

Ing. Evžen P i c h l e r, CSc., VÚHU

Ing. Ivan D y k a s t, VÚHU

Řešení stavby výsypek s maximálním využitím výsypného
prostoru

1.0 Přehled o kapacitním využívání stávajících a rozvojových
výsypek v SHR

Stavba výsypek na velkolomech SHR je dynamickým procesem, ovlivňovaným mnohotvárnými podmínkami přírodními a technologickými nejen v průběhu přípravných a projektových prací, ale hlavně během jejich realizace. V přímé souvislosti s nárůstem těžných skrývkových hmot z 97 mil. m³ v roce 1968 na 207 mil.m³ v roce 1985 se stalo budování výsypek jedním z rozhodujících článků procesu povrchového dobývání uhlí. Z dlouhodobé prognózy SHR do roku 2000 vyplývá, že i při stagnaci uhelné těžby bude dále stoupat objem odklizu nadložních zemin, což bude vyvolávat vysoké nároky na výsypné prostory a jejich kapacitní využití.

V řadě prací VÚHU, zejména v dílčí zprávě "Vliv způsobu zakládání zakladači ZP 6600 na stabilitu výsypek" (6-1984), bylo prokázáno, že je reálné zvýšení kapacity, zejména vnitřních výsypek, až na 65,0 m³ r.z. . m⁻² území v centrální části pánve. Toto vysoké využití výsypných prostorů bylo dosaženo na vnitřních výsypkách velkolomu J. Šverma a Obránců míru s vysokým podílem vhodných zemin pro stavbu vysokých výsypkových těles s kolejovými zakladači, dosahujícími maximální roční výkon 6,6 mil. m³ r.z.. Jediným výsypným prostorem s pásovémi zakladači A₂R_SB 8800, ZPD 13 000 a ZP 5500, vykazujícími uspokojivé kapacitní využití, se stala Radovesická výsypka. Ještě vyšší využití tohoto výsypného prostoru je zajišťováno nákladnými odvodňovacími objekty jak v předpolí výsypky, tak

pod stávajícím výsypným tělesem v prostoru bývalého údolí Lukovského potoka.

Dosud neuspokojivý stav v možném lepším využití výsypných prostorů je na vnitřních výsypkách velkolomu Merkur a Čs. armády. Na těchto výsypkách se řeší problémy dřívějšího nedůsledného dodržování základních podmínek stavby vysokých výsypek, které se projevily v období let 1980 až 85 zvýšeným výskytem svahových deformací a rozsáhlých skluzů. K porušování stability výsypek docházelo především na výsypkách zakládaných pásovými zakladači typu ZP 6600 (ZP 5500), jejichž lineární parametry pro způsob tvarování etáží po vrstvách nejsou vyhovující a umožňují tvarovat etáže po dvou vrstvách v omezeném výškovém rozsahu a v mnohých případech jen v součinnosti s výkonnými buldozery. Na výsypkách velkolomu Merkur, Vršany a Chabařovice, zakládaných za mezních stabilitních poměrů, bylo nutné disproporci v kapacitách výsypných prostorů řešit náhradními vnějšími výsypkami. Je zřejmé, že plné rozvinutí výsypných front a zvýšení jejich kapacit je podmíněno důsledným uplatňováním souboru opatření na zlepšení stabilitních podmínek jak v projektování, tak v řízení provozu výsypek.

2.0 Perspektivní řešení výsypných prostorů k.p. DVIL

Poměrně ustálený vývoj výsypkového hospodářství na k.p. DVIL až do roku 1978, tj. do zahájení provozu prvního pásového zakladače ZP 6600/82 na etáži 200 m n.m. na vnitřní výsypce VČSA, byl vystřídán havarijní situací. Při řešení výsypných prostorů VČSA v letech 1979 až 84 bylo nutné přijmout celou řadu krajních opatření, která měla charakter báňského rizika (viz článek "Řešení výsypných prostorů na velkolomech Čs. armády, Merkur, J. Šverma" ve Sborníku semináře Stavba a provozování stabilních výsypek na povrchových lomech, X. 1984) a zároveň bylo nutné mimořádnými způsoby zajišťovat náhradní řešení stabilitních problémů, které se později stalo výchozím podkladem pro projektovou činnost a plánování dlouhodobých zámě-

rů VČSA do vyuhlení dobývacího prostoru v letech 2005-2010.

Na základě předběžných prací VÚHU byl stanoven podíl zemin pro kolejovou a pásovou technologii a podíl zemin, které bude nutno zakládat trvale do dalších výsypných prostorů. Pro zakládání nevhodných zemin pro stavbu vysokých výsypek bylo navrženo nejprve zkapacitnění stávající Růždolské výsypky v letech 1986-1995 rozšířením tohoto vnějšího prostoru směrem k lomu Kopisty a plavicímu prostoru Cheza, a po roce 1995 směrem k obci Louka. Další výsypný prostor bývalého lomu Obránců míru byl stanoven pro směrování zemin z V. a VI. skrývkového řezu VČSA a odlehčení vnitřní výsypky v letech 1986 až 2005.

Odklonem jednoho technologického celku do lomu Obránců míru se řeší nárůst odklizu vlivem prohlubování VČSA podél Krušných hor až na kótu 40 m n.m. a stavba vysoké výsypky na značně ukloněné podložce.

Nasazením nového technologického celku SRs 2000 a zakladače ZP 6600 na velkolomu J. Šverma v roce 1985 vyvstala potřeba řešení uvolnění výsypného prostoru pro zakladač ZP 6600 nad kolejovými zakladači vnitřní výsypky a udržení stabilních vysokých etáží s omezenou potřebou vnějšího výsypného prostoru pro zakládání úrodyschopných zemin na Velebudické výsypce.

Perspektivní řešení výsypných prostorů k.p. DVIL si vyžádalo řešení

- odvodnění podložky vnitřní výsypky systémem drénů a odvedením podzemní vody z pánevní deprese zakrytou čerpací stanicí,
- nového uspořádání pracovních horizontů s postupným vybudováním dvou pracovních horizontů pro každý ze tří zakladačů, operujících na vnitřní výsypce,
- směrování vhodných zemin do výsypky OM s ohledem na zmenšení rozsahu znovuodtěžení v závěrečné fázi postupem VČSA,
- využití suťových materiálů pro zajištění odvodnění zbytkové jámy OM a stability této výsypky,

- ukládání nevhodných zemin na vnějším rozšířeném prostoru Růžodolské výsypky,
- stability vnitřní výsypky na ukloněné podložce její sanací zářezy do podloží (úklon 15°) a soustavou předvýsypek (úklon 8°),
- převýšení etáží ZP 6600 celkové výšky 40 m na vnitřní výsypce velkolomu J. Šverma 120 m vysoké.

Stanovená kritéria pro stavbu vysoké výsypky jsou dlouhodobého charakteru a měla by se projevit v postupném reálném zvýšení kapacity hlavních vnitřních výsypných prostorů VČSA a VJŠ.

2.1 Řešení odvodnění podložky výsypky v pánevní depresi v prostoru VČSA

Odvodňování podložky výsypky bylo zajišťováno postupným budováním mělkého gravitačního systému zahroubeného do bazálních partií jílovitého uhlí a jílovců a jílovitých hornin podložního souvrství od roku 1975. Drény podchycují převážné množství vody z podložky výsypky i z bočního svahu a odvádějí ji do nejhlubšího místa deprese, kde je v provozu od roku 1983 čerpací objekt, přesypaný výsypkou a zpřístupněný železobetonovou štolou.

Podle proplynění a zvýšení teploty, s přihlédnutím ke geologické stavbě území, lze předpokládat původ převážného množství vody na podložce výsypky z hlubšího podloží uhelné sloje, a to z puklinového oběhu krystalinika. Nelze však vyloučit hydraulickou spojitost vod z krystalinika zejména s vodami svrchnokřídových psamitů, spočívajících přímo na povrchu krystalinika. Poměrně vydatný a stálý zdroj vody představují vývěry podzemní vody v čerpacím objektu o současné vydatnosti $6,6-10,0 \text{ l sec}^{-1}$, a jen nepatrnou roli hrají v tomto smyslu infiltrované srážky.

V souvislosti se zvýšením průsaků vody do čerpacího objektu a zintenzivnění průsaků vody ze stropu a stěn objektu v ro-

ce 1984 byl stav výsypky a objektu ověřován průzkumnými vrty. Výsledky vyhodnocení nálevových stoupacích zkoušek, a zejména měření hladin vody v pozorovacích vrtech, potvrdily dřívější závěry, že nad čerpacím objektem a přilehlým úsekem odvodňovací štoly existuje hydraulicky uzavřený tlakový systém a hlavním hydraulickým propadem je objekt čerpací stanice a přilehlý úsek odvodňovací štoly v délce asi 130 m, do nichž voda asi z 1/4 přitéká drenážním systémem (Stanovisko Doc. ing. Dvořáka, DrSc. k průsakům vody do čerpací stanice a štoly VČSA). Byl zaznamenán maximální vzestup hladiny v pozorovacích vrtech na kótu 119 m n.m., která by se pravděpodobně vytvořila v pánevní depresi, kdyby nebyl odvodňovací objekt včas vybudován a provozován.

Zkoumali jsme stabilitní stav výsypky v případě, že v bazální části výsypky vystoupí voda do předpokládané úrovně, přičemž voda zaplní veškeré mezery a její tlak bude narůstat lineárně s hloubkou pod hladinou. Protože hladina podzemní vody není vodorovná, nýbrž stoupá směrem do výsypky, pak voda pod hladinou vyvoluje nejen vztlak, nýbrž i vodorovnou sílu, směřující k patě výsypky. Přetvárné a pevnostní charakteristiky zemin v zasažené části výsypky se podstatně mění oproti stavu, kdy tato část nebyla zvodněná. V plánovaných stavech výsypky vznikají ve zvodněné části výsypky nízké lokální stupně bezpečnosti. Celkový stupeň bezpečnosti výsypky, pokud řešíme stabilitu s pravděpodobným posunem po podložce a v místech lokálního zmenšování smykových napětí s prosedáním klínů a případnou změnou tvaru výsypky posunem plastických oblastí, se mění v návaznosti na postupném přesypávání pánevní deprese. Nejnebezpečnější je počáteční stav přesypávání deprese, kdy vliv podzemní vody na snížení kontaktního intergranulárního úhlu vnitřního tření je největší. Postupným přesypáním pánevní deprese výsypkou, při zachování zjištěných hydrofyzikálních vlastností, se nebezpečí porušení stability výsypky snižuje. Při určitém stavu výsypky již nebude nutné zajišťovat odvádění podzemních vod čerpacím objektem, pokud ovšem nedojde k po-

rušení kontinuity drenážního systému navazujícím drénem s přelivem na kótě 107 m n.m.. Potřebnou životnost čerpacího objektu lze určit z následujících parametrů stabilitního řešení pro případ neodvodněné pánevní deprese:

Stav výsypky	Výška tělesa v m	Generální sklon svahu $\cotg \alpha$	Předsypáno před objektem v m	Přesypáno nad objektem kóta	Stupeň bezpečnosti k_s
1983	158	7,47	50	146	0,57
1984	148	9,05	220	146	1,02
1985	150	9,06	400	173	1,00
1986	158	9,78	600	196	1,26
1987	160	9,50	680	196	1,22

2.2 Řešení výsypky Obránců míru s ohledem na zmenšení rozsahu znovuodtěžení postupem VČSA

Počátkem roku 1985 byla v podstatě ukončena rekonstrukce VČSA na pásovou technologii zprovozněním posledních DPD na vnější výsypku - do zbytkové jámy Obránců míru. Tím byly vytvořeny základní předpoklady pro řešení stability výsypky na ukloněné podložce v podstatě do roku 2005. Výsypku Obránců míru bylo nutné řešit s ohledem na zmenšení rozsahu znovuodtěžení postupem VČSA v závěrečné fázi vyuhlování dobývacího prostoru.

Nejhlubší prostor zbytkové jámy Obránců míru je zasypáván hlinitopísčitými štěrky, označovanými všeobecně jako podkrušnohorské sutě. U těchto suťových materiálů vychází v ulehlelém stavu podle čerpacích a stoupacích zkoušek hydrogeologického průzkumu I. etapy VČSA koeficienty filtrace v mezích $1,4 \cdot 10^{-5}$ až $5,7 \cdot 10^{-7} \text{ m.s}^{-1}$. Ve výsypkách, pokud budou

zakládány v etážích o výškách 20 až 25 m, lze počítat s vyšší propustností než v kusovitých jílovitých zeminách. Suťové těleso až po kótu 120 m n.m. :

- minimalizuje kubaturu výsypkových zemin, které je nutné odtěžit před vyuhlením sloje ze strany VČSA,
- snižuje ztrátu uhelné substance z titulu eventuálních zápar a ohňů,
- působí jako akumulační a filtrační vrstva mezi výsypkou a vtokovým objektem 280.0 m dlouhé odvodňovací štoly,
- působí jako roznášecí vrstva výsypky ve 2x10 m vrstvách hloubkově i výškově.

Po kótu 170 m n.m. bude zasypána zbytková jáma Obránců míru jílovitými zeminami z V. a VI. skryvkového řezu VČSA. Fyzikálně-mechanické vlastnosti těchto zemin dovolí v budoucnu jejich odtěžování až po kótu 170 m n.m. v generálním sklonu 1:4,0. Pro tvarování svahů dalších etáží až po předpokládanou konečnou úroveň výsypky lze použít rovnice

$$d = 1,3573 \sqrt{1,3612}.$$

Mezi hranou předpokládaného svahu VČSA ve výsypce OM a patou etáže výsypky na kótě 170 m n.m. se ponechává plošina cca 250 m široká.

Pro zakládání nevhodných zemin z VČSA je vymezen prostor na nejsvrchnějších etážích výsypky nad kótou 240 m n.m., který je v současné době využíván kolejovými zakladači.

Při tomto naznačeném řešení zůstává převážná část čelních a bočních svahů obnažena po dobu minimálně 20 let. Část čelních i bočních svahů byla narušena hlubinným rubáním a boční svahy budou v průběhu plánované těžby dolem Centrum znovu narušeny poklesy. Nejenom z hlediska ochrany důlních děl Dolu Centrum, ale i z hlediska odvodnění patní části výsypky, bude nutné do doby úplného vyuhlení zájmové oblasti provozovat odvodňovací štolu s navazujícími čerpacími vrty a udržovat hladinu podzem-

ní vody na kótě 68,9 m n.m..

2.3 Parametry výsypkových etáží a možné převýšení vnitřní výsypky J. Šverma zakladačem ZP 6600

Nasazením technologického celku TC 2 na nejsvrchnějším řezu velkolomu J. Šverma od roku 1985 se zlepšily podmínky pro směřování zemin ke kolejovým zakladačům. Předpokládá se snížení výšek etáží zakládaných kolejovými zakladači na 15 až 20 m. Při provádění zpětného zásypu výsypkových prstů bylo doporučeno nezatěžovat svahovou část prstu a ponechávat mezi svahem etáže a převyšovaným svahem odstup 20,0 m. Celkový generální sklon výsypky zakládané kolejovými zakladači do celkové výšky 125,0 m bude nadále posuzován podle ověřené rovnice pro mezní stav výsypky

$$d = 0,6065 v^{1,4329}.$$

Nadložní zeminy zvětrávací zóny do hloubky 25 až 35 m vykazují reziduální pevnost $\varphi = 4$ až 6^0 , $c = 8$ kPa. Tvarování svahů z těchto zemin, zakládaných ZP 6600, ověřujeme podle rovnice

$$d = 0,264 v^{1,838}.$$

Uvolnění dostatečného výsypného prostoru pro pásový zakladač ZP 6600 a udržení stabilních výsypkových etáží se stává již problémem. Řeší se výpočtem parametrů výsypkového stupně zakládaného ve dvou vrstvách možným převyšováním výsypky dalšími etážemi. Hodnotu maximální výšky spodní vrstvy etáže lze určit ze vztahu pro stanovení maximálního zatížení podložky

$$h_{m,1} = \frac{\sigma_c}{\gamma} \left[e^{\pi \operatorname{tg} \varphi} \cdot \operatorname{tg}^2 \left(45 + \frac{\varphi}{2} \right) - 1 \right],$$

kde $\sigma_c = c \cdot \operatorname{cotg} \varphi$.

Pro výpočet mezní výšky druhé lávky můžeme vycházet z početního stanovení mezní únosnosti a pasivního přetížení podložky q

$$h_m = \frac{1}{\gamma} \left[(q + \sigma_c) e^{\pi \tan \varphi} \cdot \tan^2 \left(45 + \frac{\varphi}{2} \right) - \sigma_c \right]$$

Pak mezní výška druhé vrstvy je

$$h_{m,2} = h_m - h_{m,1}$$

Vycházíme-li z uvedených reziduálních hodnot smykové pevnosti, pak maximální výška vrstev nemůže překročit 10 m. Mezi oběma vrstvami se stanovuje odstup podle požadovaného stupně bezpečnosti.

Pro možnost založení další výsypkové etáže je rozhodující chování zemin založených v mocnosti 40 m při jejich dalším zatížení. Podle závěrů uvedených v dílčí zprávě o vyšetření parametrů smykové pevnosti skrývkových hornin z lomu J. Šverma, PÚDIS Praha (X.1985) docházelo u zemin těžných SRs 2000 v oborech normálního napětí nad 0,8 MPa k vytlačování zeminy z čelisti smykače v místě smykové plochy již v době konsolidace. Dokumentovaný jev vytlačování zeminy znamená, že napětí 0,8 MPa je již napětím překračujícím napětí vyvolávající jev "zhroucení struktury" jílovité sypaniny, které má za následek pokles smykové pevnosti. Převýšení 40 m výsypky v současné době zakládáné zakladačem ZP 6600 je problematické a bude experimentálně ověřováno zkoumáním změn vlastností výsypkových zemin v závislosti na čase.

3.0 Navrácení povrchů výsypek k užitečnému využívání

Je žádoucí, aby dosypané povrchy výsypek byly vždy co nejdříve navráceny k užitečnému využívání. Technicky nejméně náročným a dnes nejběžnějším způsobem bývá zemědělská nebo lesnická rekultivace. Realizace stavebních konstrukcí a inže-

nýrských staveb na výsypkách přináší řadu technických obtíží. Obtíže jsou tím větší, čím kratší doba uplyne od dosypání povrchu výsypky po realizaci stavby. Poklesy čerstvě dosypaného povrchu výsypky vykazují v prvních letech často značné hodnoty, s kterými se lze vyrovnat jen za cenu enormně zvýšených nákladů na výstavbu staveb i jejich údržbu. Je proto účelné stavební objekty budovat pouze na výsypkách přiměřeně konsolidovaných. Někdy si ovšem závažnost celospolečenských zájmů vynutí nerespektování této obecné zásady.

Příkladem doposud nejrychlejšího navrácení povrchu výsypky k užitečnému využívání je Ervěnický koridor. Přitom jde o výsypku značně vysokou (130 m) a realizované stavby, zejména přeložky trati ČSD, je třeba považovat za stavby náročné. Proto také jejich budování přinášelo řadu technických problémů. S jakými problémy bylo spojeno dokončování vlastního 25 m vysokého železničního násypu (tzv. koruny Ervěnického koridoru) a příspěvek VÚHU k řešení tohoto problému je námětem následujícího oddílu článku.

3.1 Problematika dokončovacíh prací při výstavbě koruny Ervěnického koridoru

Původní technické řešení výstavby koruny Ervěnického koridoru předpokládalo vytvoření 14 m mocné, stavebně hutněné suťové vrstvy k oddělení železničního svršku trati ČSD a jílovité sypaniny vlastního tělesa výsypky. Navíc měl být na této základní suťové vrstvě vybudován ještě 10 až 15 m vysoký nadnásep z téhož materiálu, který se měl asi po ročním působení opět odtěžit. Myšlenka vytvoření nadnásypu sledovala praktické využití nejefektivnějšího z doposud známých způsobů zhutňování povrchů výsypek. Je známo, že náhlé přetížení jílovité sypaniny jak na výsypce, tak při laboratorních zkouškách v edometru, vyvolává velké počáteční zrychlení průběhu deformace. Teprve po určitém čase se rychlost stlačování zmenšuje - nabývá charakteru pravé, pro jíly typicky pomalé konsolidace. V případě využití konsolidačního efektu nadnásypu

v koruně EK by bylo možné pro dobu provozování trati ČSD uvažovat se zmenšenou hodnotou konečného sednutí, právě o hodnotu stlačení výsypky od tíhy nadnásypu.

Výše naznačené technicky výhodné řešení dokončovacích prací v koruně EK bohužel nemohlo být realizováno. Dosypávání posledních jílovitých vrstev zakladači probíhalo již ve velkém časovém skluzu. Na zřízení nadnásypu, na jeho roční působení a opětné odtěžení již nezbýval čas. Časová disproporce byla dokonce tak velká, že za reálné nemohlo být již považováno ani zřízení základní suťové vrstvy v plné projektované mocnosti (14 m). Aby nebyl ohrožen konečný závazný termín zprovoznění trati ČSD (V.1984), muselo by být natěženo, přepraveno a uloženo 2,7 mil. m³ sutí za období jen o málo delší než 1 rok. Toto nebylo technicky zvládnutelné. Sutě byly dopravovány z předpolí VČSA z poloviny auty a z poloviny kolejově. Změna projektu úpravy koruny EK se tak stala neodvratnou. Bylo třeba, aby se oproti původnímu projektu zvětšil podíl zemin v koruně EK, založených nejrychlejším způsobem - pomocí zakladače.

Na poradě místopředsedy vlády ČSR, předsedy České plánovací komise a za účasti ministrů dopravy, paliv a energetiky a stavebnictví ČSR dne 3. 2. 1982 bylo s definitivní platností rozhodnuto o změně projektu. Mocnost suťových vrstev se měla snížit na 7,8 m. Tomuto rozhodnutí, respektujícímu časově omezené provozně-technologické možnosti výstavby, muselo však nutně předcházet odborné posouzení technické způsobilosti navrhované změny projektu s ohledem na bezpečnou provozovatelnost přeložky trati ČSD. Tento nelehký úkol připadl právě oddělení aplikované geomechaniky VÚHU v Mostě.

Řešení otázek, týkajících se možných důsledků snížení mocnosti suťové vrstvy na průběh konsolidace výsypky pod přeložkou trati ČSD, jakož i otázky náhradního materiálu za navrhovaný úbytek sutí, se stalo přímo součástí výzkumu v rámci resortního úkolu R-10-125-301-04.

Otázky spojené se stabilitou svahů koruny Ervěnického koridoru byly ve VÚHU řešeny formou odborných posudků na základě objednávek k.p. DVIL Komořany.

3.2 Vliv mocnosti suťové lavice na konsolidaci výsypky pod přeložkou trati ČSD

Tento vliv a otázka náhradního materiálu za navrhovaný úbytek sutí v koruně EK jsou námětem řešení prvních tří výzkumných zpráv v rámci resortního úkolu "Výzkum stabilitních poměrů lomů a výsypek na perspektivních lokalitách", řešeného v 7. PLP v oddělení aplikované geomechaniky. Zprávy byly vydávány v následujícím pořadí:

- Vliv mocnosti suťové lavice na sedání západní části EK (4.1981).
- Písky z meziloží rozštěpené uhelné sloje VJŠ a jejich využití pro urychlené dobudování koruny EK (8.1981).
- Přetvárná charakteristika zemin zakládáných do upravené koruny EK (5.1982).

V první ze jmenovaných výzkumných zpráv byla prognóza časového průběhu sedání povrchu koruny EK pro dvě mezní mocnosti suťových vrstev : 14 m a 5 m. Hodnoty sedání byly vypočteny celkem v devíti bodech podélného profilu, vedeného osou přeložky trati ČSD, a to pro 1. rok provozu, tj. 1984, dále pro roky 1985, 1993 a dále jako konečné poklesy. Metoda výpočtu sedání byla založena na teoretickém předpokladu, že výsypkové zeminy konsolidují obdobným způsobem, jako jejich vzorky v edometru. Bylo využito výsledků stlačování uměle připraveného směsného vzorku sypanin z jílovců ze IV. a V. skrývkového řezu VČSA. Zkouška stlačitelnosti proběhla v laboratoři PÚDIS Praha ve velkorozměrovém a vysokotlakém edometru o $\varnothing$ 78 cm a výšce vzorku 30 cm za přirozené vlhkosti. Jednotlivé zatěžovací stupně byly stanoveny v rozmezí normálového napětí 0,1 až 3,0 MPa. Zjiště-

né hodnoty sedání při uvažování obou mocností suťových vrstev v koruně EK nebyly příliš rozdílné, zejména pro první roky provozu. Rozdílnější výsledky byly vypočteny pouze pro krajní oblasti EK, v místech nejmenších mocností výsypky. Zde se projevovat větší poměrný nárůst mocnosti stlačitelnějších jílovců zvýšenými hodnotami sedání pro suťovou vrstvu 5 m.

Maximální vypočtené hodnoty sednutí v cm, při uvažování různých mocností sutí byly následující:

Sednutí povrchu	5 m sutí	14 m sutí
Za rok 1984	39,1	42,8
Za rok 1985	27,9	32,7
Za roky 1984 až 1993	150 až 200	
Konečné hodnoty	450 až 500	

Dále byl vyšetřován vliv statického i dynamického zatížení vlakových souprav na sedání výsypky, opět pro obě mezní uvažované mocnosti sutí. Bylo prokázáno, že se vrchní 10 m mocná vrstva jílovců, nacházející se bezprostředně pod suťovou vrstvou, stlačí 3x více při 5 m mocné vrstvě, avšak v absolutních hodnotách je toto stlačení zanedbatelné (hodnoty jsou v mm).

Z výsledků této zprávy bylo evidentní, že rozdíly v sedání při uvažování různých mocností suťové vrstvy jsou minimální. Byla tak prokázána možnost snížení jejich mocnosti, aniž by se snižovala bezpečnost provozu na přeložce trati, anebo zvyšovaly náklady na její údržbu.

V dalších dvou výzkumných zprávách bylo zvažováno, čím nejvýhodněji nahradit navrhovaný úbytek suťového materiálu

v koruně EK. Nabízela se možnost náhrady tohoto úbytku jemno-zrnnými písky z meziloží rozštěpené uhelné sloje VJŠ. K dispozici samozřejmě zůstával celý široký sortiment jílovců ze všech skrývkových řezů jak z VČSA, tak i VJŠ. V době od června do září 1981 proběhly z popudu prof. dr. ing. A. Myslivce, DrSc. rozsáhlé zkoušky stlačitelnosti, hutnitelnosti, prosedavosti a bobtnavosti prakticky všech dosažitelných druhů zemin. Všechny získané výsledky byly navzájem porovnávány a zejména srovnávány s výsledky obdobných zkoušek se suťovým materiálem. Velký rozsah zkoušek si vynutil zapojení kromě laboratoře VÚHU též laboratoří PÚDIS Praha a Geoindustria Praha. Hlavními kritérii pro určení nejvhodnějšího náhradního druhu materiálu za suť byly co nejmenší stlačitelnost a prosedavost. Po zhodnocení výsledků všech zkoušek byly za nejvhodnější určeny jílovce z V. až VII. skrývkového řezu VČSA. Edometrické moduly Mo těchto jílovců při napětích 0,1 až 0,3 MPa (což odpovídá napětově jejich hloubkovému umístění v koruně EK) byly naměřeny ve velikostech 25,2 až 31,6 MPa. Prosedavost jílovců při normálovém tlaku 1,0 MPa činila 4,8 %. Je to hodnota srovnatelná s hodnotami zjištěnými u sutí. V případě jílovců je však výhodné, že jde o dlouhodobý proces.

3.3 Stabilita svahů koruny Ervénického koridoru

V projektu přeložky trati ČSD na Ervénickém koridoru se předpokládala jistá hodnota sedání povrchu koridoru (asi 50 cm/rok), zvládnutelná speciálně vypracovanou technologií prozvedávání kolejí. Je uvažováno s provozem na dvou kolejích za současného prozvedávání zbývajících dvou kolejí. V žádném případě však není samozřejmě přípustné porušení stability svahů koruny EK. Vytvoření skluzu svahu a jeho případný zátrh do kolejiště trati by znamenalo vážné ohrožení bezpečnosti železničního provozu.

Výšky severních a jižních svahů koruny jsou rozdílné. Výšky severních svahů (mezi drážním tělesem a silnicí) jsou definitivní a pohybují se od 19,1 m do 19,3 m, při sklonu sva-

hu 1:2,9 až 1:3,4.

Jižní svahy měly mít v 1. roce provozu výšky 22,9 m až 25,4 m, při sklonu 1:3,0. V dalších letech se měly výšky jižních svahů snížit cca o 16 m prosypáním nové etáže TC 2 - VJŠ.

Posouzení stability svahů koruny EK bylo ve VÚHU řešeno jako zakázka k.p. DVIL odborným posudkem "Posouzení stability svahů koruny a tělesa Ervěnického koridoru v době zahájení provozu přeložky trati ČSD" (11.1981). V posudku bylo tehdy využito výsledků z nejposlednějších smykových zkoušek, provedených ve VÚHU na smykovém přístroji s rozměry krabice 40x40 cm, v oboru normálového napětí 0,2 až 0,5 MPa. Zkoušena byla smyková pevnost uměle vytvořených sypanin jílovců ze všech skrývkových řezů VČSA. Z vyhodnocení zkoušek byla naprosto zřejmá lineární závislost růstu úhlů vnitřního tření φ na hloubkách odběrů vzorků. A tak v rozmezí hloubek odběrů vzorků od 10 m do 100 m narůstaly vrcholové hodnoty od 16° do 33° , hodnoty reziduální od 5° do 20° . U soudržnosti obdobná závislost zjištěna nebyla, vrcholové i reziduální hodnoty c se pohybovaly v rozmezí 20 až 50 kPa.

Ve stabilitních výpočtech bylo uvažováno s reziduálními hodnotami obou parametrů φ a c , odpovídajícími hloubkově V. řezu VČSA:

$$\text{rez. } \varphi = 17^{\circ},$$

$$\text{rez. } c = 20 \text{ kPa.}$$

Reziduální hodnoty byly zvoleny s ohledem na požadovanou dlouhodobou stabilitu svahů. Je známo, že v důsledku měknutí jílovcových kusů parametr φ postupně klesá. Předpokládalo se, že klesá směrem k nejnižším naměřeným reziduálním hodnotám. S uvažováním uvedených parametrů smykové pevnosti a pomocí grafů B.F. Cousinse byla bezpečnost svahů koruny EK prokázána.

Podle názorů externích posuzovatelů tomu však tak nebylo. Z množství vznesených výhrad byla nejzávažnější ta, která se týkala způsobů zjištění smykové pevnosti sypaniny. Bylo vytýkáno, že se smyková pevnost zjišťovala nikoliv na vzorcích ze-

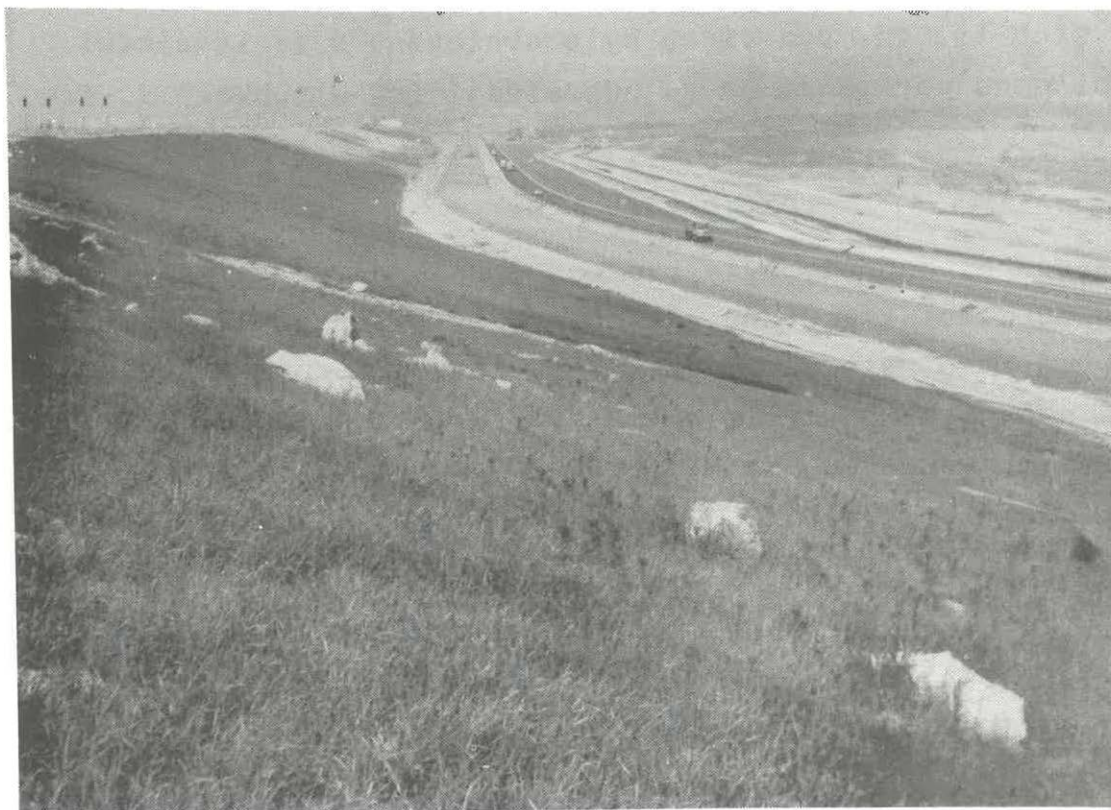
Obr. č. 1

Jižní svah koruny koridoru před definitivní úpravou



Obr. č. 2

Definitivní úprava severního svahu koruny koridoru



min z výsypky, nýbrž ze skrývky. Jak závažné bylo zpochybňování celého předloženého posudku vyplývá např. z citace jednoho z oponentů:

"... třeba říci, že žádný zkušený projektant by nenavrhl sklon nezhuťněného svahu jílu 1:3 na výšku 25,4 m. Totéž lze říci o nezhuťněném svahu vysokém 19,1 m ...".

Jiní z posuzovatelů zase mimo jiné konstatovali: "... U Ervěnického koridoru, stavby téměř 180 m vysokého náspu, který nemá u nás i pravděpodobně jinde ve světě obdoby, se výstavba děje podle neúplných geotechnických informací a chybí teoretické i praktické zkušenosti s výstavbou dopravních a jiných staveb na nehuťněných jílových náspech...".

V nastalé situaci byla úloha pro pracovníky VÚHU o to náročnější, že o správnosti stabilitních řešení nestačilo přesvědčit sebe samotné, ale zejména externí oponenty. Jejich nedůvěra k posudku VÚHU byla zřejmě podvědomě posilována nedobrym stabilitním stavem mnohých lokalit v revíru, včetně některých etází samotného výsypkového tělesa EK.

Na pracovní poradě 2. února 1982 v SUDOP v Praze za účasti všech zainteresovaných stran bylo doporučeno, aby VÚHU vypracoval dodatek k předešlému posudku, ve kterém by se pokusil prokázat stabilitu svahů koruny EK empiricky, avšak vyšetřováním výsypkových svahů dlouhodobě stabilních. Vyšetřované svahy musely být ovšem nasypány z obdobného typu jílovců a za analogických zakládacích podmínek, jako je tomu v případě koruny EK.

Požadovaný dodatek posudku s názvem "Empirické posouzení stability koruny Ervěnického koridoru" (2.1982) byl ve VÚHU vypracován za necelý měsíc. Přitom nešlo o žádnou rutinní záležitost. Vypracována byla zcela nová metodika, jak ze změřených tvarů svahů s překročenou mezní výškou zpětně odvodit velikost obou parametrů smykové pevnosti. Metodika byla ve Zpravodaji VÚHU již publikována (č. 7-8/1982). Ve VÚHU se příležitostně doposud používá. Pro nové posouzení dlouhodobé stabi-

ty svahů byly parametry smykové pevnosti získány vyšetřením dlouhodobě stabilních (5 až 15 let) svahů z východní oblasti vnitřní výsypky VČSA. Získané parametry měly velikost:

$$\begin{aligned}\varphi &= 10^{\circ}, \\ c &= 35 \text{ kPa}.\end{aligned}$$

Svahy koruny EK byly opětovně posouzeny a znovu byla prokázána jejich dostatečná stabilita. Návrh VÚHU na změnu projektu koruny EK se sníženou mocností sutí ze 14 m na 7,8 m mohl být pak definitivně schválen.

Vypracováním druhého stabilitního posudku svahů koruny EK se rozšířily dosavadní poznatky o ovlivňování smykové pevnosti výsypkových zemin časovým faktorem. Empiricky zjištěná hodnota $\varphi = 10^{\circ}$ je podstatně menší než nejnižší hodnota reziduální, naměřená na čerstvě natěžených vzorcích jílovců ($\varphi = 17^{\circ}$). Empiricky odvozená hodnota soudržnosti $c = 35 \text{ kPa}$ je naopak vyšší než hodnota laboratorně naměřená u čerstvé sypaniny. Proto v případě svahů koruny EK, vysokých 19 až 25 m, se stabilitní stupeň bezpečnosti prakticky nezměnil. U vyšších výsypkových svahů však pokles úhlu vnitřního tření sypaniny může postupně vyvolat i současný pokles dlouhodobé stabilitní bezpečnosti.

4.0 Směry dalšího výzkumu v této oblasti

Při řešení stabilitních úloh se ukázalo, že stanovení smykové pevnosti jílovité sypaniny na běžném krabicovém smykači je problematické vzhledem k atypickému průběhu smykových zkoušek, způsobenému postupujícím hutněním vzorku během smykání a vznikem ploch porušení mimo předurčenou, danou dělicí rovinu krabice. Tyto jevy jsou podmíněny nízkým použitelným rozsahem normálního, a tím konsolidačního napětí, nemožností vnést jen přítlačnými destičkami smykovou sílu v plné hodnotě do vzorku a malou výškou krabice, umožňující vznik krat-

ších ploch porušení, než je předurčená. Z toho důvodu vyplynula potřeba výroby nového vysokotlakého smykového přístroje.

U zemin se značně velkými zrny jsou laboratorní zkoušky ovlivněny použitými přístroji. To potvrdily např. zkoušky s jílovitými vzorky jak na malých, tak i na velkém edometru (max. přípustné rozměry zrn 1,5 a 15,0 cm). Výsledky, získané z obou přístrojů, byly značně odchylné. Na základě rozborů celé série zkoušek stlačitelnosti se dospělo k závěru: pro zkoušky stlačitelnosti kusovitých jílovců používat výhradně velko-rozměrových edometrů.

V navazujícím úkolu RVT, jehož řešení bylo zahájeno v 8.PLP, se předpokládá laboratorní výzkum

- a) chování a vlastností jílovité sypaniny za tlaků do 6 MPa, odpovídajících tlakům na výsypkách až 300 m vysokých, s cílem prokázat v tomto oboru napětí reálnost jevu vedoucího k téměř úplné ztrátě smykové pevnosti,
- b) přetvárných modulů při různých zatěžovacích stupních min. do 3 MPa a různých vlhkostních stanech.

S h r n u t í

Příspěvek informuje o řešení stabilitních a jiných geotechnických problémů na výsypkách. Dokumentuje zlepšení stabilitních podmínek jak v projektování, tak v řízení provozu výsypek na k.p. DVIL. Uvádí některé výsledky řešení konkrétních problémů při výstavbě koruny Ervěnického koridoru a stavby vysokých výsypkových těles.

Seznam citované literatury

1/ Pichler a kol.

Vliv způsobu zakládání zakladači
ZP 6600 na stabilitu výsypek
VÚHU 30. 6. 1984