

Příloha 5. Shrnutí populační studie

K vytvoření textu shrnutí populační studie realizované v NPP Kleneč a VKP Stráž Na kamenici byly použity texty z každoročních zpráv k populační studii (Dostálek 2012–2020).

Sběr dat o populační dynamice

Na plochách se strženým humusovým horizontem (strženo 1999, 2009, 2015) byly vyznačeny trvalé plochy o velikosti $0,5 \times 0,5$ m, do kterých byla v různých obdobích (viz níže) vyseta semena hvozdíku pocházející z bohatě plodících trsů pod borovicí v západní části lokality.

Trvalé plochy byly pravidelně odečítány počátkem června. Byl zaznamenáván počet nových semenáčků a u nových i dříve zaznamenaných rostlin změřeny dva nejdelší rozměry trsu na sebe kolmé a zaznamenán počet květů. Semenáček je definován jako nově objevená rostlina hvozdíku do velikosti 1 cm^2 do roku 2015, od roku 2015 do velikosti 3 cm^2 . K této úpravě došlo, protože na nově stržených plochách semenáčky rychle vyrostly do větší velikosti. Zatímco předtím na starších plochách nový semenáček prakticky nikdy nebyl větší než 1 cm^2 , v nově stržených plochách celkem pravidelně. Na výsledky to tedy prakticky nemá vliv, ale lépe to postihuje nové rostliny na nově stržených plochách.

Každá rostlina byla označena špendlíkem s barevnou hlavičkou a byla zaznamenána její poloha v rámci odečítacího čtverce. U některých trvalých ploch byly ještě 5 let po výsevu (do roku 2015 u výsevů z let 2009–2011) dohledány, změřeny a označeny i rostliny mimo trvale vyznačené čtverce $0,5 \times 0,5$ m, aby bylo možné sledovat i šíření mimo trvalé plochy. V první polovině července je zaznamenáván i počet vyvinutých tobolek.

Od roku 2017 nejsou již podrobně sledovány všechny rostliny na záložní lokalitě u Kyškovic. Bylo komplikované udržovat trvalé značení rostlin hvozdíku a zároveň umožnit management lokality, který růst hvozdíku podporuje. Na lokalitě u Kyškovic jsou počty rostlin hvozdíku sčítány v rámci dvouletého monitoringu, žádné rostliny však už nejsou trvale značeny. Základní trendy ve vzcházejivosti semenáčků, pravděpodobnosti přežití a počtu kvetoucích a nekvetoucích rostlin jsou analogické k výsledkům studie v NPP Kleneč.

Konstrukce a analýza populačních přechodových matic

Rostliny byly rozděleny do pěti fází, ze kterých se skládá životní cyklus hvozdíku písečného českého: semena, semenáčky, malé a velké nekvetoucí rostliny a kvetoucí dospělé rostliny (viz obr. 1). Semenáčky jsou rostliny do velikosti 3 cm^2 . Jsou to rostliny, které vyklíčily na podzim nebo na jaře. Přes vegetační sezónu semenáček vyrostl do fáze dospělé rostliny, která může už vykvést. Zpravidla do dalšího odečtu semenáček vyrostl do fáze malé (do 5 cm^2) nebo velké (nad 5 cm^2) nekvetoucí rostliny. V ojedinělých případech může hned při dalším odečtu vykvést a dostat se do poslední fáze, dospělé kvetoucí rostliny. Produkce semen dospělé kvetoucí rostliny je vypočítána jako průměrná produkce semen na jednu tobolku vynásobená průměrným počtem vyvinutých tobolek na rostlinu, přičemž průměrný počet semen na tobolku byl do roku 2017 počítán 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), poté

byla kvůli pracnosti každoročního počítání semen v tobolkách používána hodnota 20 semen na tobolku (na základě dat z let 2011–2016).

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). Další podrobnosti analýzy dat jsou uvedeny v Dostálek (2012).



Obr. 1. Životní cyklus hvozdíku písečného českého se skládá z pěti částí – semena, semenáčky, malé a velké nekvetoucí rostliny a kvetoucí rostliny (foto T. Dostálek).

Výsev 2009–2011 v NPP Kleneč

První výsevy po stržení humusového horizontu v říjnu 2009 byly v NPP Kleneč provedeny v říjnu 2009, v dubnu 2010 a v březnu 2011. Celkem bylo založeno 28 trvalých ploch o rozloze $0,5 \times 0,5$ m, kam bylo postupně vyseto 2400 semen hvozdíku (700 v říjnu 2009, 700 semen v dubnu 2010 do 14 ploch a dalších 14 ploch (plocha 2010B, viz Příloha 2. Plán trvalých ploch - NPP Kleneč), kam bylo vyseto celkem 1400 semen v březnu 2011.

Od roku 2016 dochází ke stále významnějšímu šíření potomstva hvozdíků i do větší vzdálenosti než 1 m od trvalých ploch. Z tohoto důvodu jsou od roku 2016 nové semenáčky odečítány pouze na ploše 1×1 m, přičemž původní trvalá plocha $0,5 \times 0,5$ m se nachází v levé spodní části odečítané plochy.

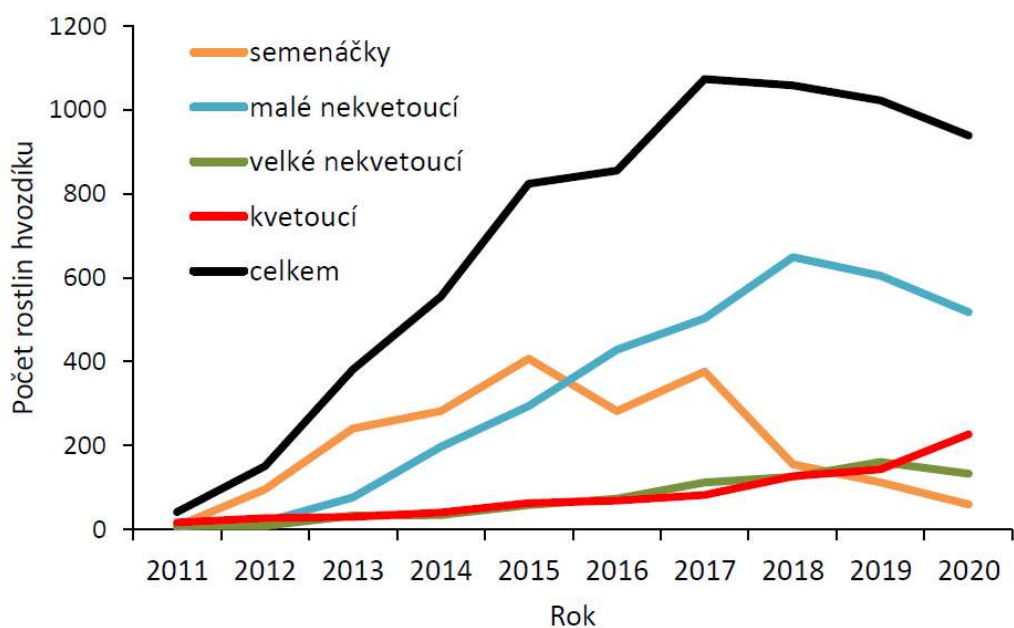
Dále bylo počítáno, jaký je trend ve vývoji populace hvozdíku založené z výsevů provedených v letech 2009–2011 na plochách se strženým svrchním humusovým horizontem v roce 2009 a na ploše 2010B. Jelikož ve většině ploch nebyly zaznamenány žádné rostliny hvozdíku, matice byla vytvořena z průměrných hodnot pro celou populaci.

Například v roce 2020 byly porovnávány počty rostlin hvozdíku:

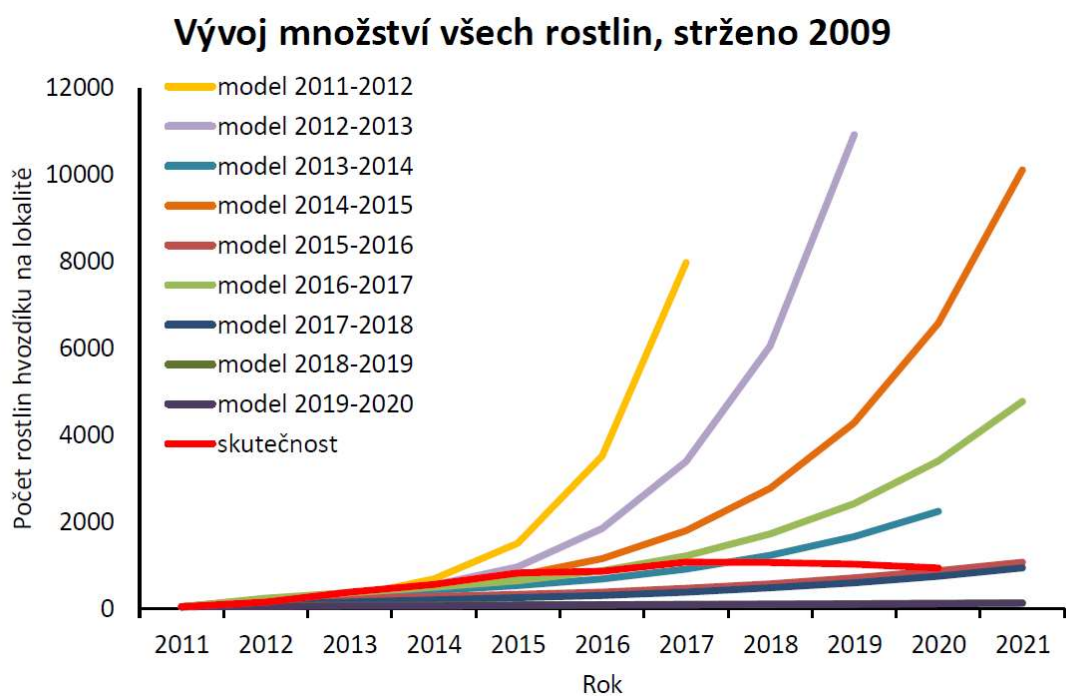
- 1) založených na modelu z dat od jara 2011 do jara 2012
- 2) založených na modelu z dat od jara 2012 do jara 2013
- 3) založených na modelu z dat od jara 2013 do jara 2014
- 4) založených na modelu z dat od jara 2014 do jara 2015
- 5) založených na modelu z dat od jara 2015 do jara 2016
- 6) založených na modelu z dat od jara 2016 do jara 2017
- 7) založených na modelu z dat od jara 2017 do jara 2018
- 8) založených na modelu z dat od jara 2018 do jara 2019
- 9) založených na modelu z dat od jara 2019 do jara 2020
- 10) skutečné množství pozorovaných rostlin

Vypočítané modely ukazují předpokládaný vývoj počtu rostlin hvozdíku za předpokladu, že by na lokalitě byly po celou dobu stále stejné podmínky jako mezi dvěma sledovanými roky. V NPP Kleneč došlo na ploše se strženým humusovým horizontem v roce 2009 a následném výsevu semen nejprve k prudkému nárůstu velikosti populace (obr. 2). Zatímco zpočátku byla populace tvořena hlavně semenáčky (nejvyšší počet byl zaznamenán v roce 2015) a malými nekvetoucími rostlinami (největší počet v roce 2018), postupně začalo přibývat i kvetoucích reprodukcí rostlin hvozdíku. Z původního výsevu 2800 semen provedeného v letech 2009–2011 se na sledované ploše stržené v roce 2009 do roku 2020 uchytilo celkem 938 rostlin hvozdíku (60 semenáčků, 518 malých nekvetoucích, 133 velkých nekvetoucích a 227 kvetoucích rostlin). V současné době je na lokalitě největší množství malých nekvetoucích rostlin do 5 cm², které tvoří přes polovinu všech rostlin hvozdíku na sledované ploše. V roce 2020 pokračovala stagnace až mírné snížení celkového počtu rostlin hvozdíku ve sledovaných plochách. To je pravděpodobně způsobeno postupným zarůstáním stržené plochy, kdy nové semenáčky nemají dost volných plošek holého písku, kde by se mohly uchytit a vzrůst. Dalším důvodem je také to, že nové semenáčky jsou značeny pouze v bezprostřední blízkosti trvalých ploch a nepostihne se tak šíření mimo značené plochy. Populace hvozdíku ve sledované ploše začíná obsazovat větší plochu a nové semenáčky tak mají většinou menší prostor pro uchycení ve srovnání s dosud nekolonizovaným územím. Důležitý je ale pokračující meziroční nárůst kvetoucích rostlin (z 82 v 2017, 128 v 2018, 144 v roce 2019 a dokonce 227 kvetoucích rostlin v roce 2020). Vyšší počet kvetoucích a následně plodících rostlin je velmi důležitý pro další přežívání a růst populace.

Srovnání dat o populační dynamice hvozdíku ukazuje na postupné zpomalování rychlosti růstu populace od stržení humusového horizontu (obr. 3). Zatímco v letech 2011–2012 byla populační růstová rychlost $\lambda = 2,28$ (populace se za rok zvětšila 2,28krát), v dalších letech rychlost růstu klesala ($\lambda = 1,81$ v roce 2012–2013, $\lambda = 1,34$ v roce 2013–2014, $\lambda = 1,53$ v roce 2014–2015, $\lambda = 1,22$ v roce 2015–2016, $\lambda = 1,40$ v roce 2016–2017, $\lambda = 1,25$ v roce 2017–2018, $\lambda = 1,07$ v roce 2018–2019, $\lambda = 1,08$ v roce 2019–2020). Zpomalení rychlosti růstu populace je způsobeno vlivem sukcese vegetace 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 reprodukcí. Populace tak po 10 letech od stržení humusového horizontu v trvalých plochách výrazněji neroste, stále však dochází ke zvětšování počtu velkých kvetoucích rostlin (obr. 4).

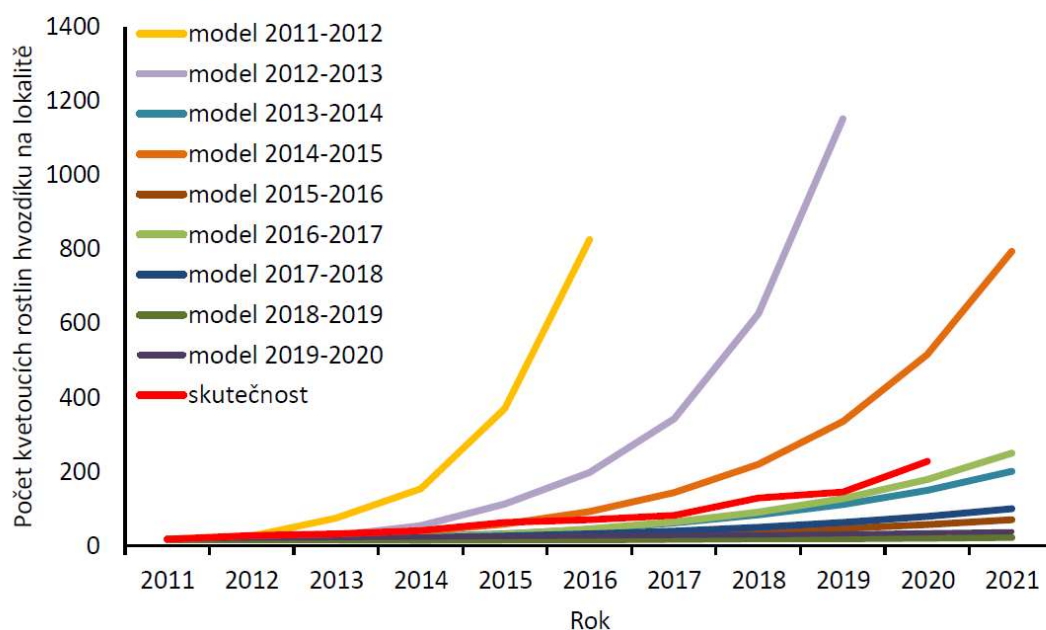


Obr. 2. Vývoj množství rostlin hvozďíku, které vzešly z výsevů provedených v letech 2009–2011 na ploše, na které byl stržen svrchní humusový horizont v roce 2009 v NPP Kleneč.



Obr. 3. Předpokládaný a skutečný vývoj množství počtu všech rostlin hvozďíku (semenáčky, kvetoucí a nekvetoucí dospělé rostliny) vzešlých z výsevů v letech 2009–2011 na lokalitě v NPP Kleneč na části plochy se strženým svrchním humusovým horizontem v roce 2009. Modely ukazují předpokládaný vývoj počtu rostlin hvozďíku za předpokladu, že by na lokalitě byly po celou dobu stále stejné podmínky jako mezi dvěma sledovanými roky.

Vývoj množství kvetoucích rostlin, strženo 2009



Obr. 4. Předpokládaný a skutečný vývoj množství počtu kvetoucích dospělých rostlin hvozdíku vzešlých z výsevů v letech 2009–2011 na lokalitě v NPP Kleneč na části plochy se strženým svrchním humusovým horizontem v roce 2009. Modely ukazují předpokládaný vývoj počtu rostlin hvozdíku za předpokladu, že by na lokalitě byly po celou dobu stále stejné podmínky jako mezi dvěma sledovanými roky.

Výsev 2015 v NPP Kleneč

Na lokalitě v NPP Kleneč bylo v říjnu 2015 po dalším stržení svrchního humusového horizontu založeno dalších 20 nových trvalých výsevových ploch o stejné velikosti (0.5×0.5 m) jako v letech 2009–2011. Do každé plochy bylo vyseto 200 semen, celkem 4 000 semen. Navíc byla semena vyseta také do trvalých ploch se strženým humusovým horizontem z let 1999 (16 ploch) a 2009 (20 ploch), ve kterých se dosud žádné rostliny hvozdíku neuchytily (ve stejném počtu 200 ks, celkem 8000 semen). Odečty těchto ploch probíhaly vždy v červnu v letech 2016–2020. Bylo možné znovu porovnat, jak dále rostou a přežívají rostliny hvozdíku na třech typech ploch lišících se dobou, kdy na nich byl stržen svrchní humusový horizont (tj. 1999, 2009 a 2015).

První rok po výsevech (v roce 2016) výsledky ukazovaly, že klíčení se prakticky neliší mezi plochami strženými v letech 1999, 2009 a 2015 a velké rozdíly nebyly ani v přežívání nových rostlin od června do října 2016 (Dostálek 2016). Největší rozdíl mezi plochami s různou dobou stržení byl v prvních 2 letech po stržení v rozdílné rychlosti růstu a výsledné velikosti nových rostlin v nejnověji stržených plochách (Dostálek 2017). Tyto rozdíly ve velikostech rostlin jsou velmi výrazné dodnes (obráz. 5). V posledních letech ale výsledky ukazují také na stále se zvětšující rozdíly i v přežívání rostlin. Na plochách stržených v roce 2015 od roku 2016 do 2020 přežilo stále téměř 90 % rostlin hvozdíku, protože v prvních dvou letech vyrostly už do takové velikosti, ve které snáze přežívají nepříznivá období zejména sucha (obráz. 6). Naproti tomu na více zapojených plochách stržených v roce 1999 přežilo pouze méně

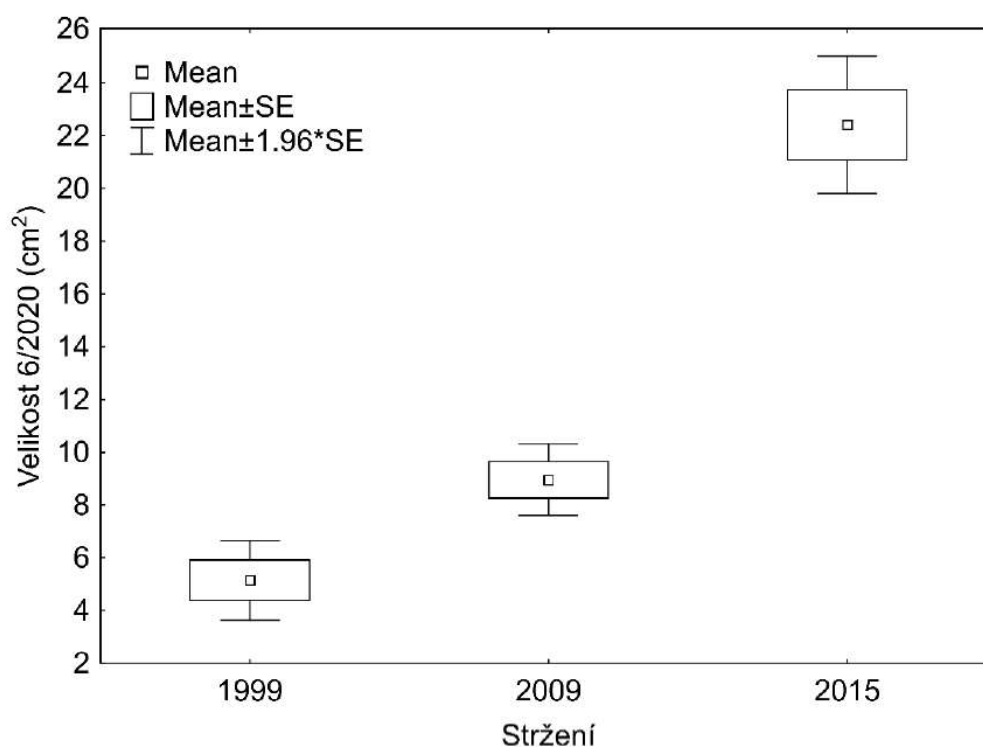
než 20 % rostlin a na plochách stržených v roce 2009 méně než 50 % rostlin (obr. 6). Velké rozdíly jsou také v míře kvetení, kdy na nejnovější ploše stržené v roce 2015 po třech letech kvete již 379 rostlin, na ploše stržené v roce 2009 kvete 100 rostlin a na ploše stržené v roce 1999 kvete jen 22 rostlin.

Dále byl vypočítán trend ve vývoji populace hvozdíku založené z výsevů provedených v roce 2015 na ploše se strženým svrchním humusovým horizontem v roce 2015.

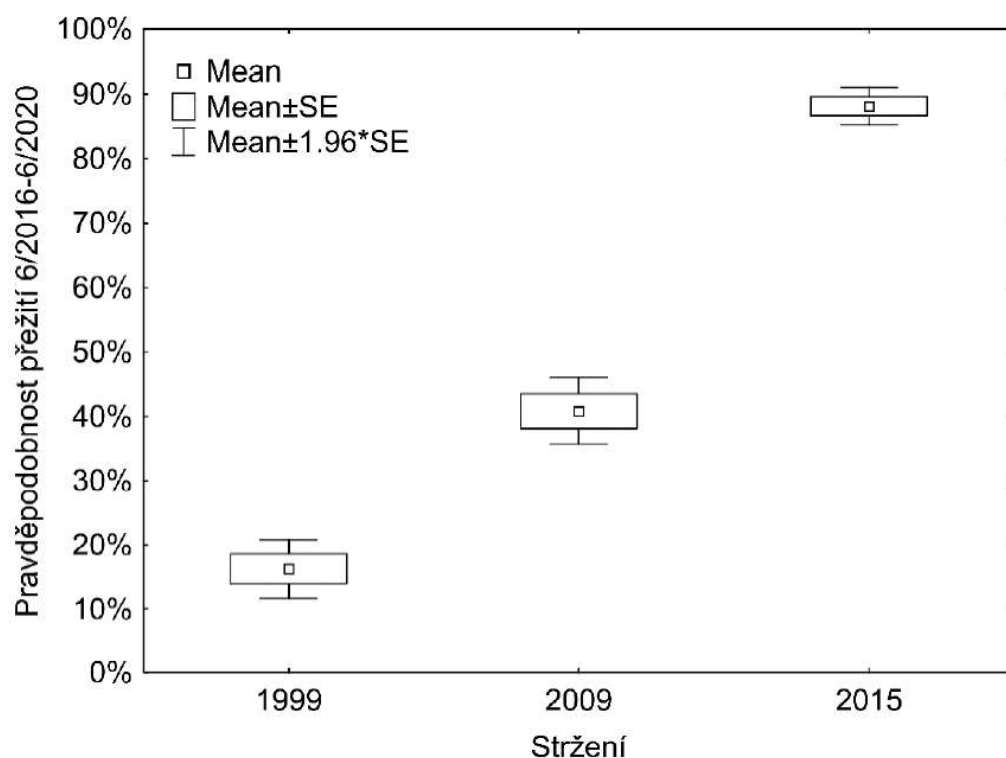
Porovnávány byly počty rostlin hvozdíku:

- 1) založených na modelu z dat od jara 2016 do jara 2017
- 2) založených na modelu z dat od jara 2017 do jara 2018
- 3) založených na modelu z dat od jara 2018 do jara 2019
- 4) založených na modelu z dat od jara 2019 do jara 2020
- 5) skutečné množství pozorovaných rostlin

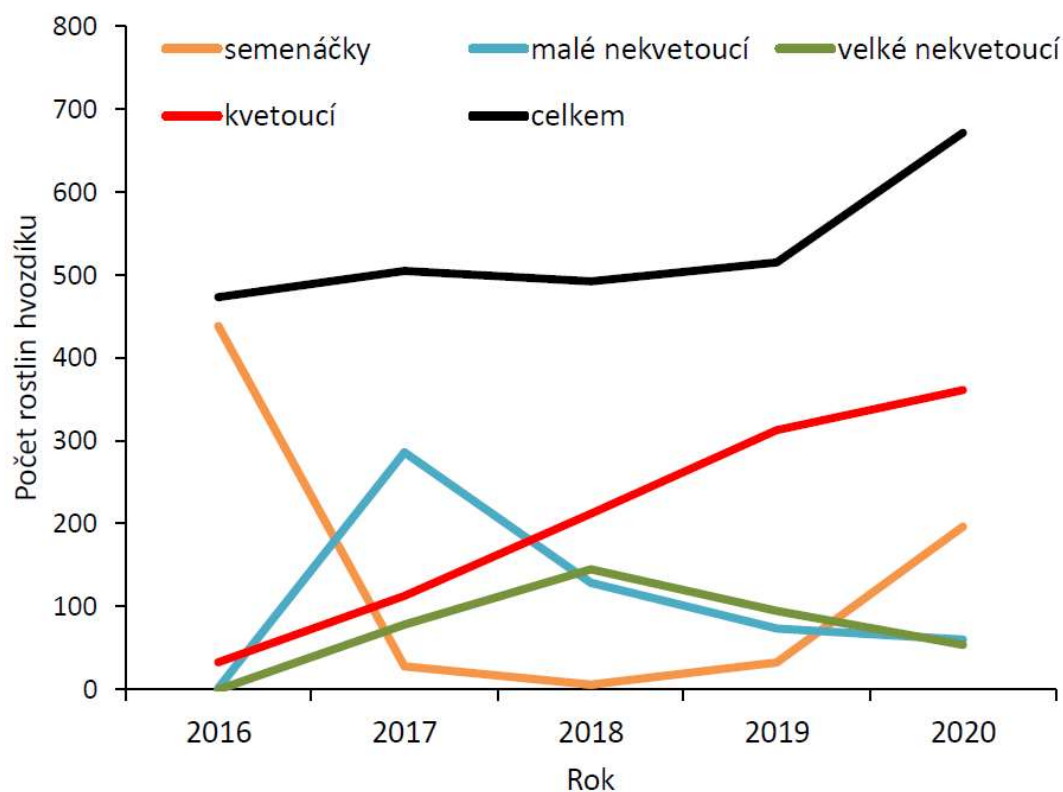
Modely ukazují předpokládaný vývoj počtu rostlin hvozdíku za předpokladu, že by na lokalitě byly po celou dobu stále stejné podmínky jako mezi dvěma sledovanými roky. Z výsevů z roku 2015 bylo na stržené ploše v roce 2015 nalezeno celkem 671 rostlin hvozdíku. Jelikož se populace skládala v prvním a druhém roce většinou z malých vegetativních rostlin, není s podivem, že v letech 2017–2019 populace dále nerostla, ale spíše stagnovala co do celkového počtu rostlin hvozdíku (obr. 7). Od roku 2020 však s přibývajícím počtem kvetoucích rostlin produkujících semena populace opět začíná růst. I modely z prvních let predikující další vývoj předpovídají postupný další pokles populace (obr. 8). Modely založený na aktuálních datech z let 2018–2020 však už opět předpovídají růst (obr. 8) související zejména s přibýváním dalších kvetoucích rostlin (obr. 9), z jejichž semen se mohou uchycovat nové semenáčky.



Obr. 5. Průměrná velikost nových rostlin hvozdíku v červnu 2020 v plochách s různou dobou stržení. Nové rostliny pocházejí ze semen vysetých do trvalých ploch v NPP Kleneč na podzim 2015.

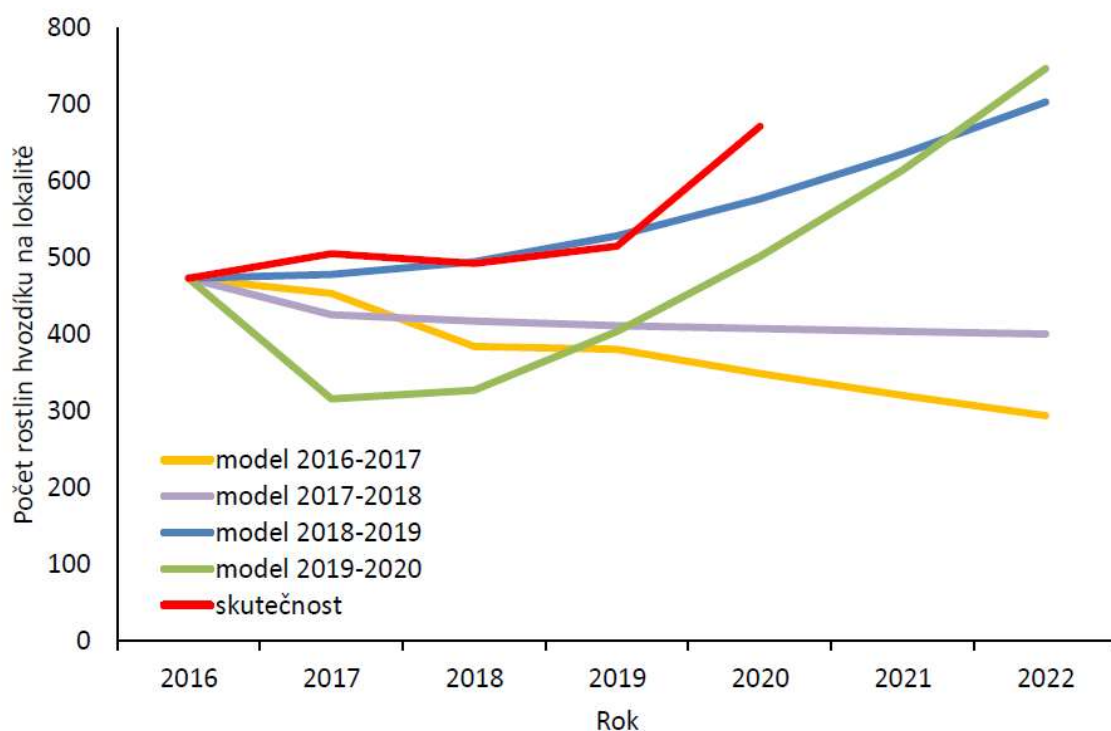


Obr. 6. Přežívání rostlin hvozdíku od června 2016 do června 2020 v plochách s různou dobou stržení. Rostliny pocházejí ze semen vysetých do trvalých ploch v NPP Kleneč na podzim 2015.



Obr. 7. Vývoj množství rostlin hvozďíku, které vzešly z výsevů provedených v roce 2015 na ploše, na které byl stržen svrchní humusový horizont v roce 2015 v NPP Kleneč.

Vývoj množství všech rostlin, strženo 2015



Obr. 8. Předpokládaný a skutečný vývoj množství počtu všech rostlin hvozďíku (semenáčky, kvetoucí a nekvetoucí dospělé rostliny) vzešlých z výsevů v roce 2015 na lokalitě v NPP

Kleneč na části plochy se strženým svrchním humusovým horizontem v roce 2015. Modely ukazují předpokládaný vývoj počtu rostlin hvozdíku za předpokladu, že by na lokalitě byly po celou dobu stále stejné podmínky jako mezi dvěma sledovanými roky.

Výsev 2017 v NPP Kleneč

Pravidelně je také odečítáno 30 nových trvalých ploch o velikosti (0,5 × 0,5 m) stržených v září 2015, do kterých bylo koncem října 2017 vyseto 200 semen na plochu, celkem tedy 6000 semen. Z velkého množství vysetých semen v roce 2017 byl na jaře 2018 nalezen pouze jediný vzešlý semenáček. V roce 2017 byl podzim chladnější, a hlavně srážkově chudší, v porovnání s rokem 2015, kdy po výsevech vzešlo velké množství nových semenáčků. V roce 2019 bylo v trvalých plochách nalezeno dalších 10 nových semenáčků. V roce 2020 nejen všech 10 semenáčků nalezených v roce 2019 přežilo, ale rostlina z roku 2018 dokonce již kvetla se čtyřmi květy. Navíc byl v trvalých plochách osetých v roce 2017 nalezen další malý semenáček. Přestože hvozdík netvoří vytrvalou semennou banku, některá semena jsou schopna při vhodných podmínkách zůstat zachována a vyklíčit tak i po dvou letech. V dalších letech je však vzházení nových semenáčků už dost nepravděpodobné. Další možností je šíření semen z jiných částí lokality.

Značení těchto ploch však bylo zrušeno a jejich sledování ukončeno, aby na lokalitě nebylo příliš mnoho trvalých ploch a mohl být řádně prováděn potřebný management. V těchto trvalých plochách je po 3 letech od výsevu celkem 12 rostlin hvozdíku, což je velmi málo v porovnání s plochou strženou také v roce 2015 osetou o dva roky dříve (hned po stržení na podzim 2015).

Výsev 2009 ve VKP Stráž Na Kamenici

Na lokalitě u Kyškovic byl počítán trend ve vývoji populace hvozdíku na plochách založených v letech 2008 a 2009. Početnost kvetoucích rostlin postupně narůstala až do roku 2016, kdy došlo k jejímu mírnému snížení. Podobně jako v NPP Kleneč to bylo způsobeno hlavně poklesem počtu nových semenáčků. Většina populace ve VKP Na Kamenici se nachází v ploše 7. Pokud by v dalších letech nedošlo k šíření hvozdíku i v dalších trvalých plochách (což bylo podpořeno dalšími výsevy semen na podzim 2015), populační růst bude velmi pravděpodobně téměř zastaven z důvodu vyčerpané kapacity vhodného prostředí.

Výsev 2015 ve VKP Stráž Na Kamenici

Na lokalitě u Kyškovic byla pouze jedna z devíti trvalých výsevových ploch, kde byl výsev v letech 2009–2010 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 × 3 metry (s již dříve strženým drnem a navezeným pískem), každá rozdělena na 4 menší podplochy o velikosti 0,5 × 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 podploh, na kterých se na podzim 2015 nevyskytovaly žádné rostliny hvozdíku v rámci 8 ploch založených v letech 2008 a 2009. Do každé podplochy bylo v říjnu 2015 vyseto 200 semen, celkem 6 800 semen.

Výsledky výsevového pokusu v trvalých plochách ukázaly, že klíčivost nových semenáčků se výrazně liší mezi jednotlivými trvalými plochami a dosahuje v průměru od 1 % po 8 %. Naopak přežívání nových semenáčků je podobné ve všech plochách kromě dvou ploch umístěných v dubovém lesíku a neobhospodařované plochy, kde je přežívání značně sníženo. Velikost nových jedinců se také velmi liší mezi jednotlivými plochami, přičemž největší rostliny jsou na nově založené ploše v roce 2015. Nicméně nárůst velikosti rostlin v průběhu sezóny 2016 (plocha jedinců odečtená v červnu a srpnu) se mezi plochami významně nelišil, což je pravděpodobně důsledkem intenzivního pravidelného managementu všech sledovaných ploch.

Závěr

Cílem populační studie hvozdíku písečného českého bylo zjistit, zda existuje vztah mezi přežíváním, růstem a kvetením rostlin hvozdíku písečného českého v trvalých plochách a jednotlivými parametry prostředí (pokryvnost vegetace, klimatické podmínky či zrnitost půdy). Vzhledem ke stržení humusového horizontu až na štěrkopískové podloží spolu s výsevem bylo možné sledovat osud jednotlivých vzešlých semenáčků hvozdíku přímo na lokalitě výskytu. Dlouhodobá studie zabývající se populační biologii hvozdíku písečného českého významně doplňuje znalostní mezeru v biologii druhu. Výše zmíněné populačně biologické vlastnosti druhu doposud chyběly, stejně tak informace o přechodu mezi jednotlivými životními fázemi. Mezi hlavní zjištění studie patří důležitost otevřené písčiny jako nejvhodnějšího biotopu pro růst a reprodukci hvozdíku písečného českého. Postupné sukcesní změny vedly na sledovaných plochách k nižší průměrné velikosti nových rostlin a následně ke snížení pravděpodobnosti jejich přežití do dalšího období. Větší mladé rostliny jsou schopny se lépe vypořádat s extrémní počasí, zvláště sucha. Z výsledků také vyplynulo, že parametry ovlivňující populační biologii hvozdíku písečného českého se v průběhu času mění nejen s průběhem vegetační sezony, ale i postupem sukcese písčitého substrátu. S ohledem na relativně krátkou dobu, po kterou je tato populační studie realizována je proto důležité v ní pokračovat a získané znalosti aplikovat při aktivní péči o biotop a druh.