

# ENKAPSULACE STARÉ SKLÁDKY SKALNÁ U CHEBU

**Ing. František Dousek**  
**Ing. Jindřich Řičica**  
Soletanche Česká republika

**RESUMÉ:** Encapsulation of old waste dump in Skalná near Cheb

Old dump of tar-phenolic wastes mixed with municipal waste was encapsulated by a containment of slurry cut-off wall and horizontal sealing. The remediation difficulty was caused by the deposit of fluid tars in open air lagoon. A supplementary investigation specified its genesis and volume. These results enabled appropriate design solution with interior lagoon containment carried out by special techniques. The general solution is a model remediation by geotechnical methods and as such it got „Environmental project of 1994 prize“.

## 1. ÚVOD

Sanace znečištění mají charakter stavebních prací nejenom z obecně-právního hlediska, což není vždy dostatečně respektováno. Zejména enkapsulační varianty vyžadují opravdové ovládnutí geotechnických postupů, založených na interakci s technologiemi speciálního zakládání staveb [1-6], a to komplexně od prvních návrhů, doprůzkumu až po realizaci, jak ilustruje následující případ.

Stará skládka nebezpečného odpadu vznikala od 30. let v jedinečné přírodní oblasti neda-leko Františkových Lázní, v chráněné akumulaci podzemních vod Chebská pánev. Do zatopené bývalé těžebny keramických surovin byly postupně ukládány odpadní fenolové kaly z výroby generátorového plynu a později dehtofenolové kaly. V letech 1973-89 zde navíc byly neuváženě uloženy komunální odpady o objemu více než 50 000 m<sup>3</sup>, které se promísily s odpadními dehty a dehtofenolovou vodou. Při postupném ukládání komunálního odpadu se vytvořilo v jižní části skládky ložisko odpadů silně prosycené dehtovým koncentrátem, které se projevilo vytvořením „dehtového jezírka“ na povrchu skládky, o rozloze cca 185 m<sup>2</sup> a odhadovaném objemu 600 m<sup>3</sup>. Tato stará skládka představovala výraznou ekologickou zátěž lokality, ohrožovala zdroje podzemní vody a v neposlední řadě obtěžovala okolí intenzivními výparry.

Podle analýzy rizika byla vybrána jako nejvhodnější enkapsulační varianta sanace, využívající převážně stavebních metod, s následujícími zásadami řešení:

- Zastavit šíření kontaminace uzavřením skládky do vnějšího geokontejnmentu, tj. využitím propojených horizontálních a vertikálních bariér, s nepropustností charakterizovanou technicky koeficientem filtrace v řádu  $\times 10^{-9} \text{ m.s}^{-1}$ .
- Imobilizovat ložisko tekuté fáze dehtového koncentrátu v odpadech jeho částečným odtěžením a vnitřní enkapsulací.
- Zrekultivovat povrch skládky, včetně zajištění odvětrání a odvedení srážkových vod.
- Zřídit monitorovací systém pro sledování následného znečištění podzemních vod v okolí enkapsulace a výdechu plynů drénovaných ze skládky.

## 2. SPECIFICKÉ GEOTECHNICKÉ PROBLÉMY A JEJICH ŘEŠENÍ

Technické řešení sanace skládky se muselo vypořádat, kromě rutinního provedení vnější enkapsulace, s několika specifickými problémy :

- Doplňkový inž.-geologický a hydrogeologický průzkum upřesnil tvar skládky (viz obr. 1), zejména její doposud nepředpokládaný lalok v západní části. Hlavně potvrdil hypotézu, že mrak znečištění v podzemní vodě postupuje vrstevnatým písčito-jílovitým prostředím rela-

tivně pomalu, takže lze technicky izolovat skládku bez náročné sanace okolí. Avšak údaje o tvaru a rozmístění ložiska dehtového koncentráту v jižní části skládky, zjišťované klasickými průzkumnými metodami (sondážemi), se ukázaly jako zcela nedostatečné.

- Požadavek na odstranění polotekutého dehtového koncentráту byl značně komplikován jak promísením dehtů s tuhým komunálním odpadem, tak i obtížným přístupem k samotnému ložisku, z důvodů značné nestability podloží v nejbližším okolí laguny.
- Nestabilita dehtového ložiska byla hlavním problémem při návrhu definitivního horizontálního zakrytí skládky.

### 2.1. Doprůzkum vnitřku skládkového tělesa

Velmi důležitým krokem celkového doprůzkumu bylo určení objemu a rozmístění dehtů ve skládce. Klasické průzkumné metody sondážemi ukázaly prostorově a hloubkově naprosto chaotický výskyt dehtů ve skládce, a to překvapivě i ve vzdálenosti 100 m od původního místa jejich ukládání. Potvrdilo se, že konvenční strukturálně-analytický přístup k průzkumu, založený na síti sondáží, nemůže sám o sobě dát potřebné výsledky. Je-li tento přístup adekvátní v rostlém horninovém prostředí, kde lze extrapolovat a vytvořit predikci na základě obecných přírodních zákonitostí, není tomu tak ve skládce, vytvořené neuspořádanou lidskou činností. Další zahušťování průzkumu nemusí vést rychle k lepším výsledkům, ale naopak pouze k záplavě obtížně interpretovatelných indiferentních dat. Navíc je obvykle drasticky omezeno rozpočtem, jako i v tomto případě. V takovýchto podmínkách nemusí jakkoli náročný konvenční průzkum objevit to jediné citlivé a nejdůležitější místo problému, na které ukáže prst dřívějšího svědka.

Pro spolehlivé upřesnění byl proto realizován zvláštní doprůzkum, založený na podrobném historickém zkoumání vzniku skládky, doplněný o vytváření fenomenologických modelů potenciálních procesů vznikajících v budované skládce v daném čase. Byla tedy použita metoda retrospektivní rekonstrukce geneze skládky, založená na archívních dokumentech, starých leteckých snímcích, vytěžování pohovorů s pamětníky, a na konzultacích s experty v oboru dehtů i skládkování. Podařilo se postupně vytvořit přiléhavý kvantitativní model produkce dehtových odpadů stanovující jejich objem ve skládce na cca 4.000 m<sup>3</sup>. Konečný model distribuce dehtů v prostoru skládky, zahrnující vlivy reologie jednotlivých frakcí a vlivy ukládání dalších odpadů, zejména zavedením efektu „diapirismu“ ložiska těžšího koncentráту v oblasti dehtového jezírka, se ukázal při provádění zásahu jako správný (viz obr. 2).

Výklad doprůzkumu tak upřesnil, že asi polovina z objemu dehtů je rozptýlena v důsledku plovoucí frakce po celé skládce, kde je ovšem saturována na odpady a nepřispívá podstatně ke stabilitním problémům. Podstatné množství zbylých těžkých dehtů zůstalo uloženo v jižním cípu, nejtěžší část o objemu cca 1300 m<sup>3</sup> při dně, v hl. cca 8 m, lehčí část o objemu cca 600 m<sup>3</sup> byla vytlačena na povrch - vše promícháno s rozmanitým odpadem. Upřesněné ložisko bylo dobrým podkladem pro podrobný návrh vnitřní enkapsulace.

### 2.2. Asanace dehtového ložiska - vnitřní bariéra

V nabídkovém projektu byl respektován požadavek selektivní extrakce části dehtů a jejich recyklace. Pro ověření realizovatelnosti návrhu extrakce byl uskutečněn v rámci doprůzkumu unikátní terénní technologický pokus. Ten prokázal realizovatelnost extrakce dehtů in situ, jejich ohříváním na manipulační teplotu 50 - 70 °C, separací, a čerpáním z hladiny jezírka. Rovněž byl odzkoušen transport a vlastní recyklace.

Později byla zachycena dříve neznámá kontaminace PCB, která původní záměr recyklace znemožnila. Také vliv teplotně nepříznivých podmínek jarního chladného období, určeného pro skutečnou realizaci prací, vedl následně v prováděcím projektu k nezbytné úpravě postupu. Po rozboru alternativ bylo proto rozhodnuto dobývat dehty z jezírka mechanicky těžením, i s částečnou příměsí odpadů, k další separaci a několikafázovému zneškodnění off-site.

Tato varianta však byla komplikována nestabilitou podloží v těsné blízkosti dehtového jezírka a tedy obtížným přístupem pro těžší těžební mechanismy. Okraje jezírka bylo nutno

zpevnit a připravit pracovní plochu pro těžký pásový bagr. Pro tyto účely byla využita vertikální stabilizační a těsnicí bariéra vnitřního geokontejnmentu, oddělující část s největším objemem nestabilních dehtů od zbytku skládky. Tím bylo umožněno potřebné odtěžení dehtů z jezírka, a to i při potřebném snížení hladiny podzemní vody. Hlavním cílem bariéry bylo vytvořit podmínky pro zřízení vnitřního příkrovu, zabránit nekontrolovaným přesunům zbylých vazkých dehtů pod vlivem zatížení definitivního zakrytí, a tím vyloučit následné deformace povrchu.

Ve skládce, vyplněné těmi nejrůznorodějšími odpady, od betonových panelů, přes kamna, pařezy, matrace až k mrtvé krávi, je jedinou použitelnou metodou na zřízení uzavírací bariéry trysková injektáž. Ta byla za takovýchto okolností aplikována v ČR poprvé. Maloprofilovými vrty bylo možno případné nevtatelné překážky obkročit, v daném případě však největší problémy činilo namotávání a vytahování uložených ocelových lan. Z provedených vrtů byly v materiálu skládky rotačně postupně vytryskány, směsí na bázi cementu, vysokotlakým paprskem 40 MPa, pilíře o průměru 1 m, zasahující v hloubce 9,3 m na 1 m pod dno skládky. Vzájemným částečným překrytím těles pilířů vznikla souvislá bariéra (viz obr. 2).

### 2.3 Vnitřní příkrov dehtové laguny

Nestabilita podloží v místě částečně odtěženého dehtového ložiska byla řešena výše zmiňovaným uzavřením vertikální bariérou, doplněným vnitřním roznášecím, stabilizačním příkrovem se speciální skladbou. Současně s postupným dotěžováním zůstatku dehtového koncentrátu probíhala in-situ solidifikace vrchní vrstvy směsi odpadů, promícháním s vhodnými hydraulickými přísadami, až do úplného uzavření ložiska. Dále byla provedena stabilizační výplňová a roznášecí plomba ze zásypu zpevněného inertního materiálu. Zásyp byl plošně rozprostírán za stálého kropení vodou a hutněn vibračním pěchem tak, aby byla vytvořena pevná únosná vrstva. Nakonec byl proveden vlastní krycí příkrov, tloušťky 1,2 m, ze sendvičového souvrství superlehkého betonu, vyztuženého geosítěmi (viz obr. 2).

## 3. OSTATNÍ PRÁCE

Současně s prováděním výše popsaných technicky specifických operací probíhaly ostatní neméně důležité stavební práce. Jedná se zejména o budování vnější vertikální bariéry z podzemních stěn ze speciální těsnicí směsi ECOSOL<sup>®</sup>, tl. 60 cm, vetknuté v hl. 9 - 17 m do vrstvy kompetentních vonšovských jíílů. Byla použita klasická, mnoho let aplikovaná a ověřená drapáková metoda. Stabilita rýhy byla při těžbě udržována pažicí suspenzí, která po ztuhnutí vytvořila těleso vlastní těsnicí stěny. Směs ECOSOL<sup>®</sup> [7] se vyznačuje, kromě vysoké nepropustnosti ( $k_f \leq 10^{-9}$ ), i výbornou schopností vázat ionty škodlivých látek z vodního roztoku. Tato směs byla navržena v modifikaci odpovídající místním požadavkům a po mineralizaci v horninovém prostředí má neomezenou trvanlivost

Z materiálu vytěženého z rýhy podzemní stěny a promíchaného se směsí ECOSOL<sup>®</sup> byla vytvořena střešovitá zhutněná vyrovnávací vrstva na vnitřním povrchu skládky, sloužící jako doplňková krycí bariéra k vlastnímu horizontálnímu zakrytí skládky. Těsnicí vrstva byla vytvořena konvenčním způsobem z hutněných vrstev vynikající šarže místních vonšovských jíílů. Po zhotovení pokryvného souvrství a jeho osetí travou byla prakticky sanace v hlavním objemu ukončena.

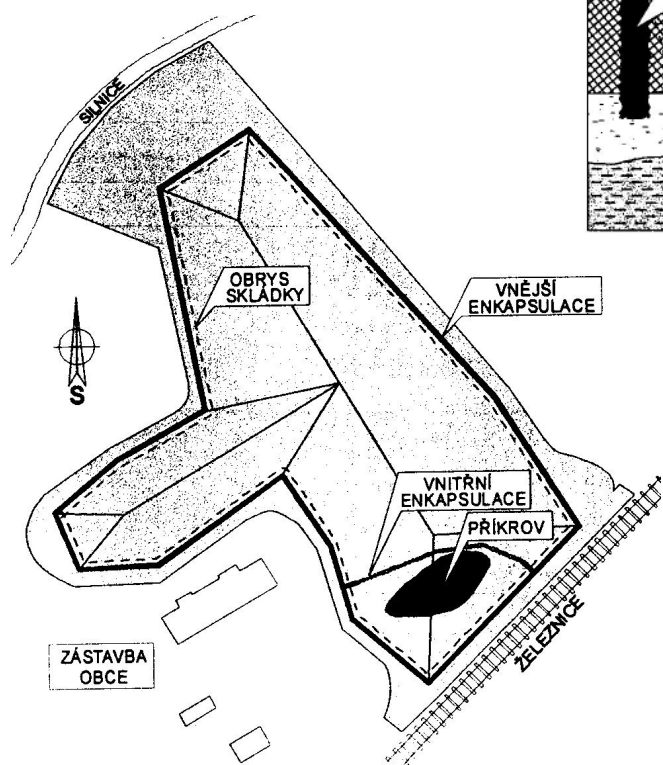
Paralelně s těmito hlavními pracemi probíhalo zřízení plynové drenáže, úprava a doplnění monitorovacích vrtů, drobné vodohospodářské konstrukce, jakož i průběžný monitoring podzemních vod a ovzduší. Následný monitoring podzemních vod a ovzduší potvrdil předchozí trendy z průběžného monitoringu při provádění a splnil předpoklady projektu

#### 4. ZÁVĚR

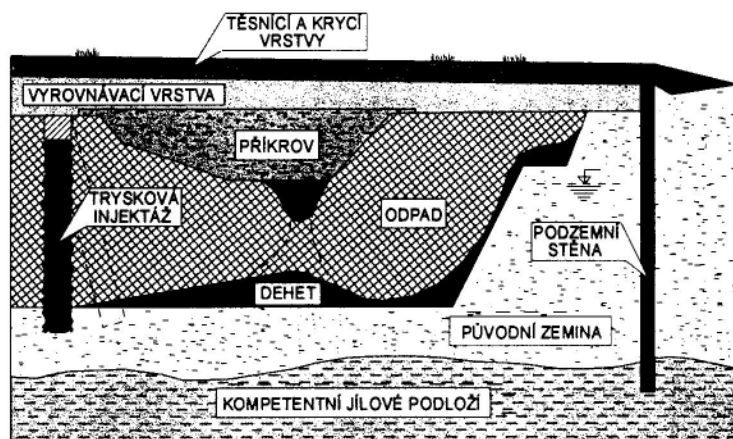
Asanace staré skládky Skalná není jen příkladem technicky, ekologicky a ekonomicky vhodného sanačního řešení pomocí enkapsulačních technologií. Je také zajímavou ukázkou řešení neobvyklých geotechnických problémů.

#### Literatura:

- [1] P.J.Barker : *Ground treatment techniques for the rehabilitation of polluted sites : recent case studies, conference Polluted & Marginal Land, England 1994*
- [2] J.M.Debats, J.Řičica, I.Terzijski : *Sanace skládky toxických odpadů v Tišicích, konference Zakládání staveb, Brno 1996*
- [3] G.Evers : *Practical solutions for the treatment of polluted groundwater, conference Vienna NATO CCMS, February 1998*
- [4] J.Řičica : *Asanace starých zátěží metodou uzavření na místě, Planeta I/1993*
- [5] J.Řičica : *Využití geotechnických metod a technologií pro ekologické sanace, konference Zakládání staveb, Brno 1994*
- [6] J.Řičica : *Volba izolační varianty sanačního zásahu, Odpady 8-9/1994*
- [7] J.Řičica : *Podzemní těsnící stěny - materiál výplně, seminář BIJO E'95, Sanace a rekultivace skládek a kontaminovaných objektů, 26.4.1995*



Obr. 1: Situace skládky Skalná u Chebu



Obr. 2: Řez skládkou v oblasti vnitřní enkapsulace