



Europäische Union. Europäischer
Fonds für regionale Entwicklung.
Evropská unie. Evropský fond pro
regionální rozvoj.



Ahoj sousede. Hallo Nachbar.
Interreg V A / 2014–2020

Skládkový workshop Liberec-Žitava 2016

Skládka jako poslední možnost

Aktuální otázky

vyplývající z hierarchie nakládání s odpady

3.-4. listopadu 2016



Deponieworkshop Liberec-Zittau 2016

Deponie als letzte Möglichkeit

Aktuelle Fragen,

die sich aus der Abfallhierarchie ergeben

03.-04. November 2016

12. Skládkový workshop Liberec-Žitava

Skládka jako poslední možnost

Aktuální otázky vyplývající z hierarchie nakládání s odpady

12. Deponieworkshop Liberec-Zittau

Deponie als letzte Möglichkeit

Aktuelle Fragen, die sich aus der Abfallhierarchie ergeben

Podpora

Tato akce je podpořena z prostředků Evropské unie prostřednictvím Programu spolupráce Česká republika-Svobodný stát Sasko 2014-2020 – číslo projektu 100246598.

Förderung

Diese Veranstaltung wird durch das SN-CZ 2014-2020 - Programm der EU zur Förderung der grenzüberschreitenden Zusammenarbeit zwischen dem Freistaat Sachsen und der Tschechischen Republik gefördert – Projektnr.: 100246598.

odborný editor: Lukáš Zedek

technický editor: Kamil Nešetřil

překlady provedl: Sven Dietrich

Sborník byl připraven s využitím typografického systému \LaTeX .

Obsah

Účinnost evropských předpisů	7
<i>Havelka, P.</i> Odpadové hospodářství v ČR ve světle vyhlášené evropské strategie	9
<i>Stock, U.; Bittrich, S.</i> Požadavky na zpracování odpadů, především diskuse o spalování odpadů proti mechanicko-biologickému zpracování odpadů z německého pohledu	11
<i>Hráská, D.</i> Způsoby energetického využívání odpadů	25
<i>Witkowski, W.; Beyer, G.</i> Plánování, stavba a zprovoznění zařízení pro zpracování odpadu s kompostárnou v Marszowě (Polsko)	31
Využití stavebních materiálů pro stavbu skládek	33
<i>Egloffstein T.; Sehrbrock, U.</i> Průkazní zkoušky přírodních, minerálních stavebních materiálů – Požadavky a jejich praktické prosazování v Německu	35
<i>Sandig, F.; Al-Akel, S.; Thiele, R.; Engel, J.</i> Aplikace technických rekultivačních substrátů - možnosti a hranice	39
<i>Hrabčák, M.</i> Štvrtý rozmer skládky	55
<i>Schneider, P.; Müller, M.; Hebner, A.; Kapielski, K.; Schrickel, M.; Fabian, H.</i> Možnosti alternativní izolace skládky pomocí sekundárních minerálních stavebních hmot v tuzemsku a v zahraničí	63
Aplikovaná informatika a měřicí technika	77
<i>Dunger, V.; Müller, M.; Winter, C.; Winter, J.</i> Hydrologie zajištění povrchu v Sasku a změny klimatu	79
<i>Datel, J. V.</i> Zásady geotechnického a environmentálního monitoringu odkališť	93
<i>Weber K.</i> Automatizovaný monitoring skládky během fáze následné péče	111

<i>Kast, G.</i> Měření objemového obsahu vody při využití kontinuálních a diskontinuálních metod měření v hydrologické vrstvě skládky v Bavorsku	117
Techniky následné péče o skládky	119
<i>Drews, R.</i> Nákladově efektivní a nízkoúdržbové systémy odvodnění povrchů skládek s přihlédnutím ke specifickým požadavkům hydrologické vrstvy.	121
<i>Beck-Broichsitter, S.; Fleige, H.; Horner, R.</i> Dlouhodobá účinnost dočasného minerálního zakrytí povrchu	143
<i>Steinbrecht, D.; Rickert, I.</i> Likvidace a energetické využívání skládkových plynů	153
<i>Nešetřil, K.</i> Informační systém pro monitoring skládek	163
Aplikovaná geologie a další témata	165
<i>Zeman, J.</i> Geochemie složitých interakcí odpadů a infiltračních vod na skládkách	167
<i>Hrabal, J.; Kovářová, K.; Ambrožová, V.</i> Čištění skládkových výluhů kombinovanou membránovou technologií s použitím bio- logických systémů předčištění	179
<i>Gerth, A.; Hebner, A.; Kopielski, K.; Schneider, P.</i> Následné využití lokality skládky Gò Cát v Ho Či Minově městě	187
<i>Clemenz, P.; Weber, I.; Dedek, M.; Pabel, R.; Schoenherr, J.I.; Dunger, V.; Schulz, R.; Engel, J.</i> Vývoj environmentálních inženýrských postupů pro udržitelné využití půd	199
<i>Pelantová, V.</i> Problematika černých skládek	207

Inhaltsverzeichnis

Auswirkung von EU-Richtlinien	7
<i>Havelka, P.</i> Abfallwirtschaft in der Tschechischen Republik angesichts der erklärten europäischen Strategie	9
<i>Stock, U.; Bittrich, S.</i> Anforderungen an die Abfallbehandlung, insbesondere die Diskussion um Abfallverbrennung kontra mechanisch-biologische Abfallbehandlung aus deutscher Sicht	11
<i>Hráská, D.</i> Möglichkeiten einer energetischen Abfallnutzung	25
<i>Witkowski, W.; Beyer, G.</i> Planung, Bau und Inbetriebnahme von Abfall-aufbereitungsanlagen und die Abfallanlage mit Kompostierung in Marszow (Polen)	31
Verwendung von Baustoffen im Deponiebau	33
<i>Egloffstein T.; Sehrbrock, U.</i> Eignungsnachweise nach BQS für natürliche mineralische Baustoffe – Anforderungen und praktische Umsetzung	35
<i>Sandig, F.; Al-Akel, S.; Thiele, R.; Engel, J.</i> Anwendungen für technische Rekultivierungs-Substrate – Möglichkeiten und Grenzen	39
<i>Hrabčák, M.</i> Die vierte Dimension einer Deponie	55
<i>Schneider, P.; Müller, M.; Hebner, A.; Kopielski, K.; Schrickel, M.; Fabian, H.</i> Möglichkeiten alternativer Deponieabdichtungen mit mineralischen Ersatzbaustoffen im In- und Ausland	63
Angewandte Informatik und Umwelt-Messtechnik	77
<i>Dunger, V.; Müller, M.; Winter, C.; Winter, J.</i> Der Wasserhaushalt von Oberflächensicherungen Sachsens im Klimawandel	79
<i>Datel, J. V.</i> Prinzipien des geotechnischen Monitorings und Umweltmonitorings von Klärteichen .	93
<i>Weber K.</i> Automatisierte Deponieüberwachung in der Nachsorgephase	111

<i>Kast, G.</i> Zur Messung des volumetrischen Bodenwassergehaltes bei Einsatz von kontinuierlichen und diskontinuierlichen Messmethoden in einer Wasserhaushaltsschicht einer Deponie in Bayern	117
Umwelttechnik bei der Nachsorge von Deponien	119
<i>Drews, R.</i> Kostengünstige und nachsorgearme Oberflächenentwässerungseinrichtungen auf Deponien bei Berücksichtigung der besonderen Anforderungen einer Wasserhaushaltsschicht	121
<i>Beck-Broichsitter, S.; Fleige, H.; Horner, R.</i> Langzeitwirkung einer temporären mineralischen Oberflächenabdichtung	143
<i>Steinbrecht, D.; Rickert, I.</i> Entsorgung von und Energiegewinnung aus Deponiegasen	153
<i>Nešetřil, K.</i> Informationssystem für das Monitoring einer Deponie	163
Angewandte Geologie, Sonstiges	165
<i>Zeman, J.</i> Geochemie komplexer Wechselwirkungen des Abfalls und des Sickerwassers auf Deponien	167
<i>Hrabal, J.; Kovářová, K.; Ambrožová, V.</i> Reinigung des Deponiesickerwassers mit Hilfe einer kombinierten membranengestützten Technologie unter Anwendung biologischer Systeme der Vorbehandlung	179
<i>Gerth, A.; Hebner, A.; Kopielski, K.; Schneider, P.</i> Nachnutzung des Deponiestandortes Gò Cát in Ho Chi Minh City	187
<i>Clemenz, P.; Weber, I.; Dedek, M.; Pabel, R.; Schoenherr, J.I.; Dunger, V.; Schulz, R.; Engel, J.</i> Entwicklung umweltingenieurtechnischer Verfahren zur nachhaltigen Bodenressourcennutzung	199
<i>Pelantová, V.</i> Problematik der illegalen Abfallablagerung	207

**Využití stavebních materiálů pro
stavbu skládek**

**Verwendung von Baustoffen im
Deponiebau**

Štvrtý rozmer skládky

Die vierte Dimension einer Deponie

Marek Hrabčák²

Abstrakt

Skládkovanie odpadov predstavuje najrozšírenejší spôsob zneškodňovania odpadov vo svete. Aj ekonomicky najvyspelejšie krajiny Európy ešte donedávna (2005-2010) väčšinu svojho odpadu len skládkovali – Francúzsko 113 mil. ton ročne, Anglicko 90 mil. t ročne, Švédsko 87 mil. t ročne. Ale každá skládka sa raz zaplní. A potom prichádza ďalšia dôležitá otázka – čo s ňou ďalej? Aké bude ďalšie využitie územia bývalej skládky? Môže skládka aj po zaplnení odpadom prinášať svojmu majiteľovi ďalšie ekonomické benefity, napr. pri využívaní skládkového plynu, energie z fotovoltaiických panelov či využívanie tepla pomocou tepelných čerpadiel?

Zdanlivo nelogický nadpis tohto príspevku poukazuje na to, ako správnym technologickým postupom pri prevádzke skládky odpadov je možné efektívne využiť aj jej štvrtý rozmer = čas. Pre každého vlastníka či prevádzkovateľa je kapacita skládky a rýchlosť zapĺňania totiž najdôležitejším údajom. Správna technológia – RESOURCE LANDFILL MANAGEMENT, ako je v zahraničí takáto prevádzka skládky označovaná, môže totiž výrazne predĺžiť dobu jej zapĺňania a pritom uložiť oveľa väčšie množstvo odpadu pri konštantnom celkovom objeme telesa skládky. Na správne využitie tejto vlastnosti však musíme aplikovať poznatky a odborné znalosti z oborov ako geodézia, stavebníctvo, technológia zhutňovacích strojov či pochopiť biologické, chemické a mechanické procesy rozkladu odpadov.

Kurzfassung

Das Deponieren von Abfällen stellt die am meisten verbreitete Art und Weise der Abfallbeseitigung auf der Welt dar. Auch die wirtschaftlich am meisten entwickelten Länder Europas haben den meisten Teil ihres Abfalls noch vor unlängst (2005 - 2010) deponiert - Frankreich 113 Mio. Tonnen jährlich, England 90 Mio. Tonnen jährlich, Schweden 87 Mio. Tonnen jährlich. Aber jede Deponie ist eines Tages voll. Und dann kommt die nächste wichtige Frage - was nun weiter mit der stillgelegten Deponie? Welche Nachnutzung kann für das Gebiet der ehemaligen Deponie gefunden werden? Kann eine Deponie nach ihrer Auffüllung mit Abfall ihrem Eigentümer weitere wirtschaftliche Vorteile bringen, zum Beispiel durch die Nutzung des Deponiegases, Strom aus PV-Anlagen oder Wärmenutzung mit Hilfe von Wärmepumpen?

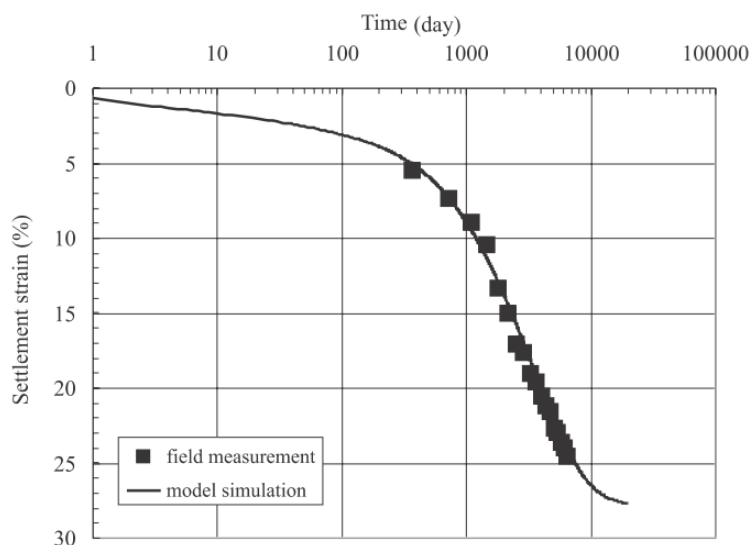
Eine scheinbar unlogische Überschrift dieses Beitrags weist darauf hin, mit welchem richtigen technologischen Verfahren während des Betriebes einer Deponie die Möglichkeit besteht, effektiv auch die vierte Dimension der Deponie - die Zeit - zu nutzen. Für jeden Eigentümer oder Betreiber ist die Kapazität der Deponie und die Geschwindigkeit ihrer Füllung die wichtigste Angabe. Durch die Anwendung einer richtigen Technologie - RESOURCE LANDFILL MANAGEMENT, wie diese Betriebsart der Deponie im Ausland bezeichnet wird, kann nämlich wesentlich die Zeit verlängert werden, während der die Deponie gefüllt werden kann, dabei können wesentlich mehr Abfälle abgelagert werden, als im Fall eines konstanten Volumens des Deponiekörpers. Für eine richtige Anwendung dieser Eigenschaft müssen aber Erkenntnisse und Fachkenntnisse aus den Fachbereichen wie Vermessungswesen, Bauwesen, Technologie der Verdichtungsmaschinen angewendet, oder biologische, chemische und mechanische Vorgänge, die sich beim Verfall von Abfällen abspielen, verstanden werden.

²GEOSOFTING, spol. s r.o., Solivarská 28, SK-08005 Prešov, geosofting@stonline.sk

1 Skládka ako „pevná stavba“?

Skládka predstavuje špecifický druh stavby, ktorá musí spĺňať rôzne konštrukčné a environmentálne požiadavky, vyplývajúce z jej účelu – zneškodňovania odpadov. Jedná sa o komplex rôznych technologických zariadení a ich obsluhy, ktoré zabezpečujú ukladanie odpadu v sektoroch skládky, jeho zhutňovanie a prekryvanie, odvádzanie priesakových vôd a ich recirkuláciu, ako aj nakladanie so skládkovým plynom. A to nielen počas svojej prevádzky, ale aj po určitú dobu po jej ukončení, cca 30 až 50 rokov [4]. Z tohto pohľadu sa skládka trochu vymyká klasickému stavebnému dielu, kde po etape výstavby prebieha proces kolaudácie a následne funkčné využívanie stavby až do jej morálneho alebo technického znehodnotenia. Pokiaľ už rekonštrukcia alebo oprava stavby nie je ekonomická alebo technicky efektívna, dochádza k zbúraní – odstráneniu stavby. Čo ale pri zaplnených skládkach je technicky dosť ťažko realizovateľné až nemožné. Aj keď v špecifických prípadoch je možné realizovať tzv. „landfill mining“. V Českej republike majú proces povoľovania skládok metodicky rozdelený do troch etáp – etapa výstavby, etapa prevádzky a etapa rekultivácie. V niektorých ekonomicky vyspelých krajinách, kde proces skládkovania už prešiel svojím boomom (Nemecko, Holandsko, Dánsko) sa do tohto „troj-etapového“ cyklu skládky vsunula aj štvrtá etapa = následná starostlivosť (AFTER CARE) a ďalšie využitie územia skládky.

Práve následná starostlivosť a ďalšie využitie územia bývalej skládky naráža, najmä pri skládkach komunálneho odpadu, na jeden problém: sadanie telesa skládky. Sadanie skládok komunálneho odpadu (MSW) je v konečnom dôsledku aj príčinou niektorých zásadných problémov, ako je napríklad vznik trhlín v minerálnom tesnení na strope odpadu (CCL), poškodenie drenážnej alebo odplyňovacej vrstvy na strope odpadu, vznik depresií a zamokrených miest, ktoré potom spôsobujú infiltráciu zrážok do telesa skládky. Preto je potrebné už vopred poznať budúce sadanie a konsolidáciu telesa skládky. Sadanie telesa skládky má významnú úlohu už pri projektovaní a stanovení celkovej kapacity skládky. Kľúčovou otázkou je potom konsolidácia telesa skládky z pohľadu projektovania uzavretia, rekultivácie a následného využitia územia [1]. Sadanie povrchu skládok MSW, ktoré je dôsledkom konsolidácie uloženého odpadu je schematicky znázornené na priloženom grafe. Časová os je v logaritmickom meraní, aby sa lepšie zvýraznila špecifická krivka sadania. Realizované merania sadania povrchu skládky na mnohých uzatvorených skládkach po celom svete sa pomerne dobre zhodujú s empirickým odhadom tvaru krivky a dovoľujú tak predpokladať správanie skládkového telesa aj pomerne dlhé obdobie dopredu. A to aj pri relatívne rozdielnych parametroch uloženého odpadu.



Obrázek 1: Porovnanie modelu a skutočného sadania povrchu skládky [6]

Uzavretie skládky a jej rekultivácia na Slovensku podľa aktuálneho znenia vyhlášky č. 372/2015 Z.z. (§ 8) v podstatnej miere spočíva vo vybudovaní povrchového tesnenia skládky na strope odpadu. Ako však uvádza [9], horný kryt skládky predstavuje aktívnu bariéru, ktorá by mala zastaviť alebo aspoň obmedziť fugitívne emisie metánu do ovzdušia. Z tohto pohľadu je povrchové tesnenie (kryt) skládky kľúčovým prvkom moderných skládok. Avšak funkcia krytu je oveľa komplexnejšia a zložitejšia: okrem zaistenia bezpečného zberu LFG je to aj efektívna drenáž zrážkovej infiltrácie cez pokryvnú vrstvu až po možnosť injektáže priesakovej kvapaliny do vnútra skládky pre podporu biodegradácie odpadu. Tieto úlohy sa menia v čase, v závislosti na postupe zavážania skládky, produkcii LFG a biodegradácií odpadu. Zdá sa preto, že je nemožné aplikovať len jeden všeobecný kryt (tesnenie povrchu skládky) počas celého života skládky a odlišných podmienok v procese jej prevádzky [9].

Z pohľadu povoľovania, majetkových a vlastníckych práv a povinnosti ďalšie využitie rekultivovanej skládky ale môže byť dosť komplikované. Zatiaľ čo výstavbu skládky a potom aj jej rekultiváciu povoľuje stavebný úrad podľa stavebného zákona (resp. IŽP podľa zákona 39/2013 o IPKZ) , prevádzku skládky a jej uzavretie povoľuje štátna odpadová správa podľa zákona o odpadoch (resp. opäť IŽP podľa zákona 39/2013 o IPKZ). Kto ale môže a bude povoľovať následné využitie územia? Pokiaľ sa bude jednať o rozhodnutie o využití územia, budú v tom konať zrejme obce resp. príslušné stavebné úrady podľa § 39b stavebného zákona resp. v súlade s § 3 ods. 5 zákona o IPKZ. Podľa zákona o odpadoch resp. vyhlášky 372/2015 Z.z. sú povinnosti bývalého prevádzkovateľa skládky zhrnuté v § 8 ods. 4:

„Vydaním potvrdenia o uzatvorení skládky odpadov podľa § 97 ods. 13 zákona sa považuje skládka odpadov za definitívne uzatvorenú a prevádzkovateľ skládky odpadov zabezpečí monitorovanie počas obdobia uvedeného v príslušnom rozhodnutí, najmenej však 30 rokov od vydania potvrdenia o uzatvorení skládky odpadov; prevádzkovateľ skládky odpadov zabezpečí aj nevyhnutnú starostlivosť o skládku odpadov, najmä pravidelné kosenie a odstraňovanie náletových drevín.“



Obrázek 2: Rekultivovaná plocha bývalej skládky tesne po uzavretí. Bude takto vyzerať aj po konsolidácií odpadu v telese skládky? (foto MH)

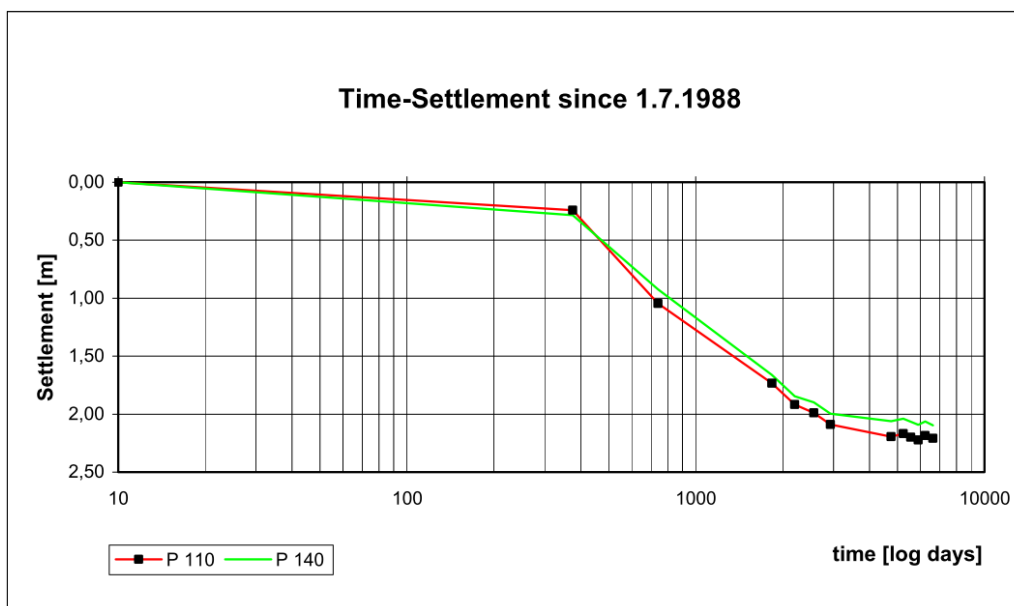
Vzhľadom na postupné napĺňanie kapacity jestvujúcich skládok na Slovensku (a obmedzovanie ich ďalšej výstavby), sa stále aktuálnejšie javia otázky: čo s naplnenou skládkou ďalej?

Čo s plochou skládky po rekultivácii? Ako efektívne využiť jestvujúcu infraštruktúru územia? Bude to naďalej len „divočina“, územie nikoho či ekologický vred? Alebo tam môžeme aj niečo postaviť? A kto nám to môže povoliť alebo zakázať? Je a priori vylúčené čokoľvek postaviť na rekultivovanej ploche skládky? Môže IŽP vo svojom rozhodnutí k uzavretiu, rekultivácii a následnému monitoringu skládky obmedziť vlastnícke právo majiteľov pozemkov pod bývalou skládkou slobodne nakladať so svojím majetkom t.j. využiť povrch rekultivovanej skládky napr. pre fotovoltaiiku alebo dokonca pre ďalšiu kazetu???? Ako zohľadniť v príslušných rozhodnutiach štátnych orgánov riziká, ktoré vyplývajú zo špecifických vlastností skládky ako základovej pôdy? Poznáme už procesy sadania skládok tak dobre, aby sme vedeli zakomponovať riziká do následného využitia územia a prípadnej ďalšej výstavby na povrchu? Zodpovedá všeobecná predstava sadania skládok podľa zaužívaných modelov - viď napr. graf na predošlej strane skutočným dlhodobým meraniam? Aké sú vlastne skutočné hodnoty sadania povrchu skládok – cm, decimetre či až metre?

2 Sadanie skládky a následný voľný objem

Pri navrhovaní každej skládky sa vo všeobecnosti jedná o dodržiavanie metód inžinierskeho prístupu, t.j. rešpektovanie funkčnej spôsobilosti, bezpečnej prevádzky, ekonomickej efektívnosti a environmentálnej únosnosti. Problematika geometrie (stability) svahov a únosnosti povrchu telesa skládky je klasickou geotechnickou úlohou, aké sa riešia pri zakladaní stavieb. V prípade antropogénnych akumulácií vo forme výsypiek t.j. skládok odpadov, nastáva podstatne zložitejšia situácia. A hlavne u skládok s vysokým podielom komunálneho odpadu! Tu pracujeme s materiálom, ktorý vykazuje výrazne znaky nehomogenity a anizotropie, ktoré sú ešte k tomu aj časovo variabilné. Dôsledkom tohto stavu je skutočnosť, že v prípade stabilitnej analýzy nemôžeme postupovať tradičnými priamymi geotechnickými postupmi spojenými s odberom vzoriek z vrstiev a testovaním v laboratóriu, keďže nie je možné zo skládky odobrať tzv. reprezentatívnu vzorku. Z hľadiska budúceho využitia územia skládky je okrem stability telesa druhým najdôležitejším kritériom aj jeho únosnosť. Z uvedeného vyplýva, že reálny stav geometrie skládkového telesa je možné dokumentovať len na základe systematického geodetického merania na fixných bodoch na povrchu telesa skládky [5].

Pri riešení sadania skládky nie je možné zabudnúť ani na sadanie jej podložia. Deformácia podložia je závislá na geologických podmienkach lokality a na časovom priebehu postupného priťažovania návozom vrstiev odpadu. Výsledné hodnoty sadnutia podložia (rádovo v cm) sú však vzhľadom k veľkosti sadania povrchu skládky zanedbateľné [5]. Pekne to ilustroval [3] na príkladoch z praxe pomocou merania sadania drenážneho potrubia na dne skládok, kde zistil poklesy v rozsahu 0,04-0,10 m. Na inej skládke v Maďarsku bolo uložené drenážne potrubie PEHD DN 80 PN 10 až na 5 m hrubú vrstvu odpadu v roku 1988. Po dvadsiatich rokoch sa zistilo, že skládka narástla na výšku 20 m, t.j. na potrubie tlačí asi 15 m hrubá vrstva odpadu, ktorá zodpovedá tlaku cca 120-150 kN/m². Samotné potrubie v odpade pokleslo miestami až o 2,40 m t.j. 50% pôvodnej hrúbky odpadu a jeho kruhový prierez 80 mm sa zmenil na oval s výškou 50 mm. Autorov graf časovej krivky sadania potrubia je vzhľadom na dĺžku sledovaného obdobia jeden z najlepších grafických príkladov pre pochopenie primárnej a sekundárnej konsolidácie odpadu, ako to uvedieme ďalej. Z grafu sú jasne zreteľné oba „break point“ t.j. lomové body zvratu, ktoré signalizujú zmenu chovania skládkového telesa v čase nula až dvadsať rokov. Na rozdiel od iných autorov, vzhľadom na dlhodobé sledovanie totiž ďaleko presahuje časový horizont 1 000 až 3 000 dní a preto môže vystihnúť aj konsolidáciu telesa skládky po ukončení biodegradácie.



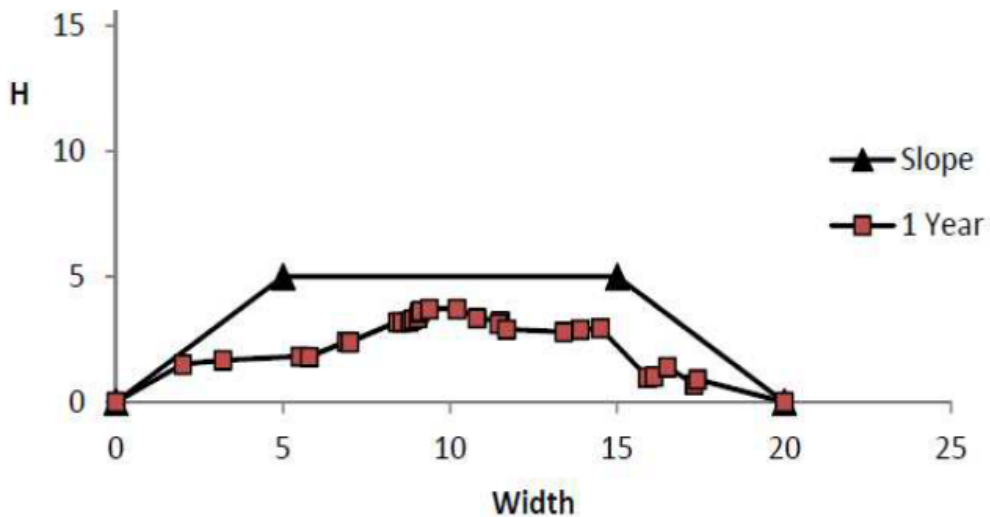
Obrázek 3: Časový priebeh sadania odpadu v skládke. zdroj: [3].

Poznať procesy spojené so sadaním skládky je dôležité aj pre prevádzkovateľa. Väčšina predpisov povoľujúcich prevádzku skládky vyžaduje jej uzavretie po dosiahnutí maximálnej povolenej výšky odpadu v danej časti či sekcii skládky a dočasný alebo trvalý prekryv. Ďalšie skládkovanie nie je dovolené a to ani v prípade, že časom dôjde k poklesu povrchu odpadu pod stanovenú maximálnu výšku odpadu. Ako však uvádza Quian et al. (2002), práve využitie tohto "airspace" predstavuje racionálny spôsob, ako maximalizovať kapacitu skládky pomocou moderných poznatkov riadeného skládkovania. Podľa tohto autora by konečný kryt skládky nemal byť zriaďovaný skôr, ako dôjde k prvotnej konsolidácii telesa skládky. Tým sa predíde zbytočným nákladom na dodatočné opravy a rekonštrukcie finálneho tesnenia, plynovej drenáže či recirkulačných systémov, ktoré sú týmto poklesom často porušené. Aktuálny legislatívny predpis na Slovensku platný od 1.1.2016 však vyžaduje uzavretie a rekultiváciu skládky najneskôr do 6 mesiacov od naplnenia jej kapacity.

Zaujímavá ukážka zmeny objemu telesa komunálneho odpadu podľa [2] je prezentovaná na nasledujúcich obrázkoch. Autor pomocou programu FLAC metódou numerickej analýzy modeloval zmeny v objeme telesa teoretickej kopy odpadu o dĺžke 20 m, výške 5 m a sklone svahov 1:1. Pôvodný objem uloženého odpadu 75 m^3 sa po desiatich rokoch „scvrkol“ na cca 31 m^3 , čo predstavuje zmenu až skoro 60 %. V reálnom živote dochádza k menším celkovým úbytkom aj vplyvom prekryvania odpadu inertom, ktorý čiastočne dopĺňa objemový úbytok komunálu na skládke.

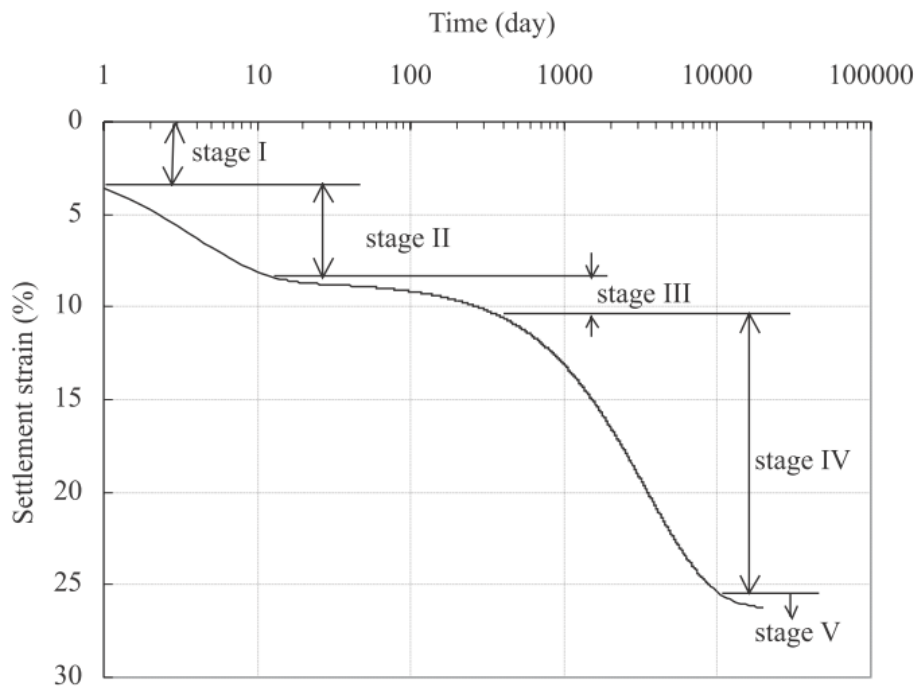
Tabulka 1: Zmeny objemu telesa komunálneho odpadu podľa [2].

Time (days)	Original volume(m^3)	New volume (m^3)	Volume change (%)
100	75	61.14	18.48
365	75	42.56	43.24
3650	75	30.39	59.47



Obrázek 4: Zmena objemu telesa MSW odpadu po 1 roku podľa programu FLAC (zdroj [2]).

Aby sme však mohli zmysluplne túto charakteristickú vlastnosť BRO aj využiť, musíme sa naučiť správnu technológiu skládkovania a urýchlenie rozkladu BRO v skládke. Problémom je, že tento proces je najmarkantnejší až v časovom horizonte 1000-3000 dní (3-8 rokov) od uloženia odpadu na skládku a zhruba po 10 000 dňoch (27 rokov) už doznieva.

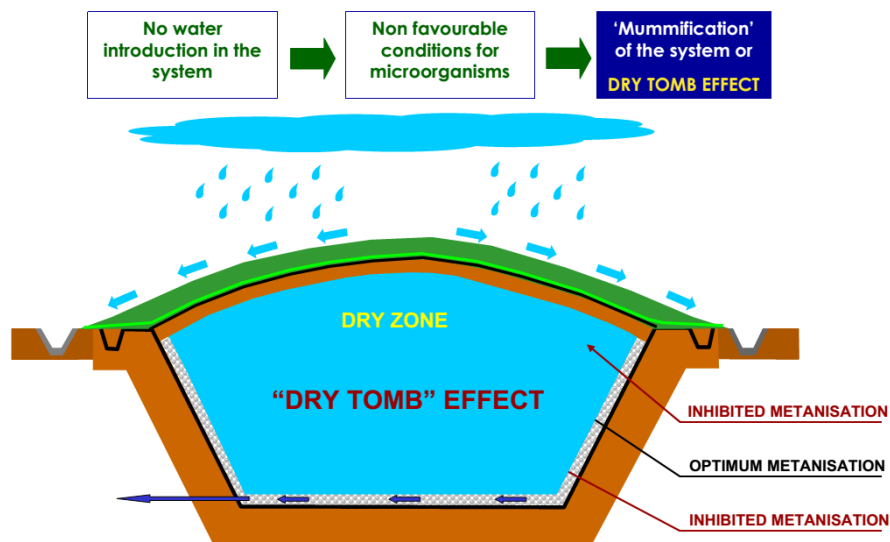


Obrázek 5: Krivka dlhodobého sadania povrchu skládky podľa analytických výpočtov zdroj [6].

Z praktického hľadiska, keď sa ale každých desať rokov menia legislatívne podmienky na európskej (1999/31/ES, 2008/98/ES) či národnej úrovni (238/1991 Zb., 223/2001 Z.z., 75/2014 Z.z.), je optimálna životnosť skládky resp. jej časti (kazety) asi 5 až 8 rokov. Preto by bolo maximálne žiaduce skrátiť etapu rozkladu biodegradovateľných odpadov na skládke z horizontu

10-30 rokov na lehotu 2-5 rokov. Tým by sme zároveň mohli aj ekonomicky zúročiť vzniknutý voľný priestor ešte počas prevádzky kazety.

Už v predošlých príspevkoch na tomto workshope o efektívnom skládkovaní odpadov sme ukázali, že súčasná koncepcia tzv. "multibarierových" skládok, ako je presadzovaná v rámci európskej legislatívy, je z odborného hľadiska nevhodným riešením. Pokiaľ totiž nedôjde k rozkladu BRO v telese skládky hneď po jeho uložení resp. pred definitívnym uzatvorením do nepriepustných bariér, pri nedostatočnej vlhkosti v telese skládky sa tento odpad už nedokáže rozložiť a dochádza len k akejsi mumifikácii (tzv. "dry tomb"). Pekný príklad takejto totálne zapuzdrenej skládky podľa súčasnej európskej smernice o skládkovaní prináša [8].



Obrázek 6: Efekt "suchej hrobky" pre zapuzdrenú skládku bez dostatočnej vlhkosti pre biodegradáciu odpadov. (podľa [8]).

Pri akomkoľvek kontakte takéhoto odpadu s vodou (napr. porušením bariér) dochádza opäť k naštartovaniu rozkladu biohmoty a novej produkcií emisií. Následná starostlivosť o takúto skládku nemôže skončiť ani po 30 rokoch, ale až po úplnom rozložení BRO a poklese emisií pod tolerovateľnú hranicu. Z tohto pohľadu potom takto prevádzkovaná skládka predstavuje skutočne trvalú hrozbu pre okolité životné prostredie.

Preto za oveľa efektívnejší spôsob prevádzkovania považujú tzv. "sustainable landfill", prevádzkované v anaeróbnom alebo aeróbnom režime ako tzv. bioreaktorové skládky. Technológia bioreaktorových skládok zahŕňa infiltráciu priesakovej kvapaliny a ďalších kvapalín do skládkovaného odpadu s cieľom urýchliť alebo zvýšiť anaeróbnu biodegradáciu rozložiteľného odpadu. Bioreaktorové skládky tak ponúkajú udržateľný spôsob, ako dosiahnuť vyššiu mieru degradácie BRO, rýchlejšie zníženie koncentrácií aj množstva výluhu a tiež produkcie skládkového plynu a nakoniec aj zvýšenie objemovej kapacity skládky. Takto prevádzkované skládky ponúkajú tiež významné skrátenie lehoty následnej starostlivosti po uzatvorení v dôsledku zníženia doby produkcie výluhu a tvorby LFG. V posledných rokoch sa aj v Európe uskutočnilo niekoľko konferencií a odborných workshopov na tému udržateľného skládkovania a nového prístupu k budovaniu a prevádzke skládok. Z krajín EU, kde sú takéto skládky prevádzkované môžeme spomenúť napríklad Dánsko, Francúzsko či Švajčiarsko.

Je len na škodu veci, že v rámci EU v snahe totálne obmedziť skládkovanie odpadov tieto inovatívne a prínosné technológie v skládkovaní nemajú širšiu podporu. Okrem ekonomického benefitu pre prevádzkovateľa skládky majú environmentálny prínos pri efektívnejšom využití budúceho voľného objemu skládky: zajtrašiu voľnú kapacitu skládky už vieme využiť na uloženie odpadu aj dnes. A to je ten štvrtý rozmer skládky z nadpisu nášho príspevku.

Literatura

- [1] CHAKMA, S.-M.: Settlement of MSW Landfills Due to Biodegradation. Proceedings of the International Conference on Sustainable Solid Waste Management (s. pp. 234-238). Chennai, India.: Civil Engineering Department, MNNIT Allahabad, India-211004. 2007.
- [2] ERING, P.-B.: Stress deformation analysis of MSW landfills. The 15th Asian Regional Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering. Japanese Geotechnical Society Special Publication. 2015.
- [3] KOLSCH, F.: Deformation and settlement measurements on landfills. 1 st Middle European Conference on Landfill Technology. Budapest: Dr. Kölsch Geo- und Umwelttechnik GmbH, Braunschweig, Germany. 2007.
- [4] KUDRNA, Z.: Riziko nerovnoměrného sedání po uzavření skládek tuhého komunálního odpadu. in Deponie workshop Zittau (s. pp. 63-74). Zittau: Hochschule Zittau / Görlitz. 2009.
- [5] KUDRNA, Z.; HRABČÁK, M.: Vliv skládkového plynu na sedání skládek TKO. zborník II. IG kongres. Liberec: TUL. 2014.
- [6] LIU, C. C.: Unsaturated consolidation theory of the predication of long-term MSW settlement. Waste Management and Research , vol. 24: 80-91 pp. 2006.
- [7] PARK HI, P. B.: Prediction of MSW long-term settlement induced by mechanical. International Journal of Environmental Research 2009;3(3): , pp 335-348. 2009.
- [8] RELEA, F.: Situation an innovation in solid waste management. Clonic final workshop 07. Barcelona: Institut Catala dEnergia. 2007.
- [9] STAUB, M. J.: An incremental model to assess the environmental impact of cap cover systems on MSW landfill emissions. Geotextiles and Geomembranes (29) , pp. 298-312. 2011.

