

Metodika technické rekultivace, aplikace zúrodnitelných zemin a zakládání ploch ponechaných přirozené sukcesi v podmínkách Mostecké pánve

RNDr. Michal Řehoř, Ph.D.¹, Ing. Pavel Schmidt¹, Ing. Václav Novák², Ing. Kamila Dobešová³

¹Výzkumný ústav pro hnědé uhlí a.s., Most; rehor@vuhu.cz

²Hornická společnost podkrušnohorské oblasti, z.s.

³United Energy, a.s.

Přijato: 30. 10. 2018, recenzováno: 12. a 13.10. 2018

Abstrakt

Většina českých zásob hnědého uhlí je těžena v oblasti Mostecké pánve. Dobývání hnědého uhlí přirozeně vedlo ke značnému poškození krajiny. Proto získaly rekultivační práce značný význam. Metodika průzkumných a rekultivačních prací na různých typech výsypkových a důlních ploch popsaná v tomto článku je velmi důležitým cílem řešení výzkumného projektu Ministerstva zemědělství České republiky. Článek stručně shrnuje metodiku průzkumných prací, metodiku dnes realizované aplikace zúrodnitelných zemin, metodiku zakládání sukcesních ploch a geologických parků. Výsledky uvádí tento příspěvek.

Methodology of technical reclamation, application of fertilizable soil and establishment of areas retained for the natural succession in the conditions Most Basin

The majority of Czech brown coal reserves have been exploited in the Most Basin today. Opencast mining of brown coal casually causes vast landscape damages. Therefore reclamation work has acquired a great significance. The survey methodology and methodology of reclamation works of the different dump and mine areas described in this article was very important target of the project solved for the Czech Ministry of Agriculture. The article summarises methodology of survey works, methodology of fertilizable soils application used today in operation, methodology of natural succession and geological park founding.

Methodik der technischen Rekultivierung, Anwendung der urbar zu machenden Böden und Gründung der natürlichen Sukzession gelassenen Flächen unter Bedingungen des Moster Beckens

Der Großteil von tschechischen Braunkohlevorräten wird im Bereich des Moster Beckens abgebaut. Die Gewinnung der Braunkohle führte natürlich zu erheblicher Beschädigung der Landschaft. Den Rekultivierungsarbeiten gehört daher eine beträchtliche Bedeutung. Die Methodik der Untersuchungs- und Rekultivierungsarbeiten an verschiedenen Typen von Kippen und Bergbauflächen, die in diesem Artikel beschrieben wird, ist ein sehr wichtiges Ziel der Lösung des Forschungsprojektes des Ministeriums für Landwirtschaft der Tschechischen Republik. Der Artikel fasst die Methodik von Untersuchungsarbeiten, Methodik der gegenwärtig umgesetzten Anwendung von urbar zu machenden Böden, Methodik der Gründung von Sukzessionsflächen und geologischen Parkanlagen kurz zusammen. Die Ergebnisse bringt dieser Beitrag.

Klíčová slova: rekultivace, výsypka, metodika, zúrodnitelné zeminy, sukcese.

Keywords: restoration, dump, methodology, fertilizable rocks, succession.

1 Úvod

Výzkumný ústav pro hnědé uhlí a.s. končí v roce 2018 řešení projektu č. QJ1520307 „Udržitelné formy hospodaření v antropogenně zatížené krajině“ v rámci programu NAZVA-KUS Ministerstva zemědělství ČR. Jedním z cílů projektu je zpracování metodiky průzkumu a rekultivace různých typů výsypkových a lomových zájmových ploch.

V rámci řešení projektu bylo na výsypkových lokalitách Mostecké pánve vybráno 14 pokusných ploch. Byly voleny tak, aby byly hodnoceny všechny hlavní zeminy a použité rekultivační substráty v celé oblasti Mostecké pánve. Dále byly pokusné plochy vybrány tak, aby vždy byla konfrontována rekultivovaná plocha a plocha ponechaná přirozené sukcesi [6].

Pro porovnání vývoje rekultivovaných a sukcesních ploch bylo třeba využít plochy s delší rekultivační historií a dlouhodobým výzkumem. Proto byla vybrána na výsypce Radovesice 1 plocha ponechaná přirozené sukcesi (tvořená převážně rekultivačně vhodnými hnědými nadložními jíly s menšími oblastmi

písků) a 1 rekultivovaná plocha (tvořená písčitymi jílovci a písky s aplikací slínů jako zúrodnitelné zeminy). Na výsypce Střimice byla vybraná plocha ponechaná přirozené sukcesi (tvořená fytotoxickými zeminami uhelné sloje) a rekultivovaná plocha (fyto toxické zeminy uhelné sloje s aplikací bentonitu jako zúrodnitelné zeminy). Uvedené plochy se nacházejí v oblasti Dolů Bílina a z hodnocených pokusných ploch mají nejdelší rekultivační historii a dobu výzkumu. Stáří ploch se pohybuje v rozmezí 16-45 let a doba výzkumu v rozmezí 10-20 let.

Vedle výzkumu těchto ploch bylo při zpracování rekultivační metodiky využito výsledků průzkumu a zpracování analýz vzorků realizovaných od počátku 90. let dvacátého století po současnost [1].

2 Metodika průzkumných prací

2.1 Metodika mapovacích prací a odběru vzorků

Rekognoskace terénu se provádí pomocí půdních vpichů sondovací tyčí do hloubky 0,6 m půdního profilu každé zkoumané

lokality. Stanovení počtu vpichů na 1 ha závisí na heterogenitě zeminy, obvykle se provádí jeden vpich na čtverec 50 x 50 m. Po vyhodnocení této části průzkumných prací se stanoví charakteristická místa pro zhotovení kopaných půdních sond o minimální hloubce 0,6 m.

Odběr půdních vzorků se provádí z obnažené stěny půdní sondy, a to pouze z horizontů, které se makroskopicky odlišují (zrnitostně, barevně). Množství odebrané zeminy pro jeden vzorek je 1-1,5 kg, v případě zastoupení skeletu v zemině nad 20 % se zvyšuje na 3-5 kg. Místa odběru se zaznamenávají do pracovní mapy. Při odběru vzorků se vždy provádí fotodokumentace.

2.2 Metodika provádění požadovaných laboratorních analýz

Jako optimální způsob realizace veškerých požadovaných fyzikálně-mechanických, mineralogických a chemicko-pedologických analýz lze doporučit schválené interní metodické postupy zkušebních laboratoří VÚHU a.s. a VÚMOP v.v.i. akreditovaných ČIA o.p.s. dle ČSN EN ISO/IEC 17025 [9].

2.2.1 Zrnitostní analýza vzorků

Jde o základní fyzikálně-mechanickou zkoušku zemin z hlediska jejich rekultivačního využití. Pro rekultivace jsou nejvhodnější středně zrnité až jemnozrnné, zrnitostně vyrovnané horniny. Zrnitostní složení půd je dáno procentuálním zastoupením různých velikostních frakcí půdních částic. Důležitým kritériem je procentuální zastoupení frakce o velikosti zrn pod 0,01 mm, které umožňuje zařazení půdy dle v České republice běžně používaného Novákova systému do sedmi půdních druhů. Dalším významným kritériem jsou hmotnostní podíly, které zohledňují dle trojúhelníkového diagramu zrnitosti půd 3 frakce (jíl pod 0,002 mm, prach 0,02-0,05 mm, písek 0,05-2 mm).

Podle velikosti lze rozdělit půdní částice jednak na skelet (nad 2 mm), u něhož se dále rozlišuje hrubý písek (2-4 mm), šterk (4-30 mm) a kamení (nad 30 mm), a jednak na jemnozem (pod 2 mm), která se třídí podle dále uvedených kritérií. Zvyšující se obsah skeletu a nárůst velikosti jeho zrn v povrchové vrstvě znesnadňuje zpracování půdy a zhoršuje podmínky pro zakořeňování rostlin.

Většina klasifikačních systémů je založena na hodnocení půdních druhů podle obsahu I. zrnitostní kategorie do 0,01 mm, jako například u nás používaná Novákova stupnice [1].

Tab. č. 1: Novákova klasifikační stupnice jemnozemí.

Obsah I. zrn. kategorie (%)	Název druhu půdy	Označení půdy
0 – 10	písčitá	
10 – 20	hlinitopísčitá	lehká
20 – 30	písčitohlinitá	
30 – 45	hlinitá	střední
45 – 60	jílovohlinitá	
60 – 75	jílovitá	těžká
>75	jíl	

Pro rekultivační využití je optimální půda hlinitá. U půd písčitých, hlinitopísčitých a jílovitých a jílu lze doporučit úpravu zrnitostního složení svrchního horizontu.

2.2.2 Mineralogická analýza vzorků

Principem mineralogické analýzy vzorku je kvalitativní stanovení mineralogického složení půdy rentgenovým difraktometrem. Pro rekultivační využití jsou optimální vzorky s vyváženým podílem jílových minerálů a křemene, nižším podílem kaolinitu oproti illitu a montmorillonitu a minimálním obsahem škodlivin (v podmínkách hnědouhelných pánví především sulfidy železa, síra a uhelná hmota).

2.2.3 Stanovení půdní reakce

Půdní reakce patří k nejvýznamnějším charakteristikám půdy. Na tom, jestli je půda kyselá, neutrální nebo alkalická, do značné míry závisí např. rozpustnost různých sloučenin, síla vazby výměnných iontů a aktivita různých mikroorganismů.

Aktivní půdní reakce zahrnuje koncentraci vodíkových iontů ve vodném extraktu nebo suspenzi půdy. V tomto případě do stanovení nejsou zahrnuty ionty H^+ poutané sorpčním komplexem.

Výměnná půdní reakce je definována jako schopnost půdy měnit pH roztoků neutrálních solí (např. KCl). Nejčastěji se používá roztok KCl, kdy K^+ ionty vytěsní ze sorpčního komplexu H^+ ionty. Výměnná půdní reakce je stabilnější hodnotou než aktivní reakce a bývá vždy asi o 0,5 jednotky pH nižší.

Tab. č. 2: Hodnocení půdní reakce.

Reakce	Aktivní pH_{H_2O}	Výměnné pH_{KCl}
silně kyselá	< 4,9	< 4,5
kyselá	5,0 – 5,9	4,6 – 5,5
slabě kyselá	6,0 – 6,9	5,6 – 6,5
neutrální	7,0	6,6 – 7,2
slabě alkalická	7,1 – 8,0	> 7,2
alkalická	8,1 – 9,4	-
silně alkalická	> 9,4	-

Většina rostlin nemůže růst na půdách s reakcí $pH < 3,5$ a $pH > 9$. Úpravu půdní reakce svrchního horizontu lze tedy doporučit u půd silně kyselých, alkalických a silně alkalických.

2.2.4 Stanovení půdní reakce

Karbonáty jsou důležitou složkou minerálního podílu půdy a jejich přítomnost značně ovlivňuje všechny půdní vlastnosti. Výrazná je jejich pufovací schopnost, vliv na půdní koloidy (koagulace) a na tvorbu kvalitního humusu. V půdách se vyskytují převážně ve formě $CaCO_3$, mnohem méně je zastoupen $MgCO_3$. Hodnocení obsahu karbonátů udává následující tabulka.

Tab. č. 3: Hodnocení obsahu karbonátů.

Karbonáty (%)	Označení zeminy
< 0,3	bezkarbonátová
0,3 – 3,0	slabě vápnitá
3,1 – 25,0	vápnitá
25,1 – 60,0	slíinitá
> 60,0	vápenatá

Optimální obsah karbonátů činí cca 3-5 %. U bezkarbonátových půd lze doporučit aplikaci CaCO_3 .

2.2.5 Stanovení obsahu humusu

Pod pojmem humus se rozumí široká škála organických látek v různých stádiích přeměn, smíšených nebo nesmíšených s minerálním podílem. Těchto látek je v půdách podstatně méně než látek minerálních, jejich význam pro úrodnost půd je však rozhodující. Obsah humusu se stanovuje přepočtem z laboratorně stanoveného obsahu oxidovatelného uhlíku. Obsah humusu v půdách lze hodnotit podle následujících kritérií:

Humus (%)	Označení obsahu
< 1	velmi nízký
1,0 – 2,0	nízký
2,1 – 3,0	střední
3,1 – 5,0	vysoký
> 5,0	velmi vysoký

Úrodnost půdy roste s obsahem humusu. V případě velmi nízkého obsahu humusu lze doporučit aplikaci organických hnojiv. U zemin hnědouhelných pánví je zvláště důležité nezaměňovat oxidovatelný uhlík a humus s organickou uhelnou hmotou, jejíž působení je naopak fyto toxické.

2.2.6 Stanovení sorpční schopnosti půdy

Sorpční schopnost půdy je definována jako zvýšení koncentrace látky na fázovém rozhraní ve srovnání s okolním prostředím. Na sorpci půdy se podílejí jak složky organické, tak anorganické. Jelikož jejich příspěvek k celkové sorpci je těžko rozlišitelný, často se mluví o tzv. sorpčním komplexu, který je charakterizován kationtovou výměnnou kapacitou. Ta je označována symbolem KVK (starší stále užívané označení T) a udává se v mmol/100g nebo mmol/1 000 g. Pro půdy ČR se hodnotí KVK podle těchto kritérií:

Tab. č. 5: Hodnocení kationtové výměnné kapacity.

Hodnota KVK	Hodnocení
8 – 12 mmol/100 g	nízká až velmi nízká
13 – 24 mmol/100 g	střední
25 – 30 mmol/100 g	vysoká
> 30 mmol/100 g	velmi vysoká

Kvalita půdy roste s rostoucí hodnotou KVK.

2.2.7 Stanovení obsahu přijatelných živin podle Mehlicha III

Pro stanovení kvality obsahu přijatelných živin v půdě byly vybrány obsahy přijatelného fosforu, draslíku a hořčíku. Vyhodnocení udává následující tabulka č. 6.

Tab. č. 6: Kritéria hodnocení obsahu P, K, Mg (Mehlich III).

Obsah	Fosfor [mg.kg^{-1}]
nízký	do 50
vyhovující	51 – 80
dobrý	81 – 115
vysoký	116 – 185
velmi vysoký	nad 185

Obsah	Draslík [mg.kg^{-1}]		
	Půda		
	lehká	střední	těžká
nízký	do 100	do 105	do 170
vyhovující	101 – 160	106 – 170	171 – 260
dobrý	161 – 275	171 – 310	261 – 350
vysoký	276 – 380	311 – 420	351 – 510
velmi vysoký	nad 380	nad 420	nad 510

Obsah	Hořčík [mg.kg^{-1}]		
	Půda		
	lehká	střední	těžká
nízký	do 80	do 105	do 120
vyhovující	81 – 135	106 – 160	121 – 220
dobrý	136 – 200	161 – 265	221 – 330
vysoký	201 – 285	266 – 330	331 – 460
velmi vysoký	nad 285	nad 330	nad 460

V případě nízkého obsahu přijatelných živin lze doporučit jejich aplikaci do půdy formou průmyslových hnojiv [2].

2.2.8 Stanovení obsahu rizikových stopových prvků

Vytváření antropogenních půd je provázáno rizikem možné kontaminace škodlivými látkami, které by mohlo vést až k jejich znehodnocení. Lze doporučit analytické stanovení obsahu rizikových prvků v půdách ve výluhu 2 mol/l HNO_3 metodou atomové absorpční spektrometrie. Pro půdy určené k rekultivaci (především zemědělské) lze doporučit aplikaci vyhlášky č. 153/2016, o stanovení podrobností ochrany kvality zemědělské půdy a o změně vyhlášky č. 13/1994 Sb., kterou se upravují některé podrobnosti ochrany zemědělského půdního fondu, kde jsou uvedeny tzv. preventivní hodnoty obsahů rizikových prvků v zemědělské půdě zjištěné extrakcí lučavkou královskou (mg.kg^{-1} sušiny) a jsou rovněž v plné korelaci s vyhláškou č. 257/2009 Sb., o používání sedimentů na zemědělské půdě, kde jsou zakotveny limitní hodnoty rizikových prvků a rizikových látek v půdě při používání sedimentů na zemědělskou půdu [4].

Tab. č. 7: Limitní obsahy rizikových stopových prvků.

Prvek	Obsah [mg.kg ⁻¹] Lehká půda	Obsah [mg.kg ⁻¹] Těžká půda
Arsen (As)	15	20
Berylium (Be)	1,5	2
Kadmium (Cd)	0,4	0,5
Kobalt (Co)	20	30
Chrom (Cr)	55	90
Měď (Cu)	45	60
Rtuť (Hg)*	0,3	0,3
Nikl (Ni)	45	50
Olovo (Pb)	55	60
Vanad (V)	120	130
Zinek (Zn)	105	120
PCB	0,02	0,02
PAU	1,0	1,0

* u rtuti celkový obsah

3 Metodika optimálního postupu rekultivace různých typů ploch

Tvorba antropogenních půdních profilů v podmínkách Mostecké pánve má určitá specifika. Obecně je předpokládán značný rozsah lesnické rekultivace, poněkud menší rozsah zemědělské rekultivace (dáno sklonem svahů výsypek) a dosti velký rozsah rekultivace ostatní. Tu představují především plochy určené pro rekreační využití, plochy určené k hydrické rekultivaci a v menší míře plochy ponechané přirozené sukcesi [6,8].

3.1 Metodika tvorby antropogenních půdních profilů při lesnické rekultivaci

Lesnická rekultivace bude probíhat na značné ploše a na různých půdních stanovištích. Častý bude výskyt silně písčitých zemín a hnědých jíílů, vzácné budou fytotoxické zeminy a extrémně zrnitostně těžké jíly. Výskyt vypálených jíílů lze prakticky vyloučit, starší plochy s těmito zemínami jsou již rekultivované a další těžba se nepředpokládá.

3.1.1 Metodika tvorby antropogenních půdních profilů na fytotoxických zemínách

Fytotoxické zeminy jsou v podstatě skrývkové zeminy slojových vrstev. Většinou se jedná o heterogenní směs zemín texturálně lehčích písčitochlinitých až písčitých s příměsí vypálených jíílů a s vysokým podílem uhelné hmoty, limonitizovaného písčkovce, pyritu a místy i sideritu. Pro jejich rekultivaci jsou navrhovány 2 varianty. Výsledek aplikace bentonitu na fytotoxické ploše výsypky Střimice ukazuje obrázek č. 1.

Varianata 1

První variantou je aplikace slinitých nebo bentonitických zemín v množství 3 000-3 500 m³.ha⁻¹ s následnou homogenizací (promísením) nebo křížovou orbou do hloubky od 0,5 do 0,6 m. V případě nedostatku těchto zúrodnitelných zemín lze doporučit použití místních hnědých jíílů. Sklon rekultivovaného povrchu může činit maximálně 16 % (1:6). Jako doplňující rekultivační opatření je požadována aplikace organických hmot (kompostů) s upraveným poměrem C:N v dávce 200 t.ha⁻¹ zapravených do hloubky 0,20-0,30 m rekultivovaného povrchu, případně bodové mulčování organickými hmotami (kolem vysázených sazenic lesních dřevin). Následuje dvouletý



Obr. 1: Antropogenní půdní profil s využitím bentonitu – Střimice, 30 let po aplikaci. (Foto: M. Řehoř)



Obr. 2: Antropogenní půdní profil s využitím slínu – Radovesice, měsíc po aplikaci. (Foto: M. Řehoř)

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 0,5 m. Sklon rekultivovaného povrchu je u písků a fyto toxických zemín bez omezení. Jako doplňující rekultivační opatření se požaduje aplikace organických hmot (kompostů) s upraveným poměrem C:N v dávce 200 t.ha⁻¹ zapravených do hloubky 0,20-0,30 m rekultivovaného povrchu, 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.

3.1.2 Metodika tvorby antropogenních půdních profilů na silně písčítých zemínách a písčích

Tuto metodiku lze doporučit na svazích tvořených písky a jílovitými písky v případě, že podíl písčité složky přesahuje 50 %. V tomto případě jsou hlavními negativními půdními charakteristikami pouze fyzikální vlastnosti a zejména nízká protierozní odolnost. K rekultivačním účelům lze využít všechny dostupné zúrodnitelné zeminy (sprašové hlíny, slinité [3] a bentonitické zeminy, hnědé jíly) aplikované v množství 1 500-2 000 m³.ha⁻¹. Podmínkou je promísení křížovou orbou nebo homogenizací do hloubky 0,3-0,4 m. Sklon rekultivovaného povrchu může činit maximálně 16 % (1:6). Jako doplňující rekultivační opatření je požadována aplikace organických hmot (kompostů) s upraveným poměrem C:N v dávce 200 t.ha⁻¹ zapravených do hloubky 0,20-0,30 m rekultivovaného povrchu, 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. Aplikaci slínu na písčité ploše výsypky Radovesice ukazuje obrázek č. 2.

3.1.3 Metodika tvorby antropogenních půdních profilů na hnědých jílech včetně jílu prachovitých

S ohledem na vysoké zastoupení těchto zeminových typů v podmínkách Mostecké pánve pravděpodobně půjde o nejběžnější variantu technické rekultivace. Lze ji doporučit v případě zemín klasifikovaných na základě provedených laboratorních analýz vzorků jako nadložní šedé kaoliniticko-illitické jíly, včetně jílu prachovitých. V tomto případě lze doporučit aplikaci organických hmot (kompostů) s upraveným poměrem C:N v dávce 200 t.ha⁻¹ zapravených do hloubky 0,20-0,30 m rekultivovaného povrchu, případně bodové mulčování organickými hmotami (kolem vysázených sazenic lesních dřevin). Následuje dvouletý přípravný agrocyklus formou pěstování plodin na zelené hnojení. Sklon rekultivovaného povrchu je přípustný maximálně do 16% (1:6).

3.1.4 Metodika tvorby antropogenních půdních profilů na texturálně těžkých terciérních jílech

Jde o žluté jíly, které tvoří nejsvrchnější součást nadložního souvrství. Jejich mineralogické a chemicko-pedologické vlastnosti jsou vhodné, extrémně nevhodné je však jejich zrnitostní složení, fyzikální i hydrofyzikální vlastnosti. To lze změnit pouze pomocí ekonomicky velmi náročných melioračních opatření, při kterých dochází k dokonalému promísení (homogenizaci) upravované zeminy s melioračním sorbentem (písky) pomocí speciálních půdních fréz.



Obr. 3: Sukcesní plocha Radovesice XVIIA – stáří 27 let. (Foto: M. Řehoř)



Obr. 4: Geologický park Libouš – přemístěný kmen Taxodium z lomu Družba, hmotnost 2 t, stáří cca 20 mil. let. (Foto: M. Řehoř)

Vzhledem k technické i finanční náročnosti tohoto postupu a relativní vzácnosti žlutých jílu na rekultivovaných plochách se proto prozatím doporučuje omezit rekultivační úpravy na postup uvedený v kapitole 3.1.3, přičemž je třeba počítat s delším obdobím péstební péče.

3.2 Metodika tvorby antropogenních půdních profilů při zemědělské rekultivaci

V případě zemědělské rekultivace lze doporučit sklon rekultivovaného povrchu od 3-8% (1:33-1:12), což může být při rekultivaci značně omezující faktor. Z hlediska úpravy svrchního horizontu lokality lze doporučit následující opatření:

- převrstvení technicky upraveného a stabilizovaného povrchu výsypky 0,6 m ornice tak, aby po ulehnutí byla zaručena vrstva 0,5 m
- pětiletý agrocycklus formou pěstování plodin na zelené hnojení, úprava půdní reakce, obsahu humusu a přijatelných živin. Aplikace zpracovaných osevních postupů VÚMOP, v.v.i.

3.3 Metodika výběru ploch ponechaných přirozené sukcesi

Zakládání ploch ponechaných přirozené sukcesi lze doporučit 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 lokality předpokládat zpřístupnění ploch [7,8]. Výběr těchto ploch by měl probíhat pouze na základě podrobného mapování zájmové lokality (viz obrázek č. 3).

Pro výběru plochy lze doporučit její detailní průzkum, na jehož základě bude založena vstupní dokumentace. Následoval by dlouhodobý výzkum území, hodnotící jeho pedologický a biologický vývoj. Podobné zásady by měly platit i pro zakládání geologických parků. Ty jsou zvláště účelné v případech potřeby ochrany geologických a paleontologických vzorků, které je nutné přemístit z prostoru těžby. Příkladem může být přemístění a záchrana unikátních vzorků zkamenělých dřev z lomu Družba (viz obrázek č. 4).

3.4 Metodika zakládání geologických parků

Zakládání geologických parků je v podmínkách Mostecké pánve vhodné v případě potřeby ochrany geologických a paleontologických vzorků tam, kde je nelze uchovat in situ (zejména z důvodů těžby) a je nutný jejich transport. Příkladem mohou být lokality zkamenělých dřev ve skrývkových řezech hnědouhelných lomů (viz obrázek č. 4). Tyto parky je třeba zřizovat na místech dobře přístupných veřejnosti a osadit je informačními panely. Předpokládá se jejich stálá údržba (úklid, kosení trávy atd.).

3.5 Pokusná aplikace produktů spalování hnědého uhlí

Výzkum možností aplikace netradičních rekultivačních sorbentů byl realizován na základě požadavků těžebních společností. Šlo o aplikaci elektrárenských stabilizátů na malé, extrémně kyselé fyto toxické ploše na vnitřní výsypce lomu

Bílina. V tomto případě byly výsledky aplikace dosti úspěšné. Ve druhém případě šlo o aplikaci elektrárenského popela do plochy tvořené plastickými žlutými jíly na výsypce Březno. V tomto případě nebyl pokus úspěšný, elektrárenský popel se zapravením do povrchu plochy nepodařilo rovnoměrně rozmístit a v jílu tvořil jednotlivé chuchvalce.

Případné praktické využití těchto hmot bude vyžadovat další náročné výzkumné práce.

4 Závěr

Dlouhodobé výzkumné práce realizované VÚHU a.s. v oblasti rekultivační problematiky přinesly komplexní soubor poznatků o svrchním horizontu vnějších a vnitřních výsypky Mostecké pánve určených k rekultivaci. Ke zpracování optimální metodiky rekultivačních postupů pro různé typy půdních stanovišť přispěl výzkum pokusných ploch založených v rámci řešení projektu NAZVA-KUS Ministerstva zemědělství České republiky.

V současnosti na většině rekultivovaných ploch tvořených hnědými jíly, včetně jílu prachovito-písčitého, není aplikace zúrodnitelných zemín, s výjimkou kompostů, požadována. Významnou metodou technické rekultivace však zůstává aplikace zúrodnitelných zemín na fyto toxické a písčité plochy, která prokázala svou úspěšnost na lokalitách Strímice, Radovesice, na vnitřní výsypce dolu Bílina i jinde.

Díky značné morfologické i geologické pestrosti nerektivovaných ploch v oblasti Mostecké pánve je zde dostatek prostoru i pro zakládání ploch ponechaných přirozené sukcesi, jejichž cílem je ochrana často unikátních ekosystémů vznikajících na výsypkách. Situování těchto ploch je vhodné stanovit na základě systematického průzkumu každé lokality. Význam má i předpokládaná možnost zpřístupnění ploch v rámci celkové koncepce rekultivace výsypky. Podíl sukcesních ploch se tak může na jednotlivých výsypkových lokalitách značně lišit.

Poděkování

Článek byl publikován s podporou programu NAZVA-KUS Ministerstva zemědělství, v rámci řešení projektu QJ1520307 „Udržitelné formy hospodaření v antropogenně zatížené krajině“.

Literatura

- [1] ČERMÁK, P., ONDRÁČEK, V.: Rekultivace antropozemí výsypky v oblasti severočeské hnědouhelné pánve. Hodnotící zpráva, Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy Praha, 2006.
- [2] ČERMÁK, P., KOHEL J., DEDERA, F.: Rekultivace území devastovaných báňskou činností v oblasti severočeského hnědouhelného revíru. Metodika, Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy Praha, 1998.
- [3] FRAŠTIA, M., ŘEHOŘ, M.: Zahlazování následků hornické činnosti – rekultivace výsypky Radovesice. Sborník 53. konference Hornická Příbram ve vědě a technice, Příbram, říjen 2014, ISBN 978-80-904993-5-5.

- [4] ŘEHOŘ, M.: Rekultivace krajiny postižené těžbou hnědého uhlí se zaměřením na tvorbu antropogenních půdních profilů. Disertační práce doktorského studia, Ostrava, 2007.
- [5] ŘEHOŘ, M., ŠAFÁŘOVÁ, M., ONDRÁČEK, V.: Application of Some Coal Treatment Products for Reclamation of Localities in the North Bohemian Basin. 21th Pittsburg Coal Conference, Osaka, Japonsko, 2004.
- [6] ŘEHOŘ, M., JAROLIMOVÁ, M., ŽIŽKA, L., VRÁBLÍK, P., VRÁBLÍKOVÁ, J.: The Results of the Long-Term Research on the Development of Anthropomorphic Soil in the Reclaimed and Successive Areas of the Most Basin in Czech Republic. *Journal of Mining Science*, 53(4), 778-788, DOI 10.1134/S1062739117042777, 2018, ISSN 1573-8736, IF0,353.
- [7] ŘÍHOVÁ, J.: Vliv pedologické charakteristiky stanoviště a způsobu rekultivace na vývoj biologického pokryvu výsypky Radovesice. Bakalářská práce, Přírodovědecká fakulta UK, Praha, 2014.
- [8] VOJAR, J., DOLEŽALOVÁ, J., SOLSKÝ, M.: Využití sukcesních ploch při rekultivaci území ovlivněných těžbou. *Časopis Ochrana přírody*, 5/2012, Péče o přírodu a krajinu, tištěná verze v pdf.
- [9] ZKUŠEBNÍ LABORATOŘ č. 1078: Interní metodické předpisy ZL. VÚHU a.s. Most, IMP zkušební laboratoře.