NPP Kleneč. Zobrazené hodnoty představují průměry, střední chyby průměru (SE) a 1.96*SE.

Všechna data o vegetaci sebraná v roce 2015 včetně dat zaznamenaných v minulých letech jsou v přiloženém souboru „hvozdík vegetace 2010-2015.xlsx“.

Lokalita u Kyškovic

Na lokalitě u Kyškovic bylo postupně založeno a je pravidelně sledováno celkem 36 trvalých ploch, které jsou vždy seskupeny po čtyřech do větších ploch (3 x 3 m) – plán ploch je uveden v příloze 2.

Na jaře roku 2010 bylo během první fáze studie založeno 6 trvalých ploch (3 x 3 m), v každé z nichž byly ještě vyznačeny 4 podplochy o velikosti 1 x 1 m (viz příloha 2). V těchto plochách byla v letech 2010 a 2011 pravidelně odečítána data o pokryvnosti jednotlivých druhů rostlin (Šímová 2011). V roce 2011 byly vytvořeny další tři nové trvalé plochy o velikosti 3 x 3 m s navezeným štěrkopískem a na nich založeny nové výsevové plochy. V roce 2012-2015 byla vždy na přelomu června a července odečtena data o vegetaci ve všech 36 sledovaných plochách o velikosti 1 m^2. Od roku 2014 jsou odečítány ještě dvě podplochy v rámci plochy 6/7, která je umístěna v rozvolněné vegetaci mezi plochami 6 a 7.

Naším cílem bylo zodpovědět následující otázky:
Jaké jsou hlavní druhy, které zarůstají trvalé plochy?
Liší se jednotlivé plochy v tom, jaké druhy se na nich během sukcese rozrůstají?
Jak se po 5 letech liší jednotlivé trvalé plochy ve vegetačním složení?

Sběr a analýza dat

V programu Canoco 5.01 (ter Braak & Šmilauer 2002) byla provedena analýza vegetačního složení a sledovali jsme, jak se mění vegetační složení za 5 let studie.

Redundanční analýza (RDA) byla použita pro test vlivu času na vegetaci v trvalých plochách. V tomto testu byl použit čas jako proměnná prostředí a jako kovariáta byl použit kód podplochy. Data o pokryvnosti jednotlivých druhů byla odmocninově transformována a byly vyřazeny druhy, které se vyskytovaly v datovém souboru méně než pětkrát (Lepš & Šmilauer 2003). Do této analýzy byly zahrnuty všechny plochy kromě nových ploch vytvořených až v roce 2011, u kterých máme data o vegetaci pouze z roku 2012 až 2015.

Dále byla pomocí analýzy RDA testována interakce mezi časem a plochou, přičemž čas, plocha stržení a jednotlivé trvalé podplochy byly použity jako kovariáty a interakce času a plochy jako nezávislá proměnná. Průkazná interakce by znamenala, že v každé ploše (skládající se ze 4 podploch) dochází k nárůstu či úbytku rozdílných druhů. Čas je použit jako počet let od založení trvalých ploch.

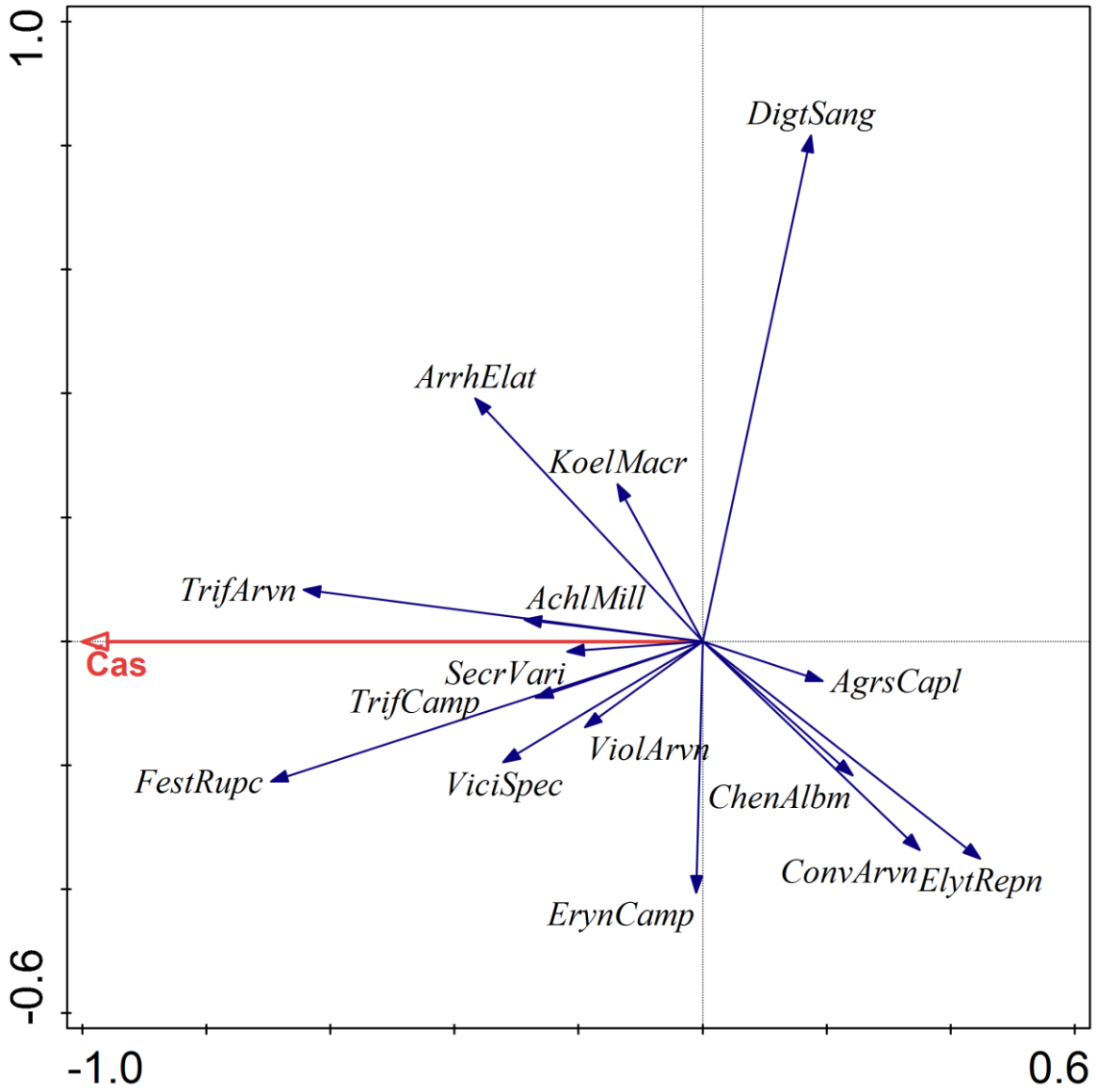
Pomocí analýzy hlavních komponent (PCA) bylo vizualizováno rozložení všech jednotlivých trvalých ploch a podploch podle vegetačního složení (včetně nově založených v roce 2011).

Výsledky analýzy vegetačního složení

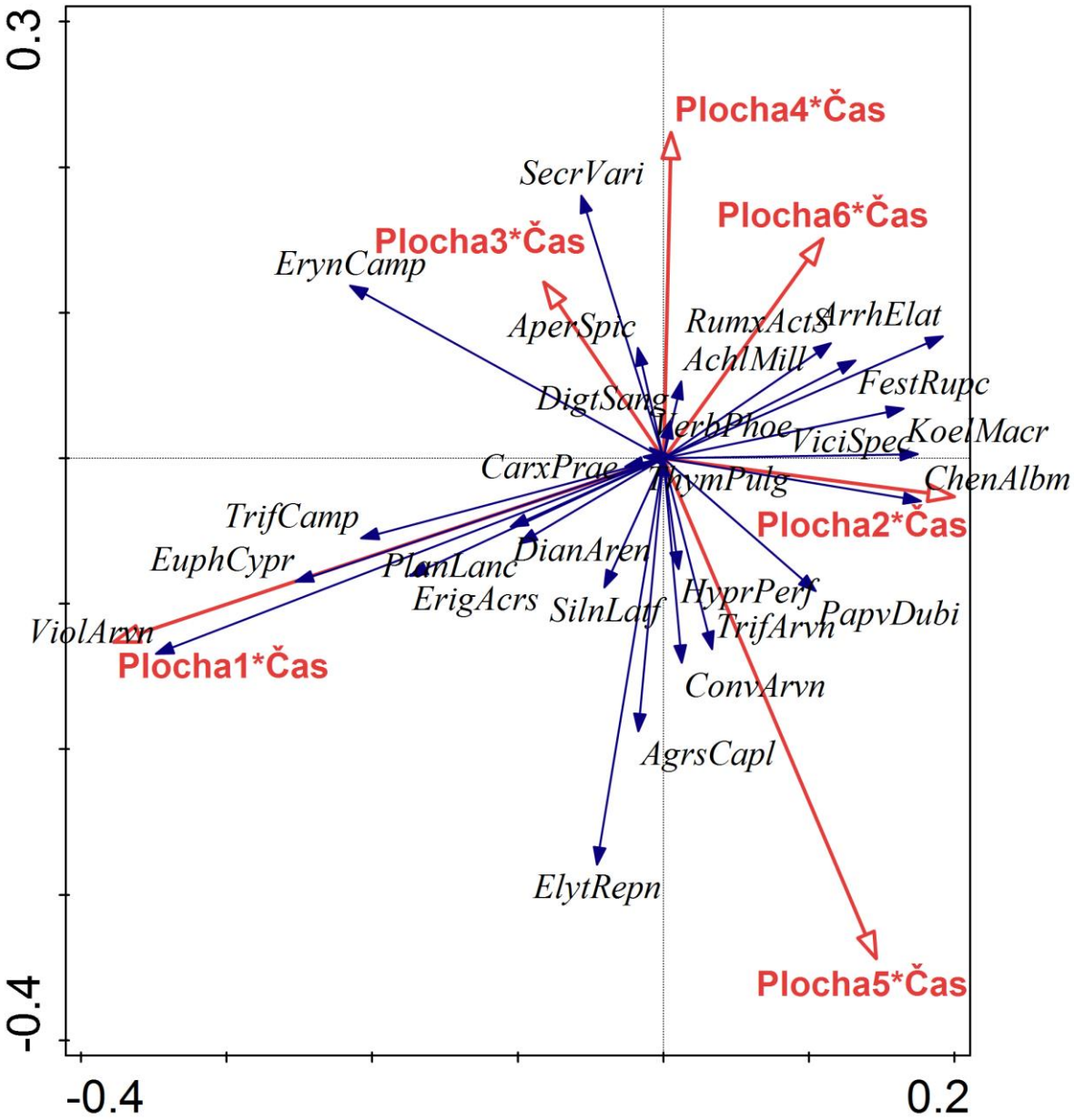
Analýza vegetačního složení ukazuje druhy, jejichž pokryvnosti se nejvíce změnily za 5 let sledování. Celkově největší nárůst můžeme sledovat u druhů *Festuca rupicola*, *Vicia hirsuta*, *Trifolium arvense*, *Arrhenatherum elatius*. Čas vysvětluje 18.58 % variability ve vegetačním složení (pseudo-F = 27.2, P = 0.002, Obr. 19).

Zaznamenali jsme také průkazný vliv interakce času a plochy na pokryvnost vegetace. Znamená to, že v různých plochách přibývají či ubývají rozdílné druhy. Interakce času a plochy vysvětluje celkem 8.9% variability v datech (pseudo-F = 2.2, P = 0.002; Obr. 20). Z celkově vysvětlitelných 20.5 % variability první osou je to však relativně málo, když uvážíme, že čas vysvětlil 18.58 % variability. To je pravděpodobně dáno pravidelným managementem, který zabraňuje samovolné sukcesi a výsledky do značné míry ovlivňuje. Když se podíváme na rozložení ploch podle vegetačního složení v jednotlivých letech (analýza PCA, Obr. 21), můžeme vidět, že jsou si velice podobné. Vyčleňuje se pouze plocha 5, která se vyznačuje vysokým zastoupením *Eryngium campestre*, dále plochy 8 a 9, které se jsou umístěny na místech s větším stínění stromů (zejména dubů) a které jsou charakterizovány zejména druhy jako *Euphorbia cyparissias*, *Digitaria sanguinalis* nebo *Carex pracox.* Odlišuje se také plocha 6/7, který jako jediná není na písku a kde byl hvozdík vyset do rozvolněné vegetace mezi plochami 6 a 7 a kde je větší zastoupení zejména *Festuca rupicola*.

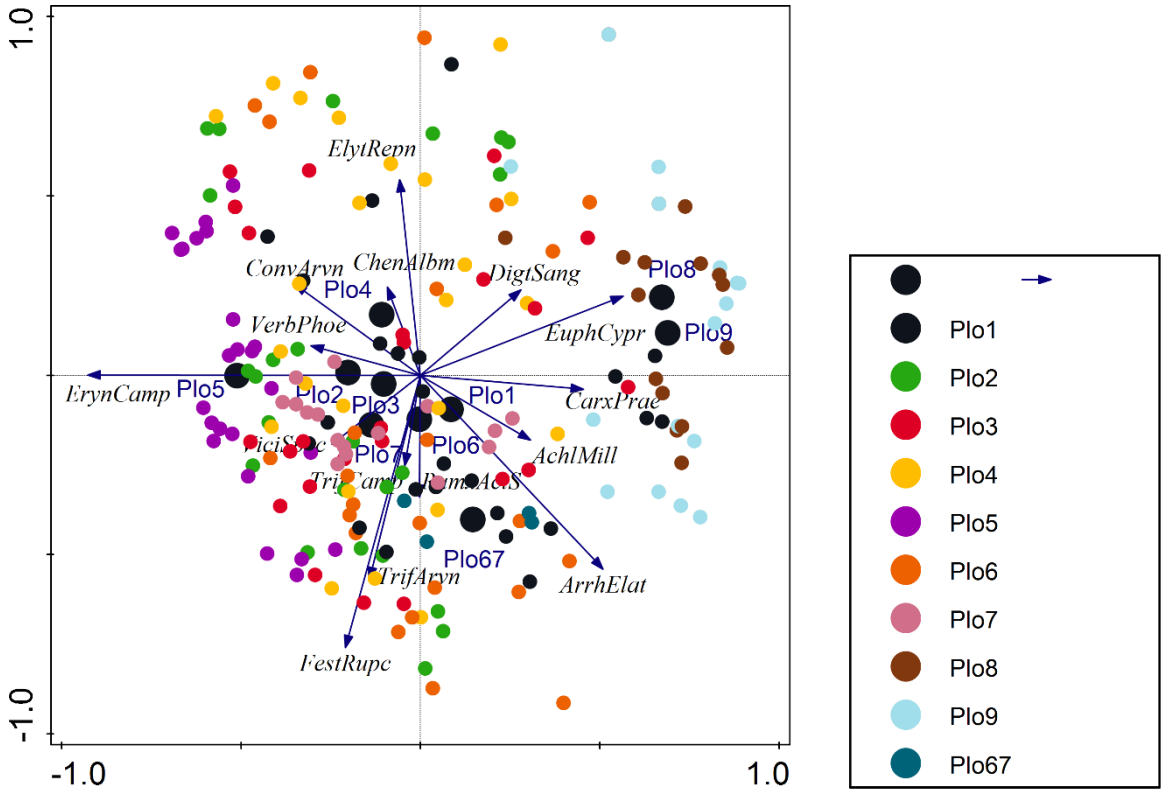
Celková pokryvnost vegetace dosáhla za 5 let od založení trvalých ploch okolo 30%, pokryvnost bylinného patra 20%, mechového patra do 5% a pokryvnost volné země klesla v průměru na 70%.



Obr. 19. Výsledek RDA analýzy, ve které byl testován vliv času na vegetační složení v plochách na lokalitě u Kyškovic. První osa (čas) vysvětluje 18.58 % a druhá osa 20.36 % variability ve vegetačním složení (pseudo-F = 27.2, P = 0.002). Vysvětlivky druhových názvů rostlin jsou uvedeny na straně 64 této zprávy.



Obr. 20. Výsledek RDA analýzy, ve které byla testována interakce času (Rok) a jednotlivých ploch na vegetační složení na lokalitě u Kyškovic. Interakce měla průkazný vliv a vysvětlila 8.90% variability ve vegetačním složení (pseudo-F = 2.2, P = 0.002). První osa vysvětluje 3.22 % a druhá osa 2.63 % variability ve vegetačním složení. Vysvětlivky druhových názvů rostlin jsou uvedeny na straně 64 této zprávy.



Obr. 21. Výsledek PCA analýzy znázorňující variabilitu ve vegetačním složení v jednotlivých plochách v jednotlivých letech na lokalitě u Kyškovic. Stejná barva znázorňuje snímky ve stejné ploše v jednotlivých letech (2010-2015). První osa vysvětluje 20.50 % a druhá osa 17.29 % variability ve vegetačním složení. Plo1 = plocha1, Plo67 = plocha 6/7. Vysvětlivky druhových názvů rostlin jsou uvedeny na straně 64 této zprávy.

Shrnutí

Na obou sledovaných lokalitách je dle očekávání čas faktorem, který určuje hlavní směr variability ve vegetačním složení v trvalých plochách. Zatímco ale v NPP Kleneč jsou hlavní druhy kolonizující pískové plochy hlavně *Corynephorus canescens* a *Hypericum perforatum*, na lokalitě u Kyškovic je to zejména *Festuca rupicola*, *Trifolium arvense* nebo *Securigera varia*, druhy vyskytující se v okolní vegetaci. Mezi plochami s různou dobou stržení dochází k určité variabilitě ve vegetačním složení, avšak tato variabilita (ač významná) je vždy mnohem menší než variabilita v důsledku sukcese s postupujícím časem. Zejména v NPP Kleneč je proto možné stržení svrchního humusového horizontu možné pokládat za management aplikovatelný s podobným výsledkem v různých částech lokality. Sukcese však na lokalitě v NPP Kleneč neprobíhá příliš rychle a i po 5-6 letech (plochy stržení v letech 2009 a 2010) se stav vegetace na plochách příliš nepřiblížil stavu vegetace na plochách stržených v roce 1999.

Obě lokality postupně relativně rychle zarůstají zejména cévnatými rostlinami, které v NPP Kleneč za 5 let dosáhly v průměru 35%, což je hodnota velice podobná na plochách stržených již před 17 lety (v roce 1999). Čím se plochy stržené v roce 1999 a plochy stržené v letech 2009 a 2010 významně liší je zastoupení mechového patra, které i když na starších plochách dosahuje okolo 50%, na mladších plochách většinou nedosahuje ani 5%. Narůstající mechové patro je tak hlavní příčinou velkých rozdílů v podílu volné půdy mezi staršími a novými plochami, který činí do 10% u ploch stržených v roce 1999 a okolo 50% u ploch stržených v letech 2009 a 2010. Nárůst především mechového patra je tedy zodpovědný za výrazné snížení podílu volné půdy vhodného pro vzcházení nových semenáčků hvozdíku.

Na lokalitě u Kyškovic je situace obdobná s tím rozdílem, že plochy zarůstají výrazně pomaleji v důsledku pravidelného managementu, který je na lokalitě prováděn. Na rozdíl od lokality v NPP Kleneč je ale na této lokalitě velký nárůst druhu *Eryngium campestre*, který zarůstá trvalé plochy a jeho nárůst jde jen velice obtížně regulovat.

3.3.4 Sledování mikroklimatických hodnot na lokalitách

V roce 2010 bylo na lokalitu NPP Kleneč nainstalováno 20 mikroklimatických čidel, která v půlhodinových intervalech zaznamenávají data o teplotách 10 cm pod zemí, při zemi, 10 cm nad zemí a data o půdní vlhkosti (Šímová 2011). V celkových datech z let 2010-2014 sice chybí mnoho údajů a jejich zpracování může být proto značně problematické, avšak získané údaje mohou poskytnout řadu užitečných informací o variabilitě teplot a půdní vlhkosti v rámci lokality ve vztahu k postupující sukcesi po stržení svrchního humusového horizontu (Dostálek 2014). Data z čidel nám také umožní vysvětlit rozdíly mezi plochami a také rozdíly v úspěšnosti usazení, přežívání a reprodukci či šíření hvozdíku v různých částech zkoumaných lokalit lišících se svým managementem a jeho stářím.

Sběr dat

Z důvodu značného snížení počtu funkčních, původně nainstalovaných, čidel v roce 2014, jsme doplnili 16. 3. 2015 teplotně vlhkostní čidla do okolí některých ploch na lokalitě v NPP Kleneč a současně několik čidel nově nainstalovali i na lokalitu u Kyškovic. Konkrétně jsme doplnili celkem 10 čidel, s tím, že 3 byly nově nainstalovány na trvalé plochy lokality u Kyškovic a zbylá čidla (7 ks) byla doplněna na lokalitu v NPP Kleneč. Nová generace čidel TOMST (TMS 3) je méně poruchová a odolnější.

Stará i nová čidla byla odečtena 31. 8., 12. 10. a 7. 12. 2015 a 31. 5. 2016. Ze získaných dat byly vypočteny průměrné, maximální a minimální měsíční hodnoty teplot (podzemní, při zemi a nadzemní) a vlhkostí. Dále jsme spočetli také průměrný maximální rozsah teplot pro jednotlivé období. Pro přežívání hvozdíku i dalších druhů rostlin na písčinách je důležitý počet dnů s vysokými teplotami (nad 30 °C) a počet suchých dní (tj. dní s hodnotami nižšími než 25% percentil všech hodnot) v měsíci. Tyto extrémy limitují růst a přežívání jedinců. Vypočetli jsme hodnoty za jednotlivá období v jednotlivých letech jako průměry/minima/maxima/součty měsíčních hodnot zaznamenaných v trvalých plochách v období léto a zima před odečtem nových rostlin hvozdíku, který je pravidelně prováděn na začátku června a koncem října. Tj. např. pro léto 2012-13 jsou to hodnoty z červnových, červencových, srpnových, zářijových a říjnových měření v roce 2012, pro zimu 2012-13 jsou to hodnoty z listopadových, prosincových měření v roce 2012 a z lednových, únorových, březnových, dubnových a květnových měření v roce 2013. Tato data byla dále použita k vyhodnocení jednak samostatně k vysledování trendů ve vývoji teplot a vlhkostí a následně taktéž ve vztahu k populační dynamice hvozdíku v kapitole 3.4.1. Studium způsobu reprodukce a reprodukční ekologie.

Zde je však potřeba zdůraznit, že teplotní a vlhkostní data nejsou k dispozici pro celý sledovaný interval 2010-2015 z důvodu poruch nebo ztráty některých čidel. Z toho důvodu je možné, že kompletní data by poskytla lehce jinou informaci. Zvlášť vlhkostní data mnohdy vykazují podezřelé hodnoty, které jsme museli často vyloučit. Vlhkostní data se také liší mezi jednotlivými typy čidel (byly použity dvě generace TMS 1 a novější TMS 3). Výsledky týkající se vlhkosti je tedy potřeba brát s určitou rezervou.

Výsledky

Výsledky zaznamenaných hodnot z čidel ukazují, že průměrný chod teplot během jednotlivých roků a na jednotlivých trvalých plochách je podobný, s nejvyššími průměrnými teplotami při povrchu země v červenci (25.6 °C) a nejnižšími průměrnými teplotami v únoru (0.7 °C). Nejteplejším měsícem za sledované období 2010-2015 byl červenec 2013, kdy průměrná teplota při povrchu země činila 26.7 °C, naopak nejstudenějším byl únor 2012, kde průměrná teplota při povrchu země činila -3.2 °C.

Ve sledovaném období 2010-2015 minimálních hodnot dosáhla teplota při povrchu půdy 11. 2. 2012, téměř -21.6 °C, maximální teplota pak byla zaznamenána 28. 7. 2013, 54.9 °C. Průběh vlhkosti během roku se značně lišil a to jak mezi jednotlivými roky, tak mezi jednotlivými trvalými plochami. Nejvlhčí ve sledovaném období byl prosinec 2015, nejsušší leden 2016. Vlhkostní data je ale potřeba interpretovat opatrně vzhledem k technickým problémům popsaným v části *Sběr dat*.

Při porovnání průměrných měsíčních teplot a vlhkostí, minimálních a maximálních teplot zaznamenaných při povrchu země a průměrného maximálního rozpětí teplot při povrchu země mezi

jednotlivými plochami v jednotlivých letech (Tab. 3, Tab. 4) jsme zaznamenali velikou variabilitu jak mezi jednotlivými lety, tak mezi plochami. Variabilita mezi plochami však nešla jednoduše vysvětlit dobou od stržení humusového horizontu, přestože na ploše stržené v roce 1999 jsme zaznamenali většinou nižší průměrné teploty ve srovnání s plochou strženou v roce 2009, a to jak v letním tak v zimním období (Tab. 3). To však již neplatilo pro rozdíly ve vlhkosti, minimálních a maximálních teplotách nebo v průměrném maximálním rozpětí teplot (Tab. 3, Tab. 4, Tab. 5). Přestože se tedy může zdát, že narůstající vegetace na dříve stržených plochách (v roce 1999) plochy brání před velkými teplotami, v praxi je variabilita rozložena spíše na úrovni jednotlivých trvalých ploch. Je také nutno dodat, že rozdíly jsou velmi malé až na výjimky. Výjimky však mohou být někdy způsobeny chybou konkrétních čidel, přestože jsme se snažili většinu těchto chyb odstranit vyloučením těchto podezřelých dat.

Rozdíly mezi jednotlivými hodnotami mezi jednotlivými roky mohou být způsobeny rozdílným množstvím měsíců s dostupnými daty. Data je tedy potřeba srovnávat hlavně v rámci jednotlivé sezóny a srovnání mezi roky je potřeba dělat s opatrností.

Průměrná teplota při zemi

Kleneč		Číslo trvalé plochy 1	3	5	9	11	15	17	19	21	23	25	27	54	60	64	70
léto	2009-10	18.8	18.1	18.9	18.5		18.8		18.7	18.5						18.8	19.0
	2012-13	18.3	17.9	19.1	18.1	18.4	18.5	18.4	18.9		19.2	18.2	18.2	17.9			
	2013-14	22.2		22.4	21.6	21.8	22.1	21.9	22.5		22.7	21.3	21.6	21.0			20.7
	2014-15			21.5	21.4	21.3		21.3	22.2		22.3			20.1	19.8		20.4
	2015-16	24.4		23.9	23.5	24.0		23.2				23.4				23.9	22.9
zima	2010-11	4.4	3.8	4.2	4.0		4.3		4.1	4.3						4.2	4.4
	2011-12	7.9	7.6	7.9	7.3	7.5	7.7	7.6	7.8	7.8	8.1	7.5	7.9	7.2	7.2	7.4	7.7
	2012-13	4.9			4.7	4.7	5.1	4.9	5.2		5.4	4.6		4.6			4.6
	2013-14	7.4		7.1	6.8	6.8		7.1	7.3		7.5			6.5			
	2014-15	15.0		14.8	14.3	14.3		14.3			15.8	14.7		14.2		14.6	13.8
	2015-16	7.8		7.4	7.4						8.0	6.9		7.6	6.8	7.4	6.5

Kyškovice		1	7	8
léto	2015-16	19.7	21.1	17.8
zima	2014-15	13.8	13.1	12.7
	2015-16	5.7		6.0

Průměrná vlhkost

Kleneč		Číslo trvalé plochy 1	3	5	9	11	15	17	19	21	23	25	27	54	60	64	70
léto	2009-10	0.04	0.01	0.02	0.03		0.03		0.03	0.05						0.04	0.02
	2012-13	0.02	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.03		0.03	0.04	0.03	0.03			
	2013-14	0.04		0.04	0.05	0.03		0.03	0.03		0.03	0.03	0.03	0.04			0.01
	2014-15			0.04	0.04	0.04		0.05	0.03		0.03			0.03	0.01		0.04
	2015-16	0.04			0.02	0.02										0.06	0.08
zima	2010-11	0.04	0.02	0.02	0.03		0.04		0.02	0.04						0.04	0.02
	2011-12	0.02	0.01	0.02	0.03	0.02	0.03	0.03	0.02	0.02	0.01	0.03	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01
	2012-13	0.02			0.04	0.03		0.04	0.03		0.04	0.03		0.05			0.01
	2013-14	0.03		0.05	0.05	0.03		0.04	0.03		0.04			0.02			
	2014-15	0.07			0.03	0.04		0.05			0.02					0.10	0.08
	2015-16	0.09		0.04	0.06						0.04	0.03		0.13	0.24	0.06	0.04

Kyškovice		1	7	8
léto	2015-16	0.09	0.04	0.04
zima	2014-15	0.12	0.06	0.07
	2015-16	0.12		0.05

Tab. 3. Průměrné hodnoty teplot zaznamenaných při povrchu země a vlhkosti na lokalitách hvozdíku v NPP Kleneč a u Kyškovic. Hodnoty za jednotlivá období v jednotlivých letech jsou vypočteny jako průměry průměrných měsíčních teplot zaznamenaných v dané trvalé ploše. V období (léto/zima) jsou průměry všech dostupných hodnot v dané ploše před odečtem nových rostlin hvozdíku, tj. např. pro léto 2012-13 jsou to průměry z průměrných červnových, červencových, srpnových, zářijových a říjnových hodnot v roce 2012, pro zimu 2012-13 jsou to průměry z průměrných listopadových, prosincových hodnot v roce 2012 a lednových, únorových, březnových, dubnových a květnových hodnot v roce 2013. Barevně je znázorněno rozpětí hodnot v rámci jednoho období v daném roce v NPP Kleneč, přičemž červeně jsou nejvyšší hodnoty a modře nejnižší. Na plochách 1-27 na lokalitě v NPP Kleneč byl humusový horizont stržen v roce 2009, na plochách 54-70 v roce 1999.

Minimální teplota při zemi

Kleneč		Číslo trvalé plochy															
		1	3	5	9	11	15	17	19	21	23	25	27	54	60	64	70
léto	2009-10	-2.5	-3.8	-2.1	-1.9		-2.3		-2.4	-2.0						-2.2	-2.3
	2012-13	-4.3	-3.6	-1.9	-2.9	-2.9	-2.4	-2.5	-1.4		-1.6	-2.9	-4.1	-1.0			
	2013-14	4.0		4.0	0.6	3.9	3.1	2.9	4.6		3.4	-0.6	6.7	3.9			-0.9
	2014-15			3.8	3.7	5.6		5.2	6.6		7.9			3.2	1.1		0.4
	2015-16	10.5		10.8	8.9	5.5		10.3				4.5				9.8	9.9
zima	2010-11	-14.1	-15.2	-13.0	-12.4		-14.0		-13.0	-14.1						-13.4	-12.1
	2011-12	-21.6	-19.7	-17.1	-19.1	-19.8	-18.9	-19.2	-16.9	-15.8	-17.9	-19.4	-21.1	-16.3	-21.6	-19.3	-20.3
	2012-13	-14.5			-8.8	-9.0	-8.9	-8.4	-6.6		-8.3	-10.8		-6.6			-16.8
	2013-14	-6.1		-6.6	-7.0	-7.4		-6.8	-5.8		-8.1			-6.3			
	2014-15	-1.3		-1.1	-3.4	-1.6		-1.6			0.1	-1.2		-1.5		-1.4	-1.8
	2015-16	-3.3		-14.1	-5.0						-2.3	-9.6		-6.5	-7.5	-3.6	-9.3

Kyškovice		1	7	8
léto	2015-16	-2.9	-6.1	-0.5
zima	2014-15	-1.7	0.0	1.8
	2015-16	-6.1		-5.5

Maximální teplota při zemi

Kleneč		Číslo trvalé plochy															
		1	3	5	9	11	15	17	19	21	23	25	27	54	60	64	70
léto	2009-10	47.4	44.9	46.3	45.0		46.3		45.4	45.8						50.1	51.1
	2012-13	48.1	46.1	46.8	46.0	45.4	45.4	46.8	46.1		47.9	49.4	48.9	43.4			
	2013-14	51.6		52.1	50.6	49.8	52.3	52.1	50.6		54.9	53.5	47.3	49.6			50.0
	2014-15			50.3	48.1	46.4		46.9	49.4		50.5			44.9	47.0		47.3
	2015-16	49.8		47.0	50.0	51.8		43.4				48.5				47.1	44.9
zima	2010-11	35.6	34.5	33.2	31.6		34.0		34.1	34.1						35.9	37.6
	2011-12	42.0	42.4	40.3	41.8	40.2	40.3	39.8	40.5	40.8	43.4	42.6	46.8	39.6	41.5	42.0	45.4
	2012-13	40.1			36.1	34.5	36.5	35.8	35.0		39.5	37.9		31.8			39.1
	2013-14	42.1		41.8	41.3	36.8		40.9	41.4		42.3			37.3			
	2014-15	34.3		33.4	36.5	31.5		29.8			34.8	31.3		30.6		32.4	31.1
	2015-16	36.8		38.4	38.0						38.8	37.1		38.5	39.0	38.1	37.6

Kyškovice		1	7	8
léto	2015-16	34.8	31.8	30.1
zima	2014-15	50.1	53.5	39.3
	2015-16	30.9		25.6

Tab. 4. Hodnoty minimálních a maximálních teplot zaznamenaných při povrchu země v dané trvalé ploše na lokalitách hvozdíku v NPP Kleneč a u Kyškovic. V období (léto/zima) jsou to minimální a maximální teploty ze všech dostupných hodnot v dané ploše před odečtem nových rostlin hvozdíku, tj. např. pro léto 2012-13 jsou to minimální a maximální teploty za období červen, červenec, srpen, září a říjen v roce 2012, pro zimu 2012-13 jsou to minimální a maximální teploty za období listopad, prosinec v roce 2012 a leden, únor, březen, duben a květen v roce 2013. Barevně je znázorněno rozpětí hodnot v rámci jednoho období v daném roce v NPP Kleneč, přičemž červeně jsou nejvyšší hodnoty a modře nejnižší. Na plochách 1-27 na lokalitě v NPP Kleneč byl humusový horizont stržen v roce 2009, na plochách 54-70 v roce 1999.

Maximální rozpětí teplot při zemi Číslo trvalé plochy

Kleneč		1	3	5	9	11	15	17	19	21	23	25	27	54	60	64	70
léto	2009-10	27.1	27.8	24	23.4		25.2		22.9	24.3						26	28.9
	2012-13	30.1	26.4	23.8	25.4	24.8	25	26.4	23.4		26.8	27.9	30.1	21.2			
	2013-14	27.2		27.8	31.2	26.1	30.9	29	26.6		32.3	34.5	20.1	24.9			33.4
	2014-15			25.8	25.3	22.9		24.3	25.3		23.9			28.9	30		31.9
	2015-16	30.3		27.8	34.4	39.3		25.8				31.5				28.8	26.3
zima	2010-11	3.91	21.2	16.2	15.5		18.4		17.3	18.5						17.5	18.2
	2011-12	27.7	1.85	19.1	22.8	22.2	21.4	22.3	19	18.1	22.1	24.6	30.1	19.3	27.9	11.2	27.5
	2012-13	25.9			16.5	15.7	17.2	17.4	14.4		19.6	19.7		13.4			25.3
	2013-14	17.8		3.25	17.4	16.7		19.6	17		2.04			19.8			
	2014-15	26.6		24.2	31.7	22.1		22.9			23.8	22.5		23.3		23.7	21.9
	2015-16	13.5		24.7	16.4						14.7	25.4		21.9	21.5	17.6	21.7

Kyškovice		1	7	8
léto	2015-16	29	26.3	18.8
zima	2014-15	30.6	33	18
	2015-16	20.6		14.8

Tab. 5. Průměrné maximální rozpětí teplot zaznamenaných při povrchu země v dané trvalé ploše na lokalitách hvozdíku v NPP Kleneč a u Kyškovic. V období (léto/zima) jsou průměry všech dostupných hodnot v dané ploše před odečtem nových rostlin hvozdíku, tj. např. pro léto 2012-13 jsou to průměry z maximálního rozpětí teplot v červnu, červenci, srpnu, září a říjnu v roce 2012, pro zimu 2012-13 jsou to průměry z maximálního rozpětí teplot v listopadu, prosinci v roce 2012 a lednu, únoru, březnu, dubnu a květnu v roce 2013. Barevně je znázorněno rozpětí hodnot v rámci jednoho období v daném roce v NPP Kleneč, přičemž červeně jsou nejvyšší hodnoty a modře nejnižší. Na plochách 1-27 na lokalitě v NPP Kleneč byl humusový horizont stržen v roce 2009, na plochách 54-70 v roce 1999.

Počet dní s celodenní teplotou nad 5 °C

Kleneč		Číslo trvalé plochy 1	3	5	9	11	15	17	19	21	23	25	27	54	60	64	70
léto	2009-10	133	127	133	133		133		133	133						133	133
	2012-13	98	99	111	106	106	108	105	111		111	104	98	110			94
	2013-14	91	122	91	89	91	87	89	91		89	87	92	90			87
	2014-15		55	91	91	92		92	92		92			83	88		84
	2015-16	61		61	61	61		61			118	59		111	101	61	61
zima	2010-11	30	24	35	34		33		35	30						29	34
	2011-12	36	40	54	39	40	43	40	55	55	44	39	34	39	31	38	34
	2012-13	39			43	45	45	45	49		45	38		45			40
	2013-14	59	53	59	54	64	4	51	63		56	2		38			
	2014-15	43		46	36	44		43	22		50	46		42	34	43	41
	2015-16	74		58	65						81	49		55	43	60	46

Kyškovice		1	7	8
léto	2015-16	140	113	146
zima	2014-15	31	33	49
	2015-16	47		81

Počet dní s teplotou nad 30 °C

Kleneč		Číslo trvalé plochy 1	3	5	9	11	15	17	19	21	23	25	27	54	60	64	70
léto	2009-10	76	76	71	67		75		68	68						69	77
	2012-13	74	64	63	64	63	62	64	62		68	64	74	55			84
	2013-14	61	91	63	59	60	64	62	61		65	67	41	52			66
	2014-15		36	57	53	53		47	62		49			66	65		71
	2015-16	48		46	49	54		41			55	49		58	45	46	43
zima	2010-11	13	8	8	6		9		9	9						11	15
	2011-12	33	28	25	27	26	26	25	26	25	29	30	43	24	30	28	35
	2012-13	20			18	12	17	14	13		27	22		4			18
	2013-14	21	23	24	19	7	0	21	23		37	0		25			
	2014-15	14		12	32	5		0	0		21	6		4	3	8	5
	2015-16	14		19	17						16	27		26	18	18	21

Kyškovice		
léto	2015-16	85	80	25
zima	2014-15	15	4	1
	2015-16	24		0

Tab. 6. Počet dní s celodenní teplotou nad 5°C/s alespoň jednou hodnotou teploty nad 30 °C zaznamenaných při povrchu země v dané trvalé ploše na lokalitách hvozdíku v NPP Kleneč a u Kyškovic. V období (léto/zima) jsou hodnoty součty všech dnů v dané ploše před odečtem nových rostlin hvozdíku, tj. např. pro léto 2012-13 jsou to počty dnů v červnu, červenci, srpnu, září a říjnu v roce 2012, pro zimu 2012-13 jsou to počty dnů v listopadu, prosinci v roce 2012 a lednu, únoru, březnu, dubnu a květnu v roce 2013. Barevně je znázorněno rozpětí hodnot v rámci jednoho období v daném roce v NPP Kleneč, přičemž červeně jsou nejvyšší hodnoty a modře nejnižší. Na plochách 1-27 na lokalitě v NPP Kleneč byl humusový horizont stržen v roce 2009, na plochách 54-70 v roce 1999. Rozdíly mezi jednotlivými hodnotami mezi jednotlivými roky mohou být způsobeny rozdílným množstvím měsíců s dostupnými daty.

3.3.5 Analýza půdních vzorků

Vzhledem k tomu, že hvozdík je úzce vázán na písečný, resp. štěrkopískový podklad, mechanická skladba substrátu patří k nejdůležitějším ekologickým faktorům pro úspěšný vývoj druhu. V průběhu let docházelo k zarůstání náletovými dřevinami a k následnému překrývání štěrkopísku humusem, vznikajícím z opadu těchto dřevin a částečně splachem z polí. Tyto podmínky pak umožňují konkurenčně silnějším travinám obsadit stanoviště hvozdíku a způsobit stagnaci a postupný ústup jeho populace (dle ZPZCHD). Po provedení mechanického stržení drnu však nutně dochází k postupné sukcesi a tedy opětovnému postupnému zarůstání stanovišť vegetací, a tak i ke změnám v jejich pedologických poměrech. V roce 2010 byly provedeny první analýzy půdních vzorků z lokality v NPP Kleneč (70 vzorků) a 3 vzorky byly odebrány a analyzovány také z lokality u Kyškovic. Zjišťovány byly tyto parametry: pH (KCl), C celk., N celk., N org., P, K, Ca, Mg (Šímová 2011). V rámci realizace ZPZCHD byly v roce 2010 odebrány ještě vzorky na zrnitostní analýzu z 52 trvalých ploch v NPP Kleneč. Kvůli finančnímu omezení bylo dosud analyzováno pouze 35 z 52 vzorků v roce 2012 (Dostálek 2012). Z výsledků vyplývá, že hvozdík se více vyskytuje a má vyšší klíčivost v plochách s vyšším zastoupením pískových částic a zrnitostní analýza je tak vhodným doplněním dat o rozdílech mezi jednotlivými plochami (Dostálek 2012).

Sběr dat

V březnu 2015 jsme odebrali celkem 70 půdních vzorků na stejných odběrových místech v trvalých plochách 1-70 v NPP Kleneč jako před 5 lety (Šímová 2011, plán ploch viz příloha 1). Na lokalitě u Kyškovic bylo odebráno celkem 18 vzorků, přičemž z každé plochy (3 x 3 m) bylo odebráno vždy po dvou vzorcích z podploch A a C (plán ploch viz příloha 2). V každé ploše o velikosti 0.5 x 0.5 m bylo odebráno pomocí Kopeckého válečků 5 vzorků, z nichž byl vytvořen jeden směsný vzorek. Odebrané vzorky byly zpracovány v Analytické laboratoři Botanického ústavu AV ČR v Průhonicích, kde bylo provedeno i zpracování předchozích vzorků z roku 2010. Byla provedena analýza pH (KCl), C celk., N celk., C org., P, K, Ca, Mg a zrnitosti. V rámci projektu byla stanovena také zrnitost u 17 vzorků odebraných v NPP Kleneč v roce 2010, které dosud nebyly z finančních důvodů analyzovány.

Při srovnání vzorků odebraných v roce 2010 a 2015 došlo k velkým nesrovnalostem. Při opakovaných analýzách několika vzorků, které se ještě zachovaly z roku 2010, bylo potvrzeno, že výsledky z analýz v roce 2010 jsou zcela chybné a nelze je proto pro srovnání použít. Ve výsledcích tedy srovnáváme pouze výsledky ze vzorků odebraných v roce 2015 na plochách stržených v letech 1999 a 2009 v NPP Kleneč a vzorky z lokality u Kyškovic. Výjimku tvoří pouze data o zrnitostním složení, které bylo analyzováno v roce 2015 znovu ze všech vzorků odebraných z lokality jak v roce 2010, tak v roce 2015.

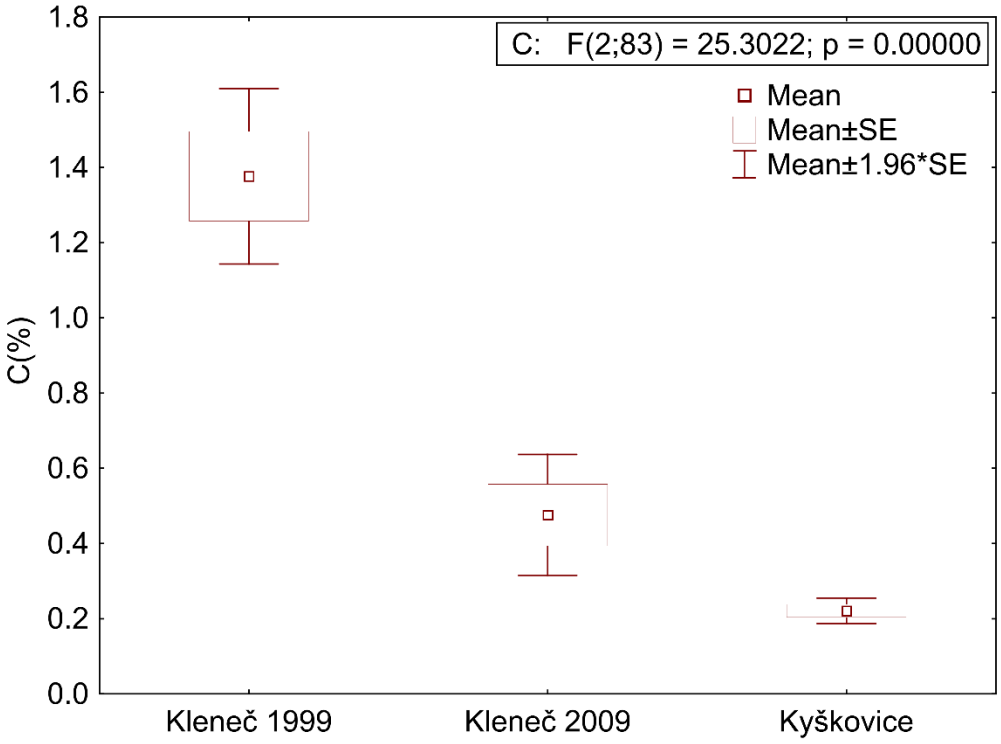
Výsledky

Výsledky půdních rozborů potvrdily postupnou změnu v půdních podmínkách během sukcese s postupujícím časem od stržení svrchního humusového horizontu. Při srovnání půdních vzorků z ploch stržených v roce 1999 a 2009 v NPP Kleneč jsme zjistili výrazný nárůst celkového C, $C_{org.}$, $C_{uhlič.}$ a celkového N, dále Ca, Mg a K v plochách s delší dobou od stržení (Obr. 22, Obr. 23, Obr. 24, Obr. 25, Obr. 26, Obr. 27, Obr. 28). Naopak v mladších plochách stržených v roce 2009 jsme zaznamenali vyšší obsah P a mírně vyšší pH (Obr. 29, Obr. 30). Na lokalitě u Kyškovic jsou obsahy jednotlivých testovaných prvků velice podobné mladším plochám z NPP Kleneč, které jim odpovídají také stářím (dobou od stržení). Většinou jsou ale hodnoty vychýleny ještě více směrem k mladším plochám patrně z toho důvodu, že lokalita u Kyškovic je více pod vlivem managementu a hromadění živin tak probíhá pomaleji (Obr. 22, Obr. 23, Obr. 24, Obr. 25, Obr. 26, Obr. 27, Obr. 28, Obr. 29, Obr. 30).

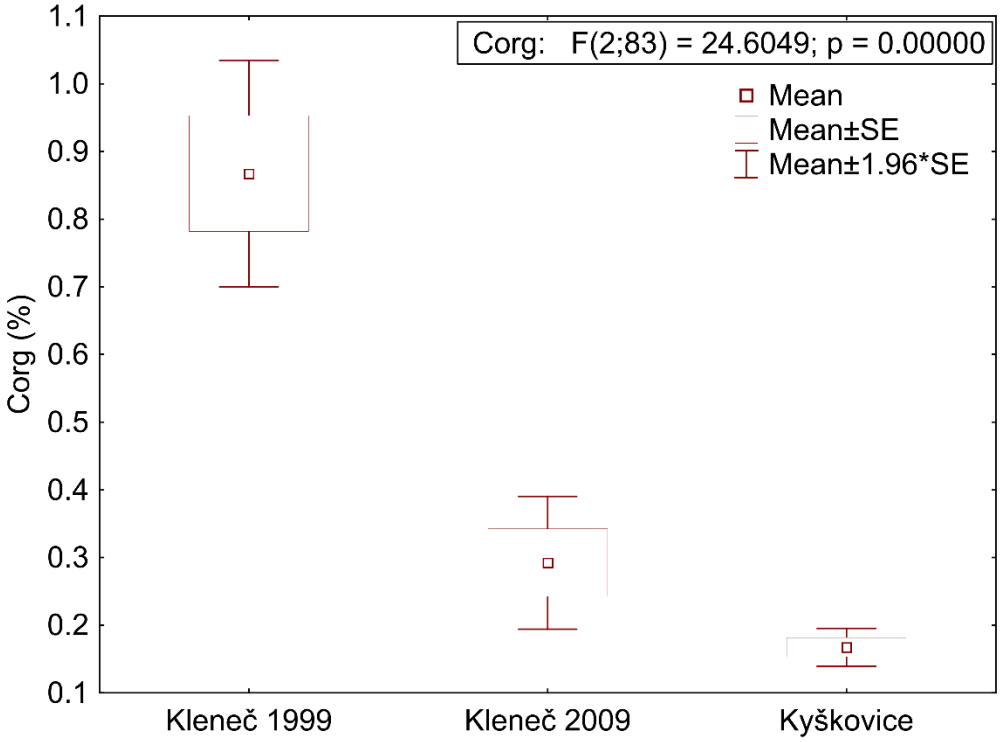
Při porovnání zrnitostního složení jsme podle očekávání zaznamenali postupné přibývání jílových a prachových částic ve starších plochách. Tento rozdíl je patrný při srovnání ploch stržených v letech 1999 a 2009. Překvapivé však je, že jsme nenašli průkazný rozdíl v zrnitostním složení vzorků z ploch

stržených v roce 2009 odebraných v letech 2010 a 2015 (Obr. 31, Obr. 32, Obr. 33). To ukazuje na to, že změna v zrnitostním složení je velice pomalá a za 5 let od stržení se výrazněji nezměnila.

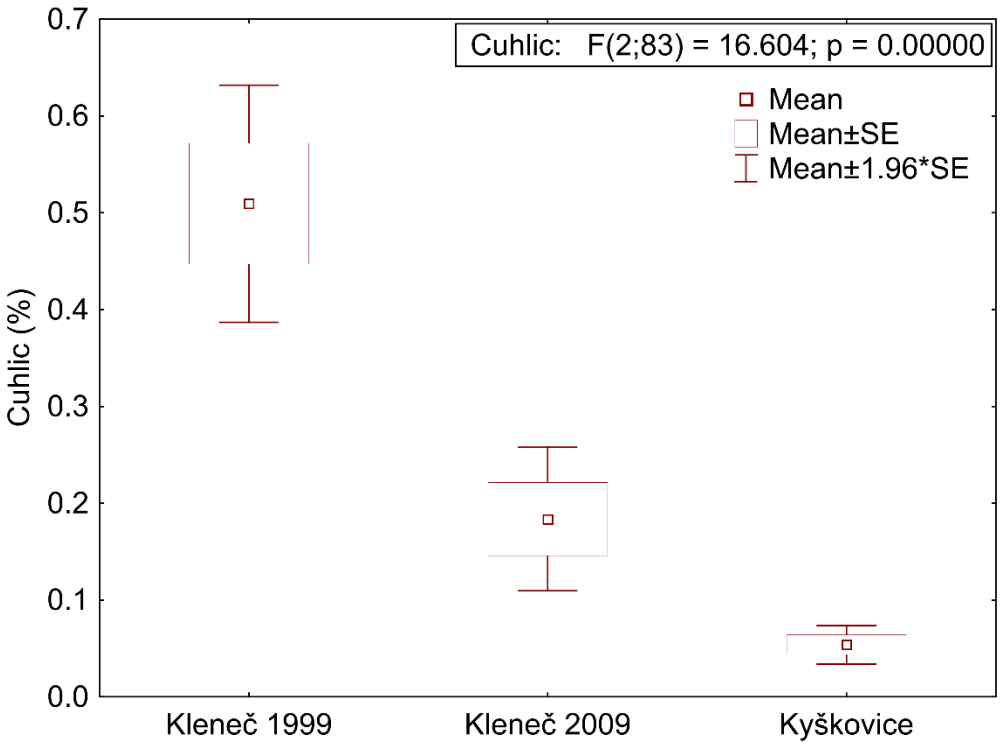
Data jsou přiložena v souboru „hvozdík půdní analýzy.xlsx“.



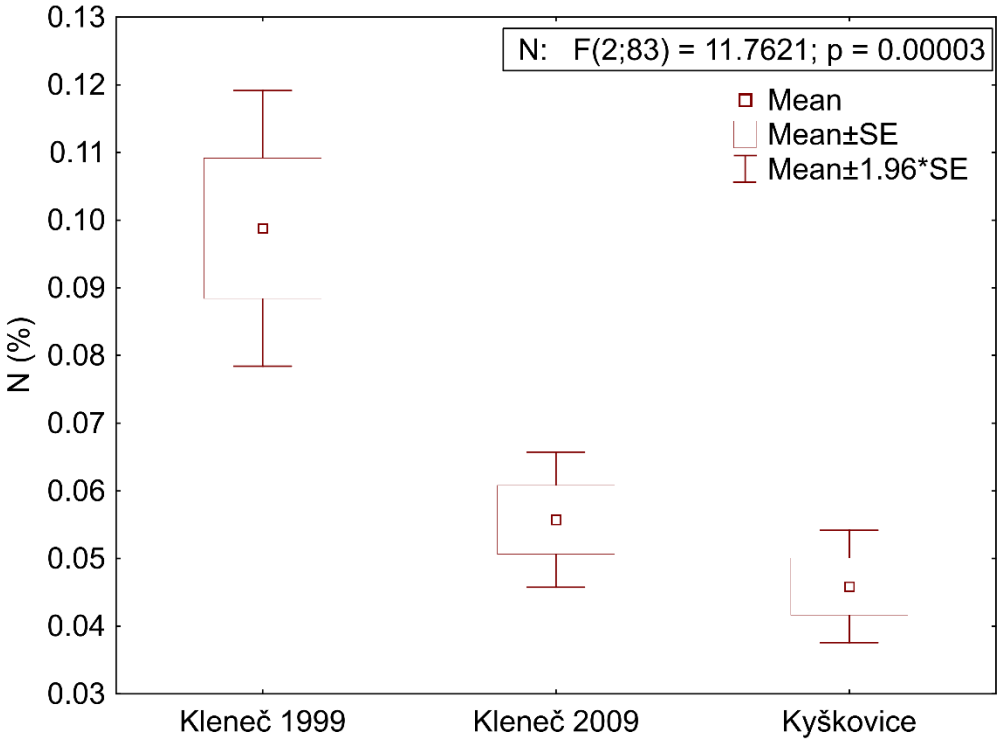
Obr. 22. Výsledek půdní analýzy ukazující množství celkového C na plochách v NPP Kleneč stržených v roce 1999, 2009 a na plochách na lokalitě u Kyškovic odebraných a analyzovaných v roce 2015.



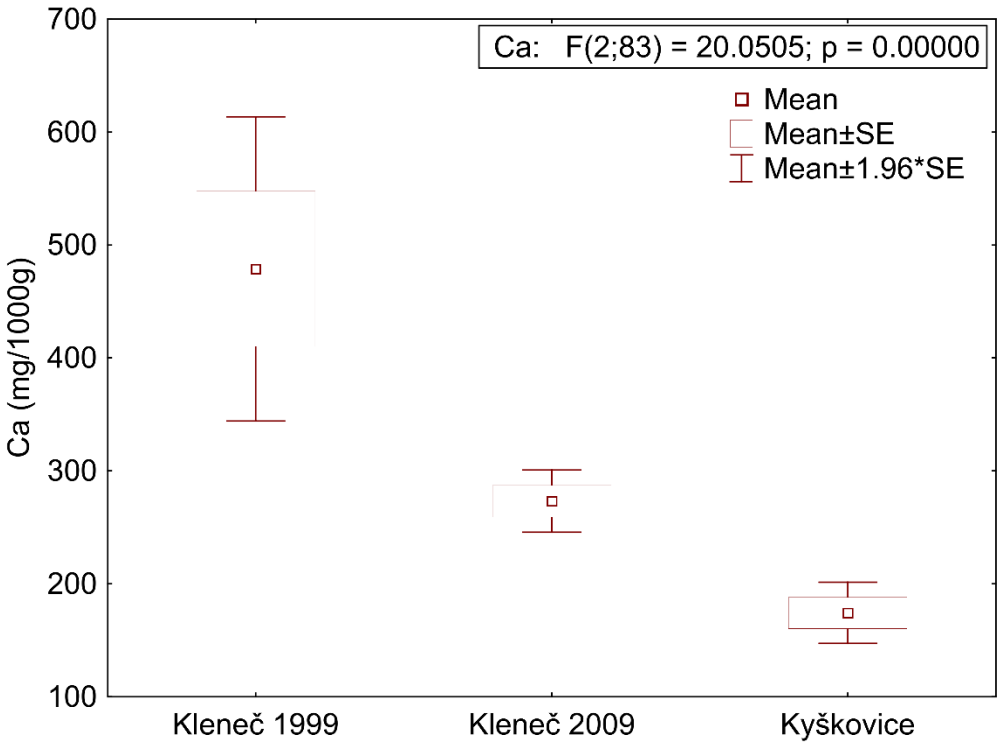
Obr. 23. Výsledek půdní analýzy ukazující množství organického C na plochách v NPP Kleneč stržených v roce 1999, 2009 a na plochách na lokalitě u Kyškovic odebraných a analyzovaných v roce 2015.



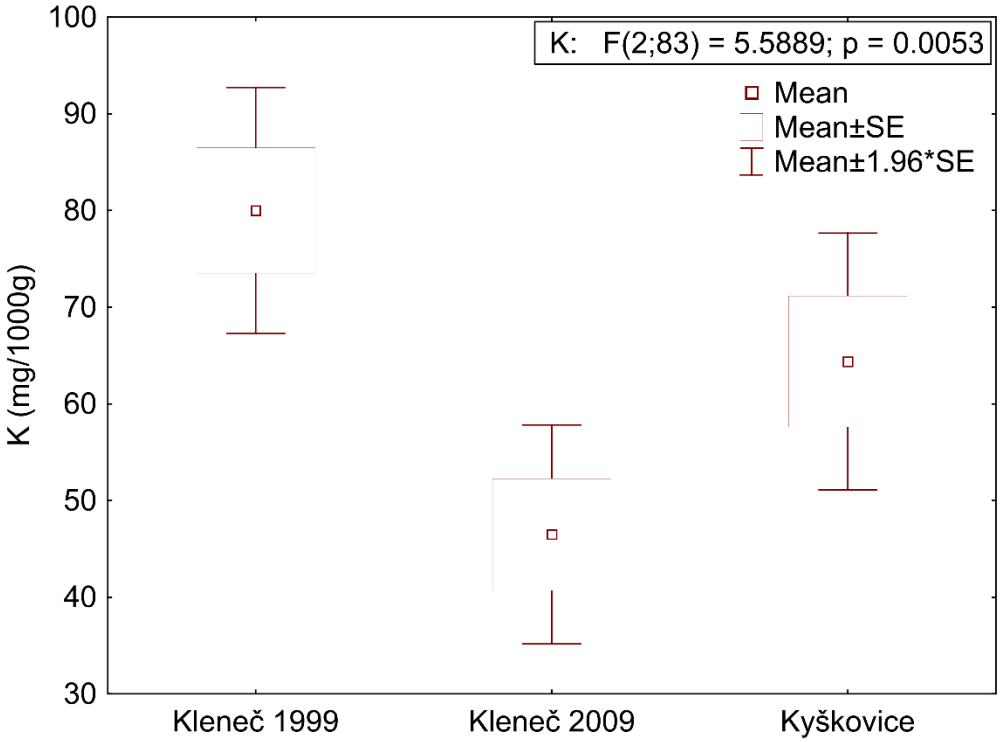
Obr. 24. Výsledek půdní analýzy ukazující množství uhličitanů na plochách v NPP Kleneč stržených v roce 1999, 2009 a na plochách na lokalitě u Kyškovic odebraných a analyzovaných v roce 2015.



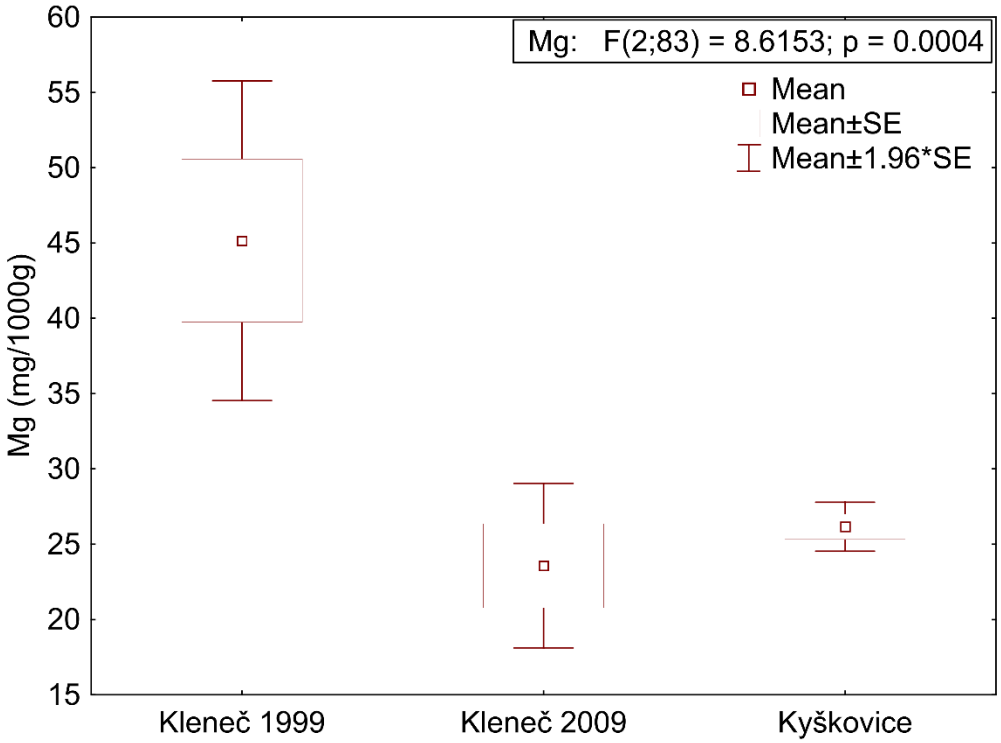
Obr. 25. Výsledek půdní analýzy ukazující množství celkového N na plochách v NPP Kleneč stržených v roce 1999, 2009 a na plochách na lokalitě u Kyškovic odebraných a analyzovaných v roce 2015.



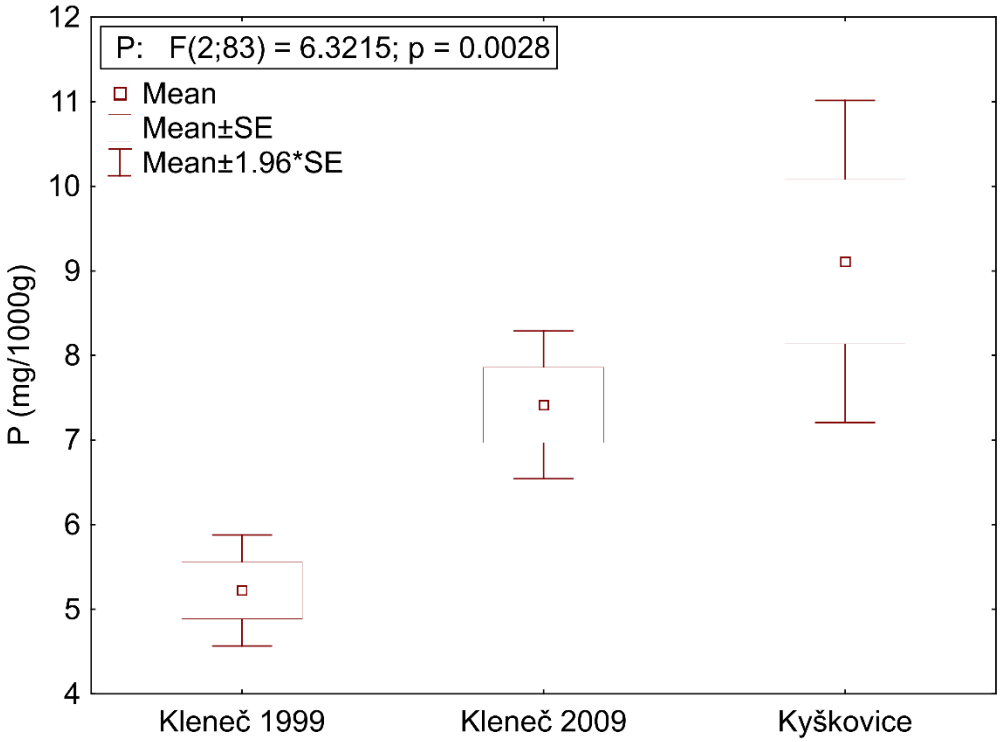
Obr. 26. Výsledek půdní analýzy ukazující množství Ca na plochách v NPP Kleneč stržených v roce 1999, 2009 a na plochách na lokalitě u Kyškovic odebraných a analyzovaných v roce 2015.



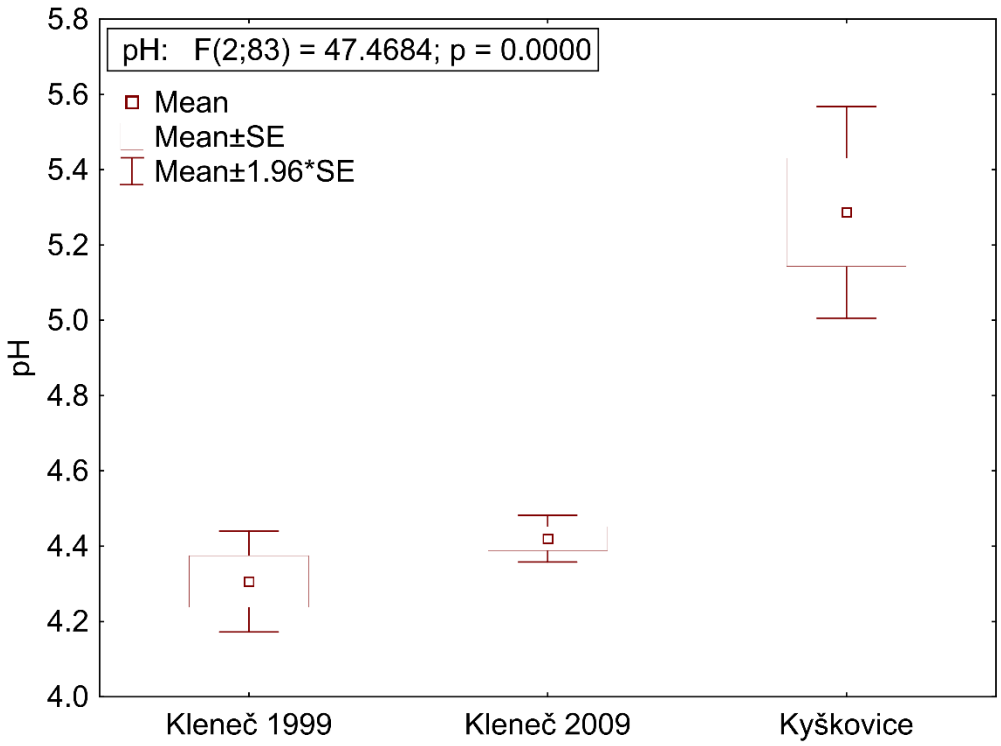
Obr. 27. Výsledek půdní analýzy ukazující množství K na plochách v NPP Kleneč stržených v roce 1999, 2009 a na plochách na lokalitě u Kyškovic odebraných a analyzovaných v roce 2015.



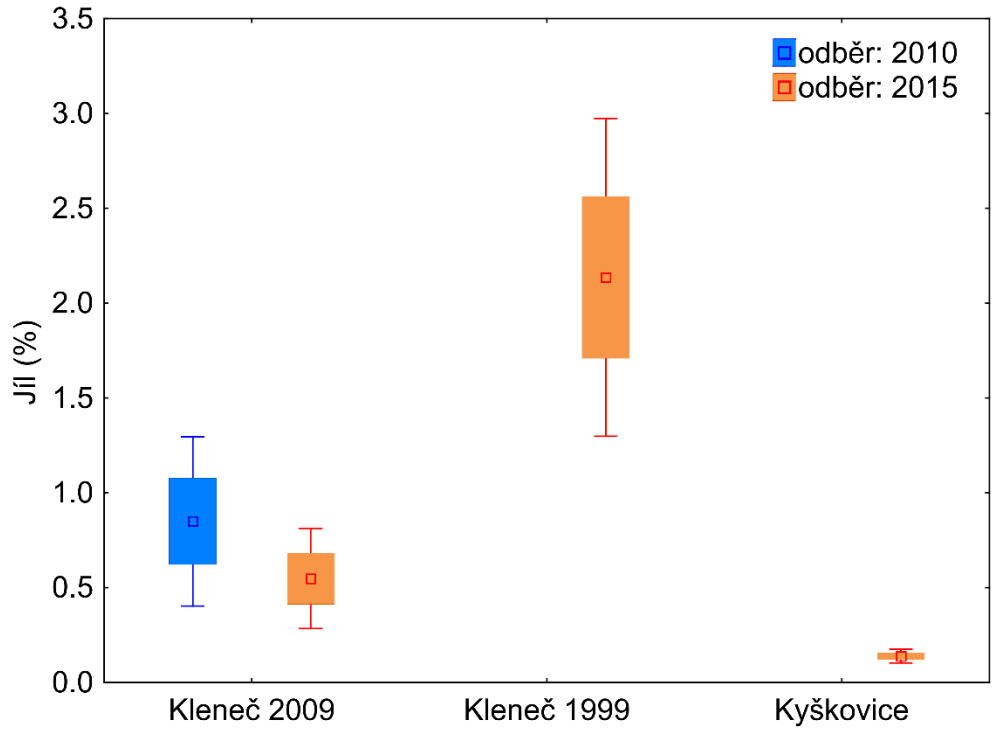
Obr. 28. Výsledek půdní analýzy ukazující množství Mg na plochách v NPP Kleneč stržených v roce 1999, 2009 a na plochách na lokalitě u Kyškovic odebraných a analyzovaných v roce 2015.



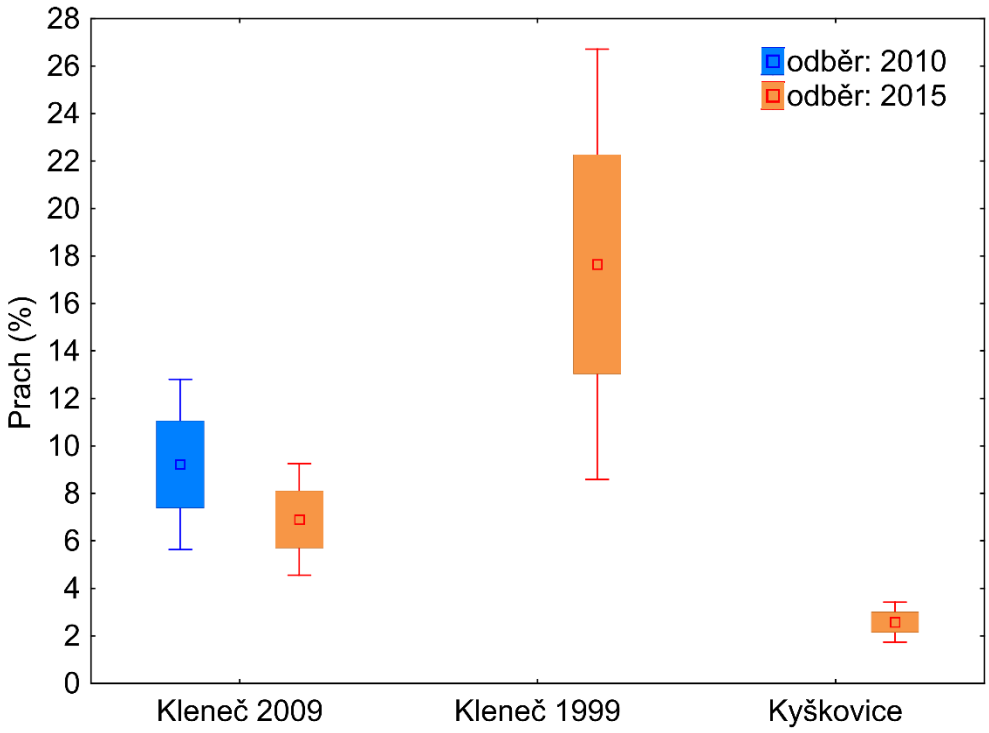
Obr. 29. Výsledek půdní analýzy ukazující množství P na plochách v NPP Kleneč stržených v roce 1999, 2009 a na plochách na lokalitě u Kyškovic odebraných a analyzovaných v roce 2015.



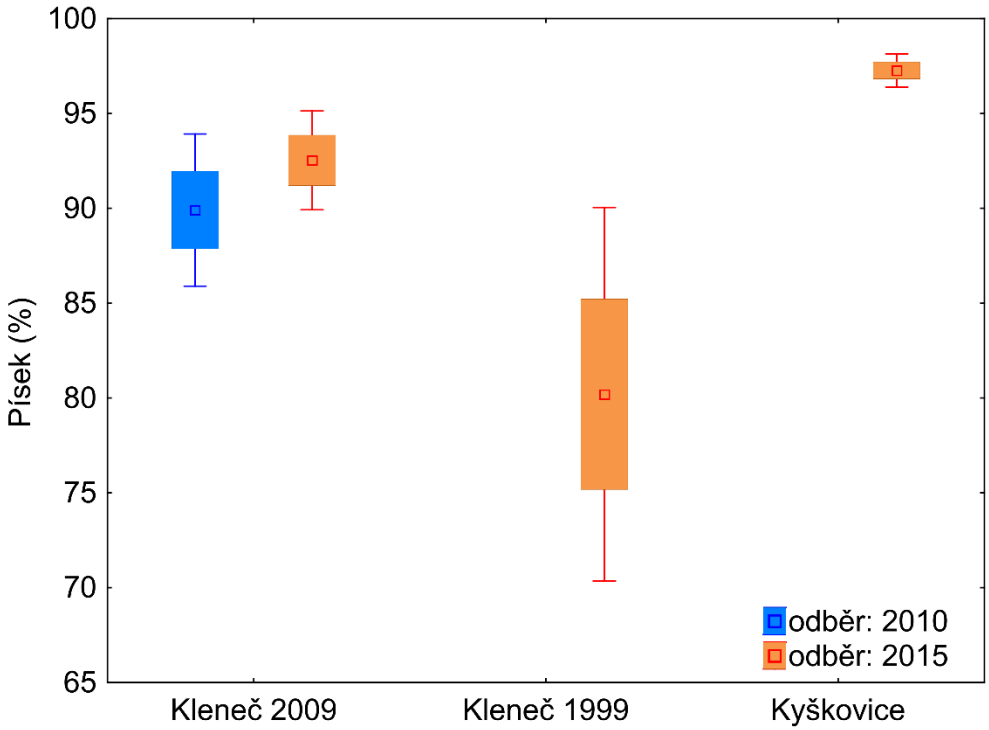
Obr. 30. Výsledek půdní analýzy ukazující pH na plochách v NPP Kleneč stržených v roce 1999, 2009 a na plochách na lokalitě u Kyškovic odebraných a analyzovaných v roce 2015.



Obr. 31. Výsledek zrnitostní analýzy ukazující zastoupení jílových částic na plochách v NPP Kleneč stržených v roce 1999, 2009 a na plochách na lokalitě u Kyškovic odebraných a analyzovaných v roce 2010 (k dispozici pouze u ploch v NPP Kleneč stržených v roce 2009) a 2015. Graf ukazuje průměry, střední chyby průměrů a 1.96*střední chyby průměrů.



Obr. 32. Výsledek zrnitostní analýzy ukazující zastoupení prachových částic na plochách v NPP Kleneč stržených v roce 1999, 2009 a na plochách na lokalitě u Kyškovic odebraných a analyzovaných v roce 2010 (k dispozici pouze u ploch v NPP Kleneč stržených v roce 2009) a 2015. Graf ukazuje průměry, střední chyby průměrů a 1.96*střední chyby průměrů.



Obr. 33. Výsledek zrnitostní analýzy ukazující zastoupení pískových částic na plochách v NPP Kleneč stržených v roce 1999, 2009 a na plochách na lokalitě u Kyškovic odebraných a analyzovaných v roce 2010 (k dispozici pouze u ploch v NPP Kleneč stržených v roce 2009) a 2015. Graf ukazuje průměry, střední chyby průměrů a 1.96*střední chyby průměrů.

3.4 Výzkum

3.4.1. Studium způsobu reprodukce a reprodukční ekologie

V letech 2010-2015 byly v NPP Kleneč na ploše stržené v roce 2009 vždy na začátku června a v polovině října zaznamenány údaje o přežívání semenáčků a dalších dosud označených fází životního cyklu. Dále byly a dohledány a označeny nové semenáčky. Zároveň byla určena produkce semen u 3-5 kvetoucích lodyh u každé kvetoucí rostliny (detaily viz část 3.3. Monitoring). Cílem této části bylo zjistit, zda existuje nějaký vztah mezi přežíváním, růstem a kvetením rostlin hvozdíku v jednotlivých trvalých plochách a jednotlivými měřenými parametry prostředí (pokryvnost vegetace, zrnitost půdy, klimatické podmínky na lokalitě).

Vzcházení a přežívání semenáčků

Jelikož však byly semenáčky v NPP Kleneč zaznamenány celkem pouze v 16 trvalých plochách (z 28), přičemž v jednom časovém období to bylo maximálně v 10 plochách, máme zatím stále relativně omezená data pro tyto analýzy. Z Tab. 7 vyplývá, že přežívání semenáčků je ve všech obdobích velmi vysoké a velmi často přesahuje i 70%.

Úspěšnost přežívání semenáčků hvozdíku je relativně vysoká a zatím se nezdá, že by postupné zarůstání stržených ploch mělo výraznější vliv na jejich přežívání a dokonce ani na množství nově uchycených semenáčků.

Doba prvního záznamu	Semena	Klíčivost	Nových semenáčků	Počet ploch	Přežívání do dalšího období
Jaro 2010	1395	3.37%	47	11	55.3%
Podzim 2010	1353	0.74%	10	8	87.5%
Jaro 2011	0	NA	0	0	NA
Podzim 2011	5423	0.83%	45	5	86.7%
Jaro 2012	5380	1.19%	64	5	89.1%
Podzim 2012	12519	1.61%	201	6	38.3%
Jaro 2013	12320	1.38%	170	7	68.8%
Podzim 2013	9769	2.11%	206	6	54.3%
Jaro 2014	10463	1.66%	174	7	68.3%
Podzim 2014	13684	2.06%	282	7	78.4%
Jaro 2015	13303	1.40%	186	6	63.4%

Tab. 7. Přehled počtu dostupných semen hvozdíku a jejich klíčivost v jednotlivých obdobích v NPP Kleneč. Dále je uveden počet nových vyklíčených rostlin, počet ploch, ve kterých vzešly a procento jejich přežití do dalšího odečtu o půl roku později.

Vliv parametrů prostředí na populační dynamiku

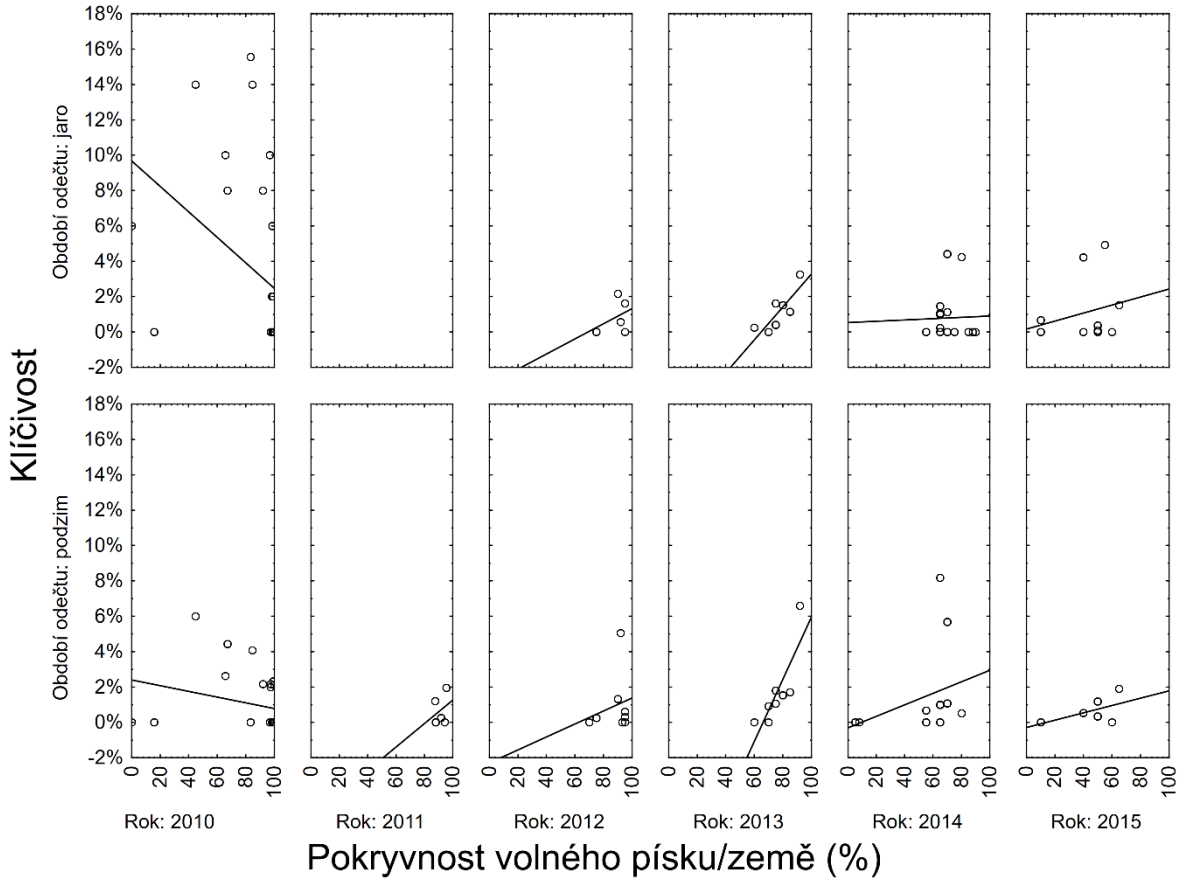
V této části jsme sledovali, jaký mají vliv parametry prostředí na populační dynamiku hvozdíku v ploše stržené v roce 2009 v NPP Kleneč. K tomu jsme využívali data o pokryvnosti vegetace popsané v části

3.3.3 Fytocenologické snímkování ploch se strženým drnem, data o klimatických podmínkách na lokalitě popsaných v části 3.3.4 Sledování mikroklimatických hodnot na lokalitách a data o zrnitostním složení půdy z části 3.3.5 Analýza půdních vzorků. Nejlépe použitelná byla k tomuto účelu data o pokryvnosti vegetace, protože ta byla dostupná pro všechny sledované roky a pro všechny plochy. Klimatická data byla použitelná jen velice omezeně, protože v celkových datech mnoho údajů chybí a v kombinaci s tím, že data o populační dynamice jsou dostupná také pouze z několika ploch, bylo velice obtížné data porovnat. Porovnávali jsme tedy hlavně data z ploch č. 1, 17 a 25, která byla dostupná téměř po celou dobu sledování. Dostupná data neukázala průkazný vliv průměrných, maximálních a minimální měsíčních přízemních teplot, vlhkostí, průměrného maximálního rozsahu teplot pro jednotlivé období ani počet dnů s vysokými teplotami (nad 30 °C) nebo počtem suchých dní (tj. dní s hodnotami nižšími než 25% percentil všech hodnot) v měsíci na klíčivost hvozdíku. Data o zrnitostním složení půdy jsou dostupná pouze z let 2010 a 2015, což také omezuje jejich použití na porovnání zejména klíčivosti pouze výchozího a konečného sledovaného stavu. Test vlivu zrnitosti na klíčivost hvozdíku v jednotlivých trvalých plochách nebyl průkazný. Navíc analýza zrnitostního složení ukázala, že mezi sledovanými trvalými plochami od začátku sledování v roce 2010 do jeho konce v roce 2015 zatím nedošlo k významnějším změnám v zrnitostním složení a případný vliv se tak ukáže až o několik let později.

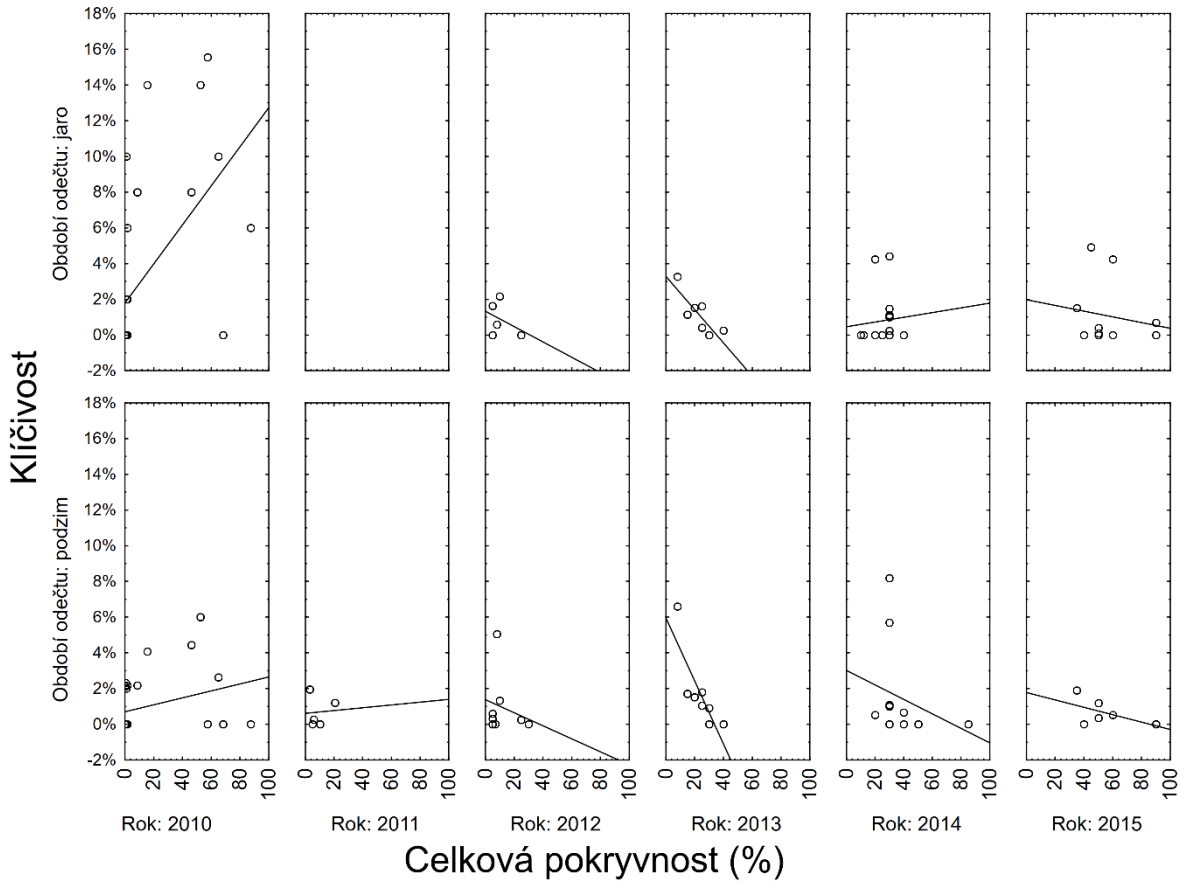
Analýza vlivu vegetace ukázala, že velká část variability v populační dynamice hvozdíku je způsobena variabilitou mezi jednotlivými roky a obdobími (rozdíly mezi přechodem z jara do podzimu a z podzimu do jara), dále rozdíly mezi reakcemi rostlin v jednotlivých fázích životního cyklu a jejich interakcemi (kombinacemi). Po odfiltrování těchto vlivů, bylo zarůstající vegetací významně ovlivněno prakticky jen klíčení (Tab. 8). Snižující se množství volného písku/půdy v důsledku zarůstání lokality bylinami a mechy má za důsledek nižší klíčivost hvozdíku (Obr. 34, Obr. 35 a Obr. 36). Žádné plochy ale v roce 2015 nebyly v takovém stavu, že by významně zabraňovaly dalšímu šíření hvozdíku. Nezdá se také, že by současný stav sukcese vegetace významněji ovlivňoval další fáze životního cyklu. Je však pravděpodobné, že se to změní s další postupující sukcesí. Ze současných dat však nejsme schopni říci, jak dlouho to bude trvat.

	Klíčení	Přežívání	Růst	Kvetení	Zmenšení	Stasis
Rok	***	***	***	***	***	***
Období	**		***	**		*
Fáze1		***	***	***	***	***
Rok × období	***	***		***	***	***
Rok × fáze1		***	***	***	***	***
Období × fáze1		***	***	***	***	***
Rok × období × fáze1				***		***
Plocha	***	***	**	***	***	***
Celková pokryvnost	***	**			*	
Pokryvnost bylin	***					
Pokryvnost mechů	***					
Holá země	***		*			

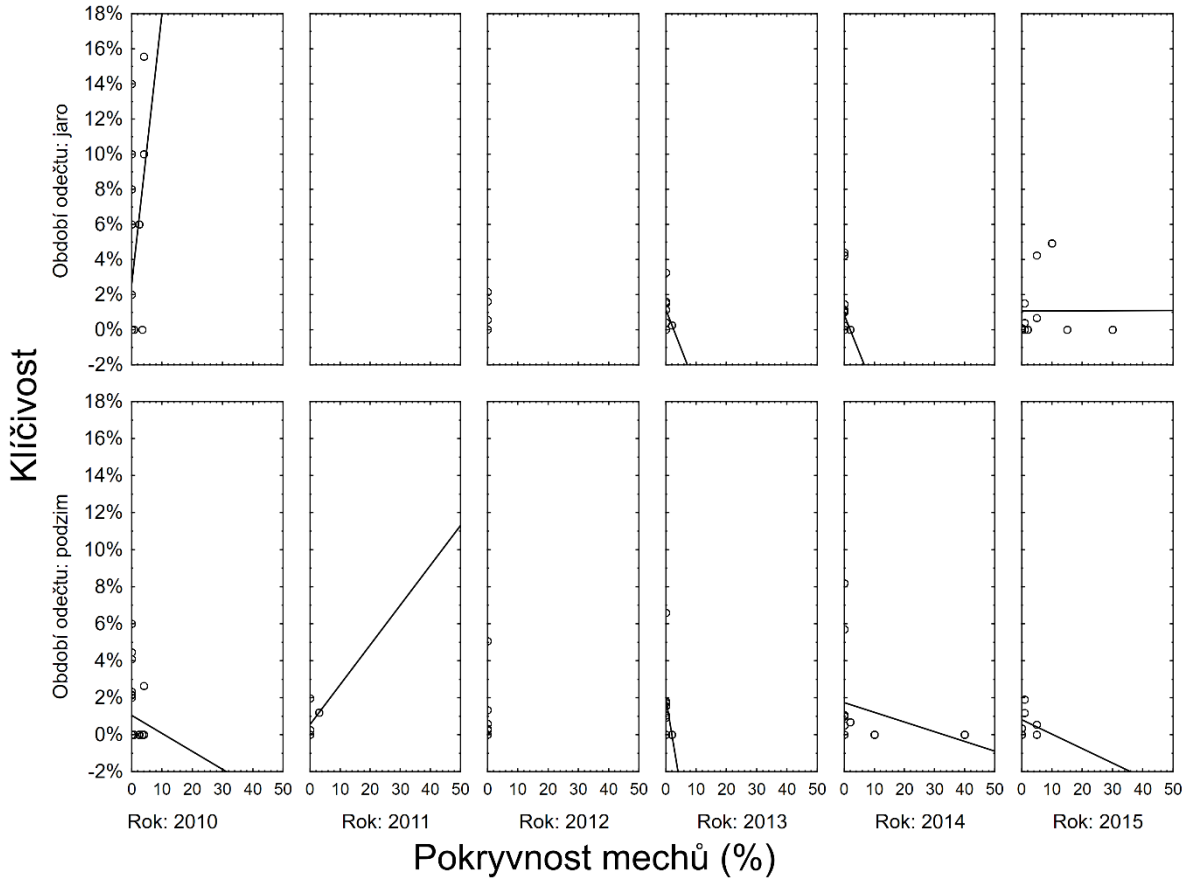
Tab. 8. Vliv jednotlivých parametrů prostředí (levý sloupec) na přechody v životním cyklu hvozdíku (horní řádka) na ploše stržené v roce 2009 v NPP Kleneč. Počet hvězdiček udává průkaznost statistického testu daného parametru prostředí na přechod v životním cyklu (testovaná proměnná má skutečný nenáhodný vliv). *** P<0.001, ** P<0.01, * P< 0.05. Rok = vliv roku, období = vliv období (zima/léto), fáze1 = vliv fáze životního cyklu, v jakém se rostlina vyskytovala na začátku přechodu, plocha = vliv sledované trvalé plochy.



Obr. 34. Vztah mezi pokryvností volné země a klíčivostí hvozdíku na plochách stržených v roce 2009 v NPP Kleneč.



Obr. 35. Vztah mezi celkovou pokryvností vegetace a klíčivostí hvozdíku na plochách stržených v roce 2009 v NPP Kleneč.



Obr. 36. Vztah mezi pokryvností mechového patra a klíčivostí hvozdíku na plochách stržených v roce 2009 v NPP Kleneč.

3.4.4. Studium vazby rostlina × fytofág

Od publikace ZPZCHD v roce 2008 bylo zjištěno, že hlavním nebezpečím pro hvozdík není nosatec *Hypera arator*, ale zejména obaleči z rodu *Cnephasia* (Heřman 2009, Skuhrovec 2008, 2009). Ze zpráv z entomologických průzkumů však vyplývá, že se toto může změnit. Je proto potřeba ověřit, jací jsou současní významní herbivoři hvozdíku a jaký vliv na to měla managementová opatření (strhávání drnu) v letech 2009 a 2010. Stále také ještě nemáme přesnější představu o tom, jakou redukci semen herbivoři způsobují a jaký mohou mít vliv na celkovou populační dynamiku hvozdíku na lokalitě.

Sběr dat

V roce 2015 proběhly na lokalitě v NPP Kleneč podrobné entomologické průzkumy, které zahrnovaly i sledování stavu nosatce *Hypera arator* a obalečů z rodu *Cnephasia*, kteří byli v předchozích průzkumech označení jako hlavní hrozba pro hvozdík písečný český.

K posouzení vlivu herbivorie semen na populační dynamiku hvozdíku, byly dále provedeny dva pokusy. V prvním pokusu byly květy hvozdíku před vysemeněním zapytlíčkovány monofilovými sáčky. V pokusu bylo zahrnuto 30 různě velikých kvetoucích rostlin hvozdíku, na kterých bylo v polovině června 2014 zapytlíčkováno 118 nezralých tobolek. Z těchto tobolek bylo však pouze 8 napadených, která neobsahovaly žádná vyvinutá semena. Napadené tobolky obsahovaly 27.6±1.8 semen (průměr±SE). Kvůli velmi malému počtu napadených tobolek bylo na konci června a na začátku července 2015 na lokalitě Kleneč odebráno dalších 181 tobolek, z nichž bylo 55 napadených a 126 nenapadených. Následně bylo vypočteno, jak je snížena produkce semen na jednu tobolku při napadení herbivorem. Tato data byla pak využita společně s daty o populační dynamice z let 2011-2015 (část 3.3.1 Monitoring populace v NPP Kleneč) pro predikci vlivu herbivorie na populační růstovou rychlost a velikost populace hvozdíku pomocí maticových modelů (Caswell 2001). Protože obaleč je na Klenči relativně hojný, tak bylo na doporučení entomologů při plánování strhávání drnu dbáno na to, aby na lokalitě zůstalo ještě dost dalších rostlin, které patří mezi živné rostliny tohoto obaleče. Mohlo by se totiž stát, že kdyby se na to nedbalo, obaleč by se namnožil na hvozdíku písečném českém. Sledovali jsme proto také, jak se v průběhu nárůstu populace hvozdíku mění proporce napadených tobolek herbivorem na lokalitě Kleneč v letech 2011-2015.

Výsledky

Herbivoři na *D. arenarius* subs. *bohemicus*

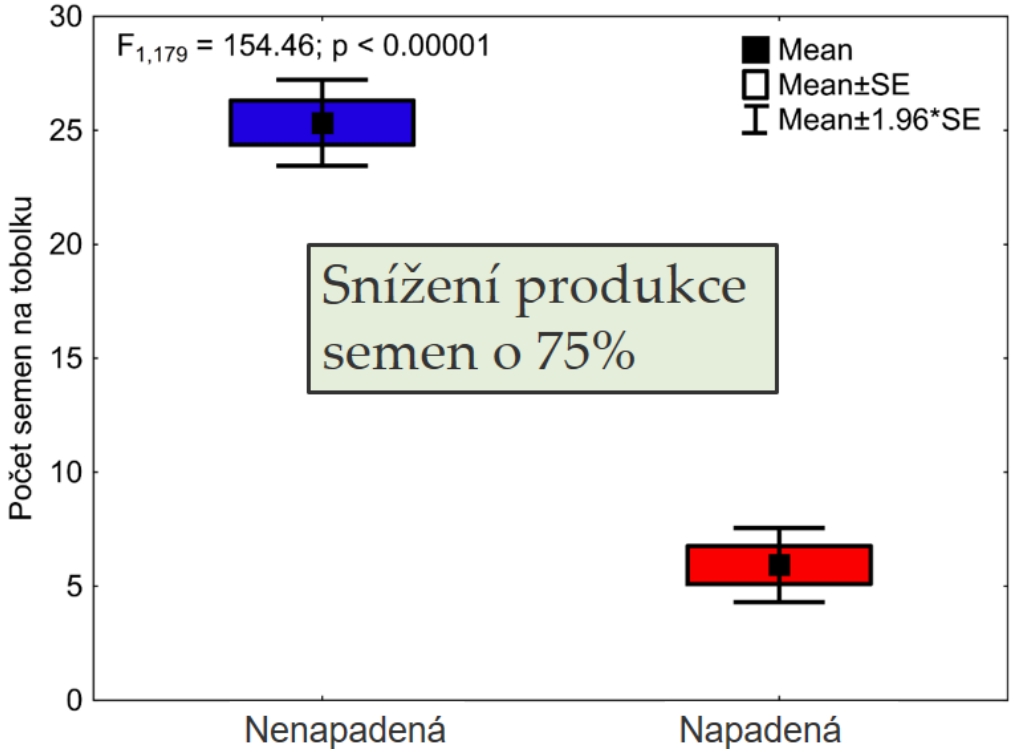
Pozorování nosatce *Hypera arator* na lokalitě potvrdilo vývoj nosatce na obou hvozdících (*Dianthus arenarius* subs. *bohemicus* a *Dianthus carthusianorum*), které se na lokalitě NPP Kleneč vyskytují. Vývoj na *Cerastium arvense* a *Spergula morisonii* byl na lokalitě potvrzen i v roce 2015. Larvy druhu *H. arator* se nezdají být na tolik závažným fytofágem, aby se vytvářel zvláštní management proti tomuto nosatci. Nejdůležitějším výsledkem je potvrzení čtyř živných rostlin na lokalitě Kleneč. Na těchto rostlinách (*Cerastium arvense* a *Spergula morisonii*) byly pozorovány mnohem větší populace larev studovaného nosatce. Výsledky předchozí studie (Skuhrovec 2009) potvrdili fakt, že samice nepreferují žádný z nabízených hvozdíků. Samice preferují spíše rozsáhlé porosty živných rostlin. Takže pokud budou rostliny hvozdíku písečného českého rozptýlené a nebudou vytvářet rozsáhlé porosty, tak jim pravděpodobně nehrozí zvýšený zájem nosatce o tuto rostlinu.

Pro interakci s hvozdíky je na lokalitě aktuálně nejvýznamnější obaleč *Cnephasia genitalana*, jehož housenky žijí zejména v semenících, které většinou uzavírají sepředenými korunními lístky (mimo hvozdíků pravidelně zjišťovány i na jestřábníku chlupáčku). Obdobnou biologii a potravní preference má podobný druh *Cnephasia incertana*, který byl ale na lokalitě nalezen jen ve stádiu dospělce. Tito (ev. někteří další, aktuálně nezjištění) obaleči jsou polyfágy na širokém bylinném spektru, zejména *C. genitalana* tedy v rámci NPP Kleneč využívá hvozdík vzhledem k jeho zdejší příznivé dostupnosti. Druh *C. longana*, který byl z lokality udáván z předchozího období, aktuálně nebyl potvrzen. Jelikož dřívější studie fytofágních obalečů na lokalitě vycházely především z pozorování biologie vývojových stádií a jejich projevů (které jsou u jednotlivých druhů podobné a potenciálně zaměnitelné) na živných

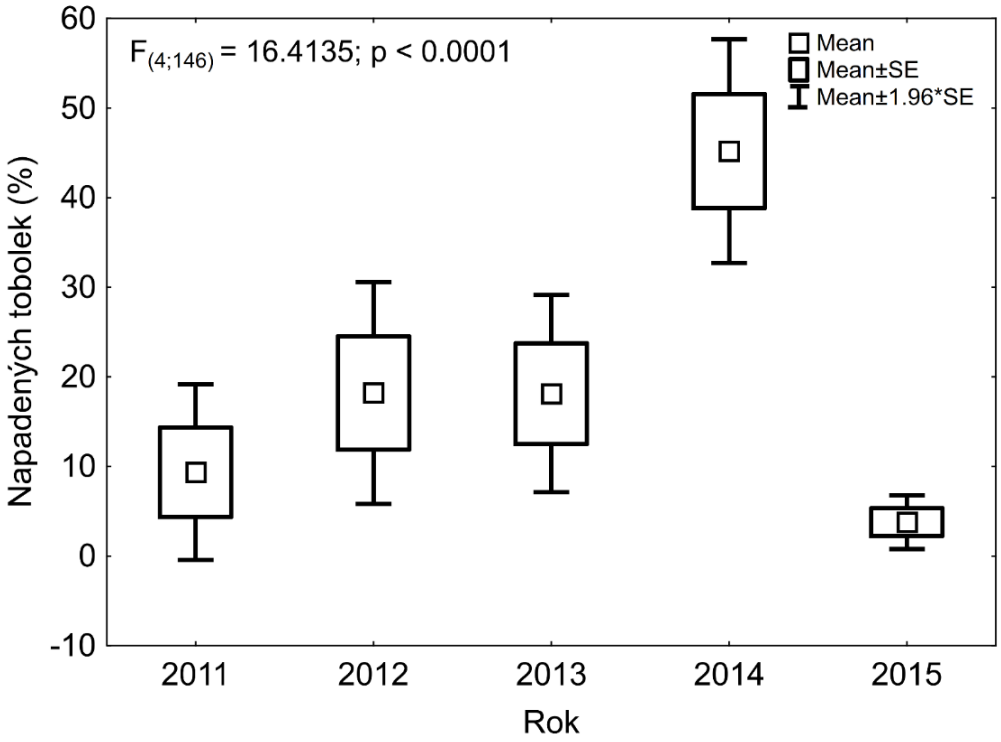
rostlinách, je pravděpodobné, že tento druhový komplex zde dlouhodoběji přetrvává a jeho zastoupení se mění dle specifických podmínek a s nimi související populační dynamiky jednotlivých druhů. Dalšími možnými motýlími fytofágy hvozdíků na lokalitě jsou píďalka *Scopula incanata* (hvozdík jako jedna z potenciálních živných rostlin housenek) a můry *Hadena compta* (jako živná rostlina udáván pouze hvozdík, housenky požírají nezralá semena v tobolkách) a *H. capsincola* (kromě hvozdíku žijí housenky i na knotovce, jejich biologie jako u předchozí). Dospělci těchto můr jsou rovněž významnými opylovači hvozdíků, stejně jako např. lišajové *Sphinx pinastri* a *Deilephila porcellus*.

Vliv herbivorie na populační dynamiku hvozdíku

Zatímco napadené tobolky produkovaly průměrně 5.94 semen, u nenapadených tobolek to bylo 25.34 semen (Obr. 37). Snížení produkce semen vlivem herbivorie je tedy značné (75%). Procento napadených tobolek v rámci trsů se také zvyšovalo od začátku sledování v roce 2011, což je doba, kdy populace hvozdíku začíná významněji růst po rozsáhlejším strhávání humusového horizontu. Zatímco v roce 2011 průměrná napadenost činila kolem 10%, v roce 2014 už to bylo skoro 50% (Obr. 38). V roce 2015 však došlo opět k výraznému poklesu napadení, které však může souviset pouze s výjimečně suchým rokem, který měl negativní vliv na mnoho druhů z čeledi Lepidoptera (viz entomologický průzkum v jiné části této zprávy – Heřman 2015). Až další sledování pravděpodobně ukáže, jak bude vývoj napadení tobolek u hvozdíku pokračovat.

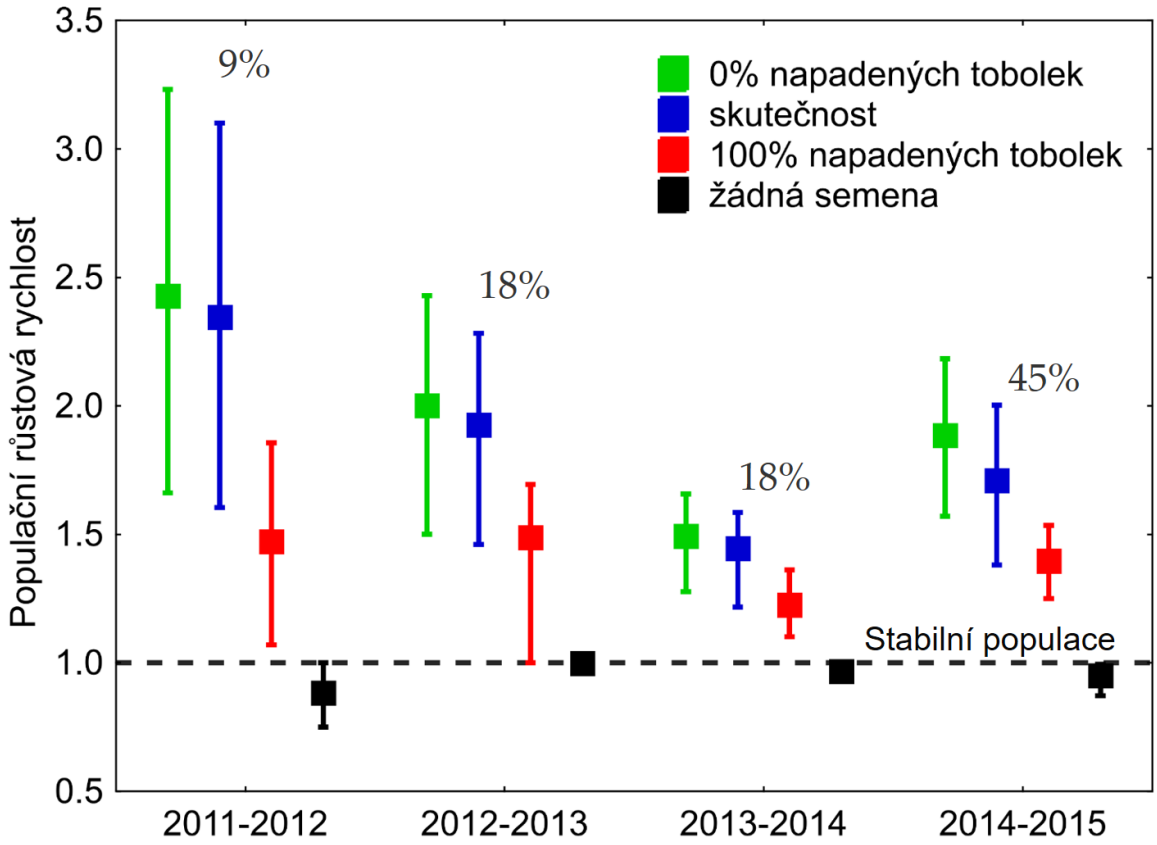


Obr. 37. Produkce semen u napadených a nenapadených tobolek hvozdíku písečného českého obaleči z rodu *Cnephasia* v NPP Kleneč v roce 2015. Graf ukazuje průměry, střední chyby průměrů a 1.96*střední chyby průměrů.



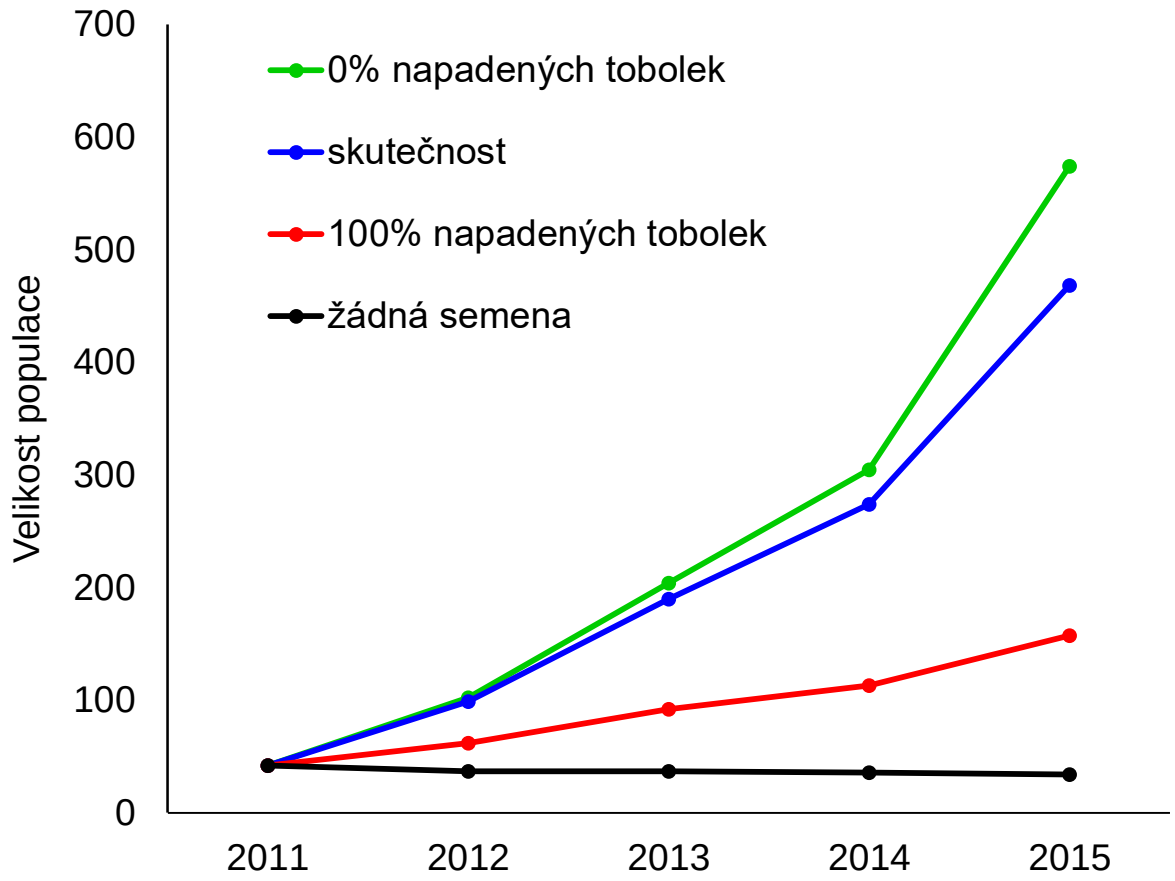
Obr. 38. Podíl napadení tobolek v jednotlivých trsech hvozdíku písečného českého obaleči z rodu *Cnephasia* na lokalitě v NPP Kleneč v letech 2011-2015.

I přes velký vliv herbivorie na produkci semen v jednotlivých tobolkách, je důležité se podívat, jak se to odrazí na celkové populační dynamice hvozdíku. Na Obr. 39 můžeme vidět vliv herbivorie semen na rychlost růstu populace hvozdíku v NPP Kleneč. U všech scénářů můžeme vidět, že se populační růstová rychlost s dobou od stržení humusového horizontu postupně snižuje. Stále však populace významně roste, tj. populační růstová rychlost je větší než jedna. Také můžeme vidět, že při současné míře napadení (modré hodnoty), je růst populace jen velice málo snížen oproti situaci, kdyby hvozdík nebyl napaden vůbec (zelené hodnoty). I při hypotetickém napadení všech tobolek, herbivor není plně úspěšný (zkonzumuje okolo 75% semen v tobolce), což stále stačí k tomu, aby populace rostla. Pouze u katastrofického scénáře, kdy by herbivor napadl všechny tobolky a v nich ještě zkonzumoval 100% semen (černé hodnoty), populace začnou mírně klesat (populace však bude vymírat velmi pomalu v důsledku přítomnosti velkých dlouhověkých trsů). Na Obr. 40 můžeme vidět, že i když populace při napadení všech tobolek stále roste (červené hodnoty), velikost populace bude za pět let téměř pětkrát menší. Důležitý ale je stále velmi malý rozdíl mezi vůbec nenapadenými a reálně napadeným množstvím tobolek (zelený a modrý scénář).



Obr. 39. Čtyři scénáře vlivu napadení tobolek hvozdíku písečného českého obaleči z rodu *Cnephasia* na populační dynamiku hvozdíku na lokalitě v NPP Kleneč. 1) zelená – žádné tobolky nejsou napadené, 2) modrá – skutečná míra napadení, jak byla na lokalitě zaznamenána v letech 2011-2014 (skutečná míra napadení je uvedena v % nad příslušným přechodem, tj. pro rok 2011-2012 je to 9% atd.), 3) červená – všechny tobolky jsou napadeny herbivorem a 4) černá – všechny tobolky jsou napadeny herbivorem, který zničí úplně všechna semena. Stabilní populace, kdy je populační růstová rychlost rovna 1, je zvýrazněna přerušovanou čarou. Na grafu jsou znázorněny hodnoty populační růstové rychlosti a jejich 95% konfidenční intervaly.

Herbivorie semen by teoreticky mohla sehrát významnější roli v případě, že by lokalita byla bez managementu a populační růstová rychlost by byla stabilní (blízko jedné). V tom případě menší produkce semen mohla nabýt na větším významu. V nejbližší době to na to však nevypadá, protože i po 7 letech od strţení humusového horizontu je na lokalitě stále množství volného písku, kde semenáčky hvozdíku mohou vzcházet.



Obr. 40. Čtyři scénáře vlivu napadení tobolek hvozdíku písečného českého obaleči z rodu *Cnephasia* na velikost populace hvozdíku na lokalitě v NPP Kleneč. Vysvětlivky k jednotlivým scénářům jsou na Obr. 39. Jako počáteční stav byl použit skutečný počet rostlin hvozdíku, které se v plochách vyskytovaly v roce 2011.

3.4.6 Sledování a determinace přirozených opylovačů hvozdíku

Mnoho druhů z rodu *Dianthus* (včetně *D. arenarius*) je primárně cizosprašných. To znamená, že tvoří semena převážně díky pylu přenesenému z jiné rostliny. Samosprášení je bráněno proterandrií (tyčinky se otevírají a uvadají dříve než pestíky). U hvozdíků se také vyskytuje gynodioecie: v populaci se vyskytují rostliny hermafroditní a funkčně pouze samičí s prázdnými tyčinkami (Lundqvist, 1995, Bloch et al., 2006). Populace h. písečného českého se skládá z tří typů rostlin: hermafroditních, samičích bez tyčinek a funkčně samičích rostlin se zakrnělými tyčinkami (Kalůsková, 2012). Přítomnost opylovačů je proto nezbytná pro trvalé udržení druhu na lokalitě.

Pro morfologii květů rodu *Dianthus* je typická relativně dlouhá kališní trubka a produkce většího množství nektaru. Tyto znaky jsou považovány za adaptaci na opylování motýly (Lepidoptera), kteří jsou díky svému dlouhému sosáku schopni dosáhnout na nektar nacházející se na dně kališní trubky (Faegri and van der Pijl, 1979). Druhy rodu *Dianthus* lze dále rozdělit podle toho, zda se orientují na denní nebo noční motýly (Jürgens, 2006). Jejich květy se podle toho dále liší. Druhy s výraznou, nejčastěji růžovou barvou květů a nevýraznou vůní jsou převážně opylovány denními motýly, sekundárně též blanokřídlímy a dvoukřídlími (Kephart et al., 2006). Některé se na noc zavírají. Pro denní opylovače je barva důležitým vodítkem. V NPP Kleneč k těmto druhům patří *D. carthusianorum*. Naopak *D. arenarius* patří do skupiny hvozdíků adaptovaných na noční opylovače. Bělavé a tudíž nevýrazné květy se poprvé otevírají na noc a produkují intenzivní vůni, která je pro hmyz důležitým vodítkem při snížené viditelnosti. Kromě různé intenzity také vůně nočních hvozdíků obsahují specifické sloučeniny, které jsou atraktivní především pro noční Lepidoptera (Jürgens et al., 2003). Specifické rozdíly byly dokumentovány také u složení nektaru (Jürgens, 2006). Květy opylované nočními motýly mají též delší a užší kalich a jejich tyčinky vyčnívají výše nad květ. Noční motýli totiž často neusedají na květy, nektar sají za letu a tato morfologie zaručuje, že se přitom dostanou do kontaktu s bliznami i tyčinkami (Boberg et. al., 2014).

Většina rostlin, jejichž květy se zdají specializované na určitý typ opylovače, je však navštěvována větším spektrem hmyzu (Ollerton et al., 2009). Tito další návštěvníci se mohou do jisté míry podílet na přenosu pylu, i když jejich efektivita může být nízká (Rosas-Guerrero et al., 2014). Hlavní odměnou pro opylovače je u hvozdíků nektar, na který dosáhnou většinou jen motýli. Mnozí blanokřídlí ale využívají jako zdroj i pyl (Faegri and van der Pijl, 1979), který je pro ně u hvozdíků také teoreticky dostupný.

Ve výzkumu jsme se proto zaměřili na determinaci denních i nočních návštěvníků. K efektivnímu přenosu pylu je často klíčové „správné“ chování. Je tedy možné, že i když hmyz sbírá pyl, není schopen ho efektivně přenést na blizny. Proto jsme se ve výzkumu zaměřili na pozorování chování návštěvníků a analyzovali počet pylu na bliznách. U nočních návštěvníků jsme dále sledovali frekvenci výskytu a dobu návštěvy.

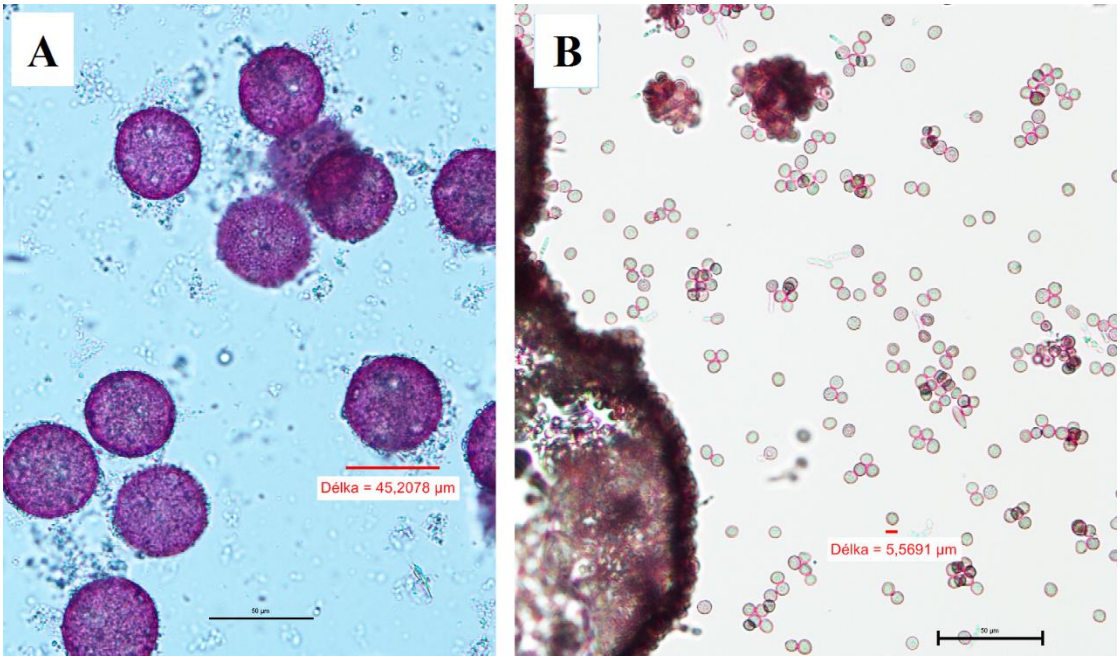
Rostlina je při produkci semen omezena ze dvou směrů. Prvním je efektivita opylovačů, tedy množství pylu, které jsou schopni na blizny přenést v porovnání s množstvím vajíček dostupných k oplození. Množství pylu u mnoha druhů nestačí na opylení všech vajíček. Pak hovoříme o limitaci pylem (Knight et al., 2005). Produkce semen vyžaduje od rostliny investovat energii. V suboptimálních podmínkách rostliny nemusí být schopny vytvořit zralá semena ze všech oplozených vajíček. V tomto případě hovoříme o limitaci zdroji (Dafni, 1992). Limitace zdroji i pylem jsou klíčovými parametry životaschopnosti rostliny i celé populace a vypovídají o jejím potenciálu udržet se dlouhodobě na lokalitě. Proto jsme také porovnávali množství pylu na bliznách, množství semen a množství vajíček.

Na lokalitě se nachází 11 hybridů vzniklých křížením hvozdíku písečného a kartouzku. Jedná se jak o hybridy, kde mateřskou rostlinou je h. kartouzek, tak i hybridy, kde matkou je h. písečný český. Hybridi nemají životaschopný pyl a neprodukují semena, tudíž vzniknout mohou pouze mezidruhovým křížením (Kalůsková, 2012). Interpretací dat na složení pylu na bliznách h. písečného českého a h. kartouzku a chování návštěvníků jsme se snažili odpovědět na otázky, kdo může potencionálně přenášet pyl mezi těmito dvěma druhy a jak často.

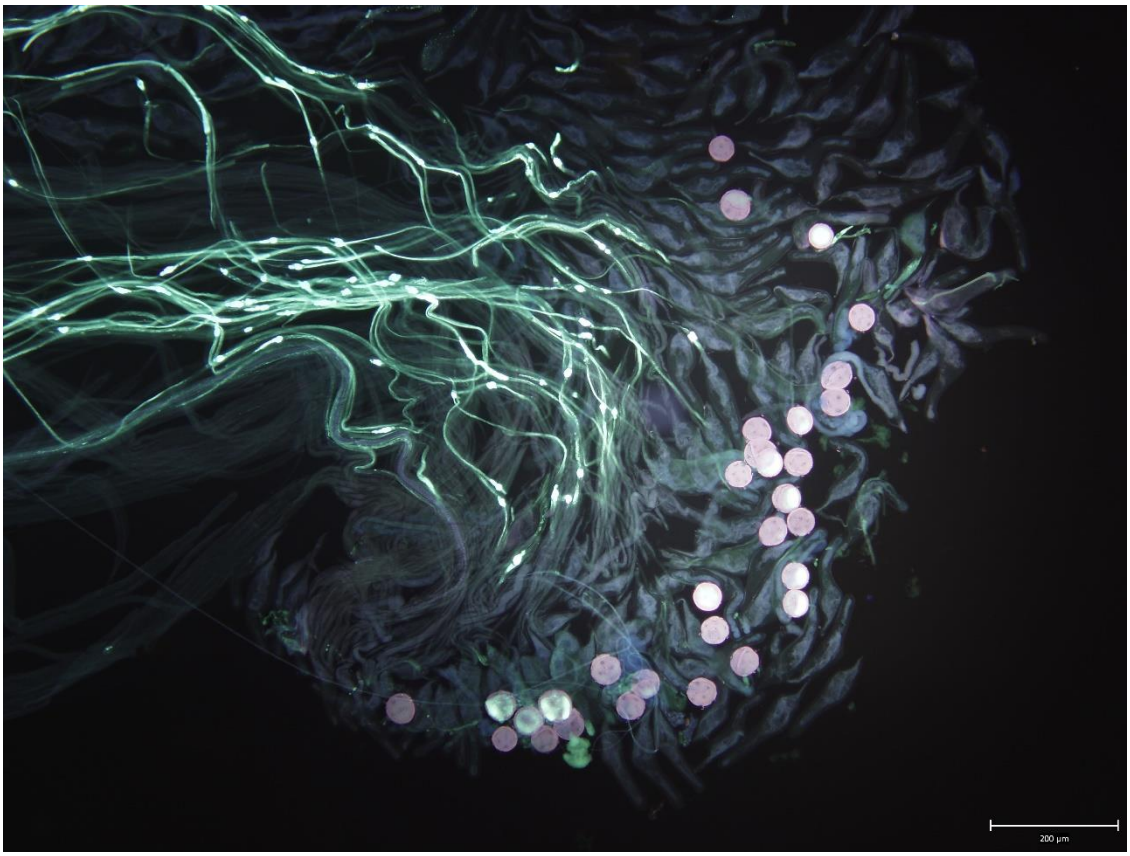
Sběr dat

Terénní výzkum probíhal v od 10. - 13. 6. a 15. - 17. 6. 2016, tedy v době vrcholu kvetení. Při pozorování návštěvníků jsme postupovali dvěmi způsoby. Byl sbírán hmyz navštěvující květy ve dne i v noci. Následně s pomocí kamer při infračerveném osvětlení bylo snímáno chování návštěvníků, frekvence a délka návštěv u nočních opylovačů (Obr. 41). Nahrávky byly pořízeny mezi 20:30 a 6:00. Bylo nahráváno vždy několik květů jedné rostliny. Každá nahrávka byla pořízena na odlišné rostlině. Každá hodina má 6 opakování. Z vybraných denních návštěvníků byl před odesláním na určení extrahován pyl, který byl spočítán podle publikovaných metodik (Dafni, 1992, Tur et al., 2014). Spočítán byl i pyl příbuzného hvozdíku kartouzku (Obr. 42). Dále bylo sebráno 56 zavadlých květů. Dle standardních metodik (Castro et al., 2008, Dafni, 1992) byly připraveny preparáty blizen a za pomoci epifluorescenční mikroskopie byly spočítány pylové láčky a pylová zrna *D. arenarius* susp. *bohemicus* (Obr. 43).

Obr. 41. Snímání květů *D. arenarius* susp. *bohemicus*: monitoring opylovačů.



Obr. 42. Pylová zrna obarvená fuchsinem. A. *D. arenarius* susp. *bohemicus*; B. *D. carthusianorum.*



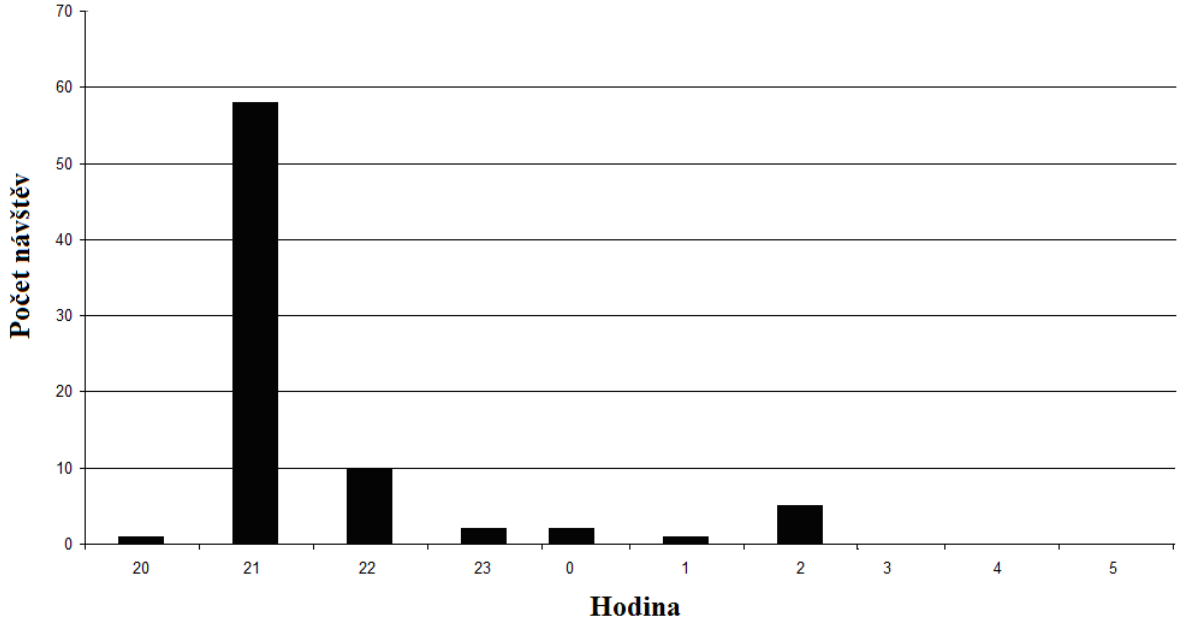
Obr. 43. Klíčící pylová zrna *D. arenarius* na blizně.

Výsledky

Noční motýli

Dianthus arenarius susp. *bohemicus* je navštěvován nočními motýli převážně v době soumraku, tedy mezi 21:00 a 23:00 (Obr. 44). Z květů bylo nasbíráno celkem 16 druhů motýlů (Tab. 9). Žlutě je vyznačeno 6 druhů, které byly následně zaznamenány i na videonahrávkách, a jsou tedy nejčastějšími

návštěvníky *D. arenarius* susp. *bohemicus*. Zbylých deset druhů lze považovat za příležitostné návštěvníky bez vlivu na přenos pylu.



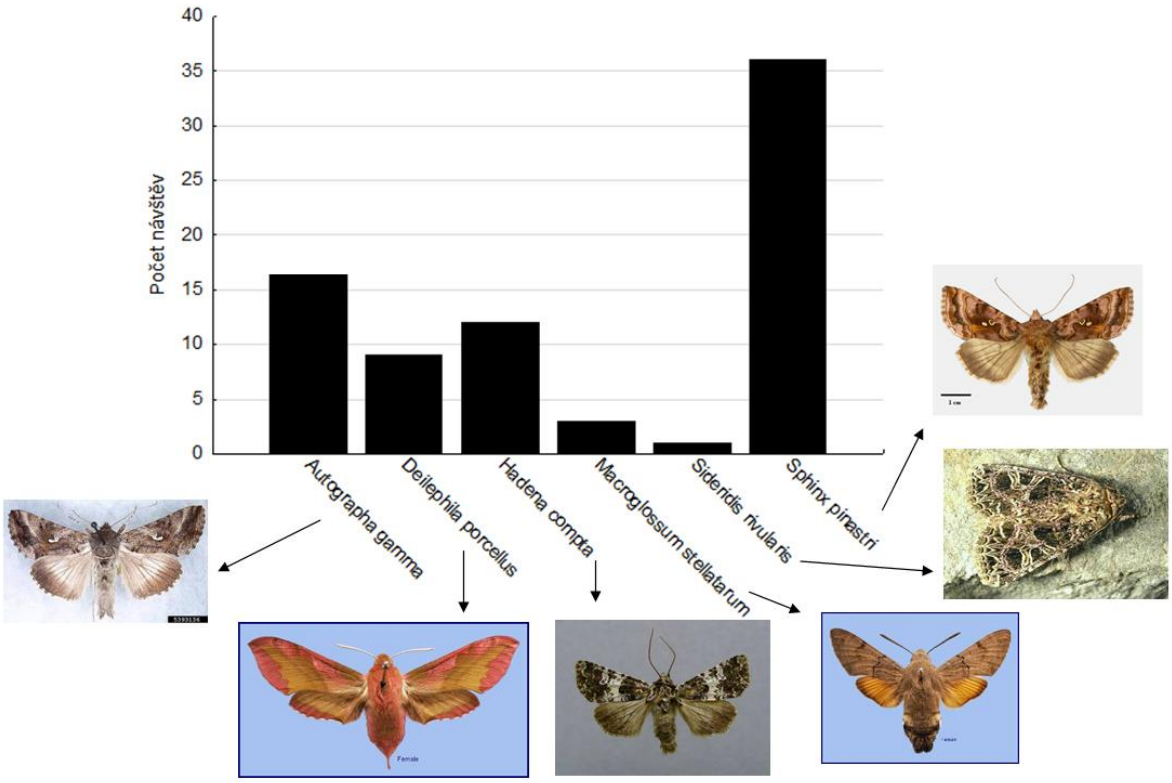
Obr. 44. Rozložení počtu návštěv nočními motýly v čase.

DRUH	ČELEĎ
Coleophora sp.	COLEOPHORIDAE
Chrysoteuchia culmella	CRAMBIDAE
Hypomecis punctinalis	GEOMETRIDAE
Lythria purpuraria	GEOMETRIDAE
Autographa gamma	NOCTUIDAE
Hadena capsincola	NOCTUIDAE
Hadena compta	NOCTUIDAE
Heliothis peltigera	NOCTUIDAE
Hoplodrina octogenaria	NOCTUIDAE
Coenonympha pamphilus	NYMPHALIDAE
Myelois circumvoluta	PYRALIDAE
Deilephila porcellus	SPHINGIDAE
Sphinx pinastri	SPHINGIDAE
Notocelia uddmanniana	TORTRICIDAE
Macroglossum stellatarum	SPHINGIDAE
Sideridis rivularis	NOCTUIDAE

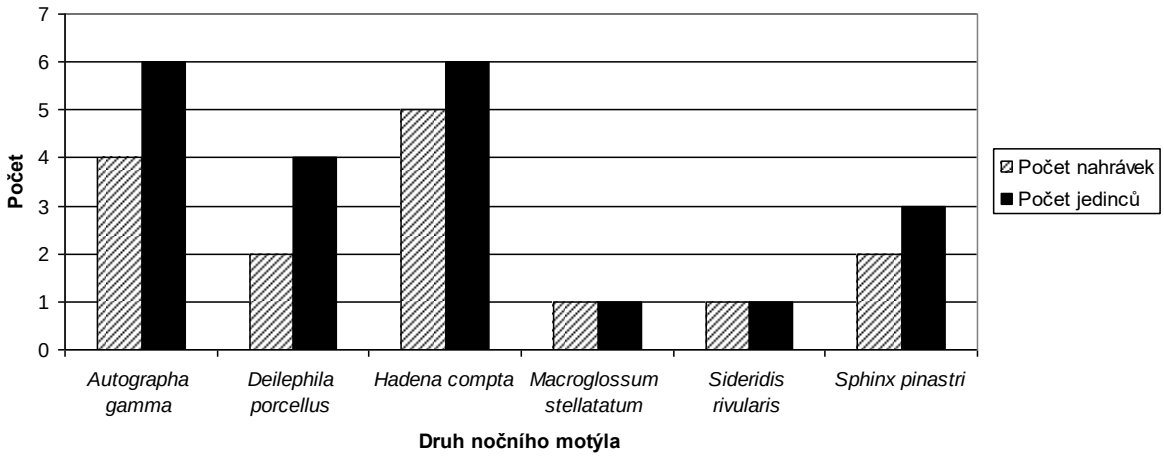
Tab. 9. Seznam nočních motýlů sesbíraných na květech *D. arenarius* susp. *bohemicus*. Žlutě označené druhy byly zaznamenány i na nahrávkách.

Počet návštěv jednotlivých druhů ukazuje obrázek 5. U těchto dat je ale třeba zohlednit na kolika nahrávkách se daný druh objevil a kolik jedinců bylo zachyceno (Obr. 46). Na největším počtu videí se objevila *Hadena compta* (můra kartouzková) a *Autographa gamma* (kovolesklec gama). Z grafu je patrné, že se zároveň jednalo o druhy s největším počtem návštěv. Tedy tyto druhy se objevily na nejvíce nahrávkách pro dané hodiny a zároveň byly nejčastěji v kontaktu s květy. Na menším počtu nahrávek se vyskytovaly *Deilephila porcellus* (lišaj kyprejový) a *Sphinx pinastri* (lišaj borový). Jedenkrát

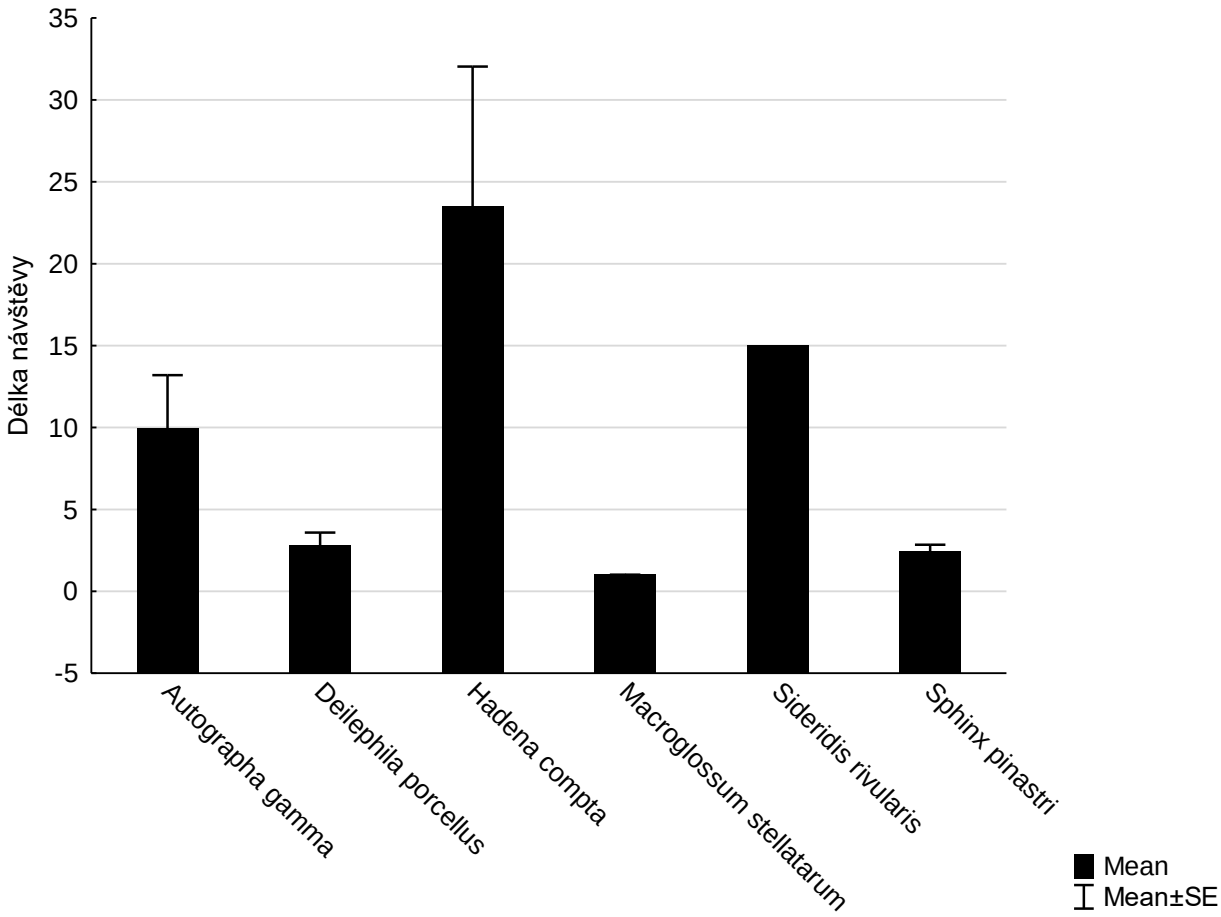
se na květech objevily *Sideridis rivularis* (můra silenková) a *Macroglossum stellatarum* (dlouhozobka svízelová). U nich je třeba poznamenat, že létají i ve dne. Jednou se na záznamech objevil i nespecifikovaný příslušník dvoukřídlého hmyzu a k ránu též pestřenka. Mezi zajímavé noční návštěvníky patří škvoři (Dermaptera). Pohybují se uvnitř květů nebo v rámci několika květů jednoho trsu. Nejdelší dobu na květech trávila *Hadena compta* (můra kartouzková) (Obr. 47). Noční motýli využívají květy hvozdíku většinou jako zdroj potravy ve formě nektaru, ale v některých případech také kladou do květů vajíčka a jejich larvy se pak živí v semenících (rod *Hadena*). Nicméně i o těchto druzích je známo, že jejich aktivita vede ke vzniku zralých semen (některá semena uniknou predaci larev), a proto mohou být považovány za efektivní opylovače (Giménez-Benavides et al., 2007).



Obr. 45. Počet návštěv zaznamenaných na nahrávkách.



Obr. 46. Šrafované: počet nahrávek (tj. rostlin), na kterých byl druh motýla zaznamenán. Černé: počet jedinců zaznamenaných na nahrávkách.



Obr. 47. Délka návštěvy (s).

Hadena compta je jedním z nejčastějších návštěvníků h. písečného českého a zároveň tráví na květech nejdelší dobu. To z ní na první pohled dělá předního kandidáta na hlavního opylovače tohoto druhu českého. Na květech se živí nektarem. Zároveň samičky kladou do květu vajíčka. Vylíhnutá larva se živí semeny. Část semen však predaci unikne. Vztah mezi můrami rodu *Hadena* a jejich hostitelskými rostlinami je komplikovaný a často velice úzký. Druhy rodu *Hadena* tak působí jako hlavní opylovači mnoha druhů čeledi Caryophyllaceae (Kephart et al., 2006). Záleží též na efektivitě dalších opylovačů. Například v příbuzném systému *Silene dioica* podobně parazitované můrou rodu *Perizoma* bylo ukázáno, že vztah je mutualistický pouze v populacích, kde další opylovači opylí méně než 60% květů. Pokud je procento vyšší, ostatní opylovači jsou dohromady efektivnější, pak by bylo pro tuto rostlinu výhodnější, kdyby ji *Perizoma* nenavštěvovala (Westerbergh, 2004). Zda se jedná o mutualismus či antagonismus závisí často na místních podmínkách, interspecifické rozdíly mezi populacemi existují v čase i prostoru (Petterson, 1991, Petterson, 2006, Bopp et Gottsberger, 2004, Labouche et Bernasconi, 2009, Reynolds et al., 2012). Nicméně ve velkém množství případů byly druhy rodu *Hadena* určeny jako dominantní opylovači (Kephart et al., 2006). I v případě h. písečného českého se dá nepřímo usuzovat, že vliv můry kartouzkové je spíše pozitivní. Květy hvozdíku jsou napadány i dalšími parazity. Největší škody způsobují larvy několika druhů obalečů (rod Cnephasia). Napadené květy produkují pouze čtvrtinu semen oproti nenapadeným. Zároveň nenapadené květy produkují zhruba stejně semen jako je pylu na jejich bliznách (viz níže). To znamená, že vliv *Hadena compta* na úrovni populace nemůže být negativní. Vzhledem k tomu, že se jedná o jednoho z nejčastějších návštěvníků, který zároveň tráví na květech nejdelší dobu, dá se předpokládat mutualismus, tj. pozitivní vliv.

Autographa gamma, *Deilephila porcellus* a *Sphinx pinastri* jsou hlavními opylovači některých Caryophyllaceae a Orchideacea. Jedinci sají nektar a orientují se podle vůně.

Tyto 4 druhy se jeví jako potencionální hlavní opylovači. Všechny mají široké rozšíření po Evropě i Asii. V rámci České republiky jde o běžné a nenáročné druhy. Další možní opylovači jsou můry, které jsou aktivní také ve dne. Na h. písečném českém však byly zaznamenány výjimečně. Během dne nebyly pozorovány na květech vůbec a navečer nebo v noci pouze jedenkrát. *Macroglossum stellatarum* opyluje a sbírá nektar mnoha druhů rostlin. Experimentálně ale bylo ukázáno, že dlouhozobku primárně přitahují především modré, žluté a fialové květy a neřídí se vůní (ačkoliv chování se může pozměnit, jak se jedinec učí). H. písečný český evidentně na tento druh necílí (bledé květy, intenzivní vůně) (Kelber, 1997).

Další návštěvníci

Květy jsou přes den navštěvovány blanokřídlým a dvoukřídlým hmyzem, zejména pestřenkami (Syrphidae) a včelami rodu *Lassioglossum* (Tabulka 2). Tito živočichové ale nejsou schopni dosáhnout k nektaru, který se nachází na dně dlouhé avšak úzké květní trubky, neboť mají příliš objemné tělo a postrádají dostatečně dlouhý sosák. Tento hmyz na květech buď sbírá pyl, nebo pouze prozkoumává květy. Na tělech dvoukřídlých i blanokřídlých byl nalezen pyl h. písečného českého i h. kartouzku a to v podobných množství (několik desítek až stovek). Jejich role coby opylovačů je ale omezená, jak vyplynulo z analýzy počtu pylu na bliznách. Byl spočítán pyl na 56 květech *D. arenarius* susp. *bohemicus.* Blizny jednoho květu v průměru obsahují dohromady pouze 24.18 ± 21.78 (průměr ± směrodatná odchylka, N = 56) pylových zrn *D. arenarius* susp. *bohemicus* a žádný pyl *D. carthusianorum*, přestože denní návštěvníci na sobě nesou desítky až stovky zrn obou druhů. Právě z absence pylu h. kartouzku, který je přenášen ve dne (v noci je zavřený), a disproporci v počtu pylu na návštěvnících a bliznách lze usuzovat, že význam denních návštěvníků pro opylení h. písečného českého je nízký.

DRUH	ŘÁD	ČELEĎ
Apis mellifera	Hymenoptera	Apidae
Bembecinus tridens	Hymenoptera	Crabronidae
Harpactus elegans	Hymenoptera	Crabronidae
Halictus simplex	Hymenoptera	Halictidae
Lasioglossum fulvicorne	Hymenoptera	Halictidae
Lasioglossum lucidulum	Hymenoptera	Halictidae
Lasioglossum malachurum	Hymenoptera	Halictidae
Lasioglossum pauxillum	Hymenoptera	Halictidae
Episyrphus balteatus	Diptera	Syrphidae
Eupeodes corollae	Diptera	Syrphidae

Tab. 10. Seznam denních návštěvníků z řádů Diptera a Hymenoptera. Příslušníci jiných řádů se na květech vyskytují vzácně.

Omezení produkce semen pylem a zdroji

Průměrný počet vajíček na semeník je 69.17 ± 10.78 (průměr ± směrodatná odchylka, N = 6). Blizny jednoho květu v průměru obsahují dohromady 24.18 ± 21.78 (průměr ± směrodatná odchylka, N = 56) pylových zrn *D. arenarius* susp. *bohemicus*. Opylovači nejsou schopni přenést dostatek pylu, aby byla opylena všechna vajíčka v semeníku. V průměru je opyleno pouze 35% vajíček (25 z 69). Nutno poznamenat, že limitace pylem je u rostlin běžná a 35% nelze považovat za extrémně nízkou hodnotu. Průměrný počet semen na tobolku u květů nenapadených housenkami obaleče je 25.33 ± 10.83 (průměr ± směrodatná odchylka, N = 126), tedy zhruba shodný s průměrným počtem pylu na bliznách. To znamená, že produkce semen není dále omezována ani zdroji (nedostatek živin, apod.) ani parazity (především predátory semen, např. *Hadena*).

Hybridizace mezi *D. arenarius* susp. *bohemicus* a *D. carthusianorum*

Jak již bylo řečeno v předchozím odstavci, na analyzovaných bliznách h. písečného českého (celkem bylo zkoumáno 56 květů) nebyla nalezena žádná pylová zrna h. kartouzku. Na lokalitě bylo zaznamenáno pouze 11 hybridů (Kalůsková, 2012). Vzhledem k dlouhověkosti trsů je evidentní, že přenos pylu mezi druhy a vznik hybridů je vzácnou událostí.

Shrnutí

- *Dianthus arenarius* susp. *bohemicus* je opylován nočními motýly
- Společenstvo opylovačů zahrnuje především čtyři druhy: *Hadena compta*, *Autogramma gama, Sphinx pinastri* a *Deilephila porcellus*
- Jedná se o běžné druhy nočních motýlů, kteří většinou obývají otevřená stanoviště. ***D. arenarius* susp. *bohemicus* tedy není ohrožen nedostatkem opylovačů** za předpokladu, že v krajině zůstanou i travnatá stanoviště. Do nich se ovšem počítají i meze, zahrádky, lemy apod. Jedná se o nenáročné druhy motýlů.
- Konkrétní efektivita jednotlivých druhů nočních návštěvníků by vyžadovala náročnější, **několikaletou** studii
- Zejména význam *Hadena compta* je spekulativní – vztah může být mutualistický či antagonistický. Nicméně spíše se jedná o mutualismus.
- Návštěvníci s denní aktivitou se nepodílí na přenosu pylu.
- Produkce semen je omezena efektivitou opylovačů, není omezena zdroji či parazity (vyjma obaleče)
- Vznik hybridů s *D. carthusianorum* je vzácnou událostí. Běžně k přenosu pylu mezi těmito dvěma druhy hvozdíků nedochází.

3.5 Výchova a osvěta

3.5.1 Propagace výsledků záchranného programu

Rovněž i propagace postupu a výsledků práce je velice důležitým bodem celého projektu, v rámci níž byla několika různými způsoby seznámena odborná i laická veřejnost s novými poznatky a zjištěními zejména v oblasti cílené ochrany druhu.

V rámci projektu jsme zorganizovali Tematické setkání lidí zabývajících se studiem vzácných druhů naší květeny, které se uskutečnilo 7. - 9. 4. 2016 v Pezionu Podháj v Sedmihorkách. Setkání se zúčastnilo celkem 43 odborníků z různých organizací v rámci ČR – univerzity, výzkumné ústavy, státní ochrana přírody, nevládní organizace. Prostřednictvím přednášek a diskusí byla představena různá témata týkající se výzkumu vzácných druhů, problematiky managementu vzácných druhů a jejich lokalit, záchranných programů. Prezentovány zde byly formou přednášky také dosavadní výsledky námi řešeného projektu i dalších projektů MGS II. Účastníci setkání se tak mohli podělit o své nové poznatky a zkušenosti a získat různé rady a názory od dalších odborníků. Program zahrnoval také večerní tematické diskuse týkající se různých možností ochrany přírody i ohrožených druhů a jejich úskalími a také půldenní exkurzí do PR Podtrosecká údolí vedenou Mgr. Janem Višinským ze Správy CHKO Český ráj, kde jsme se dozvěděli mnoho zajímavostí o vzniku a vývoji tohoto údolí, o zde rostoucích vzácných i typických druzích rostlin a také managementu zdejších lokalit, zejména mokřadu. Celkové shrnutí Tematického setkání bylo publikováno jako popularizační článek s názvem „Setkání botaniků k tématu ohrožených a vzácných druhů naší květeny“ (Živa 3/2016).

Průběžné výsledky projektu byly též prezentovány v podobě přednášky na téma „Vliv herbivorie na populační dynamiku hvozdíku písečného“ na konferenci České botanické společnosti zaměřené na tématiku **“**Ohrožená květena ČR a regionální červené seznamy” konané 28. – 29. 11. 2015 na Přírodovědecké fakultě Univerzity Karlovy v Praze**.** V dubnu 2016 pak byla přednesena přednáška shrnující výsledky projektu pro odbornou i laickou veřejnost na veřejně přístupném přednáškovém cyklu České botanické společnosti v Praze (11. 4. 2016) na téma „Hvozdík písečný český: co ještě můžeme udělat pro jeho záchranu?“ Posluchači zde byli podrobně seznámeni s probíhajícím výzkumem i s novými poznatky o populační biologii druhu a vlivu různých faktorů na ni – abiotické podmínky na lokalitách, vliv dalších druhů rostlin, herbivorů, opylovačů apod. Závěrem bylo shrnuto, že stav populace hvozdíku písečného českého na obou lokalitách je příznivý a že záchranný program na jeho podporu se daří naplnit velice dobře. Zároveň prováděný management na lokalitě ve prospěch hvozdíku českého prospívá i dalším organismům, zejména řadě vzácných pískomilných a suchomilných bezobratlých živočichů.

Pro zajištění propagace výsledků záchranného programu byly též vytvořeny a jsou průběžně aktualizovány internetové stránky (www.dianthusarenarius.cz) obsahující veškeré informace o projektu, o jednotlivých postupech i výsledcích dílčích opatření. Kromě toho byly také připraveny rukopis popularizačního článku pro časopis Živa.

3.5.2 Kultivace v botanických zahradách

Vzhledem k tomu, že se hvozdík vyskytuje pouze na dvou lokalitách v ČR, není veřejnosti příliš známý. Případná nadměrná návštěvnost lokalit druhu však není žádoucí a bude v budoucnu klíčovým faktorem, který ovlivní, zda v naší přírodě hvozdík přetrvá či nikoliv. Z tohoto důvodu je žádoucí, aby měla nejširší veřejnost možnost seznámit se s tímto druhem i jinde, než na lokalitách druhu, tedy např. v botanických zahradách.

V rámci projektu byla navázána spolupráce s Botanickou zahradou Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy v Praze, v níž byl dosud pěstován jen nominátní *Dianthus arenarius* a která též plánuje udělat ve spolupráci s doc. Janem Sudou menší expozici českých endemitů. Z tohoto důvodu byla i ze strany Botanické zahrady kultivace hvozdíku písečného českého velmi vítaná. Na začátku července 2015 bylo na lokalitě v NPP Kleneč odebráno několik zralých tobolek hvozdíku, opět z části původní lokality pod borovicí, kde téměř nedochází ke vzcházení nových semenáčků a kde se vyskytují

velké trsy hvozdíku s velkou produkcí semen, díky čemuž nedošlo k ohrožení populace. Z těchto tobolek bylo vybráno 200 semen, která byla v průběhu září 2015 předána do Botanické zahrady PřF UK v Praze. Příslušná povolení pro možnost sběru semen hvozdíku na lokalitě v NPP Kleneč byla udělena Správou CHKO České středohoří.

Ze semen byly vypěstovány mladé rostlinky hvozdíku s velkou úspěšností (téměř 100% klíčivost semen). Část takto vypěstovaných rostlin je nyní umístěna do expozice v Botanické zahradě PřF UK v Praze, část je uložena v její zásobní zahradě. Několik rostlin bylo poskytnuto také do Botanické zahrady hlavního města Prahy – v Tróje, které doplnily již několik pěstovaných exemplářů hvozdíku písečného českého. V případě zájmu dalších botanických zahrad jim budou též poskytnuty vypěstované rostliny hvozdíku ke kultivaci a následné prezentaci veřejnosti.

Ve spolupráci s Botanickou zahradu PřF UK v Praze je vytvářena informační tabulka prezentující druh jako takový, jeho ZPZCHD a tento projekt veřejnosti a tato tabulka bude umístěna do expozice k hvozdíku.

Literatura

Bělohoubek J. (2005): Botanický inventarizační průzkum, floristická inventarizace Národní přírodní památky Kleneč; AOPK ČR – Středisko Ústí nad Labem.

Bělohoubek J. (2008): Záchranný program pro hvozdík písečný český (Dianthus arenarius subsp. bohemicus (Novák) O. Schwarz); AOPK ČR – Středisko Ústí nad Labem.

Bloch D, Werdenberg N, Erhardt A. 2006. Pollination crisis in the butterfly-pollinated wild carnation Dianthus carthusianorum? New Phytologist, 169: 699-706.

Boberg E, Alexandersson R, Jonsson M, Maad J, Agren J, Nilsson LA. 2014. Pollinator shifts and the evolution of spur length in the moth-pollinated orchid Platanthera bifolia. Annals of Botany, 113: 267-275.

Bopp S, Gottsberger G. 2004. Importance of Silene latifolia ssp alba and S-dioica (Caryophyllaceae) as host plants of the parasitic pollinator Hadena bicruris (Lepidoptera, Noctuidae). Oikos, 105: 221-228.

ter Braak CJ, Šmilauer P (2002): CANOCO reference manual and CanoDraw for Windows user's guide: software for canonical community ordination, version 4.5. Ithaca, NY: Microcomputer Power.

Caswell H (2001): Matrix population models: construction, analysis, and interpretation. 2nd ed. Sinauer Associates, Sunderland, Mass.

Castro S, Silveira P, Navarro L. 2008. How does secondary pollen presentation affect the fitness of Polygala vayredae (Polygalaceae)? American Journal of Botany, 95: 706-712.

Dafni A. 1992. Pollination Ecology: A Practical Approach, New York, IRL Press at Oxford University Press.

Dostálek T. (2012): Populační studie a vegetační monitoring hvozdíku písečného českého v rámci. Zpráva pro AOPK ČR, depon. in AOPK ČR – Oddělení záchranných programů.

Dostálek T. (2013): Populační studie a vegetační monitoring hvozdíku písečného českého v rámci. Zpráva pro AOPK ČR, depon. in AOPK ČR – Oddělení záchranných programů.

Dostálek T. (2014): Populační studie a vegetační monitoring hvozdíku písečného českého v rámci. Zpráva pro AOPK ČR, depon. in AOPK ČR – Oddělení záchranných programů.

Faegri K, van der Pijl L. 1979. The principles of pollination ecology, Oxford, Pergamon Press.

Giménez-Benavides L, Dötterl S, Jürgens A, Escudero A, Iriondo JM. 2007. Generalist diurnal pollination provides greater fitness in a plant with nocturnal pollination syndrome: assessing the effects of a Silene-Hadena interaction. Oikos, 116: 1461-1472.

Heřman P. (2009): Výsledky lepidopterologického průzkumu NPP Kleneč se zaměřením na motýlí fytofágy hvozdíku písečného českého (Dianthus arenarius subsp. bohemicus). Zpráva pro AOPK ČR, depon. in AOPK ČR – Oddělení záchranných programů.

Jürgens A, Witt T, Gottsberger G. 2003. Flower scent composition in Dianthus and Saponaria species (Caryophyllaceae) and its relevance for pollination biology and taxonomy. Biochemical Systematics and Ecology, 31: 345-357.

Jürgens A. 2006. Comparative floral morphometrics in day-flowering, night-flowering and self-pollinated Caryophylloideae (Agrostemma, Dianthus, Saponaria, Silene, and Vaccaria). Plant Systematics and Evolution, 257: 233-250.

Kalůsková. 2012. Genetická variabilita a evoluční vztahy českých endemických zástupců rodu Dianthus, Diplomová práce, Univerzita Karlova v Praze, Praha.

Kelber A. 1997. Innate preferences for flower features in the hawkmoth Macroglossum stellatarum. Journal of Experimental Biology, 200: 827-836.

Kephart S, Reynolds RJ, Rutter MT, Fenster CB, Dudash MR. 2006. Pollination and seed predation by moths on Silene and allied Caryophyllaceae: evaluating a model system to study the evolution of mutualisms. New Phytologist, 169: 667-680.

Kephart S. 2006. Pollination mutualisms in Caryophyllaceae. New Phytologist, 169: 637-640.

Knight T, Steets J, Vamosi J, Mazer S, Burd M, Campbell D, Dudash M, Johnston M, Mitchell R, Ashman T. 2005. Pollen limitation of plant reproduction: pattern and process. Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics, 36: 467-497.

Kovanda M. (1986): Tři příběhy českého hvozdíku. Živa; Praha; 34(3): 83–84 p.;(4): 128–129 p.

Kubát K., Hrouda L., Chrtek J. jun., Kaplan Z., Kirschner J., Štěpánek J., (2002): Klíč ke květeně České republiky. Academia; Praha; 928 p.

Kuncová J. a Bělohoubek J., (1996): Sledování a posilování populace hvozdíku písečného českého (Dianthus arenarius subsp. bohemicus) v národní přírodní památce Kleneč. Příroda; Praha; 6; 163–168 p.

Labouche A-M, Bernasconi G. 2010. Male moths provide pollination benefits in the Silene latifolia-Hadena bicruris nursery pollination system. Functional Ecology, 24: 534-544.

Šmilauer P. a Lepš J. 2014. Multivariate Analysis of Ecological Data Using CANOCO 5. Cambridge University Press.

Lundqvist A. 1995. Concealed Genes for Self-Incompatibility in the Carnation Family Caryophyllaceae? Hereditas, 122: 85-89.

Ollerton J, Alarcon R, Waser NM, Price MV, Watts S, Cranmer L, Hingston A, Peter CI, Rotenberry J. 2009. A global test of the pollination syndrome hypothesis. Annals of Botany, 103: 1471-1480.

Pettersson MW. 1991. Flower herbivory and seed predation in Silene vulgaris (Caryophyllaceae): effects of pollination and phenology. Ecography, 14: 45-50.

Reynolds RJ, Kula AAR, Fenster CB, Dudash MR. 2011. Variable nursery pollinator importance and its effect on plant reproductive success. Oecologia, 168: 439-448.

Rosas-Guerrero V, Aguilar R, Martén-Rodríguez S, Ashworth L, Lopezaraiza-Mikel M, Bastida JM, Quesada M. 2014. A quantitative review of pollination syndromes: do floral traits predict effective pollinators? Ecology Letters, 17: 388-400.

Skuhrovec J. (2008): Výsledky faunistického průzkumu nosatcovitých brouků (Coleoptera: Curculionoidea) NPP Kleneč (střední Čechy) a návrh změn managementových aktivit. Zpráva pro AOPK ČR, depon. in AOPK ČR – Oddělení záchranných programů.

Skuhrovec J (2009): Výsledky entomologického průzkumu v NPP Kleneč (střední Čechy) zaměřený na nosatcovité brouky (Coleoptera: Curculionoidea), včetně fytofága hvozdíku – nosatce *Hypera arator*; a návrh změn managementových aktivit. Zpráva pro AOPK ČR, depon. in AOPK ČR – Oddělení záchranných programů.

Šímová K. (2011): Sledování sukcese na obnaženém štěrkopískovém podkladu. Zpráva pro AOPK ČR, depon. in AOPK ČR – Oddělení záchranných programů.

Šlechtová A, Bělohoubek J (2010): Hvozdík písečný český - záchranný program běží. Ochrana přírody. 65(3):18-23.

Špalová Z. (2011): Populační dynamika druhu Dianthus arenarius subsp. bohemicus. Zpráva pro AOPK ČR, depon. in AOPK ČR – Oddělení záchranných programů.

Tur C, Vigalondo B, Trøjelsgaard K, Olesen JM, Traveset A. 2014. Downscaling pollen–transport networks to the level of individuals. Journal of Animal Ecology, 83: 306-317.

web 1: AOPK ČR, Hvozdík písečný český (Dianthus arenarius subsp. bohemicus) Záchranný program [online, Cit: 2011-09-01] Dostupné z http://www.nature.cz/zachranneprogramy/index.php?docId=2290&parentId=2259&spec=rostliny

web 2: AOPK ČR, Hvozdík písečný český (Dianthus arenarius subsp. bohemicus) Realizace ZP [online, Cit: 2011-09-01] Dostupné z: http://www.nature.cz/zachranneprogramy/index.php?docId=2291&parentId=2259&spec=rostliny

Vysvětlivky zkratek druhových názvů rostlin

Agr Cap = Agrostis capillaris
Ach Mill = Achillea millefolium
Ant Odo = Anthoxanthum odoratum
Ape Spi = Apera spica-venti
Arm Elo = Armeria elongata
Arr Ela = Arrhenatherum elatius
Art Cam = Artemisia campestris
Asp Cyn = Asperula cynanchica
Cal Vul = Calluna vulgaris
Cal Epi = Calamagrostis epigeios
Car Pra = Carex pracox
Cen Sto = Centaurea stoebe
Con Arv = Convolvulus arvensis
Cor Can = Corynephorus canescens
Dia Are = Dianthus arenarius subsp. bohemicus
Dia Car = Dianthus carthusianorum
Dig San = Digitaria sanguinalis
Ely Rep = Elytrigia repens
Eri Acr = Erigeron acris
Ery Cam = Eryngium campestre
Eup Cyp = Euphorbia Cyparissias
Fes Ovi = Festuca ovina
Fes Rup = Festuca rupicola
Gal Ver = Galium verum
Hie Pil = Hieracium pilosella
Hyp Per = Hypericum perforatum
Che Alb = Chenopodium album
Jas Mon = Jasione montana
Koe Mac = Koeleria macrantha
Lot Cor = Lotus corniculatus
Pap Dub = Papaver dubium
Pim Sax = Pimpinella saxifraga
Pin Syl = Pinus sylvestris
Pla Lan = Plantago lanceolata
Poa Com = Poa compressa
Poa Pra = Poa pratensis
Pot Arg = Potentilla argentea
Rob Pse = Robinia pseudoacacia
Rub Cae = Rubus causius
Rum Ace = Rumex acetosella
Sec Var = Securigera varia
Sen Vis = Senecio viscosus
Spe Mor = Spergula morissoni
Tri Arv = Trifolium arvense

Thy Pul = Thymus pulegioides
Tri Cam = Trifolium campestre
Ver Pho = Verbascum phoeniceum
Vic Hir = Vicia hirta
Vio Arv = Viola arvensis

Obrazová příloha

V plochách stržených v roce 2009 v NPP Kleneč jsou již rostliny pravidelně bohatě kvetoucí a produkující tisíce semen, ze kterých vzchází množství malých semenáčků (označené barevnými špendlíky).

Detail nového semenáčku v NPP Kleneč.

Plocha v NPP Kleneč stržená v roce 2009 s dominujícím druhem *Corynephorus canescens*.

Plocha v NPP Kleneč stržená v roce 1999 zarůstá hojně mechy a lišejníky, které zamezují uchycování většího množství nových semenáčků hvozdíku.

Na ploše v NPP Kleneč stržené v roce 2010 směrem od západu se stále více šíří *Robinia pseudoacacia*.

Plocha č. 7 s nejbohatším výskytem hvozdíku na lokalitě u Kyškovic.