

Univerzita Karlova
Přírodovědecká fakulta

Studijní program: Biologie

Studijní obor: Biologie



Eliška Strušková

Obnova travních porostů v opuštěných lomech pomocí výsevů semen
Grassland restoration in abandoned quarries by sowing seed mixtures

Bakalářská práce

Školitel: Mgr. Eliška Kuťáková

Konzultant: doc. RNDr. Zuzana Münzbergová, Ph.D.

Praha, 2020

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci na téma Obnova travních porostů v opuštěných lomech pomocí výsevů semen zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze dne

Podpis:

Poděkování:

Tímto bych chtěla poděkovat své školitelce Mgr. Elišce Kuťákové za trpělivé vedení mé práce, cenné rady při vypracovávání a ochotu a pohotovost při konzultacích. Také bych chtěla poděkovat Doc. RNDr. Zuzaně Münzbergové, PhD. za poskytnutí konzultace. Dále děkuji své rodině i manželovi za podporu a rady ohledně formální stránky práce.

Abstrakt

Na českém území se nachází mnoho bývalých i stále aktivních lomů, které narušily přirozenou krajinu. Opuštěné lomy se za určitých podmínek mohou stát místem vzniku společenstev s vysokou druhovou diverzitou a zároveň refugiem pro druhy, které kvůli lidské činnosti z naší krajiny pomalu mizí. Aby byly vytvořeny vhodné podmínky pro vznik ochránářsky cenných stanovišť, je třeba pečlivě volit způsob rekultivace. Vzhledem k časté izolaci opuštěných lomů od přirozených zdrojů semen jsou jednou z možností obnovy výsevy regionálních směsí. Tato bakalářská práce se zabývá všemi kroky tohoto způsobu rekultivace, od významu původu semen a druhové složení vysévaných směsí, přes metody získávání semen, různých způsobů výsevu po kombinaci s dalšími postupy podporujícími rekultivaci.

Klíčová slova: rekultivace, opuštěné lomy, ekologická obnova, výsev semen, polopřírodní vegetace

Abstract

There are many former or still active quarries in the Czech Republic that had disrupted the natural landscape. Under certain conditions, species-rich herbaceous communities can develop in abandoned quarries and these can also serve as a refuge for species that slowly disappear from our landscape due to human activity. In order to create suitable conditions for establishing valuable habitats, it is necessary to choose thoroughly the method of recultivation. Since abandoned quarries are frequently isolated from natural seed resources, sowing of regional mixtures is one of possibilities of recultivation. This bachelor thesis deals with all the steps of this method of recultivation, from the importance of seed origin and their composition in a mixture, through the method of seed collection, methods of sowing, to the combination of seed sowing with the other approaches supporting recultivation.

Keywords: recultivation, abandoned quarries, ecological restoration, seed sowing, semi-natural vegetation

Obsah

1 Úvod.....	2
2 Rekultivace lomů.....	3
3 Původ semen.....	4
3.1 Kultivary.....	4
3.2 Seed transfer zones.....	6
3.3 Local provenancing.....	7
3.4 Další možnosti zdrojů.....	8
4 Složení směsi.....	10
5 Sběr materiálu.....	12
5.1 Sklizeň zeleného sena.....	12
5.2 Usušené seno.....	12
5.3 Kartáčový sběr.....	12
5.4 Výmlat.....	13
5.5 Přenos hrabaného materiálu.....	13
5.6 Ruční sběr.....	13
5.7 Sklizeň vakuovým sklízěčem.....	14
5.8 Přenos půdy a travních bloků.....	15
6 Způsob setí.....	16
6.1 Vliv podmínek na lokalitě.....	16
6.2 Hustota výsevu.....	17
6.3 Plocha osetí.....	18
6.4 Načasování setí.....	19
7 Výsevy v kombinaci s dalšími postupy.....	21
7.1 Disturbance.....	21
7.2 Mulčování.....	21
7.3 Hnojení.....	22
8 Srovnání se spontánní sukcesí.....	23
9 Navazující diplomová práce.....	25
9.1 Lokalita.....	25
9.2 Metodika.....	25
10 Závěr.....	27

1 Úvod

V České republice bylo v roce 2018 těženo 674 ložisek nerostných surovin (Starý et al., 2020). Ačkoliv má těžba na území ČR dlouhou tradici a surovinový průmysl má v národním hospodářství nezanedbatelný význam, její ekonomický význam v poslední době spíše klesal z důvodu snižujících se zdrojů a stoupajícího významu jiných hospodářských odvětví (Řehouňková et al., 2011).

Mnoho lomů již ukončilo těžbu a na jejich místech probíhají různé způsoby rekultivace. Tyto různé způsoby však mohou sledovat různé cíle a mohou vést k velmi různým výsledkům. Těmito cíli může být třeba obnova hospodářsky produktivního stanoviště, vybudování estetické krajiny vhodné pro rekreaci, nebo vytvoření ochranné hodnotného společenstva, čímž se budu dále zabývat ve své práci.

Vzhledem k tomu, že těžba nerostných surovin probíhá i ve zvláště chráněných územích, význam úspěšné rekultivace je v těchto případech ještě větší a jsou také větší nároky na vytvoření ochranné hodnotné krajiny. Snaha o zařazení ekologické obnovy do rekultivačních plánů je poslední dobou čím dál větší, ne všechny pokusy však bývají úspěšné. Například v případě kamenolomů se úspěšně podařilo obnovit Růženin lom na Hádech u Brna, lom Jezírko u Dobříše nebo lom Kladrubská hora v Jižních Čechách, kde se na těchto územích nyní vyskytují hodnotná společenstva teplomilných druhů rostlin; příkladem špatné praxe naopak může být lom Ve skále u obce Zadní Kopanina, kde bylo navážkou stavební suti zničeno cenné území s vzácnými druhy vzniklé spontánní sukcesí (Řehouňková et al., 2011).

Opuštěné lomy se mohou stát místem vzniku cenných ekosystémů s druhově bohatou vegetací i faunou včetně chráněných druhů (Tropék et al., 2010). K tomuto výsledku však vede nelehká cesta a během rekultivace je třeba zvážit mnoho způsobů a postupů. Jedním z klíčových kroků je obnova vegetace, na kterou jsou vázány také mnohé druhy živočichů. Bývalé lomy poskytují podmínky, které v okolní krajině bývají vzácné, jako například nízké množství živin nebo suché klima, a umožňují tak osídlení druhy, jejich přirozené lokality na našem území mizí.

V této práci se budu zabývat způsoby, jakými lze obnovy vegetace na opuštěných lomech dosáhnout, zaměřím se zejména na obnovu pomocí výsevů semen. Porovnáím různé možnosti, kde lze semena získávat, co by směsi měly obsahovat, jakým způsobem je vysévat a s jakými dalšími postupy je lze kombinovat. Na závěr přiblížím téma mé diplomové práce navazující na tuto bakalářskou práci.

2 Rekultivace lomů

Lomy a těžba mají v České republice poměrně dlouhou tradici a jejich role v krajině má nezanedbatelný význam. Mnoho lomů již ukončilo těžbu a tato místa se stávají předmětem rekultivace, která může probíhat mnoha způsoby s mnoha různými výsledky.

Obnova vytěžených území se řídí plánem sanace a rekultivace, jehož cílem bývá obvykle (až na výjimku při vytvoření antropogenního jezera) vytvořit krajinu co nejpodobnější té, která se zde vyskytovala před těžbou. Tyto plány podléhají například hornímu zákonu (zákon č. 44/1988 Sb.), který ukládá povinnost zajištění dostatečných finančních rezerv, nebo zákon o posuzování vlivů na životní prostředí (100/2001 Sb.), který hovoří o povinnosti posuzování vlivů na životní prostředí a veřejné zdraví. Rekultivace těchto lokalit však bývá legislativou a úřady vedena spíše k lesnické či zemědělské krajině, což může vést ke ztrátě ekologicky cenných stanovišť s výskytem ohrožených druhů (Řehouňková et al., 2011). Ozývají se však hlasy odborníků, nevládních organizací a dokonce i představitelů těžebních firem se snahou o obnovu směrem k přírodě blízké krajině (Řehouňková et al., 2011).

Rekultivace se obvykle dělí na dva typy: technickou, která zahrnuje převážně úpravu terénu, a ekologickou, při které jsou lidské zásahy omezeny na minimum a nechává se prostor pro spontánní sukcesí (Prach & Hobbs, 2008; Řehouňková et al., 2011; Tropek et al., 2012). Tyto dva směry však nemají vždy pevně vymezené hranice, často se spolu prolínají nebo kombinují. Obnova pomocí výsevů semen, již se budu dále zabývat, stojí na pomezí tohoto rozdělení. Ač je někdy zařazována pod rekultivaci technickou (Řehouňková et al., 2011; Tropek et al., 2012), jindy je považována za nástroj ekologické rekultivace (Kirmer et al., 2012) nebo jako spojovací článek obou přístupů (Baasch et al., 2012; Prach & Hobbs, 2008).

V případě rekultivace cílící na vytvoření ochránářsky hodnotného biotopu je neméně důležitý také následný management v průběhu dalšího vývoje travních porostů. Zejména kontrola invazních druhů a občasné prořezávání dřevin dokáže zabránit postupnému vývoji směrem k jiným nežádoucím společenstvům (Řehouňková et al., 2011).

3 Původ semen

Semena pro rekultivaci lze získat z celé řady zdrojů. Ty se liší nejen původem, ale také genetickou příbuzností jedinců a v případě komerčně produkováných semen i způsobem kultivace mateřských rostlin. Lze sehnat jak semena z lokálních populací, která jsou geneticky velmi podobná populacím na lokalitě, tak semena speciálně šlechtěná pro konkrétní vlastnosti.

V závislosti na použitém zdroji může být různě velký rozdíl v genetické příbuznosti mezi vyšetými jedinci a populacemi v okolí lokality, se kterými se pravděpodobně v budoucnu budou křížit. Při použití geneticky vzdálenějších semen hrozí vznik outbreední deprese (tedy pokles fitness na základě křížení geneticky vzdálených jedinců) a tím i pokles fitness populace, v jiných případech se může ale fitness v důsledku vhodné kombinace genů naopak zvýšit; fitness populace se může výrazně lišit i mezi generacemi (Hufford & Mazer, 2003). Genová heterogenita a riziko outbreední deprese se může velmi lišit mezi jednotlivými druhy a populacemi. Genový tok (tedy přesun alel genů z jedné populace do druhé) mezi populacemi se totiž liší v závislosti na vlastnostech druhů, jako je způsob opylení (samo/cizosprašnost) i vzdálenost, přes kterou je u druhu možné přenášet pyl a semena (Hamrick & Godt, 1996). Volba zdroje semen proto může být klíčová pro výslednou fitness populace. Použití geneticky vzdálenějších semen může přinést značná rizika, v některých případech může být naopak přínosné.

3.1 Kultivary

Nejjednodušší možností je využití běžně dostupných kultivarů z komerčně produkováných směsí, které bývají běžně na trhu dostupné i ve větším množství. Pojem kultivar se používá ve více významech. Buď takto lze označovat vyšlechtěnou odrůdu, v literatuře se toto slovo používá také pro komerčně produkováno osivo, které nebylo šlechtěno pro konkrétní vlastnosti. V souvislosti s rekultivací travních porostů se používá obvykle druhý význam.

Původ kultivarů bývá různorodý. Zdrojem pro jeho pěstování a šlechtění může být jedna rostlina, jedna populace, nebo i více populací z různých geografických oblastí, mohou být také vyšlechtěny z již existujících kultivarů (Aubry et al., 2005). Buď může být získána směs semen z mnoha různorodých zdrojů a z nich pak šlechtit požadované vlastnosti, nebo naopak může být pečlivě vybrán konkrétní zdroj s požadovanými vlastnostmi a během kultivace se již semena geneticky příliš nemění (Aubry et al., 2005). Způsob kultivace se také může velmi lišit, některé kultivary mohou být klonální nebo vysoce inbrední, jiné mohou být hromadně kříženy (Breed et al., 2018). Kultivary mohou být šlechtěny na různé požadované funkce, například na vysokou produktivitu

biomasy, semen, vysokou klíčivost, nebo odolnost vůči suchu a dalším faktorům (Bucharova et al., 2019). Díky těmto vlastnostem se mohou na lokalitách dobře uchytit, ale také se mohou stát expanzními a z lokality zcela vytlačit původní formy druhu.

Z genetické stránky tedy mohou být kultivary velmi různorodé a některé mohou být geneticky hodně vzdálené od přirozených populací. Vnesení cizích genů může vést k outbreední depresi (Hufford & Mazer, 2003). Ačkoliv se komerční kultivary a lokální zdroje liší svým původem i genetickou strukturou, Baer et al. (2014) ve svém experimentu nezaznamenali významné rozdíly ve fungování ekosystému (v čisté nadzemní primární produktivitě, přírůstku uhlíku v půdě ani potenciální čisté mineralizaci dusíku) v závislosti na zdroji semen. Tento výsledek však mohl být zkreslen příliš velkou blízkostí místa původu kultivaru. Naopak Schröder a Prasse (2013) pozorovali, že kultivary a hybridy (tedy kříženci kultivaru a původního jedince) vykazují v krátkodobém měřítku lepší kompetitivní schopnosti (měřeno v produkci nadzemní biomasy) a v dlouhodobém horizontu by mohly kompetitivně vyloučit původní populaci. Proto doporučují nepoužívat pro rekultivaci kultivary vyšlechtěné na vysokou produkci a druhy kultivovat v podmínkách co nejpodobnějších těm přirozeným. Na druhou stranu mají kultivary šlechtěné na produkci menší odolnost vůči nepříznivým podmínkám, než původní populace (Schröder & Prasse, 2013), proto v extrémnějších podmínkách mohou ztratit svou kompetitivní výhodu.

Podle výsledků z průzkumu evropských dodavatelů původních semen ve většině zemí neexistují mechanismy, které by podporovaly produkci semen s genotypy co nejpodobnějšími místním přirozeným populacím, jako např. seed transfer zones, certifikační systémy či asociace producentů (De Vitis et al., 2017). Ovšem většina producentů semen původních druhů je ve spojení s výzkumnými ústavami nebo je ochotná to učinit (De Vitis et al., 2017). V sedmi evropských zemích již také existují pokyny či doporučení pro produkci semen podpořené např. tvorbou regionálních zón (tzv. seed transfer zones, viz níže), mezi nimiž je i Česká republika (De Vitis et al., 2017). Dobrým příkladem může být zejména Německo, kde dobře funguje síť regionálních dodavatelů, která stále roste, a je zde dostupná celá škála regionálních směsí semen pro různé typy habitatů (Bucharova et al., 2019). Na rozdíl od sběru semen v přirozených lokalitách ale není u komerčních směsí obvykle možné pěstovat všechny druhy, které se v těchto lokalitách nachází a dostupnost některých druhů je tedy nižší (Kiehl et al., 2010).

Vzhledem k tomu, že jsou komerčně pěstované kultivary obvykle připravované k širokému použití, nebudou pravděpodobně dokonale přizpůsobené cílové lokalitě a podmínkám. Jsou však snadno dostupné v dostatečném množství a v případě vhodně zvoleného zdroje i geneticky velmi podobné původním populacím. Proto jsou možností pro obnovu míst, která se svými ekologickými

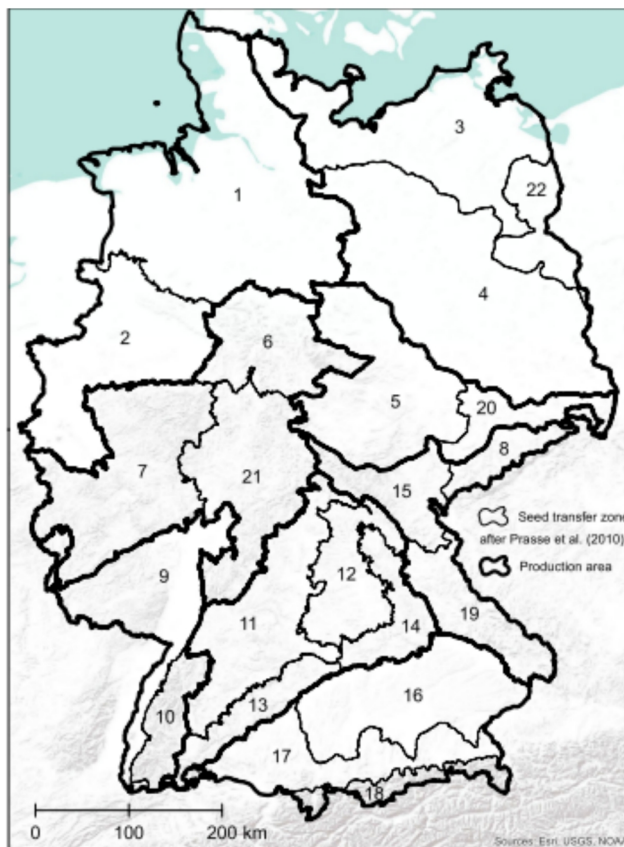
podmínkami od původního prostředí výrazně odlišují, jako jsou opuštěné hospodářské plochy nebo lomy, a je zde obtížné stanovit optimální zdroj (Breed et al., 2018).

3.2 Seed transfer zones

Seed transfer zones jsou geografické regiony, v rámci kterých je možný přenos semen či jiných stadií rostlin, aniž by byla výrazně snížena fitness populace (Hufford & Mazer, 2003). Tyto zóny jsou utvářeny na základě geografických, klimatických i jiných ekologických kritérií s ohledem na genový tok mezi populacemi v rámci konkrétních druhů. Toto vymezení má za cíl omezit vnesení maladaptovaných, geneticky velmi odlišných populací s rizikem outbreední deprese. Tento systém například v Německu funguje tak, že jsou semena sesbírána z alespoň 5 velkých lokalit v rámci jedné zóny a smíchána, výsledná směs je dále pěstována a prodávána na rekultivační projekty. Po 5 vypěstovaných generacích se musí směs opět obnovit z přirozených lokalit (Bucharova et al., 2019).

Seed transfer zones jsou pro různé druhy odlišné, zejména co se velikosti týče. Liší se hlavně podle síly přirozeného genového toku, například vzácné, vysoce specializované druhy mají genový tok na mnohem kratší vzdálenost, než široce rozšířené druhy, u nichž se uplatňuje přenos pylu nebo semen větrem (Bucharova et al., 2019). Přesto existují i generalizované transfer zones pro všechny bylinné druhy, například v Německu (Obrázek 1) nebo Švýcarsku (Durka et al., 2017). Obecně seed zones v roce 2017 existovaly v 7 zemích Evropy včetně České republiky (De Vitis et al., 2017), která je v současné době rozdělena na 4 oblasti (Obrázek 2) (Ševčíková et al., 2017). Pro stromy jsou zóny běžněji používané i dříve studované v souvislosti s lesnictvím (Ying & Yanchuk, 2006), ty pro travní porosty se začaly studovat a definovat až v nedávné době (Durka et al., 2017).

Breed et al. (2018) zdůrazňují potřebu hledat vhodné zdroje semen i napříč politickými hranicemi, aby byly zvoleny nejvhodnější vlastnosti semen. Toto je podle autorů nutné podpořit příslušnými strategickými programy, které volbu zdrojů semen usnadní. Zatím neexistuje jednotný systém seed transfer zones napříč více státy, je však snaha vybudovat např. Evropskou síť původních semen, která umožní budování efektivních výrobních a implementačních strategií v rámci Evropy (De Vitis et al., 2017). V USA již takto funguje od roku 2002 Native seed network (<https://nativeseednetwork.org/>), která umožňuje propojit jednotlivce i organizace za účelem obnovy pomocí co nejkvalitnějšího a nejvhodnějšího osiva pro konkrétní lokality.



Obrázek 1: Mapa 22 seed transfer zones v Německu.
Zdroj: Bucharova et al. (2019).



Obrázek 2: Oblasti původu osiva (seed transfer zones) v České republice. Zdroj: Standardy péče o přírodu a krajinu, Obnova travních porostů s využitím regionálních směsí osiv (2017).

3.3 Local provenancing

Jiným možným přístupem je tzv. local provenancing, kdy je snaha o výběr zdroje semen z blízkého okolí. Je zde předpoklad, že rostliny z tohoto zdroje jsou nejlépe přizpůsobeny na místní klimatické podmínky a neliší se geneticky. U lokálních populací se oproti těm ze vzdálenějších zdrojů očekává větší fitness i menší rozdíly ve fenologii, jako je např. načasování kvetení (Bucharova et al., 2017). Ta je důležitá i pro interakce s opylovači, tedy pro další úspěšnou reprodukci druhu.

Naopak toto přizpůsobení místním podmínkám nemusí být vždy výhodné, protože během procesu rekultivace se na lokalitě mohou změnit ekologické podmínky v důsledku stále rychleji globálně se měnícím klimatu, a tudíž vyžadovat jiné adaptace (Breed et al., 2013). Navíc geografická blízkost nemusí nutně znamenat genetickou blízkost (Montalvo & Ellstrand, 2000). Local provenancing byl donedávna považován za nejvhodnější způsob obnovy vegetace. Avšak poslední dobou se ukazuje, že má i svá rizika a v některých případech je vhodnější vybírat zdrojové lokality jiným způsobem (Hamilton, 2001; Wilkinson, 2001). Pokud je zdrojových jedinců, ze kterých jsou semena získána, příliš málo, může na cílové lokalitě hrát roli efekt hrdla lahve či efekt zakladatele (tedy pokles genetické diverzity na základě náhlého prudkého poklesu populace), což výrazně sníží genetickou diverzitu na lokalitě (Hufford & Mazer, 2003). Také když jsou zdrojové populace malé a izolované, může u nich často vznikat inbrední deprese (tedy pokles fitness z důvodu příbuzenského křížení), která může vést k poklesu fitness populace na cílové lokalitě. Pokud je však do nich umožněn genový tok, v případě rekultivace zprostředkovaný mícháním semen z různých lokalit, může se naopak průměrná fitness populace zvýšit (Ingvarsson, 2001).

V některých případech se může stát, že vhodný zdroj semen v okolí není dostupný, nebo z něj není možné získat dostatečné množství semen. V tomto případě je nezbytné využít vzdálenější zdroje či jejich kombinaci pro zvýšení jejich genetické diverzity, a tím i fitness (Bischoff et al., 2010).

3.4 Další možnosti zdrojů

Poslední dobou se stále více ukazuje, že použití pouze lokálních zdrojů, které mohou obsahovat jen malé izolované populace, nemusí být nejlepší řešení. Pro obnovu dobře fungujícího ekosystému je třeba zdroj s dostatečnou genetickou variabilitou, která zajistí, že fitness populace nebude výrazně snížena (Kramer & Havens, 2009). Navíc s poslední dobou stále rychleji měnícím se klimatem se výhoda adaptace na lokální klima nejvíce již tak výhodná (Maschinski et al., 2013). Při volbě původu semen v souvislosti s měnícími se podmínkami lze přistupovat ze dvou pohledů. Buď může být při hledání zdroje snaha o co nejvyšší genetickou diverzitu, nebo spíše snaha o co největší přizpůsobení očekávaným budoucím podmínkám (Breed et al., 2018).

Jedním z možných přístupů je predictive provenancing, který na základě předpovědi budoucího klimatu na dané lokalitě využívá zdroj semen v místech s klimatem co nejpodobnějším předpovědi. Tento přístup vyžaduje přesné klimatické modelování. Zároveň kromě klimatu mohou být rostliny adaptované i na další environmentální podmínky, což může snížit účinek přenosu semen z takto vybraných stanovišť (Bjorkman et al., 2017). Je tedy vždy třeba zvážit velké množství faktorů, kromě klimatu i další ekologické podmínky, dostupné prostředky pro modelování i přenos semen, nebo i genetická stránka kvůli riziku outbreední deprese. Kvůli vyšší ceně a náročnosti je tento způsob vhodný zejména v případech obnovy vzácných druhů nebo se spolehlivou předpovědí budoucích podmínek (Breed et al., 2013).

Climate-adjusted provenancing (Prober et al., 2015) oproti předchozímu využívá kromě předpovědi změny klimatu i výhody lokální adaptace. Semena se v tomto případě získávají z lokalit v různé vzdálenosti od cílové lokality v gradientu klimatu směrem k predikované změně. Tedy výsledná směs obsahuje jak lokální genotypy, tak i ty vzdálenější přizpůsobené budoucím předpovídaným podmínkám. Výhoda tohoto gradientu je, že pokud se klima změní jiným způsobem, než bylo predikováno, neměly by se na lokalitě projevit tak fatální důsledky, jako u predictive provenancing. Také poskytuje větší genetickou variabilitu. To ale zároveň může zvyšovat riziko outbreední deprese (Hufford & Mazer, 2003).

Composite provenancing (Broadhurst et al., 2008) nevyužívá adaptaci na předpovídané klimatické podmínky, ale soustředí se na co nejvyšší genetickou diverzitu. Zahrnuje lokální zdroje z blízkých lokalit, ale zároveň i zdroje vzdálenější s podobnými ekologickými podmínkami, imitující genový tok mezi populacemi. Tento přístup může zajistit, že při jakékoliv změně ekologických podmínek se na lokalitě pravděpodobně najdou jedinci, kteří budou na tyto podmínky dobře reagovat. To zahrnuje i riziko, že zároveň mnoho rostlin nemusí být schopno na lokalitě přežít v důsledku maladaptace. V porovnání s výhodami by však tato rizika měla být zanedbatelná, je možné je také snížit např. vysetím vyšší hustoty semen (Broadhurst et al., 2008). Kvůli vyšším nákladům je tato metoda doporučena v případě malých roztroušených populací s jen malými nebo žádnými předpokládanými změnami klimatu, nebo kde se v případě změny klimatu předpokládá jen obecný trend (Breed et al., 2013).

Admixture provenancing je podobný předchozímu přístupu z hlediska cílení na co největší genetickou diverzitu. Na rozdíl od něj ale nesleduje ekologický gradient, ale semena se sbírají z mnoha populací z různých prostředí s cílem získat co nejvyšší škálu genotypů bez ohledu na dynamiku genového toku (Breed et al., 2013). Tento postup má maximalizovat adaptivní potenciál v souvislosti s rychle se měnícími podmínkami. Proto je tento přístup vhodný v situacích, kde

se předpokládá velká změna podmínek a zároveň není možné získat data o možném vývoji populace (Breed et al., 2013) .

Kombinací těchto přístupů navrhla Bucharova et al. (2019) regional admixture provenancing. Jako zdroje jsou zde používány lokality z určitého stanoveného regionu, konkrétně seed transfer zones, a jsou míchána semena z několika velkých populací. Kombinace semen z více zdrojů může snížit rizika plynoucí z local provenancing, jako je např inbrední deprese, zároveň však zůstávají zachované genetické vazby, které se vyskytují ve větším než lokálním měřítku. Použití regionu také umožní použití zejména těch lokalit, které se svými environmentálními podmínkami od cílové lokality výrazně neliší.

4 Složení směsi

Složení směsi je jednou z nejzákladnějších otázek, kterou si je třeba při obnově travních porostů položit. Směsi se mohou lišit z hlediska počtu druhů, jejich relativním zastoupením i vlastnostmi zastoupených druhů. Také poměr trav, bylin, bobovitých rostlin aj. může být velmi významný.

Mimo jiné je třeba si uvědomit, že ne při všech způsobech sběru semen lze dosáhnout požadovaného druhového složení a poměrů semen ve směsi. Pokud jsou cíleně pěstované a sklizené jednotlivé druhy zvlášť, je poměrně jednoduché upravovat jejich poměrné zastoupení ve směsi, naopak tímto způsobem není možné pěstovat všechny druhy, které je možné získat pomocí sklizně sena. Každý přístup má své určité výhody i omezení, proto pak záleží, zda je snaha o výsev společenstva co nejpodobnějšímu okolním populacím, nebo je cílem, aby se na lokalitě s vysokou pravděpodobností uchytily konkrétní cílové druhy.

Jako nejjednodušší varianta se nabízí použití směsi o pár druzích, která je také levnější. Tato varianta bývá při obnově vegetace často využívána. Naopak použití směsi semen obsahující více druhů vyžaduje vyšší investici, může však zajistit vyšší efektivitu rekultivace a tudíž i méně investic do budoucna v následném managementu (Barr et al., 2017; Nemeč et al., 2013). Vyšší diverzita semen prokázala vyšší produkci biomasy, přítomnost více druhů zvyšuje pravděpodobnost, že v extrémních podmínkách lomů se alespoň některé druhy rozšíří a dokáží zajistit ekologické funkce (Kirmer et al., 2012; Lepš et al., 2007). U výsevu s nízkou diverzitou mohou na lokalitu více pronikat nežádoucí druhy (Carter & Blair, 2012; Kirmer et al., 2012; Lepš et al., 2007; Nemeč et al., 2013). Použití směsi semen o vysoké druhové diverzitě v kombinaci s vysokou hustotou výsevu se dle Barr et al. (2017) jeví jako nejúspěšnější z hlediska kombinace více měřených proměnných rostlinného společenstva (biomasa a diverzita vysetých, rozšířených původních, nepůvodních neškodných i nepůvodních škodlivých druhů a hustota vysetých druhů). Diverzita semen je podle jejich výsledků mnohem důležitější než hustota výsevu, což potvrzují také Nemeč et al. (2013). Naopak Carter a Blair (2012) dávají obě tyto proměnné z hlediska úspěšnosti rekultivace na stejnou úroveň. Použití směsí s nízkou diverzitou vyžaduje delší čas pro rekultivaci a také přítomnost zdrojů semen vhodných druhů v blízkém okolí (Kirmer et al., 2012). Po určitém čase (kolem 6. roku) i na lokalitách s výsevem o nízké diverzitě druhová bohatost stoupá (Kirmer et al., 2012).

Při obnově travních porostů ve střední a severozápadní Evropě se používá kolem 15 – 51 druhů ve směsi (Kiehl et al., 2010). Doporučení, jaký počet druhů je pro obnovu vegetace ideální použít, se mírně liší, mimo jiné také v závislosti na cílové diverzitě rekultivovaného společenstva. Kirmer et al. (2012) doporučují vysetí alespoň 6 - 10 druhů trav a 15 – 20 druhů bylin, pro vytvoření

funkčního druhově bohatého společenstva však radí použít co nejvíce původních druhů je možné. Barr et al. (2017) na základě svých výsledků uvádí ideální počet 35 druhů (v kombinaci s hustotou výsevu 1366 semen na m²).

Kromě počtu druhů je důležité vzít v potaz také vlastnosti jednotlivých druhů ve směsi. Yannelli et al. (2018) navrhuje použít směs druhů pečlivě vybraných podle vlastností, jejichž výběr je založený na hypotéze limitní podobnosti (MacArthur & Levins, 1967). Podle této hypotézy se invazivní rostliny rozšíří více ve společenstvu, kde jsou druhy s podobnými funkčními vlastnostmi, než v tom, kde jsou vlastnosti rozrůzněné. Díky tomu je možné vypočítat poměrné zastoupení jednotlivých druhů ve směsi, aby vznikla ideální kombinace druhů a jejich vlastností (Yannelli et al., 2018). V tomto experimentu sice došlo k úspěšnému potlačení invazivních rostlin, ovšem tento úspěch byl vysvětlitelný i jinými okolnostmi, například hustotou výsevu. Jiná studie však ukazuje, že funkční vlastnosti rostlin ve společenstvu mají vliv na koexistenci či kompetici s invazivními rostlinami (Fried et al., 2019).

Mohlo by se zdát, že výběr druhů na obnovované lokalitě, kde se zejména v případě bývalých lomů nenachází vegetace žádná, nebo v počátečních sukcesních stádiích, je omezen na raně sukcesní druhy. Novák a Prach (2010) však ukazují, že i druhy pozdějších sukcesních stádií mají šanci se na lokalitě uchytit. Tento fakt umožňuje obnovit ochránářsky hodnotné společenstvo (například na již opuštěných částech lomu) pomocí semen, která byla na stejné lokalitě sesbírána před těžbou.

5 Sběr materiálu

Možností, jak získat materiál pro obnovu travních porostů, je mnoho. Liší se jak svými nároky na použití specializovaných přístrojů, časovou i finanční náročností, tak i dopadem na zdrojové populace a mírou jejich poškození.

5.1 Sklizeň zeleného sena

Tento přístup nevyžaduje speciální nástroje, postačí traktor s žací lištou nebo rotační žací stroj (Scotton et al., Metodické pokyny ke sklizni semen z druhově bohatých lučních porostů). Používá se čerstvé zelené sklizené seno, které je rozprostřeno přes cílovou lokalitu. Výhoda tohoto postupu je, že je takto možné přenést velké množství semen i druhů. Zároveň rozprostřené seno brání erozi (Baasch et al., 2012) i nadměrnému vysoušení a vysokým teplotám (Eckstein & Donath, 2005), naopak však tlustší vrstva může některým semenům, zejména těm menším, bránit v dostatečném přístupu světla (Eckstein & Donath, 2005). Nevýhoda také je, že toto seno není možné dlouhodobě skladovat a je tedy nutné synchronizovat sečení zdrojové lokality s rekultivací obnovované plochy. Také je tímto způsobem značně ovlivněna zdrojová populace. Oproti kartáčování (viz níže) je pomocí přenosu zeleného sena možné přenést větší množství semen i více druhů rostlin, včetně těch, které jsou nižšího vzrůstu, a zároveň umožní obsáhnout širší fenologické okno (Edwards et al., 2007). Načasování sečení je také velmi důležité, může totiž výrazně ovlivnit druhé složení nasbíraných směsí semen (Edwards et al., 2007), pro dosažení lepší struktury vegetace a druhové bohatosti je možné přenést seno dvakrát během jedné sezóny (Scotton, 2016).

5.2 Usušené seno

Tento postup je velmi podobný jako u sklizně zeleného sena, avšak po sklizni je seno usušeno a může být v případě potřeby skladováno. Kvůli sušení a skladování efektivita sklizně nižší, než u zeleného sena, také klíčivost semen může být snížena (Scotton et al., Metodické pokyny ke sklizni semen z druhově bohatých lučních porostů). Také více hrozí, že některá semena ze sena během sušení, skladování a transportu vypadají. Pokud však není možné sklizené seno ihned transportovat na cílovou lokalitu, je tento postup vhodná alternativa.

5.3 Kartáčový sběr

Další možností je sběr semen pomocí kartáčového sklízeče, pomocí kterého se vyčesávají zralá semena. Ta jsou nejprve vykartáčována, usušena a poté mohou být dlouhodobě uskladněna. Také je možné odstranit nežádoucí semena (Edwards et al., 2007). Výhoda tohoto postupu je, že není třeba sekat vegetaci a tudíž umožňuje i opakovaný sběr v rámci jedné sezóny (Edwards et al., 2007).

Na druhou stranu je třeba použít specializovaný nástroj, který někdy nebývá běžně dostupný. Oproti sklizni zeleného sena, při které je efektivita sklizně až 100 % aktuální produkce semen, bývá pomocí kartáčování dosažena jen nízká až střední efektivita, tedy 20 – 75 % (Scotton et al., Metodické pokyny ke sklizni semen z druhově bohatých lučních porostů).

5.4 Výmlat

Výmlat semen se provádí z čerstvě sklizeného sena pomocí mlátičky nebo kombajnu. Tento postup je vhodné použít, pokud například není přenos semen na cílovou lokalitu možné časově navázat na sklizeň, nebo pokud je třeba převážet co nejmenší objem materiálu a seno by tedy bylo příliš objemné (Kiehl et al., 2010). Materiál je také možné skladovat. Efektivita sklizně je však velmi nízká, kolem 15–30 % aktuální produkce semen porostu (Scotton et al., Metodické pokyny ke sklizni semen z druhově bohatých lučních porostů).

5.5 Přenos hrabaného materiálu

Ve zdrojových lokalitách s nízkou vegetací je možné získat semena pomocí hrabání. Vyžaduje sice specifické podmínky, jako je např. právě nutnost nízké vegetace, a sběr hráběmi je celkem náročný. Na druhou stranu ale poskytuje materiál nashromážděný za více sezón. Proto je tímto způsobem možné přenést i druhy, které v době sklizně neposkytovaly zralá semena (Eichberg et al., 2010). Zároveň také kromě semen a opadu umožňuje přenos mykorhizních hub, mechů a lišejníků, které mohou mít na obnovu travních porostů facilitační efekt (Eichberg et al., 2010). Také se společně se semeny přenáší i další materiál, jako například opad, který může mít podobné účinky, jako seno (tedy ochrana proti erozi, vysoušení a vysokým teplotám). Tento způsob přenosu materiálu je využíván jen zřídka, nejspíš kvůli vysoké náročnosti při realizaci. Studií, které by se přenosem hrabaného materiálu zabývaly, jsem našla jen velmi málo (Eichberg et al., 2010; Stroh et al., 2002). V těchto případech se ukázalo, že výsledky mají podobné účinky jako přenos sena.

5.6 Ruční sběr

Ruční sběr je jednou z možností, která se však kvůli své velké časové náročnosti téměř nevyužívá. Jeho výhoda je, že minimálně poškozuje zdrojovou plochu, je možné vyhnout se poškozeným neživotaschopným semenům a nepůvodním druhům. Také je to (spolu se sklizní vakuovým sklízečem) jedna z mála možností, kdy je možné sbírat jen konkrétní cílové druhy, což je možné použít například pro získání vzácných druhů rostlin. Materiál je možné usušit a uskladnit. Protože je tento způsob zdlouhavý a pro obnovu větších ploch tedy nevhodný, může být s určitým omezením nahrazován sklizní vakuovým sklízečem, nebo kombinací oběma postupy (Stevenson et al., 1997).

5.7 Sklizeň vakuovým sklízečem

Přenos semen vakuovým sklízečem je jednou z dalších možných celkem málo využívaných možností. K použití stačí snadno ovládatelný ruční stroj (Obrázek 3), který je možné využít i na místech s nerovným terénem, kde ostatní stroje nejsou vhodné. Tímto způsobem je možné získat kromě čerstvých semen i ta dříve vyzrálá, která již opadala, a také semena rostlin s nižším vzrůstem (Kiehl et al., 2010). Výhoda je, že zdrojová lokalita není sběrem výrazně poškozena a na rozdíl od ručního sběru je získávání semen rychlejší (Stevenson et al., 1997). I tak je sběr ale časově náročný, proto je doporučen na lokalitách, které nemohou být sečeny (Kiehl et al., 2010), ani není možné používat větší stroje. Efektivita sklizně je v tomto případě nižší (Riley et al., 2004; Scotton et al., Metodické pokyny ke sklizni semen z druhově bohatých lučních porostů.; Stevenson et al., 1997). Semena rostlin s určitými vlastnostmi (např. produkce vyššího počtu semen, jsou více tolerantní vůči suchu) se pomocí vakuového sklízecce přenáší lépe, než jiná, výsledné složení druhů na cílové lokalitě se tedy složením od té původní může lišit (Czerwiński et al., 2018). Sklizeň vakuovým sklízečem je však možné použít jako doplněk k výsevu komerčních směsí cíleným sběrem druhů, které nejsou ve směsi obsaženy (Riley et al., 2004).



Obrázek 3: Sklizeň vakuovým sklízecem.
(převzato z Metodické pokyny ke sklizni semen z druhově bohatých lučních porostů)

5.8 Přenos půdy a travních bloků

Tímto postupem se sice nezískávají semena pro následný výsev, o přenos semen na cílovou lokalitu přesto jde. Zde se půda nebo celé travní bloky přemisťují na cílovou lokalitu a využívá se semenné banky nebo již ustálených společenstev, které následně obnoví travní porost.

Plocha i tloušťka travních bloků může být různá v závislosti na druhu použité techniky (např. ručně rýčem, nebo velkým strojem) (Bullock, 1998). Při jejich přenosu se většinou na cílové lokalitě odstraňuje svrchní půda, aby se snížila její úrodnost a vytvořil se vhodný povrch pro přenesené bloky (Bullock, 1998). Při přenosu půdy zůstává obsah živin v přenesené půdě zachován lépe, než u přenosu půdních bloků (Bulot et al., 2014; Jaunatre et al., 2014); diverzita na cílových lokalitách může být podobná jako na zdrojových, struktura vegetace se však může lišit (Bulot et al., 2014; Jaunatre et al., 2014). Dodání půdy však díky přenosu nejen semen a živin, ale také půdního mikrobiomu, může úspěšně nastartovat proces rekultivace a účinně směřovat vývoj vegetace směrem k vytvoření společenstva velmi podobného tomu na zdrojové lokalitě (Wubs et al., 2016). Úspěch se může dostavit také díky podpoře některých druhů rostlin, které mohou být vázané na specifickou mykorrhizu.

Zdrojová lokalita je ale tímto zásahem výrazně ovlivněna. Tento postup obvykle vyžaduje použití velkých strojů a je tedy finančně velmi nákladný. Kvůli disturbanci způsobené přenosem nebo při nevhodně zvolené hloubce půdy může také dojít ke změně skladby společenstva (Bullock, 1998). Při vhodně zvolené zdrojové lokalitě však může cílovou velmi dobře obnovit, efektivita přenosu rostlin a jejich udržení na lokalitě je poměrně vysoká, přestože u přenosu půdy je mírně nižší, než u travních bloků (Bullock, 1998).

Tento způsob je vhodný také v případech, kdy kvůli těžbě nebo například stavbě hrozí zničení cenné lokality, a tímto způsobem je možné vegetaci zachovat (Trueman et al., 2007). Přemístěná vegetace může poté posloužit jako zdrojová lokalita po ukončení těžby. Často se také při rekultivacích používá na živiny bohatá ornice. Tato půda sice dokáže rychle obnovit vegetaci s vysokou produktivitou, na druhou stranu však podporuje průnik ruderalních a invazních druhů na lokalitu a může sukcesi směřovat úplně jiným směrem, než k cílovým společenstvům, pro ekologickou obnovu tudíž bývá nevhodná.

6 Způsob setí

6.1 Vliv podmínek na lokalitě

Na úspěch rekultivace mají vliv i abiotické podmínky dané lokality. Proto je třeba tyto faktory brát v potaz při výběru vhodného osiva, způsobu výsevu i dalších postupů souvisejících s výsevem.

Významnou roli mohou hrát vlastnosti půdy. Například správný výběr zdrojové lokality se stejnými půdními podmínkami může hrát v úspěšnosti rekultivace větší roli, než volba správné hustoty výsevu (Scotton, 2018a). Substrát také může mít vliv na nadzemní biomasu a složení druhů. V pokusu s různými druhy substrátu a různými hustotami výsevů (Münzbergová, 2012) byla na živinově chudém substrátu druhová bohatost nejvyšší při střední hustotě výsevu, naopak na živinově bohatém substrátu neměla hustota výsevu na druhovou bohatost vliv. Svou roli může hrát i skeletovitost půdy a množství kamenů. Při nižší hustotě výsevu může přítomnost větších kamenů zvyšovat procento vyklíčených semen a jejich přežívání, naopak při vyšších hustotách přítomnost jemné půdy zvyšuje množství rostlin na lokalitě. (Scotton, 2019). Je to dáno tím, že větší kameny poskytují dobré mikroklima pro klíčení semen a vývoj semenáčků, ale zároveň vytváří fyzickou překážku pro nadzemní rozvoj vegetace (Scotton, 2019). Při vyšších výsevových hustotách je mnohem více limitující faktor vysychání půdy, které u hrubších substrátů probíhá rychleji, než u těch jemnějších (Rummel & Holscher, 1955, cit. dle Scotton, 2019).

Kromě půdy mohou úspěšnost rekultivace ovlivňovat také klimatické podmínky na dané lokalitě. například v případě suchomilných travních porostů se vegetace úspěšně obnoví v teplých a suchých oblastech (400-600 mm ročních srážek, roční teploty 8,1 – 9° C), naopak v chladnějších vlhčích oblastech (601–820 mm, 6.1–7.5° C) není obnova ani pomocí výsevové rekultivace příliš úspěšná (Novák & Prach, 2010). Vliv environmentálních podmínek na vývoj vegetace potvrzují také Lepš et al. (2007). Navíc také mezi jednotlivými roky mohou teplota a srážky na stejné lokalitě velmi kolísat, z tohoto důvodu Novák a Prach (2010) doporučují setí semen na lokalitě během několika let za sebou, aby se zvýšila pravděpodobnost úspěšného vyklíčení druhů a jejich udržení na lokalitě. Odhad úspěšnosti obnovy vegetace v určitých klimatických podmínkách je možné získat například z floristických záznamů (počet lokalit v daném regionu, na kterých se daný druh nachází) (Novák & Prach, 2010). Běžné a potenciálně dominantní druhy je však obecně možné použít v široké škále podmínek (Lepš et al., 2007) .

6.2 Hustota výsevu

Volba optimální hustoty použité směsi semen není jen otázkou úspěšnosti rekultivace, doby obnovy dané lokality, ale i ekonomickou. Vyšlo již několik studií s cílem zjistit, zda použití různé hustoty směsi semen vede k vytvoření různých rostlinných společenstev s rozdílným druhovým složením, biomasou či diverzitou. Jednotlivé příklady rekultivace a studie se však občas navzájem hůře srovnávají, protože některé hustoty jsou uváděny v gramech na centimetr, jiné zas v počtu semen na centimetr. Také jednotlivé hodnoty použité při setí mohou být občas hůře srovnatelné, pokud jsou ve směsích použity různé druhy rostlin, protože každá rostlina produkuje řádově různě velká semena a poměr každého druhu ve směsi tudíž bývá jiný.

Při rekultivacích travních porostů se používá nejčastěji 1–5 g semen na m², konkrétně na dřívě těžných lokalitách v rozmezí 1–3,5 g/m² (Kiehl et al., 2010). To je při průměrné hmotnosti semene 1,52 mg (Jakobsson & Eriksson, 2000) v přepočtu přibližně 658–3389, resp. 658–2303 semen na m². Kirmer et al. (2012) doporučují při použití druhově bohaté směsi původních semen hustotu 1000 – 2 000 semen na m². Barr et al. (2017) zjistili jako nejvhodnější použití 1366 semen na m² (společně s použitím celkem 35 druhů ve směsi), díky čemuž dosáhli nejlepší kombinace 9 pozorovaných vlastností společenstva. Scotton (2016) při obnově louky použil počet semen získaných na zdrojové lokalitě ku počtu zasetych v poměrech od 1:1 do 1:4, což odpovídá množství 832 – 14359 semen na m².

Ihned po vysetí přináší vyšší hustoty výsevu lepší výsledky, co se zarostlé plochy týče, přibližně po dvou letech se však výsledky vyrovnávají (Burton et al., 2006; Scotton, 2018b, 2019), někdy i po více letech (Stevenson et al., 1995). Použití vyšších hustot brání také proniknutí nežádoucích druhů na lokalitu (Scotton, 2016; Yannelli et al., 2018), jiná studie však ukazuje, že i nízké hustoty výsevu dokáží úspěšně zamezit rozvoji těchto druhů, je však výhodné výsev podpořit v prvním roce ještě managementem v podobě kontroly náletových rostlin (Stevenson et al., 1995). Zároveň vysoké hodnoty výsevu mohou bránit průniku nevysetych původních druhů z okolí nebo vést k vyšší mortalitě vysévaných druhů z důvodu limitace zdroje (Burton et al., 2006). Pokud jsou některé druhy ve směsi zastoupeny velmi málo (méně jak 10 semen na m²), na cílové lokalitě se ve výsledné vegetaci nemusí vůbec objevit (Scotton, 2016).; vysetí příliš nízké hustoty semen tudíž může přinést i určité riziko. To ale nemusí platit vždy, někdy se druhy mohou i při takto nízkých hustotách výsevu uchytit (Hölzel & Otte, 2003).

Hustota výsevu může mít vliv i na druhovou bohatost nebo na druhové složení společenstva. Některé dosavadní výzkumy zatím ukazují, že druhová bohatost zůstává u různých hustot výsevu stejná (Scotton, 2016), nebo se liší jen v počátečních stadiích vývoje společenstva (Münzbergová,

2012; Stevenson et al., 1995). Zdá se však, že spíše než na diverzitu původních druhů, má hustota výsevu větší vliv na jejich pokryvnost a na diverzitu nežádoucích druhů (Stevenson et al., 1995). Efekt hustoty semen na diverzitu může být různý i na různých typech půdy. Zatímco na živinově bohaté půdě se nemusí vůbec projevit, na živinově chudé může být nejvýhodnější střední hustota, při které je vyrovnaná kombinace kompetice o živiny, dostatku semen na osídlení a pozitivních interakcí (Münzbergová, 2012).

Hustota výsevu může hrát roli také ve struktuře společenstva, různé hustoty výsevů mohou vést k různému druhovému složení (Münzbergová, 2012). Zdá se, že na produkci nadzemní biomasy nemá druh výsevu vliv, u vyšších hustot je však přítomný vyšší počet jedinců (Von Gillhaussen et al., 2014). Při použití hustších výsevů může vegetace dosahovat vyššího vzrůstu jako důsledek kompetice o světlo (Stevenson et al., 1995).

Rozhodnutí, jakou hustotu osiva použít, závisí také na tom, jaké cíle jsou na konkrétní ploše požadovány. Pokud je potřeba (například kvůli zabránění erozi) mít za co nejkratší dobu co nejvíce porostlého povrchu, je vhodné použít vyšší hustotu (3-6 tis. semen na m²); naopak pokud nezáleží na době, za kterou povrch poroste, je možné zvolit hustotu nižší (kolem 375 semen na m²) (Burton et al., 2006). Záleží také na velikosti obnovované plochy a množství zdrojů semen. Nízké hustoty výsevů jsou řešením pro rozsáhlejší plochy, kde není možné z okolí získat dostatek semen pro vyšší hustoty, nebo by jejich sběr trval příliš dlouho; naopak vyšší hustoty jsou vhodné zejména na lokalitách s vyšším množstvím živin, na které snáze pronikají invazní rostliny (Stevenson et al., 1995).

6.3 Plocha osetí

Kromě hustoty je další proměnnou, která může ovlivnit úspěšnost rekultivace, také plocha osetí. Buď je možné osít celou plochu, nebo její část podle naplánovaného designu, nejčastěji v pruzích. Je také možné na různá místa zasít různé druhy.

Při osetí celé plochy se společenstvo obnoví za nejkratší dobu a díky tomu také úspěšně brání proniknutí nežádoucích druhů, obnova je ovšem v tomto případě nejdražší (Jongepierová et al., 2007). Oproti osetí celé plochy je výsev pomocí kombinace osetých a neosetých pruhů výrazně levnější metoda, která v dlouhodobém měřítku dokáže obnovit lokalitu s podobnou účinností (Mitchley et al., 2012; Rayburn & Laca, 2013), jen za mírně delší dobu (Jongepierová et al., 2007). Vyseté druhy se poměrně dobře šíří na krátké vzdálenosti, vysetí směsí do pruhů tak umožní dobrou kolonizaci neosetých částí z těch osetých (Lepš et al., 2007). Při použití osetého centrálního pruhu, kdy je zbytek lokality ponechán bez výsevu, je plocha je postupně kolonizována nejen vysetými

druhy z centrálního pruhu, ale i nevysetými druhy z blízké populace: to může poskytovat jednak výhodu v podobě nových původních druhů na lokalitě, ale také nevýhodu v podobě nepůvodních a invazních druhů (Jongepierová et al., 2007). Použití výsevu v pruzích umožňuje zvýšení heterogenity prostředí, což může zvýšit biodiverzitu nově vytvořeného společenstva (Gornish et al., 2019). Design výsevu v pruzích může být použit i pro kombinaci výsevu regionálních směsí a komerčních trav. Tento postup je ovšem méně úspěšný, než při kombinaci regionálních osiv s neosetými plochami (Jongepierová et al., 2007; Mitchley et al., 2012).

Design se může lišit podle záměrů na lokalitě: při snaze redukovat rozšířené nepůvodní druhy je vhodné sít směs původních semen do širších pruhů, naopak pokud jsou vysévané druhy silně kompetitivní, je vhodnější použít pruhy užší (Rayburn & Laca, 2013).

Kromě výsevů směsí semen lze lokalitu obnovovat výsevem jednotlivých druhů zvlášť, kdy jsou tyto druhy konspicivně agregované (tedy tvoří jednotlivé shluky stejného druhu), což může pozitivně ovlivnit počáteční druhové interakce a zvýšit diverzitu (Yurkonis & McKenna, 2014). Tento přístup je sice hodně náročný na přípravu, umožní však také dobré uchycení jednotlivých druhů na lokalitě a do budoucna tedy poskytnout větší efektivitu obnovy (Yurkonis & McKenna, 2014). Tento efekt byl zatím pozorován jen na velmi malém měřítku (v rámci jednotek cm), lze však předpokládat, že by mohl působit i v měřítku celé lokality.

6.4 Načasování setí

Správné načasování výsevu může výrazně zvýhodnit klíčení cílových druhů vůči těm nežádoucím a nepůvodním a tím docílit i efektivnější a rychlejší rekultivace. Existují v zásadě dvě hlavní možnosti, jak načasovat setí: na podzim a na jaře.

Výsev na podzim se zdá být výhodnější zejména kvůli tomu, že je možná větší flexibilita v jeho načasování, naopak na jaře může rekultivaci brzdit pozdní sníh přítomný na lokalitě (Burton et al., 2006; Doll et al., 2011). Také některé druhy rostlin vyžadují před samotným klíčením působení mrazu, a proto je pro ně výsev na podzim vhodnější. Při jarním výsevu se také mohou na lokalitě vyskytovat již vyklíčené semenáčky rostlin, které mohou vytvářet kompetiční tlak na klíčící rostliny z výsevu.

Ačkoliv studií na toto téma nebylo dosud provedeno mnoho, ty dosavadní ukazují, že období výsevu nemá na vývoj společenstva výrazný vliv (Burton et al., 2006; Doll et al., 2011). U vytrvalých trav byla při porovnání různých období výsevu nejúspěšnější kombinace části semen na podzim a části na jaře, kdy byla dosažena nejvyšší denzita i biomasa (Schantz et al., 2016).

Výsev semen na lokalitě se také doporučuje zopakovat v několika následujících letech, aby se minimalizovalo riziko, že podmínky v některém roce nebudou pro klíčení příznivé (Novák & Prach, 2010).

7 Výsevy v kombinaci s dalšími postupy

7.1 Disturbance

Použití disturbance jako nástroje pro zefektivnění rekultivace může být významné zejména na lokalitách, kde je již před výsevem přítomná vegetace, tedy zejména bývalých hospodářských loukách. Na těchto loukách, které byly hnojeny, klíčení vysetých druhů nejlépe podpoří narušení již porostlých drnů během setí, a to dokonce více, než odstranění veškeré vegetace pomocí postřiku (Hofmann & Isselstein, 2004). Dalším možným postupem je odstranění horní vrstvy půdy. Výsev semen na neporostlou půdu po tomto odstranění nebo na místech bývalé těžby je z hlediska vývoje druhově bohatého společenstva úspěšnější, než ponechat lokalitu bez zásahu (Kiehl et al., 2010). V kombinaci s použitím zeleného sena nebo semen z kartáčování může v některých případech cílená disturbance, například pomocí bran nebo odstraněním drnů, vést k větší druhové diverzitě (Edwards et al., 2007). Odstraněním svrchní vrstvy půdy lze efektivně snížit množství dostupného fosforu, což může potlačit výskyt ruderalních druhů a podpořit obnovu na živiny nenáročných společenstev (Hölzel & Otte, 2003).

Na výsypkách bývalých lomů je však většinou zbytečné tuto stránku řešit, protože samotná těžba se dá považovat za disturbance a na lokalitě se většinou ze začátku vyskytuje holá půda bez vyvinuté vegetace.

7.2 Mulčování

Mulčování provedené například pomocí rozsetého sena nebo slámy může také podpořit výsev během obnovy. Organický materiál v podobě sena, které je pro mulčování nejvhodnější, poskytuje vyvíjejícím se rostlinám potřebné živiny a zároveň jsou s ním přenášeny i drobní živočichové a mikroorganismy, které podporují cyklus živin a vývoj půdy (Scotton et al., Guidelines for restoration of species-rich grasslands). Mulčování také dokáže účinně bránit erozi (Baasch et al., 2012; Molinar et al., 2001), dodává rostlinám živiny, zmírňuje odpar a také dopad srážek (Molinar et al., 2001), zvyšuje poréznost půdy a její vodní kapacitu (Mulumba & Lal, 2008). Může tedy pozitivně ovlivnit vegetaci, zejména v počáteční fázi vývoje, kdy může vést k vyšší pokryvnosti a nadzemní produkci biomasy (Kirmer et al., 2012). Naopak v některých případech může mulčování naopak snížit diverzitu i pokryvnost, což může být způsobeno potlačením klíčivosti semen některých druhů vrstvou sena (Bakker et al., 2003). Proto by vrstva materiálu neměla přesáhnout tloušťku 3 – 5 cm, jinak může potlačit vývoj rostlin (Scotton et al., Guidelines for restoration of species-rich grasslands); nejlepší půdní podmínky bývají dosaženy při aplikaci 2 – 8 t/ha

(Mulumba & Lal, 2008). Účinnost mulčování se také může lišit v závislosti na typu půdy, množství srážek, nebo větru (Fehmi & Kong, 2012).

7.3 Hnojení

Lomy a těžbou narušené lokality, na kterých není vyvinutý půdní profil a začíná zde proces primární sukcese, často oproti jiným rekultivovaným stanovištím obsahují menší množství živin. Proto tyto lokality mohou vytvářet až příliš extrémní podmínky, které nemusí být vhodné pro vývoj cílových druhů nebo může vývoj trvat pomalu.

Jednorázová aplikace hnojiva použitá v době setí ve standardní dávce (295 kg/ha 18-18-18 NPK hnojiva) může podpořit vývoj porostu (Burton et al., 2006). Pomocí hnojení lze docílit vyšší pokryvnosti v první sezóně i na plochách s menší hustotou osetí, při jeho využití je tedy možné pro dosažení cílové pokryvnosti použít menší množství semen (Burton & Burton, 2001).

Tato výhoda se však projevuje pouze v krátkodobém měřítku na začátku vývoje vegetace (Petersen et al., 2004), z dlouhodobého hlediska se proto nezdá být tolik významné. Avšak zkracuje o 1 – 3 roky dobu, za kterou je dosaženo maximálního pokryvu vegetace (Scotton, 2019), na strmých svazích proto může umožnit rychlejší vývoj porostu a tím zabránit masivní erozi (Petersen et al., 2004). Naopak aplikace hnojiva není vždy považována jako výhodná, protože například zvyšuje riziko invaze nežádoucích druhů (Fehmi & Kong, 2012). Tento postup je tedy vhodné použít spíše v případě, kdy je z určitého důvodu žádoucí urychlit vývoj vegetačního pokryvu a v okolí lokality se nevyskytuje příliš velké množství těchto nežádoucích či invazních druhů (Petersen et al., 2004).

8 Srovnání se spontánní sukcesí

Spontánní sukcese může být jakýmsi protipólem technické rekultivace, v rámci které bývá často zmiňovaná i obnova pomoci výsevu semen. Principem tohoto přístupu je ponechat lokalitu bez lidského zásahu a nechat obnovit vegetaci přirozeným způsobem. Ač je tento způsob výrazně levnější i méně náročný než jakýkoliv lidský zásah, při obnově člověkem narušených lokalit se používá spíše menšinově (Prach & Hobbs, 2008).

Spontánní sukcese bývá za ne příliš extrémních podmínek považována za efektivní (Prach & Pyšek, 2001) a bývá doporučovaná jako první volba při rekultivaci (Prach & Hobbs, 2008; Tropek et al., 2010). Oproti cílenému výsevu přirozená kolonizace více umožňuje přirozenému průniku druhů z okolí a tudíž vede k větší druhové bohatosti (Lepš et al., 2007), také umožňuje osídlení větším množstvím ohrožených druhů nejen z říše rostlin, ale i živočichů (Tropek et al., 2010).

Tento přístup má ale také jistá úskalí. Vzhledem tomu, že je založen na bezzásahovosti, je vývoj vegetace hůře kontrolovatelný a jeho úspěšnost mnohem více závisí na místních podmínkách a událostech během vývoje. V extrémních podmínkách se úspěšnost rekultivace tímto způsobem výrazně snižuje (Prach & Hobbs, 2008), také riziko eroze či sesuvů půdy zde hrozí více než při technické rekultivaci (Prach & Hobbs, 2008; Tropek et al., 2010). Úspěšnost také výrazně závisí na přítomnosti cílových druhů v těsné blízkosti lokality. Spontánní sukcese může být neúčinná, pokud se v blízkosti nenachází cílové druhy, které by mohly plochu kolonizovat (Baasch et al., 2012). Pokud je lokalita větších rozměrů nebo se v okolí vhodně zdroje semen, může vývoj společenstva trvat dlouho (Prach & Hobbs, 2008). Kromě cílových druhů se zde mohou rozšířit také druhy nežádoucí (Jongepierová et al., 2007; Lepš et al., 2007; Stevenson et al., 1995).

Proto je při každé rekultivaci třeba posoudit vhodnost každého přístupu na základě nejen místních podmínek, ale také cílů, kterých je zamýšleno dosáhnout. Pokud je třeba dosáhnout co nejvyššího vegetačního pokryvu za co nejkratší dobu, například kvůli kontrole eroze, je na místě použít alespoň drobný zásah; cílený výsev semen například může zásadně zrychlit proces kolonizace (Stevenson et al., 1995). Naopak z dlouhodobého měřítká nejsou (za předpokladu výskytu vhodné zdrojové populace v okolí) mezi jednotlivými použitými postupy pozorovatelné výrazné rozdíly v diverzitě nebo pokryvnosti (Baasch et al., 2012).

Tyto přístupy je také možné spolu kombinovat. Spontánní sukcese spojená s drobným zásahem může vést k dobrému vývoji vegetace a zároveň podpoře ohrožených druhů a kontrole těch invazních (Tropek et al., 2010). Vhodným řešením může být také setí v pruzích, tedy kombinace

výsevů a spontánní sukcese, což umožňuje využít výhody výsevové rekultivace i přirozené kolonizace z okolí na neosetých částech lokality (Baasch et al., 2012).

9 Navazující diplomová práce

Má diplomová práce, která by měla navazovat na tuto literární rešerši, se bude zabývat vlivem různých hustot výsevu směsí původních druhů rostlin na výslednou vegetaci. Cílem bude vyhodnotit, která hustota výsevu je pro obnovu vegetace na výsypce vápencového lomu nejvhodnější a zda stačí použít nižší hustoty výsevů či jsou třeba hustoty vyšší, s ohledem na složení vznikajícího společenstva. Ráda bych se zaměřila na tyto otázky z pohledu druhového složení, diverzity nebo funkčních vlastností druhů ve společenstvech. Zároveň také chci zjistit, jak se liší vývoj tohoto společenstva v závislosti na substrátu, konkrétně při výsevu na jílu z těžební jámy a na navezené ornici.

9.1 Lokalita

Práce bude prováděna na již opuštěné výsypce vápencového lomu Čeřinka (Obrázek 4), který se nachází jihovýchodně od Bubovic v CHKO Český kras. V tomto lomu probíhá těžba chemického vápence i vápence vhodného jako stavební kamenivo (Lomy Mořina). Jeho západní část byla již zavezena vytěženým jílem a v předchozích letech již zde probíhal výzkum týkající se spontánní sukcese a vlivu pastvy (Kuťáková, 2013; Mayerová, 2009).



Obrázek 4: Letecký snímek lokality Čeřinka. Zdroj: server Seznam.cz, a. s.

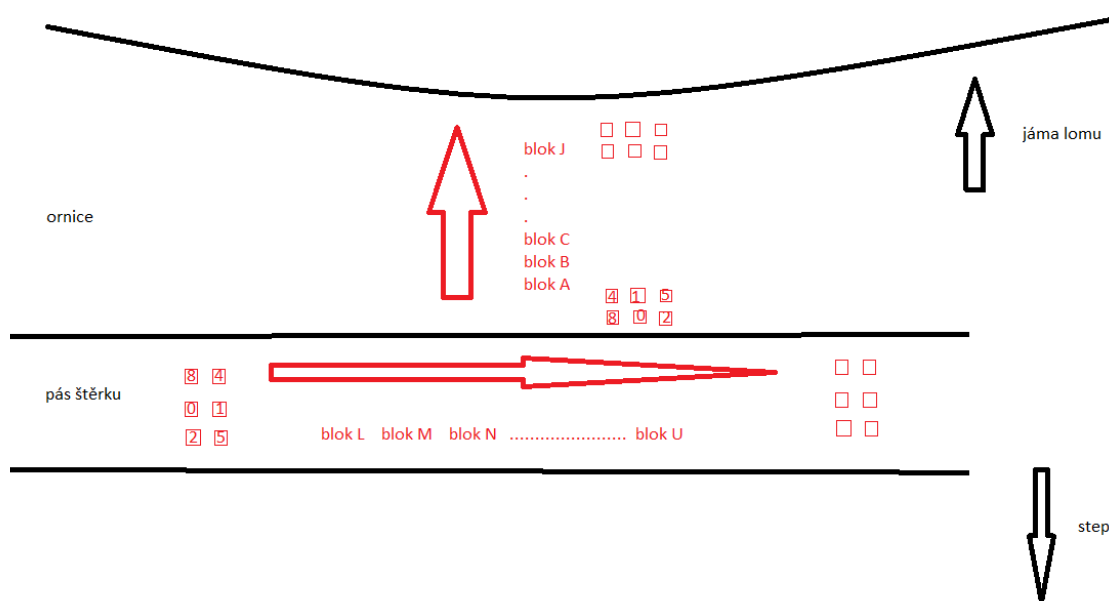
9.2 Metodika

Část tohoto lomu již není aktivní a byla zavezena vytěženým jílem a ponechána spontánní sukcesí. Kromě toho byla na část navezena ornice z okolních polí. V dubnu 2015 byly obě tyto části osety směsí semen stepních druhů (Tabulka 1) v hustotě 2 g/m². Místo bylo nejprve koseno (září 2016),

poté paseno stádem koz a ovcí (srpen 2017, květen 2018, květen 2019). Zároveň s osetím výsypky v roce 2015 zde také byly vytvořeny plochy 1x1 m, na kterých byly vysety různé hustoty této směsi, konkrétně 1, 2, 4 a 8 g/m² a kontrola bez výsevu. Navíc byla vytvořena další plocha s výsevem 2 g/m², která je opatřena klecí proti spasení a slouží jako kontrola pro stanovení vlivu pastvy na vývoj společenstva. Plochy v každém bloku jsou od sebe v rozestupu 1 m, okolí každé plochy (0,5 m široký pruh) tvoří buffer a je oseto ve stejné hustotě jako daná plocha.

Trvalé plochy jsou uspořádány do deseti bloků (tedy deset opakování na typ výsevu) na obou substrátech: na jílu z těžební jámy a na navezené ornici (Obrázek 5). Na plochách je každoročně prováděno vegetační snímkování zahrnující soupis druhů na každé ploše a procentuální odhad jejich pokryvnosti, celkovou pokryvnost a pokryvnost mechů. Toto snímkování se provádí na jaře (květen). Pro tento výzkum použijí také data získaná od dalších studentů (Anna Kladivová, Tomáš Müller, Tereza Opravilová) kteří na těchto plochách prováděli vegetační snímkování od prvního roku od výsevu. Bude tedy možné srovnávat data z přibližně šestiletého vývoje vegetace od jeho úplného začátku.

Dále bude také na jednotlivých plochách změřena relativní produktivita biomasy, která bude sloužit pro porovnávání funkčních vlastností společenstev. Zároveň budou porovnávány vlastnosti jednotlivých cévnatých rostlin přítomných na plochách získaných z databází a literatury a také ekologické podmínky pomocí Ellenbergových indikačních hodnot. Tyto údaje umožní srovnávat jednotlivé hustoty výsevů z hlediska produktivity, diverzity a vlastností společenstev i přítomnosti klíčových, nežádoucích a invazních druhů ve výsledné vegetaci.



Obrázek 5: Rozmístění jednotlivých ploch na lokalitě vedle lomu Čerínka. Čísla ploch označují hustotu výsevu, S jsou plochy s klecí.

Tabulka 1: Druhy vyšeté na ploách a jejich relativní hmotnost ve směsi.

druh	relativní hmotnost
<i>Acinos arvensis</i>	2,5
<i>Arabis hirsuta</i>	5
<i>Asperula cynanchica</i>	2,35
<i>Avenula pubescens</i>	1200
<i>Bupleurum falcatum</i>	2,5
<i>Carlina vulgaris</i>	25
<i>Centaurea jacea</i>	1200
<i>Centaurea stoebe</i>	1200
<i>Cerastium arvense</i>	2,25
<i>Cirsium acaule</i>	10
<i>Dianthus carthusianorum</i>	1200
<i>Echium vulgare</i>	1200
<i>Eryngium campestre</i>	12,5
<i>Erysimum crepidifolium</i>	12,5
<i>Euphorbia cyparissias</i>	25
<i>Falcaria vulgaris</i>	11,5
<i>Festuca pallens</i>	125
<i>Festuca rupicola</i>	125
<i>Galium verum</i>	1200
<i>Helianthemum grandifluom</i>	250
<i>Inula conyzae</i>	4,85
<i>Knautia arvensis</i>	1200
<i>Koehleria pyramidata</i>	25
<i>Leontodon hispidus</i>	11
<i>Lotus corniculatus</i>	1200
<i>Medicago falcata</i>	25
<i>Phleum phleoides</i>	25
<i>Pilosella officinalis</i>	2,5
<i>Pimpinella saxifraga</i>	5
<i>Plantago lanceolata</i>	1200
<i>Salvia pratensis</i>	1200
<i>Salvia verticillata</i>	1200
<i>Sanquisorga minor</i>	1200
<i>Scabiosa ochroleuca</i>	25
<i>Securigera varia</i>	1200
<i>Teucrium chamaedrys</i>	1
<i>Thymus pulegioides</i>	1200
<i>Tragopogon dubius</i>	25
<i>Trifolium campestre</i>	2
<i>Verbascum lychnitis</i>	5
<i>Viola colina</i>	5

10 Závěr

Ekologická rekultivace je jednou z mnoha možností, pomocí kterých je možné rekultivovat opuštěné lomy. Kromě spontánní sukcese je obnova pomocí výsevu směsí semen původních druhů druhou hlavní cestou, kterou se lze ubírat. Oba tyto způsoby mají své klady i zápory a mají také své odpůrce i zastánce, lze je také kombinovat. Výsevová rekultivace přináší některé výhody jako rychlejší nastartování primární sukcese nebo rychlejší dosažení cílové pokryvnosti, naopak mírně brání kolonizaci cílovými druhy z okolí.

Prvním krokem při této obnově je volba vhodného zdroje semen. Na výběr je buď získat semena pomocí sběru z některé původní lokality, nebo je koupit od některého z producentů, kteří se zaměřují na produkci semen travních směsí. Dodavatelé mohou druhy buď šlechtit na konkrétní vlastnosti, nebo naopak rostliny množit stylem, díky kterému se semena nebudou geneticky lišit od těch přírodních. Druhý způsob je pro obnovu travních porostů vhodnější právě díky podobným vlastnostem s populacemi v okolí. V nedávné době se také začaly definovat tzv. seed transfer zones, které napomáhají producentům získávat a množit druhy v rámci určitých regionů, což zaručí menší genetické rozdíly mezi vysévanými rostlinami a těmi v okolí.

Genetická podobnost vysévaných druhů s těmi původními v místních podmínkách bývá vyžadována jako opatření proti vzniku outbreední deprese, která může výrazně snížit fitness populace na lokalitě. Naopak pokud jsou semena získána jen z mála jedinců, hrozí opačný jev, inbreední deprese, která také snižuje fitness populace. V některých případech je preferováno použití semen z místních zdrojů v kombinaci s těmi vzdálenějšími, aby byly rostliny přizpůsobeny nejen na místní klimatické podmínky, ale také na širší škálu jiných podmínek. V této době, kdy dochází ke stále rychleji se měnícím klimatickým podmínkám, může tento přístup poskytovat zásadní výhody. Otázka, zda použít pouze lokální, nebo i vzdálenější zdroje semen, však není ještě zcela dořešena.

Složení směsi může být velmi různorodé. Obvykle bývá tendence použít při rekultivacích směsi s nízkou diverzitou, použití více druhů však může přinést lepší výsledky a zajistit vyšší efektivitu rekultivace. Za zmínku stojí také vlastnosti vysévaných druhů, jejichž správná kombinace dokáže zamezit invazi nežádoucích druhů.

Semena lze získávat ze zdrojových lokalit mnoha způsoby. Pro rekultivaci travních porostů jsou nejčastěji využívány sběr zeleného i suchého sena a kartáčování. Tyto postupy umožňují získat poměrně velké množství semen poměrně jednoduchým způsobem. Ostatní způsoby jako výmlat sena, přenos hrabaného materiálu, ruční sběr, sběr vakuovým sklízečem a přenos půdy a travních

bloků jsou používány spíše jako doplňkové nebo v případech, kdy není možné předchozí způsobu použít. Zejména ruční sběr a sběr vakuovým sklízečem lze použít pro získání několika cílových druhů, které není možné získat od komerčních producentů, nebo jsou vzácné.

Způsob výsevu na cílové lokalitě by měl respektovat místní abiotické podmínky a jejich vliv na obnovu. Klíčové jsou zejména vlastnosti půdy a klimatické podmínky, které mohou mít výrazný vliv na úspěšnost rekultivace. Kromě těchto faktorů hrají roli i ekonomické možnosti. Použití nižších hustot výsevu, které jsou levnější, dokážou v některých případech úspěšně obnovit lokalitu, v jiných případech jsou však zejména v prvních letech úspěšnější vyšší hustoty, které mohou proces rekultivace urychlit. Je také možné kromě osetí celé plochy využít kombinace výsevu a spontánní sukcese, například pomocí setí v pruzích. Obnovu travních porostů lze také podpořit dalšími zásahy, například pomocí drobných disturbancí, hnojením nebo mulčováním. Tyto postupy mohou v závislosti na vlastnostech lokality pomoci urychlit vývoj vegetace a zabránit erozi a invazi nežádoucích druhů.

Tyto informace a poznatky by mohly v budoucnu pomoci při rekultivaci dalších lomů a usnadnit volbu při rozhodování, jaký postup na dané lokalitě použít. Tyto znalosti také budu moci využít při zpracování diplomové práce, ve které se budu zabývat obnovou travních porostů na výsypce Lomu Čeřinka. Budu porovnávat různé hustoty výsevů a použití různých substrátů a následně vyhodnocovat, které postupy jsou z hlediska efektivity rekultivace a ochrannářského hlediska nejúspěšnější.

11 Seznam použité literatury

- Aubry, C., Shoal, R., & Erickson, V. (2005). *Grass cultivars: Their origins, development, and use on national forests and grasslands in the Pacific Northwest*. USDA Forest Service.
- Baasch, A., Kirmer, A., & Tischew, S. (2012). Nine years of vegetation development in a postmining site: effects of spontaneous and assisted site recovery. *Journal of Applied Ecology*, *49*(1), 251–260.
- Baer, S. G., Gibson, D. J., Gustafson, D. J., Benschoter, A. M., Reed, L. K., Campbell, R. E., Klopff, R. P., Willand, J. E., & Wodika, B. R. (2014). No effect of seed source on multiple aspects of ecosystem functioning during ecological restoration: Cultivars compared to local ecotypes of dominant grasses. *Evolutionary Applications*, *7*(2), 323–335.
- Bakker, J. D., Wilson, S. D., Christian, J. M., Li, X., Ambrose, L. G., & Waddington, J. (2003). Contingency of grassland restoration on year, site, and competition from introduced grasses. *Ecological Applications*, *13*(1), 137–153.
- Barr, S., Jonas, J. L., & Paschke, M. W. (2017). Optimizing seed mixture diversity and seeding rates for grassland restoration. *Restoration Ecology*, *25*(3), 396–404.
- Bischoff, A., Steinger, T., & Müller-Schärer, H. (2010). The importance of plant provenance and genotypic diversity of seed material used for ecological restoration. *Restoration Ecology*, *18*(3), 338–348.
- Bjorkman, A. D., Vellend, M., Frei, E. R., & Henry, G. H. R. (2017). Climate adaptation is not enough: warming does not facilitate success of southern tundra plant populations in the high Arctic. *Global Change Biology*, *23*(4), 1540–1551.
- Breed, M. F., Harrison, P. A., Bischoff, A., Durruty, P., Gellie, N. J. C., Gonzales, E. K., Havens, K., Karmann, M., Kilkenny, F. F., Krauss, S. L., Lowe, A. J., Marques, P., Nevill, P. G., Vitt, P. L., & Bucharova, A. (2018). Priority actions to improve provenance decision-making. *BioScience*, *68*(7), 510–516.
- Breed, M. F., Stead, M. G., Ottewell, K. M., Gardner, M. G., & Lowe, A. J. (2013). Which provenance and where? Seed sourcing strategies for revegetation in a changing environment. In *Conservation Genetics* (Vol. 14, Issue 1, pp. 1–10).
- Broadhurst, L. M., Lowe, A., Coates, D. J., Cunningham, S. A., McDonald, M., Vesk, P. A., & Yates, C. (2008). Seed supply for broadscale restoration: maximizing evolutionary potential. *Evolutionary Applications*, *1*(4), 587–597.
- Bucharova, A., Bossdorf, O., Hölzel, N., Kollmann, J., Prasse, R., & Durka, W. (2019). Mix and match: regional admixture provenancing strikes a balance among different seed-sourcing strategies for ecological restoration. *Conservation Genetics*, *20*, 7–17.
- Bucharova, A., Michalski, S., Hermann, J.-M., Heveling, K., Durka, W., Hölzel, N., Kollmann, J., & Bossdorf, O. (2017). Genetic differentiation and regional adaptation among seed origins used for grassland restoration: lessons from a multispecies transplant experiment. *Journal of Applied Ecology*, *54*, 127–136.
- Bullock, J. M. (1998). Community translocation in Britain: setting objectives and measuring consequences. *Biological Conservation*, *84*(3), 199–214.

- Bulot, A., Provost, E., & Dutoit, T. (2014). A comparison of different soil transfer strategies for restoring a Mediterranean steppe after a pipeline leak (La Crau plain, South-Eastern France). *Ecological Engineering*, 71, 690–702.
- Burton, C. M., & Burton, P. J. (2001). Fertilization can reduce the amount of seed needed to revegetate degraded soils (British Columbia). *Ecological Restoration*, 19(1), 57–58.
- Burton, C. M., Burton, P. J., Hebda, R., & Turner, N. J. (2006). Determining the optimal sowing density for a mixture of native plants used to revegetate degraded ecosystems. *Restoration Ecology*, 14(3), 379–390.
- Carter, D. L., & Blair, J. M. (2012). High richness and dense seeding enhance grassland restoration establishment but have little effect on drought response. *Ecological Applications*, 22(4), 1308–1319.
- Czerwiński, M., Woodcock, B. A., Golińska, B., & Dembek, W. (2018). Plant traits explain the success of vacuum harvesting as a method of seed collection for the restoration of species-rich grasslands. *Landscape and Ecological Engineering*, 14, 147–155.
- De Vitis, M., Abbandonato, H., Dixon, K. W., Laverack, G., Bonomi, C., & Pedrini, S. (2017). The European native seed industry: characterization and perspectives in grassland restoration. *Sustainability*, 9(10), 1–14.
- Doll, J. E., Haubensak, K. A., Bouressa, E. L., & Jackson, R. D. (2011). Testing disturbance, seeding time, and soil amendments for establishing native warm-season grasses in non-native cool-season pasture. *Restoration Ecology*, 19(101), 1–8.
- Durka, W., Michalski, S. G., Berendzen, K. W., Bossdorf, O., Bucharova, A., Hermann, J. M., Hölzel, N., & Kollmann, J. (2017). Genetic differentiation within multiple common grassland plants supports seed transfer zones for ecological restoration. *Journal of Applied Ecology*, 54(1), 116–126.
- Eckstein, R. L., & Donath, T. W. (2005). Interactions between litter and water availability affect seedling emergence in four familial pairs of floodplain species. *Journal of Ecology*, 93(4), 807–816.
- Edwards, A. R., Mortimer, S. R., Lawson, C. S., Westbury, D. B., Harris, S. J., Woodcock, B. A., & Brown, V. K. (2007). Hay strewing, brush harvesting of seed and soil disturbance as tools for the enhancement of botanical diversity in grasslands. *Biological Conservation*, 134(3), 372–382.
- Eichberg, C., Storm, C., Stroh, M., & Schwabe, A. (2010). Is the combination of topsoil replacement and inoculation with plant material an effective tool for the restoration of threatened sandy grassland? *Applied Vegetation Science*, 13(4), 425–438.
- Fehmi, J. S., & Kong, T. M. (2012). Effects of soil type, rainfall, straw mulch, and fertilizer on semi-arid vegetation establishment, growth and diversity. *Ecological Engineering*, 44, 70–77.
- Fried, G., Carboni, M., Mahaut, L., & Violle, C. (2019). Functional traits modulate plant community responses to alien plant invasion. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 37, 53–63.
- Gornish, E. S., Shaw, J., & Gillespie, B. M. (2019). Using strip seeding to test how restoration design affects randomness of community assembly. *Restoration Ecology*, 27(6), 1199–1205.
- Hamilton, N. R. S. (2001). Is local provenance important in habitat creation? A reply. *Journal of Applied Ecology*, 38(6), 1374–1376.
- Hamrick, J. L., & Godt, M. J. W. (1996). Effects of life history traits on genetic diversity in plant species. *Philosophical Transactions of the Royal Society*, 351(1345), 1291–1298.

- Hofmann, M., & Isselstein, J. (2004). Seedling recruitment on agriculturally improved mesic grassland: The influence of disturbance and management schemes. *Applied Vegetation Science*, 7(2), 193–200. <https://doi.org/10.1111/j.1654-109X.2004.tb00610.x>
- Hölzel, N., & Otte, A. (2003). Restoration of a species-rich flood meadow by topsoil removal and diaspore transfer with plant material. *Applied Vegetation Science*, 6(2), 131–140.
- Hufford, K. M., & Mazer, S. J. (2003). Plant ecotypes: genetic differentiation in the age of ecological restoration. *Trends in Ecology and Evolution*, 18(3), 147–155.
- Ingvarsson, P. K. (2001). Restoration of genetic variation lost - the genetic rescue hypothesis. *Trends in Ecology and Evolution*, 16(2), 62–63.
- Jakobsson, A., & Eriksson, O. (2000). A comparative study of seed number, seed size, seedling size and recruitment in grassland plants. *Oikos*, 88(3), 494–502.
- Jaunatre, R., Buisson, E., & Dutoit, T. (2014). Can ecological engineering restore Mediterranean rangeland after intensive cultivation? A large-scale experiment in southern France. *Ecological Engineering*, 64, 202–212.
- Jongepierová, I., Mitchley, J., & Tzanopoulos, J. (2007). A field experiment to recreate species rich hay meadows using regional seed mixtures. *Biological Conservation*, 139(3–4), 297–305.
- Kiehl, K., Kirmer, A., Donath, T. W., Rasran, L., & Hölzel, N. (2010). Species introduction in restoration projects – Evaluation of different techniques for the establishment of semi-natural grasslands in Central and Northwestern Europe. *Basic and Applied Ecology*, 11(4), 285–299.
- Kirmer, A., Baasch, A., & Tischew, S. (2012). Sowing of low and high diversity seed mixtures in ecological restoration of surface mined-land. *Applied Vegetation Science*, 15(2), 198–207.
- Kramer, A. T., & Havens, K. (2009). Plant conservation genetics in a changing world. *Trends in Plant Science*, 14(11), 599–607.
- Kučáková, E. (2013). *Sukcese vegetace na výsypce vápencového lomu*. Diplomová práce. Praha, 67 s.
- Lepš, J., Doležal, J., Bezemer, T. M., Brown, V. K., Hedlund, K., Igual, A. M., Jörgensen, H. B., Lawson, C. S., Mortimer, S. R., Peix Geldart, A., Rodríguez Barrueco, C., Santa Regina, I., Šmilauer, P., & van der Putten, W. H. (2007). Long-term effectiveness of sowing high and low diversity seed mixtures to enhance plant community development on ex-arable fields. *Applied Vegetation Science*, 10(1), 97.
- MacArthur, R., & Levins, R. (1967). The limiting similarity, convergence, and divergence of coexisting species. *The American Naturalist*, 101(921), 377–385.
- Maschinski, J., Wright, S. J., Koptur, S., & Pinto-Torres, E. C. (2013). When is local the best paradigm? Breeding history influences conservation reintroduction survival and population trajectories in times of extreme climate events. *Biological Conservation*, 159, 277–284.
- Mayerová, H. (2009). *Druhové vlastnosti určující reakci rostlin na pastvu ovcí a koz na modelové lokalitě Pání hora v CHKO Český kras*. Diplomová práce. Praha, 68 s.
- Mitchley, J., Jongepierová, I., & Fajmon, K. (2012). Regional seed mixtures for the re-creation of species-rich meadows in the White Carpathian Mountains: Results of a 10-yr experiment. *Applied Vegetation Science*, 15(2), 253–263.

- Molinar, F., Galt, D., & Holechek, J. (2001). Managing for Mulch. *Rangelands*, 23(4), 3–7. https://doi.org/10.2458/azu_rangelands_v23i4_molinar
- Montalvo, A. M., & Ellstrand, N. C. (2000). Transplantation of the subshrub *Lotus scoparius*: testing the home-site advantage hypothesis. *Conservation Biology*, 14(4), 1034–1045.
- Mulumba, L. N., & Lal, R. (2008). Mulching effects on selected soil physical properties. *Soil and Tillage Research*, 98(1), 106–111.
- Münzbergová, Z. (2012). Seed density significantly affects species richness and composition in experimental plant communities. *PLoS ONE*, 7(10), 1–10.
- Nemec, K. T., Allen, C. R., Helzer, C. J., & Wedin, D. A. (2013). Influence of richness and seeding density on invasion resistance in experimental tallgrass prairie restorations. *Ecological Restoration*, 31(2), 168–185.
- Novák, J., & Prach, K. (2010). Artificial sowing of endangered dry grassland species into disused basalt quarries. *Flora: Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 205(3), 179–183.
- Petersen, S. L., Roundy, B. A., & Bryant, R. M. (2004). Revegetation methods for high-elevation roadsides at Bryce Canyon National Park, Utah. *Restoration Ecology*, 12(2), 248–257.
- Prach, K., & Hobbs, R. J. (2008). Spontaneous succession versus technical reclamation in the restoration of disturbed sites. *Restoration Ecology*, 16(3), 363–366.
- Prach, K., & Pyšek, P. (2001). Using spontaneous succession for restoration of human-disturbed habitats: experience from Central Europe. *Ecological Engineering*, 17(1), 55–62.
- Prober, S. M., Byrne, M., McLean, E. H., Steane, D. A., Potts, B. M., Vaillancourt, R. E., & Stock, W. D. (2015). Climate-adjusted provenancing: A strategy for climate-resilient ecological restoration. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 3, 1–5.
- Rayburn, A. P., & Laca, E. A. (2013). Strip-seeding for grassland restoration: past successes and future potential. *Ecological Restoration*, 31(2), 147–153.
- Riley, J. D., Craft, I. W., Rimmer, D. L., & Smith, R. S. (2004). Restoration of magnesian limestone grassland: optimizing the time for seed collection by vacuum harvesting. *Restoration Ecology*, 12(3), 311–317.
- Rummel, R.S., Holscher, C.E., 1955. Seeding Summer Ranges in Eastern Oregon. U.S. Dep. Agr. Farmer's Bull. 2091 (34 pp).
- Řehouňková, K., Řehounek, J., & Prach, K. (2011). *Near-natural restoration vs. technical reclamation of mining sites in the Czech Republic*. University of South Bohemia in České Budějovice.
- Scotton, M. (2016). Establishing a semi-natural grassland: effects of harvesting time and sowing density on species composition and structure of a restored *Arrhenatherum elatius* meadow. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 220, 35–44.
- Scotton, M. (2018a). Calcareous grassland restoration at a coarse quarry waste dump in the Italian Alps. *Ecological Engineering*, 117, 174–181.
- Scotton, M. (2018b). Wild seed harvesting at mountainous species-rich grassland in calcareous Italian Alps. *Rangeland Ecology and Management*, 71(6), 762–769.

- Scotton, M. (2019). Mountain grassland restoration: effects of sowing rate, climate and soil on plant density and cover. *Science of the Total Environment*, 651, 3090–3098.
- Scotton, M., Krautzer, B., Haslgrübler, P., Graiss, W., Tamegger, C., Jahn, F., Ševčíková, M., Semanová, I., & Chalupová, P. (n.d.). *Metodické pokyny ke sklizni semen z druhově bohatých lučních porostů*. www.salvereproject.eu
- Scotton, M., Krautzer, B., Haslgrübler, P., Graiss, W., Tamegger, C., Jahn, F., Ševčíková, M., Semanová, I., Kirmer, A., Tischew, S., Rieger, E., Feucht, B., Kizekova, M., Goliński, P., & Golińska, B. (n.d.). *Guidelines for restoration of species-rich grasslands*. www.salvereproject.eu
- Schantz, M. C., Sheley, R. L., James, J. J., & Hamerlynck, E. P. (2016). Role of dispersal timing and frequency in annual grass—invaded great basin ecosystems: how modifying seeding strategies increases restoration success. *Western North American Naturalist*, 76(1), 36–52.
- Schröder, R., & Prasse, R. (2013). Do cultivated varieties of native plants have the ability to outperform their wild relatives? *PLoS ONE*, 8(8).
- Starý, J., Sitsenský, I., Mašek, D., Hodková, T., Vaněček, M., Novák, J., & Kavina, P. (2020). *Surovinové zdroje české republiky: Nerostné suroviny 2019*. Česká geologická služba.
- Stevenson, M. J., Bullock, J. M., & Ward, L. K. (1995). Re-creating semi-natural communities: effect of sowing rate on establishment of calcareous grasslands. *Restoration Ecology*, 3(4), 279–289.
- Stevenson, M. J., Ward, L. K., & Pywell, R. F. (1997). Re-creating semi-natural communities: vacuum harvesting and hand collection of seed on calcareous grassland. *Restoration Ecology*, 5(1), 66–76.
- Stroh, M., Storm, C., Zehm, A., & Schwabe, A. (2002). Restorative grazing as a tool for directed succession with diaspore inoculation: the model of sand ecosystems. *Phytocoenologia*, 32(4), 595–625.
- Ševčíková, M., Jongepierová, I., & Prach, K. (2017). *Standardy péče o přírodu a krajinu, Obnova travních porostů s využitím regionálních směsí osiv*. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR.
- Tropek, R., Kadlec, T., Hejda, M., Kocarek, P., Skuhrovec, J., Malenovsky, I., Vodka, S., Spitzer, L., Banar, P., & Konvicka, M. (2012). Technical reclamations are wasting the conservation potential of post-mining sites. A case study of black coal spoil dumps. *Ecological Engineering*, 43, 13–18.
- Tropek, R., Kadlec, T., Karesova, P., Spitzer, L., Kocarek, P., Malenovsky, I., Banar, P., Tuf, I. H., Hejda, M., & Konvicka, M. (2010). Spontaneous succession in limestone quarries as an effective restoration tool for endangered arthropods and plants. *Journal of Applied Ecology*, 47(1), 139–147.
- Trueman, I., Mitchell, D., & Besenyei, L. (2007). The effects of turf translocation and other environmental variables on the vegetation of a large species-rich mesotrophic grassland. *Ecological Engineering*, 31(2), 79–91.
- Von Gillhaussen, P., Rascher, U., Jablonowski, N. D., Plückers, C., Beierkuhnlein, C., & Temperton, V. M. (2014). Priority effects of time of arrival of plant functional groups override sowing interval or density effects: a grassland experiment. *PLoS ONE*, 9(1), 1–11.
- Wilkinson, D. M. (2001). Is local provenance important in habitat creation? *Journal of Applied Ecology*, 38, 1371–1373.
- Wubs, E. R. J., Van Der Putten, W. H., Bosch, M., & Martijn Bezemer, T. (2016). Soil inoculation steers restoration of terrestrial ecosystems. *Nature Plants*, 2, 1–5.

- Yannelli, F. A., Karrer, G., Hall, R., Kollmann, J., & Heger, T. (2018). Seed density is more effective than multi-trait limiting similarity in controlling grassland resistance against plant invasions in mesocosms. *Applied Vegetation Science*, 21(3), 411–418.
- Ying, C. C., & Yanchuk, A. D. (2006). The development of British Columbia's tree seed transfer guidelines: Purpose, concept, methodology, and implementation. *Forest Ecology and Management*, 227(1–2), 1-13.
- Yurkonis, K. A., & McKenna, T. P. (2014). Aggregating species at seeding may increase initial diversity during grassland reconstruction. *Ecological Restoration*, 32(3), 275–281.

Další zdroje

Native seed network: program Ústavu aplikované ekologie USA. <https://nativeseednetwork.org/>

Lomy Mořina spol. s.r.o.: Informace o lomu Čeřinka (20. 5. 2020). <https://www.lomy-morina.cz>

Server Seznam.cz, a. s.: <https://mapy.cz/>