

Rekultivace oblasti Severočeských dolů, a.s. v roce 2008 – výsledky výzkumných a průzkumných prací

1 Úvod

Akciová společnost Severočeské doly, a.s. Chomutov je dnes největší těžební společností České republiky. Důležitou součástí její činnosti je pochopitelně i rekultivace rozsáhlých oblastí poškozených těžbou hnědého uhlí.

Dnešními úkoly rekultivací Severočeských dolů, a.s. je zefektivnění rekultivačních prací využitím místně dostupných zúrodnitelných hornin a dalších materiálů při zachování maximální šetrnosti k přírodnímu prostředí. Těžební i rekultivační práce Severočeských dolů, a.s. přitom probíhají ve dvou geologicky značně odlišných oblastech. Jde o Doly Nástup Tušimice s těžební lokalitou důl Libouš a Doly Bílina s těžební lokalitou důl Bílina. Z odlišného charakteru skrývkových hornin obou těžebních lokalit vyplývají různé požadavky na rekultivaci jednotlivých ploch. V případě oblasti Dolů Bílina je hlavním problémem výskyt extrémně kyselých fyto toxických ploch tvořených skrývkovými horninami ze souvrství uhelných sloj, zatímco v případě oblasti Dolů Nástup Tušimice výskyt sterilních ploch tvořených horninami extrémně zrnitostně těžkými /2/.

Metodika výzkumu zájmových ploch a vlastních rekultivačních prací popsána v tomto článku vychází z filozofie rekultivací lokalit Severočeských dolů. Je založená na znalosti vlastností skrývkových hornin a detailním průzkumu každé rekultivované lokality prováděném ve spolupráci Severočeských dolů, a.s., Výzkumného ústavu pro hnědé uhlí, a.s. Most, Výzkumného ústavu meliorací a ochrany půdy Praha a Zemědělské university Praha /1/.

Předkládaný příspěvek shrnuje současný stav výzkumných prací na rekultivovaných lokalitách Severočeských dolů a.s., hodnotí výsledky průzkumných prací a provozně i pokusně využívané moderní rekultivační metody. Jde zejména o aplikaci zúrodnitelných zemin, organických hmot, bentonitových sorbentů a produktů spalování uhelné hmoty. V závěru příspěvku je uvedena navrhovaná metodika technické rekultivace a aplikace zúrodnitelných zemin na různých typech stanovišť.

Práce vznikla s podporou Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy ČR v rámci výzkumného záměru č. MSM 4456918101 a grantového projektu Grantové agentury České republiky č. 105/06/0124.

2 Metodika výzkumu rekultivovaných lokalit Severočeských dolů a.s.

Cílem výzkumu realizovaného v oblasti Severočeských dolů a.s. bylo především důkladné zmapování výsypkových lokalit hnědouhelných pánví a nalezení jednotlivých zájmových ploch s potenciální potřebou ochrany a zpřístupnění místních ekosystémů. V první etapě řešení došlo ke shromáždění veškerých dostupných údajů. Na to navázalo mapování pedologického charakteru svrchního horizontu výsypkových lokalit a výběr zájmových ploch v rekultivovaných i nerekulitovaných lokalitách, doplňující průzkum těchto ploch, založení jejich dokumentace a zjištění návaznosti na územní systémy ekologické stability. V současnosti je připravován návrh způsobu ochrany, propagace a zpřístupnění sukcesních ploch a jsou prováděny technické práce při dokončování geologických parků /5/.

Souběžně probíhal výzkum lokalit zúrodnitelných zemín využitelných při rekultivaci lokalit Severočeských dolů a.s. Důraz byl kladen na jílovcové sorbenty.

Řešení již dnes umožňuje zefektivnění metod technické a biologické rekultivace, které budou dlouhodobě využívány i v rekultivační praxi. Navíc jsou zachraňovány často unikátní ekosystémy spontánně vznikající ve specifických podmínkách výsypkových lokalit. Hlavním výsledkem výzkumných prací je však návrh metodiky technické rekultivace a aplikace zúrodnitelných zemín na lokalitách Severočeských dolů a.s.

Zájmová oblast Severočeské pánve je ukázána na obrázku č. 1.

3 Výzkum lokalit a parametrů zúrodnitelných zemín využitelných při rekultivacích lokalit Severočeských dolů a.s.

Pro stanovení optimální metodiky tvorby půdních profilů je nutná dobrá znalost dostupných rekultivačních aditiv, která lze zapravit do povrchu rekultivovaných lokalit.

Zeminy využitelné pro rekultivační účely se nacházejí zejména v kvartérních vrstvách, objevují se však také ojediněle v souvrství uhelných slojí (oxihumolity) a častěji v jeho podloží. V terciérním nadložním souvrství je jejich výskyt méně významný. Pro jejich racionální využití je důležité, aby se vyskytovaly v horizontech selektivně dobývaných jako skrývka.

Nejvýznamnějšími zemínami využívanými pro rekultivační účely jsou ornice, spraše a sprašové hlíny, slínovce a bentonity. Podstatně menší je význam organických hmot, s výjimkou kompostů, jejichž význam stále roste /4/.

3.1 Výzkum kvartérních zúrodnitelných zemín

Hlavními kvartérními zemínami využívanými na lokalitách Severočeských dolů jsou ornice, spraše a sprašové hlíny.

Ornice

Ornice tvoří v zájmovém území Severočeských dolů v předpolí povrchových dolů Bílina a Libouš zpravidla nespojitě polohy o mocnosti 0,2 – 0,45 m (vyjímečně až 1 m. Ornice je přímo využitelná pro zemědělskou rekultivaci, takže je při těžbě skrývkových hornin selektivně deponována. Svými vlastnostmi se nijak podstatněji neliší od ornice z jiných lokalit.

Tato kategorie zúrodnitelných zemin představuje nejcennější půdotvorné substráty kvartérního geologického původu, které by měly být využívány výhradně pro zemědělské rekultivační účely.

Výsledky analýzy směsného vzorku ornice z předpolí povrchového dolu Bílina udává následující tabulka č. 1.

Tabulka č. 1: Chemicko-pedologické vlastnosti směsného vzorku ornice

Ornice -předpolí dolu Bílina	Nc (%)	org. látky Cox (%)	CaCO ₃ (%)	pH KCl	přijatelné živiny (mg.kg ⁻¹)			sorpční schopnost		
					P	K	Mg	S	T	V
								mmol/100 g		(%)
směsný	0,18	2,2	2,11	6,5	11	455	912	20	20	100

Ornice je zpravidla zrnitostně vyrovnaná, obsah frakce pod 0,01 mm se pohybuje v rozmezí 30% - 50%. Je pro ní charakteristické zastoupení křemene, kaolinitu, illitu, stop živce, kalcitu, ojediněle montmorillonitu.

Spraše a sprašové hlíny

Spraše a sprašové hlíny se vyskytují v předpolí dolu Bílina. Tvoří zde nespojitě polohy o mocnosti do 2 m, převážně však do 1 m. V podmínkách lokalit Dolů Bílina jsou velmi často využívány jako rekultivační aditivum při lesnické i zemědělské rekultivaci. Při vyhledávání jejich akumulací a následné selektivní těžbě nelze prakticky oddělit spraše od sprašových hlín.

Sprašové hlíny tvoří nejrozšířenější kategorii kvartérních půdních substrátů, která je v současné době využitelná pro potřeby lesnických rekultivací. Od pravých spraší se liší zejména nižším obsahem CaCO₃, zrnitostním složením a zastoupením jílových minerálů (převažuje kaolinit). Texturálně těžší sprašové hlíny (převažuje podíl jílovitých částic) se vyznačují již nepříznivými fyzikálními i hydrofyzikálními půdními vlastnostmi. Ve většině případů se jedná o zeminy jílovitohlinité, slabě alkalické, slabě vápnité (1-3% CaCO₃), popřípadě i zcela odvápněné. Za nízký lze označit obsah přijatelného fosforu i organické hmoty.

Spraše tvoří rekultivačně vysoce využitelné zeminy kvartérního geologického původu. V zrnitostním složení spraší převažuje podíl prachových částic nad jílovitými. Půdní reakce je slabě alkalická, obsah CaCO₃ se vždy pohybuje nad 5%. Sorpční schopnost horniny vykazují střední až vysokou v závislosti na výskytu jílových minerálů. Obsah přijatelných živin (tj. fosforu, draslíku a hořčíku) i organické hmoty je srovnatelný se sprašovými hlínami.

Výsledky analýzy směsného vzorku spraše a sprašové hlíny z předpolí povrchového dolu Bílina udává následující tabulka č. 2.

Tabulka č. 2: Chemicko-pedologické vlastnosti směsného vzorku spraše a sprašové hlíny

Spraše a sprašové hlíny -důl Bílina	Nc (%)	org. látky Cox (%)	CaCO ₃ (%)	pH KCl	přijatelné živiny (mg.kg ⁻¹)			sorpční schopnost		
					P	K	Mg	S	T	V (%)
								mmol/100 g		
směsný	0,0š	1,1	3,3	7,3	3	260	840	14	14	100

Spraše a sprašové hlíny jsou zpravidla zrnitostně vyrovnané, prachová frakce převládá nad jílovou. Obsah frakce pod 0,01 mm se pohybuje v rozmezí 35% - 55%. U sprašových hlín předpolí Dolů Bílina se v některých případech vyskytuje vyšší podíl jílové složky, což zrnitostní složení nepříznivě ovlivňuje.

Pro spraše a sprašové hlíny je charakteristické zastoupení křemene, kaolinitu, illitu, kalcitu a stopových obsahů montmorillonitu.

Tato surovina je v předpolí dolu Bílina již prakticky vyčerpaná.

3.2 Výzkum terciérních jílovcových sorbentů

Jílovcové sorbenty jsou velmi vhodné pro rekultivaci fytotoxických ploch kontaminovaných uhelnou hmotou, které se na lokalitách Severočeských dolů, a.s. dosti často vyskytují. V této kapitole je uvedeno stručné hodnocení vlastností jílovcových sorbentů severočeské a sokolovské pánve, bližší charakteristika bentonitových ložisek severočeské pánve a zeolitových ložisek sokolovské pánve.

Na základě vyhodnocení této etapy výzkumu se jako potenciálně využitelné jeví pouze montmorillonitické nadložní jílovce lomu Libouš, bentonity lokalit Černý vrch a Rokle a analcimové jílovce z lomu Družba.

Je třeba konstatovat, že s výjimkou montmorillonitických nadložních jílovců lomu Libouš nejde o doprovodné suroviny při těžbě hnědého uhlí na lokalitách Severočeských dolů a.s. Proto je jejich využití do značné míry limitováno nákupní cenou.

3.2.1 Nadložní montmorillonitické jílovce lomu Libouš

Na lomu Libouš se vyskytují při svrchním horizontu terciéru pod žlutými jíly. Tento horninový typ tvoří zejména jíly, jílovce až prachovité jílovce hnědé, žlutohnědé až šedohnědé barvy. Jsou jemnozrnné, v mineralogickém složení převládá křemen, montmorillonit, kaolinit, illit a stopy živců. Mají velmi dobré chemicko – pedologické vlastnosti. Jejich sorpční schopnosti lze označit jako výborné. Lze je přímo využít pro lesnickou rekultivaci. Doporučuje se aplikace kompostu nebo průmyslového hnojiva k jednotlivým sazenicím jako doplňující rekultivační opatření.

3.2.2 Charakteristika ložisek bentonitů v oblasti severočeské pánve

Ložiska bentonitu se jeví jako nejvýznamnější přírodní jílovcové sorbenty severočeské pánve. Proto je jim věnována v příspěvku větší pozornost.

Ložisko bentonitu Černý vrch

Ložisko bentonitu Černý vrch se nachází asi 1 km od dnes již vytěženého klasického braňanského ložiska. Spolu s Roklí u Kadaně jde dnes o nejvýznamnější ložisko v severočeské pánvi.

Lokalita je vázána na terciární vulkanodetritické souvrství z podloží uhelné sloje. Je tvořena převážně zjílovělými tufy, v okrajových částech byla matečnou horninou rozvětralá vulkanická hornina. Na ložisku (zejména při jeho bázi) se vyskytuje vysoce kvalitní, modravý až modrozelený bentonit. Většina ložiska je tvořena bentonitem žlutozeleným až žlutohnědým. Surovina je využitelná jako bělicí hlínka (nejkvalitnější bentonit), pro slévárenské účely a v poslední době zejména pro výrobu kočkolitu. Ložisko Černý vrch přechází v ložisko Střimice, v současnosti těžená lokalita je označována vlastníkem (firma Keramost, a.s.) jednotně jako Černý vrch. Těžený bentonit je tvořen převážně montmorillonitem, hlavní příměs tvoří kaolinit, v menší míře se může vyskytnout siderit, illit a křemen.

Situaci lokality ukazuje obrázek č. 2.

Ložisko bentonitu Rokle u Kadaně

Ložisko bentonitu Rokle se nachází asi 3 km jižně od Kadaně, na severním úpatí vulkanického hřbetu, vybíhajícího z Doupovských hor. Bentonity ložiska lze odvodit od tufů, tufitů a tufitických jílovců.

Hlavní surovinou na ložisku je bentonit vyhovující pro slévárenské účely. Jeho průměrná mocnost je cca 24 m. Pod bentonitem je ložisko kaolinitu o průměrné mocnosti 15 m.

Vlastníkem ložiska je rovněž firma Keramost a.s. Těžený bentonit je tvořen převážně montmorillonitem, hlavní příměs tvoří kaolinit, v menší míře se může vyskytnout siderit, dolomit, illit, živec a křemen.

Situaci lokality ukazuje obrázek č. 3.

Tabulka č. 3: Chemicko-pedologické vlastnosti vzorků bentonitu

situace odběru vzorku	Nc (%)	org. látky Cox (%)	CaCO ₃ (%)	pH KCl	přijatelné živiny (mg.kg ⁻¹)			sorpční schopnost		
					P	K	Mg	S	T	V (%)
								mmol/100 g		
Cerný vrch ¹⁾	0,03	0,5	8,8	8,3	5	421	2765	38	38	100
Cerný vrch ²⁾	0,01	1,1	4,1	8,1	2	248	944	22	22	100
Rokle	0,02	1,0	5,6	7,9	1	255	1876	24	24	100

1) – vysoce kvalitní modrozelený bentonit (směsný vzorek)

2) – žlutočervený bentonit pravděpodobně nižší kvality (směsný vzorek)

3.2.3 Charakteristika ložiska analcimového jílovce v oblasti lomu Družba

Lom Družba se nachází ve východní části sokolovské pánve. Podložní horniny tvoří žuly karlovarského masivu, často intenzivně kaolinicky zvětralé. První etapu pánevní sedimentace tvoří eocenní starosedelské souvrství. Jde o proměnlivý soubor diagonálně zvrstvených, poměrně dobře vytříděných, převážně asi říčních sedimentů o mocnosti zhruba do 40 m, místy silicifikovaných. Druhou sedimentační etapou je vulkanosedimentární komplex (oligocén – spodní miocén). V této etapě došlo k vytvoření sedimentačního prostoru sokolovské pánve a uložení tohoto komplexu. Počátkem uhelné sedimentace je souvrství sloje Josef (oligocén - rupel). Dle nové stratigrafické klasifikace P. Rojíka /3/ je zahrnuto do vulkanosedimentárního komplexu. Vulkanogenní (vulkanodetritické) souvrství (rupel - eger) přechází z podložní jednotky plynule bez přerušení sedimentace. Jeho mocnost celkově stoupá východním směrem. Ve výplni sokolovské pánve lze najít široké spektrum hornin od čistě výlevných a vulkanoklastických přes smíšené uloženiny až po sedimenty. Hlavní hnědouhelné souvrství (eggenburg) se vyvíjelo z podloží plynule bez přerušení sedimentace. Nejspodnější uhelná sloj Anežka a střední tzv. meziložní sloj v oblasti lomu Družba nejsou vyvinuté. Těženou slojí je zde sloj Antonín o mocnosti až cca 40 m. Dle nové stratigrafické klasifikace P. Rojíka /3/ jsou miocenní vulkanity a hlavní hnědouhelné souvrství sloučeno do sokolovského souvrství.

Cyprisové souvrství (ottnang), nazvané podle ostrakodů *Cypris angusta Reuss*, nasedá na uhelnou sloj Antonín konkordantně, bez hiátu, ale ostře. Spodní část cyprisového souvrství je tvořena kaolinitickými jíly. Svrchní část cyprisového souvrství je tvořena laminovanými jílovci s proměnlivým podílem jílových minerálů dvousíťových (kaolinit), trojsíťových (illit, montmorillonit, nontronit) a čtyřsíťových (chlorit).

Na svrchní část cyprisového souvrství je vázáno ložisko zeolitových jílovců. Makroskopicky je velmi obtížně odlišitelné od okolních cyprisových jílovců. Jde o zelenošedé, často slídnaté jíly až jílovce. V jejich mineralogickém složení převládají analcim, montmorillonit, křemen, kaolinit a illit, častou příměs tvoří siderit a slídy. Zeolit analcim je v některých případech dominantním minerálem. Jde o jemnozrné horniny, které se vyznačují výbornými chemicko – pedologickými vlastnostmi a velmi vysokou sorpční kapacitou, jejich rekultivační využitelnost je vynikající /4/.

Tabulka č. 4: Chemicko-pedologické vlastnosti vzorku analcimového jílovce

situace odběru vzorku	Nc (%)	org. látky Cox (%)	CaCO ₃ (%)	pH KCl	přijatelné živiny (mg.kg ⁻¹)			Sorpční schopnost		
					P	K	Mg	S	T	V (%)
								mmol/100 g		
Lom Družba	0,01	0,5	4,6	7,8	5	386	1234	32	32	100

4 Výsledky výzkumu pokusných ploch na lokalitách Severočeských dolů a.s.

V této kapitole jsou shrnuty výsledky výzkumu pokusných ploch založených na lokalitách Severočeských dolů a.s. Jde o plochy založené v oblastech rekultivovaných pomocí zúrodnitelných zemín, plochy pokusně rekultivované produkty spalování uhelné hmoty a plochy dočasně nebo trvale ponechané přirozené sukcesi.

4.1 Výsledky výzkumu pokusných ploch založených v oblastech rekultivovaných zúrodnitelnými zemínami

Cílem výzkumu tohoto typu pokusných ploch je hodnocení vlastností antropogenních půdních profilů a posouzení jejich dlouhodobých změn. Výsledkem výzkumu je upřesnění a zefektivnění metodiky aplikace zúrodnitelných hornin /5/. V oblasti Severočeských dolů, a.s. probíhá výzkum na plochách Střimice II (aplikace bentonitu), Radovesice III (aplikace slínovců), vnitřní výsypka dolu Bílina II (aplikace sprašových hlín) a Želénky (rekultivace bývalé těžebny vypálených jílu – aplikace organických hmot). Metodika výzkumu pokusných ploch je ukázána na příkladu plochy Střimice II.

Hodnocení pokusné plochy Střimice II

Rekultivace výsypky Střimice byla první akcí v oblasti SHP, při níž byly využity ve velkém měřítku zúrodnitelné zeminy.

Výsypka je situována severovýchodně od města Most. Byla zakládána v letech 1959-1973. Rozloha náhorní plošiny výsypky je 160 ha a nadmořská výška dosahuje 330 m. n. m. Původní lesnická rekultivace byla provedena v roce 1967. Vzhledem k nepříznivým změnám povrchové zóny výsypky výsadba prakticky vyhynula. Současně se projevil značný vliv erozních jevů. V roce 1974 byly využity k rekultivaci bentonity z lomu Černý vrch. Vrstva navážených bentonitických zemín byla stanovena na 50 cm. Po zaorání bylo provedeno zatravnění a později zalesnění. V roce 1988 byla zahájena zemědělská rekultivace na části pláne výsypky o celkové výměře 89 ha.

Ve spolupráci Dolů Bílina a Výzkumného ústavu pro hnědé uhlí a.s. Most zde byla, na založené pokusné ploše, zjišťována úspěšnost nově zvolené metodiky rekultivace. Odběry vzorků probíhaly dlouhodobě na šesti sondážních stanovištích.

Svrchní vrstva je z mineralogického hlediska tvořena křemenem, kaolinitem, illitem a montmorillonitem. Občas se vyskytuje příměs živců a muskovitu. Chemismus je poměrně příznivý. Půdní reakce je neutrální, sorpce T střední až vysoká (dle obsahu bentonitu), obsah kalcitu kolísá. Obsah dusíku je nízký, obsah humusu střední. Obsah přijatelných živin je u fosforu nízký, u hořčíku a draslíku střední až vysoký. Ze zrnitostního hlediska jde o zeminy poněkud hrubozrnné, lze je charakterizovat jako písčitohlinité až hlinité. Pro rekultivační účely jsou přijatelné.

Střední vrstva je tvořena převážně bentonitem. V mineralogickém složení tomu odpovídá výraznější podíl montmorillonitu. Půdní reakce je slabě zásaditá, sorpce T

vysoká (s rostoucím obsahem montmorillonitu), roste obsah kalcitu. Obsah dusíku i humusu je nízký. Obsah přijatelných živin mírně stoupá oproti svrchní vrstvě. Ze zrnitostního hlediska jsou vzorky mírně hrubozrnné.

Původní materiál výsypky byl tvořen žlutými jíly s úlomky uhlí. Pro rekultivační účely byly krajně nevhodné. Výsledky potvrzují úspěšnost zvolené metody rekultivace výsypky Střimice. Odběrem a analýzou vzorků se na výsypce Střimice podařilo doložit vznik nově vytvořeného půdního profilu. Výsledky analýz odebraných vzorků dokládá následující tabulka č. 5.

Tabulka č. 5: Chemicko-pedologické vlastnosti zemín pokusné plochy

Sonda S1 -interval odběru (m)	Nc (%)	org. látky Cox (%)	CaCO ₃ (%)	pH KCl	přijatelné živiny (mg.kg ⁻¹)			sorpční schopnost		
					P	K	Mg	S	T	V (%)
								mmol/100 g		
1996										
0,00-,60	0,07	1,32	0,98	6,66	8	144	99	13,4	19,7	68
0,60-0,90	0,09	0,68	10,31	8,43	2	221	849	36,3	36,3	100
Pod 0,90	0,16	2,88	0,24	4,31	1	105	331	3,1	8,2	39
2001										
0,00-,60	0,07	1,24	0,98	6,79	10	190	102	16,1	16,1	100
0,60-0,90	0,07	0,68	9,93	8,23	1	218	949	32,2	32,2	100
Pod 0,90	0,15	2,94	0,24	4,50	1	103	304	4,2	8,4	50
2006										
0,00-,60	0,08	1,12	1,23	6,65	9	212	212	15,0	15,0	100
0,60-0,90	0,05	0,33	7,98	8,18	2	245	990	28,5	28,5	100
Pod 0,90	0,09	2,67	0,19	5,05	0	123	318	4,1	8,5	50

Vzhledem k ukončení rekultivace v osmdesátých letech 20. století byl v době výzkumných prací realizovaných v rámci této disertační práce půdní profil již stabilizovaný a rozdíly ve výsledcích analýz nejsou příliš patrné.

Rekultivace lokality Střimice je v současné době již dokončena. Na temeni výsypky slouží obyvatelům Mostu areál letiště o rozloze cca 90 ha obklopený zemědělskou rekultivací. Na svazích výsypky byla realizována lesnická rekultivace s turistickými stezkami. Situaci plochy ukazuje obrázek č. 1.

4.2 Výsledky výzkumu pokusných ploch rekultivovaných elektrárenskými stabilizáty a popely

Cílem výzkumu těchto pokusných ploch je opět hodnocení vlastností specifických typů antropogenních půdních profilů. Aplikace elektrárenských popelů a stabilizátů by se mohla uplatnit jako doplňková metoda při rekultivaci fytotoxických ploch. Dlouhodobě jsou zkoumány pokusné plochy vnitřní výsypka dolu Bílina I (pokusná aplikace elektrárenského stabilizátu) a Březno (pokusná aplikace elektrárenských popelů). V obou případech jde o plochy založené na lokalitách Severočeských dolů, a.s.

Metodika výzkumu pokusných ploch je ukázána na příkladu plochy vnitřní výsypka dolu Bílina

Hodnocení pokusné plochy vnitřní výsypka dolu Bílina

Pokusná plocha vnitřní výsypka dolu Bílina je situována na tělese výsypky v oblasti výskytu fyto toxických uhelných jílovců. Na tuto plochu byly v průběhu 90. let minulého století zakládány uhelné jílovce z úpravny uhlí Ledvice. Pokusná aplikace stabilizátu proběhla v roce 1996.

Na pokusné ploše byla testována aplikace elektrárenského stabilizátu na různé typy výsypkových zemin. Jedním z těchto typů byly extrémně kyselé (z rekultivačního hlediska sterilní) uhelné jílovce z úpravny uhlí Ledvice, které tvořily na výsypce rozsáhlou fyto toxickou plochu. Pro pokus byl využit stabilizát z elektrárny Ledvice, který je zde produktem odsíření. Cílem práce bylo posoudit možnosti zefektivnění technické rekultivace fyto toxických ploch.

Hodnota půdní reakce ve vodním výluhu činila u výše uvedených uhelných jílovců obvykle zhruba 3,8 – 4,5. Po aplikaci elektrárenského stabilizátu v dávce 600 t/ha byla zjištěna půdní reakce výsledné směsi zhruba 9-10. Z toho vyplynula potřeba optimalizovat dávky stabilizátu tak, aby bylo dosaženo půdní reakce výsledné směsi v rozmezí cca 6,5 – 7,5.

V rámci řešení byly nejprve odebrány vzorky čistého elektrárenského stabilizátu a uhelného jílovce, u nichž byla zjištěna hodnota půdní reakce ve vodním výluhu. Pak byla připravena laboratorní plocha o rozměrech 0,5 x 0,5 m (tedy 0,25 m²), do níž byly zapravovány různé dávky stabilizátu a následně zjišťována půdní reakce směsi. Zapravená dávka stabilizátu byla na závěr přepočítána na plochu 1 hektaru. Výsledky výzkumu uvádí následující tabulka č. 3. Vzorky byly odebrány ihned po aplikaci stabilizátu. Směsi A-F byly testovány na přítomnost rizikových stopových prvků, všechny vzorky vyhovují vyhlášce MŽP ČR číslo 13/1994 Sb. pro ostatní půdy.

Změny v hodnotách půdní reakce směsí A – F byly ověřovány v časovém intervalu dalším odběrem a analýzou vzorků (viz tabulka č. 6). Optimální dávkování se pohybuje v rozmezí 100 – 300 t/ha, pro další aplikaci lze doporučit dávku 200 tun na hektar.

Experiment prokázal podstatné zlepšení vlastností sterilních uhelných jílovců a metoda je i vzhledem k obrovské produkci stabilizátu velmi perspektivní. Před jejím praktickým využitím však budou třeba další, rozsáhlejší pokusy na větších plochách. Změny v hodnotách půdní reakce směsí A – F byly ověřovány po dvou letech dalším odběrem a analýzou vzorků. Výsledky udává tabulka číslo 6.

Tabulka č. 6.: Doporučené dávky stabilizátu a výsledné hodnoty půdní reakce

vzorek	dávka stabilizátu/1ha (t)	pH (H ₂ O)	pH (H ₂ O)	pH (H ₂ O)
		1999	2004	2007
čistý stabilizát	-	12,1		
A	600	9,63	8,52	8,30
B	500	8,86	8,00	7,60
C	400	8,57	7,80	7,30
D	300	8,12	7,50	7,10
E	200	7,25	7,20	7,10
F	100	7,00	7,00	7,00
uhelný jílovec	0	4,11		

4.4 Výsledky výzkumu pokusných ploch ponechaných přirozené sukcesi

Plochy ponechané přirozené sukcesi jsou pokusně zakládány v oblastech, kde se již začaly ve specifických podmínkách spontánně vyvíjet funkční ekosystémy, kde je potřebná ochrana a výzkum některých biologických, geologických a paleontologických jevů a kde lze v rámci celkové koncepce rekultivace výsypky předpokládat budoucí zpřístupnění ploch. V oblasti Severočeských dolů, a.s. probíhá výzkum pokusných ploch Radovesice I, Střimice I a Radovesice II.

Metodika výzkumu pokusných ploch je ukázána na příkladu plochy Radovesice I.

Hodnocení pokusné plochy Radovesice I

Na základě rozsáhlého průzkumu nerektivované části výsypky (cca 670 ha) spočívajícího v terénním mapování, hodnocení svrchního půdního profilu sondovací tyčí a laboratorních analýzách vybraných vzorků byly na lokalitě vybrány dvě poměrně rozsáhlé plochy navržené pro ponechání přirozené sukcesi. Výsypkové zeminy byly v oblasti pokusných ploch zakládány v období 1993 – 1997.

Sukcesní plocha 1 o rozloze 32 ha byla ohraničena v jižní části území. Převládajícím horninovým typem je zde heterogenní výsypková směs hnědého jílu, šedého jílovce a šedého písčitého jílovce se zvýšeným obsahem hnědého jílu. Objevují se i hnědošedé kaoliniticko – illitické jíly. Ve východní části plochy jsou významněji zastoupeny písčité horniny, které tvoří přirozenou hranici plochy. Vyskytuje se zde řada přirozených vodních ploch a mokřadů menšího rozsahu (viz obrázek č. 4)

Při hodnocení rostlinného zastoupení byla věnována pozornost pouze vyšším rostlinám jednoděložným a dvouděložným. Z jednoděložných rostlin se objevují převážně zástupci čeledi lipnicovitých (*Poaceae*). Vyskytují se zde kostřava luční (*Festuca pratensis*), kostřava červená (*Festuca rubra*), suchopýr (*Eriophorum* sp.), srha říznačka (*Dyctalis glomerata*), bojínek luční (*Phleum pratense*). V oblasti vodních nádrží a mokřadů převažují tyto emerzní rostliny: rákos obecný (*Phragmites*

australis), chřastice rákosovitá (*Phalaris arundinacea*), orobinec širokolistý (*Typha latifolia*), orobinec úzkolistý (*Typha angustifolia*), sítina rozkladitá (*Juncus effusus*). Z dvouděložných rostlin se zde vyskytují lopuch plstnatý (*Arctium tomentosum*), ostružiník křovitý (*Rubus fruticosus*), jitrocel kopinatý (*Plantago lanceolata*). V menší míře pak heřmánek pravý (*Matricaria chamomilla*), hluchavka nachová (*Lamium purpureum*), devěsíl lékařský (*Petasites hybridus*). Stromy nacházející se na dané ploše jsou vesměs náletové dřeviny a jejich druhové složení je prakticky shodné s druhovým složením okolních porostů. Mezi nejčastější zástupce patří bříza bělokorá (*Betula pendula*), bříza tuhá (*Betula lenta*), vrba jíva (*Salix caprea*), vrba křehká (*Salix fragilis*), topol osika (*Populus tremula*). Písečné duny nacházející se na hranicích obou ploch jsou dnes prakticky neobsazené rostlinstvem. Jen ve velmi malé míře se zde uplatňují někteří zástupci čeledi lipnicovité (*Poaceae*).

Při hodnocení živočišného zastoupení byli zjištěni hojní zástupci třídy hmyzu (*Insecta*), řádu ptáci (*Aves*) a savci (*Mammalia*). Mezi zástupce hmyzu vyskytujících se na této sukcesní ploše patří především tyto řády: brouci (*Coleoptera*) - čeledi kovaříkovití (*Elateridae*), střevlíkovití (*Carabidae*), slunéčkovití (*Coccinellidae*), tesaříkovití (*Cerambycidae*), mandelinkovití (*Chrysomelidae*); řád vážky (*Odonata*), řád motýli (*Lepidoptera*), řád síťokřídlí (*Neuroptera*), dvoukřídlí (*Diptera*), řád rovnokřídlí (*Orthoptera*) a řád blanokřídlí (*Hymenoptera*). Z ptáků (*Aves*) se zde nacházeli káně lesní (*Buteo buteo*), koroptev polní (*Perdix perdix*), bažant obecný (*Phasianus colchicus*), kos černý (*Turdus merula*), červenka obecná (*Erithacus rubecula*), pěnkava obecná (*Fringilla coelebs*). Z třídy savců byl zaznamenán výskyt zajíce polního (*Lepus europaeus*), hraboše (*Microtus arvalis*), prasete divokého (*Sus scrofa*), srnce obecného (*Capreolus capreolus*).

Plochu se doporučuje dlouhodobě ponechat přirozenému vývoji bez rekultivačních zásahů. Území by mělo být v budoucnu nadále sledováno a mělo by sloužit jako výzkumné území. Již nyní je zajímavé sledovat způsob jakým se některé druhy (zejména z říše rostlin) přizpůsobují danému, pro tyto druhy ne příliš typickému prostředí. S ohledem na situování plocha (spolu s plochou Radovesice II) poslouží též jako přirozený koridor pro pohyb živočichů při nezbytných technických pracích v okolních částech výsypky. Vlastnosti hornin svrchního horizontu pokusné plochy ukazuje tabulka č. 7.

Tabulka č. 7: Chemicko-pedologické vlastnosti zemín pokusné plochy

Sonda S1 -interval odběru (m)	Nc (%)	org. látky Cox (%)	CaCO ₃ (%)	pH KCl	přijatelné živiny (mg.kg ⁻¹)			sorpční schopnost		
					P	K	Mg	S	T	V (%)
								mmol/100 g		
2004										
0,00-0,90	0,05	2,1	0,4	6,8	2	184	724	15	15	100
2007										
0,00-0,90	0,06	2,2	0,5	7,0	2	214	815	16	16	100

5 Metodika tvorby antropogenních půdních profilů na jednotlivých typech stanovišť

Na základě dlouhodobého hodnocení půdních profilů pokusných ploch byl vytvořen návrh metodiky technické rekultivace a aplikace zúrodnitelných zemín na jednotlivých stanovištích oblasti severočeské pánve /5/.

5.1 Metodika tvorby antropogenních půdních profilů pro lesnickou rekultivaci

Metodika zahrnuje celou řadu variant vycházejících z chemicko – pedologických parametrů jednotlivých stanovišť.

Metodika tvorby antropogenních půdních profilů na fytotoxických zemínách – lesnická rekultivace

Fytotoxické zeminy jsou v podstatě skrývkové zeminy slojových vrstev. Většinou se jedná o heterogenní směs zemín texturně lehčích písčitohlinitých až písčitých s příměsí vypálených jíílů a s vysokým podílem uhelné hmoty, limonitovaného pískovce, pyritu, a místy i sideritu.

Na základě dlouhodobého výzkumu jsou pro jejich rekultivaci navrhovány 2 varianty. Vedle těchto dále uvedených variant lze doporučit pokračování výzkumných prací zabývajících se možnou aplikací elektrárenských stabilizátů.

VARIANTA 1

Tuto variantu lze doporučit v případě zemín klasifikovaných na základě provedených laboratorních analýz porušených půdních vzorků jako písky nebo fytotoxické zeminy. V tomto případě je požadována aplikace slítných nebo bentonitických zemín v množství 3000-3500 m³.ha⁻¹ s následnou homogenizací (promísením) nebo křížovou orbou do hloubky od 0,5 do 0,6m. V případě použití slítných zemín s malou rozpadavostí je nezbytné počítat s 1-2 ročním přípravným (předaplikačním) návozem těchto melioračních materiálů na rekultivovanou plochu. Sklon rekultivovaného povrchu výsyvky může činit maximálně 16% (1:6). Jako doplňující rekultivační opatření je požadována aplikace organických hmot (kompostů) s upraveným poměrem C : N v dávce 400 t.ha⁻¹, zapravených do hloubky 0,30-0,50 m rekultivovaného povrchu výsyvky a následný dvouletý přípravný agrocyklus formou pěstování plodin na zelené hnojení. Po jeho ukončení může být zahájena podzimní výsadba lesních sazenic.

VARIANTA 2

Je alternativou předcházející varianty. Jde o převrstvení povrchu rekultivované plochy pouze sprašovými hlínami o mocnosti do 0,5m. Sklon rekultivovaného povrchu výsyvky je u písků a fytotoxických zemín bez omezení, u ostatních výsypkových zemín může činit sklon maximálně 16% (1:6). Jako doplňující rekultivační opatření se požaduje aplikace organických hmot (kompostů) s upraveným poměrem C : N v dávce 400 t.ha⁻¹ zapravených do hloubky 0,30-0,50 m rekultivovaného povrchu výsyvky, případně bodové mulčování organickými hmotami (kolem vysázených sazenic lesních dřevin). Následuje dvouletý přípravný agrocyklus

formou pěstování plodin na zelené hnojení. Po jeho ukončení může být zahájena podzimní výsadba lesních sazenic.

Metodika tvorby antropogenních půdních profilů na heterogenních písčitých výsypkových zemích – lesnická rekultivace

Tuto metodiku lze doporučit u ostatních výsypkových zemích, kde jsou hlavními negativními půdními charakteristikami pouze fyzikální vlastnosti a nízká protierozní odolnost (písky, písčité jílovce atd.). V tomto případě je možné k rekultivačním účelům využít všechny dostupné zúrodnitelné zeminy (sprašové hlíny, slínité a bentonitické zeminy) aplikované v množství 1500-2000 m³.ha⁻¹. Podmínkou je promísení křížovou orbou nebo homogenizací s výsypkovou zemínou do hloubky 0,3-0,4 m. Sklon rekultivovaného povrchu výsypky může činit maximálně do 16% (1:6). Jako doplňující rekultivační opatření je požadována aplikace organických hmot (kompostů) s upraveným poměrem C : N v dávce 400 t.ha⁻¹, zapravených do hloubky 0,30-0,50 m rekultivovaného povrchu výsypky a následný dvouletý přípravný agrocyklus formou pěstování plodin na zelené hnojení. Po jeho ukončení může být zahájena podzimní výsadba lesních sazenic.

Metodika tvorby antropogenních půdních profilů na šedých nadložních terciálních jílovcích – lesnická rekultivace

Metodiku lze doporučit v případě zemích klasifikovaných na základě provedených laboratorních analýz porušených půdních vzorků jako nadložní šedé kaoliniticko-illitické jíly. Na lokalitách dolů Bílina a Vršany jde o vzácnou variantu, jinde jsou tyto zeminy hojnější. V tomto případě lze doporučit aplikaci organických hmot (kompostů) s upraveným poměrem C:N v dávce 400 t.ha⁻¹, zapravených do hloubky 0,30-0,50 m rekultivovaného povrchu výsypky. Následuje dvouletý přípravný agrocyklus formou pěstování plodin na zelené hnojení. Sklon rekultivovaného povrchu výsypky je přípustný maximálně do 16% (1:6).

Metodika tvorby antropogenních půdních profilů na vypálených terciálních jílovcích – lesnická rekultivace

Velmi malý podíl v regionu SHP tvoří antropozemě ovlivněné vypálenými jílovcí. Jedná se o zeminy (terciální jíly, zastoupeny mohou být i sprašové hlíny), které byly v původním uložení nad uhelnou slojí vystaveny podzemním požárům. Pro jejich rekultivaci lze doporučit následující metodiku:

- převrstvení dostupnými zúrodnitelnými zemínami (sprašovými hlínami, svahovinami) o minimální mocnosti 0,3 m
- aplikace zúrodnitelných zemích (spraší, sprašových hlín, terciálních jílů, slínovců, bentonitů) v dávce 1000-1500 t.ha⁻¹ a jejich zapravení do celkové hloubky rekultivovaného půdního profilu cca 0,2 m.

Následuje jednoletý až dvouletý přípravný agrocyklus formou pěstování plodin na zelené hnojení. Sklon rekultivovaného povrchu lokality je přípustný maximálně do 16% (1:6).

Metodika tvorby antropogenních půdních profilů na na texturálně těžkých terciérních jílech – lesnická rekultivace

Tyto jíly se v oblasti SHP vyskytují dosti vzácně. Jsou nejsvrchnější součástí nadložního souvrství. Tvoří zhruba 10 - 20 m mocný horizont na lokalitě Libouš a na části lokality Vršany.

Jejich mineralogické a chemicko – pedologické vlastnosti jsou vhodné, extrémně nevhodné je však jejich zrnitostní složení, fyzikální i hydrofyzikální vlastnosti. Na povrchu terénu vytvářejí slité, zcela nepropustné kůry.

V rekultivační praxi lze zrnitost zemin jen velmi obtížně měnit a to pouze pomocí ekonomicky velmi náročných melioračních opatření, při kterých dochází k dokonalému promísení (homogenizaci) upravované zeminy s melioračním sorbentem (písky) pomocí speciálních půdních fréz. Tento technologický postup vytváření antropogenního půdního profilu lze považovat za méně významný, v případě rekultivace těchto zemin by se měla převážně uplatňovat metodika tvorby antropogenních půdních profilů jako na šedých nadložních terciérních jílovcích. Lze také doporučit pokračování výzkumných prací zabývajících se možnou aplikací elektrárenských popelů při rekultivaci báňských výsypek.

5.2 Metodika tvorby antropogenních půdních profilů při zemědělské rekultivaci v oblasti SHP

V případě zemědělské rekultivace lze doporučit sklon rekultivovaného povrchu výsypky od 3 - 8% (1:33 - 1:12). Může být jednostranný i vícestranný. Z hlediska úpravy svrchního horizontu lokality lze doporučit následující opatření:

- v případě výskytu písků nebo fyto toxických zemin je nutná úprava chemických a fyzikálních půdních vlastností těchto zemin homogenizací (promísením) nebo křížovou orbou do hloubky cca 0,5 m slinitými nebo bentonitickými zeminami aplikovanými v množství 1500 - 2000 m³.ha⁻¹.
- převrstvení technicky upraveného a stabilizovaného povrchu výsypky 0,6 m ornice tak, aby po ulehnutí byla zaručena vrstva 0,5 m
- pětiletý agrocyklus formou pěstování plodin na zelené hnojení, úprava půdní reakce, obsahu humusu a přijatelných živin. Aplikace zpracovaných osevních postupů VÚMOP Praha).

6 Závěr

Výsledkem realizovaných výzkumných prací v oblasti rekultivační problematiky je získání komplexního souboru poznatků o svrchním horizontu vnějších a vnitřních výsypkách severočeské pánve určených k rekultivaci a o parametrech zúrodnitelných zemin se zaměřením na jílovcové sorbenty.

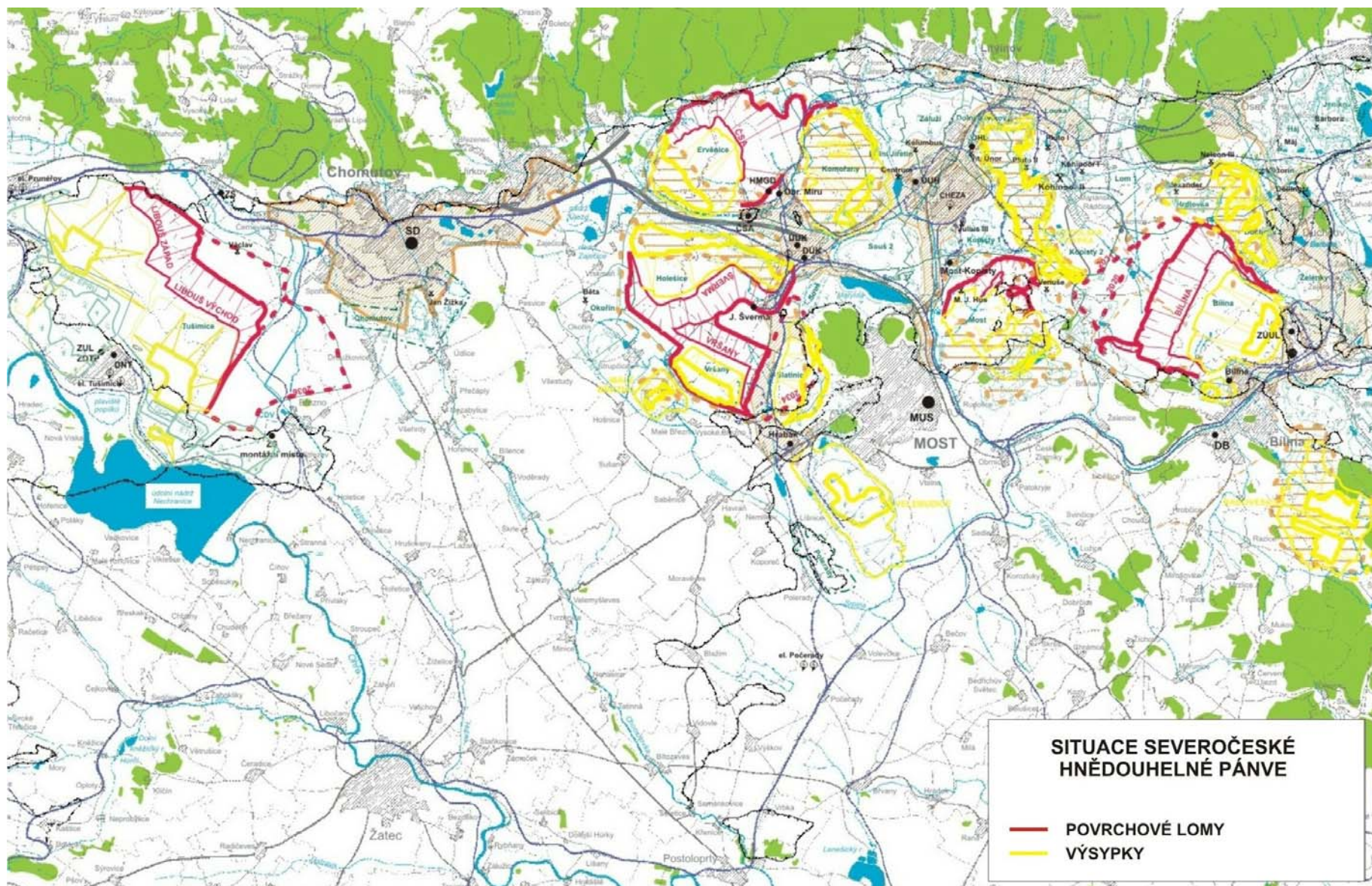
Základní metodou technické rekultivace zůstává aplikace zúrodnitelných zemin, která prokázala svou úspěšnost na lokalitách Střimice, Radovesice a vnitřní výsypka dolu

Bílina. Dosažené výsledky výzkumu však prokazují, že se významným doplňkem této metody mohou stát některé nové progresivní metody. Perspektivní by mohla být zejména aplikace elektrárenského stabilizátu do extrémně kyselých fyto toxických hornin v oblasti Dolů Bílina. Na zrnitostně těžkých plochách oblasti Dolů Nástup Tušimice může mít značný význam v případě vyřešení problému zapravení do svrchního horizontu i aplikace elektrárenského popela do plastických žlutých jílu. Díky značné morfologické i geologické pestrosti nerektivovaných oblastí, zejména v oblasti Severočeských dolů, a.s. je zde dostatek prostoru i pro zakládání ploch ponechaných přirozené sukcesi, jejichž cílem je ochrana často unikátních ekosystémů vznikajících na výsypkách.

Na základě dlouhodobého výzkumu pokusných ploch se podařilo vytvořit návrh metodiky technické rekultivace a aplikace zúrodnitelných zemín včetně jílovcových sorbentů na různých stanovištích oblasti severočeské pánve. Závěry uváděné v tomto příspěvku jsou doloženy výsledky analýz vzorků odebraných na lokalitách Černý vrch, Rokle, Střimice, Radovesice a vnitřní výsypka dolu Bílina.

Přehled použité literatury

- /1/ Čermák, P. : Metodické podklady pro hodnocení protierozní odolnosti výsypkových zemín a vegetační nebo jinou úpravu v SHR Zpráva, VÚMOP Praha, 1993
- /2/ Ondráček, V. a kol.: History, the present and perspectives of the Bílina mines area reclamations Surface Mining – Braunkohle, 1/2003
- /3/ Rojík, P.: Miocénní vulkány v sokolovské pánvi Zpravodaj hnědé uhlí, 2/2005, s. 16-34, ISSN 1213-1660, VÚHU a.s. Most
- /4/ Řehoř, M. a kol.: Application of modern restoration methods on localities of Bílina mines Sborník II. Mezinárodního kongresu hnědé uhlí, Wrocław 1996
- /5/ Řehoř M.: Rekultivace krajiny postižené těžbou hnědé uhlí se zaměřením na tvorbu antropogenních půdních profilů Disertační práce doktorského studia, VŠB-TU Ostrava, 2007



Obrázek č. 1: Situace severočeské hnědouhelné pánve



Obrázek č. 2: Situace lokality bentonitu Černý vrch



Obrázek č. 3: Situace lokality bentonitu Rokle



Obrázek č. 4: Situace pokusné plochy Radovesice I (přirozená sukcese)