

Tabulka 1. Chemismus vody retenční nádrže před a po neutralizaci

	Fe	As	Zn	Be	Cu	Pb	Cd	Cr	Ni	Mn	pH
mg.l <sup>-1</sup>	800.0	1.20	5.69	2.41	0.70	< 0.0005	0.013	0.13	1.26	14.6	2.26
mg.l <sup>-1</sup>	0.045	< 0.0005	0.080	0.0056	0.0077	< 0.0005	0.0004	0.0150	0.018	6.53	7.02
%	0.0056	< 0.042	1.41	0.23	1.1		3.1	11.54	14.3	44.7	

% - % kovu v roztoku po vysrážení neutralizací na pH 7,02

Z výsledků vyplývá, že neutralizací lze většinu těžkých kovů z roztoku odstranit prakticky úplně (Fe, As, Zn, Be, Cd, Cu) nebo alespoň jejich obsah vyrazně snížit (Cr, Ni).

#### Literatura

Mattigod, S.V. et al. (1990): Geochemical factors controlling the mobilization of inorganic constituents from fossil fuel combustion residues: I. Review of the major elements. – J. Environ. Qual. 19, 188–201.

Geologický ústav AV ČR, Rozvojová 135, Praha 6, 165 00

## INŽENÝRSKOGEOLOGICKÁ CHARAKTERISTIKA PROTEROZOICKÝCH A STAROPALEOZOICKÝCH HORNIN NA LISTU PLZEŇ

## ENGINEERING-GEOLOGICAL CHARACTERISTICS OF PROTEROZOIC AND EARLY PALEOZOIC ROCKS ON THE MAP SHEET PLZEŇ

(12-33 Plzeň)

**Zdeněk Lochmann**

*Engineering geology, Rocks environment, Foundation soil, W Bohemia*

Pro sestavení mapy inženýrskogeologického rajónování na listu Plzeň byly vyčleněny v proterozoiku a starším paleozoiku litologicko-genetické komplexy hornin, které se vyznačují z hlediska geotechnického stejnými nebo podobnými vlastnostmi.

Litologický komplex slabě metamorfovaných hornin kralupsko-zbraslavské skupiny proterozoika zahrnuje metasedimenty (slabě fylitizované břidlice, prachovce a droby) spjaté vzájemnými přechody. Zčásti vystupují v podobě relativně homogenních těles, většinou však jde o mnohonásobně rytmecky zvrstvené sedimenty. Podle Maška et al. (1993) je významně zastoupen typ těchto hornin se skluzovými závalky, které vznikly patrně ze submarinních skluzů v blízkosti vulkanitů. Horniny tvoří rozsáhlá skalní defilé v údolích Berounky a jejích přítoků, na velkých plochách vystupují v okolí Červeného Hrádku, mezi Klabavou, Bušovicemi, Bezděkovem, v širším okolí Nynice. Ke komplexu těchto hornin přířazujeme i tenké polohy nebo větší tělesa fylitických černých břidlic (např. Hromnice, Nynice) a především pak hojná tělesa silicítů v prahu směru JZ-SV (Pohodnice, Klabava, Osek, Bušovice, Stupno, Skomelno). Fylitizované břidlice a prachovce jsou většinou trnavošedé. Vyznačují se deskovitou až lavicovitou odlučností, silným rozpukáním a nepravidelným rozpadem. Drobou jsou světlejší, středně až jemně zrnité, pevnější a vůči zvětrávání odolné. Mají polyedrickou odlučnost. Ve zdravém stavu nalezejí drobové břidlice do tř. R2 s vysokou pevností  $\sigma_c = 50 - 150$  MPa, droby 60 - 170 MPa. Objemová hmotnost v přírodních podmínkách  $\rho_n = 2600 - 2700$  kg.m<sup>-3</sup>. Modul přetvárnosti  $E_{def}$  při střední hustotě diskontinuit je 4500 - 8500 MPa, Poissonovo číslo  $v = 0,10 - 0,15$ . Na svazích bývají břidlice zvětralé jen do malých hloubek, na plošinách do 1 - 2 m, eluvia mají charakter převážně jílovitopísčitých hlín s úlomky. Místy jsou však fosilně zvětralé v písčitojílovitou zeminu (tf. R5, F4, F6, F8 - CS, CL, CI, CH), těžitelnou ve tř. 3. V cihelně v Chrástu dosahuje tloušťka eluvia kolem 10 m. Spolu s nadložními hlínami je těženo k výrobě cihel a krytiny. Intenzívní zvětrávání zasahuje na Plzeňsku pod terciérními sedimenty často do značných hloubek. U České Bělé jsou mocnosti zvětralých hornin kolem 10 až 20 m. Při plánování stavebních prací na území fylitizovaných břidlic, prachovců a drob bude hodnota základové půdy ovlivněna rozdílným stupněm a hloubkou zvětrání těchto hornin a hustotou diskontinuit, jakož i četností proniků metabazaltů. V místech výskytu fosilních kaolinických zvětralin (na plošinách předkvarterního povrchu) je třeba počítat s nehomogenitou základové půdy (nebezpečí objemových změn, rozbřídání, namrzání ap.).

Specifické inženýrskogeologické vlastnosti mají silicity (buližnky). Jsou to černé až tmavošedé celistvé horniny tvorené křemencem. Jsou odolné vůči crozi a zvětrávání, v terénu proto vytvářejí výrazné hřbety a suky o relativních výškách až 34 m (Vršiček). Silicity vynikají velkou pevností a tvrdostí, ale jsou poměrně křehké ( $\sigma_c = 150 - 250 \text{ MPa}$ ). Podle těžitelnosti odpovídají tř. 7. Výchozy bývají rozvolněny do bloků a balvanů. Představují sice vysoce únosnou a stabilní základovou půdu, ale velmi obtížně rozpojitelnou (hloubení stavebních jam, výkopy pro inženýrské sítě apod.).

Litologický komplex efuzivních hornin zahrnuje proterozoické metabazalty ("spility") s metatufy a kambrické ryolity. Metabazalty tholciitového složení jsou odkryty rovněž v údolí Berounky a jejích přítoků, jinde vytvářejí i nápadné elevace. Jsou to šedozelené horniny, masivní a jemnozrnné. Běžně jsou brekciovité typy a polštářové lávy. Vedle textury všeobecné je nejběžnější textura mandlovcovitá, doprovázená často fluidální. Většinou jsou silně rozpukané (huťota diskontinuit bývá střední až velká 60 - 600 mm). Např. v I. části opuštěného lomu u Letkova se hornina rozpadá do hloubky 2 - 3 m v hlinitokamenité až balvanité eluvium. Pod ním je nepravidelně rozpukaná do polyedrických balvanů a bloků od 20 cm do 1 m v Ø. Hlouběji pak převládají pukliny generelního směru SV-JZ a SZ-JV s příkrými úklony 70° - 90° k SZ, JV a JZ. Jsou vyplňeny načervenalou jílovitou zeminou, puklinové plochy mají limonitické povlaky. Větší pukliny nesou místy stopy po drcení na okrajích. Hloubkový dosah navětrání je velmi variabilní, ve vrtech v letkovském lomu zasahuje až do hloubky 25,5 m (Kohout 1967). Metabazalty jsou značně pevné ( $\sigma_c = 150 - 250 \text{ MPa}$ ) a houževnaté, zatímco metatufy podléhají snadněji zvětrání. Objemová hmotnost horniny  $r_h$  zde byla zjištěna v rozmezí 2640 - 2970 kg.m<sup>-3</sup> a půrovitost  $n = 0,33 - 1,36 \%$ . V lomu u Nadryb  $\rho_n = 2690 - 2970 \text{ MPa}$ . Jde o velmi hutnou, málo půrovitou horninu. Technické vlastnosti zdejší horniny neovlivňuje petrografická proměnlivost, budou spíše ovlivněny stupněm hydrotermální přeměny (v tektonických partiích) a povrchového zvětrání (Kraft et al. 1979). Ryolity při v. okraji mapového listu mají podobné technické vlastnosti. Severně od Sklené Huti v opuštěném lomu je patrná kaolinizace. V profilu stěny je ryolit silně zvětralý až zcela rozložený v bílou kaolinickou zeminu. Horniny efuzivního komplexu poskytují velmi únosnou a suchou základovou půdu. Jsou však těžko rozpojitelné (tř. 7). V minulosti byly na několika místech těženy pro výrobu silničního štěrků.

Litologický komplex magmatických intruzivních hornin představují pouze granodioritová tělesa u Vitinky, Nového Dvora a Přívětic. Granodiorit je únosnou, stabilní a suchou základovou půdou rozpojitelnou ve tř. 6. Eluvia jsou písčité zeminy tř. S4 (SM), rozpojitelná ve 2. - 3. třídě. Jsou rovněž suchou a únosnou základovou půdou pro běžné typy pozemních staveb.

Litologický komplex pískovcovovo-slepencových hornin. Pískovce a slepence (tř. R2) ohrazenického, pavlovského a třenického souvrství vystupují jv. od Rokycan a sv. od Volduch. Poskytují únosnou, stabilní a suchou základovou půdu. Ve zdravém stavu mají vysokou pevnost ( $\sigma_c = 50 - 150 \text{ MPa}$ ), modul přetvárnosti  $E_{def}$  pro střední typ procesu přetváření a porušování při střední hodnotě diskontinuit (vzdálenost 600 - 200 mm) lze odhadnout na 4500 MPa, Poissonovo číslo  $v = 0,15$ . Tabulková únosnost  $R_d$  při střední hustotě diskontinuit (vzdálenost 600 - 60 mm) je 2 MPa. Eluvia mají ráz hlinitého písku nebo písčitého štěrků a jsou rovněž dobrou základovou půdou.

Samostatně byly vyčleněny polohy světlešedých řevnických a skaleckých křemenců v oblasti St. Plzence, Ejropic (Čilina), v. a jv. od Březiny (Rumpál) a v okolí Sklené Huti (Bílá a Černá skála). Křemence vytvářejí morfologicky vystupující hřbety v souvrství jílovito-prachovitých břidlic. Jsou deskovité až hrubě lavicovité vrstevnaté (60 až 200 mm), silně rozpukané do deskovitých a polyedrických bloků. Rozvolnění křemenců je dobře sledovatelné na Bílé skále u Sklené Huti. Ve skalních defilé je křemec prostoupen 3 základními systémy vzájemně kosých puklin strmého úklonu (75 - 85°), podle nichž se rozpadá do bloků o velikosti až 2,5 x 2 m. Bloky a balvany při úpatí skalních stěn vytvářejí pak rozsáhlé kamenné moře. Podobně je tomu i na Černé skále, kde se její vrchol rozpadá do řady bloků o velikosti 5 x 8 x 4 m, které se sesouvají po svahu. Jejich další dezintegrace pak pokračuje podle četných puklin. Mezi odtrženými bloky vznikly kamenné proudy až k úpatí svahu. Jako základová půda jsou křemence velmi únosné ( $R_d = 4 \text{ MPa}$ ), nestlačitelné, ale poměrně křehké. Nevhodou je jejich obtížná rozpojitelnost ve třídě 7. Modul přetvárnosti  $E_{def}$  při střední hustotě diskontinuit (vzdálenost 600 - 200 mm) se pohybuje kolem 25 000 MPa, Poissonovo číslo  $v = 0,10$ . Objemová hmotnost křemenců od Sklené Huti je 2550 kg.m<sup>-3</sup>.

Litologický komplex jílovcovovo-prachovcových hornin zahrnuje jílovité, jílovito-prachovité, popř. jemně písčité ordovické břidlice v oblasti Tymákova, Rokycan a Volduch. Břidlice jsou převážně měkké, často tektonicky porušené a hustě rozpukané (šárecké a dobratínské s roubškovitým rozpadem). Jsou náchylné k hlubokému zvětrávání (5 - 8 m, klabavské břidlice mezi Osckem a Volduchy místně až 14 m). Dříve byla jejich eluvia přiležitostně těžena k výrobě cihel (hliniště v. od hřbitova v Rokycanech). Eluvium klabavských břidlic má zde charakter jílovité hlín, která postupně přechází do střípkovité rozpadlé jílovité břidlice. Při průzkumu pro trasu D5 mezi Svojkovicemi a Rokycany byly zcela zvětralé (rozložené) břidlice zastiženy v mocnostech 2 - 6,5 m, navětralé břidlice pak do hloubky 9 - 10 m. V oblasti Volduch je tloušťka eluvia 1 - 4 m, zvětrávání zasahuje do hloubky 6 až 10 m. Normovým zařazením odpovídají eluvia třídám F5 - F8 (ML, CL, MH, CH). Indexové zkoušky ze 40 ti vzorků na trase D5 však ukázaly velký rozptyl hodnot. Navětralé břidlice odpovídají převážně tř. R3 - R4 a jsou rozpojitelné ve tř. 4 - 5. Normová hodnota  $R_d$  při střední až velké hustotě diskontinuit (600 - 60 mm) je 0,4 až 0,8 MPa. Objemová

hmotnost  $\rho_n$  navětralých, středně rozpukaných břidlic se pohybuje v rozmezí  $2300 - 2600 \text{ kg.m}^{-3}$ ,  $E_{def} = 600 - 1000 \text{ MPa}$ , efektivní úhel vnitřního tření  $\varphi_{ef} = 25 - 36^\circ$ , pevnost je nízká až střední  $\sigma_c = 10 - 50 \text{ MPa}$ . Jako základová půda jsou eluvia břidlic méně únosná ( $R_d$  při tuhé konzistenci při hloubce založení 0,8 až 1,5 m pro šířku základu L 3 m je 80 - 150 kPa), proto náročnější stavby je třeba zakládat až pod zónou zvětrání nebo volit zakládání pomocí hlubinných prvků. Zvětralé horniny a jejich eluvia jsou náchylné k sesouvání, což se může projevit při hloubení stavebních jam nebo větších odřezů svahů. Trvalé sklonky svahů by neměly být menší než v poměru 1 : 2,5 (Marek 1985). Základovou spáru je třeba chránit proti nepříznivým klimatickým vlivům (namrzání, zaplavení).

#### Literatura

- Kohout, J. (1967) : Letkov. Surovina: kámen. - MS Geologický průzkum np. Stříbro.  
 Kraft, J. et al. (1979) : Závěrečná zpráva úkolu Kříše - Nádryby. Surovina: kámen. - MS Geoindustria, np. Praha.  
 Marek, Vl. (1985) : Zpráva o inž. geologickém průzkumu trasy dálnice D5 v úseku Svojkovice - Rokycany. - MS Stavební geologie np. Praha.  
 Mašek, J. et al. (1993) : Vysvětlivky ke geologické mapě 1 : 50 000, list 13-33 Plzeň. - MS ČGÚ, Praha.  
 Wild, J. (1973) : Závěrečná zpráva Volduchy. Surovina: cihlářské suroviny. - MS Geoindustria np. Praha, závod Stříbro.

Český geologický ústav, Klárov 3, 118 21 Praha 1

## VÝZKUM HOLOCENNÍCH SEDIMENTŮ V KORELACI S VÝVOJEM KLIMATU INVESTIGATION OF HOLOCENE SEDIMENTS IN CORRELATION WITH CLIMATIC DEVELOPMENT

(02-34 Blatná, 02-42 Č. Lípa, O2-44 Dubá, 12-22 Mělník, 12-41 Beroun, 33-22 Vranov, 32-23 Č. Krumlov)

#### Vojen Ložek

*Holocene palaeoenvironments, CaCO<sub>3</sub> - dynamics, Mollusca*

Cílem výzkumu byla rekonstrukce postglaciálních změn podnebí odvozená z vývoje terestrických a semiterestrických sedimentů, především rozpuštění a druhotného srážení CaCO<sub>3</sub> v korelací s vývojem malakofauny. Pozornost se zaměřila především na sedimentární sledy v oblastech, z nichž dosud nebyly po ruce doklady tohoto druhu.

Vojnice u Loun: v nivě Suchého potoka pod obcí byl proveden vrt až na křídové podloží. Celý holocén zde pozůstává z tmavých černozemních sedimentů o mocnosti téměř 5 m s kolísavým podílem drobného slínovcového skeletu. Jednotvárnému vývoji odpovídá i malakofauna, v níž průběžně vystupují starousedlé stepní druhy *Helicopsis striata* (Müll.) a *Chondrula tridens* (Müll.) provázené faunou nivních luk s půdami bohatými na sole. Lesní prvky nejsou zastoupené, což odpovídá povaze sedimentů a dokládá, že v tomto prostoru existovaly stepní biostopy v průběhu celého holocénu.

Dřevčice, rokle západně osady Máselsk (Butterberg): v abri budovaném střednoturonskými kvádrovými pískovci odkryl V. Cílek profil s dvojím pravěkým osídlením (? kult. lužická, mezolit), jehož vrstvy jsou karbonátově vápnité a obsahují poměrně bohatou faunu. Z plžů se vyskytuje jak ukazatele vlhké, např. *Macrogaster ventricosa* (Drap.), tak skalní druhy jako *Clausilia parvula* Fér. nebo *Helicigona lapicida* (L.), která ukazuje, že v době jejich života byl povrch pískovců abri aspoň mírně karbonátově vápnitý.

Vrabcov (u Dubé), Smrková studánka: v rokli střednoturonských kvádrových pískovců jižně uvedené osady vystupuje pramenný horizont, na němž se dodnes usazují jemnozrnné pěnovce a vápnité slatininy. Ložisko bylo provrtáno na několika místech a v hlubších karbonátových vrstvách zjištěna fauna klimatického optimu, především *Discus perspectivus* (Müll.) a *Macrogaster ventricosa* (Drap.). Na povrchu ložiska dodnes žijí reliktní druhy ze starší poloviny holocénu - *Perpolita petronella* (L. Pfr.) a *Vertigo moultinsiana* (Dup.), kterou zde objevil L. Beran.

Obě lokality podávají důkaz, že ještě v klimatickém optimu holocénu, zhruba na počátku epiatlantiku, se v Polomených horách rozkládaly velké plochy s karbonátově vápnitými půdami umožňujícími rozvoj bohaté malakofauny, zatímco dnes mají tato stanoviště kyselý oligotrofní charakter. Tyto poznatky jsou v souladu s některými staršími pozorováními, např. z blízkého Zátní u Dubé, ale i z oblasti Pálavy (Milovice).

Vepřek nad Vltavou, Lindov: v návaznosti na výzkum velkého pravěkého sídliště na hřbetu s kaplí P. Marie byla zkoumána terasa Bakovského potoka v trati Lindov na okraji Vepřku. Jde o holocenní akumulaci, jejíž horní hrana leží ca 3 m nad současnou hladinou potoka. Bazi tvoří polymiktní štěrky s převahou slínovcového materiálu, nad nimi hlinité písky přecházející do výplně starého ramene a nejvyšší úsek pak mírně písčité humozně hlíny. Faunu nivy zastupují druhy luk se solemi bohatými půdami, jako *Vallonia enniensis* (Grd.) a *Pseudotrichia rubiginosa* (A.