

Ing. Petr Čermák, CSc., Jaroslav Kohel, VÚMOP Praha, Ing. Eva Balcarová, SD, a.s., Doly Blatina,
Lenka Měsková, Ingrid Jarošová, MUS, a.s., Most

Vodní režim antropogenních půd

Wasserhaushalt der anthropogenen Böden

Eine der wichtigsten Aufgaben der Rekultivierungen der Kippenkörper im nordböhmischen Becken ist, eine Begrenzung der unerwünschten Erosionsprozesse zu erreichen. Die Entwicklung der Erosionsprozesse auf den Kippen unterliegt spezifischen Bedingungen, die vor allem von hydrophysikalischen Eigenschaften der Kippenerdböden, von eingesetzten Bodenverbesserungsvorgängen und der entstehenden Vegetationsdecke abhängig sind. Ein sehr wichtiger Faktor stellt die Intensität der Niederschläge. Unterschätzt man diese Problematik, besteht die Gefahr der Rille- bis Klüftenerosionsprozesse, die die umgesetzte technische Rekultivierung entwerten und erhebliche Schäden verursachen können.

Für eine effektive Begrenzung der Erosionsprozesse braucht man gute Kenntnisse der Eigenschaften der Kippenerdböden. Der Artikel fasst empfohlene Feld- und Simulationsmethoden für die Auswertung der Problematik zusammen, diskutiert über die zulässigen Böschungslängen und entwirft geeignete Aufbereitungsvorgänge des Wasserhaushaltes der anthropogenen Böden. Diese sind in den Bedingungen des nordböhmischen Beckens Überlagerungen der Kippenoberfläche durch fruchtbar zu machenden Böden, die Meliorationen durch lokal erreichbare Sorbenten und progressive Vorgänge, die an der Anwendung der organischen Stoffe basieren.

Water condition of anthropogenic soils

Reduction of undesirable erosion processes is one of the most important recultivation tasks of spoil bodies in the area of North Bohemian Basin. Conditions for development of erosion processes on spoil banks are specific, depending above all on hydrophysical attributes of spoil soils, used ameliorating technologies and rising coverage of vegetation. Intensity of rainfalls

is an important coefficient. Upon underestimation of this problems, there is the danger of rill to precipice erosion processes that may debase performed technical recultivation and cause considerable damages.

For effective reduction of erosion processes, good knowledge of hydrophysical attributes of spoil soils is needed. Recommended field and simulation methods for problems evaluation are summarized in this article as well as acceptable length of slopes is discussed and suitable technologies of water condition treatment of anthropogenic soils are proposed. These technologies contain rearranging in strata of spoil tips surfaces by using soils that may be fertilized, amelioration by local available sorbents and progressive proceedings based on organic matter application.

Режим воды в антропогенных почвах

Одним из важнейших заданий рекультивации тел отвалов в области Северочешского бурогоугольного бассейна является лимитирование нежелательных процессов эрозии. Условия развития процессов эрозии на отвалах весьма специфичны и зависят прежде всего от гидро-физических свойств отвальных грунтов, применяемых технологий меллиорации и от возникающего покрова вегетации. Очень важный элемент представляет собой интенсивность атмосферных осадков. В случае недооценки этой проблемы угрожает опасность возникновения процесса эрозии в форме рыфлей а даже обрывов, которые могут обесценит проведенную до сих пор техническую рекультивацию и вызвать значительный ущерб. Для эффективного сокращения процессов эрозии необходимо хорошо знать гидро-физические свойства отвальных грунтов. В предлагаемой статье обобщаются рекомендуемые

полевые и симуляционные методы оценки данной проблемы, дискутируются допустимые длины отвальных откосов и предлагаются пригодные технологии приспособления режима воды в антропогенных почвах. К таким приспособлениям в условиях Северочешского бассейна относятся: наслаивание поверхности отвалов плодородноспособными грунтами, мелиорация локально доступными сорбентами и прогрессивные процессы на базе применения органических масс.

Vodní režim antropogenních půd

Jedním z nejdůležitějších úkolů rekultivace výsypkových těles v oblasti severočeské pánve je omezení nežádoucích erozních procesů. Podmínky pro rozvoj erozních procesů na výsypkách jsou specifické, závislé především na hydrofyzikálních vlastnostech výsypkových zemin, používaných melioračních technologií

a vznikajícím vegetačním pokryvu. Velmi důležitým činitelem je intenzita srážek. Při podcenění této problematiky hrozí nebezpečí rýhových až stržových erozních procesů, které mohou znehodnotit provedenou technickou rekultivaci a způsobit značné škody.

Pro efektivní omezení erozních procesů je nutná dobrá znalost hydrofyzikálních vlastností výsypkových zemin. V předkládaném článku jsou shrnuty doporučené polní a simulační metody pro hodnocení problematiky, diskutovány přípustné délky svahů a navrženy vhodné technologie úpravy vodního režimu antropogenních půd. Těmi jsou v podmínkách severočeské pánve převrstvení povrchu výsypek zúrodnitelnými zeminami, meliorace lokálně dostupnými sorbenty a progresivní postupy založené na aplikaci organických hmot.

Úvod

Cílem rekultivací po těžbě uhlí, je vytváření ekologicky vyvážené krajiny, která pak umožňuje její biologickou obnovu. Z hlediska vegetačního představuje tento proces vznik stabilních subsystémů pro tvorbu (koloběh) organických látek a ochranu nové půdy proti účinkům vodní eroze, která degraduje prostředí o živiny a srážkovou vodu.

Podmínky pro rozvoj erozních procesů na výsypkách jsou specifické, závislé především na hydrofyzikálních vlastnostech skrývkových hornin a zemin, které se v postupu jejich ukládání dostávají na povrch výsypky, používaných melioračních technologií při jejich zúrodnování a vznikajícím vegetačním pokryvu (obr. 1).

Pro průběh vodní eroze jsou nejdůležitějšími činiteli intenzita a množství srážek. S intenzitou deště se zvyšuje jeho kinetická energie a objem odtékající povrchové vody. Zatímco kinetická energie působí především na destrukci půdních částic a jejich uvolňování, množství odtékající povrchové vody naopak modeluje vymílací a unášecí procesy. Poznání procesu působení intenzity srážek, jejich frekvence a kinetické energie na charakter vytváření povrchového odtoku na zeminách s rozdílnými infiltračními vlastnostmi, se stává důležitým experimentálním podkladem pro simulační navrhování přípustných délek svahů a povrchového odtoku, tj. takového půdního stavu, který omezuje přechodu plošného povrchového odtoku v odtok soustředěný, jenž je pak příčinou vzniku nežádoucích erozních procesů intenzit rýhových až stržových a půdního stavu s nepříznivými vlhkostními poměry.

Úprava vodního režimu antropogenních půd

Za efektivní při úpravě vlhkostních poměrů rekultivovaného povrchu výsypek v Severočeské hnědouhelné pánvi lze považovat v současnosti tyto rekultivační technologie:

- Převrstvení povrchu výsypek zúrodnitelnými zeminami. Pro tyto účely jsou v regionu využitelné ornice, spraše, sprašové hlíny. Úprava povrchu výsypek pomocí těchto zemin o minimální mocnosti 0,4 m představuje porovnatelný účinek a trvale stabilizovaný půdní stav, který se dále kvalitativně upravuje i v případě zastoupení trvalého vegetačního pokryvu.
- Meliorace povrchu výsypek pomocí lokálně dostupných sorbentů přírodního původu (slinitých hornin, bentonitů, sprašových hlín apod.). V případě této úpravy povrchu výsypek je nezbytné počítat s poklesem hydraulické vodivosti takto rekultivovaného půdního horizontu o cca 1 řád. Takto prováděná úprava půdních vlastností, tak jako u předchozího postupu, je sice ekonomicky značně náročná, avšak představuje hydrofyzikálně neměnný půdní stav.
- Podstatně intenzivnější úpravu hydrofyzikálních vlastností rekultivovaných výsypkových zemin lze dosáhnout technologiemi, které pro tyto účely využívají např. organické hmoty (komposty) aplikované buď ve formě jejich promísení s povrchem výsypky, nebo jako mulče. Nevyjasněnou otázkou u tohoto postupu však zůstává časová stabilita dosažených počátečních hydrolimitů tímto postupem rekultivovaných výsypkových zemin, při použití texturálně odlišných organických hmot. Rozhodujícím faktorem při používání této technologie se však stává i docílená agrotechnická úroveň promísení (kultivace) těchto materiálů s výsypkovou zeminou, která ovlivňuje tvorbu povrchu výsypky buď se zónami se zvýšenou vsakovací schopností, nebo naopak se zvýšenou rychlostí povrchového odtoku (rozptyl hydraulické vodivosti v tomto případě může dosáhnout až 4 řádů).

Přípustné délky svahů výsypek

Vysoká erodovatelnost povrchu výsypek je typická zejména pro rekultivační varianty, kde byly při úpravě povrchu výsypek použity výsypkové zeminy terciérního stáří (šedé jíly, heterogenní zeminy). Z hlediska přípustných délek svahů nevyhovují tyto rekultivační úpravy ani pro dobu opakování výskytu srážky 2 roky. U variant, kde došlo k převrstvení povrchu zúrodnitelnými zeminami, lze za protierozně nejefektivnější postup považovat využívání ornice, kdy tato rekultivační úprava vyhovuje i pro dobu opakování výskytu srážky 10 roků. Protieroznímu hodnocení se této variantě přibližuje i úprava při použití hlinitých až jílovitohlinitých sprašových hlín.

V případě, že dojde k úpravě hydrofyzikálních vlastností povrchu výsypky např. pomocí trvalého vegetačního pokryvu (tráva, les), nebo s využitím dostupných melioračních technologií (aplikace texturálně vhodných organických hmot, bentonitů, slinitých hornin), dochází pak ve většině případů k vysoce efektivní úpravě počátečních infiltračních vlastností povrchu výsypek a přípustné délky svahů pak nejsou ve většině případů omezeny ani pro vysoké sklony svahů (až 25 %) a dobu opakování výskytu srážky až 50 roků.

Přípustné délky svahů pro povrch výsypek se zastoupením odlišných výsypkových zemín bez vegetačního pokryvu je uveden v tabulce 1.

Volba protierozní zabezpečení svahů výsypek pro dobu opakování srážky bude erozně závislá na způsobu provádění biologické rekultivace a významu území (staveb, zařízení) nacházejícího se v okolí výsypky. Za dostatečné zabezpečení svahů pro dobu opakování výskytu srážky u lesnické rekultivace a trvalých travních porostů lze považovat 5 let v případě orné půdy až 10 let. Jestliže území navazuje na prostory vyžadující vyšší protierozní ochranu, je účelné zvýšit požadavek zabezpečení svahů až pro dobu opakování výskytu srážky 50 roků. Průběh erozního procesu stanovený simulátorem deště a infiltrační vlastnosti nejčastěji používaných rekultivačních úprav povrchu výsypek, jsou zobrazeny v tabulce 2.

Tabulka 1 Přípustné délky svahu v m pro povrch s odlišnými výsypkovými zeminami stanovené modelem SMODERP

Výsypková zemina	Přípustná délka svahu pro dobu opakování výskytu srážky (roky)	Sklon svahu (%)				
		5	10	15	20	25
Ornice (jílovitohlinitá)	2	300	300	300	300	300
	5	300	275	125	100	80
	10	300	125	45	30	25
	50	135	60	40	25	20
Sprašová hlína (jílovitohlinitá)	2	200	185	145	105	85
	5	160	105	65	40	35
	10	165	75	40	30	25
	50	90	35	25	20	20
Šedé jíly	2	100	45	30	25	20
	5	70	40	30	25	20
	10	45	30	20	15	10
	50	25	20	15	10	10
Heterogenní (písčito-hlinitá- jílovitohlinitá)	2	200	190	115	85	65
	5	200	95	55	40	30
	10	140	65	40	30	25
	50	85	35	25	20	15

Tabulka 2 Stanovené hodnoty součinitele hydraulické vodivosti na odlišně rekultivovaném povrchu výsypky

Rekultivační úprava	Počátek povrchového odtoku (min.) při simulaci srážky na sklonu svahu 14-17 %		Součinitel hydraulické vodivosti (cm.min ⁻¹)
	10-20 mm/hod.	30-40 mm/hod.	
A	57	40	0,0098 – 0,0376
B	58	45	0,063 – 0,147
C	27	5	0,0052 – 0,021
D	45	7	0,062 – 0,168
E	-	9	0,0001 – 0,001
F	21	20	0,0015 – 0,0027
G	6	3	0,0009 – 0,021
H	50	32	0,105 – 1,365
CH	47	25	1,2 – 10,2
I	55	20	0,042 – 0,21

Vysvětlivky:

A = ornice

B = jetelotravní porost na ornici

C = sprašová hlína

D = jetelotravní porost na sprašové hlíně

E = nezvětralé šedé jíly s příměsí písku

F = šedé jíly s lístkovitou strukturou

G = heterogenní zemina (píščitohl.-jílotohl.)

H = promísení heterogenní zeminy s organickými hmotami

CH = mulčování heterogenní zeminy organickými hmotami

I = promísení heterogenní zeminy se slinitými horninami

Stanovení povrchového odtoku

Charakteristiky povrchového odtoku použitelného pro návrh odvodňovacího systému výsypek lze určit standardními hydrologickými postupy. Za vhodnou metodu pro tyto účely lze doporučit především CN – čísla odtokových křivek. Na výsypkách byl dlouhodoběji testován model SMODERP, který byl porovnáván i s metodou stanovení povrchového odtoku polním stanovením pomocí simulátoru deště. Z ostatních v ČR komerčně dostupných modelů to bude i DES Q, který je doporučován pro výpočet maximálních průtoků v nepozorovaných profilech malých povodí. Při využívání těchto metod je třeba respektovat doporučení autorů o jejich využitelnosti a přípravě vstupních dat.

Chemické vlastnosti erozního sedimentu

U všech hodnocených výsypkových zemin bylo zaznamenáno v erozním sedimentu výrazné zvýšení pouze obsahu vápníku. U ornice o 294 %, u sprašové hlíny o 235 %, u šedých jílu o 225 % a u heterogenních zemin o 123 %. Výraznější proces migrace ostatních hodnocených prvků do erozního sedimentu nebyl zaznamenán, výjimku tvoří pouze varianta se slínováním povrchu, kde došlo k nadlimitnímu půdnímu zvýšení obsahu molybdenu. Všeobecně, širší spektrum zvýšené migrace hodnocených prvků do erozního sedimentu je typické především pro zeminy terciárního stáří (šedé jíly, heterogenní zeminy). Základní chemické vlastnosti rekultivovaných výsypkových zemin jsou uvedeny v tabulce 3 a zvýšení obsahu prvků v erozním sedimentu oproti použitým zeminám v tabulce 4.

Doporučené polní metody a simulační modely pro hodnocení problematiky

Stanovení vlhkosti zeminy

Na výsypkách lze pro tyto účely doporučit postup založený na nedestruktivním (stacionárním) měření půdní vlhkosti přímo v terénu. Tyto předpoklady splňuje kapacitní metoda, na jejímž principu je konstruován dielektrický měřič vlhkosti. Metoda umožňuje získání potřebných údajů v různých hloubkách půdního profilu během celého ročního období. Oproti běžně používaným postupům při stanovení této veličiny (odběru porušených a neporušených půdních vzorků) má tato metoda řadu předností. Snižuje pracnost na kopání půdních sond, měřené místo se nachází vždy na stejném místě a eliminuje se případný vliv prostorového rozdělení měřené půdní vlhkosti, jež běžně dosahuje u neporušených půdních vzorků v 10-ti cm vrstvě až 10 %.

Stanovení infiltračních vlastností zeminy

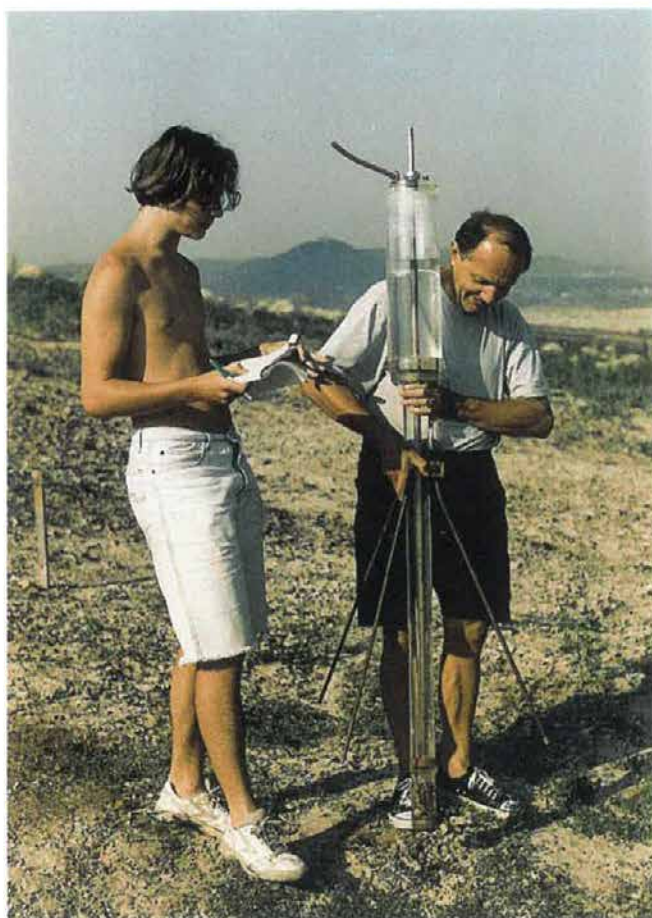
Pro tyto účely lze doporučit metodický postup založený na terénním měření infiltračních vlastností zemin pomocí Guelphského permeamtru – zařízení pracující na principu Mariotteovy láhve s konstantním hydraulickým sklonem (obr. 2). Přístroj je lehce přenosný a měření lze provádět v různé hloubce půdního profilu. Oproti dosud používaným postupům (odběru neporušených půdních vzorků, dvouválcové vsakovací metodě, odhadu ze zrnitosti) jsou výsledky naměřené v heterogenních půdních podmínkách podstatně reprezentativnější.

Stanovení průběhu vodní eroze

Používaný tryskový simulátor deště pro tyto účely je vybaven širokouhlými elektromagnetickými tryskami, s ventily řízenými rozdělovačem vody (obr. 3). Dodávku vody do systému zajišťuje ze zásobníku čerpadlo, trysky s přívodními hadicemi jsou funkčně umístěny na rozebíratelné konstrukci z duralových trubek. Postup umožňuje zachycení detailního průběhu vodní eroze, včetně změn ve fyzikálních půdních vlastnostech, při volitelné intenzitě srážky.



Obr. 1 Rýhová eroze na technicky upraveném povrchu výsypky



Obr. 2 Měření Guelphským permeametrem



Obr. 3 Stanovení erozního procesu simulátorem deště

Tabulka 3 Chemické vlastnosti rekultivovaných výsypkových zemin

Výsypková zemina	Obsah v mg.kg ⁻¹																pH vým.
	K	P	Mg	Ca	As	Cd	Cr	Pb	Zn	Cu	Co	Ni	Hg	Mo	Be	V	
Ornice (jílovitohlinitá)	241	19	187	4269	1,52	0,26	4,33	8,4	14,2	7,7	8,2	7,9	0,15	0,52	0,73	13,8	6,8
Sprašová hlína (jílovitohlinitá)	105	5	223	8865	0,78	0,10	3,97	5,1	7,9	5,4	7,4	6,0	0,12	0,93	0,61	14,0	7,1
Slínování	94	5	197	43815	0,11	0,07	6,51	10,5	9,9	3,8	7,6	4,2	0,15	2,32	0,14	16,8	7,4
Šedé jíly	450	4	642	3309	0,41	0,18	3,42	3,9	17,0	2,7	1,6	4,2	0,13	0,40	1,15	10,3	6,3
Heterogenní (písčitothlinitá – jílovitohlinitá)	140	4	776	1307	0,45	0,05	2,40	5,7	11,0	3,8	3,9	6,0	0,07	0,34	0,37	21,6	7,0

Tabulka 4 Zvýšení obsahu hodnocených prvků v erozním sedimentu rekultivovaných výsypkových zemin

Výsypková zemina	Obsah v mg.kg ⁻¹																pH vým.
	K	P	Mg	Ca	As	Cd	Cr	Pb	Zn	Cu	Co	Ni	Hg	Mo	Be	V	
Ornice (jílovitohlinitá)	0	0	0	5970	0	0	0	3,3	0,9	0	0	0	0	0,52	0	3,4	7,1
Sprašová hlína (jílovitohlinitá)	0	0	0	9155	0,11	0	0	0	0,6	0	0	0	0	0,69	0	0,9	7,2
Slínování	0	0	16	0	0,51	0	1,6	0	0	0	0	0	0	4,00	0,06	0,9	7,5
Šedé jíly	0	0	0	4141	0,40	0	0	0	0	8,1	4,6	12,6	0,25	0	0	1,9	7,0
Heterogenní (písčitothlinitá – jílovitohlinitá)	0	0	0	150	0,13	0	1,5	0	4,0	0,2	0	2,5	0	0,10	0	0	7,2

Návrh prvků protierozní ochrany modelem SMODERP

Model je kalibrován a využíván pro řadu praktických úloh v protierozní ochraně zemědělských pozemků a pro nestandardní aplikace např. při stabilizaci svahů výsypek, silničních svahů, svahů skládek apod. Je vhodný pro posouzení erozní ohroženosti svahů vlivem přívalových srážek a návrh technických protierozních opatření. Model SMODERP je určen pro modelování erozních procesů a povrchového odtoku z jednotlivého svahu (pozemku), jeho využití je možné i pro malá povodí.

Literatura

1. ČERMÁK, P.: Protierozní vlastnosti výsypkových zemin používaných v SHR k rekultivačním účelům a jejich ochrana před erozí. Výzkumná zpráva zpracovaná VÚMOP Praha pro Doly Bílina, 1995
2. ČERMÁK, P., KURÁŽ, V.: Úprava hydrofyzikálních vlastností výsypkových zemin pomocí organických substrátů a monitoring půdní vlhkosti na takto rekultivovaném stanovišti. Výzkumná zpráva zpracovaná VÚMOP Praha pro Doly Bílina, 1996
3. Ochrana půdy před erozí: Sborník referátů, Dům techniky Č. Budějovice, 1998
4. JANEČEK, M. a kol.: Ochrana zemědělské půdy před erozí. Metodika ÚVTIZ č.5/1992