

SBORNÍK NÁRODNÍHO MUZEA V PRAZE

ACTA MUSEI NATIONALIS PRAGAE

Volumen XXIV B (1968), No. 1

REDAKTOR JIŘÍ KOUŘIMSKÝ

OLDRICH PACAK

JÍLOVÉ SEDIMENTY NA STYKU S PODZEMNÍMI VODAMI DIE TONSEDIMENTE AM KONTAKT MIT GRUNDWASSER

Věnováno památce prof. Karla Feierabenda, mého učitele na pedagogiu
v Hradci Králové

V ý t a h: Jílové sedimenty na styku s podzemními vodami vytvářejí vzdušné polštáře, které značně urychlují sesuv půdy a jsou podmínkou pro vznik ložních žil magmatických.

A u s z u g: Am Kontakt mit Grundwasser verursachen die Tonsedimente das Bilden von „Luftpolstern“, durch welche die Bodenrutschung beträchtlich beschleunigt und die Entstehung von konkordanten magmatischen Gängen bedingt wird.

Naplňovalo mne podivem, když jsem pozoroval ložní žíly čedičů, které se ukládaly souhlasně mezi vrstvy křídových sedimentů. Nedovedl jsem si vysvětlit, která magma, jež vystupovalo po příkrých puklinách z hlubin země, náhle z nevysvětlitelných příčin změnilo směr a takřka kolmo (vodorovně) se prodíralo do značné dálky mezi slojemi usazenin.

Bylo to na Kosmonoské výšině na Mladoboleslavsku, kde jsem měl příležitost zkoumat ložní žíly u Bradlce, Chudoples, Těšnova z. od Kosmonos a také východně od této obce a při úpatí hřbetu, nad nějž vynikají sopečné suky Báby a Dědka. Ty jsou v podstatě pňovými žilami, obklopenými komínovou brekcií. I v blízkém okolí — u Bakova — mohl jsem studovat právě (pňové) čedičové žíly na Kalvárci a na Jezírce (O. Pacák 1947).

A právě na tomto území, kde jsou odkryvy tak příznivé, jsem si uvědomil, že to jsou nejčastěji jílovité a slínité sedimenty, ve kterých se vyskytují ložní žíly čedičové ve značném rozsahu a mocnosti. Čediče na Boleslavsku, jež nyní pozorujeme na povrchu země, nejsou magmatity povrchové (rozlité, efúzivní), jako jsou čediče vnitrosudetské v Jeseníku (O. Pacák 1928); jsou to horniny podpovrchové (hypabysální, intruzivní), jež při značné vnější podobnosti s povrchovými se vyznačují některými zvláštnostmi ve skladbě, slohu a stavbě, které jsou blíže popsány ve spisu O. Pacáka 1947, str. 65—67.

Stejně zkušenosti jsem získal i na listech speciální mapy Jičín (O. Pačák 1957), Turnov a Česká Lípa, kde většina třetihorních vulkanitů patří k magmatitům intruzivním a jen nepatrná část k vulkanitům rozlitym. Také geologické uložení ordovických, silurských a devonských diabazů, permokarbonských melafyrů, porfyrů a křemenných porfyrů a pikritů a těšinitů je uvládnuto stejnými zákony.

Většina starších petrografů považovala tyto horniny za povrchové a často jsem byl nucem polemizovat s nimi o své poznání. Už v citované práci z r. 1947 jsem se pokusil pochopit intruzi magmatu v jílovitých a slinitých usazeninách (str. 67): „Obsah vody v jílech a slínkách nejen zprostředkuje migraci některých nerostných látek ze sedimentu do magmatu, ale současně velmi platně přispívá při intruzi magmatu. Napětím vodních par na kontaktu s vyvěřelinami nastává takové uvolnění těchto vodonosných sedimentů, že se podle jejich spár mohlo magma dál a dále vsouvat v zemské kůře.“ Přesto mi zůstávalo záhadou, jak dochází ke změně směru z příkré pukliny, podél níž vystupovalo magma z hlubin zemských, do polohy zvrstvení jílu a slínů.

POKUSNÁ ČÁST

Proto jsem se rozhodl pro pokus. Ten jsem provedl v širší tlustostěnné zkumavce. Naplnil jsem ji cenomanským jílem z Kostelce n. Černými Lesy. Suchý jíl, který měl barvu světle šedožlutou, jsem rozmělnil na jemný prášek, přesil jej na jemném síti a udušal kovovou paličkou ve zkumavce, takže sahal asi do tří čtvrtin výšky zkumavky. Povrch jsem pokryl kroužkem filtračního papíru a zavěsil jsem zkumavku na stojan. Do prázdného prostoru zkumavky jsem napustil vodu. Přitom se voda poněkud zakalila jílovou suspenzí a počala zvlhčovat svrchní polohy jílu, jež se zbarvovaly šedohnědě. Dělo se tak za unikání vzduchových bublinek. Když zvlhčená vrstva dosáhla asi 5 mm, nemohly jednotlivé bublinky proniknout na povrch a řadily se ve vodorovné linie, které se brzy uprostřed vydouvaly a nabývaly dvojklinového tvaru. Tato trhlina postupně rostla do délky i šířky, až nabyl vzduch takového napětí, že přemohl tlak nadloží, se šumotem unikal vzduch a trhlina poněkud splaskla. Při stěnách tvořil vzduch ploché bubliny. Voda pomalu klesala a dále zvlhčovala jíl. Přitom se tvořily další trhliny naplněné vzduchem, které nesly nadložní zvlhčené vrstvy jílu.

Abych mohl tento pokus sledovat ve větších rozměrech, použil jsem skleněný válec 30 cm vysoký s vnitřním průměrem 5,5 cm. Byl do výše 19,5 cm naplněn cenomanským jílem* z I. Zahálkova horizontu od Spiritky v Praze 5, s. od Košíř. Mechanická úprava jílu byla stejná jako při pokusu ve zkumavce. Zbývající volný prostor 10,5 cm jsem vyplnil vodou, která se jílem poněkud zakalila.

Pokus byl zahájen v úterý 5. dubna 1966 o 18. hod. Voda zvolna zvlhčovala jíl, přičemž se tvořily malé i větší bubliny, jež vystupovaly k povrchu. — Asi po třech hodinách — v 21 hodin se objevila první vodorovná puklina 2 cm pod povrchem, jež dosáhla za hodinu při vydatí střední části až 1,2 cm šířky a dvojklinového tvaru. Ve 22 hodin se silné bubliny vzduchu uvolnily a vystoupily

k povrchu, čímž puklina splaskla na výšku 7mm. Pro silné světelné reflexy nebylo možno oba výjevy fotografovat.

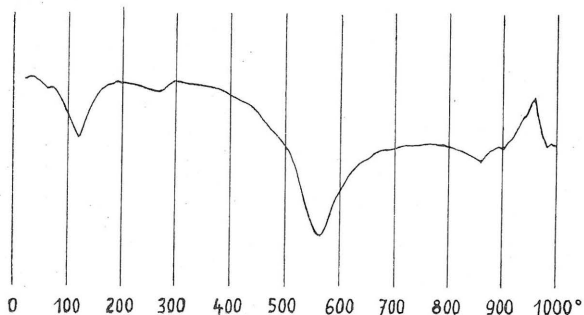
6. dubna po 7. hod. byl pořízen snímek č. 1 (viz připojený soubor obrázků). Postup zvlhčení jílu dosáhl hloubky 7 cm pod povrch jílu v nádobě. Přitom hlavní příčná (vodorovná) puklina se rozšířila uprostřed na 10 mm a vznikaly další drobné příčné pukliny naplněné vzduchem. — V 11 hodin se počala tvořit 2. hlavní příčná puklina ve výši 9,5 cm ode dna válce. Puklina se postupně rozšiřovala při celém obvodu válce (neměla klínovitý tvar). Byla tvořena zhruba rovnoběžnými plochami, které o 18. hodině byly od sebe vzdáleny 3—4 mm a oddělily úplně hoření zvlhčenou polohu šedo-hnědého jílu od spodního suchého jílu světle šedožluté barvy. Vzduch nenabyl takového napětí, aby mohl proniknout k povrchu, a nesl celou tíhu zvlhčeného jílu.

7. dubna v 6 hodin je situace nezměněna a zůstala takovou až do 18. dubna. Jen zakalení vody zmizelo, poněvadž jílové částice (kal) se usadily na kotoučku filtračního papíru. Část vody se odpařila a byla doplněna. O 16. hodině byl válec podruhé fotografován (obr. 2). Spodní část zůstala suchá, voda do ní nemohla vniknout. I v dalších dnech se tvořily menší vodorovné trhlinky mezi oběma velkými puklinami a při stěnách ploché čockovité bubliny plnící se vzduchem. Z nich pravděpodobně vystupoval vzduch podél stěn a setkával se s vodorovnými trhlinkami, které se buď rozšiřují nebo svírají. To ovšem nebylo možné zachytit obrazem. K názornosti pokusu by velmi přispělo, kdybych byl měl k dispozici kalibrovaný válec. Nešlo mi však o kvantitativní údaje, spíše o princip.

Ještě 30. dubna, když jsem odjížděl na třítydenní cestu, zůstala spodní část jílu nezvlhčena.

Po návratu do Prahy 22. května jsem shledal, že voda pronikla spodní částí válce (asi 9,5 cm) až ke dnu. Přitom zůstaly dvě starší hlavní pukliny zachovány a mezi nimi se utvořily různé další trhliny, mnohé až 2 mm široké. Také ve spodní části vznikají skrovné drobné trhlinky sotva milimetr široké. Uzavřený vzduch z nich může jen obtížně vystupovat, což se nedá makroskopicky pozorovat.

Tím by byl vlastně pokus skončil. Avšak ofotografování konečné fáze pokusu bylo provedeno až 10. července. Stav zůstal skoro stejný jako 22. května.



* Podle diferenční termické analýzy, kterou provedl Ing. J. Neužil, má jíl povahu kaolinitu s hydroslídkou a malou příměsí kalcitu.

Stav z 10. července vyjadřují obr. 3. a 4. — 3. o b r a z představuje válec v normální poloze (jako obraz 1. a 2.). Jíl na něm má dvě hlavní trhliny, nahoře trhlinu dvojklinového tvaru, vespod trhlinu rovnoběžně omezenou; je zobrazena tak, aby bylo vidět na protější stranu. 4. o b r a z představuje válec otočený o 180° (podle svislé osy). Na této straně chybí dvojklinová a zbývá spodní druhá hlavní trhlina; mimoto se pozorují četné další trhliny ve svrchní části zvlhčeného jílu a méně užších puklinek ve spodní části jílu.

Do 8. října (kdy teprve byly vráceny vyvolané filmy) se změnil stav potud, že v hořením sloupci jílu se utvořila nad horizontální trhlinou nová vodorovná trhlina, omezená také zhruba rovnoběžnými plochami, a to 37 mm nad předešlou. Je mocnější než tato, měří 6—7 mm, kdežto spodní jen 3—4 mm; je rovněž vyplněna vzduchem. V hoření části se pozorují i nadále četné širší trhliny jako na obr. 4, kdežto spodní poloha má málo užších puklinek. Zjistil jsem, že sloupec vody nad jílem měří (až k okraji válce) jen 8,8 cm, takže se zmenšil o 1,7 cm, o které se zvýšila mocnost zvlhčeného jílu, zvětšená nabobtnáním a zejména o „polštáře“ vzduchu v horizontálních puklinách. Tento stav je zachycen kresbou na obr. č. 5.

Smyslem pokusu bylo, jak vyplývá z úvodní stati, pozorovat „in vitro“ děj, který nastává v přírodě při styku podzemních vod s jílovými horninami. Mechanická úprava materiálu před pokusem ovšem poněkud obohacuje vzduchem jíl, který byl v místě detailního odběru kompaktní. Srovnáme-li však tento mechanicky upravený malý vzorek jílu s úplným terenním celkem jílových hornin, je podobnost zřejmě bližší, než kdyby jíl pro pokus nebyl upravován. V terenním měřítku jsou nesporně jílové sedimenty v určitém stadiu svého vývoje provzdušněny množstvím drobných i hrubých trhlín a i ve větší hloubce porůznu obohaceny plyny (např. CO_2), které vznikají chemickými procesy při diagenězi za normální nebo zvýšené teploty (A. A. Saukov 1950, str. 74, 75, 80). Velmi účinnou složkou plynného obsahu v sedimentech se stává přímo vodní pára tam, kde se uplatňuje vliv vulkanického žáru.

VÝKLAD PRAVDĚPODOBNÉHO VZNIKU MAGMATICKÝCH LOŽNÍCH ŽIL

Hlavním výsledkem pokusu je zjištění, že se v jílu, kterým proniká shora voda, tvoří horizontální trhliny vyplněné vzduchem. V kůře zemské se pak vystupující magma na takových trhlinách, které se žářem zvětšují, vychyluje z příkré (svislé) polohy do vodorovného (příčného) směru, čímž vznikají ložní (nepravé) žíly. Na kontaktu s vystupujícím magmatem se vzduch značně rozpíná, což se ještě stupňuje vodními parami z přehřáté spodní vody. Přitom příkrá tektonická puklina, kterou magma stoupá k povrchu země, se v jílovitých a slinitých sedimentech snadno uzavírá (sopouch se ucpe), takže magma využívá uvolněných poloh mezivrstevních, mění směr a vsouvá se do nich. Někdy však probíhá zahřátí vzduchu a tvorba vodních par tak rychle, že dochází k výbuchu, při němž útržky usazenin s hmotou vyvěřeliny prorážejí strop a řítí se vzhůru. Podle síly výbuchu a podle místa v zemské kůře — hlouběji

nebo blíže pod povrchem — končí sopečný děj buď až na povrchu země, nebo se utlumuje pod povrchem. Tam se tvoří komínová brekcie, již dále proniká magma v podobě pňové (pravé) žíly. Teprve po delší nebo kratší erozi objeví se tyto sopečné zárodky na povrchu země, jak je můžeme pozorovat v sv. Čechách a v Českém středohoří.

Poznamenávám, že vedle vzduchových polštářů a teplotou magmatu aktivovaných vodních par mohou existovat i další podstatné faktory, které mají vliv na vznik ložních žil.

V pojetí prof. Konty jsou to s největší pravděpodobností:

1. Ohromný tlak vzhůru se deroucího magmatu působí v době erupce rozvírání (rozlístnění) sedimentů podle některých vrstevních ploch.

2. Mezi částečně otevřené vrstvy usazenin proniká magma do větších vzdáleností snáze, je-li relativně řídké, málo viskozní.

Prof. dr. J. Konta se domnívá, že mé pozorování o vzduchových polštářích platí pouze pro povrchové nebo mělce uložené jílové vrstvy, nepřilíš zatížené nadloží, neboť hydrostatický tlak nadložních sedimentů s hloubkou rychle roste a nedovolí, aby se působením vody vytvořily vzduchové polštáře. O těchto problémech ještě pojednám ve zvláštním článku.

DALŠÍ JEVI PODMÍNĚNÉ STYKEM SPODNÍCH VOD S JÍLOVÝMI SEDIMENTY

Provedený pokus mě přivádí k zamyšlení o dalších jevech vázaných na zvodnělé jílové horniny v terénu:

a) Vratké (houpavé) půdy

Své mládí od 8. do 19. roku jsem s rodiči prožil ve Lhotě pod Libčany, asi 10 km zjz. od Hradce Králové. Obec leží v úvalu asi 3—4 km širokém, jímž probíhá železniční trať z Hradce Králové do Vel. Oseka. Tento úval je bývalé řečiště, kterým proudilo Labe v diluviální době (pleistocenu) od soutoku s Orlicí západním směrem přes nynější Chlumec n. C. a Žehuň k Libici. Z té doby pocházejí rezavé říční šterky, jež se uložily nejen na dně, ale i po obou úbočích úvalu; dosahují namnoze přes 5 m mocnosti. V době ledové byly pokryty spraší, která je základem úrodné ornice ve „Zlatém pruhu“ České země. Podloží těchto čtvrtohorních sedimentů jsou svrchnoturonské jíly a slíny. Obec je situována z.—v. směrem a ve středu ji protíná silnice, která spojuje Libčany na severu s Osicemi na jihu. Staří občané lhotečtí vyhloubili podél cesty k Libčanům velký písečník, v němž těžili materiál na stavbu „císařské silnice“. Nyní se tu dobývá písek do malty a drobný šterk na správu cest. V 90. letech minulého století měl písečník přes 50 m délky, 10 m šířky a 5 m hloubky. Ten se začátkem jara pravidelně naplňoval vodami z roztáleného sněhu, které do něho stékaly s polí na s. straně obce, ale i se severních svahů úvalu v okolí Libčan. S obavami jsme sledovali, aby voda nepřetékala do obce. Brzy na jaře se voda vsákla do šterků a z nich do křídového podloží, takže v létě tu zbyly jen menší tůňky.

Za této situace se při cestě do Libčan, tam, kde se svah úbočí stýká se dnem úvalu, tvořily vratké („houpavé“) půdy. Vznikly nasycením křídových jílu spodní vodou; jejich rozbřednutím se utvořila tekutá kaše. Cesta, která tudy procházela, byla dočasně nesjízdná pro povozy; s výhradou se jí používalo jen jako pěší cesty. Nám chlapcům působila zábavu, neboť bylo třeba hodně pozornosti a obratnosti tomu, kdo se chtěl delší dobu udržet při stoupání s klesajícími na zvedající se vlny a neprobořit se do bahna.

b) Půdní sesuvy.

Druhý jev, který mě již v mládí velmi upoutal a který jsem i později měl příležitost často pozorovat, byly „sesuvy půdy“. Jsou nesporně ovlivněny zvodněním jílu a tvorbou vzduchových polštářů.

R. 1900 se udál na známém Hazmburku u Klapého (záp. od Roudnice n. L.) katastrofální sesuv půdy na slítných jílech IX. horizontu, nesoucíh na povrchu hojnou čedičovou suť i hrubé úlomky čedičových sloupů. O velikoncích 11. dubna se tu dostalo do pohybu asi 15 ha půdy v šířce 300 m při délce 500 m. Tam, kde se sjíždějící půda utrhla, bylo možno v širokém pruhu pozorovat vyhlazený povrch jílu. Sesouvající se půda pukala příčně i podélně a hromadila se místy ve vlny 7—8 m vysoké. Pohyb půdy byl předem provázen podzemním duněním. Proto obyvatelé pod sesuvným terénem počali po smutných zkušenostech předešlých let (r. 1898) stěhovat svůj mobilní majetek. Ale již večer se sesulo 10 domků a na konci druhého dne bylo v rozvalinách 52 domků. A tak obec Klapý zažila novou pohromu přesto, že již v předcházejících letech vykonali občané nákladné odvodňovací práce, které byly novou katastrofou zcela zničeny. Tato událost, jež vzbudila účast v celém národě, poskytla látku k hodině aktuálního vyučování o geologii na pedagogiu, kde jsem studoval. Zůstala trvale zapsána v mé paměti.

R. 1901 jsem absolvoval učitelský ústav a přijal jsem učitelské místo na pražském obvodě. Proto jsem v následujících letech konal časté jízdy vlakem z Prahy do Lhoty p. L. Při nich jsem měl každý rok příležitost pozorovat sesuv půdy na slínovcovém hřbetu, který se táhne po s. straně Žehuňského rybníka (vých. od Poděbrad). Zvedá se do výše asi 60 m nad okolím a příkře spadá k rybníku, po jehož s. břehu, pod svahem probíhá železniční trať. Zvláště na jaře o velikoncích se dělo sesouvání půdy. Jakmile vlak začal zmírňovat rychlost, hrnuli jsme se k oknům, abychom pozorovali sesuv. Při volné jízdě bylo dobře vidět, jak se na příkré stráni hromadily velké půdní vlny a odnášely s sebou vyvrácené lesní i ovocné stromy.

Rovněž na s. svahu Mužského u Mnichova Hradiště došlo v červnu r. 1926 k mocnému sesuvu kaolinických kvádrových pís-kovců po křídových slínech a jílech souvrství Xba. Přitom byl těžce poškozen, místy i zničen les v šířce 500 m. V obci Dneboh bylo zničeno 11 obytných domků.

Dne 14. 5. 1942 jsem měl příležitost pozorovat sesuv půdy v Tachově pod Troskami (jv. od Turnova) při sbírání čedičových vzorků na listě spec. mapy Turnov. Na obr. 6 spatřujeme mocné vlny půdy, jež se i s dospělými stromy sesouvají po svahu, přičemž pobořily hospodářské budovy p. Fr. Kudrnáče, č. 14.

O sesuvných terénech v Československu podrobně pojednává Geologie Stejskalova (1949), str. 85—109; výklad je provázen hojnými ilustracemi.

c) Svislé pohyby větších oblastí krajiny.

Ve své „Geologii“ z r. 1877, ve stati „Vyzdvihování a snižování pevnin“ na str. 85 uvádí JAN KREJČÍ zejména pohyb pevnin Evropy v oblasti kolem Severního a Baltického moře. Na str. 89 pak píše: „Též v rovinách se rozličné změny v poloze jednotlivých vyvýšenin pozorují. Věže a vrcholy Krakovska byly před lety z náměstí ve Wieliczce spatřovány, nyní leží město jako v kotlině“. V pozdějších geologiích se o tomto jevu již neděje zmínka.

Také na našem území se pozorují podobné jevy: Při sbírání čedičů na listě spec. mapy Turnov jsem na jaře r. 1942 pracoval na východě podél Lužické poruchy. Do západní části jsem přesídlil na podzim v září. Okresní školní inspektor Alois Průcha v Mnichově Hradišti (kde jsem se ubytoval) mi mezi jiným sdělil: Asi hodinu cesty na jv. leží obec Boseň. Za obyčejných poměrů pozorujeme z nádraží tamní kostelní věž. Avšak po tuhé zimě s hojným sněhem kostelní věž v Bosni odsud nevidíme. Až teprve později na jaře toto vychýlení zmizí.

O tomto úkazu se nezmiňuje ani K a t z e r o v a Geologie (1), ani další učebnice a kompendia geologie (Počta, Stejskal aj.). Jev by se dal dobře vysvětlit „vzduchovými polštáři“ na styku jílových sedimentů s podzemními vodami a zároveň bobtnáním jílových minerálů v sedimentech, které se v dané mocnosti mnohonásobně sečítá. Zprvu však je nutno celou věc znovu přešetřit.

Proto jsem dne 30. IV. 1967 zajel do Mnichova Hradiště. Tam jsem zjistil, že p. Průcha již před dvěma lety zemřel. Pátral jsem tedy, kdo z mnichovohradištského učitelstva o uvedeném jevu něco ví nebo slyšel. Paní Marie Nepimachová, externí absolventka pražského pedagogického institutu, která vyučuje přírodopisu na místní SVVŠ, mi 16. května 1967 sdělila tyto zajímavé údaje: Vždy v době vlhkého počasí, tedy nejen na jaře, je možno z nádražního peronu v Mnichově Hradišti pozorovat jenom špičku kostelní věže v Bosni, kdežto v době sucha se pozoruje celá polovice kostelní bání. Tuto zkušenost má paní Věra Broučková, bydlící ve vile Nejedlého v Mnichově Hradišti. Učitel ZDŠ v Kněžmostě Ladislav Pavlů vykládá tento jev žákům při vyučování. Dr. Čeněk Voják, archeolog, snad z Prahy, pozoroval tento úkaz před 15 lety.

Závěrem upozorňuji, že k řešení otázky vztahu jílových a slinitých sedimentů k podzemním vodám by mohly významně přispět výzkumné ústavy keramických závodů i stavebních podniků, pokud pracují s jílovými minerály a jsou vybaveny potřebnými přístroji a samočinnými registračními aparáty. Obdobné pokusy by bylo možno provést ve větším měřítku, kvantitativně, s různými druhy jílových nerostů a za různých fyzikálních podmínek.

Je mi milou povinností nakonec poděkovat prof. dr. Jiřímu Kontovi za připomínky k rukopisu a k jeho rozčlenění, inž. J. Neužilovi za zhotovení diferenční termické analýzy jílu, dr. M. Danielovi za pořízení fotografií pokusu a dr. E. Pachmanovi za zapůjčení skleněného válce.

RESUMÉ

Während meiner bisherigen Erforschung basischer Vulkanite in Böhmen hatte ich oft Gelegenheit, Basaltlagergänge zu beobachten, die sich konkordant zwischen Schichten von Kreidesedimenten, meistens von Ton- und Mergelsedimenten einlagern.

Die Basalte in der Umgebung von Mladá Boleslav, die man jetzt an der Erdoberfläche beobachtet, sind im Gegensatz zu den intrasudatischen Basalten (O. PACÁK 1928) keine Ergußgesteine, sondern hypabyssale (intrusive) Gesteine, die trotz äußerer Ähnlichkeit mit den effusiven durch spezifische Struktur- und Texturbesonderheiten gekennzeichnet sind. Dies ist näher in meiner Arbeit (O. PACÁK 1947, Seite 65—67) beschrieben.

Die gleichen Erfahrungen erwarb ich im Gebiete der Spezialkarte Blatt Jičín (O. PACÁK 1957), Turnov (Turnau) und Česká Lípa (Böhm. Leipa), wo die meisten Tertiärvulkanite zu den intrusiven und nur sehr wenige zu den effusiven Magmatiten gehören. Die geologische Lagerung der ordovizischen, silurischen und devonischen Diabase, der permokarbonischen Melaphyre, Porphyrite und Quarzporphyre, aber auch der Pikrite und Teschenite wird durch die gleichen Gesetze beherrscht.

Die meisten älteren Petrographen hielten diese Gesteine für effusiv, und oft mußte ich meine Erkenntnis durch Polemik verteidigen. Schon in der zitierten Arbeit (1947) versuchte ich, die magmatische Intrusion in Ton- und Mergelsedimente folgendermaßen aufzufassen (Seite 67): „Der Wassergehalt in Tonen und Mergeln vermittelt nicht nur die Migration von Mineralstoffen aus dem Sediment ins Magma, sondern gleichzeitig beeinflußt er sehr günstig die Magmaintrusion. Durch die Wasserdampfspannung am Kontakt mit den feuerflüssigen Eruptivgesteinen erfolgt eine solche Eröffnung der wasserführenden Sedimente, daß das Magma zwischen ihre Schichten in der Erdkrinde weiter und weiter eindringt“. Trotzdem blieb mir die plötzliche scharfe Richtungsänderung unverständlich: von der steilen Kluft, durch die das Magma aus den Erdtiefen emporstieg, geht es in die horizontale Lage der Ton- und Mergelschichtung über und dringt in eine beträchtliche Weite durch.

Der experimentelle Teil.

Für die Erklärung des Problems habe ich folgendes Experiment unternommen: Trockenem Cenoman-Ton* aus dem I. Zahálka-Horizont von Spiritka in Praha (Prag) 5, N von Košíře, zermalmte ich zu einem feinen Pulver, siebte ihn und schüttete ihn in einen 30 cm hohen Glaszylinder mit 5,5 cm Durchmesser. Mit einem kleinen Metallschlegel stampfte ich das Tonpulver fest. Im Zylinder erreichte der Ton die Höhe von 19,5 cm. Seine Oberfläche bedeckte ich mit einer Filterpapierscheibe. Den restlichen Raum von 10,5 cm Länge füllte ich mit Wasser auf.

Das Experiment begann am 5. IV. 1966 um 18 Uhr und dauerte bis zum 8. X. 1966, also rund ein halbes Jahr. Gleich vom Anfang an durchfeuchtete das Wasser den Ton allmählich, wobei sich kleinere und größere Luftbläschen bildeten, die zur Oberfläche emporstiegen. Nach drei Stunden erschien 2 cm unter der Tonoberfläche die erste horizontale Hauptspalte von Doppelkeil-Form. Nach einer weiteren Stunde erreichte sie eine Mächtigkeit von 12 mm und nach Luftblasverlust schrumpfte sie auf 7 mm ein. Am nächsten Tag erweiterte sie sich wieder auf 10 mm, und im durchfeuchteten Ton entstanden weitere kleinere Spalten (Abb. 1, siehe die Fototabelle!). Etwa 17 Stunden nach Anfang des Versuches entstand 9,5 cm über dem Zylinderboden eine zweite Hauptspalte, deren parallele Flächen 3—4 mm voneinander entfernt waren. Sie trennte vollkommen den feuchten Teil des Tones vom trockenen (Bild 2). Dieser Zustand blieb mehrere Tage bestehen und veränderte sich erst irgendwann zwischen dem 30. IV. und 22.V. 1966, wo ich das Experiment wegen meiner Abreise nicht mehr beobachten konnte. Am 22. V. 1966 konstatierte ich, daß das Wasser bis zum Zylinderboden durchgedrungen ist, wobei oberhalb und unterhalb der planparallelen Hauptspalte noch eine Reihe kleinerer Spalten entstand. Diesen mehrere Tage dauernden Zustand veranschaulichen die am 10. VII. 1966 aufgenommenen Fotografien (Bild 3 und 4). Später veränderte er sich durch Luftgehaltverschiebung so, daß man am 8. X. 1966 eine weitere, 6—7 mm mächtige, plan-

* Nach der differenziellen Thermalanalyse von dipl. Ing. J. Neužil handelt es sich um Kaolinit mit Hydroglimmer und geringfügiger Kalzitbeimischung.

parallele Hauptspalte beobachtet. Die neue Spalte befindet sich 3,7 cm über der älteren (Bild 5). Der nasse Ton, dessen ganzes Volumen sich durch Aufschwellung und Luftpolsterbildung vergrößerte, erreicht im Glaszylinder eine um 1,7 cm größere Höhe als zu Beginn des Versuches, am 5. IV. 1966.

Der Sinn des ganzen Versuches war: den Prozess, der in der Natur beim Kontakt der Grundwässer mit Tongesteinen auftritt, „in vitro“ zu beobachten. Die mechanische Zubereitung des Materials vor dem Versuch bereichert gewissermaßen den Ton, der an der Stelle der Detailabnahme kompakt war, mit Luft. Vergleicht man jedoch diese kleine mechanisch zubereitete Tonprobe mit dem vollen Terrainganzen der Tongesteine, ist die Ähnlichkeit wahrscheinlich größer, als wenn der Ton für das Versuch nicht zubereitet würde. Im Terrainmaßstab werden die Tonsedimente in einem bestimmten Stadium ihrer Entwicklung durch eine Menge von kleinen und großen Rissen und Klüften gelüftet und in größerer Tiefe werden sie stellenweise durch Gase (zum Beispiel CO₂) bereichert, die infolge der chemischen Prozesse während der Diagenese bei normaler oder erhöhter Temperatur entstehen (A. A. SAUKOV 1950, Seite 74, 75, 80). Unter der Wirkung der vulkanischen Hitze wird auch der Wasserdampf selbst zu einer sehr wirksamen Komponente des Sedimentgasgehaltes.

Erklärung der wahrscheinlichen Entstehung magmatischer Lagergänge.

Das Hauptresultat des Experimentes besteht in der Feststellung, daß in Ton, durch den das Wasser von oben durchdringt, horizontale luftgefüllte Spalten entstehen. An solchen Spalten in der Erdrinde, die sich durch die Glühhitze noch vergrößern, ändert das emporsteigende Magma seine vertikale Richtung in eine horizontale, wodurch konkordante Gänge (Lagergänge) entstehen.

Beim Kontakt mit dem emporsteigenden Magma erhält die Luft und Wasserdampf eine beträchtliche Spannkraft. Die steile tektonische Kluft — der Magmazufuhrkanal — wird in den Ton- und Mergelsedimenten leicht versperrt (der Schlot verstopft sich), so daß Magma, seine Richtung ändernd, in die geöffneten Zwischenschichtenlagen eindringt. Manchmal aber erfolgt die Lufterhitzung und Wasserdampfbildung so rasch, daß eine Explosion eintritt, bei der Sedimentsplitter mit Eruptivmaterial die Decke durchbrechen und weiter nach oben strömen. Je nach der explosiven Kraft und je nach der Lage in der Erdrinde (in geringer oder größerer Tiefe unter der Oberfläche) endet die vulkanische Aktion entweder erst an der Erdoberfläche, oder sie wird unter der Oberfläche gedämpft. Dort bildet sich eine Schlotbrekcie, die das Magma in Form eines diskordanten „Stammganges“ (einer Schlotausfüllung) weiter durchdringt. Erst nach längerer oder kürzerer Erosion erscheinen vulkanische Embryos an der Erdoberfläche, wie man sie in Nordostböhmen und im Böhmischem Mittelgebirge beobachten kann.

Ich muß bemerken, daß neben den Luftpolstern und den durch die hohe Magmatemperatur aktivierten Wasserdämpfen auch weitere Grundfaktoren bestehen können, die die Bildung von Lagergängen beeinflussen. Nach Auffassung vom Professor Kontak dürfte es sich wahrscheinlich um folgende Faktoren handeln:

1. Die riesige Spannung des emporsteigenden Magmas verursacht während der Eruption eine Eröffnung (Zerblätterung) der Sedimente nach einigen ihren Schichtflächen.

2. In die teilweise eröffneten Sedimentschichten dringt das Magma in größere Entfernungen umso leichter ein, je dünnflüssiger es ist, also je kleinere Viskosität es aufweist.

Prof. Dr. J. Kontak meint, meine Beobachtung von Luftpolstern gelte nur für oberflächliche oder in geringer Tiefe gelagerte Tonschichten, die durch das Hangende nicht zu stark beschwert sind, denn die hydrostatische Spannung der hangenden Sedimente steigt rasch mit der Tiefe und ermöglicht keine durch Wasser verursachte Luftpolsterbildung. Diese Probleme möchte ich noch später in einem selbständigen Artikel behandeln.

Weitere durch den Kontakt von Grundwasser mit Tonsedimenten verursachte Erscheinungen.

Das beschriebene Experiment führt zum Nachdenken über weitere Erscheinungen, die an wassergesättigte Tongesteine im Terrain gebunden sind:

a) Labile Böden und zeitweilig unbefahrbare Wege darauf.

Schon während meiner Jugend beobachtete ich in unserer Gegend folgende Erscheinung: Die Gemeinde Lhota pod Libčany, etwa 10 km WSW von Hradec Králové (Königrätz), liegt in einem 3—4 km breiten Talgrund, durch den die Bahnstrecke Hradec Králové — Velký Osek verläuft. Es ist das ehemalige aus Pleistozän stammende Elbetal. Aus dieser Zeit stammen auch die rostigen Flußschotter im Untergrund sowie am Abhang des Talgrundes, deren Mächtigkeit bis 5 m erreicht und die mit eiszeitlichem Löß bedeckt sind. Ihr Liegendes bilden Oberturon-Tone und -Mergel.

Eine 5×10×50 m große Sandgrube im Gemeindegebiet, am Weg nach Libčany, füllte sich alljährlich mit Frühlingswässern, die jeweils bald ins Kreideliegende einsickerten. Durch Wassersättigung der Kreidetone bildeten sich jedoch stets labile Böden dort, wo der Abhang des Tales dessen Sohle berührt. Der Weg wurde hier zeitweilig für Fuhrwerke unbefahrbar und für Fußgänger nur vorbehaltlich benutzbar. Beim Betreten der sinkenden bzw. steigenden Bodenwellen war beträchtliche Geschicklichkeit erforderlich, um nicht im Schlamm zu versinken.

b) Erdbeben.

Das Auftreten von Erdbeben wird gewiß auch durch Wassersättigung der Tone und durch Luftpolsterbildung begünstigt.

Während meines Lebens beobachtete ich mehrere katastrophale Erdbeben, und zwar:

1. Am 11. 4. 1900 gerieten an dem bekannten Berg Hazmburk (Hasenburg) bei Klapý (W von Roudnice n. Labem) etwa 15 ha (300×500 m) Boden im Hangenden der Mergelzone des IX. Kreidehorizontes in Bewegung. An jenen Stellen, wo sich der rutschende Boden abbrach, konnte man als breite Streifen eine glatte Tonoberfläche beobachten. Die rutschenden und sich anhäufenden Bodenmassen bildeten stellenweise bis 8 m hohe Bodenwellen. In der Gemeinde Klapý blieben 52 Häuser in Trümmern liegen.

2. Zu Beginn dieses Jahrhunderts beobachtete ich alljährlich während der Eisenbahnfahrt von Prag nach Lhota pod Libčany ein Bodenrutschen an dem (relativ etwa 60 m hohen) Mergelberggrücken, der an der nördlichen Seite des Teiches bei Žehuň (O von Poděbrady) verläuft. An seinem steilen Hang häuften sich große Bodenwellen an, entwurzelte Wald- und Obstbäume mitführend.

3. Im Juni 1926 ereignete sich am NO-Abhang des Berges Mužský bei Mnichovo Hradiště (Münchegrätz) ein mächtiger Rutsch von Kaolinquadersandstein im Hangenden der Kreidemergel und Kreidetone des Xb-Horizontes. Dabei wurde der Wald in einer Breite von 500 m schwer beschädigt, und in der Gemeinde Dneboch wurden elf Häuser vernichtet.

4. Am 14. 5. 1942 hatte ich Gelegenheit, einen Erdbeben in Tachov pod Troškami SO von Turnov (Turnau) zu beobachten. Auf Abb. 6 sieht man mächtige Bodenwellen, die samt erwachsenen Bäumen den Abhang herab rutschen, wobei die Wirtschaftsgebäude des Bauern Fr. Kudrnáč, Nr. 14, zerstört wurden.

Erdbeben in der Tschechoslowakei werden eingehend in Stejskals „Geologie“ (1949), Seite 85—109, behandelt.

c) Vertikale Bewegungen größerer Gebiete.

In seiner „Geologie“ (1877) führt JAN KREJČÍ folgende Beobachtung an als Anhang zum Kapitel über epeirogenetische Kontinentbewegungen: „Auch in Ebenen beobachtet man mancherlei Lageänderung einzelner Erhebungen. Die Türme und Gipfel von Krakau waren vor Jahren vom Stadtplatz in Wieliczka aus sichtbar, jetzt liegt die Stadt wie in einem Talbecken versunken“ (Seite 89).

Auch in der ČSSR beobachtet man ähnliche Erscheinungen: Herr Bezirksschulinspektor A. Průcha teilte mir 1942 in Mnichovo Hradiště (Münchegrätz) folgendes mit: „Etwa 4 km gegen SO liegt die Gemeinde Boseň. Unter normalen Umständen sieht man vom Stadtbahnhof aus den dortigen Kirchturm. Jedoch nach einem langen Winter mit viel Schnee ist der Turm von hier aus nicht mehr zu sehen. Erst später im Frühling verschwindet diese Abweichung.“

In der Literatur spricht man überhaupt nicht über diese Erscheinung, die sich durch Luftpolsterbildung in wassergesättigten Tonsedimenten und durch Anschwellen der Tonminerale sehr gut erklären läßt. (In der gegebenen Mächtigkeit summiert sich das Anschwellen der Tonmineralblättchen vielfach.)

Um den Sachverhalt von neuem zu überprüfen, unternahm ich am 30. 4. 1967 eine Reise nach Mnichovo Hradiště. Dort mußte ich leider feststellen, daß Herr Průcha schon vor zwei Jahren gestorben war. Von den dortigen Lehrern versuchte ich weitere Informationen zu erhalten. Frau Marie Nepimachová, Naturkundeprofessorin an der Mittelschule in Mnichovo Hradiště, teilte mir am 16. V. 1967 folgende interessante Daten mit: „Immer in Zeiten von feuchtem Wetter (also nicht nur im Frühling) kann man vom Bahnsteig der Station Mnichovo Hradiště nur die Spitze des Kirchturmes von Boseň beobachten. Nach trockenen Zeiten sieht man dagegen die ganze obere Hälfte der Turmkuppel. Diese Erfahrung hat Frau Věra Broučková gemacht, die in der Nejedlý-Villa in Mnichovo Hradiště wohnt. Herr Ladislav Pavlů, Lehrer in der Gemeinde Kněžmost bei Mnichovo Hradiště, erklärt diese Erscheinung den Schülern beim Schulunterricht. Auch Dr. Čeněk Vojáček, Archäologe, vermutlich aus Prag, beobachtete diese Erscheinung vor 15 Jahren.“

Zum Schluss möchte ich darauf aufmerksam machen, daß die Frage des Verhältnisses zwischen Grundwasser und Tonsedimenten vor allem in jenen Forschungsanstalten und Laboratorien weiter erforscht werden könnte, die sich speziell mit den Tonmineralien beschäftigen. Ähnliche Versuche könnten mit verschiedenen Tonarten und unter verschiedenen physikalischen Bedingungen quantitativ fortgesetzt werden.

POUŽITÁ LITERATURA DIE BENÜTZTE LITERATUR

- KATZER Fried. (1892) — Geologie von Böhmen, Praha.
- KREJČÍ Jan (1877) — Geologie, Praha.
- PACÁK O. (1928) — Čediče Jeseníku a přilehlých území. Věst. Král. české spol. nauk, Praha.
- PACÁK O. (1947) — Čedičové vyvěřeliny mezi Mladou Boleslaví a Jičínem. Sborník St. geol. ústavu, sv. 14.
- PACÁK O. (1957) — Čedičové vyvěřeliny na území spec. mapy list Jičín. Sborník ÚÚG, sv. 24, díl 2.
- SAUKOV A. A. (1950) — Geochemie (překlad do češtiny — vydáný 1954). Nakl. ČSAV, Praha.
- STEJSKAL J. (1949) — Geologie. Velký ilustrovaný přírodopis všech tří říší, druhé vydání, Praha, Komenium.
- TÁZLER R. (1962) — Jihozápadní křídlo vnitrosudetské deprese. Sjezdový průvodce XIII. sjezdu Čs. spol. pro mineralogii a geologii v Hradci Králové, Praha.
- VÁNĚ M. (1964) — Křídlový útvar oharecké oblasti. Sborník k XV. sjezdu Čs. spol. pro mineralogii a geologii. Teplice.

TEXTY K OBRÁZKŮM

Obr. 1. Stav pokusu 6. IV. 1966 po 7. hod. ráno. Zvlhčení jílu vodou (která plní válec až po okraj) dosáhlo hloubky 7 cm pod povrch jílu. Ve zvlhčené části se vytvořila puklina dvojklinového tvaru.

Abb. 1. Stadium des Versuches am 6. IV. 1966, nach 7 Uhr morgens. Oberhalb des Tones ist der Zylinder mit Wasser voll gefüllt. Die Wasserdurchfeuchtung reichte bis 7 cm unter der Tonoberfläche. Im durchfeuchteten Teil des Tones bildete sich eine Doppelkeilspalte.

Obr. 2. Stav pokusu 7. IV. 1966 o 16. hod. Zvlhčení pokleslo do hloubky 9,3 cm pod povrch jílu. Vedle dvojklinové pukliny se na rozhraní zvlhčeného a nezvlhčeného jílu vytvořila 4–5 mm mocná trhlina omezená zhruba rovnoběžnými plochami.

Abb. 2. Stadium des Versuches am 7. IV. 1966, um 16 Uhr. Die Durchfeuchtung reichte bis 9,3 cm unter der Tonoberfläche. Neben der Doppelkeilspalte entstand an der Grenze des feuchten und trockenen Tones eine planparallele 4–5 mm mächtige Spalte.

Obr. 3. Stav pokusu 10. VII. 1966. Zvlhčení jílu dosáhlo až ke dnu válce. Pozorují se dvě hlavní trhliny: výše dvojklinová; níže, 9,5–10 cm pod povrchem jílu, trhlina 4–6 mm mocná,

zhruba rovnoběžně omezená, jež zcela odděluje horní a spodní část zvlhčeného jílu.

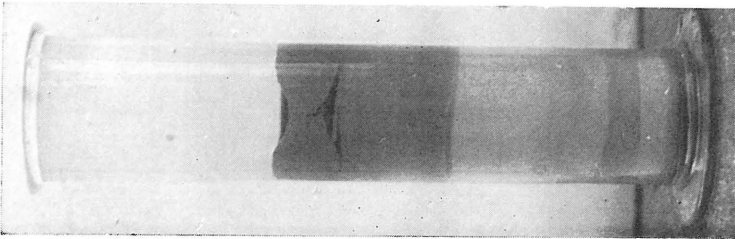
Abb. 3. Stadium des Versuches am 10. VII. 1966. Die Durchfeuchtung des Tones erreichte zum Zylinderboden. Man beobachtet beide schon in Abb. 2 angeführte Hauptspalten.

Obr. 4. Stav pokusu 10. VII. 1966. Válec fotografován z opačné strany než u snímků 1, 2, 3. Dvojklinová puklina na této straně se nepozoruje.

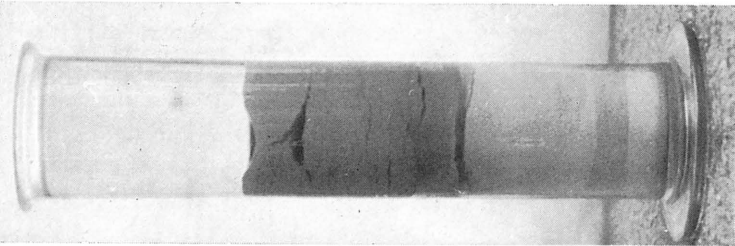
Abb. 4. Stadium des Versuches am 10. VII. 1966. Der Zylinder wurde von der Gegenseite fotografiert, also umgekehrt als in Abb. 1, 2, 3. Die Doppelkeilspalte ist an dieser Seite nicht sichtbar.

Obr. 5. Stav pokusu 8. X. 1966. Ve svrchní části jílu se vytvořila nová, 6–7 mm mocná, rovnoběžně omezená trhlina, a to 3,7 cm nad trhlinou původní, 3–4 mm mocnou. Obě jsou stále vyplněny vzdušným polštářem.

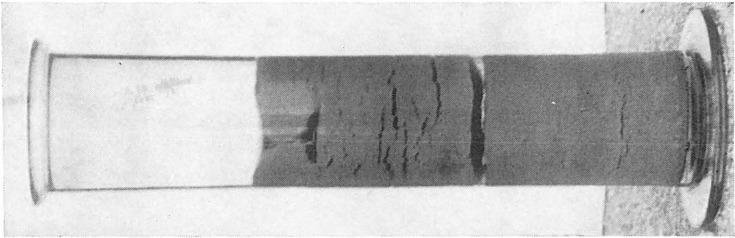
Abb. 5. Stadium des Versuches am 8. X. 1966. Im oberen Teil des Tones hat sich eine neue 6–7 mm mächtige planparallele Spalte gebildet, und zwar 3,7 cm über der älteren. Beide sind mit Luft gefüllt.



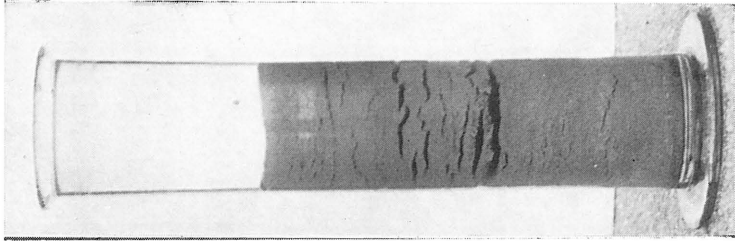
1



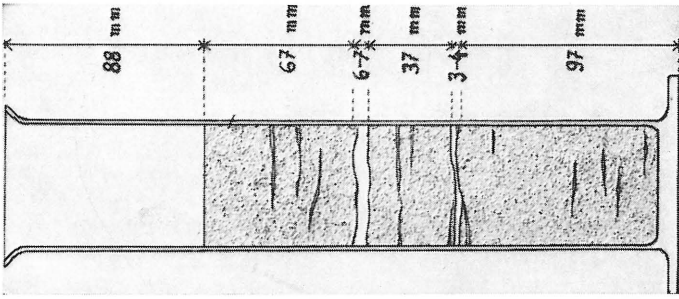
2



3



4



5



Obr. 6. Sesuv půdy v Tachově pod Troskami 14. V. 1942. Foto dr. O Pacák.

Abb. 6. Der Erdbeben in Tachov pod Troskami am 14. V. 1942. Foto dr. O. Pacák.