

a ostatných pôdu vitalizujúcich látok. Možno ich aplikovať vo forme kompostov, alebo aj priamym hnojením na základe osevných postupov a plánov, analýz pôd, monitoringu a ekomonitoringu. V praxi sa však hygienizované biologické čistiarenské kaly využívajú pri výrobe kompostov, kde na základe overených a schválených receptúr tvoria ich súčasť v rôznom zastúpení. Použitie takýchto kalov a ich kompostovanie má niekoľko zásadných výhod:

- biologická degradácia je prakticky ukončená,
- nedochádza k stavom anoxie,
- zriedujú sa prípadné polutanty.

Hnojenie pôd kompostmi má rad pozitívnych vplyvov, ako je saturácia organickej hmoty do pôdy, doplnenie živín, makro a mikrobiogénnych prvkov, zvyšovanie pôdnej úrodnosti, pufrovitosti pôdy a pod. Napriek tomu pravdepodobne nenastúpi masívna priama aplikácia čistiarenských kalov do pôdy. Tento spôsob ich zhodnocovania sa bude presadzovať len postupne.

V zložitých problémoch sa v budúcnosti môžu ocitnúť tie čistiarenské odpadové vody, ktoré nebudú spĺňať environmentálne a bezpečnostné kritériá, a preto aplikácia ich produktov do pôdy priamo alebo vo forme kompostov nebude možná a skládkovanie odpadov bude vylúčené alebo významne obmedzené. Jediným spôsobom ako naložiť s takýmto odpadom bude spaľovanie, čo však z environmentálneho, ale aj ekonomického hľadiska prináša množstvo rizík.

* * *

Produkty čistiarní odpadových vôd sú stále aktuálnym problémom a pravdepodobne ním aj zostanú.

V súčasnosti je pôdohospodárske využitie čistiarenských kalov objektívne nevyhnutné najmä preto, že iné spôsoby zhodnocovania tohto druhu odpadu pravdepodobne reálne neexistujú, navyše, spravidla vysoká hnojivá účinnosť kalov ich predurčuje na takéto zhodnotenie. Pôdohospodárske využitie kalov pri splnení určitých podmienok možno považovať za environmentálne akceptovateľné a pôdohospodársky účinné. Otvorenou otázkou ostáva hygienická a environmentálna bezpečnosť. Environmentálne a hygienické kritériá hodnotenia kvality čistiarenských kalov by mali byť rozhodujúce pri určení spôsobu nakladania s nimi: spaľovaním, priamym skládkovaním, solidifikáciou, biotechnologickým spracovaním a priamou aplikáciou do poľnohospodárskej alebo lesnej pôdy.

Jaroslav Demko

Literatúra

- Demko, J.: Ťažké kovy v kaloch, likvidácia a využitie. In: Aktuálne ekologické otázky E '96. Ťažké kovy v ekosystéme. Zborník. BIJO Slovensko, Košice, 1996, s. 127 - 130.
- Ladomerský, J.: Odkaliská v okolí Banskej Štiavnice - environmentálne problémy a potenciálny zdroj surovín. In: Beseda, I. a kol.: Aktuálne problémy kontaminácie životného prostredia z hľadiska toxikológie a ekotoxikológie. TU Zvolen, 2000, s. 95.
- Malý, J., Malá, J.: Chemie a technológia vody. NOEL 2000, Brno, 1996, s. 185.
- Šumná, J., Fratričová, M., Kozáková, K.: Odpady z ČOV v zmysle novej právnej úpravy. In: Kaly a odpady. Zborník z konferencie. Tatranské Zruby, 2001, s. 11 - 16.

Zkušenosti s využitím odpadů při rekultivaci krajiny v Podkrušnohoří

Obnova území po těžbě patří mezi závažné problémy Podkrušnohorské krajiny. Po ukončení báňského provozu se zde postupně uskutečňují rekultivace. Při technické fázi rekultivací dochází k terénním úpravám vedoucím ke stabilizaci území a ochraně před erozí. Dále probíhá navážka zemin, základní půdní meliorace a hydrotechnické úpravy. Při úpravě je důležitá navážená zemina vytvářející povrchovou vrstvu půdy, kte-

rá bude významně ovlivňovat vegetační pokryv i stabilitu nově vytvářeného území.

Při tradičních formách rekultivací se na výsypkovou zeminu naváží ornice, případně spráše, sprášové hlíny, slíny a organické hmoty. Protože snížením chovu hospodářských zvířat se omezila produkce statkových hnojiv, hledají se nové zdroje organických látek pro aplikaci do půdy. Náhradní řešení představují prů-

myslové komposty, meliorační či rekultivační směsi. Jedním ze zdrojů organické hmoty, který je možné aplikovat do půdy, jsou odpady papírenského a celulózo-vého průmyslu (v současnosti jde o podnik Frantschach Pulp & Paper Czech, a. s., Štětí v okrese Litoměřice).

Rekultivační směsi nekompostované využívají prioritně důlní podniky v Podkrušnohoří. Např. na rekultivační akce Mostecké uhelné společnosti, a. s. (ČSA, lom Most, Ružodol, Slatenice a Vršany) bylo v letech 1998 – 2002 na 191 ha aplikováno 79 tis. t těchto směsí. Rekultivační hmota je homogenizovaná a nefermentovaná směs substrátových komponentů, která obsahuje:

- krátká celulózová vlákna – specifický odpad papírenského a celulózo-vého průmyslu, který je možno charakterizovat jako primární kal z výroby buničiny a papíru (kód odpadu 030306, kategorie O),
- papírenský biokal – aerobně stabilizovaný kal z papírensko-celulózo-vého průmyslu (kód odpadu 030306, kategorie O),
- tříděné a zrnitostně upravené frakce stromové kůry ze suchého odkornění s různým podílem dřevní hmoty (kód odpadu 030301, kategorie O).

Směs primárních a biologických kalů vzniká při čištění odpadních vod z papírenských a celulózářských podniků.

- **Primární kal** je šedobílá až šedá hmota drobtovité struktury s charakteristickou vůní zpracovaného dřeva a buničin. Používal se i neupravený. Obsahuje kromě dusíku základní živiny a organické látky důležité pro výživu půdní mikroflóry, které jsou výchozím materiálem pro tvorbu humusu. Po příslušné úpravě je vhodným nosným substrátem pro výrobu hnojivých organických materiálů. Lze jej kombinovat i s klasickými komponenty, jako je rašelina, fermentovaná kůra, štěpka a jíl. Zpracovávají se na sušinu 30 – 34 %, obsahují lignin a sulfonové kyseliny (důležité pro tvorbu humusu).
- **Biologický kal** je hnědá až tmavě hnědá hmota drobtovité až hrudkovité struktury s obsahem lignin-sulfonových kyselin. Stabilizovaný biologický kal z výroby papíru a buničiny se upravuje kyselinou fosforečnou a odvodňuje na sušinu 30 – 33 %. Je bohatý na mikroorganismy, pro vyrovnání deficitu dusíku se obohacuje čpavkovou vodou. Složení biologického kalu je vzhledem k charakteru výroby a původu stabilní, obsah cizorodých látek odpovídá normě. Odvodnění pomocí organických flokulantů (akrylamidů) pozitivně působí na vytváření struktury půdy. Pro tvorbu humusu je důležitý obsah lignin-sulfonových kyselin, které se dostá-

Tab. 1 Obsah vybraných prvků v rekultivačních hmotách v r. 2002

Prvek	Jednotka	Rekultivační hmota		
		Start	Start rekult.	Basic Mulč
Sušina	%	30 – 35	30 – 35	35 – 39
Spalitelné látky	% sušiny	73,8 – 74,4	75,9 – 76,0	75,8 – 77,5
Dusík	% sušiny	1,88 – 2,63	2,17 – 2,92	0,33 – 0,35
Fosfor	% sušiny	0,38 – 0,52	0,31 – 0,42	0,09 – 0,11
Draslík	% sušiny	0,12 – 0,14	0,16 – 0,18	0,08 – 0,09
Vápník	% sušiny	6,00 – 6,52	4,87 – 5,24	3,06 – 3,98
Horčík	% sušiny	0,25 – 0,27	0,22 – 0,25	0,11 – 0,15
C : N	poměr	14,2 – 22,3	13,00 – 24,5	112 – 116
Kadmium	mg.kg ⁻¹ sušiny	1,56 – 1,79	1,59 – 1,84	0,03 – 0,97
Olovo	mg.kg ⁻¹ sušiny	10,0 – 10,2	10,2 – 10,5	11,2 – 11,6
Astat	mg.kg ⁻¹ sušiny	1,8 – 1,9	2,0 – 2,1	2,1 – 2,2
Rtuť	mg.kg ⁻¹ sušiny	0,48 – 0,51	0,47 – 0,50	0,36 – 0,36
Chrom	mg.kg ⁻¹ sušiny	7,5 – 8,1	6,6 – 7,9	3,6 – 4,4
Nikl	mg.kg ⁻¹ sušiny	7,8 – 8,3	7,4 – 8,1	5,1 – 5,2
Kobalt	mg.kg ⁻¹ sušiny	2,2 – 2,3	1,9 – 2,1	1,2 – 1,4
Zinek	mg.kg ⁻¹ sušiny	96 – 104	129 – 132	128 – 165
Vápník	mg.kg ⁻¹ sušiny	38,2 – 38,7	31,3 – 33,9	19,4 – 25,1
Molybden	mg.kg ⁻¹ sušiny	2,2 – 2,3	2,2 – 2,3	1,9 – 2,0

vají hydrolyzou dřeva do papírenských odpadových vod. Vytvořený substrát z krátkých celulóзовých vláken s biokalem vykazuje cca 30 – 40 % gravitačních pórů, využitelná vodní kapacita je poměrně vysoká (15 – 20 % objemu). Je využitelný pro úpravy hydrofyzikálních vlastností výsypkových zemin, ale je i materiálem, který ochraňuje půdu před erozí. Zlepšují fyzikální, chemické i biologické vlastnosti rekultivovaných zemin.

Rekultivační hmoty se vyrábějí mícháním komponentů stanovených podnikovou normou. Přípravují se zejména podle požadavků projektu rekultivace. Vychází se přitom z komplexní expertízy a zohledňuje se kvalita rekultivované zeminy, druh a účel rekultivace, druh a způsob výsadby, svažitost terénu, požadavek na průsak srážek atp. Zpravidla se upřesňuje i požadavek na celkový obsah některé další živiny, mikroelementů či další fyzikální vlastnost nebo požadavek na míru stability.

Způsob a dávka rekultivační hmoty jsou určeny v rekultivačním projektu, zpravidla promísením s rekultivovanou zeminou 200 – 600 t.ha⁻¹ nebo rozprostřením v podpovrchové nebo povrchové vrstvě 50 – 300 t.ha⁻¹ při sendvičovém uspořádání rekultivačních vrstev. Směsi se aplikují na upravený povrch výsypkových zemin. V rekultivačních hmotách nesmí být žádný z rizikových prvků ve vyšším množství, jak je uvedeno ve vyhlášce Ministerstva zemědělství ČR č. 271/98 o stanovení požadavku na hnojivo.

Přínos rekultivačních směsí není pouze v obohacení výsypkových zemin organickou hmotou, stejně významný je jejich protierozní účinek. Na nestabilizovaném a nereakultivovaném povrchu dochází k rozvoji erozních procesů, jejichž intenzita dosahuje formy rýhové až stržové. Vznik eroze je možné omezit pomocí opatření, která upravují infiltrační schopnosti zemin používaných k rekultivačním účelům. Tuto schopnost mají nekompostované rekultivační směsi aplikované jako mulče (optimální vrstva 10 cm) nebo promísené s výsypkovou zeminou.

Využití odpadů z výroby a zpracování celulózy, papíru a buničiny ze Štětí na aplikaci do půdy prováděla firma Ekologické programy ve spolupráci s výzkumem více jak 10 let. Vhodnost odpadních látek pro výrobu rekultivační hmoty zjišťovali pracovníci Výzkumného ústavu rostlinné výroby v Ruzyni, Stavební fakulty ČVUT a Výzkumného ústavu meliorace a ochrany půdy v Praze a Výzkumného ústavu pro hnědé uhlí, a. s., Most.

Dílčím způsobem se na tomto projektu podílela i Fakulta životního prostředí UJP v Ústí nad Labem. V r. 2003 byly praktické výsledky využití rekultivační hmoty na výsypkách sledovány v rámci projektu FRVŠ č. 2667/03 *Studium revitalizačních postupů na antropogenních půdách* ve vztahu k půdním substrátům. Tato prob-

lematika byla také součástí výzkumného záměru FŽP UJEP č. MŠM 135200001 *Výzkum antropogenních zátěží v severočeském regionu v DU 2. 1. Vliv antropogenní zátěže na ekosystémy*.

Předmětem hodnocení FŽP byly výsypky okresu Most na lokalitách lomu Most – Pařidelský lalok, části vnitřní výsypky Slatinice a vnitřní výsypky lomu ČSA. Součástí projektů FŽP bylo ověřování rekultivačních hmot na bázi krátkých celulóзовých vláken a biokalů pro obnovu půdního povrchu, zajištění svahů proti erozi a pro obnovu života v půdě.

V letech 2000 – 2003 se sledovaly chemické a biologické parametry antropogenních půd na Mostecku. Jednalo se např. o obsah uhlíku v organické hmotě C_{ox}, půdní reakce pH_{H₂O} pH_{KCl}, kvalitu půdy (stupeň kondenzace extrahovatelných humusových látek) a mikrobiologické charakteristiky: uhlík biomasy mikroorganismů (C_{MB}), extracelulární uhlík (C_{EX}), respirace, amonifikace a nitrifikace v případě 11 antropogenních půd, jejichž technické úpravy probíhaly r. 2000. Sledovaly se 4 stanoviště s rekultivační hmotou (KCV a biokal 2 : 1) a 7 dalších stanovišť s různým půdním povrchem – žluté jíly, spraš, šedé jíly, směsný substrát s oxyhumolity. Po komplexním vyhodnocení tříletých pokusů se na prvních 4 místech umístily lokality, kde byl půdní povrch (miocenní jíly) překryt rekultivační hmotou. Rovněž výnos biomasy z půd pokrytých rekultivační hmotou po dobu sledování výrazně převyšoval stanoviště bez překryvu.

Lze učinit závěr, že odpady papírenského a celulóзовého průmyslu na bázi krátkých celulóзовých vláken a biokaly zpracované do rekultivační hmoty urychlily ozelenění výsypkových půd, příznivě ovlivnily pokrývnost na sledovaných lokalitách, zvýšily produkci travin a jetelovin a oživily půdu mikroorganismy, zlepšily fyzikální i chemické vlastnosti půdy a stabilizují svahy. Jsou významným materiálem pro rekultivaci území po těžbě uhlí, ale mohou najít uplatnění i při rekultivacích složišť popílků, skládek odpadů, při ozeleňování okolí staveb a komunikací, při parkových úpravách, při zlepšování fyzikálních vlastností půd, i jako mulčovací substrát.

Jaroslava Vráblíková, Petr Vráblík

Literatura

- Čermák, P.: Využití organických substrátů pro účely protierozní stabilizace převýšených výsypek. Výzkumná zpráva. VUMOP Praha, 1994.
- Johanovský, V.: Využití kalů z BČOV SEPA, n. p., Štětí. Výzkumná zpráva, 1986.
- Richter, M.: Technologie ochrany životního prostředí I. Čištění odpadních vod. FŽP, Ústí nad Labem, 2002.
- Podniková norma Ekologické programy – Rekultivační hmoty – PN 01/03. Okna, 2003.