

RNDr. Stanislav H u r n í k, VÚHU

Ing. Pavel K n o r r, Stavební geologie Praha

K možnosti stanovení původní mocnosti nadložních pelitů v SHR a jejího praktického využití

Úvod

V posledních desetiletích je pro Severočeský hnědouhelný revír charakteristický mohutný rozvoj lomové těžby, která umožňuje maximální vydobyti uhelné substance. S ohledem na rostoucí uhelně-energetické požadavky národního hospodářství, orientuje se výhledově revír výhradně na lomové dobývání a to i v nejhlubších partiích pánve, které již byly částečně vytěženy hlubinně.

Intenzivní rozvoj lomové těžby sebou přináší množství problémů, vyvolaných nutností odklizu jalového nadloží, které objemově mnohonásobně převyšuje těžbu uhlí. Je proto logickým důsledkem, že rozhodující při zvyšování těžby uhlí se stává skrývka. Její nejúčinnější provoz je dán, vedle dobývací techniky, především volbou přiměřené výšky nejen skrývkových řezů, ale především generelních svahů lomů. Určujícím činitelem je přitom (resp. by měla být) povaha příslušných nadložních hornin. Z toho vyplývá i rozsáhlý geotechnický výzkum, při němž jsou zpracovány stovky vzorků hornin.

V mechanicko-fyzikálních laboratořích jsou prováděny rozbory hornin, jejichž výsledky bývají využívány většinou jednoúčelově, především pro řešení stability svahů. Při tom množství údajů o některých fyzikálních vlastnostech hornin zůstávají téměř zcela bez dalšího praktického využití. Tyto údaje však mohou být cenným podkladovým materiálem pro některé teoretické studie, v podstatě odlehle od důlního provozu, nicméně závažné, při nejmenším pro komplexní poznání geologie pánve.

Jednou z takových otázek je původní mocnost nadložních pelitů, respektive hloubka jejich denudace, která pro svoji náročnost byla dosud ve zdejší oblasti zcela opomíjena. Nutno ovšem uvést, že i ve světovém měřítku jsou práce podobného charakteru dosud ojedinělé. Příčiny je nutno spatřovat jednak v náročnosti a komplikovanosti odborné, jednak

technickoekonomické.

V prvním případě to bezprostředně souvisí s výzkumem diagenese sedimentů (což je záležitost základního výzkumu). Dosavadní znalosti o diagenesi sice již poskytly řadu podkladů pro řešení otázky rekonstrukce původní mocnosti sedimentů, ovšem ukazují současně, jaké množství faktorů působí v proměnlivé intenzitě při procesu diagenese na utváření výsledných vlastností hornin. Rámcově jsou známy změny některých fyzikálních veličin v závislosti na hloubce. Rámcově jsou známy i změny těchto veličin v závislosti na mineralogickém složení. Konkrétní údaje však bývají sotva univerzálně aplikovatelné.

Ve druhém případě se jedná o výchozí podkladové údaje, které je možno získat jediné laboratorně. Přitom je zapotřebí mít k dispozici pokud možno co největší množství rozborů hornin z průběžných profilů celým zkoumaným sedimentárním komplexem. Z toho vyplývá, že průzkumné práce a detailní odběr vzorků by byly pro tento účel ekonomicky neúnosné (stovky vrtů, hluboké desítky až stovky metrů). Přihlédneme-li k vlastnímu provedení laboratorních rozborů a jejich vyhodnocení, přistupují k dalšímu ekonomickému zatížení výzkumu ještě kapacitní možnosti laboratoří.

Proto bývají hloubkové závislosti diagenetických vlastností sedimentů studovány za použití příležitostných údajů, získaných převážně při průzkumu nerostných surovin (zejména ropy).

Z technickoekonomického hlediska jsou podmínky pro výzkum rekonstrukce původní mocnosti sedimentů v SHR dosti příznivé, neboť jsou zde k dispozici již tisíce rozborů. Proto se příležitostně jeden z autorů pokoušel orientačně vyhodnotit některé fyzikální parametry a ověřit reálnost řešení této otázky v SHR.

Současný stav výzkumu

Z výzkumu diagenese vyplývá, že některé fyzikální vlastnosti usazených hornin se mění v závislosti na vzrůstající hloubce uložení v sedimentárním komplexu. Spolu s mechanickými parametry hornin byla tato závislost ověřena řadou geotechnických prací. Tak např. se vzrůstající hloubkou klesá pórovitost, vlhkost v % objemu i sušiny a stoupají pevnostní vlastnosti, včetně objemové tíhy. Tato obecná zákonitost byla

ověřena i v revíru při geotechnickém vyhodnocování profilů některých důlních úvodních děl a vrtů. Z výsledných diagramů byly dokonce stanoveny hodnoty přírůstků či úbytku jednotlivých veličin s hloubkou (viz Konečný 1963, 1965, 1967).

Z literatury jsou známy standardní křivky úbytku pórovitosti nebo vlhkosti s hloubkou uložení. Byly sestrojeny z nejrůznějších podkladů, získaných z rozličných stratigrafických i regionálních jednotek. Nechybí ani údaje z recentních sedimentačních prostředí. Jejich aplikace na nadložní sedimenty v SHR však byla vesměs nepoužitelná. Příčiny mohou spočívat nejen v neúplnosti či nestejnorodosti podkladů, ale i v metodice. Z některých prací totiž není jasné, zda uváděné hloubky odpovídají původní či denudační mocnosti. Rovněž tak nebývají horniny blíže petrograficky specifikovány. Dále bylo zjištěno, že pórovitost i vlhkost pelitů je do jisté míry ovlivňována přítomností propustných horizontů. Tato skutečnost byla ověřena i při vyhodnocování některých profilů vrtů v SHR. Na těchž vrtech bylo ověřeno i ovlivnění jmenovaných fyzikálních veličin změnou petrografického typu jílu.

Je tedy patrné, že řešení původní mocnosti na základě statistického zhodnocení změny pórovitosti v hloubkovém profilu, to je sestrojením standardní křivky, nemusí být dostatečně přesné. Obzvláště, vykazují-li hodnoty pórovitosti značný rozptyl.

Z mechaniky zemin je znám jiný způsob, vedoucí ke stanovení původní mocnosti. Jedná se o zatěžovací zkoušky, jimiž se určuje předzatižení. O vyhodnocování původního předzatižení jílu ze zatěžovacích zkoušek bylo však dosud publikováno velmi málo údajů. Obvykle se totiž jedná o studie, zabývající se otázkou zatěžování pro stavební účely.

Zatěžovací zkoušky se provádějí v oedometrech a výsledky měření se vynášejí v semilogaritmickém grafu. Získaná čára stlačování se skládá z křivkové a přímkové části. Předzatižení se stanovuje jednak ze zlomu v přímkové části, nebo grafickou konstrukcí s použitím odlehčovací čáry. Pro druhý způsob existuje několik variant řešení. Všechny známé způsoby řešení jsou založeny na základní domněnce, že se z opětovného přitížení k prvotnímu přitížení mění hodnoty oedometrického modulu přetvárnosti.

Způsob zpracování

V minulosti byly učiněny informativní pokusy o stanovení původní mocnosti na profilech úvodních důlních děl v mostecké části pánve. Bylo použito například standardní křivky Hedberga, Wellera a Goulda. Výsledky byly ovšem nereálné.

Po uveřejnění studie Baldwina, byla jím publikovaná standardní křivka převedena na metrové míry a do lineárního měřítka. Získaná křivka byla orientačně použita k vyhodnocení profilu jámy Oldřich. Dosažené výsledky byly podstatně reálnější. Do hloubky 100 m pod povrchem byla zjištěna naprostá shoda v úbytku pórovitosti s Baldwinovým grafem. Do hloubky 250 m došlo k mírnému nárůstu úbytku hodnot pórovitosti oproti standardní křivce. Výrazný rozdíl se projevil v intervalu 250 - 300 m pod dnešním povrchem.

Tyto nesrovnalosti ve hlubších partiích profilu by bylo možno vysvětlit výraznou změnou v poměrném zastoupení jílových minerálů, zvýšeným obsahem autigenních minerálů, změnou zrnitostního složení, resp. zvýšeným obsahem klastického křemene. Naproti tomu nelze vyloučit určitou schématicnost spodní části Baldwinova grafu, zvýrazněnou především převodem do lineárního měřítka.

Dospělo se proto k závěru, že při vyhodnocování bude účelné spíše se přidržívat průběhu standardní křivky do hloubek 300 - 400 m. Během vlastního vyhodnocování se dále přihlíželo k rozptylu a ke středním případně spodním partiím vrtných profilů. Ukázalo se totiž, že v prvních desítkách metrů pod povrchem bývá značný rozptyl hodnot mechanicko-fyzikálních vlastností a často se objevuje anomální trend změny závislosti na hloubce.

Vlastní zpracování spočívalo v tom, že v jednotném měřítku byly graficky vyneseny výsledky mechanicko-fyzikálních rozborů z vrtů. Použity byly vesměs pouze vrty s mocností nadložních jílovitých hornin minimálně několik desítek metrů a pokud možno s velkým počtem odebraných a zpracovaných vzorků. Do grafů byla vynášena objemová tíha, obě vlhkosti, měrná tíha, pórovitost a smyková soudržnost. Uvedeným způsobem bylo zpracováno přes 130 vrtů, které byly vytrženy minimálně z dvojnásobného počtu vrtů s mechanicko-fyzikálními rozbory, realizovanými v prostoru pánve. Z hloubkového trendu hodnot pórovitosti byla potom

pomocí Baldwinovy standardní křivky stanovena původní mocnost nadložních sedimentů. V případě, že nebyla k dispozici pórovitost, bylo použito hodnot vlhkosti v % objemu.

Pro vybrané případy vrtů, z nichž byly prováděny oedometrické zkoušky, bylo pomocí extrapolovaného trendu objemové tíhy a průměrné měrné tíhy, vypočteno původní zatížení, resp. předzatížení zkoušených vzorků jílu.

Při zatěžovacích zkouškách byly nejprve vzorky zkoušeny ve standardním oedometru, který pracuje do rozsahu maximálního zatížení 1 MPa. V tomto případě k markantnímu zlomu na oedometrické čáře nedošlo. Vyhodnocení předzatížení z průběhu zatěžovací čáry tedy nemohlo být provedeno. Při použití metod pracujících s odlehčovacími čarami vycházely nevěrohodné výsledky. Proto se přikročilo k úpravě zatěžovací lavice. S novou úpravou bylo sice dosaženo zatížení 2 MPa, ale výsledek zkoušek byl obdobný. Vyšších zatěžovacích stupňů na uvedeném typu přístroje nebylo možné dosáhnout, právě tak, jako další konstrukční úpravy při průměru zkoušeného vzorku 120 mm nebyly realizovatelné. Další zkušební cyklus zatěžování byl proto proveden na jiném typu přístroje, kde bylo možno dosáhnout vyšších zatěžovacích stupňů za cenu zmenšení zkušební plochy vzorku na $\varnothing$ R 50 mm.

Diskuse dosažených výsledků

Z provedeného vyhodnocení původní mocnosti nadložních pelitů vyplývá, že prozatím nebylo v prostoru pánve zjištěno jediné místo, kde by byla zachována původní mocnost. Nutno ovšem upozornit na to, že z podstatné plochy pánve chybí údaje. Vyhodnocené vrty jsou totiž soustředěny vesměs do dvou omezených úseků. Je to jednak nejzápadnější část na Prunéřovsku, jednak širší území velkolomu ČSA. V mostecké a ústecké části pánve je k dispozici pouze několik bodů.

Vyhodnocené vrty na Prunéřovsku vykazují původní mocnosti od 200 do 280 m. Jedná se o vrty z katastrů Prunéřov, Kralupy, Krbice, Milžany, Račetice a Tušimice, mimo vrty, situované 500 - 100 m od výchozů. Hloubka denudace zde vychází na 130 - 210 m.

Při vyhodnocování bylo zjištěno, že hodnoty mechanicko-fyzikálních vlastností vykazují do hloubky 50 - 60 m pod dnešním povrchem výrazné

anomálie. Je to jednak značný rozptyl, u smykové pevnosti se hodnoty vesměs pohybují do 0,1 MPa a u pórovitosti a vlhkosti není vzácností, že hloubkový trend bývá opačného směru. Tento jev je možno reálně vysvětlit (na základě dlouholetých zkušeností a znalostí odkryvů) druhotnými, to je postdiagenetickými změnami. S největší pravděpodobností byly vyvolány denudací a působením periglaciálního klimatu v pleistocénu.

Druhým úsekem s větším množstvím údajů je širší území dobývacího prostoru ČSA. Jedná se o katastry Černice, Albrechtice, Dřínov, Jezeří a Kundratice. Zde se rekonstruované původní mocnosti pohybují zhruba od 250 do 470 m a hloubka denudace od 250 do 320 m. Anomální trend hodnot sledovaných fyzikálních vlastností v povrchových partiích se zde objevuje podobně jako na Pruněřovsku, ovšem ve stejné intenzitě vesměs jen do hloubky 20 - 30 metrů pod dnešním povrchem. Nejsou ovšem vzácností případy, kdy v menší intenzitě tyto anomálie zasahují do hloubky 60 m, ojediněle i více metrů, nebo bývá v těchto hloubkách patrný posun v celkovém průběhu. V rámci tohoto příspěvku však nepovažujeme za účelné blíže tento jev diskutovat.

V těsném sousedství diskutovaného území prováděl v minulých letech GÚ ČSAV Praha, v rámci řešení Kyjické hráze, geotechnický průzkum, který obsahoval též zkoušky stlačitelnosti. V příslušné zprávě (1973) se uvádí, že ze získaných čar stlačitelnosti (při zatěžování do 2 MPa) lze těžko usuzovat na míru překonsolidace zdejších jílovitých hornin. Přesto však dospěli pracovníci GÚ k závěru "že povrch terénu v geologické minulosti nebyl vyšší než dnes", i když uvádějí, že podle zjištěných mechanicko-fyzikálních vlastností se díky diagenезi chovají jako překonsolidované.

Z toho by bylo nasnadě vyvodit, že námi provedené výpočty původní mocnosti jsou zcela nereálné. Proto jsme pro jeden vzorek, zkoumaný výše uvedenými pracovníky na oedometru, provedli výpočet původního předzatižení s použitím námi stanovené původní mocnosti. Takto vypočtené předzatižení činilo 3,3 MPa. Přijmeme-li naše výpočty za rámcově správné, pak lze logicky vysvětlit poznámku ze zprávy GÚ, totiž že z čar stlačitelnosti je míra překonsolidace těžko určitelná. Přesněji řečeno neurčitelná, neboť by se měla projevit při vyšších zatíženích, než by-

lo použito. Nevěrohodnost jejich závěru lze ovšem dokázat zcela jednoznačně bez použití mechaniky zemin. Původně větší mocnost miocénních sedimentů dokazuje geologická situace. V širším prostoru diskutované Kyjické nádrže se totiž vyskytují polohy jílu a uhelných slojí, které pod různým úhlem vystupují až pod kvartér. Znamená to tedy, že se jedná o výrazný denudační povrch zkoumaného sedimentárního komplexu. Míru denudace nelze sice z úložných poměrů blíže specifikovat, ovšem pouhými geologickými řezy lze dokázat, že původní povrch byl určitě značně výše než dnešní (minimálně desítky metrů).

Z mostecké části pánve je k dispozici několik údajů, z nichž vyplývá, že původní mocnost nadložních pelitů v centrální části mírně přesahovala přes 400 m (denudace kolem 120 m). U Kopist klesá na 380 m a údaj od Braňan činí 310 m. Vrty, hodnocené v prostoru Hrdlovky vykazují původní mocnost 390 - 490 m, u Břežánek dokonce 550 m. Jak dalece jsou poslední tři údaje věrohodné, nelze prozatím posoudit. S ohledem na výskyt písků by se mohlo očekávat nadhodnocení. Údaje ze západní části lahoštského hřbetu se pohybují od 400 - 500 m, z východní části kolem 350 m. V ústecké části pánve u Sobědruh vyšla na 350 m a směrem dále na východ klesá zhruba na 280 až 240 m, ovšem podklady jsou zde vesměs nedostatečné. Z varvažovské separátní pánvičky jsou pouze dva údaje (190, 240 m).

Z předložených hodnot původní mocnosti pelitů nadloží SHR vyplývá důležitý poznatek pro mechaniku zemin, resp. pro provádění laboratorního stanovení některých pevnostních parametrů příslušných hornin. Konkrétně se jedná o smykovou pevnost a stlačitelnost.

V dosavadní laboratorní praxi (nejen ve VÚHU) se tyto zkoušky provádějí s použitím max. tlaku kolem 1,6 MPa. Je to dáno vývojem a obecným zaměřením laboratorní mechaniky zemin, které vesměs slouží stavebním účelům. To znamená, že pracují s nesrovnatelně méně konsolidovanými materiály, než jaké jsou v SHR. Tomu také odpovídá konstrukce běžně vyráběných přístrojů, tedy i přístrojů, které jsou k dispozici v laboratorních SHR. Jestliže pro stavební účely, je možno použít při laboratorních zkouškách odpovídající předzatižení, je to při zpracovávání vzorků pelitů z SHR prakticky nemožné, neboť odpovídající předzatižení nebylo možno určit. Vycházíme-li totiž z formule γ/h , kde γ - obje-

mová tíha, h - mocnost nadloží, pak h se nerovná dnešní hloubce pod povrchem, nýbrž původní mocnosti sedimentárního komplexu. Jestliže by se však za h považovala hloubka odběru zkoušeného vzorku pod dnešním povrchem (což není správné, viz výše), pak od hloubky cca 50 m je stejně, s ohledem na dimenze laboratorní techniky, použití odpovídajícího předzatížení nerealizovatelné.

Skutečnost je taková, že dodnes jsou provozní laboratoře mechaniky zemín nedostatečně vybaveny přístrojovou technikou, která by umožňovala sériové zkoušení vzorků za vysokých tlaků. Proto i materiály z SHR jsou běžně zpracovávány za konstantních použití tlaků do 1,6 MPa. Přihlédneme-li k výše uvedeným původním mocnostem, pak většina prováděných zkoušek se uskutečňuje se značně překonsolidovanými vzorky. Z toho vyplývá, že získávané hodnoty smykové pevnosti musí být podhodnoceny, při čemž míru podhodnocení nelze blíže specifikovat. Toto podhodnocení však může mít významný praktický dopad. Jelikož podrobnější rozbor se vymyká účelu studie, omezíme se pouze na konstatování, že nadložní pelity v SHR mají ve skutečnosti mnohem vyšší pevnostní vlastnosti, což se může odrazit i v koncových důsledcích báňského provozu. Pro úplnost, to se netýká druhotně pozmeněných několika desítek metrů pod dnešním povrchem.

Pro laboratorní ověření původní mocnosti bylo provedeno několik oedometrických zkoušek. Použity byly vzorky, odebrané z vrtů PVJK - 34 v předpolí dolu ČSA. Konzolidační zkoušky ukázaly, že čára stlačitelnosti zatěžované zeminy se při malých hodnotách napětí v tlaku (pro $p \in < 0,01; 0,5 >$ MPa) projevuje jako křivka, která se stáčí směrem dolů velmi pomalu. Při větším přetížení má průběh zhruba přímkový. Při zatíženích do 2,0 MPa však nedocházelo k očekávanému zlomu v jejím průběhu.

Proto poslední vzorek, který byl zkoušen na jiném přístroji, byl zatěžován až do 6,0 MPa a ke zlomu v čáře stlačitelnosti došlo při 3,4 MPa. Podle výpočtu předzatížení pomocí původní mocnosti vyšla hodnota téměř o 1 MPa vyšší. Jelikož se jednalo o vzorek z hloubky pouze 40 m pod dnešním povrchem, lze těžko posoudit, která ze získaných hodnot je věrohodnější. Bylo by proto zapotřebí provést další oedometrická měření se vzorky z větších hloubek.

Závěr

Z provedených prací, které byly značně náročné, zejména na zpracování vyhodnocovacích materiálů, lze vyvodit tyto hlavní závěry:

1. Zvolená metodika vyhodnocování původní mocnosti poskytla vcelku reálné výsledky. Třebaže údaje, získané v rámci této studie, je možno považovat v podstatě za orientační, nevykazují vesměs nelogickou plošnou variabilitu.
2. Z podkladů, které byly k dispozici vyplývá, že v dnešním prostoru pánve byla mocnost nadloží minimálně přes 100 m. Maximální mocnosti dosahovaly 500 m.
3. Povrchové partie nadložních pelitů bývají do hloubky 20 - 50 m (někdy i hlouběji) druhotně pozměněny jak co do mechanických, tak i fyzikálních vlastností.
4. Bylo prokázáno, že některé laboratorní zkoušky jsou dosud prováděny vesměs s menšími zatíženími a tlaky, než jaké by bylo zapotřebí při zpracovávání vzorků pelitů z SHR.
5. Totální hodnoty smykové pevnosti pelitů SHR neodpovídají hodnotám smykové pevnosti jež přísluší původní napjatosti horninového masivu.
6. S diskutovanými sedimenty by bylo zapotřebí provádět vysokotlakové zkoušky, tj. do 10 MPa a dle potřeby i přes 10 MPa.

Z uvedeného by se mohl jevit význam tohoto studia jako ryze akademický, dokreslující pouze teoretické znalosti geologie pánve. Skutečnost je ovšem zcela jiná. Znalost původní mocnosti nadložních sedimentů by mohla poskytnout řadu důležitých podkladů pro řešení nebo úspěšnější dořešení některých zcela praktických problémů.

Hlavní význam úspěšného dořešení rekonstrukce původních mocností nadložních hornin by především spočíval ve stanovení geneticky objektivní srovnávací roviny, která je zapotřebí pro studium jakýchkoliv zákonitostí ve vztazích nejrozličnějších vlastností a charakteristik nadložních hornin. Po zpracování těchto vztahů by se mohla promítnout v prognózním určování některých standardních mechanicko-fyzikálních vlastností hornin. Rovněž tak by mohla přispět ke zkvalitnění některých laboratorních rozborů, v konečných důsledcích k případnému vypuštění.