



Ceský horolezecký svaz  
Jirí Novák  
Předseda CHS  
Atletická 100/2  
P.S. 40  
160 17 Praha 6

**Vec: Návrh studie vlivu magnézia na pískovec**

Vážený pane,

na základe našich predchádzajúcich jednání si Vám v příloze dovoluujeme poslat návrh obsahu studie vlivu magnézia na pískovec následkem horolezecké činnosti.

Náklady na studii se budou odvíjet od množství potřebných měření, instrumentální a časové náročnosti. Vzhledem k tomu, že průběžné výsledky mohou ovlivnit další průběh studie, napr. některé výsledky mohou být na tolik průkazné, že bude možné některé zamýšlené části studie vynechat a naopak, je uvedený finanční odhad pouze velmi přibližný.

- Část studie A odhadujeme na cenu 200-300.000,- Kč.
- Část studie B (body 12 a 13) odhadujeme na 50-100.000,- Kč.
- Část studie C body (16 a 17) odhadujeme na 50-100.000,- Kč.

Provedení studie v celém rozsahu je časově náročné, odhadujeme dobu 1-1,5 roku, zkoušky vterénu mohou trvat 2-5 let.

Jsmo si vědomi, že celá studie je finančně a časově náročná. Proto jsme ji rozdělili do několika bloků, a v případě potřeby je možné studii provádět po těchto dílčích krocích. To by umožnilo rozložit finanční zátěž na delší časové období. Další variantou je i spolufinancování studie pomocí grantu, napr. Ministerstva životního prostředí.

V Praze dne 1.12.2003

Ing. Petr Kotlík, CSc.

Ing. Irena Kucerová, Ph.D.

# Návrh obsahu studie vlivu magnézia na pískovec jako dusledek horolezecké cinnosti

Studie se bude zabývat chemicko-fyzikálními vlivy působení magnézia používaného při horolezecké cinnosti na pískovec. Studie v predpokládaném rozsahu nebude zkoumat, zda-li magnezium pomáhá zvyšovat trení a tedy pozitivne napomáhá při prekonávání gravitace při horolezecké cinnosti<sup>1</sup>.

## Pískovec

Pískovce patří mezi zpevnené sedimentární horniny. Liší se mezi sebou svým geologickým stáří, mineralogickým i chemickým složením.

Zrna pískovcu jsou nejcastěji kremenná, mohou být i kalcitická. Prostor mezi zrny může být volný nebo vyplněný pojivem. Pojivem se označuje strukturne odlišná jemnozrná složka sedimentární horniny, která dodává kameni soudružnost. Pojivo může být usazené soucasne se zrny pískovce, tzv. pojivo primární, nebo usazené dodatecne, tzv. pojivo druhotné – tmel. Kvalita a množství pojiva výrazne ovlivnují vlastnosti jednotlivých druhu pískovcu.

Vzhledem k shora uvedenému bude pro komplexní posouzení nezbytné prozkoumat vliv magnézia na různé druhy pískovcu, na nichž je horolezecká cinnost provozována.

## Koroze kamene

Koroze (tj. poškození) obecně stavebních materiálů, mezi které pískovce patří, se dělí na:

- korozi fyzikální – poškození fyzikální struktury materiálu/pískovce vlivem vnejších i vnitřních sil, napr. teplotní změny, působení vody a vodných roztoku solí, vznik nových minerálů, mechanické poškození,
- koroze chemická – změna chemického složení materiálu nebo některých jeho složek. Je způsobena napr. nečistotami z atmosféry, metabolickými produkty živých organismů aj.,
- biologická koroze – zahrnuje deje, které jsou vyvolané živými organismy.

## „Magnézium“

Na trhu je možné zakoupit „Magnézium“ od různých výrobců a v různé formě. Výrobci vždy nedeklarují přesné složení tohoto produktu. Při zbežném průzkumu bylo nalezeno následující chemické složení magnézia udávané různými výrobci:

- $\text{MgCO}_3$ ,
- $7 \text{MgCO}_3 \cdot 2\text{Mg(OH)}_2 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ,
- $4 \text{MgCO}_3 \cdot \text{Mg(OH)}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ .

Uhlicitan horecnatý ( $\text{MgCO}_3$ ) se v přírodě vyskytuje jako magnesit a nebo castěji jako dolomit ( $\text{MgCO}_3 \cdot \text{CaCO}_3$ ). Uhlicitan horecnatý se rovněž připravuje synteticky. Ve vodě je  $\text{MgCO}_3$  rozpustný jen velmi málo ( $9,4 \cdot 10^{-3}$  g v 100 g  $\text{H}_2\text{O}$  při teplotě 18 °C.). Přítomnost oxidu uhličitého ( $\text{CO}_2$ ) však

---

<sup>1</sup> Domníváme se, že všeobecně zastávaný názor, že magnezium pomáhá zvyšovat trení při styku rukou se skalním terénem nebyl, pokud je nám známo, dostatecne prokázán a naopak vyskytují se názory o jeho negativním vlivu na trení. Viz. clánek F.-X-Li, S. Margets, I. Fowler: Use of 'chalk' in rock climbing: sine qua non or myth? Journal of Sports Science, 2001, 19, 427-432.

rozpuštěnost  $\text{MgCO}_3$  ve vodě zvyšuje.  $\text{MgCO}_3$  se rozpouští v kyselinách. Pod teplotou  $16^\circ\text{C}$  krystaluje  $\text{MgCO}_3$  s 5 molekulami vody (pentahydrát), při vyšších teplotách existuje ve formě trihydrátu, kterou je možné převést až na monohydrát.

Krystalický zásaditý uhličitan horečnatý (hydromagnetisit) má přibližné složení  $4\text{MgCO}_3 \cdot \text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ . Obdobné složení má obvykle i synteticky připravovaný zásaditý uhličitan horečnatý (magnesium alba).

## **Předpokládaný vliv magnézia na pískovec**

Na základě výše uvedeného lze předpokládat, že by pískovec mohl být poškozován těmito mechanismy:

- Chemickou premenou uhličitanu horečnatého nebo zásaditého uhličitanu horečnatého na vodorozpuštěnou horečnatou sul (např. síran horečnatý) působením zředěných anorganických roztoků kyselin. Zředěné roztoky anorganických kyselin vznikají vymýváním plynných exhalátů ze vzduchu deštěm, sněhem a mlhou. I přes jejich nízkou koncentraci je agresivita kyselých srážek prokázána. Na kyselé srážky jsou citlivé především materiály na bázi uhličitanu (v přírodě vápence, dolomity aj.). Lze tedy očekávat obdobné působení i na „magnézium“ vyráběné synteticky. Vodorozpuštěné soli mohou přecházet do roztoku a z něho opět krystalizovat.
- Některé soli mohou za určitých podmínek ztrácet a opět přijímat krystalickou vodu (i ve formě vodní páry). To znamená, že mohou rekrystalizovat, aniž by přešly do roztoku. Jak bylo uvedeno výše, uhličitan horečnatý mezi takové soli patří.

Krystalizace solí je doprovázená tlaky – krystalizačními a hydratačními. Tyto tlaky působí uvnitř materiálu/pískovce, působí na stěny póru pískovce ve snaze je oddálit od sebe. Hodnoty krystalizačních a hydratačních tlaků solí, které se běžně ve stavebních materiálech a tedy i v pískovci vyskytují, se pohybují řádově v desítkách MPa. Pokud tyto tlaky překročí pevnost spojení jednotlivých zrn pískovce, dojde k jeho destrukci. V praxi se toto může projevit povrchovou korozí pískovce v místě aplikace magnézia.

## **Postup studia**

Studium navrhujeme rozdělit na tři samostatné části. První část studie (A) by se zaměřila na vliv magnézia na kámen v přírodních podmínkách (chemické změny, fyzikální změny magnézia, působení na kámen včetně petrografie). Druhá část studie (B) by se venovala vlivu potu na magnézium (nejdříve mimo kámen) a jeho případných produktů na kámen. Třetí část studie (C) by sledovala vliv potu na pískovec. Části studie B a C připojujeme na základě diskuze s některými členy CHS.

### **A.**

1. je nezbytné provést průzkum trhu – nákup magnézia od různých výrobců, analýzu jeho složení a průzkum jeho struktury za využití RTG difrakce, atomové absorpční spektroskopie (AAS), termické analýzy, optické a elektronové mikroskopie (SEM),
2. na základě zjištěných výsledků dle bodu 1 vypracovat podrobnou rešerši o vlastnostech a reaktivitě sloučenin obdobného složení jako má „magnézium“,
3. studium hydratace a dehydratace magnézia v závislosti na teplotě a vlhkosti vzduchu – provést vlhkostní a mrazové cykly a sledovat chování magnézia pomocí gravimetrie, RTG difrakce, optické mikroskopie, SEM, termická analýza,

4. studium rozpustnosti magnézia v závislosti na hodnote pH vodného prostredí za využitií AAS,
5. provést výber ruzných pískovcu dle jejich zastoupení v lezeckých lokalitách CR, stanovit základní vlastnosti vybraných pískovcu: hodnota pH vodného výluhu, obsah vodorozpustných solí, porozimetrie.

Následující testy budou prováděny na všech vybraných pískovcích.

6. studium vlivu magnézia na pískovce – provést krystalizacní a mrazové zkoušky pískovcu ošetřených magnéziem, sledovat zmenu jejich navlhavosti a nasákavosti vodou pomocí gravimetrie, fotografie a mikrofotografie, SEM, stanovení zmeny mechanických vlastností pískovcu, provést petrografii pískovcu (umožňuje sledovat nové fáze kamene),
7. zmena paropropustnosti pískovcu po ošetření magnéziem doplnená mikrofotografií a SEM,
8. zmena hodnoty pH vodného výluhu a obsahu vodorozpustných solí pískovcu po jejich ošetření magnéziem a následném umelém stárnutí,
9. odolnost pískovcu oteru po aplikaci magnézia na pískovec a umelém stárnutí – zkouška abrazivní odolnosti (zkušebna Horice),
10. polní zkouška (zkouška v terénu) – prirodzené stárnutí modelových vzorku s magnéziem v exteriéru – promerení studovaných vlastností pískovcu a zmen po stárnutí,
11. odber a promerení chemické struktury magnézia aplikovaného na pískovcových skalách v exteriéru (jarní a podzimní měsíce) – RTG difrakce, termická analýza, AAS, SEM, mikrofotografie,

#### **B.**

12. rešerše – vyhľadání modelových roztoku pro zkoušky vlivu potu (napr. vyhláška c. 84/2001 Sb.), informace o stabilite jednotlivých složek potu v exteriérových podmínkách, jejich reaktivita
13. vliv potu na magnézium – vystavit magnézium vlivu modelového vzorku potu, stanovit případné zmeny v jeho chemickém složení, rozpustnosti aj. za využitií: RTG difrakce, AAS, termické analýzy, optické a elektronové mikroskopie,
14. dle výsledku z bodu 12 mohou být navrženy další zkoušky na pískovcích,

#### **C.**

15. rešerše shodná jako v bode 12,
16. vystavit vzorky pískovcu pusobení modelových vzorku potu, stanovení zmen vlastností pískovcu pred a po umelém stárnutí (hodnota pH vodného výluhu, stanovení obsahu vodorozpustných solí aj.), vliv potu na biologickou kontaminaci kamene,
17. dle výsledku z bodu 15 a 16 provést krystalizacní a mrazové zkoušky na vzorcích pískovcu (obdobne jako v bode 6),

Rada zkoušek bude prováděna podle CSN, některé postupy uvedené v normách budou modifikovány na objekty merení. V rámci studie budou využity následující normy:

- Zkoušení přírodního stavebního kamene, základní ustanovení CSN 72 1151,
- Odber vzorku přírodního stavebního kamene 72 1152,
- Stanovení pevnosti přírodního stavebního kamene 72 1157,
- Zkušební metody přírodního kamene – Stanovení odolnosti proti stárnutí pusobením SO<sub>2</sub> pri zvýšené vlhkosti CSN EN 13919,

- Zkušební metody přírodního kamene – Stanovení odolnosti proti krystalizaci solí CSN EN 12370 (72 1144),
- Zkušební metody přírodního kamene – Stanovení mrazuvzdornosti CSN EN 12371 (72 1147),
- Zkušební metody přírodního kamene – Stanovení nasákavosti vodou za atmosférického tlaku CSN EN 13755 721149,
- Stanovení odolnosti přírodního stavebního kamene proti vlivu povetrnosti CSN 72 1159,
- Zkouška paropropustnosti malty vůči vodním parám CSN 72 2454.

Výber norem může být upraven dle výsledku rešerše či měření.

Výsledkem části A bude zodpovězení otázky, zda-li magnézium poškozuje pískovce a identifikace mechanismu tohoto poškození při prosté aplikaci magnézia na pískovcové skály při zanedbání možného vlivu lidského potu. Tyto vlivy by měly být zodpovězeny po provedení části studie B (vliv potu a magnézia na pískovce) a C (vliv potu na pískovce).

V Praze dne 1.12. 2003

Ing. Petr Kotlík, CSc.

Ing. Irena Kucerová, Ph.D.