

RNDr. Stanislav H u r n í k, VÚHU

Genetické příčiny mechanického porušení nadložních jílovců
v SHR

Charakteristickým znakem nejsvrchnějších partií miocenních produktivních sedimentů (zejména nadložních jíílů a jílovců) v severočeské hnědouhelné pánvi je mechanické porušení jejich celistvosti. Nejvýrazněji se to projevuje u nadložních jílovců, které bývají do hloubky několika metrů, někdy i desítek metrů intenzivně potrhány do víceméně ostrohranných úlomků, vesměs centimetrových velikostí. Pod zónou intenzivně podrcených jílovců (majících často charakter jílovité brekcie) pokračuje mnohdy nepravidelné rozpukání, nevykazující vesměs nějakou zákonitou orientaci. U hnědouhelné sloje (ve výchozových partiích) lze pozorovat buď intenzivnější rozpukání (strmější výchozy), nebo přeměnění uhelné hmoty v sekundární oxihumolit, střípkovitě až mourovitě rozpadavý.

Z báňsko-geologického hlediska se důsledky existence této, v podstatě mechanicky zvětralé, zóny promítají i do provozní praxe. Intenzivně zvětralé partie nadložních jílovců výrazně snižují stabilitu stěn nejsvrchnějších skrývkových řezů. Mechanické rozrušení pelitů jednak snižuje původní pevnostní parametry jmenovaných hornin, jednak druhotným zvětšením pórovitosti (puklinové) se zvyšuje obsah vody, zejména v zimním a jarním období. Výsledkem jsou zákonitě se opakující skluzy stěn nejvyšších skrývkových řezů a rozbřídání pracovních plošin. Na hlubších skrývkových řezech vyvolává toto rozpukání vyjíždění bloků či dokonce vznik rozsáhlejších sesuvů. Ulamování větších kusů při těžbě skrývky způsobuje potíže při transportu.

V posledních letech bývá intenzivně mechanicky porušená povrchová zóna jílovců označována v báňské praxi jako geotechnický horizont.

Přehled dosavadních výzkumů

V minulém dvacetiletí byla výše uvedenému jevu věnována určitá pozornost nejen z hlediska geotechnického, ale i s ohledem na jeho původ. Nutno ovšem předeslat, že jeho výzkum byl z pravidla zaměřen jiným směrem a jen na část tohoto jevu, projevující se v některých částech pánve morfologicky neobvyklými jevy. Zpočátku byl totiž zájem soustředěn výhradně na vrásové deformace nadložních jílovců a plochých výchozů uhelné sloje. Původ se spatřoval v nejrůznějších činitelích. Za kryogenní, tedy za produkt periglaciálního klimatu, je považoval S. Hurník - M. Váně (1961), S. Hurník (1965) a S. Vacek - M. Prokš (1966). Za projevy neotektoniky (tedy endogenní) A. Kopecký (např. 1962, 1972). J. Rybář (1961) je vysvětloval shrnováním ještě nezpevněných sedimentů na okraji miocenní pánve, později spolu s J. Dobrem (1966) gravitačními procesy a uvolňováním horizontálního napětí, koncentrovaného ve sloji, za specifických podmínek periglaciálního klimatu v pleistocénu (viz též J. Rybář - J. Dudek, 1979).

Strukturními, texturními a geomechanickými vlastnostmi porušených jílovců se zabýval J. Dudek - J. Rybář (1967), J. Herštus (1970), J. Domas - M. Nosál (1973), S. Hurník (1974), J. Rybář - J. Dudek (1976), V. Mencl - J. Seyček (1976).

Diskutované miocenní jílovce výstižně charakterizoval J. Herštus. Zdůraznil, že mají některé vlastnosti typické pro zeminy (pevnost ovlivněná pórovými tlaky), jiné pro skalní horniny (plochy diskontinuity). Hlavní pozornost soustředil na pukliny a trhliny. Detailně popisuje trhliny a dotýká se jejich příčin. Např. v souvislosti s indexovými vlastnostmi uvažuje o hlubokém pleistocenním větrání. Uvádí rovněž, že geneze trhlín v jílovcích bývá spojována s existencí vysokých vodorovných napětí vyvolaných překonsolidací a podává doklady, které tuto možnost vylučují. Původ trhlín ve smykových posuvech vylučuje též zkoumáním mikrostruktur úlomků. Na závěr se přiklonil k pracovnímu předpokladu J. Rybáře,

že ke vzniku trhlin mohlo podstatněji přispět hluboké pleistocenní promrzání. Vedle upozornění na to, že smyková pevnost na rovných trhlinách se značně blíží reziduální hodnotě, nepomenul ani zhodnotit význam hydroxidových povlaků.

J. Domas - M. Nosál rozlišili na Prunéřovsku v podstatě podle pevnostních parametrů jíly a jílovce. Původ vysvětlovali rozdílným průběhem diagenese v souvislosti s kompakcí uhelné sloje. Dedukce autorů byly sice dosti spekulativní, ovšem z faktografického hlediska zachytili mnoho cenných údajů, zejména o hloubkovém dosahu rozdělení a plošném rozsahu. K jejich genetickým představám se kriticky vyjádřil S. Hurník a zhodnotil rozdílné mechanicko-fyzikální vlastnosti uvedených jílov a jílovců. Příčiny těchto rozdílů spojoval s mechanicko-destrukčními účinky periglaciálního podnebí.

Strukturně geologickými otázkami v nadložních jílovcích a uhelné sloji se podrobně zabýval J. Rybář s J. Dudkem. Na základě několika tisíc měření ploch nespojitosti na dole VČSA a J. Šverma, zhodnotili četnost, orientaci i vertikální změny těchto ploch. Práce obsahuje značné množství cenných údajů a jejich analýzu jak z hlediska teoretického a genetického, tak i s ohledem na potřeby praxe. Přináší vyčerpávajícím způsobem kategorizaci diskontinuit nadložního jílovcového masivu i uhelné sloje, včetně výstižné charakteristiky. Autoři rozlišují zlomové plochy, podél nichž došlo prokazatelně k pohybu (bez ohledu na genetické příčiny) s amplitudou převážně několika dm, ojediněle 1 - 2 m, pukliny, na nichž nejsou zjevné stopy pohybů a vrstevní plochy. Zlomové plochy (v nadložních jílovcích vytvářejí hustou síť, zatímco uhelnou sloj porušují řídce) často vytvářejí v jílovcích dílčí příkopy, které však nejsou v genetickém vztahu k vertikálním poklesům v podloží. Směrem k povrchu se projevují sice méně výrazně, avšak v hustším systému antitetických zlomů. Směr zlomových ploch je velmi variabilní. I když se nepodařilo ověřit, zda jsou průběžné v celém jílovcovém nadloží, je zřejmé, že končí na stro-

pu uhelné sloje. Celý jílovcový masiv je prostoupen na uvedených lomech hustým systémem puklin (pod tento termín zahrnují jak trhliny, tak pukliny ve smyslu Herštuse). Charakter rozpuštění jílovců se výrazně mění s hloubkou. Do 30 m pod povrchem (místy až 50 m) dominují svislé pukliny, hlouběji jsou častější šikmé, zpravidla zaoblené. Uvnitř jednotlivých bloků bývá hustá síť drobných puklin, obdobná potrháním londýnským jílům. Orientace měřených plošek vykazovala značný rozptyl. Autoři předpokládají, že jílovcový masiv je prostoupen predisponovanou sítí mikroskopických ploch nespojitosti.

Na vzniku drobných ploch nespojitosti se podle jmenovaných autorů podílela řada faktorů. Uplatňovaly se procesy diagenese, uvolňování napětí při odlehčení váhy nadloží, narůstání ledu v periglaciálním klimatu v zóně dlouhodobě zmrzlé půdy i snižování vlhkosti v podloží této zóny v důsledku migrace vody k promrzající nadložní vrstvě, mineralogické složení aj..

Z praktického hlediska je oprávněné naléhavé zdůraznění účelnosti dokumentace stěn řezů na lomech, která by mohla poskytnout cenné údaje zejména pro plánované hluboké lomy, (viz již J. Dudek - J. Rybář, 1967).

Geotechnickými vlastnostmi v témže území se zabývá studie V. Mencla a J. Seyčka. Na podkladě množství laboratorních rozborů uvádějí údaje o fyzikálních a mechanických vlastnostech jílovců. V závěru zdůrazňují, že pevnost horninového masivu je výrazně oslabena výskytem ploch nespojitosti, jejichž četnost narůstá směrem k povrchu. Na těchto plochách je smyková pevnost snížena až na hodnotu reziduální pevnosti.

Genetické příčiny destrukce jílovců

Původ mechanického porušení jílovcového masivu v nadloží uhelné sloje je podle dosavadních názorů spatřován v následujících činitelích:

- 1 - vertikální pohyby tektonického původu
- 2 - gravitační pohyby
- 3 - uvolňování napětí v důsledku odlehčení denudací
- 4 - kontrakce vrstev (zejména v podloží nebo nad písčitými čočkami)
- 5 - diagenetické zpevňování
- 6 - tangenciální napětí
- 7 - uvolňování napětí v důsledku skrývkových prací
- 8 - mineralogické složení
- 10- klimatické poměry v pleistocénu

1 - Posedimentační tektonické pohyby mohou vytvořit zpravidla výrazné plochy nespojitosti, které porušují jak nadložní jílovce, tak i uhelnou sloj a podloží. Smyková pevnost na těchto plochách se bude blížit reziduálním hodnotám. Jejich výskyt je relativně ojedinělý.

2 - Gravitační pohyby jsou nutně podmíněny členitostí povrchového reliéfu. Jsou tedy vázány výhradně na povrchové partie. Synsedimentační plochy diskontinuity prodělaly, právě tak jako celý sedimentární komplex, proces diagenese, jímž byly vesměs značně zpevněny. Pevnostní parametry se budou blížit vrcholovým hodnotám na vrstevních plochách. Posedimentační gravitační pohyby, v daném případě kvartérní, jsou vázány na dnešní povrchové partie a podle členitosti povrchu mohou zpravidla zasahovat do hloubek několika metrů. Jedná se opět o lokální jev. Smyková pevnost těchto diskontinuitních ploch bude velmi nízká.

3 - Podle dosavadního stavu znalostí se hloubka denudace nadložních pelitických sedimentů pohybuje od desítek do stovek metrů. Byla tedy nepochybně odnesena značná mocnost sedimentů. Je ovšem otázkou, zda mohlo dojít následkem hluboké, ale současně plošně rozsáhlé denudace jílovců k hluboké destrukci zbývajících částí sedimentárního komplexu v důsledku uvolňování napětí. Lze se oprávněně domnívat, že důsledky napjatosti se mohly projevovat jediné do, nebo mírně pod, úroveň erozní

báze. Ve větších hloubkách se však taková destrukce dá sotva teoreticky zdůvodnit. Pozbývá proto pro diskutovaný jev na významu.

4 - Rovněž "diferenciální kontrakce" podložních sedimentů, která nutně probíhala synchronně s diagenézí sedimentů v nadloží sotva mohla rozvolnit jílovitý masiv, neboť k rozvolnění došlo až po diagenetickém zpevnění sedimentů. Zlomové či přesuvné plochy, vyvolané rozdílným koeficientem sednutí jsou možné jedině v úsecích s pestrým litologickým vývojem. Známý jsou z prostoru sedimentů bílinské delty (obloukové poruchy u Mostu, viz S. Hurník - B. Mirvald - G. Stübiger, 1967).

5 - Diagenetické zpevnění, resp. diagenese, je rámcově kontinuální proces se sedimentací, přičemž jedním z rozhodujících faktorů je hmotnost sedimentů v nadloží. U pelitů je charakterizováno zmenšováním pórovitosti, tedy zmenšováním vlhkosti v % objemu. Pórová voda sice komunikuje směrem k povrchu nebo k propustným vrstvám, ovšem v příslušné literatuře se neuvádí, že by docházelo k mechanické destrukci zpevňovaného komplexu. Je tedy význam tohoto faktoru pro destrukci jílovitého masivu velmi problematický.

6 - Tangenciální napětí a pohyby mohou mít určitý význam pouze pro území s výrazně zmlazeným reliéfem krajiny a právě tak jako u gravitačních pohybů může vyvolávat deformace jen mělce pod erozivní bází. V jílovitých sedimentech se ovšem sotva mohou vytvořit dlouhodobě výškově značně rozdílné povrchové tvary. Vznik dílčích příkopových propadlin uvnitř jílovcového masivu tangenciálními pohyby do dnešních depresí v podloží považuji za nepravděpodobný, neboť nad nimi se zjevně nevytvářely volné prostory, které by umožnily tangenciální pohyby. Pokud by k tomu docházelo během sedimentace nadložních jílovců a následné diagenezi, byly by případné vzniklé plochy diskontinuity sepnuty přibližně podobně jako vrstevní plochy.

Mimo to se lze oprávněně domnívat, že jílovcový masiv by na podobné prohyby reagoval mnohem pravděpodobněji plastickou deformací než roztržštěním. Jestliže hnědouhelná sloj se při vertikálních pohybech dokáže chovat jako souvislá deska (viz J. Rybář 1971), přizpůsobující se flexurovitými ohyby, pak daleko spíše lze očekávat podobnou adaptaci u jílovců.

7 - Uvolňování napětí v důsledku skrývkových prací bude nepochybně faktorem, uplatňujícím se finálně při všech současných pohybech. Zahloubení lomů a vytvoření svahů, které by v přírodních podmínkách nemohly v příslušných materiálech vzniknout, nutně musí vést k porušení izostatické rovnováhy masivu. Pak je pouze otázkou překročení mechanických vlastností jílovců, výskytu predisponovaných ploch a času, aby došlo k výrazné destrukci svahu. Mimo to působení atmosférických vlivů může přispět ke zvýraznění skrytých ploch nespojitosti v jílovcích.

8 - Význam mineralogického složení pro destrukci jílovcového masivu bude sice druhořadý, ovšem větší měrou se může podílet na rozpadu obnažených hornin v lomech.

9 - Důlní hlubinná činnost je naproti tomu výrazně destrukčním elementem, způsobující vznik poruchových struktur, dosahujících z uhelné sloje často až k povrchu terénu (závaly). Není však příčinou výše diskutované destrukce jílovců, což dokazuje výskyt ploch nespojitosti i v úsecích nedotčených báňskou hlubinnou činností.

10 - Třebaže tento faktor byl zohledněn podstatnou většinou výše citovaných autorů, zdá se být dosud ještě nedoceněn. Příčiny jsou zcela objektivní, neboť kryopedologie je velmi mladou, rozvíjející se vědní disciplínou. Z toho co bylo uvedeno v předchozích statích, mnohé svědčí pro rozhodující význam kryogenních činitelů, nebo jim alespoň neodporuje.

Připomenu jen nejdůležitější poznatky:

- intenzity mechanického rozdělení jílovců ubývá směrem do hloubky;
- orientace ploch nespojitosti je chaotická;
- zlomové plochy neprobíhají kontinuálně celým miocenním komplexem (pokud se nejedná o tektonické linie);
- amplituda poklesů mizí často velmi rychle směrem do podloží;
- v dílčích příkopových propadlinách se výška skoku antitektonických zlomů horizontálně vytrácí ve vzdálenosti odpovídající zhruba desetinásobku této amplitudy;
- smyková pevnost na plochách nespojitosti se blíží reziduálním hodnotám. Tzn., že se musely vytvořit až po diagenězi jílovcového masivu, tedy minimálně po skončení miocenní sedimentace;
- partie jílovců postižené intenzivním provrácením, zasahující někdy do hloubky více než 20 m, deformují často kvartérní sedimentární pokryv.

Dosud jediným rozhodujícím argumentem proti kryogennímu původu destrukce jílovcového masivu (i uhelné sloje) je enormní hloubkový dosah. Ještě před 25. lety bylo těžko představitelné, že mrazové jevy by mohly působit do hloubky 10 - 20 m. V r. 1976 však již J. Rybář - J. Dudek uvádí, že na našem území mohlo dojít k porušení původní struktury namrzavých jílovitoprachovitých zemin do hloubek kolem 50 m. Byl to nepochybně závažný závěr, do té doby vesměs přijímaný se značnými pochybnostmi. Domnívám se proto, že bude účelné v následujícím se zmínit alespoň ve stručnosti o charakteristice permafrostu a některých dosavadních výsledcích jeho výzkumu.

Permafrost

Za permafrost (trvale či dlouhodobě zmrzlou půdu, mrzlotu, pergélisol) považuje T. Czudek - J. Demek (1973) horniny, jejichž teplota je po dobu dvou a více let pod

bodem mrazu. Jedná se o komplikovaný systém, vycházející z pevné, tekuté i plynné fáze. Vznik je podmíněn jednoznačně klimatem (oblasti s negativní teplotní bilancí). Na intenzitě a hloubkovém dosahu se podílí další faktory, jako jsou typy hornin, teplotní gradient, precesy v horninách, neotektonické pohyby, reliéf a jeho vývoj, hydrogeologické poměry, vegetační, sněhová či ledovcová pokrývka apod. Mocnost permafrostu podle podílu uvedených faktorů může dosahovat několika set metrů. V současné době jsou největší mocnosti trvale zmrzlé půdy uváděny ze Sibiře (Jakutsko), kde dosahují hloubky i více než 1500 m (T. Czudek - J. Demek, 1973). V Severní Americe (Kanada) byla nedávno zjištěna hloubka až 1000 m (R. J. Brown, 1978). Nutno dodat, že se jedná v podstatě o fosilní permafrost z pleistocenních glaciálů.

Pro permafrost je význačný půdní led. Podle okolností může ovšem obsahovat i vodu v tekutém skupenství (např. je-li teplota hornin slabě pod 0°C , je-li voda silně mineralizovaná nebo horninu reprezentuje fyzikální jíl). Obsah půdního ledu závisí především na litologickém typu hornin. Písečné propustné horniny mají zpravidla nízký obsah půdního ledu, zatímco vysoký obsah mají hlinité a jílovité (tj. málo propustné) horniny, nejvíce pak rašeliny.

Podle původu je rozlišován led, vytvořený zmrznutím vody obsažené v hornině (jednak texturní led - součást horniny a vytvoří zrna o velikosti od desetin mm až po jednotky cm, jednak masivní led - tvoří žíly a podobná tělesa), led vyplňující volné prostory (led polygonů ledových klínů) a led vzniklý na povrchu a později byl pohřben překrytím sedimenty.

Podle vzniku je rozlišováno 6 hlavních typů půdního ledu, z nichž nejrozšířenější je migrační (segregační) led, led polygonů ledových klínů a cementační led.

Povrchová zóna permafrostu podléhá v periglaciálních podmínkách sezónnímu roztávání. Bývá označována jako meli-

sol (tavná zóna, regelační zóna apod.). Na ni jsou vázány typické kryogenní procesy jako soliflukce, kryoturbace, tvorba polygonálních půd a ledových polygonů a řada dalších jevů specifických pro nivální klimatické zóny. Takové textury (fosilní) byly v minulých čtyřech desetiletích dokumentovány v hojném množství i u nás (mrázové klíny, kotle, kapsy, zvířené půdy, kryotektonika, soliflukční textury apod.). Podle hloubkového dosahu uvedených kryopedologických textur lze doložit mocnost tavné zóny u nás až na 5 i více metrů. Pro periglaciální oblasti je význačné i mrázové vzdouvání povrchu terénu a tvorba morfologicky nápadných pahorků. V ruské literatuře bývají podobné morfologické jevy označovány "bugry" nebo místními lidovými názvy, v západní literatuře eskymáckým názvem "pingos". S některými typy povrchových elevací jsou spjaty podpovrchové akumulace ledu, někdy označované jako hydrolakolity. Vznikají soustředěním napjaté, dosud nezmrzlé vody ve vrstevních spárách, kde dochází k hydraulickému štěpení masivu. Při zmrznutí vody se vytvářejí čočky, žíly či vrstvy ledu o rozloze desítek metrů a mocnosti několika metrů. Při degradaci permafrostu (depergelaci) mohou ledové čočky roztát a přeměnit se v čočky tlakové vody, nebo voda pronikne na povrch a volné prostory a pukliny se sevřou. Masiv se sesedne. Nedávno například M. J. Ross (1978) uveřejnil výsledky průzkumu některých pingos v Kanadě. Uvádí, že zjistil čočky tlakové vody o průměru 30 - 240 m a mocnosti 0,6 - 2,2 m. Po navrtání vytryskla voda do výše 3 m nad terén. Následná nivelace prokázala, že povrch jednoho z pingos poklesl následkem odtoku vody vrtem o 0,6 m. Uvnitř čoček tlakové vody a v podložní hornině zjistil tlak od 0,105 - 0,350 MPa. Vznik čoček podzemní tlakové vody dává do genetické souvislosti se vznikem pingos (artézský horizont je podle něho v daném místě vyloučen) a zdrojem bylo vymačkávání pórové vody při zmrznutí hornin. Tento příklad ilustruje možnost hydraulického rozštěpení horninového masivu podél vrstevních spár a zároveň mož-

nost posunu vrstevních komplexů (příp. jejich potrhání) v důsledku zmrzáni (pergelace) a výzdvih terénu. Následně pak při degradaci permafrostu (depergelaci) sesednutí sedimentárního masivu.

Trvale zmrzlá půda (permafrost) je v současné době ve stádiu intenzivních výzkumů. A právě tak jako v dnešních niválních klimatických zónách jsou zjišťovány nové poznatky, je možné poznání fosilních projevů existence podobných procesů i ve středoevropských oblastech. Připomeneme jen, že ještě před dvaceti lety J. Sekyra (1960) udává podle tehdejších znalostí maximální hloubku permafrostu u Nordwiku na severní Sibiři okolo 600 m a na Aljašce 396. Není proto nelogické předpokládat i na území pánve v namrzavých prachevitých jílovcích mnohem větší hloubkový dosah pleistocenního permafrostu, než se dosud připouštěl. Větší mocnost permafrostu než pouhých několik desítek metrů není nikterak v rozporu s paleogeografickou pozicí pánve v pleistocénu. Čelní morény z maximálního zalednění probíhají necelých 50 km severně od pánve. Ve vrcholném würmském glaciálu zhruba o 100 km dále. Čechy i v této poslední ledové době byly součástí středoevropské tundry (viz obr. 1).

Genetické závěry

Z dosavadního textu vyplývá, že plochy mechanické diskontinuity v nadložním jílovcovém masivu SHR jsou s ohledem na genezi nejméně v rozporu s kryogenními procesy v pleistocénu. Mechanickou mrazovou destrukcí při vzniku permafrostu lze přijatelně vysvětlit nejen intenzivní rozdrůžení nejsvrchnějších partií jílovců, ale i jejich rozpukání, včetně dílčích příkopových propadlin a ubývání intenzity do hloubky. Po degradaci permafrostu již nedošlo k dokonalému sepnutí a zpevnění vzniklých druhotných ploch nespojitosti a jílovcový masiv se tak stal quasihomogenním

nespojitém tělesem. Síť ploch nespojitosti lze považovat za určitý druh kryotektoniky. Intenzivně provrásněné partie při povrchu lze zcela analogizovat s Eissmannovým (1978) "molisolovým diapirismem".

Je samozřejmé, že podle konkrétní situace se na uvedeném procesu podílely více či méně též další činitelé exogenní i endogenní (viz jedna z předchozích statí). Rozhodující podíl ovšem náleží kryogenním procesům.

Podobně je tomu i v sokolovské pánvi, kde nadložní cyprisové jílovce mnohem více působí dojmem načechrání. Pravděpodobně se zde výrazněji uplatnil mineralogický faktor (montmorillonit).

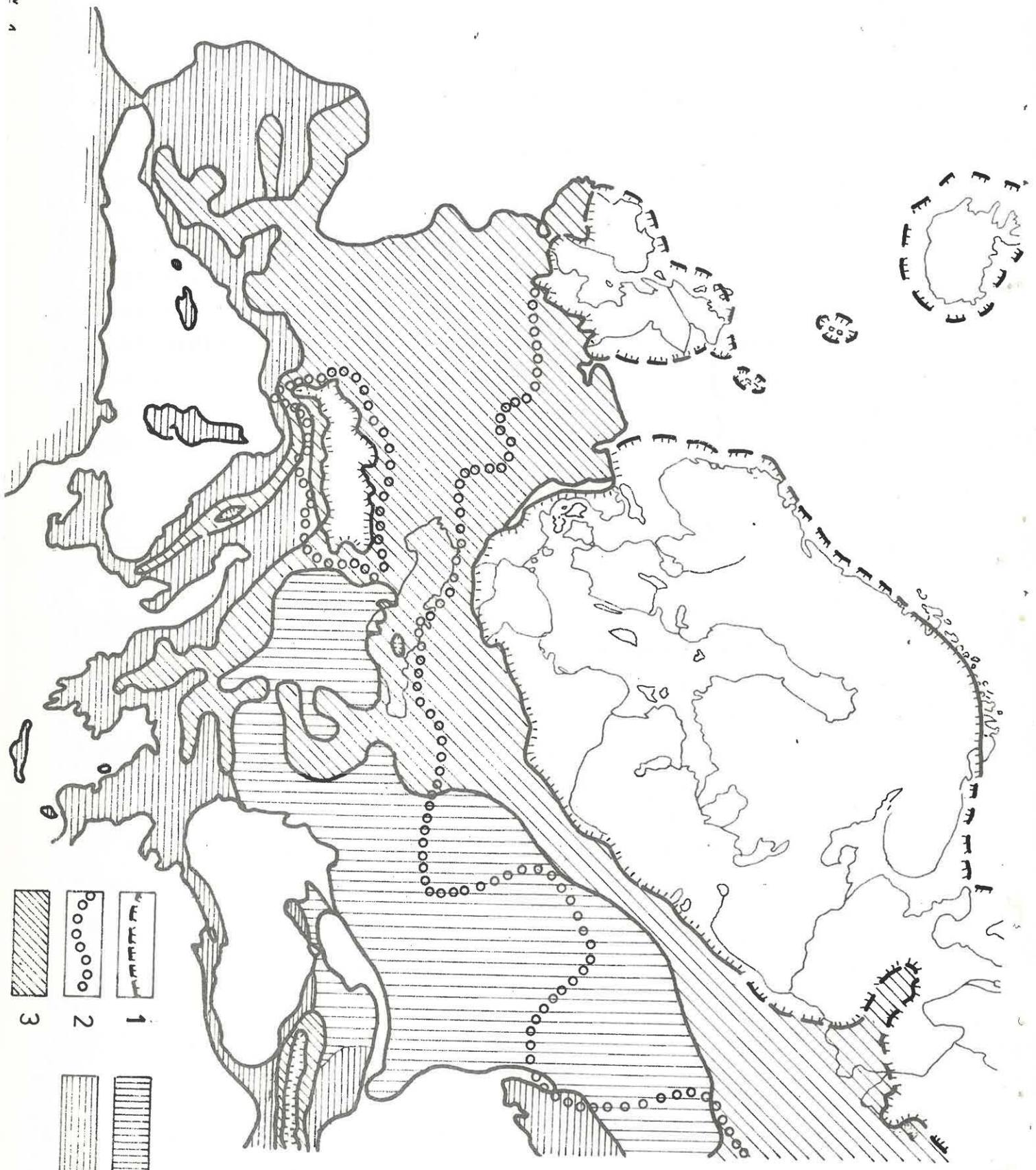
Praktické závěry

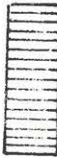
Existence druhotného mechanického rozrušení nadložních jílovců je nutno považovat za skutečnost, za jeden z nepříznivých geologických faktorů, negativně ovlivňujících povrchové dobývání uhlí. V povrchových partiích, označovaných jako geotechnický horizont, je nutno při těžbě počítat s opakujícími se skluzy, zejména v závislosti na klimatických obdobích. Totéž platí o rozbřídání na pracovních plošinách. Na hlubších skryvkových řezech se mohou objevovat sesuvy, podmíněné nahodile se vyskytujícími plochami nespojitosti při jejich orientaci příznivé k porušení stability svahu s ohledem na směr porubní fronty. Jeliž orientace ploch nespojitosti je v masivu chaotická, nelze ji zohledňovat při projekci otvírky, ani vyřizování porubních front. Předcházet podobným sesuvům by bylo možné jedině průběžným sledováním a dokumentací stěn řezů. V úsecích s větší četností ploch diskontinuity či výraznými zlomovými plochami bude účelné snížit výšku řezu nebo zmenšit strmost stěn (podle nasazené mechanizace). Ovšem ojedinělým haváriím lze sotva zabránit. Bez významu není v této souvislosti ani časový faktor. Plochy nespojitosti zlomového charakteru podmiňují s přibývajícím hloubkou zvětšová-

ní rozměrů uvolňujících se nebo odlamujících kusů či bloků jílovců.

Literatura

- Brown R. J. (1978): Permafrost science and engineering in Canada, - Pap. Geol. Surv. Canada, 6, 48 - 49.
- Czudek T. - Demek J. (1973): Die Reliefentwicklung während der Dauerfrostbodendegradation, - Rozpravy ČSAV, mat., přír., 83, 2, 69 str., Praha
- Domas J. - Nosál M. (1973): Ke genezi a zákonitosti rozšíření miocenních jílovců ze západní části chomutovské pánve, - Geol. průzk., XV, 2, 36 - 37, Praha
- Dudek J. Rybář J. (1967): Dokumentace stěn v hnědouhelném velkolomu Merkur v Tušimicích, - Uhlí, 9, 4, 163 - 168, Praha
- Eissmann L. (1978): Mollisoldiapirismus, - Zeitschr. angew. Geol., 24, 3, 130 - 138, Berlin
- Herštus J. (1970): Textury a struktury miocenních jílovců a jejich vliv na smykovou pevnost, - Geol. průzk., 12, 4, 108 - 110, Praha
- Hurník S. (1965): Zvrásnění miocenních sedimentů v chomutovsko-ústecké pánvi. - Sbor. Čs. spol. zeměpisné, 70, 2, 159 - 162, Praha (1974): Ke genezi miocenních jílovců na Pruněrovsku v severočeském hnědouhelné pánvi, - Uhlí, 2, 55 - 58, Praha
- Hurník S. - Váně M. (1961): Gravitační procesy a kryoturbace v severočeském terciéru, - Sbor Čs. spol. zeměpisné, 66, 226 - 238, Praha
- Hurník S. - Mirvald B. - Stübiger G. (1967): K existenci tzv. obloukových skoků na Mostecku v severočeské hnědouhelné pánvi, - Čas. mineral. geol., 12, 2, 137 - 141, Praha



- | | | |
|---|---|---|
|  |  |  |
| 3 | 2 | 1 |
|  |  | |
| 5 | 4 | |