

**Univerzita Karlova v Praze**

**Přírodovědecká fakulta**

**Ústav pro životní prostředí**



**Ochrana životního prostředí**

**Rekultivační opatření vedoucí k obnově ekosystémů po povrchové těžbě uhlí**

**Reclamation and ecosystem restoration in areas affected by coal mining**

**Vedoucí: Doc. Ing. Mgr. Jan Frouz, CSc.**

**Zpracovatel: Hana Pavlíčková**

**Září 2009**

*Prohlašuji, že na celé bakalářské práci jsem pracovala samostatně a použitou literaturu jsem citovala.*

*V Praze, září 2009*

*Hana Pavličková*  
.....

*Hana Pavličková*

*Poděkování:*

*Chtěla bych poděkovat vedoucímu své bakalářské práce Doc. Ing. Mgr. Janu Frouzovi, CSc., který měl se mnou velikou trpělivost a dal mi spoustu cenných rad. Dále chci samozřejmě poděkovat svým rodičům, kteří mi díky své psychické i finanční podpoře umožnili na této škole studovat.*

## Obsah

1. Úvod .....	5
2. Vliv těžby nerostných surovin na životní prostředí.....	6
3. Těžba uhlí v České republice .....	8
4. Sukcese .....	10
5. Rekultivace .....	13
5.1. Rekultivace půd .....	15
5.2. Lesnická rekultivace .....	17
5.3. Zemědělská rekultivace .....	21
6. Porovnání sukcese a rekultivace.....	22
7. Zákony .....	24
8. Závěr .....	25
9. Literatura .....	26

## 1. Úvod

Lidská činnost může mít neblahé dopady na životní prostředí. Mezi jeden z nejdůležitějších negativních vlivů na krajinu patří povrchová těžba uhlí, která zcela ničí existující ekosystémy buď jejich odtěžením nebo převrstvením rozsáhlými plochami výsypek hlušiny. Obnovení poškozeného území se může nechat buď zcela na přírodě (sukcese) nebo se dá přirozenému procesu dopomoci různými rekultivačními opatřeními. Sukcese je ekonomicky výhodnější, ale trvá velmi dlouho. Oproti tomu u rekultivace jsou sice výsledky vidět mnohem dříve, ale je o poznání dražší – např. kvůli navezení nové úrodnější zeminy, úpravě povrchu nebo nákladům na výsadbu dřevin, keřů a zemědělských plodin a jejich následné péče. Ve své práci se budu zabývat dopadem těžby na krajinu, následnou sukcesí nebo rekultivací a také jejich vzájemným porovnáním.

## 2. Vliv těžby nerostných surovin na životní prostředí

Rozhodujícím zdrojem energetických a materiálových surovin je nerostné bohatství. K nejvýznamnější destrukci krajiny dochází zpravidla při těžbě nerostných surovin (LHOTSKÝ et al. 1994). Za nerostné suroviny se obecně považují všechny člověkem využitelné tuhé, kapalné či plynné součásti zemské kůry (ŠTÝS 1990). Největší negativní vlivy má těžba hnědého a černého uhlí (LHOTSKÝ et al. 1994).

Uhlí se může těžit v podstatě dvěma způsoby – povrchově a hlubinně. O tom, která metoda je výhodnější rozhoduje poměr mocnosti nadloží k mocnosti uhelné sloje. Obecně platí, že mladší uhlí se obvykle vyskytuje v menších hloubkách a starší ve větších (KRÁTKÝ 1954). V dnešní době se spíše přistupuje k těžbě povrchové, která je ekonomicky efektivnější a vykazuje vysokou výrubnost ložiska. Avšak oproti klasickým hlubinným metodám má horší dopady na krajinu (ŠTÝS 1990).

### Povrchová těžba

Povrchová těžba je provázena rozsáhlou devastací a degradací krajiny (ŠTÝS 1990). Každý uhelný lom musí před první těžbou odstranit z povrchu všechny stavební a jiné objekty, stromy a veškerý porost a odkrýt značnou část nadložních zemin a během těžební činnosti je pak ukládat do výsypek mimo (vnější) nebo přímo do (vnitřní) prostoru lomu. Tímto zásahem se pochopitelně zcela mění vzhled původní krajiny (ŠTÝS 1990, PODHAJSKÝ, SMOLÍK 1986). Změny nastávají v litosféře (změna reliéfu, nadmořské výšky, charakteru horninového prostředí), atmosféře (ovlivnění kvality vzduchu – tepelné emise, plynné škodliviny a prašnost), hydrosféře (drenáže, odvodňování, změna odtokových režimů, snížení hladiny podzemních vod, kontaminace), pedosféře (degradace a destrukce půd) a v biosféře (degradace a destrukce neživých i živých složek ekosystému) (KLIMECKÝ et al. 1997, ŠTÝS 1990). Výhody a nevýhody povrchové těžby shrnuje *tab. 1*.

Výsypky jako produkt těžební činnosti jsou a budou hlavním zdrojem devastací. Ty, které u hnědouhelných dolů zabírají plochu o stovkách hektarů, převyšují okolní krajinu o 100 až 200 m (ŠTÝS 1990). Z hlediska báňské činnosti je nejvhodnější umístění výsypky, co nejblíže lomu. Vnitřní výsypka tedy vzniká v již dříve devastovaném prostoru a nezabírá už další část krajiny. Oproti tomu každá vnější vyvolává poškození dalších ploch. Nejvhodnější tvar je kruhový a čtvercový (ŠTÝS 1990). Stav povrchu výsypek je velmi důležitým kritériem pro volbu způsobu rekultivace. Úprava povrchu musí pro oba způsoby (zemědělská

a lesnická rekultivace) zajišťovat odtok povrchové vody a vyloučit její stagnaci na povrchu (JONÁŠ 1975).

*Tab.1. Výhody a nevýhody povrchové těžby (KLIMECKÝ et al. 1997).*

Výhody	Nevýhody
vyšší roční těžby	významná devastace nejen v prostoru vlastního lomu, ale i vnějších výsypek.
vyšší výkony vztahované na zaměstnance = vyšší produktivita práce	větší omezení sídelní a průmyslovou zástavbou
nižší těžební náklady	větší závislost na klimatických faktorech
vyšší výrubnost ložiska	výsypky a zbytkové lomy po ukončení těžby

### Hlubinná těžba

Hlubinné dobývání uhelných ložisek se provádí komorováním (uhlí se dobývá v komorách v předem stanoveném pořadí), pilířováním a zátinkováním nebo velmi rozšířeným stěnováním v závislosti na mocnosti, úklonu a technologických vlastnostech dobývání sloje (ŠTÝS 1990). Po částečném vytěžení se zvyšuje napětí, které časem překročí mez pevnosti hornin a dochází k lámání jednotlivých vrstev hornin, vzniká tzv. pásmo zalamování. Na zemském povrchu se projeví jako pravidelná poklesová kotlina (ŠTÝS 1990).

Vytěžená hlušina je ukládána buď přímo v dole, ale ve většině případů na povrchu ve formě odvalů (ŠTÝS et al. 1981).

Přinejmenším v blízké budoucnosti se svět nebude moci obejít bez uhlí jako zdroje energie. V porovnání se zásobami ropy a zemního plynu jsou zjištěné světové zásoby uhlí největší. Měly by vystačit na více než 200 let (KLIMECKÝ et al. 1997).

### 3. Těžba uhlí v České republice

#### Černé uhlí

Rozhodující význam má česká část hornoslezské pánve o rozloze cca 1550 km<sup>2</sup> (cca 30% zásob leží na území ČR a 70% v Polsku) (STARÝ et al. 2007). Mezi další černouhelné pánve patří vnitrosudetská, podkrkonošská, středočeské pánve (zejména kladensko-rakovnická), mšensko-roudnická, plzeňská a radnická pánev, boskovická brázda a mnichovohradištská pánev (STARÝ et al. 2007). Další podrobnosti o těžbě černého uhlí v ČR shrnuje *tab.2.* Mezi 5 hlavních světových producentů patří Čína (44,9 %), USA (20,7 %), Indie (8,5 %), Jihoafrická republika (5,5 %), Austrálie (4 %) (STARÝ et al. 2007)

*Tab.2. Základní statistické údaje (STARÝ et al. 2007)*

Rok	2002	2003	2004	2005	2006
Počet ložisek	63	62	62	63	63
Těžená ložiska	12	11	11	11	10
Zásoby (mil. t)	16 128, 871	16 110, 431	16 093, 442	16 094, 030	16 063, 718
Těžba (mil. t)	14, 097	13, 382	14, 648	12, 778	13, 017

#### Hnědé uhlí

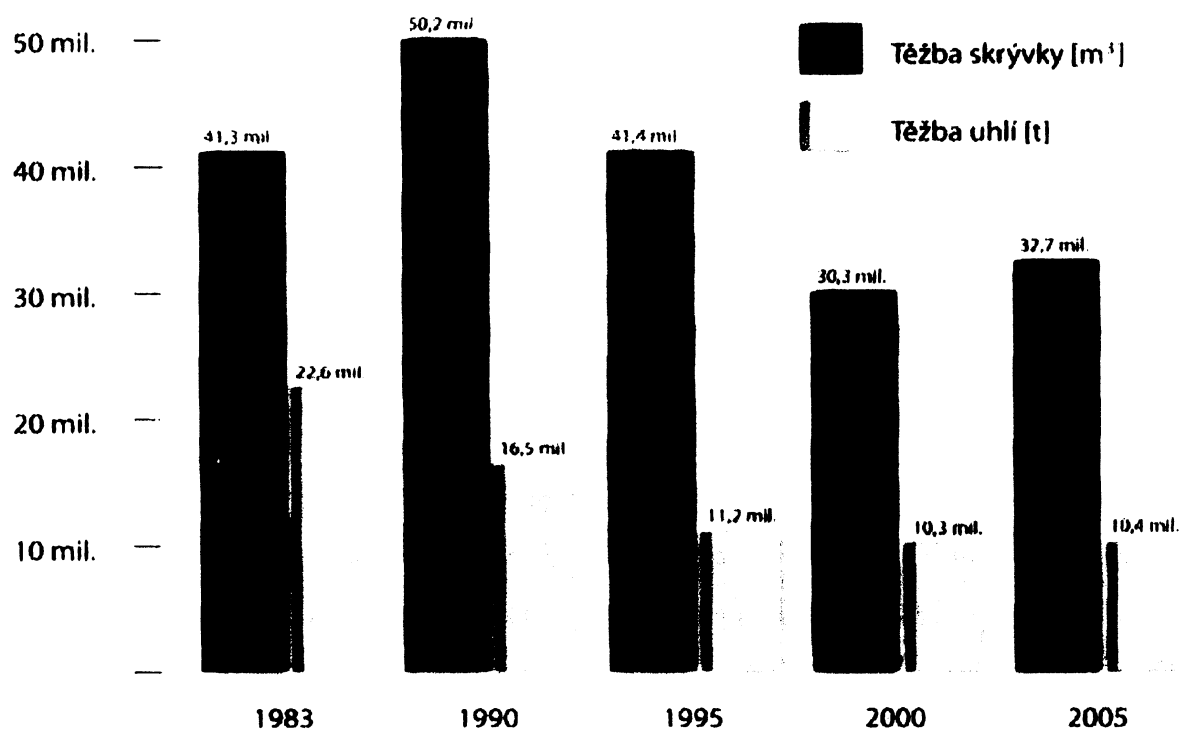
Uhlí patří globálně mezi hlavní zdroje energie a mezi 5 hlavních světových producentů patří Německo (19,2 %), USA (8,2 %), Řecko (7,7 %), Rusko (7,6 %) a Austrálie (7,2 %) (STARÝ 2007). Podobně tak v ČR je hnědé uhlí dosud hlavním zdrojem energie. Mezi hnědouhelné pánve patří chebská, sokolovská, severočeská a žitavská pánev, celkové zásoby a objem těženého uhlí shrnuje v ČR *tab.3* (STARÝ 2007). Přitom je třeba si uvědomit že vytěženému objemu uhlí odpovídá určitý objem vytěžené hlušiny, který zejména u povrchové těžby převyšuje objem vytěženého uhlí, jak ukazuje *obr. 1.* na příkladu sokolovské pánve.

*Tab.3. Základní statistické údaje (STARÝ et al. 2007)*

Rok	2002	2003	2004	2005	2006
Počet ložisek	57	58	57	55	54
Těžená ložiska	9	9	9	9	9
Zásoby ( mil. t)	9 521, 538	9 501, 242	9 873, 178	9 423, 625	9 192, 305
Těžba (mil. t)	48, 834	49, 920	47, 840	48, 658	48, 915



**Obr.1. Těžba skrývky a těžba uhlí na Sokolovsku (FROUZ et al. 2007)**



#### 4. Sukcese

Jako sukcesí označujeme změny ve společenstvu, které prochází postupným vývojem od tzv. pionýrských společenstev až do závěrečného vývojového stupně, kterým je klimax – nejstabilnější společenstvo. Rozlišujeme sukcesí primární - na místě, kde dosud nikdy nebyl život (vyvřelý ostrov, výsypky) a sekundární - kde již život dříve byl, ale nyní vlivem okolností ustal. Je to proces, který byl často vyvolán člověkem jako prostředkem, který změnil podmínky. V praxi to znamená, že zatopil louku vodou, odtěžil půdu, postavil protipovodňový val, a podobně. Příkladem sekundární sukcese je třeba zorané pole, vypálený les, obnova míst zasažených povodí, hurikánem, sopečnou lávou a dalšími pro člověka nežádoucími přírodními jevy. (BEGON et al. 1997).

Sukcese se může uplatnit i na výsypkách, v tab.4. jsou shrnuty hlavní možné dominanty příslušných sukcesních stádií od iniciálních (1 až 3 roky starých) po pokročilá starší 25 let. Po této době dochází většinou již jen k pomalým a spíše kvantitativním změnám. Většinu druhů těchto pokročilých stádií však nemůžeme považovat za druhy klimaxové, ale mívají již přírodě blízký charakter a mohou se považovat za žádoucí z hlediska obnovy vegetačního krytu na narušených místech. Až na výjimky jsou tvořena různě zapojenými domácími dřevinami a sukcesně pokročilejšími neruderálními druhy bylin a trav (PRACH et al. 2008).

Podmínky, které brání uchycení vegetace, spočívají hlavně v nerovném, značně členitém povrchu výsypek s rozmanitou chemickou skladbou substrátu, který ovlivňuje ekologické podmínky pro vegetaci. Dále jsou to fyzikální a chemické vlastnosti zemin a rozdílné vlhkostní poměry (VOLF 1988).

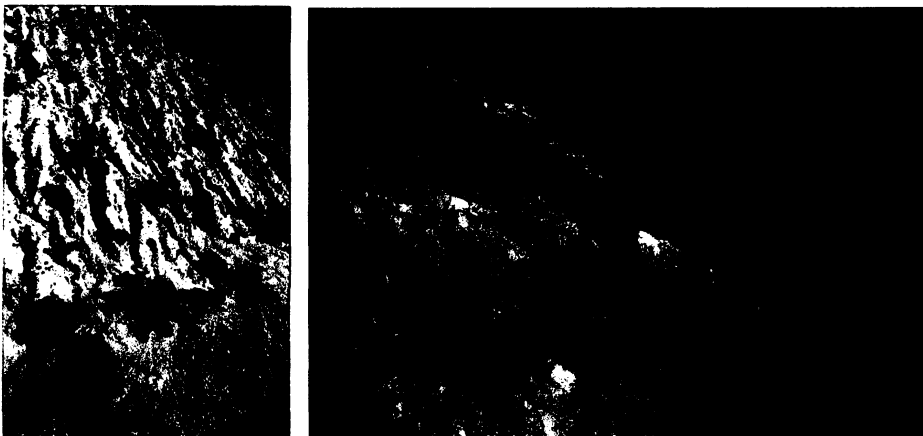
První rostliny se obvykle objevují spíše v proláklínách, jamkách a erozních rýhách než na hřebenech. Během několika málo let rostlinstvo zpravidla porůstá celé výsypky nebo odvaly (pokud nejsou tvořeny fyto toxickým materiálem) (ŠTÝS 1981). V prvních letech často dojde k převaze jednoho druhu – např. lebeda lesklá (*Artiplex sagittata*) (ŠTÝS 1981). Postupně se také začínají objevovat luční společenstva. Velmi častým zástupcem je třtina křovištní (*Calamagrostis epigejos*), která mnohdy tvoří souvislé porosty – monocenózy. Na některých výsypkách (např. chemického odpadu) bývá závěrečným společenstvem (ŠTÝS 1981). Dřeviny svou přítomností na výsypkách naznačují vyšší fázi sukcese. Jako jediná dřevina schopná uchycení už na čerstvě nasypaných výsypkách je bez černý (*Sambucus nigra*) (BEJČEK 1983).

**Tab.4. Přehled nejčastějších dominant sukcesních stádií na antropogenních stanovištích v České republice (PRACH et al. 2008).**

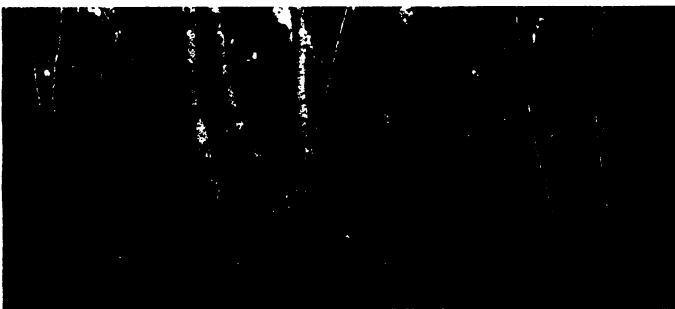
Iniciální stádia (1-3 roky)	Mladá sukcesní stádia (4-10 let)	Střední sukcesní stádia (11-25 let)	Pokročilá sukcesní stádia (nad 25 let)
turanka kanadská ( <i>Coryza canadensis</i> )	psineček výběžkatý ( <i>Agrostis stolonifera</i> )	psineček obecný ( <i>Agrostis capillaris</i> )	javor klen ( <i>Acer pseudoplatanus</i> )
rdesno blešník ( <i>Persicaria lapathifolia</i> )	lebeda lesklá ( <i>Artiplex sagittata</i> )	ovsík vyvýšený ( <i>Arrhenatherum elatius</i> )	bříza bělokorá ( <i>Betula pendula</i> )
starček lepkavý ( <i>Senecio viscosus</i> )	třtina křovištní ( <i>Calamagrostis epigejos</i> )	metlička křivolaká ( <i>Avenella flexuosa</i> )	třtina křovištní ( <i>Calamagrostis epigejos</i> )
podběl lékařský ( <i>Tussilago farfara</i> )	vesnovka obecná ( <i>Cardaria draba</i> )	třtina křovištní ( <i>Calamagrostis epigejos</i> )	jasan ztepilý ( <i>Fraxinus excelsior</i> )
	bodlák obecný ( <i>Carduus acanthoides</i> )	rákos obecný ( <i>Phragmites australis</i> )	rákos obecný ( <i>Phragmites australis</i> )
	pcháč oset ( <i>Cirsium arvense</i> )	vrba jíva ( <i>Salix caprea</i> )	topol osika ( <i>Populus tremula</i> )
	pýr plazivý ( <i>Elytrigia repens</i> )	bez černý ( <i>Sambucus nigra</i> )	vrba jíva ( <i>Salix caprea</i> )
	vrbovka úzkolistá ( <i>Epilobium angustifolium</i> )	podběl lékařský ( <i>Tussilago farfara</i> )	bez černý ( <i>Sambucus nigra</i> )
	hulevník Loeselův ( <i>Sisymbrium loeselii</i> )		
	vrtič obecný ( <i>Tanacetum vulgare</i> )		
	podběl lékařský ( <i>Tussilago farfara</i> )		
	orobinec širokolistý ( <i>Typha latifolia</i> )		

Rostliny na vrcholu výsypky bývají zpravidla v horším fyzickém stavu než ty, které obsadily prolákliny nebo prohlubně. Tento fenomén je podle vnějšího dojmu nazýván „nanismus“ (ŠTÝS 1981).

Chce-li někdo analyzovat vliv člověka na ekosystém, je pro něj nutným východiskem představa o tom, jak fungují ekosystémy bez lidského vlivu, zda jsou stabilní nebo proměnlivé a jak je jejich stav zajišťován. Při plánování zásahů do krajiny může znalost sukcese významně napomoci při snižování nevyhnutelných rizik (MÍCHAL 1994).



*Obr. 2. a 3. Ukázky přirozeného osidlování výsypek vegetací (ŠTÝS 1998a).*



*Obr. 4. a 5. Porovnání 50letého sukcesivního porostu břízy a 25letého rekultivačního březového porostu na výsypce bývalého lomu (ŠTÝS 1998a).*

## 5. Rekultivace

Rekultivace je uvedení postiženého území do takového stavu, aby zde mohl opět fungovat soběstačný ekosystém. Také skýtá jedinečnou příležitost si krajinu utvářet k obrazu svému (ŠTÝS 1990).

Rekultivovaná krajina by měla mít ekologickou vyváženost, zdravotně hygienickou nezávadnost, efektivní i potenciální produkci schopnost, estetickou působivost a rekreační schopnost (ŠTÝS 1990).

Proces rekultivace se dá rozdělit na 4 fáze – přípravná, důlně-technická, biotechnická a postrekultivační (ŠTÝS 1990, DIMITROVSKÝ 1979).

### **Přípravná fáze**

Tato fáze zahrnuje typizaci devastovaných území, pedologickou a hydrogeologickou analýzu antropogenních půdních substrátů na výsypkách, odvalech, haldách. Na základě podrobné analýzy je poté rozhodnuto o účelném využití zdevastované půdy pro zemědělskou nebo lesnickou rekultivaci. Velmi důležitá je potenciální úrodnost, stupeň ekologické devastace území a technické úpravy recentních útvarů (ŠTÝS 1990, DIMITROVSKÝ 1979).

### **Důlnětechnická fáze**

Nyní dochází k realizaci povrchových terénních úprav výsypek, převrstvení zemin s nízkou potenciální úrodností a hlavně toxických zemin orníci nebo jinými zúrodnění schopnými zeminami (ŠTÝS 1990, DIMITROVSKÝ 1979).

### **Biotechnická fáze**

Třetí fáze představuje realizaci vlastních rekultivačních prací jako výběr vhodných druhů dřevin a keřů (*tab.6.*), způsob založení lesních kultur, pěstební péče o založené porosty, jejich ošetření a ochrana. Dále jsou to navážky úrodných a potenciálně úrodných hornin a zemin, hydrotechnická opatření a technická stabilizace svahů (ŠTÝS 1990, DIMITROVSKÝ 1979).

### **Postrekultivační fáze**

Tato fáze začíná předáním zrehabilitovaných pozemků do následného užívání (ŠTÝS 1990, DIMITROVSKÝ 1979).

K důležitým technickým parametrům patří především sklon terénu, jeho sjízdnost, povrchový reliéf, únosnost, mechanické vlastnosti půdy, její zpracovatelnost, kamenitost, vlhkost stav plochy po těžbě, tvar, velikost a přístupnost (ŠTAUD et al. 1983).

Základem správného využití výsypkových půd je především poznání přirozených možností na uměle vzniklých stanovištích, určení správného směru jejich využití a způsobu rekultivace. Jednou z možností je bioindikace (DIMITROVSKÝ 1976), což je posuzování trofie stanoviště na základě živých ukazatelů, kterými jsou druhy trav a bylin. Každá rostlina nebo rostlinné společenstvo představují dokonalý obraz podmínek, ve kterých žijí (DIMITROVSKÝ 1979). Jako první se většinou objevuje zhruba po 5 letech pcháč rolní (*Cirsium arvense*), p. bahenní (*C. palustre*) a podběl lékařský (*Tussilago farfara*) (Dimitrovský 1979). Podběl je velmi spolehlivým bioindikátorem dostatečného obsahu vápna. Je to vyloženě vápnomilný druh a zároveň spolehlivý ukazatel půd bohatých na minerální živiny. Roste na půdních substrátech s pH 6,5 – 8. Mezi druhy, díky kterým můžeme posoudit humus a intenzitu nitrifikačních procesů patří: lipnice hajní (*Poa nemoralis*), pryskyřník plazivý (*Ranunculus repens*) a kopřiva dvoudomá (*Urtica dioica*) (DIMITROVSKÝ 1979).

Rekultivační návrh řešení devastovaného území musí respektovat stupeň devastace původní krajiny, imisní zatížení, industrializaci a urbanizaci a demografické poměry řešeného území (DIMITROVSKÝ 2001)

### **Způsoby rekultivací podle Štýse (1981)**

- zemědělská – agrotechnické alternativy: role, drnový fond, zelinářství
  - speciální kultury: ovocné sady, vinice chmelnice
- lesnická – lesy produkční
  - lesy účelové: půdoochranné a stabilizační, vodohospodářské, rekreační, asanační, doprovodná a rozptýlená zeleň
- hydrická – vody stojaté: nádrže retenční, akumulární, meliorační, pro závlahy
  - vody tekoucí: nové vodní toky
- rekreační – parky a sídlištní zeleň, lovecké porosty, zahrádkářské kolonie
- staveniště – obytné, průmyslové, inženýrské a komunální stavby
  - příkladem může být letiště na Sřimické výsypce v ČR

## 5.1. Rekultivace půd

Půda je nejen hlavním prostředkem k výrobě potravin, ale je to také přírodní neobnovitelný zdroj a významná složka krajiny. Rekultivace půd se stala povinností v okamžiku, kdy ji člověk svou činností začal poškozovat (LHOTSKÝ et al. 1994).

Z genetických půdních typů jsou nejproduktivnější černozemě, lužní půdy, hnědozemě a rendziny vytvořené na minerálně silných horninách s dobrými vhodnými mechanickými a fyzikálními vlastnostmi. Nejúrodnější půdy vznikají na hlinitých půdotvorných substrátech. Těchto poznatků je třeba využívat především již v etapě důlnětechnické a následně i biotechnické rekultivace (ŠTÝS 1990). Tab.5. obsahuje přehled vhodných zemín.

Tab.5. Vhodné zeminy pro rekultivace (PODHAJSKÝ, SMOLÍK 1986, JONÁŠ 1975)

<b>Vhodné k zemědělské rekultivaci</b>	černoze země, hnědozemě, spraše, sprašové hlíny
<b>Použitelné k zemědělské rekultivaci</b>	svahové hlíny, ostatní kvartérní sedimenty, šedé nadložní jíly neutrální až alkalické reakce šupinkovitého charakteru, písky hlinité
<b>Vhodné k lesnické rekultivaci</b>	hnědě zbarvené humózní a mírně podzolované lesní půdy, skeletové půdy a zeminy hlouběji uložené, šterky hlinité
<b>Ještě schopné zalesnění a ozelenění s omezeným hospodářským výsledkem</b>	hrubozrnné písky, písčité šterky, žluté jíly, zeminy s příměsí uhlí
<b>Fytotoxické - nevhodné</b>	sterilní písky s vysokým obsahem pyritu, volného hliníku a organogenních látek

Rekultivace sterilních a fytotoxických zemín vyžaduje nejprve melioraci, jejímž cílem je odstranit sterilitu zemín a jejich toxicitu. Buď po melioraci následuje přímá kultivace nebo se ještě převrství humózními zemínami. Mocnost překryvu bývá zpravidla 80 – 100cm (ŠTÝS 1981). Na toxických substrátech mohou přežít jen druhy s tolerancí vůči kyselému prostředí – např. janovec metlatý (*Cytisus scoparius*), metlička křivolaká (*Deschampsia flexuosa*), trnovník akát (*Robinia pseudoacacia*) a hlodáš evropský (*Ulex europaeus*) (MIAO, MARRS 2000).

K místním závážkám propadlin a jam se používají především zeminy z výsypek a skrývek. Pokud se příliš hluboké lomy nedají zasypat, vytvoří se z nich vodní nádrže, které se časem mohou osadit rybami (JÚVA et al. 1984).

Na neúživných půdách je třeba nejprve vytvořit podmínky pro růst vegetace. Cenný humus lze nahradit např. vrstvou jiné organické látky snadno dostupné a levné – např. sláma se velice osvědčila. V takto vzniklé vrstvě se pak vytváří vhodné mikroklima pro vzklíčení semen a jejím postupným rozpadem se získává část živin pro další růst vegetace (PROCHÁZKA 1973).

Výsadbě stromů a keřů předchází buď hloubkové kypření utuženého povrchu těžkou mechanizací nebo jednoletá i dvouletá agropříprava (ŠPIŘÍK 1992). Tato příprava spočívá v hluboké orbě, hnojení, přípravě zemin k setí, setí luskovinoobilné směsky a její zaorání – zelené hnojení. Tento postup prokázal pozitivní vliv na půdní vlastnosti. Došlo ke zlepšení fyzikálních vlastností, pohybu vody a vzduchu, proteplování zeminy a tím i lepší pohyb živin (ŠPIŘÍK 1992). Zelené hnojení má speciální uplatnění právě při zúrodnování devastovaných půd. Jeho účinek je velmi závislý na druhu zvolených plodin. Vikvovité rostliny předčí nevikvovité především obohacením ornice o biologicky poutaný dusík z ovzduší. Mezi vhodné rostliny patří: bob obecný (*Faba vulgaris*), pohanka (*Fagopyrum*), slunečnice (*Helianthus*), hrách setý (*Pisum sativum*) a vikev (*Vicia*) (LHOTSKÝ et al. 1994).

Při převrstvení pozemků humózními zeminami je optimální mocnost překryvu v podstatě závislá na kvalitě překrývaného podkladu, překryvné vrstvy a na požadované intenzitě rekultivace (ŠTÝS 1990). Lesnické rekultivace se provádí bez návozu ornice a u zemědělské se ornice naváží v tloušťce 30-40cm (FROUZ 1999). Při větších mocnostech sice dochází ke zvyšování bonity a výnosnosti, ale bohužel se tím výrazně zvyšují náklady na převrstvení (ŠTÝS 1990).



## 5.2. Lesnická rekultivace

Počátek lesnické rekultivace se datuje koncem 18. a začátkem 19. století v Německu. Začátkem 20. století se tímto způsobem rekultivace začali zabývat také v USA a Velké Británii. Největšího rozmachu však dosáhla až po 2. světové válce (DIMITROVSKÝ 1979).

Lesnickou rekultivaci lze právem označit za rekultivaci nepravou, protože se většinou rekultivují substráty, které nikdy produkčními půdami nebyly. V některých případech jde v podstatě o zalesnění zcela rozrušených nadložních horninotvorných materiálů. Obecně lze konstatovat, že požadavky lesních dřevin na kvalitu stanoviště jsou v porovnání se zemědělskou rekultivací nižší (ŠTÝS 1990, DIMITROVSKÝ 1979).

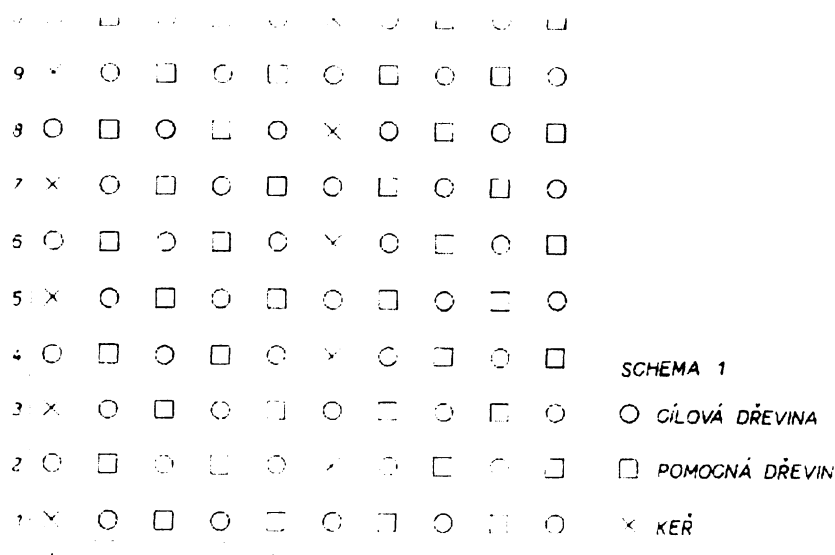
Na základě výsledků z četných pokusů byly navrženy dřeviny a keře, které představují základ pro zalesňování výsypek. Jsou to především listnaté dřeviny a keře, které v první fázi lépe plní meliorační funkce a přispívají k urychlenému vzniku půdy (ŠPIŘÍK 1992) - viz tab.6..

Tab.6. Základní dřeviny a keře pro zalesňování výsypek (ŠPIŘÍK 1992).

Keře	Pomocné a přípravné dřeviny	Převážně hospodářské dřeviny	Topoly a vrby
brslen evropský ( <i>Euonymus europae</i> )	olše lepkavá ( <i>Alnus glutinosa</i> )	dub letní ( <i>Quercus robur</i> )	topol balzámový ( <i>Populus balsamifera</i> )
ptačí zob obecný ( <i>Ligustrum vulgare</i> )	olše šedá ( <i>A. incana</i> )	dub zimní ( <i>Q. petraea</i> )	topol berlínský ( <i>P. berolinensis</i> )
zimolez obecný ( <i>Lonicera xylosteum</i> )	javor jasanolistý ( <i>Acer negundo</i> )	dub červený ( <i>Q. rubra</i> )	topol bělavý ( <i>P. candicans</i> )
tavolník vrbolistý ( <i>Spiraea salicifolia</i> )	lípa malolistá ( <i>Tilia cordata</i> )	javor klen ( <i>Acer pseudoplatanus</i> )	vrba krásnokvětá ( <i>Salix calliantha</i> )
meruzalka zlatá ( <i>Ribes aureum</i> )	jeřáb obecný ( <i>Sorbus aucuparia</i> )	javor mléč ( <i>A. platanoides</i> )	vrba nachová ( <i>S. purpurea</i> )
svída krvavá ( <i>Cornus sanguinea</i> )	řešetlák počistivý ( <i>Rhamnus cathartica</i> )	jasan ztepilý ( <i>Fraxinus excelsior</i> )	vrba jíva ( <i>S. caprea</i> )
dřín obecný ( <i>C. mas</i> )	bříza bělokora ( <i>Betula verrucosa</i> )	jilm vaz ( <i>Ulmus laevis</i> )	vrba americká ( <i>S. cordata</i> )



Založené lesní porosty na výsypkách budou ve velké míře plnit funkci produkční, což vyžaduje přizpůsobení druhové skladby a prostorového uspořádání. Cílové dřeviny se vysazují v kombinaci s pomocnými dřevinami. Procentuální zastoupení je 50 % hospodářských dřevin ku 50 % pomocných dřevin (viz obr. 6.) (ŠPIŘÍK 1992).



**Obr. 6.** Výsadba cílových a pomocných dřevin a keřů (ŠPIŘÍK 1992).

Je třeba také brát v úvahu, že ekologicky nejúčinnější jsou lesy přirozené. Při lesnické rekultivaci je proto vhodné uplatňovat přednostně původní druhy dřevin, které by měly co nejvíce odpovídat domácímu geofondu (ŠTÝS 1990). Jejich výběr je proto velmi důležitou součástí celého procesu. Dává se přednost druhům, které se dovedou dobře přizpůsobit atypickým podmínkám devastovaných území a jsou odolné vůči průmyslovým imisím. Dále se upřednostňují druhy s rychlým růstem nadzemních částí i kořenového systému (ŠTÝS 1990). Velice opatrně by se mělo zacházet s nepůvodními invazními druhy. Ty úspěšné se vyznačují dobrou plodností a klíčovostí, snadným šířením, schopností přežít v nepříznivých podmínkách (na výsypkách), rychlým růstem a velkou produkcí biomasy (PYŠEK 2001). Na první pohled se může zdát, že dřeviny budou mít obtížnější překonávání bariér – často plodí až ve vysokém věku a ve fázi semenáčků podléhají konkurenci okolní vegetace. Na druhé straně jsou ale velmi často zavlékány, a když se jim podaří obsadit stanoviště, často jej od základů změň (KŘIVÁNEK 2003). Mezi invazní druhy patří např. javor jasanolistý (*Acer negundo* L.) a borovice vejmutovka (*Pinus strobus* L.) a (PYŠEK 2001). Oba zástupci

odolávají prašnému městskému prostředí, částečně sněhu i mrazu. Javor díky hořké kůře odolává okusování zvěře, ale našťěstí není konkurenčně zvláště silný a v porostech většinou nepřevládá. Pro jeho odstranění postačí vykácení s následnou kontrolou po několika letech. Oproti tomu u borovice je často nutné vykácení opakovat (PYŠEK 2001).

Při výběru dřevin pro antropogenní půdní substráty jak u nás, tak i v zahraničí byla hlavní pozornost věnována dřevinám listnatým kvůli jejich všeobecně známému půdotvornému významu a vysokému stupni znečištění oblasti průmyslovými emisemi (DIMITROVSKÝ 1979). Postupem doby bylo přistoupeno i k ověření některých vhodných jehličnanů. Nejstarší tradici v otázce pěstování jehličnatých dřevin na antropogenních půdních substrátech mají v USA. K dřevinám vykazujícím největší zastoupení patří – jedle ojiněná (*Abies concolor* Hoopes), jedle obrovská (*Abies grandis* Lindl.), smrk pichlavý (*Picea pungens* Engelm) a borovice pobřežní (*Pinus contorta* Dougl.) (DIMITROVSKÝ 1979). V 70. letech minulého století se hojně používali exoti. Dnes se tomu již tak neděje (FROUZ, JAN, ústní sdělení, srpen 2009).

Porovnání růstu sedmi druhů dřevin na sokolovské výsypce ukázalo že největší biomasy dosahují porosty modřínů (*Larix*), následované lípou (*Tilia*), olší (*Alnus*), dubem (*Quercus*), smrkem (*Picea*) a borovicí (*Pinus*). Ze sledovaných porostů nejméně dřevní hmoty produkovaly nerekulтивované plochy porostlé porosty jívy (*Salix caprea*) a břízy (*Betula*) (FROUZ et al. 2009).

Jako významný indikátor obnovy ekosystému na výsypkách může sloužit například akumulace uhlíku v půdě, která se nemusí nutně shodovat s produkcí dřevní hmoty (FROUZ et al. 2009). Největší hodnoty byly zjištěny u olše a lípy, což prokazuje, že listnaté stromy podporují ukládání více uhlíku v půdě než stromy jehličnaté (FROUZ et al. 2009).

Hlavním předpokladem pro vhodná mísení dřevin na výsypkových stanovištích je znalost procentuálního ujmoutí a velikost přírůstku jednotlivých druhů dřevin. Dalším neméně důležitým kritériem je dostatečné zastoupení dřevin s vysokým melioračním účinkem. Např. olše, habr (*Carpinus*) a lípa (DIMITROVSKÝ 1979). Dále je vhodné, aby volené dřeviny měly přibližně stejný růst. Např. olše – jasan (*Fraxinus*), dub – jilm (*Ulmus*), olše – javor klen (*Acer pseudoplatanus*), olše – javor mléč (*Acer platanoides*), jilm – javor (*Acer*), dub – habr, dub – lípa, jasan – javor... (DIMITROVSKÝ 1979).

K dosažení úspěchu, což znamená během 7-10 let založit úspěšnou lesní kulturu, je nutné po základní výsadbě o lesnické rekultivace pečovat doplňováním za uhynulé stromy, pěstební

pěčí (okopávkou, hnojením a podle potřeby i vápněním a v prvních letech zálivkou), ochranou sazenic (mechanicky oplocením proti zvěři a chemicky nátěrem nebo postřikem repelenty) a dále např. prořezáváním a vyvětšováním (ŠTÝS 1998b, ŠPIŘÍK 1992).



*Obr. 7. a 8. Porovnání původní a zrekultivované výsypky s třicetiletým odstupem (ŠTÝS 1998b)*

### 5.3. Zemědělská rekultivace

Zemědělské rekultivace mají zajistit, aby nově vytvořená půda vykazovala trvale dobrou produkční schopnost a uspokojivé výnosy pěstovaných zemědělských plodin. Doporučuje se zasít jednoletou směskou, která se před koncem vegetace poseče, zelená hmota se rozřeže a zaorá pluhem (JŮVA et al. 1984). Nyní se může zasít jarní obilnina. Pokud je její výnos zcela neuspokojivý je třeba zasít vhodnou dvouletou jetelovinotravní směskou, která kořeny pronikne do větší hloubky. Půdu tím oživí a obohatí o organickou hmotu. Po této směsce se dá zasít obilnina a přihnojit průmyslovými hnojivy. Při uspokojivém výnosu lze půdu dále kultivovat použitím vhodného osevního postupu. Podmínkou úspěšného hospodaření je správná příprava půdy a vydatné minerální i organické hnojení (JŮVA et al. 1984). Nejvhodnější druhy pro jetelovinotravní a dočasně travní směsky shrnuje *tab. 7*.

Zemědělské rekultivace jsou realizovatelné za určitých podmínek i tehdy, nejsou-li k dispozici humózní zeminy pro provedení překryvu. Základní podmínkou je však potenciální úrodyschopnost povrchových vrstev výsypek (ŠTÝS 1990).

*Tab. 7. Nejvhodnější druhy pro jetelovinotravní a dočasně travní směsky (JŮVA 1984).*

Trávy	Jeteloviny
bojínek luční ( <i>Phleum pratense</i> )	jetel plazivý ( <i>Trifolium repens</i> )
jílek mnohokvětý ( <i>Lolium multiflorum</i> )	jetel zvrhlý ( <i>T. hybridum</i> )
jílek vytrvalý ( <i>Lolium perenne</i> )	komonice bílá ( <i>Melilotus albus</i> )
kostřava červená ( <i>Festuca rubra</i> )	štírovník růžkatý ( <i>Lotus corniculatus</i> )
kostřava luční ( <i>F. pratensis</i> )	úročník lékařský ( <i>Anthyllis vulneraria</i> )
ovsík vyvýšený ( <i>Arrhenatherum elatius</i> )	vičenec setý ( <i>Onobrychis sativa</i> )
srha říznačka ( <i>Dactylis glomerata</i> )	
sveřep bezbranný ( <i>Bromus inermis</i> )	

## 6. Porovnání sukcese a rekultivace

Spontánní sukcese je ve většině případů výhodnější a hlavně levnou alternativou k technickým rekultivacím. Přirozenou cestou se selektují druhy a jejich ekotypy, které jsou nejlépe přizpůsobeny příslušným stanovištním poměrům. Toho nikdy nemůže být dosaženo technickou rekultivací (PRACH et al. 2008). Na spontánní sukcesi se ale nedá spolehnout na různých toxických stanovištích, včetně těch extrémně kyselých, na místech ohrožených erozí nebo u stanovišť, odkud lze očekávat průsak kontaminovaných vod (PRACH et al. 2008). Někdy může mít rekultivace i nízkou efektivitu a zvolené druhy pomalu vymizí a spontánně je nahradí invazní nebo původní druhy s vyšší tolerancí ke stresu (KOVÁŘ 2004). Podle PESCA (2008) je počet rostlin v bylinném patře kontrolován dominantními druhy stromů. Nejvíce druhů bylo zaznamenáno v přirozeně vzniklém smíšeném lese. Přírodní sukcese dovolí kolonizovat dané území více druhům. Možná by bylo vhodné při rekultivaci ponechat pár ostrůvků pro spontánní sukcesi a na zbytku území vysadit rychle rostoucí druhy (HARTMUT 2000). Výsypky a zejména pak plochy ponechané spontánní sukcesi jsou také často útočištěm chráněných a ohrožených druhů a to i takových, které se v okolní krajině nevyskytují nebo jsou zde extrémně vzácné (FROUZ et al. 2007). Z tohoto důvodu legislativa některých států (např. sousedního Německa) dokonce udává, že asi 10% ploch výsypek by mělo být ponecháno spontánní sukcesi (FROUZ et al. 2007). Mezi vzácné druhy, které se na výsypkách v ČR mohou vyskytovat, patří špička trojbarvá (*Marasmiellus tricolor*), čirůvka kroužkatá (*Tricholoma cingulatum*) a č. modřínová (*T. psammopus*). Z obojživelníků se na výsypkách vyskytuje např. ropucha krátkonohá (*Bufo calamita*), blatnice skvrnitá (*Pelobates fuscus*) a čolek velký (*Triturus cristatus*) (FROUZ et al. 2007).

Z finančního hlediska je sukcese výhodnější, protože se nemusí navážet ornice, hnojit, kupovat sazenice a sázet (stromy, keře), není potřeba žádných strojů a ani zpřístupnění výsypek kvůli nim. Dále není potřeba doplňovat nové rostliny za uhynulé a několik následujících let se o vzniklý porost starat. Ovšem zase na druhou stranu nemůžeme ovlivnit skladbu druhů, takže nevznikne např. pro člověka důležitý produkční les (PENSA 2008, PRACH et al. 2008, ŠPIŘÍK 1992). Dalším možným negativem sukcese by mohla být příliš dlouhá doba, kterou příroda k obnově poškozeného stanoviště potřebuje. Za příhodných podmínek nemusí být tento rozdíl rychlosti vývoje rekultivovaných a nerekulitovaných ploch příliš významný, a snižuje se s narůstajícím stářím (FROUZ 2008). Udává velké rozdíly mezi vývojem půd u mladých ploch (20letých a mladších) zatímco u čtyřicetiletých a

starších ploch jsou rozdíly jen těžko patrné. Určitý problém je také v dataci ploch, protože zatímco sukcese začíná ihned po nasypání, rekultivace začíná až za několik let (2-10 let po nasypání) zpravidla úpravou povrchu, která vede k likvidaci primárních společenstev vytvořených sukcesí (FROUZ 2008). Uvažujeme-li tedy, že na příhodných substrátech rekultivace urychlí vývoj půd o cca 15 let (FROUZ 2008) a plocha bude rekultivována 10 let po nasypání, pak urychlení dané rekultivací není příliš výrazné.

## 7. Zákony

Těžební společnosti mají ze zákona povinnost provádět v plném rozsahu rekultivace vytěžených ploch (LHOTSKÝ et al. 1994). Zákon také ukládá skrývat před těžbou nejen ornici, ale i podorniční zeminy, které se po ukončení těžby použijí k rekultivaci (LHOTSKÝ et al. 1994). Do roku 1990 byly rekultivace financovány z fondu škod a náhrad vytvářeného na vrub nákladů těžby. V roce 1993 byla platným horním zákonem provozovatelům lomů uložena povinnost uhradit veškeré výdaje související s rekultivací pozemků devastovaných těžbou. Tato povinnost byla při privatizaci v plném rozsahu převedena ze státu na akciové společnosti. (KLIMECKÝ et al. 1997). Na sanaci a rekultivaci území v době po dotěžení ložiska vytváří těžař povinně po dobu těžby rezervu finančních prostředků. Tato povinnost je obsažena v horním zákoně.

Přehled zákonů a vyhlášek, z kterých vyplývá povinnost rekultivovat podle LHOTSKÉHO et al. (1994):

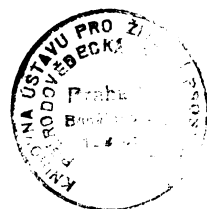
- Zákon č. 53/66 Sb. O ochraně zemědělského půdního fondu (později novelizován jako zákon 124/76 Sb. a nakonec přepracován ve znění zákona 334/92 Sb.
- Vyhláška č. 13/94 Sb., kterou se upravují některé podrobnosti ochrany zemědělského půdního.
- Zákon č. 44/88 Sb. O ochraně využití nerostného bohatství (horní zákon)
- Zákony č. 439/92 a 168/93, kterými se mění a doplňuje zákon 44/88 Sb.



## 8. Závěr

Rekultivací nikdy nedocílíme úplně stejného vzhledu dané oblasti jako před začátkem těžby. Krajinu můžeme přeměnit v produkční les, zemědělskou krajinu nebo i ve vodní nádrž. Rekultivace je finančně i technicky náročnější než sukcese, při které se spoléhá čistě na přírodu. Mezi náklady patří navrstvení zeminy, výsadba rostlin, keřů a dřevin a jejich následná péče. Sukcese se sice může zdát jako jednodušší a hlavně levnější řešení k obnově devastovaného území, ale je pomalejší a méně predikovatelná než rekultivace. Rozdíly mezi rekultivací a sukcesí se snižují s vyšší kvalitou substrátu a se vzrůstajícím stářím ploch.

V současnosti má každá těžbařská společnost v ČR ze zákona povinnost rekultivovat. Takže v nejbližší době bude rekultivace území poškozených povrchovou těžbou uhlí stále převládat nad sukcesí.



## 9. Použitá literatura:

- **BEGON, M., HARPER, J. L., TOWNSEND, C. R. 1997:** Ekologie: jedinci, populace a společenstva. *Vydavatelství University Palackého, Olomouc, 949 s.*
- **BEJČEK V., 1983:** Sukcese a produktivita drobných savců na výsypkách v Mostecké pánvi. *Academia, Praha, 70 s.*
- **BRADSHAW A., 1997:** Restoration of mined lands – using natural processes. *Ecological Engineering 8: 255-269 s.*
- **DIMITROVSKÝ K., 1976:** Forestry reclamation of anthropogenous soils in the area of Sokolov lignite distrikt. *Výzkumný ústav meliorací, Praha, 220 s.*
- **DIMITROVSKÝ K., 1979:** Lesnická rekultivace devastovaných půd báňskou činností. *Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství, Praha, 64 s.*
- **DIMITROVSKÝ K., 2001:** Tvorba nové krajiny na Sokolovsku. *Sokolovská uhelná, a.s., Sokolov, 191 s.*
- **FROUZ J., 1999:** Návrat přírody do krajiny poznamenané těžbou uhlí. *Sokolovská uhelná, a.s., 16 s.*
- **FROUZ J., 2008:** Soil biota development in areas in affected by open coast coal mining in Europe and its role in soil formation. in Fosdyke B.G. (ed.) *Coal Mining: Research, Technology and Safety. Nova Publishers, New York.*
- **FROUZ J., PIŽL V., CIENCIALA E., KALČÍK J., 2009:** Carbon storage in post-mining forest soil, the role of tree biomass and soil bioturbation. *Biogeochemistry, 94:111-121*
- **FROUZ J., POPPERL J., PŘIKRYL I. A ŠTRUDL J., 2007:** Tvorba nové krajiny na Sokolovsku. *Sokolovská uhelná, právní nástupce a.s., Sokolov, 26 s.*
- **HARTMUT H. K., 2000:** Natural regeneration and succession – results from a 13 years study with reference to mesofauna and vegetation, and implications for management. *Landscape and Urban Planning 51: 123-130 s.*
- **JONÁŠ F., 1975:** Určení způsobů rekultivace a tvorba nových půd na výsypkách v severočeském hnědouhelném revíru. *Výzkumný ústav meliorací, Praha, 248 s.*
- **JŮVA K., PFLUG J., TLAPÁK V., 1984:** Meliorační kultivace a rekultivace zemědělské půdy. *Státní zemědělské nakladatelství, Praha, 304 s.*

- **KLIMECKÝ O. et al., 1997:** Hnědé uhlí v České republice. *Pulford spol. s.r.o., Praha, 28 s.*
- **KOVÁŘ P., 2004:** Natural Recovery of Human-Made Deposits in Landscape (Biotic interactions and Ore/Ash-Slag artificial Ecosystems). *Academia, Praha, 358 s.*
- **KRÁTKÝ Š., 1954:** Uhlí jako chemická surovina. *Státní nakladatelství technické literatury, Praha, 136 s.*
- **KŘIVÁNEK M., 2003:** Nepůvodní dřeviny a invazní rostliny. Sborník přednášek z Celostátního semináře konaného dne 24.9.2003 ve Žluticích. *Česká lesnická Společnost, Praha, 110 s.*
- **LHOTSKÝ J. et al., 1994:** Kultivace a rekultivace půd. *Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Praha, 198 s.*
- **MIAO Z., MARRS R., 2000:** Ecological restoration and land reclamation in open-cast mines in Shanxi Province, China. *Journal of Environmental Management 59: 205-215 s.*
- **MÍCHAL, I., 1994:** Ekologická stabilita. *Veronica, ekologické středisko ČSOP s přispěním MŽP ČR, Brno, 276 s.*
- **PENSA M., 2008:** The effect of planted trees species on the development of herbaceous vegetation in a reclaimed opencast. *Can. J. For. Res. Vol. 38, 2674-2686*
- **PODHAJSKÝ M., SMOLÍK D., 1986:** Technologické postupy úprav krajiny po těžbě a zpracování rudných a nerudných surovin rekultivacemi. *Nakladatelství technické literatury, Praha, 284 s.*
- **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, 26: 5-26*
- **PROCHÁZKA J., 1973:** Nové technologie vegetačního zpevňování svahů. *Výzkumný ústav inžinierskych stavieb, Bratislava, 45 s.*
- **PYŠEK P., 2001:** Rostlinné invaze – Principy rostlinných invazí a expanzí, jejich vliv na původní rostlinná společenstva a příklady našich invazních druhů. *Rezekvítek, Brno 40 s*
- **STARÝ J., KAVINA P., VANĚČEK M., SITENSKÝ I., KOTKOVÁ J., NEKUTOVÁ T., 2007:** Surovinové zdroje České republiky: nerostné suroviny (stav 2006). *Česká geologická služba – Geofond, 383 s.*

- **ŠPIŘÍK F., 1992:** Racionalizace lesnických rekultivací území, devastovaných báňskou činností v oblasti severočeského hnědouhelného revíru – komplexními opatřeními. *Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Praha, 29 s.*
- **ŠTAUD V. et al., 1983:** Umělá obnova lesa. Technika a technologie. *Státní zemědělské nakladatelství, Praha, 167 s.*
- **ŠTÝS S. et al., 1981:** Rekultivace území postižených těžbou nerostných surovin. *Nakladatelství technické literatury, Praha, 680 s.*
- **ŠTÝS S., 1990:** Rekultivace území devastovaných těžbou nerostů. *Nakladatelství technické literatury, Praha, 192 s.*
- **ŠTÝS S., 1998a:** návraty vypůjčených krajín. *Bílý slon, Praha, 47 s.*
- **ŠTÝS S., 1998b:** Rekultivace. *Mostecká uhelná společnost, 63 s.*
- **VOLF F., 1988:** Sukcese rostlinných společenstev a jejich význam pro rekultivace a další využití půd vzniklých při důlní činnosti v oblasti SHD Most. *Vysoká škola zemědělská, Praha, 152 s.*

