

Univerzita Karlova v Praze
Přírodovědecká fakulta
Ústav pro životní prostředí
Ekologie a ochrana prostředí



Bakalářská práce

*„Vliv pedologické charakteristiky stanoviště a způsobu rekultivace
na vývoj biologického pokryvu výsypky Radovesice.“*

*„Influence of pedological characteristics of site and of reclamation methodology
on biological cover development on Radovesice dump.“*

Jitka Říhová

Datum odevzdání: 16. května 2011

Školitel: RNDr. Michal Řehoř, Ph.D.

Konzultant: Doc. Ing. Mgr. Jan Frouz, CSc.

Prohlášení

Svým podpisem stvrzuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně s použitím literatury, která je uvedena ve zdrojích literatury.

Předložená tištěná verze je totožná s elektronickou verzí bakalářské práce, která byla vložena do studentského informačního systému.

v Praze, 16. května 2011

Jitka Říhová

Abstrakt

Mostecká hnědouhelná pánev představuje významný zdroj surovin. Povrchová těžba mění celkový krajinný ráz a přetváří strukturu ekosystému. Rekultivační práce mají za cíl tyto dopady zmírňovat a snaží se postižené lokality obnovovat. Radovesická výsypka byla vnější výsypkou dolu Bílina. Nyní na ní probíhají rekultivační práce - převážně lesnická a zemědělská rekultivace. V rámci bakalářské práce jsem uskutečnila pedologický a vegetační průzkum na plochách Radovesice I (lesnická rekultivace) a ploše Radovesice XVII A (sukcesní plocha). Dále jsem pozorovala souvislost vegetačního pokryvu s umístěním plochy a jejím zeminným substrátem. Na základě laboratorních rozborů odebraných vzorků jsem také zhodnotila stav antropogenních a sukcesních zemin. Závěrem shrnuji poznatky a výsledky průzkumu s námětem, jak posílit sukcesní děje.

Klíčová slova

Rekultivace, zemina, vegetace, Radovesice

Abstract

The North Bohemian Basin represents important and high valued brown coal resources. Remove coal from the ground in surface mines is an impairment of nature and landscape. Reclamation work aims to identify changes, analyse them and restore the impacted area. The analysed dump (Radovesice dump) was used as an outsider dump of the Bílina mine. Reclamation works are in process on this area - especially forest and agricultural reclamation. In the first part of this bachelor thesis pedological and vegetation research are done. Therefore, two areas of the Radovesice site were analysed. Forest reclamation area , which is labeled Radovesice I and succession area labeled Radovesice XVII A. The second part deals with the influence on the vegetation overlay caused by the area's location and soil substrate. In the conclusion of the thesis suggestions are given how to support succession on reclamation areas, based on the awareness of the analysed site and current scientific knowledge.

Keywords

reclamation, soil, vegetation, Radovesice

Obsah

1 Úvod	1
2 Teorie	3
2.1 Geologické poměry mostecké pánve	3
2.2 Hydrologie a klima	7
2.3 Půdní vlastnosti zemin výsypky Radovesice	9
2.4 Rekultivace lokalit výsypky Radovesice	13
3 Experimentální část	27
3.1 Metodika terénních prací a odběrů vzorků	27
3.2 Metodiky laboratorních analýz	29
3.3 Základní kritéria vyhodnocení půdních rozborů zemin	29
3.4 Metodika fytoocenologického snímkování	32
4 Výsledky experimentální části	33
4.1 Pedologie	33
4.2 Vegetace	42
5 Diskuze	45
6 Závěr	49
Literatura	51
Příloha A	55
A.1 Celkový přehled naměřených pedologických dat	55
A.2 Celkový přehled fytoocenologického snímkování	59

1 Kapitola 1.

Úvod

Největší ložisko hnědého uhlí v České republice se nachází v oblasti mostecké pánve. Podle historických údajů zde byla těžba uhlí zahájena již v období 14. století (Řehoř et al., 2009; Vráblíková et al., 2009; Řehoř, 2007). V průběhu doby se těžba stále zintenzivňovala až v polovině 20. století dosáhla maximálních množství vytěženého uhlí a začala klesat. S intenzitou těžby se postupně změnily i technologie - od počáteční hlubinné těžby se přešlo k povrchové těžbě.

Povrchová těžba se vyznačuje vyšší roční těžbou, nižšími těžebními náklady, ale hlavně také devastací všech složek prostředí, ve kterém je provozována (Štýs, 1981). Těžbou probíhající v Ústeckém kraji je ovlivněno na 823 173 obyvatel (stav k datu 31. 12. 2005, www.kr-ustecky.cz). Znamená to tedy, že negativními vlivy, které povrchová extenzivní těžba uhlí přináší, je zasaženo velké množství obyvatel. Nejvyšší koncentrace obyvatel je soustředěna kolem měst Teplice, Chomutov, Most a Ústí nad Labem (Vráblíková & Vráblík, 2002; Beránek, 2009; Vráblíková et al., 2007), v jejichž blízkosti se vyskytují nebo vyskytovaly aktivní povrchové doly. Z těchto důvodů je tlak na rychlost a kvalitu rekultivace ploch po těžbě nebo s těžbou spojených značně veliký. Pro člověka, který je tvorem zrakově orientovaným, je příroda a rostliny v blízkém okolí velice důležitá. Slouží nejen jako zdroj inspirace (umění, kultura), ale je zdrojem důležitých surovin a plní také velice

1. Úvod

podstatnou společenskou funkci - turistika, cestovní ruch (Beránek, 2009). Rostliny tvoří stavební kámen potravního řetězce a podílejí se na tvorbě fyzikálních struktur přírodních stanovišť, takže jejich význam je pro systém taktéž zásadní (Frouz et al., 2007).

Ať už je prováděna rekultivace nebo je plocha ponechána sukcesi, podstatným faktem pro vznik cenné přírody je výskyt vhodné zeminy a její kvalita. Důležitý je i svrchní půdní horizont, který vzniká skrze lidskou činnost na výsypce. Němeček et al. (1990) prezentuje půdy jako součást systému vyššího řádu - ekosystému, biogeocenózy, geosystému. Young et al. (2005) upozorňuje také na nezanedbatelnou důležitost půdních procesů v ekosystému a správné fungování vztahů mezi organismy v diverzifikovaném systému rekultivací.

Cílem práce je shrnout podstatné informace o zkoumané lokalitě Radovesické výsypky, včetně historických momentů z doby jejího zakládání. Dále zhodnotit komplexní situaci pedologického složení výsypkového tělesa, které bylo celou dobu zakládání skrývkových zemin ovlivněno geologickými poměry dolu Bílina. Půda je důležitým stavebním kamenem pro veškerou vegetaci, která v lokalitě vzniká ať už samovolně (sukcesní plochy), anebo je uměle vytvořená na rekultivovaných plochách. Proto byly vybrány půdní sondy na čtyřech odlišných stanovištích tak, aby bylo možné zhodnotit chemicko-pedologické vlastnosti vzhledem k jejich přirozeným poměrům, anebo naopak závislosti na managementu. V místech půdních odběrů byla zmapována vegetace. Na základě výskytu nejhojnějších druhů budou hledány souvislosti mezi stanovištěm, na kterém se vyskytly, jeho polohou a použitým managementem. Dále budou zhodnoceny chemicko-pedologické vlastnosti zemin na rekultivovaných a antropogenně pozměněných půdních profilech s plochou, která je již cca 25 let ponechána spontánní sukcesi.

2 Kapitola 2. Teorie

2.1. Geologické poměry mostecké pánve

Nejstarší dochovanou jednotkou mostecké pánve (MP) je krušnohorské krystalinikum, tvořící podloží všem ostatním horninám, které se v oblasti nacházejí. Převažující horninou jsou ruly, reprezentující metamorfované předprvohorní a staroprvohorní usazeniny. Krystalinikum vystupuje na povrch v podobě několika žulových masivů a pňů (teplický, flájský, krupský, cínovecký), dále izolovaně v údolí Bíliny poblíž Liběšic (Malkovský, 1985). Na dalších možných lokalitách výskytu výchozů je krystalinikum překryto mladšími vrstvami sedimentů.

V mladších prvohorách se v širším okolí mostecké pánve udržovalo vlhké a teplé klima, projevující se výskytem bažin a mělkých depresí, které byly vyplněny vodou. Svědčí o tom nález permokarbonských sedimentů, zejména na Žatecku a Podbořansku, kde dosahuje největších mocností svrchní červené souvrství (Malkovský, 1985). Podmínky se zřejmě velice podobaly období pozdějšímu, tedy miocénu, kdy vznikala hnědouhelná sloj. Na rozdíl od klidného akumulárního období se vyskytovala ještě poměrně intenzivní vulkanická činnost melafyrového typu, kdy docházelo k vyvěření melafyrů a ryolitů (Zelenka, 1979).

V dalším období byly všechny starší horniny vystaveny velkému suchu a erozi.

2. Teorie

Eroze a denudace trvající asi 100 miliónů let, vedla ke značným změnám reliéfu krajiny, došlo hlavně k jejímu zarovnání. O transport erodovaných hornin se postaraly řeky, které po celé období triasu, jury a spodní křídly odnášely materiál do okolních moří (na severu v Polsku a v Německu).

Počátkem svrchní křídly (cca před 130 miliony let), došlo nejspíše vlivem alpsko-karpatského vrásnění, k poklesu regionu a oblast se ponořila pod mořskou hladinu. Z tohoto období pocházejí mocné vrstvy slínovců, které byly dobývány například v předpolí Radovesické výsypky, kde sloužily pro melioraci a rekultivaci výsypkových ploch na Bílinsku (Štýs, 1995).

Ve starších třetihorách došlo k opětovnému ustoupení moře a usazeniny byly erodovány a denudovány. Utvářela se tak krajina mírně zvlněná, se sklonem k severozápadu. Snižování povrchu pokračovalo cca před 40 miliony let do oblasti dnešní mostecké pánve. Vzhledem k nepřítomnosti Krušných hor a svažitosti terénu k severozápadu odtékala nahromaděná voda do moře v okolí Lipska (Lipský záliv). Klima bylo v tomto období tropické až subtropické. Dokladem je např. lokalita křemenců Bečov na Mostecku, kde je dobře pozorovatelné lateritické zvětrávání starších hornin (Řehoř, 2007).

Na rozhraní starších a mladších třetihor, cca před 25 miliony let probíhaly další intenzivní horotvorné procesy. Vulkanická činnost se projevovala i v oblasti dnešního Českého středohoří a Doupovských hor (Malkovský, 1985).

Před zhruba 25-20 miliony let se postupně začala vytvářet rozsáhlá pánevní deprese vyplněná mělkými jezery. Hlavní období vytváření uhlí nastalo v důsledku zestárnutí a změlčování původního pánevního jezera a jeho přeměnou v uhlotvorné bažiny a močály. Tehdejší subtropické klima, fauna i flóra připomínaly přibližně bažinné pralesy dnešní Floridy. Rozvíjela se vlhkomilná bahenní vegetace na substrátu, který byl bohatý na živiny. Rozrůstaly se hlavně palmy, jehličnaté druhy z čeledi taxodiovitých a močál se šířil dál (Mach, 2009). V tehdejších rašeliništích docházelo k tlení bujné vegetace, jejímu hromadění a později ke vzniku uhelné

2.1. Geologické poměry mostecké pánve

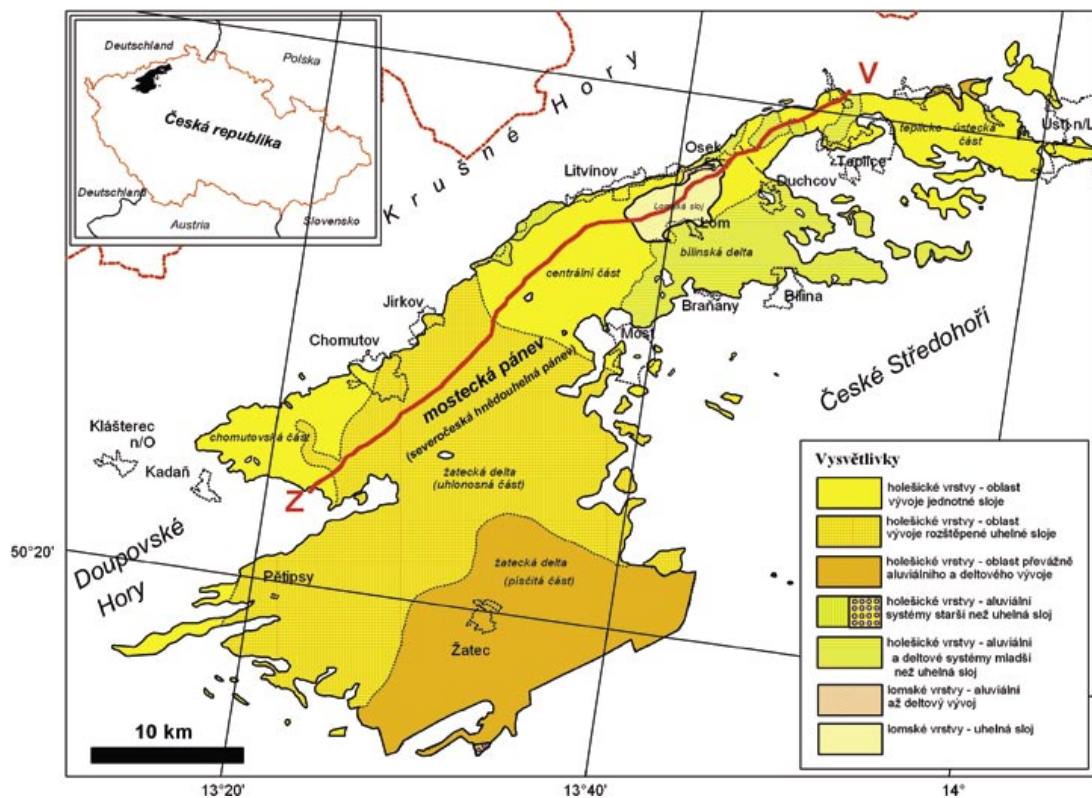
sloje o mocnosti cca 25-30 metrů.

Zcela jiný byl vývoj uhelné sedimentace v takzvaných náplavových kuželech. Jsou to sedimenty v oblasti styku jezera a velkých řek. Patrně největší oblastí tohoto typu jsou žatecká delta a oblast dolu Bílina. V těchto případech docházelo k častému střídání dílčích sedimentačních prostředí (řečiště, jezero, záliv, uhlo-
tvorná bažina, atd.). Takový vývoj vedl k častému přerušování uhelné sedimentace a rozčlenění uhelné sloje do více lávek. V některých oblastech říční delty byly rušivé vlivy trvalého rázu a k uhelné sedimentaci vůbec nedošlo (Žatecko). Mostecká pánev byla odvodňována řekou, která odváděla svoje vody přes Rakovnicko a Žatecko kolem Jirkova směrem na sever do Německa.

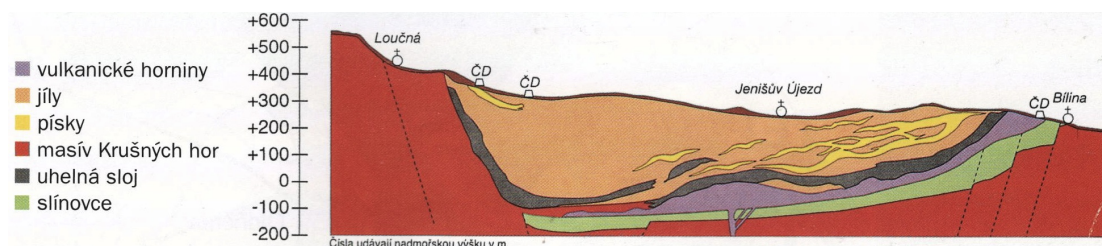
V kvartéru do vývoje území začal silně zasahovat vliv pevninského ledovce, který se do oblasti rozšířil ze Skandinávie. Dokladem jsou četné mrazové sruby, suťové haldy a blokové proudy. Mrazové jevy je však možné pozorovat i mimo oblast Krušných hor. Na značných plochách jižní a střední části Mostecká se vyskytují mrazové kotle, které se původně projevovaly tvorbou polygonálních polí na povrchu terénu. Specifickým zdejším jevem je atektonické zvrásnění jílu (nezpůsobeno tektonikou), zvětralé uhelné sloje a žárové horniny. Typickou sedimentární horninou se staly spraše, jejichž pozůstatky místy dosahují 10-15 metrů. Tvářnost oblasti byla pravděpodobně nejvíce ovlivněna počátkem kvartéru zdvihem masivu Krušných hor podél podkrušnohorského zlomu do dnešního stavu (Řehoř, 2007; Mach, 2009).

V holocénu vzniklo rozsáhlé, mělké jezero. Jeho pozůstatkem bylo Komořanské jezero, které zaniklo v minulém století, kvůli nárokům na plochu pro zemědělství a později i z důvodu těžby hnědého uhlí. Krajina je v současné době stále více ovlivňována činností člověka, ať už jeho činností akumulací (skládky odpadu), anebo destrukcí (dobývání uhelných slojí) (Řehoř, 2000).

2. Teorie



Obrázek 2.1.: Mapa mostecké pánve v období tvorby hnědouhelné sloje (Mach, 2009).



Obrázek 2.2.: Geologická situace Dolu Bílina (Štýs, 1995).

2.2. Hydrologie a klima

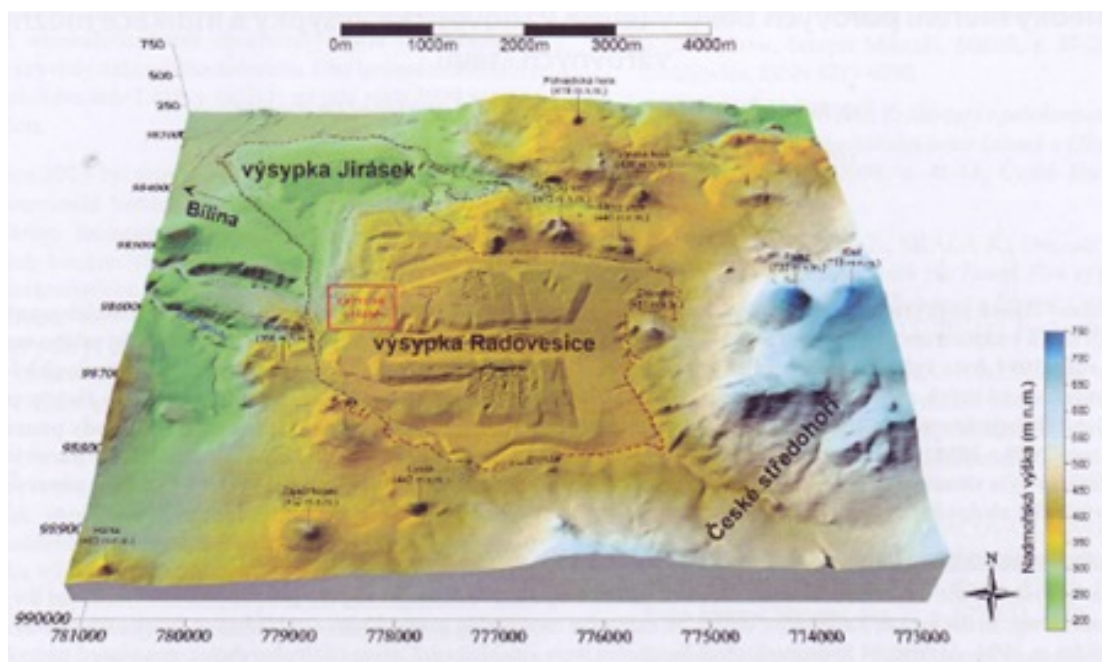
2.2.1. Hydrologie oblasti

Pro nasypání tělesa Radovesické výsypky, byla zcela záměrně vybrána oblast Radovesického údolí (Obrázek 2.3). Původní údolí bylo mísovitého tvaru, směrem k severozápadu otevřené, přičemž tímž směrem klesala i nadmořská výška. Na své východní straně navazovalo na masiv Českého středohoří, kde začínalo na výšce cca 390 m. n. m. a klesalo až do výšky cca 240 m. n. m. Plánovaná výsypka již tehdy respektovala a využívala podmínky okolního reliéfu. Celé údolí je ohraničeno věncem vulkanických těles (ze severu je to Špičák, Štrbický vrch a Mrtvý vrch; na jihu Zaječí kopec, Lyšák, Syslák, Trupelník; na východě Chlomek a Štěpánovská hora). Toto uskupení zaručuje postranní stabilitu a oporu sypanému výsypkovému tělesu (Žižka & Halíř, 2011).

Dno původního údolí bylo ploché, odvodnění zajišťoval Lukovský potok, který pramenil v Českém středohoří, protékal původně do obce Štěpánov přes Radovesice a v Bílině ústil do řeky Bíliny. Potok vedl osní linií údolí a ostře se zařezával do podkladu. Sedimenty svrchní křídy byly zastoupeny zejména slíny, slínovci a jílovitými vápenci a nacházely se pouze na části území. V údolí byly i vodní plochy: rybníky Mlýnský a Bleší a v obci Radovesice tzv. rybník u Holubkova mlýna, dále menší vodní plochy v opuštěných a zatopených dílech po těžbě vápenců (Žižka & Halíř, 2011). Oblast tedy byla na vodu poměrně bohatá a bylo třeba se s ní vypořádat již při plánování a projektování výsypky (problémy s vodou při tvorbě výsypky dokumentuje Obrázek 2.4).

V roce 1982 byla vyražena 2887 metrů dlouhá odvodňovací štola pod Radovesickou výsypkou, navazující přes nádrž Bezovka na spodní úsek původního toku Lukovského potoka (Mach, 2010; Žižka & Halíř, 2011). Včetně dalších odvodňovacích objektů byl celý systém dokončen až v roce 1989 (Halíř, 1998).

2. Teorie



Obrázek 2.3.: Model reliéfu Radovesické výsypky a okolí s vyznačenou zájmovou oblastí (Žižka & Halíč, 2011).



Obrázek 2.4.: Radovesický kostel v roce 1982, v předpolí výsypky se během postupu zakládání výsypkových zemín vytvořila vodní laguna (Luxa, 2002).

2.2.2. Klima

Oblast Radovesické výsypky se nachází v těsné blízkosti města Bílina, které patří do oblasti mírně teplé a do klimatického okrsku B2 (mírně teplý, suchý, převážně s mírnou zimou a kratším slunečním svitem) (Vráblíková et al., 2007). Celoroční průměr teploty se pohybuje kolem 8°C. Roční srážkové úhrny jsou ovlivněny srážkovým stínem závětrné strany Krušných hor a pohybují se okolo 350-480 mm za rok (Zelený, 1999; Bárta et al., 1973). Vítr vanoucí v oblasti je často jihozápadní nebo severozápadní, v zimě spíše jihozápadní a jihovýchodní (Zelený, 1999).

Fytogeograficky patří oblast k Českému termofytiku, přičemž leží na rozhraní mostecké pánve a Českého středohoří (Neuhäuslová et al., 2001). Oblast sousedí s CHKO České středohoří, přírodními rezervacemi Bořeň, Trupelník, Hradištské louky u Mukova a Březina u Kostomlat.

2.3. Půdní vlastnosti zemin výsypky Radovesice

2.3.1. Vlastnosti skrývkových zemin zakládáných na výsypku

Radovesice

Radovesická výsypka je vnější výsypkou dolu Bílina, je proto zřejmé, že všechny výsypkové zeminy pocházejí z činnosti dolu. Projektování vnější výsypky bylo započato již v roce 1964 (Luxa, 2002). Uhelná sloj je v oblasti dolu Bílina uložena v nejhlubších místech až v hloubce 200 metrů (Štýs, 1995), v konečné fázi to znamenalo uložení přes půl miliardy m³ nadložních zemin. Vzhledem k tomuto obrovskému objemu skrývkových zemin, často s málo vhodnými geomechanickými parametry, vznikla potřeba založit vnější výsypku (Řehoř, 2007).

Nejčastěji se objevují v tělese výsypky zeminy svrchních písčitojílovitých vrstev. Tyto zeminy jsou převážně tvořeny prachovitými až písčitými jíly a písky,

2. Teorie

kteře jsou chemicky i mineralogicky příznivější než písky uhelné sloje. Přesto zůstává jejich vhodnost pro použití při rekultivačních pracích velice nízká. Zeminy kvartéru se na povrchu výsypky prakticky nevyskytují, neboť byly deponovány ještě před zahájením těžby. V současné době jsou hojně využívány jako rekultivační aditiva na výsypce Radovesice (Čermák et al., 1999). V Tabulce 2.1 je možné zhodnotit pedologické vlastnosti nerekulitovaných zemín, které byly na výsypku založeny (Řehoř, 2007). Naprosto nedostačující obsah CaCO_3 a další málo vhodné pedologické parametry těchto zemín vyvolaly potřebu nalézt vhodnou rekultivační strategii.

Podrobnější charakteristika a znalost výsypkových zemín je podstatná pro jejich další rekultivační zpracování a následné využití pro založení nového vegetačního pokryvu. Níže uvedené charakteristiky půd jsou chronologicky řazené, podle jejich uložení v geologickém profilu dolu Bílina. Všechny z uvedených zemín se dnes vyskytují v určitém množství v tělese či na povrchu Radovesické výsypky.

Zeminy kvartéru (ornice, hlíny, sprašové hlíny, spraše, šterky) Čermák et al. (1999, 2002) upozorňuje na specifičnost severočeských spraší, které se odlišují od typických spraší nižším obsahem prachových částí (0,01-0,05 mm) a vyšším obsahem fyzikálního jílu (částice menší než 0,001 mm). Půdní reakce je slabě alkalická s obsahem karbonátů nad 5 %. Jejich sorpční schopnosti se odvíjejí od obsahu jílových minerálů. Obsah fosforu je obecně nízký, draslík a hořčík se vyskytují na úrovni středního hodnocení. Obsah humusu bývá také nízký.

Ornice na nynější rekultivační práce byla získávána během skrývání rekultivačně využitelných rekultivačních zemín v předpolí dolu Bílina, které probíhalo v předstihu před postupem těžby (podle Zákona č. 334/1992 Sb. o ochraně zemědělského půdního fondu). Vyskytovala se zpravidla ve vrstvách 20-45 cm a byla selektivně deponována. Ornice tvoří nejcennější půdotvorný substrát kvartérního geologic-

2.3. Půdní vlastnosti zemin výsypky Radovesice

kého původu, proto je přednostně využívána jen pro zemědělskou rekultivaci. Celkový objem ornice skryté v letech 2007-2010 z předpolí dolu Bílina je 280 957,6 m³ (Řehoř, 2007).

Sprašové hlíny patří k nejčastějším kvartérním sedimentům v MP. Od typických spraší se odlišují nižším obsahem uhličitánu vápenatého a výrazným zjílovatěním. Obsah živin, půdní reakce a obsah humusu jsou porovnatelné se sprašemi, tudíž je možné je použít stejně jako spraše pro lesnické rekultivační účely. Není vhodné vytvářet zemědělské půdy pouze za použití sprašových hlín bez převrstvení plochy ornici (Čermák et al., 1999).

Nadložní šedé kaoliniticko-illitické jílovce reprezentují libkovické souvrství dolu Bílina. Tento horninový typ tvoří zejména jíly, jílovce až prachovité jílovce, hnědé až šedohnědé barvy. Má zpravidla neutrální půdní reakci, v mineralogickém složení převládá křemen, kaolinit a illit. Obsah kalcitu je nízký (jsou až bezkarbonátové). Oproti kvartéru vykazují horší vlastnosti, zejména sorpční schopnosti. Díky intenzivnímu zvětrávání dochází ke zhutnění a omezení infiltračních schopností. Lze je však přímo využít pro lesnickou rekultivaci. Doporučuje se aplikace kompostu (Čermák et al., 1999; Řehoř, 2007).

Šedé písčité jílovce a prachovce (sedimenty delty a nadslojového horizontu) tvoří nejvýznamnější skrývkový horizont, který byl z dolu Bílina na Radovesickou výsypku transportován. Z převážné části obsahují vrstvy písčité jílovce až jílovité písky. Horniny jsou bezkarbonátové, půdní reakce bývá slabě kyselá až slabě alkalická, sorpční schopnost, obsah organických látek a fosforu nízký. Vzhledem k velice proměnlivým hydrofyzikálním a fyzikálním vlastnostem mají spíše nepříznivé protierozní vlastnosti a je potřeba jejich technická rekultivace, která zabrání projevům eroze, projevení nepříznivých a ohrožujících erozním vlivů, kterým tyto zeminy snadno podléhají (Čermák et al., 1999).

2. Teorie

Písky (sedimenty delty) tvoří nezanedbatelný podíl (cca 10 %) ve skrývkových horninách. Jde o hlinitopísčité (podíl částic > 0,01 mm v rozmezí 10-20%) a písčitohlinité zeminy (podíl 20-30 %). Jejich protierozní i fyzikální vlastnosti jsou poměrně nepříznivé. Textura může být značně různorodá, obsah fosforu i draslíku je nízký, půdní reakce může být kyselá, slabě kyselá až neutrální, jsou zcela bezkarbonátové a většinou mají nízkou sorpční vlastnost (Čermák et al., 1999).

Sterilní písčité až uhelné jílovce a písky s uhlenu hmotou (skrývkové zeminy uhelné sloje) bývají také označovány jako minerálně deficitní (fytotoxické) horniny. Jedná se o zeminy s převažujícím obsahem písků, zastoupeny mohou být i porcelanity (přepálené horniny), uhlí a v omezeném množství i siderit a pyrit (Čermák et al., 2002). Díky jejich vlastnostem, je snaha tyto zeminy ukládat do tělesa výsypky. Pokud se vyskytnou na jejím povrchu, bývá žádoucí jejich rekultivační úprava včetně převrstvení zúrodnitelnou zeminou.

Tabulka 2.1.: Vlastnosti zemín nerektivované části výsypky.

Horninový typ	Nc (%)	org. látky Cox (%)	CaCO ₃ (%)	pH KCl	přijatelné živiny (mg.kg ⁻¹)			sorpční schopnost		
					P	K	Mg	S	T	V (%)
								mmol/100 g		
¹ pís. jílovec	0,01	2,1	0,9	6,8	1	105	765	9	9	100
² šedý jílovec	0,02	2,2	1,4	7,4	3	234	912	14	14	100
³ písek	-	1,8	0,8	6,2	0	92	435	7	7	100
⁴ prach. uhel. jílovec	-	6,5	0,6	3,8	0	25	195	5	20	25

1-zemina písčitohlinitá, 2-zemina jílovohlinitá, 3-zemina hlinitopísčítá, 4-zemina hlinitopísčítá

2.3.2. Vlastnosti aplikovaných zúrodnitelných zemin (ložisko slínovců Radovesice)

Způsobem, jak zvrátit nepříznivé parametry většiny zakládáných zemin, se jevila možnost aplikace slínů a slínovců během důlně-technické rekultivační etapy (Štýs, 1981). Na základě geologického hodnocení a laboratorních analýz byla vytvořena nová metodika, podle níž byla na plochu aplikována směs slínů a slínovce, kterou tvoří kalcit, křemen, illit a kaolinit. Zrnitost této směsi je ovlivněna podílem kusů pevného slínovce a u čerstvě vytěžených slínovců je proto značný podíl tvořen středním až hrubým šterkem. Obsah kalcitu kolísá cca mezi 40-50 %. Půdní reakce bývá ve výluhu slabě zásaditá, sorpční schopnost a obsahy přijatelných živin jsou nízké.

Jako zdroj zúrodnitelné zeminy byla použita lokalita slínů (křídové horniny, původní svrchní horizont údolí v dnešním podloží Radovesické výsypky). Těžba probíhala v bezprostřední blízkosti výsypky, byly tak sníženy náklady na transport materiálu.

Po vytěžení byly tyto slíny a slínovce deponovány v oblasti výsypky. Aplikace slínovce jako rekultivačního aditiva je vhodná cca po pěti letech deponování. Po této době byla většina zásob použita na lokalitě Radovesice k technické části rekultivace. V dnešní době je těžebna přesypána výsypkou (Řehoř et al., 2010a).

2.4. Rekultivace lokalit výsypky Radovesice

2.4.1. Historie rekultivačních prací v oblasti SHP a na lokalitě Radovesice

Rozvoj povrchové těžby uhlí v SHP byl provázen i vznikem rekultivačních snah, které byly oficiálně posvěceny ustanovením Rekultivační expozitury zemědělské rady v Duchcově, v roce 1908 (Ondráček et al., 2003). Rekultivace se tehdy pro-

2. Teorie

váděla jednoduchým způsobem - došlo k obnově původního terénu a ten byl poté zemědělsky obděláván. Rozvoj systematických rekultivačních prací nastal v 40. a 50. letech 20. století. V úzké spolupráci s Báňskými projekty byl v roce 1959 vytvořen první rekultivační projekt „Generel rekultivací“. Projekty byly realizovány národním podnikem Severočeský hnědouhelný revír, vždy v úzké spolupráci s Báňskými stavbami v Mostě (později Rekultivační výstavba Most), s odbornými výzkumnými ústavy a Báňskými projekty v Teplicích. Do roku 1963 se prováděly pouze jednoduché rekultivační práce na povrchových dolech, které obnášely zarovnění terénu a vysazování melioračních dřevin (Vráblíková et al., 2009).

V 70. letech 20. století se těžba soustředila do několika velkolomů a bylo nutné vytvářet komplexnější plány rekultivací, zvýšily se také požadavky na následně vznikající pozemky (Vráblíková & Vráblík, 2002). Terén se začal před biologickou rekultivací zavážet zúrodnitelnou zeminou, provádělo se také odvodnění rekultivovaných ploch. V 80 letech dosáhla těžba hnědého uhlí vrcholu, roční těžba se blížila 70 mil. tun uhlí. Vznik velkolomů provázelo založení několika velkokapacitních povrchových výsypek, které přinášely nové problémy, ale i příležitosti pro pozdější biologickou rekultivaci. Postupně vznikaly výsypky Střimice (1957-1973), Pokrok a Radovesice (vyprojektována v roce 1964-1966) Ondráček et al. (2003); Luxa (2002). Změny proběhly také v technologii zakládání výsypky. Vznikalo vysoké několika stupňové výsypkové těleso, které bylo zakládáno kapacitním zakladačem (Obrázek 2.6 a 2.7).

Závazná linie pro hranu Radovesické výsypky byla v roce 1991 stanovena vládním nařízením. Ve své maximální velikosti se rozprostírá na území 1400 ha. Zakládání skrývkových zemin na výsypku bylo ukončeno v roce 2003 (Řehoř, 2007; Mach & Vaněk, 2007). Dnes je již realizována převážná část technické etapy rekultivace a probíhá etapa biologické, především lesnické a zemědělské rekultivace (Ondráček et al., 2003). Celkový pohled na lokalitu Radovesické výsypky je znázorněn na Obrázku 2.8.

2.4. Rekultivace lokalit výsypky Radovesice



Obrázek 2.5.: Těžba mocných vrstev slínovců v předpolí Radovesické výsypky. Jejich aplikace je nezbytná pro melioraci a rekultivaci výsypkových ploch na Bílinsku (Štýs, 1995).



Obrázek 2.6.: Poslední pohled na Radovesický kostel, než bude navždy pohřben větší výsypkou Dolu Bílina (Luxa, 2002).

2. Teorie



Obrázek 2.7.: Sypání na Radovesické výsypce v roce 1976 (Luxa, 2002).



Obrázek 2.8.: Celkový pohled na lokalitu Radovesické výsypky a blízké okolí. Le-tecký snímek z roku 2009 (Doly, 2009).

2.4.2. Metodika rekultivace výsypky Radovesice

Těžba hnědého uhlí vytváří na okolní životní prostředí enormní tlak. Ten je dán hlavně prostorovou a ekologickou zátěží na okolí těžby, která postihuje celou ekologickou soustavu krajiny (Štýs, 1995). Je nutné, aby po fázi dobývání, bylo zahájeno utváření a vývoj nové krajiny. Celé toto náročné období (i po finanční stránce) sanací a rekultivací by mělo spět k prostoru, který by plně kompenzoval původně zaniklou krajinu (Tischew, 2004).

Obtížnost rekultivací řady výsypek severočeské pánve spočívá v extrémně nepříznivých vlastnostech velké části výsypkových zemin. Založené zeminy jsou mechanicky nestabilní vůči větrné a vodní erozi a postupně získávají nepříznivý až fytotoxický charakter. Výsypka Radovesice byla typickou ukázkou velké mechanické nestability (Ondráček et al., 2003), a proto byl zvolen postup podle Štýs (1981):

1. Přípravná fáze rekultivačních prací.
2. Důlně-technická fáze s aplikací zúrodnitelné zeminy.
3. Biologická fáze rekultivace.

Na výsypce byly založeny také dvě lokality spontánní sukcese, které se staly vhodnými plochami pro vědecký - pedologický, zoologický i botanický - výzkum (Řehoř, 2007). Na plochách již proběhly výzkumné práce ve spolupráci s ČZU v Praze, JČU v Českých Budějovicích, VÚMOP v Praze, UJEP v Ústí nad Labem a dalšími (ústně Řehoř).

Vytváření antropogenních půd na výsypkách je dlouhodobý proces, jehož průběh je samozřejmě ovlivněn řadou faktorů:

- vhodný reliéf tělesa výsypky - odpovídající sklon svahů,
- použité výsypkové zeminy k rekultivačním účelům (rekultivační aditiva),
- meliorační úprava zemin,

2. Teorie

- použití agrotechniky,
- výskyt vegetačního pokryvu.

Všechny tyto faktory určitou měrou ovlivňují půdotvorný proces, který na výsypce probíhá a výsledně určuje i typ půdy, který vznikne a bude k dispozici pro vegetaci (Čermák et al., 1999). Metodika aplikace zúrodnitelných zemin určená pro ovlivnění nepříznivých vlastností zakládáných zemin, se vyvíjela na základě výsledků výzkumných prací, které na lokalitě probíhaly již od začátku založení výsypky Radovesice. Zakládání skrývkových zemin na výsypce proběhlo v roce 2003, aplikace rekultivačních aditiv však pokračovala. Tyto aktivity jsou poměrně finančně náročné, neboť obnášejí nejen aplikaci zúrodnitelných zemin a hornin, ale také jejich homogenizaci, při které dochází k dokonalému promísení zemin. Homogenizace se provádí hloubkovou orbou speciálními půdními frézami (Ondráček et al., 2003; Čermák et al., 1999). Další etapou je biologická rekultivace, která pomáhá vytvářet budoucí kulturní krajinu, využitelnou pro okolní obyvatelstvo (Kohel, 1992). Tuto snahu podporují i pokusy pěstovat na výsypkách energetické rostliny (plodiny) a vytvářet prostor pro sukcesní plochy, kde dostává příroda „volnou ruku“ nad svým vývojem.

Rekultivace výsypky Radovesice byla zahájena v 80. letech 20. století. V I. etapě bylo lesnickou rekultivací ošetřeno 30 ha plochy. Vzhledem k nepříznivé situaci zemin výsypky byly poprvé použity slíny pro tvorbu prokořeněného horizontu. V II. etapě byla na ploše 120 ha vytvořena rozsáhlá deponie slínů, které byly později použity jako rekultivační aditiva pro lesnickou a zemědělskou rekultivaci. Následovaly etapy Radovesice III až Radovesice XVII.

V roce 2009-2010 byla provedena celková zpětná kontrola mocnosti a kvality aplikace slínů a ornice, které byly navezeny a homogenizovány hloubkovou orbou během jednotlivých rekultivačních etap. Kontrola byla prováděna strojově hloubenými sondami. Ze zjištěných výsledků vyplývá, že kvalita zapravení slínu

2.4. Rekultivace lokalit výsypky Radovesice

do původního terénu je místy nedostačující (Ondráček et al., 2003).

Koncepčně je rekultivace výsypky Radovesice plánována tak, aby se po dokončení mohla zapojit do krajiny pod CHKO České středohoří (Ondráček et al., 2003) a plochy v blízkosti města Bíliny byly přístupné a vhodné k využití místními obyvateli.

Na výsypce převládá lesnická rekultivace, která je prováděna zejména v JZ oblasti výsypky. Před provedením samotné lesnické rekultivace byla provedena meliorace povrchu, poté byl zapraven slínovec (v průměrné vrstvě 30 cm) a aplikována vrstva jiných organických substrátů (kompost, kůry - v průměrné vrstvě 15-20 cm). Po tomto náročném technickém procesu byla zahájena biologická rekultivace, kdy byly vysazovány cílové a pomocné dřeviny (Čermák et al., 1999).

Štýs (1995) rozděluje sortiment dřevin podle jejich využitelných schopností: cílové druhy, které jsou vysazovány společně s dřevinami, které mají význam pomocný a přípravný. V případě Radovesické výsypky tvoří spektrum vysazovaných dřevin hlavně - jasan ztepilý (*Fraxinus excelsior* L.), javor klen a mléč (*Acer pseudoplatanus* L., *A. platanoides*), modřín opadavý (*Larix decidua*), borovice lesní i černá (*Pinus sylvestris* a *nigra*), dub zimní a letní (*Quercus robur*, *Q. petraea*), habr obecný (*Carpinus betulas*), dub červený (*Quercus rubra*), lípa srdčitá (*Tilia cordata*). Z dřevin pomocných byly vysazeny druhy olše lepkavá (*Alnus glutinosa*) a bříza bělokorá (*Betula pendula*), javor babyka (*Acer campestre*), hloh obecný (*Crataegus laevigata*), svída krvavá (*Cornus sanguinea*) (Čermák et al., 1999). Při výsadbě je třeba zvolit takové druhy, které nebudou negativně ovlivněny nedostatkem vody pro rostliny, což je na výsypkách všeobecný problém, neboť zdrojnicí tvoří pouze přísun vláhy z dešťové vody, případně z vytvořených zásob.

V průběhu času je prováděna kontrola vysazených porostů, doplňování za uhynulé stromky, sečení, ochrana proti zvěři, okopávky a průřezy (Štýs, 1995). Po pěti letech od výsadby by měla tato pěstební péče být u konce a pozemek předán budoucímu majiteli do opatrování (Čermák et al., 1999).

2.4.3. Zemědělská rekultivace

Zemědělská rekultivace znamená snahu o znovu zakládání polních kultur (Štýs, 1995). Pro pozitivní ovlivnění vývoje antropogenních půd byl nejprve povrch v rámci zemědělských rekultivačních úprav celé lokality meliorován, a poté převrstven slínovcem, v průměrné vrstvě 15-30 cm. Ten byl hloubkovou orbou promísen s výsypkovými zeminami. Dále byla navezena ornice v cca 50 cm vrstvě (Štýs, 1995). Při tvorbě orničního profilu je kladen důraz na obnovení mikrobiálních aktivit v ornici, která byla dlouhodobě uložena na deponiích. Cílem je stabilizovat půdu na vhodných fyzikálních a chemických vlastnostech (Čermák et al., 2002; Zelený, 1999). S postupem času vzniká díky tomuto postupu nový kořenící horizont, který zlepšuje celkové fyzikální i chemické vlastnosti půdy.

Po ukončení popsaných technických prací se může začít provádět první etapa biologická rekultivace, kdy je zahájen osev zúrodňovacích plodin a trvalých travních porostů (Mach & Vaněk, 2007). Na rekultivované ploše Radovesice I byl uplatněn dvouletý přípravný agrocyklus, kdy byla jetelotravní směs sečena a využívána jako přírodní mulč. Vysazovány byly jeteloviny a traviny (směs obsahovala např. jetel bílý (*Trifolium repens*), kostřavu červenou (*Festuca rubra*), kostřavu luční (*Festuca pratensis*), ovsík vyvýšený (*Arrhenaterum elatius*), štírovník růžkatý (*Lotus corniculatus*) a další), které prospívají půdě svou schopností hluboko a bohatě kořenit (Štýs, 1995; Čermák et al., 2002).

Díky pravidelnému pedologickému sledování a výzkumu je možné porovnat výsledky vzorků původních výsypkových zemin, které byly odebrány před rekultivací (Tabulka 2.1), tzn. technickou i biologickou částí rekultivace. Čermák et al. (2002) doporučuje, aby po zemědělské rekultivaci půdy dosahovaly slabě kyselé až neutrální půdní reakce, obsahovaly střední množství humusu a byly svými fyzikálními vlastnostmi vhodné pro zpracování při zemědělské činnosti. Obsah živin by se měl pohybovat minimálně na spodní hranici střední zásoby.

2.4.4. Hydrologická rekultivace

Hydrologická rekultivace je na dané lokalitě využívána minimálně. Plochám, kde se voda akumuluje, se nechává volný vývoj. Vznikají tak malé vodní plochy (tzv. nebeská oka) a periodické mokřady, které se vyskytují obzvláště na sukcesních plochách (Radovesice XVIIIA, XVIIB).

2.4.5. Plochy ponechané přirozené sukcesi.

Předpoklady pro zakládání sukcesních ploch a možnosti jejich vývoje.

Na výsypce byly vytvořeny dvě sukcesní plochy z důvodu výzkumu přirozené sukcese půdy i vegetace (Řehoř, 2007). Na výhody sukcese (jako způsobu obnovy ploch) v přírodě upozorňuje řada autorů (Prach & Hobbs, 2008; Tischew, 2004; Hodačová & Prach, 2003, a další). Řehouňková & Prach (2006) definuje sukcesi jako „zákonitý proces nahrazování druhů nebo celých společenstev jinými, někdy až do konečného stádia (klimaxu). Sukcese bývá dlouhodobou a neperiodickou změnou, která na daném stanovišti probíhá určitým směrem“. Pozitivní přínos sukcesních ploch spočívá hlavně ve složení vegetace, která se na nich usadí, neboť kolonizující druhy jsou velice dobře adaptované na podmínky nového stanoviště. Na sukcesních plochách dochází k pravděpodobnějšímu vzniku refungí než na technicky upravených plochách, což je činí botanicky významnějšími. Spontánní sukcese je sice procesem pomalým a často méně předvídatelným, může ale poskytovat prostor pro biologicky hodnotnější plochy než samotné plochy rekultivované (Tischew, 2004). Podstatnou výhodou sukcesí je také jejich finanční nenáročnost oproti řízeným technickým rekultivacím.

Jak uvádí Prach et al. (2008), nejčastějším druhem na primárních sukcesních plochách je třtina křovištní (*Calamagrostis epigejos*). Tato vysoká, trsnatá tráva expanduje postupně v celé České republice a to hlavně z důvodu své nenáročnosti

2. Teorie

na stanoviště a schopnosti šířit svá semena vzduchem. Schopně obsazuje paseky, mýtiny, suché lesy, okraje cest, pískovny a stanoviště s písčitohlinitými půdami (botanika.wendys.cz, 2010). Dále se mohou na sukcesních plochách vyskytovat tyto rostliny (řazeno podle největšího průměrného výskytu): bříza bělokorá (*Betula pendula*), vrba jíva (*Salix caprea*), rákos obecný (*Phragmites australis*), bez černý (*Sambucus nigra*), ovsík vyvýšený (*Arrhenatherum elatius*), borovice lesní (*Pinus sylvestris*), podběl léčivý (*Tussilago farfara*) a vrba popelavá (*Salix cinerea*) (Prach et al., 2008). Z pozorování na Sokolovských výsypkách lze k výčtu přidat topol osiku (*Populus tremula*) (Frouz et al., 2007). Rostliny mají poměrně dobrou schopnost obsazovat stanoviště, která jsou na první pohled nepříznivá. Nelze ale očekávat, že se toto bude dít na půdách extrémně suchých anebo toxických. V takovém případě nelze na spontánní sukcesi spoléhat (Prach et al., 2008), ale zaměřit se spíše na sukcesi řízenou (více viz Zerbe & Wiegleb (2009)).

Za nevhodný sukcesní porost lze považovat porosty invazního akátu a dalších invazních rostlin, neboť nejsou pro plochu nijak perspektivní. Za spíše nepříznivou lze považovat kolonizaci ploch expanzivní třtinou *Calamagrostis epigejos*, je však třeba poukázat na fakt, že k intenzivnějšímu šíření třtiny dochází spíše na technicky rekultivovaných plochách (Prach et al., 2008).

Na rychlost a způsob obsazování stanoviště má velký vliv složení okolní vegetace. Platí závislost - čím je narušená plocha menší, tím bývá vliv okolní vegetace, která se nachází v bezprostřední vzdálenosti, větší (Prach et al., 2008, 2001). Experimentálně bylo dokázáno, že vzdálenost do 100 m je pro spontánní sukcesi kritická, pokud spoléháme pouze na iniciaci plochy díky vlivu okolní vegetace (Řehouňková & Prach, 2006). V těchto případech se uplatňují přirozené děje šíření diaspor, jako jsou semena, plody nebo spóry na nová stanoviště. Obzvláště na taková místa, která se vyskytují v jejich bezprostřední blízkosti. Využití vodního nebo vzdušného proudění je výrazně úspěšnější a poskytuje větší možnosti pro rozšiřování semen (Gordon & Forman, 1993; Zelený, 1999). Pokud

2.4. Rekultivace lokalit výsypky Radovesice

dojde naopak k expresi limitujících faktorů a nedostatku semenných fondů, může nastat vyčerpání této rekultivační varianty (sukcese ze semen, která jsou obsažena ve svrchním půdním horizontu). Způsob, jak se tomu vyhnout, poskytuje možná introdukce semen vhodných (na ploše žádaných) rostlin na exponovanou plochu (řízená sukcese)(Young et al., 2005). Dále bylo dokázáno, že aspektem pro ovlivnění průběhu sukcese jsou klimatické faktory. Ty jsou potom dále korelovány s nadmořskou výškou stanoviště a hodnotou pH (Prach et al., 2008).

Výsypka je odkázána na vodu zachycenou v podobě atmosférických srážek, které jsou vzhledem ke klimatické charakteristice značně omezené. V průběhu roku se tedy vegetace musí vypořádat s dvěma extrémy - zamokření v období dešťů a vysychání v době such (Bárta et al., 1973). Zároveň i orientace ploch vůči světovým stranám hraje zásadní roli pro vegetační pokryv, neboť v létě jsou jižní strany extrémně přehřívány a severní strany a zamokřená místa zůstávají chladnější.

Sukcesní plochy na výsypce Radovesice.

Po dokončení zakládání zemin v roce 2003 (Řehoř et al., 2010b), byly na základě mapování povrchu výsypky, vybrány plochy, které byly vhodné pro ponechání přirozené sukcesi. Pokusnou plochou využitou v této bakalářské práci se stala starší sukcese. Jde o plochu Radovesice XVII A o rozloze 19,51 ha v severní části výsypky (Obrázek 2.8). Druhá, mladší, sukcesní plocha Radovesice XVII B o rozloze 33,90 ha se nachází v jižní části výsypky. Povrch obou ploch je tvořen směšnou výsypkovou zeminou, šedými jíly a písky, je tedy značně heterogenní. Vyskytují se zde přirozené vodní plochy, mokřady menších rozměrů, místa s poměrně zapojeným porostem i písečné „duny“ (Obrázek 2.9). Plochu XVII A, která byla vybrána pro vlastní výzkum lze kategorizovat již jako pokročilé sukcesní stadium (Prach et al., 2008), neboť její stáří je cca 25 let.

2. Teorie



Obrázek 2.9.: Letecký snímek X:Pokusná, sukcesní plocha Radovesice XVII A, letecký pohled z roku 2009 (Doly, 2009).

2.4.6. Finanční náročnost rekultivačních prací na lokalitě Radovesice za rok 2008,2009

Odstranění ekologických škod Vysokou finanční náročnost rekultivačních prací na výsypce Radovesice dokumentují následující údaje (Doly, 2008, 2009):

- Celkové náklady rekultivačních prací na plochách Radovesice VIII, IX, X činily v roce 2008 - 85 170 tis. Kč
- Celkové náklady rekultivačních prací na 7 etapách hrubých terénních úprav a na odvodnění jižní části Duchova dosáhly v roce 2009 - 876 936 tis. Kč

Náklady rekultivačních prací je třeba vzhledem k jejich výši vzít v úvahu při diskuzi o míře využívání rekultivace a sukcese při tvorbě nové krajiny.

2.4.7. Okolí Radovesické výsypky

Radovesická výsypka těsně sousedí s CHKO České středohoří a významnými přírodními stanovišti v bezprostřední blízkosti. Ta mohou ovlivnit vegetaci na přilehlých plochách výsypky Radovesice.

Z mnohých okolních vrcholů je významný Mrtvý kopec (kóta 439,8), který se nachází SZ od výsypky. Na jeho jižní straně, která je bližší ploše výsypky lze podle záznamů Zelený (1999) najít stanoviště řady teplomilných druhů, např.: šalvěj luční (*Salvia pratensis*), jahodník chlumní (*Fragaria viridis*), řepík lékařský (*Agrimonia eupatoria*), černýš rolní (*Melampyrum arvense*), kostřava červená (*Festuca rubra*), třezalka tečkovaná (*Hypericum perforatum*) a další druhy.

Další vrchol, který přímo sousedí s výsypkou Radovesice, se jmenuje Špičák (kóta 455,2). Bohužel stejně i jako jiné oblasti Českého středohoří je vrchol kopce ohrožen zarůstáním hustými keři trnky obecné (*Prunus spinosa*) a růže šípkové (*Rosa canina*). Přesto se stále na Z svahu Špičáku uchovaly lesnický cenné porosty dubu zimního, lípy malolisté (*Tilia cordata*), javoru mléč i klenu (*Acer platanoides*, *Acer pseudoplatanus*), místy také jilmu horského (*Ulmus glabra*) a buku lesního (*Fagus sylvatica*). Tyto porosty jsou pozůstatkem původní vegetace, která se v oblasti nacházela (Zelený, 1999). Podle rekonstrukční geobotanické mapy se v okolí původního údolí vyskytovaly subxerofilní doubravy (*Potentillo-Quercetum*, *Lithospermo-Quercetum*), které se dále v oblasti Českého středohoří stýkaly s šipákovou a skalní lesostepí (Mikyška, 1968).

Z jižní strany přiléhá na lokalitu další vulkanický kužel, znělcový vrch Holibka (kóta 438,2), který se nachází východně od Razic. Svah je suťového charakteru s vyvinutou skalní stepí s teplomilnými bylinami. K hojným zde patří bělozářka liliovitá (*Anthericum liliago*), mochna písečná (*Potentilla arenaria*), kostřava sivá (*Festuca pallens*) a další. Obecně se jedná o druhy teplomilných pionýrských společenstev jižních svahů na nevápenných substrátech (Zelený, 1999).

2. *Teorie*

Kapitola 3.

3 Experimentální část

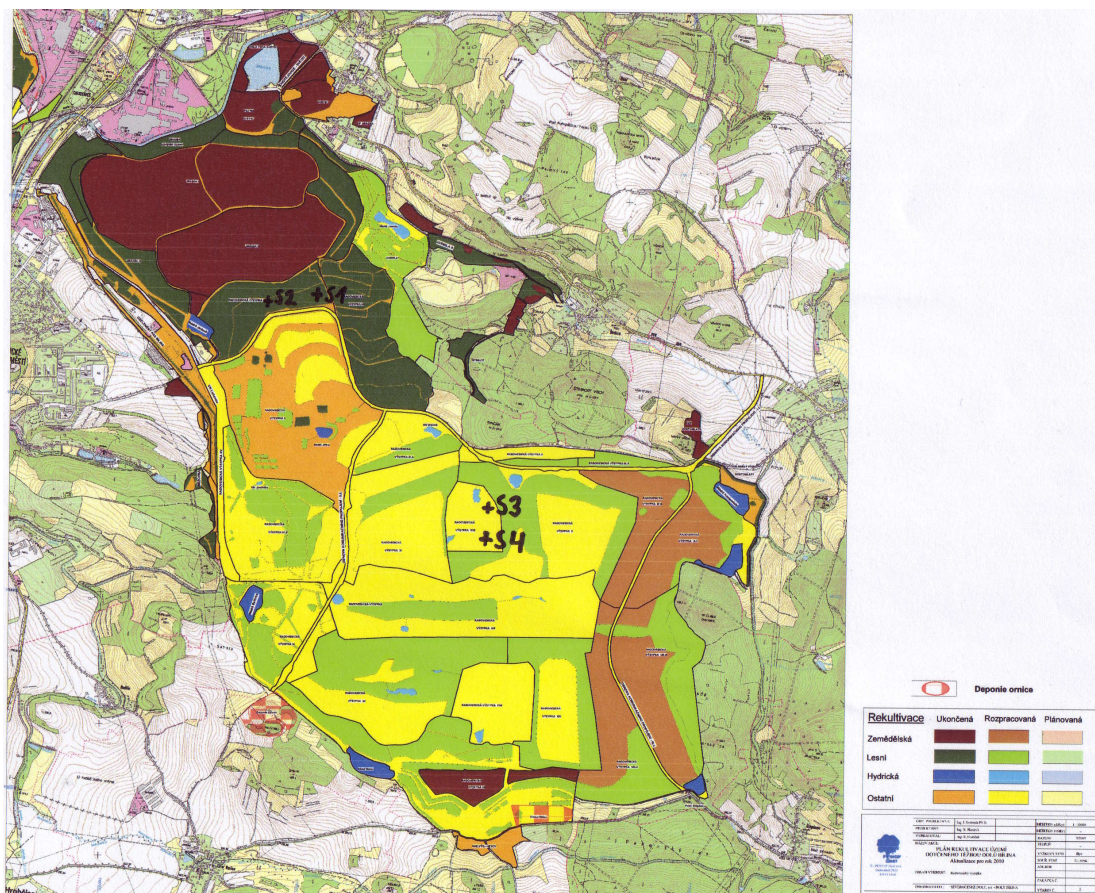
V rámci bakalářské práce jsem provedla ve spolupráci s Výzkumným ústavem pro hnědé uhlí a.s. a Výzkumným ústavem meliorací a ochrany půdy Zbraslav v.v.i. v roce 2010 pedologický a botanický výzkum dvou pokusných ploch. Plochy byly voleny tak, aby bylo možné provést srovnání nejstarší zachované přirozené sukcese (plocha Radovesice XVII A) a nejstarší rekultivace s využitím zúrodnitelné zeminy (plocha Radovesice I).

Popsaná metodika terénních prací, odběru vzorků a laboratorních analýz byla využívána při dlouhodobém výzkumu výsypky Radovesice. V rámci bakalářské práce jsem tuto metodiku využila pro vlastní pedologické výzkumy pokusných ploch Radovesice I, Radovesice XVII A. Situování sond využitých pro odběr vzorků je znázorněno na Obrázku 3.1.

3.1. Metodika terénních prací a odběrů vzorků

První etapou výzkumu bylo mapování vlastností zemin nacházejících se ve svrchním horizontu půdy na výsypkové lokalitě Radovesice, odběr vzorků a výběr pokusných ploch v lokalitách určených k rekultivaci. V rámci terénního průzkumu a makroskopických popisů zemin v těchto lokalitách byly odebírány vzorky pro

3. Experimentální část



Obrázek 3.1.: Plán rekultivačních prací s vyznačenými místy pokusných ploch (S1 a S2 - lesnická rekultivace Radovesice I; S3 a S4 - sukcesní plocha Radovesice XVII A) (Doly, 2010).

laboratorní analýzy. Pedologický průzkum byl prováděn pomocí vpichů sondovací tyčí do hloubky 0,6 m půdního profilu každé zkoumané plochy. Počet vpichů na 1 ha byl stanoven podle metodiky Čermák et al. (1999) tj. v průměru jeden vpich na čtverec 50x50 m. Situování vpichů bylo dáno makroskopicky rozlišitelnou heterogenitou zemin povrchu výsypky. Po vyhodnocení této části průzkumných prací byla stanovena charakteristická místa pro zhotovení kopaných půdních sond o minimální hloubce 0,6 m. Kopané půdní sondy jsou označeny S1 a S2 pro rekultivovanou plochu Radovesice I. Označení S3 a S4 nesou dvě sondy, které byly provedeny na sukcesní ploše Radovesice XVII A. Odběr půdních vzorků byl prováděn

3.2. Metodiky laboratorních analýz

děn z obnažené stěny půdní sondy a to pouze z horizontů, které se makroskopicky odlišovaly (zrnitostně, barevně). Množství odebrané zeminy pro jeden vzorek bylo 1-1,5 kg, v případě zastoupení skeletu v zemině nad 20 % se zvyšovalo na 3-5 kg. Na vzorcích se hodnotily vlastnosti mineralogické, fyzikálně-mechanické, chemické a pedologické. Zrnitostní analýza byla prováděna na směsných vzorkách získaných vždy ze čtyř vzorků odebraných v jednotlivých čtvrtletích.

3.2. Metodiky laboratorních analýz

Po odběru vzorků následoval jejich makroskopický popis a odvoz do laboratoří VÚHU a.s.. Zde byla realizována zrnitostní analýza, stanovení půdní reakce, obsahu CaCO_3 , obsahu oxidovatelného uhlíku, sorpční kapacity a obsahu přijatelných živin. Veškeré realizované laboratorní analýzy byly provedeny zkušební laboratoří 1078 akreditovanou ČIA dle ČSN EN 150/IEC 17025. Metodika laboratorních analýz se řídila interními metodickými postupy vycházejícími z příslušných norem, které byly schváleny Českým institutem pro akreditace (Schmidt et al., 2010).

3.3. Základní kritéria vyhodnocení půdních rozborů zemín na výsypce Radovesice

3.3.1. Zrnitostní složení půd

Zrnitostní analýza je základní fyzikálně-mechanickou metodou využívanou pro hodnocení kvality půd. Zrnitost je vyjádřena v půdách procentuálním zastoupením různých velikostních frakcí půdních částic. Tato charakteristika je podstatná, neboť ovlivňuje podmínky pro zakořeňování rostlin. Se zvyšujícím obsahem skeletu v půdě se také znesnadňuje její obdělávání a zpracování (kamenité půdy).

3. Experimentální část

To je však obtížné i v případě velmi vysokého výskytu jílové frakce (těžké půdy). Naopak lehké a střední jsou příznivější a vykazují i příznivější podmínky pro mikrobiální činnost (Čermák et al., 1999; Vráblíková & Slavík, 1994).

3.3.2. Půdní reakce

Půdní reakce (pH) určuje, zda je půda kyselá, neutrální nebo alkalická. Na této charakteristice do značné míry závisí např. rozpustnost a obsah sloučenin v půdě, síla vazby výměnných iontů (reakce aktivní a výměnná) a aktivita mikroorganismů (Čermák et al., 1999). Optimální jsou půdy neutrální.

3.3.3. Obsah CaCO_3

Uhličitany svojí přítomností v půdě obzvláště ovlivňují její pufrovací schopnost (úprava pH), mají vliv na chemickou reakci půdy a tvorbu kvalitního humusu. Vyskytují se hlavně ve formě CaCO_3 , méně často jako MgCO_3 . V podmínkách MP dochází k jejich vyplavování, a proto je potřeba uhličitany do půdy pravidelně dodávat (Řehoř, 2007). Vápník je pro rostliny důležitým biogenním elementem, hlavně z důvodu jeho mnohostranného působení v půdě, kde ovlivňuje řadu reakcí (Vráblíková & Slavík, 1994).

3.3.4. Obsah a kvalita oxidovatelného uhlíku a humusu

Půdní organická hmota je soubor všech neživých organických látek, nacházejících se v půdě nebo na jejím povrchu. Pod pojmem humus se rozumí široká škála organických látek v různých stádiích přeměn, smíšených nebo nesmíšených s minerálním podílem. Pokud jde o množství, je humusových látek v půdách podstatně méně než látek minerálních, jejich význam pro úrodnost půd je však rozhodující (Čermák et al., 1999). Je třeba konstatovat, že ve výsypkových zeminách MP je část organicky tvořena uhelnou hmotou a nikoliv oxidovatelným uhlíkem. To

3.3. Základní kritéria vyhodnocení půdních rozborů zemin

však nelze laboratorně odlišit (Řehoř, 2007). Proto nebyl v této práci z laboratorně zjištěných hodnot C_{ox} u výsypkových zemin vypočítán obsah humusu.

3.3.5. Sorpční schopnost půdy

Sorpční schopnost půdy je definována jako zvýšení koncentrace látky na fázovém rozhraní ve srovnání s okolním prostředím. Jedná se o důsledek nevyvážených sil na povrchu sorbentu. Mezi hlavní mechanismy sorpce patří sorpce mechanická, fyzikální, fyzikálně-chemická, chemická a biologická (Čermák et al., 1999). Hlavní význam mají především ty živiny, které jsou obsaženy v půdním roztoku a takové formy živin poutané na pevnou fázi půdy, ze které mohou postupně přecházet do půdního roztoku.

Na sorpci půdy se podílejí jak složky organické, tak anorganické. Protože jejich příspěvek k celkové sorpci je těžko rozlišitelný, zjišťuje se tzv. sorpční komplex, který je charakterizován kationtovou výměnnou kapacitou. Ta je označována symbolem KVK, (starší, stále užívané označení T) a udává se v jednotkách mmol/100g.

Sorpční komplex je obvykle charakterizován následujícími hodnotami:

S = celková suma bazických kationtů (mmol/100g)

T = celková sorpční kapacita (mmol/100g)

V = stupeň nasycení bazickými kationty (%)

$$V = \frac{S}{T} \cdot 100 \quad (3.1)$$

Sorpční kapacita ovlivňuje většinu fyzikálně-chemických a dalších vlastností půdy (Čermák et al., 1999).

3.3.6. Obsah přijatelných živin podle Mehliche III

Půda se extrahuje kyselým roztokem, který obsahuje fluorid amonný pro zvýšení rozpustnosti různých forem fosforu, vázaných na železo a hliník. Vyluhovací roztok, který byl zhotoven podle Mehliche III, dobře modeluje přístupnost fosforu, draslíku a hořčíku v půdě. Pro rostliny představují živiny, které nezbytně nutně potřebují k růstu (Čermák et al., 1999). Společně s těmito zjišťovanými prvky jsou pro rostlinný růst podstatné Na a Ca.

3.4. Metodika fytoocenologického snímkování

Snímkování probíhalo ve vytyčených výsecích o velikosti 10x10 metrů v místech, kde se prováděl pedologický odběr. Velikost byla stanovena podle metodiky Kubíková (1970), která doporučuje tento rozměr snímku pro sukcesní plochy. Plochy byly záměrně zvoleny na stejných místech, kde byly odebírány vzorky pro pedologické rozborů, aby byly známé podrobné charakteristiky zemin, na kterých se vegetace vyskytuje. První dvě plochy se nacházejí v místě lesnické rekultivace s využitím aplikace zúrodnitelných zemin (stáří vegetace - 22 let) a následující dvě další plochy ležící na sukcesní ploše (stáří vegetace - 25 let). Sběr dat proběhl pouze jednou, a proto se omezuje jen na výčet druhového složení (E1 - bylinné patro, E2 - keřové a E3 - stromové patro) a jejich celkovou pokryvnost rostlinných pater. Pro vyjádření abundance a dominance jednotlivých druhů v patrech byla použita Braun-Blanquetova stupnice. Zvolené plochy pro snímkování kopírují polohu půdních sond a nesou označení plocha 1 (půdní sonda S1), plocha 2 (S2), plocha 3 (S3) a plocha 4 (S4). Botanická nomenklatura je uváděna v souladu s klíčem Kubát (2002). Každá plocha byla zaměřena pomocí GPS, přesná lokace je obsahem celkového přehledu rostlin ze snímkování, který se nachází v Příloze A.2.

4 Výsledky experimentální části

4.1. Pedologie

4.1.1. Radovesice I (pokusná plocha S1 a S2)

Plocha Radovesice I o rozloze 30 ha představuje nejstarší rekultivovanou plochu výsypky Radovesice a současně první plochu, kde byl využit slín jako rekultivační aditivum. Při jeho aplikaci byla využita metodika (Fišera, 1992), která byla později modifikována (omezeny dávky slínu a slínovce). Takto vznikl antropogenní půdní profil typický pro celou plochu Radovesice I, který byl zjištěn v obou kopaných sondách S1 a S2.

Dle makroskopického geologického popisu tvoří svrchní horizont antropogenního půdního profilu hlinitá zemina se zvýšeným obsahem slínu, pod ním se vyskytuje slín s úlomky rozvětralého slínovce a třetí horizont tvoří původní výsypkový písčité jíly až písek. Rozhraní mezi jednotlivými horizonty jsou velmi ostrá. Mocnost a makroskopický popis jednotlivých horizontů v sondách S1 a S2 uvádějí Tabulky 4.2 a 4.5.

Z každého horizontu byly v sondách S1 a S2 odebrány v roce 2010 čtyři vzorky (1 odběr v každém čtvrtletí), celkem tedy bylo laboratorně zpracováno 24 vzorků způsobem popsáním v Kapitolách 3.2 a 3.3 (kompletní výsledky všech

4. Výsledky experimentální části

analýz uvádí příloha A.1). Následně byly spočteny roční průměrné výsledky analýz ve dvou horizontech ovlivněných aplikací slínů. Výsledky uvádějí Tabulky 4.1 a 4.4.

Průměrné celkové obsahy dusíku v půdě se pohybují v rozmezí 0,073-0,083 % (viz Tabulky 4.1 a 4.4) v hloubce do 30 cm . V horizontu pod 30 cm tyto průměrné hodnoty klesají a pohybují se v rozmezí 0,025-0,04 % (viz Tabulky 4.1 a 4.4). Jde o obsahy na spodní hranici z celkového obsahu dusíku v půdách uváděnou pro Českou republiku (0,05-0,5 %) (af.mendelu.cz, 2010). Zjištěné obsahy dusíku dosahují zřejmě těchto hodnot i díky skutečnosti, že v bezprostřední blízkosti plochy byla uskutečněna zemědělská rekultivace. Došlo k ní za použití přípravného osevného cyklu jetelovin, které obohacují půdu o kořenovou hmotu a cenný dusík, díky jejich schopnosti ho fixovat. Přítomnost některých druhů, které byly použity při zemědělské rekultivaci, byla potvrzena na plochách S1 a S2 během fytoocenologického snímkování. Pozvolný pokles množství dusíku s hloubkou, spíše potvrzuje domněnku, že na ploše dochází k vymývání živin z půdy.

Průměrné obsahy celkových organických látek jsou nízké až velmi nízké (Čermák et al., 1999). Může to poukazovat na nízkou mikrobiální činnost v oblasti rekultivace Radovesice I. Nefunkčnost mikrobiálních procesů celkově inhibuje regeneraci a koloběh živin v půdě, což následně negativně působí na přítomnou vegetaci, která může být vystavena nedostatku živin. Průměrné obsahy organických látek v hodnocených horizontech ukazují Tabulky 4.1 a 4.4.

Díky aplikovanému slínovci se obsah uhličitánů pohybuje ve svrchních dvou horizontech sond S1 a S2 v uspokojivé výši průměrných hodnot, které jsou ale typické svým širokým rozmezím od 7,65 % (S2, hloubka do 30 cm) až po 25,35 % (S1, hloubka 30-90 cm) CaCO_3 . Půda s tímto obsahem uhličitánů je podle (Vráblíková & Slavík, 1994) hodnocena jako vápenitá. Průměrné obsahy CaCO_3 v hodnocených horizontech ukazují Tabulky 4.1 a 4.4.

Velmi důležitá půdní reakce ve vodním výluhu byla většinou slabě alkalická

až alkalická. Průměrné pH se pohybuje v hodnotách od nejnižší pH 7,4 (S2, hloubka do 30 cm) až po nejvyšší naměřené pH 8,02 (S2, hloubka 30-90 cm). Tento trend dokumentuje působení slínovců v hloubkách až do 1 metru. Znamená to možnost eliminace kyselých atmosférických srážek v půdě.

Hodnoty sorpční kapacity se pohybují v rozmezí 12-15,7 mmol/100g zeminy. Jde o středně vysoké hodnoty, což představuje pro půdní prostředí a následný výskyt vegetace pozitivní výsledek.

Zjištěné obsahy živin v půdě jsou značně variabilní. Fosfor je zastoupen v minimálním až nulovém množství, naopak hořčík v průměrném obsahu dosahuje na plochách S1 i S2 velice vysokých hodnot. U všech přijatelných živin je možné pozorovat značný úbytek s hloubkou (v případě obou ploch). Děje se tak zřejmě i z důvodu změny půdních podmínek. V oblasti ploch S1 i S2 dochází při povrchu terénu ke tvorbě humusu, ve větších hloubkách naopak dochází k přechodu hlinité půdy na hlinitopísčitou, která je podle Novákovy klasifikační stupnice jako půda lehká, nikoliv půda střední jako v případě nadložní vrstvy (viz Tabulka 4.3 a 4.6). Průměrné obsahy draslíku i hořčíku jsou u ploch S1 i S2 vyhovující (Čermák et al., 1999).

Zrnitostní analýzy byly prováděny v obou sondách pro každý horizont ze směsných vzorků vzniklých homogenizací vždy čtyř vzorků odebraných pro každé roční období, nebylo je tedy třeba statisticky průměrovat. Výsledky (viz Tabulka 4.3 a 4.6) prokázaly přítomnost frakcí štěrku složeného z úlomků slínovce a čediče. Vznikající kořenící horizont po aplikaci rekultivačních aditiv byl zpravidla tvořen směsí rozpadavých či plastických slínů a slínovců, jílu a hlín.

Z vyhodnocení laboratorních analýz realizovaných na vzorcích odebraných ze sond S1 a S2 lze vyvodit určité závěry. Je patrné, že i po 22 letech od provedení rekultivace se vyskytují jasně ostrá rozhraní mezi jednotlivými zeminovými horizonty, což svědčí o nedokonalé homogenizaci navezených zúrodnitelných zemin. Aplikací zúrodnitelné zeminy se podařilo upravit extrémně hrubé zrnitostní

4. Výsledky experimentální části

složení původních písků. Výsledky obou sond jsou si velmi blízké, což je dáno stejným způsobem technické rekultivace včetně aplikace slínů a slínovců. Výsledky chemických analýz rovněž prokazují mírné zlepšení parametrů horizontů ovlivněných aplikací zúrodnitelné zeminy.

Průměrné hodnoty laboratorních analýz vzorků odebraných ze sond S1 a S2 udávají Tabulky 4.1 a 4.4. Makroskopické geologické popisy kopaných sond S1 a S2 uvádějí Tabulky 4.2 a 4.5. Výsledky zrnitostních analýz vzorků odebraných ze sond S1 a S2 shrnují Tabulky 4.3 a 4.6. Zrnitostní analýza je shrnuta v Tabulce 4.3. Veškeré výsledky a přehledy všech naměřených hodnot jsou uvedeny v Příloze A.1 bakalářské práce.

Tabulka 4.1.: Chemicko-pedologické vlastnosti zemín pokusné plochy S1.

Sonda S1	Nc (%)	org. látky Cox (%)	CaCO ₃ (%)	pH KCl	přijatelné živiny (mg.kg ⁻¹)			sorpční schopnost			interval odběru (m)
					P	K	Mg	S	T	V	
								mmol/100 g		(%)	
průměr	0,083	1,175	8,625	7,575	1,25	191,3	456	17	17	100	0,00 – 0,30
směrodatná odchylka	0,008	0,0829	0,50683	0,0433	0,433	13,94	28,3	1	1	0	0,00 – 0,30
průměr	0,04	0,475	25,35	7,95	0,5	183,8	300	14,75	14,75	100	0,30 – 0,90
směrodatná odchylka	0,007	0,409	9,25308	2,3171	0,567	53,12	132	4,674	4,674	30	0,30 – 0,90

Tabulka 4.2.: Makroskopický popis a místa odběru vzorků S1.

Sonda	interval odběru (m)	lokality	makroskopický geologický popis
S1	0 - 0,3	Radovesice I	hlinitá zemina, hnědošedá, s podílem slínu
S1	0,3 - 0,9	Radovesice I	silně slinitá zemina až slín, bělošedá, s rozloženými zlomky slínovce
S1	pod 0,9	Radovesice I	písek žlutošedý, silně jílovitý

Tabulka 4.3.: Vybrané zrnitostní parametry zemin pokusné plochy S1.

S1 - interval odběru	% obsah částic pod 0,002 mm	% obsah částic pod 0,01 mm	% obsah částic pod 0,02 mm	klasifikace dle Nováka citace
0,00-0,30	6	42	68	zemina hlinitá
0,30-0,90	1	39	51	zemina hlinitá
pod 0,90	1	18	48	zemina hlinitopísčítá

Tabulka 4.4.: Chemicko-pedologické vlastnosti zemin pokusné plochy S2.

Sonda S2	Nc	org.	CaCO ₃	pH	přijatelné živiny			sorpční schopnost			interval odběru
		látky			(mg.kg ⁻¹)						
		Cox			P	K	Mg	S	T	V	
	(%)	(%)	(%)	KCl				mmol/100 g	(%)	(m)	
průměr	0,0725	1,325	7,65	7,4	1,75	213	478,8	15,75	15,75	100	0,00 – 0,30
směrodatná odchylka	0,008292	0,1479	1,0548	0,071	0,829	7,382	26,55	0,829	0,829	0	0,00 – 0,30
průměr	0,025	0,325	20,575	8,025	0,5	152,5	279,3	12,5	12,5	100	0,30 – 0,90
směrodatná odchylka	0,005	0,08292	1,1987	0,148	0,5	14,79	39,52	1,118	1,118	0	0,30 – 0,90

Tabulka 4.5.: Makroskopický popis a místa odběru vzorků S2.

Sonda	interval odběru (m)	lokality	makroskopický geologický popis
S2	0-0,2	Radovesice I	hlinitá zemina, hnědošedá, s podílem slínu
S2	0-0,8	Radovesice I	silně slinitá zemina až slín, bělošedá, s rozloženými zlomky slínovce
S2	pod 0,8	Radovesice I	jíl šedý, silně písčítý

Tabulka 4.6.: Vybrané zrnitostní parametry zemin pokusné plochy S2.

S2 - interval odběru	% obsah částic pod 0,002 mm	% obsah částic pod 0,01 mm	% obsah částic pod 0,02 mm	klasifikace dle Nováka citace
0,00-0,20	4	44	71	zemina hlinitá
0,20-0,80	2	40	55	zemina hlinitá
pod 0,80	0	16	39	zemina hlinitopísčítá

4. Výsledky experimentální části

4.1.2. Radovesice XVII A (pokusná plocha S3 a S4)

Sukcesní plocha Radovesice XVII A je situována v severní části výsypky a je starší sukcesí na lokalitě (cca 25 let). Plocha byla záměrně vybrána v místech poměrně příznivých chemicko-pedologických vlastností (extrémnější plochy na výsypce Radovesice byly rekultivovány). Na ploše byly realizovány kopané sondy S3 a S4.

Dle makroskopického geologického popisu tvoří v případě sondy S3 celý hodnocený profil hnědošedá zemina s převahou lístkovitě rozpadavého jílu, v případě sondy S4 jde o žlutošedý jílovitý písek. Mocnost a makroskopický popis jednotlivých horizontů v sondách S3 a S4 uvádějí Tabulky 4.8 a 4.11.

Z každého horizontu byly v sondách S1 a S2 odebrány v roce 2010 čtyři vzorky (1 odběr v každém čtvrtletí), celkem tedy bylo laboratorně zpracováno osm vzorků způsobem popsaným v Kapitolách 3.2 a 3.3 (kompletní výsledky všech analýz uvádí Příloha A.1). Následně byly spočteny roční průměrné výsledky analýz pro každou sondu. Výsledky uvádějí Tabulky 4.7 a 4.10.

Přestože podmínky nejsou nijak extrémní (např. fytotoxické), ve srovnání s plochou rekultivovanou jsou hodnoty chemicko-pedologických ukazatelů spíše nižší. Platí to hlavně pro průměrné hodnoty celkového dusíku (obzvláště na ploše S4 - viz Tabulka 4.10). Tyto nízké až nulové hodnoty jsou způsobeny přítomností tzv. písčných dun v místě odběru, kde je jakýkoliv výskyt vegetace minimální, spíše žádný. Podmínky pro hromadění a vznik biomasy jsou minimální. Avšak průměrné hodnoty množství celkových organických látek jsou výrazně lepší (obzvláště na ploše S3 - Tabulka 4.7). Je však třeba vzít v úvahu, že v tomto případě může být laboratorní výsledek částečně zkreslen příměsí uhelné hmoty, jejíž vliv je škodlivý. Obsah uhličitánů na obou plochách je velice nízký, zeminu lze podle Čermák et al. (1999) označit za slabě vápenitou (plocha S3) a za bezkarbonátovou (plocha S4).

Reakce půdy se pohybuje v rozmezí hodnot, které odpovídají půdám slabě

kyselým až kyselým (plocha S4). Poněkud zvýšená kyselost písků je dána příměsí rozvětralých sulfidických konkrecí (pyrit, markazit), které byly při mapování místy pozorovány.

Zjištěné obsahy živiny v půdě se mezi plochami S3 a S4 velmi liší. Průměrné hodnoty fosforu, draslíku i hořčíku jsou v případě plochy S3 dokonce ještě vyšší než na rekultivovaných plochách, což by v korespondenci s celkovým obsahem organických látek (které se pohybují v rozmezí od 2,3-2,6 % C_{ox}) mohlo poukazovat na lepší fungování mikrobiální činnosti na sukcesní ploše než na rekultivované.

Plocha S4 je značně ovlivněna svým písčítým charakterem, sorpční schopnost tudíž dosahuje velice nízkých hodnot (Čermák et al., 1999). Svrchní horizont zde tvoří zeminy zrnitostně nevyrovnané, převládají hrubozrnné. Jižní hranici plochy tvoří oblast „písečných dun“. Z pedologického hlediska je zrnitostní složení zemin poměrně vyhovující, v oblastech výskytu písků je možné pozorovat řadu erozních jevů.

Z vyhodnocení laboratorních analýz realizovaných na vzorcích odebraných ze sond S3 a S4 je patrná výrazná heterogenita plochy. Většina získaných laboratorních výsledků z plochy P3 je příznivých, plocha je v řadě parametrů dokonce vhodnější nežli oblast rekultivovaná.

Průměrné hodnoty laboratorních analýz vzorků odebraných ze sond S3 a S4 udávají Tabulky 4.7 a 4.10. Makroskopické geologické popisy kopaných sond S3 a S4 uvádějí Tabulky 4.8 a 4.11. Výsledky zrnitostních analýz vzorků odebraných ze sond S3 a S4 shrnují Tabulky 4.9 a 4.12. zrnitostní analýza je shrnuta Tabulce 4.3. Veškeré výsledky a přehledy všech naměřených hodnot jsou uvedeny v Příloze A.1 bakalářské práce.

4. Výsledky experimentální části

Tabulka 4.7.: Chemicko-pedologické vlastnosti zemin pokusné plochy S3 (interval odběru 0,00-0,60 m).

Sonda S3	Nc (%)	org. látky Cox (%)	CaCO ₃ (%)	pH KCl	přijatelné živiny (mg.kg ⁻¹)			sorpční schopnost		
					P	K	Mg	S	T	V (%)
								mmol/100 g		
průměr	0,0625	2,425	0,7	6,9	2	227,5	822,5	16,5	16,5	100
směrodatná odchylka	0,004	0,1089	0,1224	0	0,70	5,59	47,10	0,5	0,5	0

Tabulka 4.8.: Makroskopický popis a místa odběru vzorků.

Sonda	interval odběru (m)	lokalita	makroskopický geologický popis
S3	0-0,6	Radovesice XVIIa	hlinitojílovitá zemina, šedohnědá, s převahou lístkovitě rozpadavého kaoliniticko – illitického jílu

Tabulka 4.9.: Vybrané zrnitostní parametry zemin pokusné plochy S3.

S3 - interval odběru	% obsah částic pod 0,002 mm	% obsah částic pod 0,01 mm	% obsah částic pod 0,02 mm	klasifikace dle Nováka citace
0,00-0,60	6	49	70	zemina jílovitohlinitá

Tabulka 4.10.: Chemicko-pedologické vlastnosti zemin pokusné plochy S4 (interval odběru 0,00-0,60 m).

Sonda S4	Nc (%)	org. látky Cox (%)	CaCO ₃ (%)	pH KCl	přijatelné živiny (mg.kg ⁻¹)			sorpční schopnost		
					P	K	Mg	S	T	V (%)
								mmol/100 g		
průměr	0,005	1	0,225	5,825	0,5	122,75	299	6,75	6,75	100
směrodatná odchylka	0,005	0,15	0,0433	0,1089	0,5	7,59522	12,668	0,4330127	0,433	0

Tabulka 4.11.: Makroskopický popis a místa odběru vzorků S4.

Sonda	interval odběru (m)	lokality	makroskopický geologický popis
S4	0-0,6	Radovesice XVIIa	písek žlutošedý, jílovitý

Tabulka 4.12.: Vybrané zrnitostní parametry zemin pokusné plochy S4.

S4 - interval odběru	% obsah částic pod 0,002 mm	% obsah částic pod 0,01 mm	% obsah částic pod 0,02 mm	klasifikace dle Nováka citace
0,00-0,60	2	18	33	zemina hlinitopísčítá

4.2. Vegetace

Vegetace byla mapována na čtyřech lokalitách, na kterých se zásadně liší způsob prováděného managementu a půdní podmínky. Na ploše 1 (Radovesice I), kde plochu tvoří lesnická rekultivace, bylo nalezeno v rostlinném patře E1 celkem 35 druhů, z toho 28 druhů bylin a 7 druhů dřevin. Z přítomných dřevin v bylinném patře byly zaznamenány *Carpinus betulus*, *Crataegus laevigata*, *Cornus sanguinea*, *Larix decidua*, *Picea abies* a *Quercus petraea*. Zastoupeny jsou v zásadě pouze druhy, které byly přímo na ploše vysazené nebo na okolních plochách. Dochází tedy k úspěšnému šíření semen a přirozenému zmlazování porostů. Na snímku lze pozorovat šíření druhů z okolí. Lesnická rekultivace se nachází v těsné blízkosti plochy, kde byla provedena zemědělská rekultivace. Jedná se převážně o šíření druhů *Festuca rubra*, *Dactylis glomerata*, *Medicago sativa*, které byly součástí osevní směsi jetelotravin (Čermák et al., 1999). Z expanzně šířících se rostlin byly na ploše 1 zaznamenány *Solidago canadensis* (invazivní rostlina) a *Rosa canina*. Celková pokryvnost bylinného patra byla velmi vysoká, pohybovala se kolem 90 %.

Keřové patro E2 obsahuje dřeviny vysazené (*Acer pseudoplatanus*, *Alnus glutinosa*, *Crataegus laevigata*, *Quercus petraea*) s jednou výjimkou, kterou představuje *Rosa canina*. Intenzivní schopnost šíření růže je zmapována v JZ části Českého středohoří (Kubát, 2009). Výskyt této keřové dřeviny i na výsypce Radovesice potvrzují všechny snímky provedené v rámci bakalářské práce. Na rekultivované a sukcesní plochy se nejspíš rozšiřuje díky své strategii šíření, kterou představuje endozoochorie a generativní rozmnožování. Celková pokryvnost keřového patra byla nízká, dosahovala 15 %.

Ve stromovém patře E3 jsou zastoupené pouze druhy vysazené v rámci biologické rekultivace tzn. *Fraxinus excelsior*, *Acer pseudoplatanus*, *Pinus nigra*, *Tilia cordata*. Celková pokryvnost tohoto patra dosahovala cca 30 %. Celkový snímek z plochy 1 je uveden v Příloze A.2.

Plocha 2 je umístěna ve vzdálenosti cca 350 m od plochy první, charakteristiky půdních zemin a zrnitostní parametry jsou si velice podobné. Právě z těchto důvodů se příliš neliší svým bylinným pokryvem, ale přesto lze pozorovat určité rozdíly. V bylinném patře E1 bylo nalezeno celkem 27 druhů, z toho 25 bylin a 2 dřeviny. V bylinném patru této plochy byl zaznamenán větší počet druhů, které se na plochu dostaly nejspíš v souvislosti se způsobem managementu na vedlejší zemědělské ploše. Jedná se v tomto případě o druhy *Dactylis glomerata*, *Festuca rubra*, *Lotus corniculatus* a *Medicago sativa*. Z expanzních druhů se vyskytl opět *Calamagrostis epigejos* a to v poměrně hojném počtu jedinců. Celková pokryvnost bylinného patra E1 na ploše dosahovala 80 %.

V keřovém patře E2 se vyskytoval větší počet dřevin, přičemž většina z nich byla na ploše uměle vysazena (*Acer pseudoplatanus*, *Alnus glutinosa*, *Betula pendula*, *Carpinus betulus*, *Cornus sanguinea*, *Fraxinus excelsior*, *Pinus nigra*). Objevují se ale i tři druhy, které nejsou uvedeny v rekultivačních plánech a mohly se tudíž rozšířit na plochu samovolně. Jedná se o druhy *Populus tremula*, *Rosa canina*, *Sorbus aucuparia*. Celková pokryvnost se pohybuje kolem 30 %.

Ve stromovém patře jsou zastoupeny dřeviny *Acer pseudoplatanus*, *Betula pendula*, *Pinus nigra* a *Tilia cordata*, které dosahují celkové pokryvnosti 30 %. Tyto dřeviny jsou obsaženy v rekultivačních plánech pro tuto oblast (Čermák et al., 1999). Celkový snímek z plochy 2 je uveden v Příloze A.2.

Na ploše číslo 3 (Radovesice XVII A), která je sukcesní plochou, byl nalezen celkový počet 29 druhů rostlin, z čehož 21 jsou druhy bylinné a 8 dřevin. Na ploše nebyl prováděn žádný osev ani výsadba, přesto je pokryvnost bylinného patra E1 odhadována na 90 %. Veškerý rostlinný pokryv tedy vznikl přirozenou sukcesí. Zastoupeny jsou dva expanzivní druhy - *Phragmites australis* a *Calamagrostis epigejos*. Výskyt ale nijak extrémně nepřevyšuje početnost ostatních rostlin. Z bylin bych zmínila druhy, které se vyskytly pouze na snímcích ze sukcesních

4. Výsledky experimentální části

ploch. Na ploše 3 byly nalazeny *Epilobium angustifolia*, *Geum urbanum*, *Hieracium*, *Pyrola minor* a na ploše 4 *Festuca ovina*. Přítomné dřeviny jsou většinou anemochorní (*Acer platanooides*, *Betula pendula*, *Picea abies*, *Pinus sylvestris*), ale vyskytují se i druhy zoochorní (*Carpinus betulas*, *Crataegus sp.*, *Prunus avium*, *Rosa canina*).

Keřové patro E2 tvoří pouze dvě dřeviny *Betula pendula* a *Salix caprea*. Totožné druhy jsou přítomny i ve stromovém patře, výčet v patře E3 doplňuje *Populus canadensis*. Celkový snímek z plochy 3 je uveden v Příloze A.2.

Poslední sledovaná plocha 4 (Radovesice XVII A) je na polovině své celkové plochy snímku tvořena písčitými zeminami, odpovídá tomu tedy i snížený počet vyskytujících se druhů. Z celkového počtu 20 druhů je zastoupeno 16 bylin a 4 dřeviny. Bylinné patro E1 na výzkumné ploše dosahuje 50 % pokryvnosti a je osídleno spíše ruderálními expanzivními druhy (*Calamagrostis arundinacea* a *Calamagrostis epigejos*) a vyskytl se i invazní druh *Solidago canadensis*.

V křovinném patře dominují *Picea abies*, *Betula pendula* a *Salix caprea*. *Betula pendula* je ve svém druhu na ploše poměrně hojná. Celkově ale dřeviny nedosahují velké pokryvnosti, ta se pohybuje kolem 15 %. To samé platí i pro stromové patro, kde má vyšší celkové zastoupení *Betula pendula*, která je doplněna *Salix caprea*. Celková pokryvnost poslední sledované plochy je 30 %. Celkový snímek z plochy 4 je uveden v Příloze A.2.

5 Kapitola 5.

5 Diskuze

Radovesická výsypka je tvořena pestrou směsí ploch, které byly podrobeny rekultivačním zásahům (lesnická, zemědělská a hydrologická), ale zároveň na své ploše obsahuje dvě oblasti, které byly ponechány spontánní sukcesi. Ve své práci jsem se zaměřila na čtyři plošky, na kterých jsem provedla pedologické a botanické hodnocení.

Při vyhodnocení pedologických výsledků bylo zjištěno, že se na sledovaných plochách nenachází místo, kde by zeminy byly svými vlastnostmi extrémní (fyto-toxické). Přesto ale byla plocha v počátečním stavu nepříznivá pro vznik biologického pokryvu, obzvláště vzhledem k nedostatku živin v půdě, dostupného CaCO_3 a nepříznivým zrnitostním parametrům zemin. Důvodem k rozsáhlým rekultivačním aktivitám je také poloha výsypky. Leží v těsné blízkosti města Bílina a na východní straně sousedí s CHKO České středohoří. I z těchto důvodů byly zahájeny intenzivní rekultivační práce, které probíhaly ještě v průběhu zakládání výsypky. Vzhledem k počáteční nepříznivosti výsypkových půd byla aplikována technologie navážení a zaorávání vrstvy slínovců pod vrstvou ornice, která proběhla před zemědělskou rekultivací. V současné době je již jasné, že aplikovaná metoda přispěla k eliminaci erozních jevů a procesů zvětrávání. Obsah aplikovaného kalcitu byl dostatečný, neboť jeho průměrné množství je až do hloubky

5. Diskuze

90 cm hodnoceno příznivě. Laboratorně zjištěné obsahy vápenatých uhličitánů v zeminách jsou hodnoceny podle Vráblíkové (1994) jako vápenité.

Během lesnické rekultivace byly vysazeny stromy, které se svými vlastnostmi hodily pro nově vzniklé zeminy a zároveň patřily do místních podmínek. Jedná se konkrétně o druhy *Acer pseudoplatanus*, *Alnus glutinosa*, *Betula pendula*, *Carpinus betulus*, *Cornus sanguinea*, *Crataegus laevigata*, *Fragaria excelsior*, *Larix decidua*, *Picea abies*, *Sorbus aucuparia* a *Quercus petraea*. Při výsadbě byly použity ale i nepůvodní druhy, například *Pinus nigra*. Z jiných než rekultivačních zdrojů k těmto druhům ještě přibyly druhy *Acer platanoides*, *Pinus sylvestris*, *Populus tremula* a *Rosa canina*, které se vyskytly převážně na sukcesní ploše. Vzhledem k tomu, že jsou všechny tyto druhy anemochorní, je možné uvažovat o vlivu okolí, kde se tyto druhy vyskytují. Sukcesní plocha (severní okraj plochy) je vzdálena cca 200 metrů od nejbližší přirozené okolní vegetace (Štrbický vrch), a tak by mohlo dojít, v případě příznivých podmínek, k transportu semen a spór z okolí až na sukcesní plochu. Řehounková & Prach (2006) experimentálně stanovili hranici 100 m jako kritickou vzdálenost pro úspěšnější šíření semen. Vzhledem k potvrzení nových druhů, které nebyly použity při lesnické nebo zemědělské rekultivaci, se zdá možné, že komunikace mezi sukcesní plochou a okolní krajinou funguje. Dalším důkazem by mohl být i výskyt jiných bylinných druhů na sukcesní ploše Radovesice XVII A než na rekultivovaných plochách Radovesice I. Zaznamenány byly např. *Epilobium angustifolia*, *Geum urbanum*, *Hieracium*, *Pyrola minor* (výskyt na ploše 3) a *Festuca ovina* (plocha 4).

Z těchto důvodů by mi přišlo velice vhodné, pokud by se i tato skutečnost zahrnovala při výběru plochy, která je/bude určena jako sukcesní. Je samozřejmě nutné znát důkladně pedologickou situaci a vyloučit plochy naprosto nevhodné pro ponechání spontánní sukcesí. Pokud by byl vhodně vybrané ploše zajištěn dostupný genetický zdroj z okolí, mohla by sukcese dosahovat ještě lepších výsledků než nyní. Další možný způsob, jak zvýšit diverzitu a dát zároveň prostor pro vznik

zajímavých stanovišť, představuje tzv. řízená sukcese. V případě tohoto managementu jsou prováděny zásahy, které podporují rozvoj vegetace, ale pouze v přímé závislosti na znalosti geologické a pedologické situace a vhodnosti stanoviště pro prvotně introdukované druhy. Výsypkové plochy, jako je Radovesická, takové možnosti přímo nabízejí (např. výskyt písečných dun na ploše 4), neboť mají vhodný vstupní potenciál, různorodou a pestrou škálu stanovišť.

Zároveň je také zajímavé si porovnat, jak finančně náročná je rekultivace Doly (2008, 2009) a jaké prostředky je potřeba vložit do plochy, která je ponechána spontánní sukcesí, případně řízené. Rekultivace vytváří ekosystémy tzv. na objednávku. Tu je ale potřeba ale řádně zaplatit, často se ale částka vyšplhá až do řádů milionů korun. Přitom i spontánní sukcese dokáže dát základ poměrně pestrým porostům, které plní všechny požadované funkce (estetické, protierozní, ekologické, produktivní a další), a to vše se děje zadarmo Prach (2006).

5. Diskuze

Kapitola 6.

6 Závěr

Radovesická výsypka poskytuje zajímavou ukázkou lokality, kde byla uskutečněna řízená rekultivace, jak je i na jiných lokalitách běžné (Prach & Hobbs, 2008; Hodačová & Prach, 2003, a další), s tou výjimkou, že byl při tvorbě rekultivačních plánů nechán prostor pro vznik dvou sukcesních ploch. Tyto plochy se staly centrem pro výzkum všech složek ekosystému a cenným zdrojem poznání, jak funguje spontánní přírodní management.

Rekultivace je velice komplexní záležitost, vzhledem k její velikosti a pedologickým podmínkám. Prioritní snahou mnoha rekultivačních projektů je, co možná nejdříve vrátit vegetaci na danou plochu, obzvláště na velkých plochách zabránit působení eroze anebo zvýšit a změnit estetický dojem z plochy (hlavně pokud se vyskytuje v blízkosti lidských obydlí) (Prach & Hobbs, 2008). Tyto snahy a cíle platí i pro lokalitu Radovesic.

Okolní krajina Radovesické výsypky je botanicky velice bohatá a ceněná (území CHKO České středohoří) (Zelený, 1999). Funguje tedy jako přirozený zdroj druhů, které by mohly osídlovat sukcesní plochy i rekultivované plochy. Bohužel je ale v současné době prostor pro sukcesi ponechán pouze na malém území (cca 5 % z celkové plochy výsypky Radovesice). Větší a starší plocha (Radovesice XVII A) je situována uprostřed plochy, která je již delší dobu technicky rekultivo-

6. Závěr

vána, je tedy velice omezen kontakt sukcesního území s okolní krajinou. Přesto ale k němu dochází a poskytuje ploše nové druhy, které se zde uchytily. Sukcese může být doplněna o vhodné zásahy jako například dosévání vhodných rostlin (je nutná znalost vhodné doby introdukce nových druhů atd.) anebo řízené odstranění nevhodných druhů ze stanoviště (invazní druhy).

Aby byl tento potenciál plně využit, je potřeba nejprve získat dostatek informací o ploše zamýšlené sukcese a zajistit průběh následujícími kroky:

1. Vytvořit detailní případové studie
2. Uskutečnit terénní prozkoumání stanoviště
3. Vytvořit srovnávací studii (rekultivace vs. sukcese)
4. Prosadit použití spontánní (nebo řízené) sukcese jako vhodného managementu u rekultivačních společností.

Ke splnění všech kroků je potřeba úzká spolupráce odborníků, nejen geologů, ale i botaniků, kteří mají dobré znalosti ekologie obnovy a mohou přispět k navržení vhodných rekultivačních programů s využitím sukcese pro danou oblast.

Literatura

- af.mendelu.cz (2010). Agronomická fakulta mendelovy univerzity v brně.
URL <http://www.af.mendelu.cz/>
- Bárta, Z., Brus, Z., Hurník, S., Toběrná, V., & Tyrner, P. (1973). *Příroda Mos-
tecka*. Severočeské nakladatelství, Ústí nad Labem.
- Beránek, K. (2009). *Ateliér T – plan s.r.o.: Aktivita 415 - Komplexní hodnocení
krajin*. Univerzita J.E.Purkyně v Ústí nad Labem.
- botanika.wendys.cz (2010). Botanika wendys.
URL <http://www.botanika.wendys.cz/>
- Čermák, P., Kohel, J., & Dederá, F. (1999). *Rekultivace území devastovaných báň-
skou činností v oblasti Severočeského hnědouhelného revíru*. Výzkumný ústav
meliorací a ochrany půdy Praha.
- Čermák, P., Kohel, J., & Dederá, F. (2002). *Rekultivace ploch devastovaných těžbou
nerostných surovin v oblasti Severočeského hnědouhelného revíru*. Výzkumný
ústav meliorací a ochrany půdy Praha.
- Doly, S. (2008). *Výroční správa S.D. a.s.*. Severočeské doly a.s. Bílina.
- Doly, S. (2009). *Výroční správa S.D. a.s.*. Severočeské doly a.s. Bílina.
- Doly, S. (2010). *Výroční správa S.D. a.s.*. Severočeské doly a.s. Bílina.
- Fišera, E. (1992). Radovesická výsypka a její začlenění do ekosystému území.
sborník konference Rekultivační výstavby Most.
- Frouz, J., Elhottová, D., Pižl, V., Tajovský, K., Šourková, M., Pícek, T., & Malý,
S. (2007). The effect of litter quality and soil faunal composition on organic
matter dynamics in post-mining soil: A laboratory study. *Applied soil ecology*,
37, 72 – 80.

Literatura

- Gordon, M., & Forman, R. T. (1993). *Krajinná ekologie*. Academia, Praha.
- Halíř, J. (1998). Komplexní zhodnocení vodního režimu radovesické výsypky v roce 1998 a její digitální zpracování. Tech. rep., VÚHU a.s., Most.
- Hodačová, D., & Prach, K. (2003). Spoil heaps from brown coal mining: technical reclamation versus spontaneous revegetation. *Restoration Ecology*, 11 (385-391).
- Kohel, J. (1992). Metodika zemědělských a lesnických rekultivací. *Metodika*.
- Kubát, K. (2002). *Klíč ke květeně České republiky*. Academia, Praha.
- Kubát, K. (2009). Šíření autochtonních dřevin na neobhospodařovaných pozemcích v jz. části českého středohoří. Tech. rep., CHKO Česko Středohoří.
- Kubíková, J. (1970). *Geobotanické Praktikum*. Státní Pedagogické Nakladatelství Praha.
- Luxa, J. (2002). *Doly Bílina: Z historie hornictví k současnosti dolování na Bílinsku..* NIS.
- Mach, K. (2009). Sedimenty pánve jsou jako pravěký herbár. *Hornické Listy*, 5(5).
- Mach, K. (2010). Bílinská přírodovědná společnost.
URL <http://priroda.sdas.cz/lokality/radovys.htm>
- Mach, K., & Vaněk, S. (2007). Tělo nové divočiny. *Vesmír*, 86, 781 – 783.
- Malkovský, M. (1985). *Geologie severočeské hnědouhelné pánve a jejího okolí*. Ústřední ústav geologický, Praha.
- Mikyška, R. (1968). *Geobotanická mapa ČSSR. List České země. – Vegetace ČSSR*. Academia, Praha.
- Němeček, J., Smlolíková, L., & Kutílek, M. (1990). *Pedologie a paleopedologie*. Academia, Praha.
- Neuhäuslová, Z., Blažková, D., Grulich, V., Husová, M., Chytrý, M., Jeník, J., Jirásek, J., Kolbek, J., Kropáč, Z., Ložek, V., Moravec, J., Prach, K., Rybníček, K., Rybníčková, E., & Sádlo, J. (2001). *Mapa potenciální přirozené vegetace České republiky*. Academia, Praha.

- Ondráček, V., Řehoř, M., Šafářová, M., & Lang, T. (2003). Historie, gegenwart und perspektiven der rekultivierung auf dem gebiet des bergbaubetriebes doly bílin. *časopis Surface Mining, Braunkohle and Other Minerals*, 1/2003 (ISSN 0931 – 3990), 90 –100.
- Prach, K. (2006). Příroda pracuje zadarmo. *Vesmír*, 85(05).
- Prach, K., Bastl, M., Konvalinková, P., Kovář, P., Novák, J., Pyšek, P., Řehounková, K., & Sádlo, J. (2008). Sukcese vegetace na antropogenních stanovištích v české republice – přehled dominantních druhů a stádií. *Příroda*, (pp. 5–26).
- 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., & Bastl, M. (2001). Spontaneous vegetation succession in human-disturbed habitats: a pattern across seres. *ppl. Veg. Sci.*, 4, 83–88.
- Řehoř, M. (2000). Geologické dějiny našeho regionu. *Zpravodaj Hnědé uhlí*, 1, 60 – 69.
- Řehoř, M. (2007). *Rekultivace krajiny postižené těžbou hnědé uhlí se zaměřením na tvorbu antropogenních půdních profilů*. Ph.D. thesis, TU Ostrava, Hornicko-geologická fakulta, Vysoká škola báňská.
- Řehoř, M., Ondráček, V., & Hendrychová, M. (2010a). Výzkum pokusných ploch ponechaných přirozené sukcesi a rekultivovaných různými typy zúrodnitelných zemin na lokalitách severočeských dolů a.s. *Sborník konference Hornická Příbram ve vědě a technice*, 10, 1 – 11.
- Řehoř, M., Ondráček, V., & Šálek, M. (2009). Přínos výzkumných projektů pro rekultivační praxi severočeských dolů, a.s. chomutov. *Sborník symposia Hornická Příbram ve vědě a technice*, (pp. 1–7).
- Řehoř, M., Tauber, J., Chytka, L., & Šafářová, M. (2010b). Výsledky výzkumu v oblasti rekultivační problematiky dosažené v roce 2010. *VUHU*, 12/2010.
- Řehounková, K., & Prach, K. (2006). Vegetation succession over broad geographical scales: which factors determine the patterns? *Preslia*, 78, 469–480.

Literatura

- Schmidt, P., Kusý, J., Šašek, P., & Řehoř, M. (2010). *Interní metodické postupy laboratoře č. 1078 - platnost do 2011*. VÚHU a.s., Most, Český institut pro akreditace, Praha.
- Štýs, S. (1981). *Rekultivace území postižených těžbou nerostů*. Nakladatelství technické literatury.
- Štýs, S. (1995). *Zelené proměny černého severu*. Bílý slon, Praha.
- Tischew, S. (2004). *Renaturierung nach dem Braunkohleabbau*. Teubner, Stuttgart, 1. Aufl. ed.
- Vráblíková, J., Seják, J., Dejmal, I., & Neruda, M. (2007). *Možnosti trvale udržitelného hospodaření v antropogenně postižené krajině*. Univerzita J. E. Purkyně v Ústí nad Labem.
- Vráblíková, J., Seják, J., & Vráblík, P. (2009). *Metodika Revitalizace Krajiny v Postižených Regionech Podkrušnohoří*. Univerzita J. E. Purkyně v Ústí nad Labem.
- Vráblíková, J., & Slavík, L. (1994). *Základy pedologie a ochrany půdního fondu*. Univerzita J. E. Purkyně v Ústí nad Labem.
- Vráblíková, J., & Vráblík, P. (2002). *Obnova funkce krajiny po těžbě uhlí*. *Česko-slovenská bioklimatologická konference*.
- Young, T. P., Petersen, D. A., & Clary, J. J. (2005). The ecology of restoration: historical links, emerging issues and unexplored realms. *Ecology Letters*, 8, 662–673.
- Zelenka, O. (1979). *Geologické a mineralogické vycházky západní části Severočeského kraje*, vol. 1. Krajské muzeum Teplice.
- Zelený, V. (1999). *Rostliny Bílinska*. Grada Publishing, Prague.
- Zerbe, S., & Wiegleb, G. (2009). *Renaturierung von Ökosystemen in Mitteleuropa*. Spektrum.
- Žižka, L., & Halíř, J. (2011). Výsledky měření pórových tlaků v tělese radovesické výsypky a indikace možných varovných stavů. *Zpravodaj Hnědé uhlí*, 1(1), 21 – 28.

A

Příloha A.

A.1. Celkový přehled naměřených pedologických dat

A.

Tabulka A.1.: Chemicko-pedologické vlastnosti zemín pokusné plochy Radovesice I, plocha S1.

Sonda S1	Nc (%)	org.	CaCO ₃ (%)	pH	přijateľné živiny (mg.kg ⁻¹)			sorpční schopnost			Datum měření čtvrtletí 2010
		látky		KCl	P	K	Mg	S	T	V	
		Cox (%)						mmol/100 g		(%)	
0,00-0,30	0,07	1,2	9,3	7,6	2	175	432	16	16	100	1.
0,00-0,30	0,09	1,1	7,9	7,5	1	183	426	16	16	100	2.
0,00-0,30	0,08	1,3	8,5	7,6	1	195	470	18	18	100	3.
0,00-0,30	0,09	1,1	8,8	7,6	1	212	495	18	18	100	4.
průměr	0,083	1,175	8,625	7,575	1,25	191,3	456	17	17	100	
směrodatná odchylka	0,008	0,0829	0,50683	0,0433	0,433	13,94	28,3	1	1	0	
0,30-0,90	0,03	0,4	28,5	8,1	0	180	285	14	14	100	1.
0,30-0,90	0,04	0,5	24,2	7,9	0	185	310	15	15	100	2.
0,30-0,90	0,04	0,5	25,5	7,9	1	180	315	15	15	100	3.
0,30-0,90	0,05	0,5	23,2	7,9	1	190	290	15	15	100	4.
průměr	0,04	0,475	25,35	7,95	0,5	183,8	300	14,75	14,75	100	
směrodatná odchylka	0,007	0,409	9,25308	2,3171	0,567	53,12	132	4,674	4,674	30	
pod 0,90	0,01	1,3	2,3	6,9	0	175	260	8	8	100	1.
pod 0,90	0,01	1	3	7,4	0	170	230	8	8	100	2.
pod 0,90	0,01	0,9	4	7	0	180	225	8	8	100	3.
pod 0,90	0,01	1	4,5	7	0	200	235	8	8	100	4.
průměr	0,01	1,05	3,45	7,075	0	181,3	238	8	8	100	
směrodatná odchylka	0	0,15	0,85586	0,192	0	11,39	13,5	0	0	0	

A.1. Celkový přehled naměřených pedologických dat

Tabulka A.2.: Chemicko-pedologické vlastnosti zemín pokusné plochy Radovesice I, plocha S2.

Sonda S2	Nc (%)	org. látky Cox (%)	CaCO ₃ (%)	pH KCl	přijatelné živiny (mg.kg ⁻¹)			sorpční schopnost			Datum měření čtvrtletí 2010
					P	K	Mg	S	T	V	
								mmol/100 g		(%)	
0,00-0,20	0,06	1,1	8,6	7,4	3	205	470	15	15	100	1.
0,00-0,20	0,07	1,3	8,8	7,4	1	210	440	15	15	100	2.
0,00-0,20	0,08	1,5	6,7	7,5	2	212	495	16	16	100	3.
0,00-0,20	0,08	1,4	6,5	7,3	1	225	510	17	17	100	4.
průměr	0,0725	1,325	7,65	7,4	1,75	213	478,8	15,75	15,8	100	
směrodatná odchylka	0,00829	0,1479	1,055	0,07	0,83	7,38	26,55	0,829	0,83	0	
0,20-0,80	0,02	0,2	19,2	8,2	0	145	212	12	12	100	1.
0,20-0,80	0,03	0,4	22,5	7,8	0	135	290	11	11	100	2.
0,20-0,80	0,02	0,3	20,3	8,1	1	155	310	13	13	100	3.
0,20-0,80	0,03	0,4	20,3	8	1	175	305	14	14	100	4.
průměr	0,025	0,325	20,58	8,03	0,5	153	279,3	12,5	12,5	100	
směrodatná odchylka	0,005	0,0829	1,199	0,15	0,5	14,8	39,52	1,118	1,12	0	
pod 0,80	0	1,7	3,1	6,5	0	120	205	8	8	100	1.
pod 0,80	0,01	2,1	3,3	6,9	0	130	225	9	9	100	2.
pod 0,80	0,01	0,8	4,6	7	0	135	265	8	8	100	3.
pod 0,80	0	1,3	4,6	6,8	0	240	260	8	8	100	4.
průměr	0,005	1,475	3,9	6,8	0	156	238,8	8,25	8,25	100	
směrodatná odchylka	0,005	0,4815	0,704	0,19	0	48,7	24,84	0,433	0,43	0	

A.

Tabulka A.3.: Chemicko-pedologické vlastnosti zemin pokusné plochy Radovesice XVII A, plocha S3.

Sonda S3	Nc (%)	org.	CaCO ₃ (%)	pH	přijatelné živiny (mg.kg ⁻¹)			sorpční schopnost			Datum měření čtvrtletí 2010
		látky		KCl	P	K	Mg	S	T	V	
		Cox (%)						mmol/100 g		(%)	
0,00-0,60	0,06	2,3	0,5	6,9	1	220	750	16	16	100	1.
0,00-0,60	0,06	2,4	0,7	6,9	2	225	820	16	16	100	2.
0,00-0,60	0,06	2,4	0,8	6,9	2	230	840	17	17	100	3.
0,00-0,60	0,07	2,6	0,8	6,9	3	235	880	17	17	100	4.
průměr	0,063	2,425	0,7	6,9	2	227,5	823	16,5	16,5	100	
směrodatná odchylka	0,004	0,109	0,12247	0	0,707	5,59	47,1	0,5	0,5	0	

Tabulka A.4.: Chemicko-pedologické vlastnosti zemin pokusné plochy Radovesice XVII A, plocha S4.

Sonda S4	Nc (%)	org.	CaCO ₃ (%)	pH	přijatelné živiny (mg.kg ⁻¹)			sorpční schopnost			Datum měření čtvrtletí 2010
		látky		KCl	P	K	Mg	S	T	V	
		Cox (%)						mmol/100 g		(%)	
0,00-0,60	0	0,9	0,2	5,8	0	126	280	6	6	100	1.
0,00-0,60	0	0,8	0,2	5,8	0	110	310	7	7	100	2.
0,00-0,60	0,01	1,1	0,3	5,7	1	125	295	7	7	100	3.
0,00-0,60	0,01	1,2	0,2	6	1	130	311	7	7	100	4.
průměr	0,005	1	0,225	5,825	0,5	122,75	299	6,75	6,75	100	
směrodatná odchylka	0,005	0,158	0,0433	0,109	0,5	7,5952	12,67	0,433	0,433	0	

A.2. Celkový přehled fytoecnologického snímkování

A.

plocha 1, Radovesice I, 30.4.2011	30.04.2011	N 50°33.669', E 13°48. 772'
E1	E2	E3
<i>Agrimonia eupatoria</i> - r	<i>Quercus petrea</i> - 1	<i>Fraxinus excelsior</i> - 2
<i>Achillea millefolium</i> - +	<i>Acer pseudoplatanus</i> - 1	<i>Acer pseudoplatanus</i> - 2
<i>Astragalus glycyphyllos</i> - 1	<i>Alnus glutinosa</i> - 1	<i>Pinus nigra</i> - 2
<i>Avenella flexulosa</i> - +	<i>Crataegus sp.</i> - +	<i>Tilia cordata</i> - 2
<i>Cardus acanthiodes</i> - r	<i>Rosa canina</i> - 1	
<i>Carpinus betulas</i> - 1		
<i>Cerastion holosteoides</i> - +		
<i>Cornus sanguinea</i> - +		
<i>Crataegus sp.</i> - +		
<i>Dactylis glomerata</i> - 1	Plocha 1, rekultivace	
<i>Daucus carota</i> - 1	Pokryvnost E1 - 90%	
<i>Festuca rubra agg.</i> - 1	Pokryvnost E2 - 15%	
<i>Fragaria vesca</i> - 2	Pokryvnost E3 - 30%	
<i>Holcus lanatus</i> - +		
<i>Lactuca triola</i> - +		
<i>Larix decidua</i> - r		
<i>Leontodon hispidus</i> - 1		
<i>Lepidium campestre</i> - +		
<i>Ligustrum vulgare</i> - +		
<i>Medicago lupulina</i> - 2		
<i>Medicago sativa</i> - 2		
<i>Picea abies</i> - r		
<i>Picris hieracioides</i> - +		
<i>Plantago lanceolata</i> - r		
<i>Poa pratensis agg.</i> - 2		
<i>Quercus petraea</i> - 1		
<i>Rubus fruticosus sp.</i> - +		
<i>Solidago canadensis</i> - 1		
<i>Sorbus aucuparia</i> - r		
<i>Taraxacum s. erythrosperma</i> - +		
<i>Taraxacum sect. Ruderalia</i> - 1		
<i>Tussilago farfara</i> - r		
<i>Vicia angustifolia</i> - +		
<i>Vicia hirsuta</i> - 1		
<i>Vicia tetrasperma</i> - 1		

A.2. Celkový přehled fytocenologického snímkování

plocha 2, Radovesice I	30.04.2011	N 50°33.608', E 13°48.496'
E1	E2	E3
<i>Achillea millefolium</i> - +	<i>Acer pseudoplatanus</i> - 2	<i>Acer pseudoplatanus</i> - 2
<i>Astragalus glycyphyllos</i> - 1	<i>Alnus glutinosa</i> - 1	<i>Betula pendula</i> - 1
<i>Avenula flexulosa</i> - 1	<i>Betula pendula</i> - 1	<i>Pinus nigra</i> - 2
<i>Calamagrostis epigejos</i> - 2	<i>Carpinus betula</i> - 2	<i>Tilia cordata</i> - 1
<i>Cerastium holosteoides</i> - +	<i>Cornus sanguinea</i> - +	
<i>Cirsium arvense</i> - 1	<i>Fraxinus excelsior</i> - +	
<i>Dactylis glomerata</i> - +	<i>Pinus nigra</i> - +	
<i>Daucus carota</i> - 1	<i>Populus tremula</i> - 1	
<i>Euphorbia cyparissias</i> - 1	<i>Rosa canina</i> - +	
<i>Festuca rubra</i> agg. - +	<i>Sorbus aucuparia</i> - +	
<i>Leontodon hispidus</i> - 2		
<i>Ligustrum vulgare</i> - r		
<i>Lotus corniculatus</i> - +		
<i>Medicago lupina</i> - +		
<i>Medicago sativa</i> - 3		
<i>Picris hieracioides</i> - +	Plocha 2, rekultivace	
<i>Poa pratensis</i> - 1	Pokryvnost E1 - 80%	
<i>Potentilla anserina</i> - +	Pokryvnost E2 - 30%	
<i>Rosa canina</i> - r	Pokryvnost E3 - 30%	
<i>Salix caprea</i> - +		
<i>Solidago virgaurea</i> - r		
<i>Taraxacum s. erythrosperma</i> - 1		
<i>Taraxacum</i> sect. <i>Ruderalia</i> - 1		
<i>Tussilago farfara</i> - 1		
<i>Vicia angustifolia</i> agg. - 1		
<i>Vicia sepium</i> - +		
<i>Viola riviniana</i> - r		

A.

plocha 3, sukcese Rad. XVIIIA	30.04.2011	N 50°38.468', E 13°49.969'
E1	E2	E3
<i>Acer platanoides</i> - r	<i>Betula pendula</i> - 2	<i>Betula pendula</i> - 2
<i>Astragalus glycyphyllos</i> - 1	<i>Salix caprea</i> - 1	<i>Populus canadensis</i> - 2
<i>Betula pendula</i> - 1		<i>Salix caprea</i> - 2
<i>Calamagrostis epigejos</i> - 2		
<i>Carpinus avium</i> ef. - +		
<i>Crataegus</i> sp. - +		
<i>Daucus carota</i> - +		
<i>Epilobium angustifolia</i> eg. - r		
<i>Epilobium</i> sp. - +		
<i>Festuca rubra</i> agg. - 1		
<i>Fragaria vesca</i> - +		
<i>Geum urbanum</i> - +		
<i>Hieracium</i> - +		
<i>Chaerophyllum temulum</i> - r		
<i>Lotus corniculatus</i> - +	Plocha 3, sukcese	
<i>Phragmites australis</i> - 1	Pokryvnost E1 - 90%	
<i>Picea abies</i> - +	Pokryvnost E2 - 25%	
<i>Pinus sylvestris</i> - r	Pokryvnost E3 - 25%	
<i>Prunus avium</i> ef. - r		
<i>Pyrola minor</i> - 1		
<i>Quercus petraea</i> - +		
<i>Rosa canina</i> - r		
<i>Rubus fruticosus</i> agg. - +		
<i>Sorbus aucuparia</i> - r		
<i>Taraxacum</i> sect. <i>ruderalia</i> - 1		
<i>Trifolium repens</i> - +		
<i>Tussilago farfara</i> - 1		
<i>Veronica officinalis</i> - r		
<i>Vicia hirsuta</i> - r		

A.2. Celkový přehled fytocenologického snímkování

plocha 4, sukcese Rad. XVIIIA	30.04.2011	N 50°38.468', E 13°49.969'
E1	E2	E3
<i>Calamagrostis arundinacea</i> - +	<i>Picea abies</i> - +	<i>Betula pendula</i> - 2
<i>Calamagrostis epigejos</i> - 2	<i>Betula pendula</i> - 2	<i>Salix caprea</i> - 1
<i>Cardus acanthioides</i> - r	<i>Salix caprea</i> - 1	
<i>Cirsium arvense</i> - r		
<i>Cornus sanguinea</i> - r		
<i>Crataegus sp.</i> - r		
<i>Epilobium sp.</i> - +		
<i>Festuca ovina</i> - 1		
<i>Festuca rubra</i> agg. - 1		
<i>Fragaria vesca</i> - 1		
<i>Hieracium</i> - +		
<i>Chaerophyllum temulum</i> - +		
<i>Leontodon hispidus</i> - +	Plocha 4, sukcese	
<i>Poa sp.</i> - +	Pokryvnost E1 - 50%	
<i>Quercus robur</i> - r	Pokryvnost E2 - 15%	
<i>Rosa canina</i> - r	Pokryvnost E3 - 30%	
<i>Solidago canadensis</i> - 1		
<i>Taraxacum sect. ruderalia</i> - 1		
<i>Tripleurospermum inodorum</i> - +		
<i>Tussilago farfara</i> - 1		