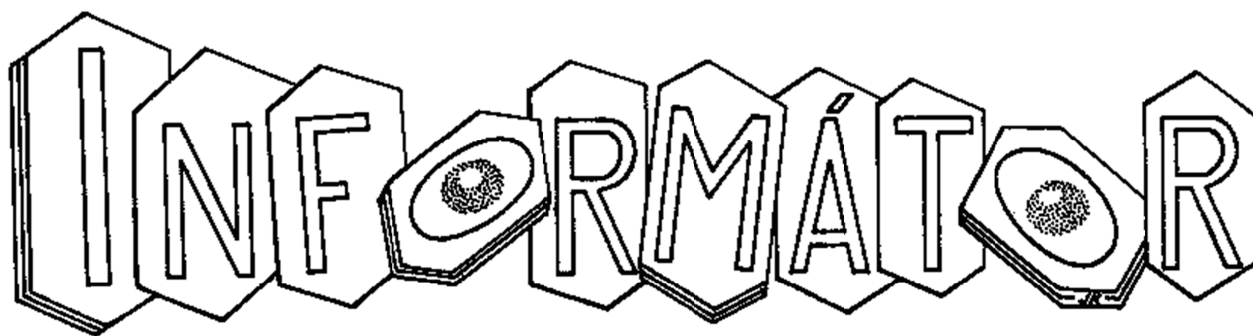




ČESKÁ SPOLEČNOST PRO VÝZKUM A VYUŽITÍ JÍLŮ

Česká společnost pro výzkum a využití jílu (ČSVVJ), ustavená v roce 1998, sdružuje zájemce a stimuluje teoretický i aplikovaný výzkum, vzdělávání a mezinárodní styky v oblasti argilologie. ČSVVJ je pokračováním „Československé národní jílové skupiny“, která byla založena v Československu v roce 1963.

Číslo 66

Květen 2020

SLOVO EDITORA

Vážení přátelé,
dostává se k Vám nové číslo Informátora, byť v trochu jiné podobě než obvykle. V současné době z důvodu koronavirové epidemie je zrušeno hodně akcí, konferencí a seminářů. Číslo tedy neobsahuje některé pravidelné informace. Pravděpodobně ještě více bude postiženo i příští číslo, které většinou přináší příspěvky z různých setkání proběhlých v létě a na podzim.

Doufám, že to neovlivní Vaši přízeň a i v těchto těžkých dnech Vás potěšíme naším bulletinem.

Výbor se rozhodl nepořádat jarní seminář, který se měl uskutečnit v Ostravě a bude přesunut na podzim. V letošním roce měla být i středo-evropská konference v Polsku, kterou polští přátelé po konzultaci s námi odložili na rok 2022, neboť v roce 2021 se koná Euroclay v Turecku a termín by kolidoval. My jsme měli tuto konferenci pořádat právě v roce 2022, takže jsme termín poskytli Polsku a my ji uspořádáme v roce 2024. To se týká i mnoha jiných akcí (viz aktuality).

Doufám, že jste všichni v pořádku a že se zase brzy sejdem na nějaké společné akci.

Uzávěrka podzimního čísla je 8. 10. 2020.

Všechna dosud vyšlá čísla a další informace jsou na webových stránkách Společnosti na adrese: www.czechclaygroup.cz

Na závěr slova editora přeji všem našim čtenářům prožití letních dnů ve zdraví a pokud možno krásnou dovolenou v našich lesích, lužích a hájích.

Martin Štastný, editor
Rozvojová 269, 165 00 Praha 6
tel.: 233087233
e-mail: stastny@gli.cas.cz, stastny.cm@seznam.cz

OBSAH PŘEDNÁŠEK Z PODZIMNÍHO SEMINÁŘE

Dne **30. 11. 2019 v 10.45 hod.** pořádala MFF UK Praha ve spolupráci s Českou společností pro výzkum a využití jílu podzimní seminář, který se konal na MFF UK Praha. První z přednášejících se ze zdravotních důvodů omluvil a poslal svůj příspěvek k přečtení a nyní publikujeme jeho psanou verzi. Dvojice dalších přednášejících zaslala rozšířený abstrakt. Oba příspěvky najdete v následujících řádcích.

JÍLY CYPRISOVÉHO SOUVRSTVÍ A JEJICH VYUŽITÍ PŘI VÝROBĚ EXPANDOVANÉHO KAMENIVA

Petr Rojík¹⁾, Marek Krössl²⁾

¹⁾ Muzeum Sokolov, 356 01 Sokolov, Zámecká 1, petr.rojik@email.cz

²⁾ Lias Vintířov, lehký stavební materiál, k.s., Vintířov

Cyprisové souvrství se nachází v Sokolovské a Chebské pánvi. Jeho dominantní horninou jsou karbonátové jílovce. Souvrství vzniklo usazováním kalů v jezerech mladších třetihor (miocénu). Bylo pojmenováno podle vápenatých schránek skořepatců rodu *Cypris angusta*. Cyprisové souvrství je průběžně odkrýváno těžbou na Sokolovsku, kde tvoří nadloží uhelné sloje. Vybrané vrstvy spodní části souvrství jsou od roku 1964 selektivně těženy a využívány k výrobě lehkého expandovaného kameniva liapor (keramzit).

Podrobný náhled do mineralogického a geochemického složení cyprisového souvrství poskytla studie Kříbka et al. (2017), provedená ve spolupráci s firmou Sokolovská uhelná, právní nástupce, a.s. Studie se opírá o studium vrtných jader dvou vrtů Dp 333 a Jp 585, s intervalem odebíraných vzorků 10 cm. Celkem bylo

analyzováno 1635 vzorků metodou PXRF, 90 vzorků chemickou analýzou, dále byla prováděna prášková rtg. difrakce, elektronová mikroskopie, rtg. fluorescenční spektrometrie, macerátová analýza organických pletiv v normálním a UV světle, Rock-Eval analýzy, magnetická susceptibilita a její anizotropie.

Cyprisové souvrství se ukládalo v jezeře oháreckého riftu. Jeho denudační mocnost se pohybuje kolem 80 m, maximální zjištěná mocnost v centru Sokolovské pánve dosahovala 183 m. Spodní část souvrství má velmi kolísavou mocnost (v závislosti na prosedání uhelného a jílového podloží). Ukládala se v permanentním sladkovodním jezeře s hydrologicky otevřeným systémem. Jíly se skládají převážně z kaolinitu a podstatné příměsi křemene, sideritu, dolomitu, draselného živce a muskovitu.



Obr. 1. Ilustrační foto cyprisového souvrství

Svrchní část souvrství má poměrně stálejší mocnost vrstev. Vytvořila se v epizodicky vysychajícím meromiktickém jezeře, v uzavřeném hydrologickém systému. Jezero mělo anoxické dno a tendenci k eutrofizaci vody. Svrchní část souvrství se skládá ze směsi jílových minerálů kaolinitu, illitu, montmorillonitu a smíšených struktur I/S. Častou příměsí jsou analcim, draselný živec, křemen, muskovit, opál, pyrit, greigit a organická hmota řasového a pylového původu.

Od báze po strop souvrství vzrůstá podíl prvků K/Zr, K/Ti, rostou obsahy K, Rb a klesají obsahy Zr a Ti, což se interpretuje rostoucím podílem pelitu nad klastickou složkou, zjemňováním zrnitosti, klesáním rychlosti subsidence pánve a ubýváním podílu materiálu vulkanického původu. Zároveň ve stejném směru rostou podíly prvků Ca/K a Sr/K jako indikátory srážení karbonátů. Svrchní část souvrství obsahuje desítky téměř průběžných poloh pelokarbonátů (převážně dolomitu až ankeritu).

Ve svrchní části cyprisového souvrství byly zaznamenány projevy rostoucí salinity a aridizace prostředí. Jejich indikace mají povahu mineralogickou (výskyt evaporitů a analcimu), paleontologickou (rostlinné halofyty), geochemickou (místa vysoký obsah boru, růst podílů Rb/K, Na/Zr, Na/Ti, Si/Ti a Si/Zr, obsah izotopu $\delta^{18}\text{O}$ v karbonátech +30,2 až 37,5 ‰, obsah izotopu $\delta^{13}\text{C}$ v karbonátech průměrně +9,8 ‰, obsah izotopu $\delta^{34}\text{S}$ v pyritu +7,2 až 45,1 ‰)

a sedimentologickou (eolické laminy, desikační praskliny, pelokarbonátové polohy, konvoluce pelokarbonátů).

Porovnáním obsahů Ti, Zr, Ba v cyprisovém souvrství a v okolních kaolínech a tufech bylo zjištěno, že materiál cyprisového souvrství byl přinášen jak ze zvětralého krystalinika, tak i z vulkanitů. Zajímavá je cykličnost vrstev, která prolíná všemi souvrstvími Sokolovské pánve. Do cyprisového souvrství se zřetelně vtiskly sedimentační cykly, složené z párů lamin s kontrastním obsahem organické hmoty.

Historie průzkumu a zpracovávání jílovců cyprisového souvrství sahá do poloviny minulého století. Ve Vintřově na Sokolovsku byly v roce 1965 spuštěny dvě pecní linky na výrobu keramzitu – expandovaného keramického granulátu. Impulsem byla masivní panelová výstavba a potřeba nových kvalitních stavebních materiálů zajišťujících lepší tepelně-izolační vlastnosti obvodových stěn. Technologie výroby byla inspirována obdobnými závody provozovanými na území tehdejšího SSSR a v průběhu let byla inovována.

Cyprisové jílovce jsou v současné době těženy ve velkolomu Jiří. Do závodu jsou zaváženy



Obr. 2. Keramzit – ilustrační foto

kolejovou dopravou a skladovány v zastřešeném skladu. Následuje proces drcení, mletí a homogenizování. K samotnému výpalu dochází v rotační peci při teplotách cca. 1150 °C. Výsledný produkt je ryze přírodní materiál a vyznačuje se nízkou sypanou objemovou hmotností, dostatečnou pevností zrna a výbornými tepelně-izolačními vlastnostmi. Liapor je využíván jako kamenivo pro výrobu lehkých tepelně-izolačních i konstrukčních betonů, pro záspy, násypy, zelené střechy atd.

Literatura:

Kříbek B., Knésl I., Rojík P., Sýkorová I., Martínek K. (2017): Geochemical history of the Lower Miocene lake, the Cypris Formation, Sokolov Basin, Czech Republic. *Journal of Paleolimnology*, **58**, 169–190.

Rojík P., Dašková J., Krásný J., Kvaček Z., Sýkorová I., Teodoridis V. (2010): Sokolovská pánev. In: Pešek J. (ed.): *Terciární pánev a ložiska hnědého uhlí České republiky*. Česká geologická služba, Praha.

ANTROPOGENNÍ AUREOLY V RECENTNÍCH SEDIMENTECH

Ivan TURNOVEC

e-mail: ivan@turnovec.cz

Abstract: Products of human activities (technolites) are more and more distinct components of Quaternary sediments. Depending upon composition and representation we can define: 1) transferring masses of natural material (mining spaces, bushels, dams); 2) representation of technolites – extensive (like in city agglomeration) or local (dumping places); 3) dispersed technolites in Quaternary sediments and alluvia. While the first two types are really distinctive and affect not just the environment, but also local geomorphology, the third type stays behind. Nevertheless, its significance is becoming more and more important and it is desirable to be concerned with anthropogenous contribution to Quaternary sediments. Examples are included.

1. Úvod

Pravdou je, že dochází ke stále výraznějšímu oddělování lidského druhu od ostatní přírody planety. Lze to sledovat v souvislosti s rozvojem vědy a techniky. Naše společnost se stala společností spotřební. Se zvyšující se osobní spotřebou souvisí zvětšující se objem nejen technolitů, t.j. produktů člověkem vyráběných a používaných, ale i nejrůznějších technologických a jiných odpadů. Existují již celé masy materiálů, které nemají přirozený původ. Na skládkách vzniká zcela nové prostředí neslučitelné mnohdy s podmínkami pro život. Řízených i černých skládek přibývá a současně dochází k jejich mechanické i chemické migraci do okolního prostředí. Tento trend je natolik výrazný, že za posledních sto let ovlivňuje prostředí celé planety s téměř geometrickým zrychlováním. David Attenborough ve své knize *Planeta žije (The Living Planet)* z roku 1984 píše: "Dnešní člověk je natolik důmyslným inženýrem a vynalézavým výrobcem nových materiálů, že ve městech už není téměř nic, co by nebylo vyrobeno uměle. Jen těžko si lze představit prostředí, které by bylo vzdálenější přírodě než to, jež představuje mrakodrap Searsovy společnosti v Chicagu... Její vnitřní kostru tvoří ocelová konstrukce, vnější stěny jsou z pokoveného skla, eloxovaného hliníku a nerezavějící oceli. Každé ráno se do ní nastěhuje 12 000 lidí a stráví v ní, daleko z dosahu slunečních paprsků, celý den. Všichni dýchají přečištěný, zvlhčený a pro jejich pohodlí přehřátý nebo vychlazený vzduch, který dodávají počítačem řízená čerpadla. Půda v širokém okolí je zapečená asfaltem a betonem, vzduch je zahuštěn výfukovými plyny automobilů..."

2. Akumulace a rozptyl technolitů v přírodě

Během holocénu se postupně stával člověk dominantním živočišným druhem. Současně s přechodem od nomádkého k usedlému způsobu života, začal stále výrazněji ovlivňovat okolní

přírodu. Nejmladší geologické období čtvrtohor označil názvem HOLOCÉN Angličan Charles Lyell v roce 1833. Udělal tak proto, aby vymezil „nové období“, epochu, v níž žijeme jako druh HOMO. Jeho termín byl přijat na geologickém kongresu v Boloni roku 1855 v poněkud užším časovém horizontu jako „období po poslední době ledové“, tedy něco kolem 12 000 let. V každém případě se během holocénu stával člověk dominantním živočišným druhem.

Podle odhadu kvartérních geologů (Ložek, 1973, 2007) a dalších, bylo do současnosti člověkem změněno více než 30 % souše. Jeho vliv na vodní zdroje, moře a oceány je také velmi významný (Gore, 1992). Ekologové se zaměřují na znečišťování životního prostředí. Jimi sledované skládky a skleníkové plyny ale nedávají skutečný obraz o rozsahu produktů lidské činnosti v okolním prostředí, ať jde o sedimenty, vodní toky a nádrže nebo atmosféru.

Existují již běžně i antropogenní uloženiny bez přírodního podílu, nebo alespoň vlivu. Rozlišují se podle původu a složení (komunální, průmyslové, stavební). Jde o odpady na skládkách postupně i řadu let ukládané, mající výraznou stratifikaci, projevující se nejen přírůstkově, ale i látkově. Dále se setkáváme s účelovými uloženinami (jde o součást inženýrských děl, hráze, násypy silnic a železnic, letiště, podklady vozovek); souvisejícími s těžbou (haldy, odvaly a odkaliště); nebo souvisejícími s výrobou energie (popely, škváry, výsycky elektrárenských popílků – jde v podstatě o jednodruhovú skládky). Existují i uloženiny speciální (sem lze zařadit městskou výstavbu, zvláště jde-li o jednotlivé kulturní vrstvy na sebe navazující, nebo např. mohyly).

K antropogenním uloženinám se někdy zařazují i sedimenty umělých vodních nádrží, které vznikají rychleji než obdobné sedimenty přírodní (rychlost sedimentace v přehradách bývá až 50 cm/rok). Zde je ale charakter nánosů, i jejich stratifikace, zcela přírodní; člověkem byly pouze ovlivněny podmínky jejich vzniku. Oproti tomu, přesouvání přírodního materiálu do náspů či hrází má jiný než přírodní charakter co se stratifikace týče a navíc vždy se zde objevují technolity, ať již jako klastický materiál, nebo dokonce část jich bývá i součástí těchto staveb (různá zpevňovací betonová žebra, odtokové a drenážní kanály atp.).

Je škoda, že kvartérní geologové tento fenomén dlouhodobě podcenili. Antropogenní produkty v přírodě pokládají za nežádoucí odpad a nevěnují mu dostatečnou pozornost. Je to škoda, velkoměstské aglomerace jsou také součástí zemského povrchu, i když nemají s původními ekosystémy nic společného. Životní podmínky v nich jsou mnohdy zcela umělé (klimatizaci počínaje). Kromě člověka umožňují život některým parazitním druhům, jako jsou potkani, vybraný hmyz a plevní ptáci. Tato společenstva vytvářejí zvláštní ekosystém, který je nevyvážený a tudíž snadno poškoditelný nejen vnějšími vlivy, ale i nemocemi a samootravou.

Podobná je situace i v zemědělsky obhospodařovaných územích. Rostlinné monokultury jsou bez chemického ošetřování neschopny samostatného života a obrany proti škůdcům.

V hnojivech je např. vázáno více dusíku než ve zbývajících přírodních zdrojích. Problémem se stává i hospodářské zvířectvo. Zatím co se zvětšující stáda dobytka stávají destabilizačním prvkem v některých státech Afriky a jižní Ameriky, dochází k vymírání mnoha druhů živočichů v tzv. volné přírodě. Podle posledních studií ubylo v posledních dvaceti letech 30 % živočišných druhů. Ostatně ta „volná příroda“ již prakticky neexistuje, protože přirozená distribuce většiny prvků je činností člověka porušena. Síra, arzen, olovo, ale i nikl, kobalt, rtuť a další prvky se koncentrují v rostlinách i živočišných díky průmyslové výrobě, výrobě energií a dopravě.

Paradoxně prvními kdo si rozptýlu antropogenních technolitů v přírodě začali v minulém století výrazněji všimnout, byli prospekční geochemici (Turnovec, Veselý, 1975). Při vyhledávání anomálií indikujících rudní výskyty se setkávali s falešnými anomáliemi vznikajícími právě z důvodu přítomnosti antropogenních vlivů (Turnovec, Veselý, 1976). Zdrojem kontaminací byly často úpravárenské odpady, rudnina na lesních a polních cestách a také lokální skryté skládky komunálního odpadu (plechovky od barev a olejů, nefunkční elektrospotřebiče atp.).

V souvislosti s prospekci bylo také zjišťování antropogenních podílů v nadsítných podílech šlichových vzorků. První zkušenosti jsme získali v Krásnohorském-Milešovském rudním revíru (Tenčík, Turnovec, 1976), (Tenčík, Turnovec 1977). Promítly se do metodiky regionální šlichové prospekce a začalo se s ověřováním podílu antropogenních složek v nadsítných frakcích, stejně jako s analýzou podsítných podílů. V rámci úkolu Reinterpretácia šlichového prieskumu na území Slovenska (Bačo, 2002): „Zvláštna pozornosť je venovaná tiež antropogénnemu materiálu v ťažkej frakcii a tak bude možné komplexne zhodnotiť dopad rizikových kontaminantov na tvorbu abiotickéj zložky životného prostredia.“ se začalo sledovat celostátně.

2.1 Hlavní typy klastických technolitů

Sklo je tuhým roztokem oxidu křemíku a dalších příměsí. Do výrobní vsázky se přidávají stabilizátory (např. PbO, BaO, MgO), taviva (Na_2O , K_2O , B_2O_3) a barvicí látky (Fe^{3+} , Cu, Cr, Co, Ni, Pb apod.). Chemické složení je závislé na použité surovinové směsi. Podle příměsí jsou skla křemenná (nejméně 98 % SiO_2), hlinitá, vápenatá nebo železitá. V přírodě se s nimi setkáváme o něco méně často než v minulém století. Může za to využívání plastů.

Umělé horniny imitující přírodní kámen (mramor). Jsou složeny z hydraulického pojiva (maltoviny) a kamenné nebo cihlové drti, písku apod., dále umělé mramory tvořené ze sádry a mramorové moučky nebo chemicky, horniny napodobující pískovec, břidlici, granit, syenit nebo diorit. Při jejich výrobě se používá směs úlomků vhodného tvaru, jde o křemenný písek, drť mramoru, granitu, pokrývačských břidlic, úlomky skla nebo zrcadel apod. Pojivím médiem bývají umělé pryskyřice, nebo portlandský cement. Tuhnutí probíhá při podtlaku, takže v umělých kamenech nejsou vady, hlavně mikrotrhlínky běžné pro přírodní

kameny. Většinou se vyrábějí z těžebních odpadů (Bohemia stone, Jablonec nad Nisou).



Obr. 1 Skleněné technolity na mořském pobřeží

Stavební pojiva - jde o hmoty, které s vodou a plnivem mají zpracovatelnou konsistenci a po zatvrdnutí získávají potřebnou mechanickou odolnost. Nejstarším pojivem byla jílovitá zemina se sádrou a vápnem, používaná již v antice. Dnes se používají maltoviny, připravené pálením vápnitých surovin na vysokou teplotu a jejich následným rozemletím. Vzdušné maltoviny po smísení s vodou tuhnou, tvrdnou a jsou stále pouze na vzduchu. Patří k nim sádra a sádrová pojiva, vzdušné vápno a hořečnatá maltovina. Jejich mechanická odolnost je malá a setkáme se s nimi v náplavech jen výjimečně (torza sádrových soch).

O něco častější je výskyt zbytků hydraulických maltovin. Nejdůležitější je od středověku malta vápenatá. Indikuje nám místa, kde stávaly stavby, nebo jejich konkrétní blízkost. Odolnost při mechanickém transportu je poměrně nízká a v zrnitostech pod 2 mm už nejde jednoznačně identifikovat.

Cementy jsou silikátové maltoviny systému $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3$, obsahují novotvořené minerály vznikající během výpalu. Nejdůležitější jsou vápenaté křemičitanové alit a belit, alumináty celit a trojvápenatý hlinitan, vzácnější pak oxid vápenatý CaO a periklas MgO . Díky minerálním fázím můžeme tyto hmoty identifikovat i při jejich mechanickém rozdušení v jemnějších klastických podílech.

Betony jsou již běžnou klastickou součástí usazenin v tocích procházejících obytnými aglomeracemi. Mají vysokou pevnost v tlaku, trvanlivost, tvrdost a odolnost. Lze se s nimi setkat i na značnou vzdálenost od zdroje.

Vypalované stavebniny, jde o nejrůznější výrobky z jílovitých směsí. Podobný charakter má kamenina a další keramické výrobky využívané v domácnostech.

Jako cihlářské výrobky se označují nežárovzdorné keramické výrobky pórovité, barevné (červené, okrově žluté). Vypalují se v rozmezí teplot 900 až 1100 °C. K výrobě se používají jílovité zeminy (jíly, jílovité břidlice, spraše) a uhlíkaté zeminy (slíny, slinité jíly a jílovce). K nim se přidávají tzv. ostřiva (písek nebo cihlová drť) a lehčiva (uhelný mou, rašelina, škvára, dřevěné piliny). Některé jíly uvolňují při vypálení plyny za vzniku pórů. Vznikají tak velmi lehké produkty, keramzit, či expanzit. Mechanická odolnost sice není velká, ale

v náplavech se dostanou i do vzdálenosti několika kilometrů.

Kameniva a porcelán se vyrábí vypálením z jílu bohatých volným oxidem křemičitým. Vypálením vzniká jednak skelná fáze (30–60 %) jednak krystalická fáze (hlavně mullit a kristobalit). Mají již značnou odolnost a se střepy se setkáváme i velmi daleko od zdroje.

Strusky a popely – Strusky, zejména vysokopeční se stávají významným konkurentem přírodního kameniva. Při tavení železné rudy vzniká zhruba stejný objem železa a strusky za teplot kolem 1 800 °C, struska je z toho hlediska vlastně tavný kámen, vzniklý rychlou krystalizací křemičitanové taveniny. Minerály, které strusku tvoří, jsou proto velmi často kostrovité. Jako hlavní složky se vyskytují melilit, merwinit, diopsid a jiné pyroxeny, plagioklas, olivín. Vedlejší složky jsou monticellit, rankinit, pseudowollastonit (vesměs silikáty kalcia) a oldhamit. Vysokopeční strusky se zpracovávají na štěr, jako náhrady za keramzit, používají se při výrobě tvárnice, jako hnojivo k vápnění kyselých půd i jako surovina ve sklářství a na výrobu minerální vlny. Ocelářské strusky se zpracovávají na koncentrát, který se vrací do pecí a drcený kámen do betonů nebo pojivo pro zemědělství, struskový písek je používán jako plnidlo do malt a betonů. Zatím se s nimi setkáváme jen ojediněle, nicméně lze očekávat jejich častější výskyt vzhledem k jejich masivnějšímu využívání.

Popel – vlastnosti popelů jsou ovlivněny původem uhlí (popely černouhelné, hnědouhelné) a způsobem a podmínkami jeho spalování (spalovny, tepelné elektrárny, pece). Jsou tvořeny hlavně křemenem, mullitem a sklem a pro hydraulické vlastnosti jsou používány zejména do betonových směsí. Z většiny elektrárenských popílků lze získat i phillipsit (syntetický zeolit) vhodný jako hnojivo. V popílcích z elektráren (Dvůr Králové a dalších) bylo identifikováno také sklo, křemen, mullit, magnetit, hematit, metakaolinit, rutil, plagioklas, sillimanit, hercynit a vzácně i další minerály. Podobné složení mají i popílky ze spaloven, v nichž se objevují navíc chlorid vápenatý, siřičitan a síran vápenatý.

2.2 Příklady antropogenních podílů v náplavech

Prvním popisovaným antropogenním materiálem, nebudeme-li uvažovat veškeré nálezy archeologické, bylo sklo. Upozornit chci proto hlavně na užitkové křemenné sklo, vyráběné člověkem. Sklo, původně vzácný materiál, zdobící příbýtky patricií od římských dob, je dnes velmi běžné a tak se s jeho zbytky můžeme běžně setkat v přírodních podmínkách. Během 19. a 20. století se stalo sklo z luxusního zboží běžným užitkovým materiálem, používaným nejen pro předměty denní potřeby, ale také ve stavebnictví a jako běžný obal (normalizované lahve). Bez ohledu na to, že jde o materiál snadno recyklovatelný, dostávaly se skleněné střepy velmi často do svahovin a vodních i terestrických usazenin. Většinou jde jen o stopové nebo podřadné lokální zastoupení. Někde je ale tento antropogenní materiál zastoupen i výrazněji (na skládkách), a odsud se dostává mezi přírodní klastika. I při téměř stopovém výskytu jej lze použít

jako indikátoru antropogenní činnosti v okolí. Ve výjimečných případech i jako určité stratigrafické měřítko.

Se sklem v klastických podílech recentních náplavů českých potoků jsem se poprvé setkal mezi Krásnou Horou a Křečovicemi ve středních Čechách. Odebírali jsme vzorky sedimentů a rýžováním získávali těžké podíly během průzkumných prací na zlato a antimon (Tenčík a Turnovec, 1977). Úlomky skla byly v blízkosti obcí, společně se zlomky cihel a stavební keramiky, nejvýraznějším antropogenním materiálem. Zdrojem jsou hlavně skleněné lahve (čiré, hnědé a zelené), méně pak tabulové sklo, případně jiné skleněné výrobky. Sklo se chová se jako klasický klastický materiál. Vzhledem ke své relativní měkkosti dochází velmi rychle k jeho opracování na ploché valounky. Velikost kolísá, lze objevit i větší úlomky lahví, nicméně s délkou transportu měřitelnou již ve stovkách metrů dochází k výraznému zmenšování až na velikost drobného štěrku a štěrčiku, t.j. na úlomky s maximálním rozměrem od 22 do 50 mm. V nadsítném šlichových vzorců (frakce nad 2 mm) bylo nicméně sklo nalézáno sporadicky i v maximální vzdálenosti od lidských obydlí. Lze konstatovat, že valounky skla jsou rozptýleny po celém území. Při exkurzním šlichování na potocích Krásnohorská v roce 2006 byly skleněné valounky nalezeny zhruba ve stejném rozsahu jako během průzkumných prací v letech 1972–1976.

Znovu a výrazněji jsem měl možnost sledovat sklo, jako klastický materiál, o něco později na pobřeží Středozemního moře. Štěrky a písky na mořském pobřeží Černé Hory, v širším okolí měst Budva a Sutomore, jsou převážně vápencové. U některých letovisek jsou umělé pláže s dovezeným křemenným pískem. Dokonale opracované valounky skla, zelené, bílé i čiré, jsou zastoupeny v přírodních i umělých plážových sedimentech. Zdrojem jsou převážně skleněné lahve. Nejlépe lze skleněné valounky sledovat v mezích oscilace mořské hladiny. Jejich velikost zde koresponduje s velikostí středně hrubých složek plážových písků či štěrčiků. Pokud jsem se odhadnout kvantitativní zastoupení (Turnovec, 1982). V příbřežní linii u Sutomore, na nejvíce navštěvované pláži, je na ploše čtverečního metru 42 tisíc klastických součástek o rozměrech 2–10 mm. Z toho je 1 900–2 400 skleněných valounků, což reprezentuje 4,5–5,7 % objemových. V místech mimo hlavní turistické oblasti bylo zjištěno na ploše m² 100–550 úlomků, tj. 0,24–1,3 %. Zjištěný podíl je již dostatečně významný, aby se s ním počítalo při petrologickém studiu příbřežních mořských sedimentů.

To jsem si ostatně ověřil v roce 2004 v jihozápadní Francii. Zde jsou v aluviích, ale i v některých svahovinách také skleněné úlomky a valounky. Nenalezl jsem je však běžně v plážových sedimentech jako v Chorvatsku a v Černé hoře, ale v potocích a na svazích tvořících jejich zářezy. Jde patrně o odpady rozbitého skla místních vinařů, objevil jsem dokonce menší skládku střepů nedaleko Bordeaux.

Dalším příkladem mohou být valounky sklovité strusky ze středu Čech. Jsou to modravé sklovité valounky, nalézající se v náplavech Sázavy mezi

Kácovem a Vlastějovicemi. Jde o klastické částice „bublinaté, matné a jejich barva je většinou světle modrá, někdy s odstínem do zelena nebo fialova“, jak byly popsány v nálezové zprávě v časopise *Věda a život* v roce 1973. Určitou dobu se předpokládalo, že jde o materiál podobný vltavínům, nazývány proto byly sázavíny (Patrovský, 1989). Nějakou dobu byly proto středem sběratelského zájmu. Ukázalo se ale, že to jsou struskovité pozůstatky po výrobě železa, která zde byla zahájena v 16. století. Skončila za napoleonských válek. Jako kvalitní železná ruda sloužil magnetit z vrchu Fiolník. Popsal jej profesor Koutek (1965). Skarnové ložisko Vlastějovice bylo těženo ještě v šedesátých letech minulého století, a bylo předmětem zájmu petrologů, i mineralogů. V polovině sedmdesátých let byla těžba na ložisku ukončena. S jejím ukončením, a současně s určením původu sklovité strusky, upadl i sběratelský zájem o ní. Stalo se tak ale neprávem, protože jde o historickou zajímavost, a to o to větší, že údaje o historické výrobě železa ve zdejší oblasti jsou archivně dohledatelné.

Výrazný podíl technolitů jsme měli možnost pozorovat i v náplavech Zlatnianky (Hostianskeho potoka) kde jsme ověřovali zlatonosnost (Turnovec I., Illášová L., 2003). Při odběru materiálu pro šlichování byly, kromě nejrůznějších zbytků skla a plechovek v nivních náplavech, nalezeny ještě kousky cihel a úlomky železa ve štěrkopískových náplavech i v hloubce 2 až 2,5 m pod úrovní terénu. Lze předpokládat, že část tohoto materiálu může pocházet až ze 16. století. Kvantifikace antropogenního podílu provedena nebyla. Zastoupení antropogenních podílů ve zdejších náplavech se nicméně budeme věnovat.

3. Závěr

Na závěr si dovolím malé extempore. Je bezesporu potřebné věnovat se studiu kvarterní sedimentace včetně jejího antropogenního podílu. Zatím co pro archeology byly a jsou vždy potěšitelné nálezy zbytků po činnosti našich předků od doby kamenné až po dobu téměř současnou (připomenout mohu jen ověřování bojišť první a druhé světové války), některé zbytky po průmyslové výrobě i občanském životě již potěšitelné nejsou. Vliv lidské činnosti obecně narůstá geometrickou řadou. K hlavnímu rozvoji technolitů dochází v 19. století díky rychlému vývoji vědy i techniky. Začaly se tehdy využívat stroje a s tím hromadná tovární výroba, vedoucí k současné spotřební společnosti. Víra v člověka a jeho vědecký rozvoj byla tak veliká, že francouzský jezuita, přírodovědec a filozof Teilhard de Chardin na počátku dvacátého století, ve svých studiích o životě, člověku a přírodě, propagoval pro tehdejší vývoj ruským geochemikem navržený termín NOOSFÉRA tedy „oblast rozumu“. Až mnohem později si nad výsledky svých výzkumných prací uvědomili kvartérní geologové, klimatologové a hydrogeologové, že vliv člověka na okolní prostředí není jen pozitivní, ale může mít i destruktivní vliv vedoucí až k sebezničení.

Kromě střizlivě odborného (a toho je po pravdě stále málo), došlo i k emocionálnímu přístupu k ochraně přírody. Na tomto místě lze připomenout

B. Bardotovou, nebo „ochránce“ kteří se nechají připoutat ke kmenům smrků napadených kůrovcem.

Altruismus a emocionální přístup na jedné straně a protisnaha o využití přírodních zdrojů pro osobní spotřebu, vedly a vedou nejen k názorovým, ale někdy i fyzickým střetům. Dnes proto existují ve společnosti dvě protichůdné názorové fronty.

Jde o zastánce ochrany přírodního prostředí, kteří si přejí, aby byly zachovány ekosystémy popsané v devatenáctém a na počátku dvacátého století. Vycházejí z toho, že člověk je součástí přírody a měl by tedy žít v harmonické symbióze se všemi ostatními živými organismy. Paralelou mohou být některá východoasijská náboženství.

Proti názoru, že příroda je pro člověka rovnocenný partner, vystupuje rozsáhlá ekonomicko-spotřební lobby, v našem státě zastoupená Václavem Klausem. Podle ekonomů a majitelů průmyslových podniků, ale i mnoha dalších vyznavačů „spotřební společnosti“ je, a má být i nadále, jediným měřítkem spotřebitelský prospěch. Základem všeho je zisk jednotlivce a tomu se má podřítit vše ostatní. Příroda není partner, ale zdroj energie, surovin a potravy. Jde v podstatě o velmi pragmatický materialistický přístup.

Oba názory jsou extrémní, a je tragédií, že se podařilo jejich zastáncům vyprofilovat se tak, že neexistuje diskuse a tím pádem ani rozumný kompromis mezi oběma skupinami, tedy mezi zastánci omezování a zastánci zvyšování osobní spotřeby.

Každý jistě souhlasí s tím, že vliv člověka na okolní prostředí je stále výraznější a že bez ohledu na nejrůznější prohlášení dosud nelze o jeho zlepšování ve prospěch lidské populace v naší republice mluvit. Věřím proto, že ochrana přírody obecně a životního prostředí (což je díky člověkem vytvářenému prostředí ve městech i na venkově, dnes již pojem odlišný), se stane v příštích letech zcela jistě vážným tématem, a to ne jen diskuzním.

Literatura

- Bačo P. (2002): Šlichová prospekcia na Slovensku. *Mineral*, X, 4, 294-297, Brno.
- Gore Al. (1992): *Earth in the Balance*. Houghton Mifflin & Co. Inc., Boston, (český překlad 1994), *Země na misce vah*. Argo, Praha, 373 s.
- Koutek J. (1965): Magnetitová ruda magdalenská skarnové kry ve Vlastějovicích. *Zprávy o geol. výzk.* 1964, 34-41, Praha.
- Ložek V. (1973): *Příroda ve čtvrtohorách*. Academia Praha, 372 s.
- Ložek V. (2007): *Zrcadlo minulosti (Česká a slovenská krajina v kvartéru)*. Nakl. Dokořán, Praha, 198 s.
- Patrovský V. (1989): Mohou sázavíny nahradit tyrkysy? *Šperkařství* 1/89, 18-19, Praha.
- Tenčík I., Turnovec I. (1976): Rozvoj šlichové prospekce v ČSSR. *Geol. průzk.*, 18, 2, 55-56, Praha.
- Tenčík I., Turnovec I. (1977): Použitelnost šlichové prospekce při vyhledávání průzkumu Sb-Au rud. *Geol. průzk.*, 19, 10, 293-295, Praha.
- Turnovec I., Illášová L. (2003): Ověření recentních zlatonosných rozsypů pod Tribečem. *Bull.*

mineral.-petrolog. Odd. Nár. Muz., **11**, 193–194, Praha.

Turnovec I., Veselý J. (1975): Terénní dokumentace geochemických vzorků. *Geol. průzk.*, **17**, 3, 87–88, Praha.

Turnovec I., Veselý J. (1976): Problém kontaminace při půdní metalometrii. *Geol. průzk.*, **18**, 12, 368–369, Praha.

Turnovec I. (1982): Antropogenní složka plážových písků a štěrků. *Geol. průzk.*, **24**, 7, 213, Praha.

Turnovec I. (2004): Sklo v recentních sedimentech. *Mineral* **XII**, 2, 122–124, Brno.

JARNÍ SEMINÁŘ

Letošní jarní seminář byl plánován na květen. Výbor po pečlivém zvážení současné epidemiologické situace jarní seminář, který se měl konat v Ostravě, zrušil. Bude se konat jako podzimní seminář.

KYSELÉ PÍSKY Z PLAGENÍ KAOLINU A JEJICH MOŽNÉ VYUŽITÍ PRO PŘÍPRAVU ALKALICKY AKTIVOVANÝCH UMĚLÝCH PÍSKOVců

Martin Vavro^{1*)}, Leona Vavro¹⁾, František Ptíčen²⁾, Alexandr Martaus³⁾, Pavel Reiterman⁴⁾, Kamil Souček¹⁾, Lucie Ruppenthalová¹⁾, Pavel Mec⁵⁾

¹⁾ Ústav geoniky AV ČR, v. v. i., Studentská 1768/9, 708 00 Ostrava-Poruba, martin.vavro@ugn.cas.cz

²⁾ Česká geologická služba, Geologická 6, 152 00 Praha 5,

³⁾ Institut environmentálních technologií, VŠB-TU Ostrava, 17. listopadu 15/2172, 708 00 Ostrava-Poruba,

⁴⁾ Fakulta stavební, Experimentální centrum, ČVUT v Praze, Thákurova 7, 166 29 Praha 6,

⁵⁾ Fakulta stavební, VŠB-TU Ostrava, Ludvíka Podéště 1875/17, 708 33 Ostrava-Poruba

Abstrakt

Předložený příspěvek se zabývá možností netradičního využití odpadních písků, vznikajících při úpravě surového kaolinu plavením. Některé typy těchto písků, v případě, že nedojde k jejich téměř okamžité stabilizaci sušením nebo alkalickým prostředím, popř. odstraněním zbytkové jíloviny a účinnou magnetickou separací, velmi rychle mění svoji barvu (z šedé na žlutou až červenou) a především pH svého výluhu, které se v extrémních případech může pohybovat až okolo hodnoty pH = 2,0. Tyto zoxidované "kyselé" písky, díky svému chemismu a barvě, nejsou využitelné ve stavebnictví jako kamenivo do malt nebo betonů a jsou ukládány na povrchových deponiích, což lze chápat jako lokální ekologickou zátěž. Jak však bylo prokázáno provedeným výzkumem, mohou být uplatněny jako plnivo při výrobě umělých pískovců, připravených alkalickou aktivací směsného pojiva tvořeného metakaolinem a granulovanou vysokopepeční struskou. Fyzikálně-mechanické a trvanlivostní vlastnosti, jakož i vizuální podoba a barevnost takto připravených umělých kamenů jsou velmi podobné přírodním pískovcům a lze si proto představit jejich aplikaci například jako sochařského materiálu v oblasti památkové.

Klíčová slova: plavení kaolinu, odpadní písek, metakaolin, granulovaná vysokopepeční struska, alkalická aktivace, umělé pískovce, pH, pórovitost, fyzikálně-mechanické vlastnosti, mrazuvzdornost, barevnost

Úvod

Pískovce představují tradiční přírodní kámen, který je v českém stavitelství a architektuře hojně používaný po řadu staletí. Díky své poměrně snadné opracovatelnosti jsou pískovce rovněž oblíbeným sochařským materiálem. V oblasti restaurování uměleckých děl se pak pískovce logicky používají k výrobě kopií kamenných soch nebo jejich částí, původně vytvořených ze stejného nebo podobného typu kamene. I přes velké množství různorodých typů přírodních pískovců, které byly nebo jsou v České republice k dispozici, se v restaurátorské praxi často používá metoda tvorby faksimilií z umělého kamene, a to vytvářením odlišků nebo výdusků do forem (Teplý, 1997). Druhým způsobem aplikace umělého kamene je pak doplňování defektů nanášením plastického tmelu přímo na původní přírodní kámen, případně za použití podpůrné armatury.

Historie použití umělých kamenů ve stavebnictví a architektuře sahá až do starověku, tj. do římské antiky a možná až do doby starověkého Egypta (Davidovits a Davidovits, 2001; Davidovits, 2009). Důvodem pro vytváření kamenických a sochařských prvků na bázi umělé připravených minerálních směsí může být například chybějící, po barevné, zrnitostní či texturní stránce vhodný, přírodní kámen. Často to ale jsou také vysoké finanční náklady na zhotovení kopie z přírodních materiálů, kdy se v současnosti cena kubického bloku sochařsky vhodného pískovce pohybuje v řádu desítek tisíc korun. Pro výrobu umělého kamene se dlouhodobě používají směsi buď s anorganickými nebo organickými pojivy. Nejčastěji používanými anorganickými pojivy jsou hydraulická pojiva typu bílého nebo šedého cementu, popř. hydraulické vápno. Méně používaným anorganickým pojivem umělých kamenů je pak vodní sklo. Dominantními materiály mezi organickými pojivy jsou epoxidové, polyesterové a akrylátové pryskyřice. Plnivem syntetických hornin je nejčastěji přírodní praný křemenný písek, vytříděný drobnozrný štěrk nebo zrnitostně vhodný přírodní drcený kámen. K probarvování umělého kamene se aplikují anorganické pigmenty, např. na bázi oxidů železa.

Cílem předloženého příspěvku je upozornit na skutečnost, že pro výrobu umělého kamene lze jako plnivo s úspěchem uplatnit také kvalitativně zcela jiné typy písků než jen křemenné písky vysokého stupně čistoty. Pozornost byla konkrétně zaměřena na písčitou frakci, vznikající při mokré úpravě surového kaolinu plavením. Česká republika tradičně patří k významným světovým producentům kaolinu, v roce 2018 bylo v tuzemsku vytěženo přibližně 3 600 kt surového kaolinu, což z ČR činí čtvrtého největšího těžaře na světě s podílem téměř 10 % na celosvětové těžbě (Starý et al., 2019). Plavení v suspenzi za mokra představuje nejběžnější úpravářskou technologii surového kaolinu. Výplav pod 0,02 mm, tj. výtěžnost užitkové

složky – kaolinu – se u většiny tuzemských kaolinových ložisek zpravidla pohybuje v rozmezí 20–30 %, řidčeji mezi 15–20 % nebo naopak mezi 30–40 % původní hmotnosti vytěžené suroviny (Kužvart et al., 1983; 1992; Starý et al., 2017). V roce 2018 bylo v České republice vyrobeno cca 650 kt plaveného kaolinu (Starý et al., 2019). Rozdíl mezi množstvím vytěženého surového kaolinu a produkcí plaveného kaolinu pak představují z větší části právě písky z plavení, jejichž roční tuzemská produkce se tak pohybuje v řádech milionů tun. Značná část těchto písků představuje plnohodnotné suroviny pro výrobu transportbetonu, betonových dílců a tvarovek, vibrolisovaného zboží, betonové střešní krytiny, tekutých štuků, suchých omítkovin apod.

Některé typy písků z plavení kaolinu, a to v množství pohybujícím se ve statisících tun ročně, však v průmyslu stavebních hmot žádné praktické využití nemají a ukládají se bez užítu ve vytěžených partiích kaolinových odklízů nebo na povrchových deponiích v jejich blízkosti. Jedním z hlavních důvodů velmi obtížné použitelnosti těchto písků ve stavebnictví je jejich chování při vystavení povětrnostním vlivům. Po velmi krátké době expozice ve venkovních podmínkách mohou změnit svoji barvu z šedavě bílé na žlutohnědou, zlatožlutou, popřípadě až červenou. Tato barevná změna je doprovázena významným poklesem pH výluhu písku až na hodnoty v rozmezí 3,5 až 5,5, v extrémních případech dokonce až 2,0 (Pticeň, 2019). Navzdory těmto extrémním chemickým vlastnostem uvedených písků byl v laboratoři na jejich bázi úspěšně připraven umělý pískovec, jehož fyzikální, mechanické a trvanlivostní vlastnosti jsou velmi podobné vybraným tuzemským přírodním ekvivalentům. Pojivo těchto syntetických pískovců bylo připraveno alkalickou aktivací směsí meta-kaolinu a jemně mleté granulované vysokopeční strusky. Díky mineralogickému složení aplikovaných písků, tj. přítomnosti nejen křemene, ale také živců a muskovitu, se umělý pískovec vyznačuje poměrně věrným přírodním vzhledem.

Charakterizace použitých písků z plavení kaolinu

Vlastní laboratorní přípravě umělých pískovců předcházelo stanovení chemického a mineralogického složení a zrnitosti jejich hlavní komponenty, tj. písků z plavení kaolinu. Tyto byly představovány tzv. sekundárním pískem frakce 0/4, vznikajícím v plavárně Božičany na Karlovarsku (Sedlecký kaolin, a.s.), která zpracovává surové kaoliny zejména z ložisek v okolí Božičan, Mírové a Jimlíkova mezi Chodovem a Novou Rolí, v menší míře pak také surovinu z lokalit v oblasti Podlesí,

Ruprechtova a Otovic severně od Karlových Varů (Kortus, 2012).

Chemismus, mineralogie a zrnitostní složení byly studovány jednak na píscích, které byly ihned po separaci z rozplavené suspenze vysušeny a zachovaly si tak svoji původní světle šedou až bělošedou barvu (dále označovány jako šedé písky). Druhý typ analyzovaných písků pak představují původně šedé písky, které však po gravitačním oddělení v rozplavovačích neprošly procesem sušení a byly ponechány přibližně 2–3 měsíce ve volně sypaném stavu na povětrnosti, což vedlo k rychlé a celkové změně jejich barvy do žlutohnědých až výrazně žlutých odstínů (dále označovány jako žluté písky).

Jak v případě šedých, tak také žlutých písků byly analyzovány dvě šarže, odebrané v časovém rozmezí přibližně tří let (dále označovány jako šedý písek č. 1 a č. 2 a žlutý písek č. 1 a č. 2). Kromě souhrnných vzorků obou šarží obou barevných typů písků bylo u šarže č. 2 šedého i žlutého písku analyzováno také mineralogické složení jemnozrnných podílů, tj. vysušeného kalu, odpipetovaného ze suspenze písku a vody (dále označován jako kal) a případně také odparku vodného výluhu, připraveného v poměru písek/voda 1:10 (dále označován jako odparek). Cílem mineralogického studia kalu a odparku bylo ověřit, zda nejjemnější frakce písků nebo zbytkové jíloviny (kaolinu) (Pticeň, 2020) mohou být nabohaceny minerály železa (Aron, 1998), které jsou pravděpodobně zodpovědné za výraznou barevnou změnu písků při jejich oxidaci vzdušným kyslíkem za přítomnosti vody.

Chemické složení šedého i žlutého písku bylo stanoveno metodou energiově disperzní RTG fluorescenční analýzy (ED-XRF) na spektrometru XEPOS (Spectro Analytical Instruments GmbH, Kleve, Německo), analytické vzorky byly připraveny ve formě lisovaných pelet. Analýza mineralogického složení písků byla provedena práškovou RTG difrakcí pomocí difraktometru SmartLab (RIGAKU Corporation, Tokyo, Japonsko) s detektorem D/teX Ultra 250, zdrojem rentgenového záření byla kobaltová lampa (CoK α , $\lambda_1 = 1,78892$ nm, $\lambda_2 = 1,79278$ nm) při napětí 40 kV a proudu 40 mA. Měření probíhalo v rozsahu 2θ od 5° do 90° s velikostí kroku $0,02^\circ$ 2θ a rychlostí měření $1,5 \text{ min}^{-1}$. Naměřená data byla srovnána s databází referenčních difraktogramů PDF-2, vydanou International Centre for Diffraction Data, Newton Square, PA, USA.

Výsledky chemické, mineralogické a zrnitostní charakterizace šedých a žlutých písků prezentují **Tab. 1–6**.

Tab. 1. Zrnitostní složení šedých písků

Síto	Součtové procento propadu příslušným sítem [hm. %]					
	0,063	0,125	0,25	0,5	1,0	2,0
Šedý písek č. 1	2,7	7,5	14,2	33,1	71,1	93,5
Šedý písek č. 2	0,5	1,7	3,9	17,0	53,7	81,6

Tab.2. Chemické složení [hm. %] šedých písků pomocí XRF spektroskopie

Parametr	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	z.ž.
Šedý písek č. 1	95,70	1,76	0,56	0,08	0,01	0,02	0,22	0,01	1,49
Šedý písek č. 2	90,55	4,05	2,45	0,10	0,02	0,12	0,56	0,45	1,52

Vysvětlivky: z.ž. – ztráta žháním

Tab.3. Mineralogické složení šedých písků stanovené RTG práškovou difrakcí

Analyzovaný materiál	Hlavní minerální fáze	Vedlejší minerální fáze
Šedý písek č. 1	křemen	kaolinit, draselné živce, muskovit-2M1
Šedý písek č. 2	křemen, muskovit-2M1	siderit, kaolinit, draselné živce, albit
Šedý písek č. 2 – kal	křemen, siderit, muskovit-2M1	kaolinit, draselné živce
Šedý písek č. 2 – odparek	křemen, siderit	muskovit-2M1, kaolinit, draselné živce

Tab. 4. Zrnitostní složení žlutých písků

Síto	Součtové procento propadu příslušným sítům [hm. %]					
	0,063	0,125	0,25	0,5	1,0	2,0
Žlutý písek č. 1	5,2	8,7	19,0	41,4	71,5	91,8
Žlutý písek č. 2	2,6	6,6	16,0	35,6	67,2	89,6

Tab. 5. Chemické složení [hm. %] žlutých písků pomocí XRF spektroskopie

Parametr	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	z.ž.
Žlutý písek č. 1	92,46	3,82	0,99	0,10	0,02	0,05	1,04	0,07	1,35
Žlutý písek č. 2	86,20	8,45	1,64	0,16	0,04	0,18	1,62	0,38	1,21

Vysvětlivky: z.ž. – ztráta žháním

Tab. 6. Mineralogické složení žlutých písků stanovené RTG práškovou difrakcí

Analyzovaný materiál	Hlavní minerální fáze	Vedlejší minerální fáze
Žlutý písek č. 1	křemen, kaolinit	draselné živce, muskovit-2M1
Žlutý písek č. 2	křemen, muskovit-2M1, kaolinit	draselné živce
Žlutý písek č. 2 – kal	křemen, muskovit-2M1, kaolinit	draselné živce, ilmenit

Změna barvy vlhkých šedých písků na žlutou při oxidaci na vzduchu je doprovázena rovněž poklesem pH vodného výluhu. Z důvodu získání představ o průběhu tohoto procesu bylo nejprve stanoveno pH vodného výluhu žlutých písků, které v případě žlutého písku č. 1 dosahuje hodnoty 5,19 a u žlutého písku č. 2 pak 5,57. Časový vývoj změny pH výluhu šedého písku č. 2 prezentuje

Tab. 7. V průběhu tohoto, 90 dnů trvajícího, experimentu byl navrhčený šedý písek umístěn v uzavíratelném plastovém boxu a ve stanovených časových intervalech byl z nahodilých míst odebírán vzorek na přípravu vodného výluhu. Písek byl každý den vizuálně kontrolován, přičemž již mezi 7 až 10 dnem se na jeho povrchu začaly objevovat výrazné okrové skvrny (**Obr. 1**).

Tab. 7. Vývoj hodnoty pH výluhu vlhkého šedého písku č. 2 v čase

Dny	0	14	21	28	42	56	90
pH	6,17	5,89	6,23	6,06	5,96	4,82	5,72

Z provedené charakterizace obou barevných typů písků z plavení kaolinu vyplývá, že šedé písky jsou z cca 80–95 % tvořeny zrny o velikosti pod 2 mm. Jejich chemismu logicky dominuje SiO₂ (cca 90–95 %), čemuž odpovídá přítomnost křemene jako hlavního minerálu. Zvýšený obsah Al₂O₃ (až 4 %) je pak způsoben zastoupením muskovitu jako další majoritní minerální fáze a též minoritním obsahem živců a zbytkového kaolinitu v píscích. Siderit, jehož přítomnost byla prokázána jak v celkovém vzorku šedého písku, tak zejména

v kalu a odparku je zřejmě hlavní příčinou vyššího obsahu Fe₂O₃ (až cca 2,5 %). Pyrit, popřípadě jiné sulfidy železa, nebyly v šedých píscích identifikovány. Obsahy alkalických oxidů (Na₂O a K₂O), a to v množství až cca 0,5 %, lze vysvětlit přítomností muskovitu a draselných i sodných živců. Při oxidaci navlhčených šedých písků na vzduchu dochází k poměrně rychlým barevným změnám a k poklesu pH vodného výluhu, a to i pod hodnotu 5,0.



Obr. 1. Zřetelné lokální barevné změny vlhkého šedého písku č. 2 po 14 dnech trvání experimentu

Chemické i mineralogické složení žlutých písků je do značné míry obdobné jako u nezoxidovaných šedých písků s tím, že za nejmarkantnější rozdíl lze považovat absenci sideritu, který nebyl zjištěn ani v celkových vzorcích písků, ani v jemnozrnném podílu (kalu). Siderit vzniká na zdejších ložiscích kaolinů, podobně jako celá řada dalších novotvořených minerálů, rozkladem biotitu, který je hlavním zdrojem Fe a Ti v procesu kaolinizace granitoidů karlovarského plutonu (Štěřík, 2020). Oxidace (limonitizace) sideritu přítomného v šedých píscích pak vede k jejich výše popsanému “žloutnutí” a ke snížení hodnoty pH vodného výluhu v důsledku vzniku slabé kyseliny uhličitě. Tento pokles pH však u studovaných písků není nijak drastický, což jen potvrzuje skutečnost zjištěnou fázovou analýzou, a to, že siderit je jediným minerálem železa přítomným v analyzovaných píscích a tedy plně zodpovědným za jejich barevné změny. V případě přítomnosti pyritu resp. sulfidů železa by totiž docházelo ke vzniku H_2SO_4 a k extrémnímu okyselení písků na pH až okolo 2,0 podobně, jak byl tento jev popsán u přírodních sedimentů (Postma, 1983). Kaoliny, u nichž je významným nositelem železa pyrit, jsou z oblasti karlovarských ložisek rovněž známy (Štěřík, op cit.), přičemž oxidace písků z jejich úpravy je doprovázena změnou barvy až do výrazně načervenalých odstínů a zvýšením kyselosti právě na hodnoty pH okolo 2,0–3,0 (Ptíčen, 2019). Písky s takto vysokou kyselostí však prozatím nebyly pro přípravu umělých pískovců použity.

Výskyt a vlastnosti tuzemských přírodních pískovců a opuk

Pískovce spolu s opukami představují tradiční stavební, dekorační a sochařské přírodní kameny, které jsou na našem území hojně používány po řadu staletí. Opuky, díky snadnému způsobu opracování, se staly oblíbeným stavebním materiálem již v románském období, přičemž jejich sochařské užití je známo dokonce z doby laténské, tj. z období keltské kultury. Pískovce dosáhly

vrcholu svého užití zejména v gotice a v baroku, významné místo ale našly také v období tzv. historizujících slohů během poslední třetiny 19. století a v době první československé republiky (Březinová et al., 1996; Kotlík et al., 2000; Rybařík, 1994). Svým výskytem na území České republiky jsou kamenicky a sochařsky využitelné pískovce a opuky vázány především na oblast české křídové pánve. Opuky se vyskytují zejména v bezprostředním okolí Prahy, dále v oblasti severozápadních Čech (Rakovnicko, Lounsko a Litoměřicko) a rovněž na řadě míst ve východních Čechách, a to jednak v okolí Opočna, České Skalice, Nového Města nad Metují a Jaroměře a dále mezi Vysokým Mýtem, Skutčí a Chrudimí. V případě pískovců měly a dosud mají největší význam pískovce východní části české křídvy na Hořicku, Královédvorskú a Broumovsku. V menší míře byly v minulosti lámány také pískovce a arkózy permokarbonu (např. Kamené Žehrovice u Kladna, Nučice u Českého Brodu). Na Moravě mají praktický význam především pískovce Vnějších Západních Karpat, těžené dnes např. v lomech Řeka u Třince nebo Bzová u Uherského Brodu.

Pískovce a opuky představují velmi širokou skupinu siliciklastických sedimentárních hornin s velmi variabilním mineralogickým složením a širokým spektrem sedimentárních struktur a textur. Opuky jsou petrograficky nejčastěji představovány prachovitými až písčitými slínovci s různým obsahem organogenní příměsi (zpravidla jehlic křemitých hub – spongií, popř. schránek dírkovců – foraminifer) a příbuznými horninami, obsahujícími jako hlavní složky amorfni a mikrokrytalické formy SiO_2 , karbonáty a jílové minerály (blíže viz Konta, 1973; Kotlík et al., 2000; Rybařík, 1994). Hlavním klastickým (úlomkovitým) minerálem pískovců je křemen o velikosti převážně většiny zrn v rozmezí 0,063–2 mm. Dalšími klastickými minerály jsou zpravidla živce (často kaolinizované) a slídy. Zvyšováním podílu nekřemenných klastů přecházejí pískovce buď do arkóz (v případě podílu živců nad 25 %) nebo do drob (při vyšším zastoupení klastických slíd

a jemnozrnné matrix). Tmel pískovců bývá rozmanitý – jílovitý, křemičitý, vápnitý, případně železitý.

Uvedená petrografická variabilita pískovců, zejména co se týče mineralogického složení klastů, zrnitosti, složení a charakteru pojiva, podmiňuje rovněž široké rozpětí fyzikálních a mechanických vlastností. Celkově se pískovce vyznačují silně proměnlivou objemovou hmotností (v rozmezí přibližně 1 800–2 600 kg·m⁻³) a tím pádem také variabilní celkovou pórovitostí (cca 2–30 %),

otevřenou pórovitostí (cca 1–21 %) a nasákavostí (cca 0,5–13 %). Charakter pórového prostoru (velikost a konfigurace pórů) je pak hlavním faktorem, na kterém závisí mrazuvzdornost pískovců. Pevnost pískovců v tlaku rovněž kolísá v poměrně širokých mezích, a to od zhruba 15 MPa až do 150 MPa, v některých případech až 200 MPa (viz např. Koutník et al., 2015; Rybařík, 1994). Některé typy přírodních pískovců byly svými materiálovými vlastnostmi vybrány jako předloha umělých pískovců (**Tab. 8**).

Tab. 8. Základní fyzikální, mechanické a trvanlivostní vlastnosti vybraných českých pískovců a opuk (data převzata z Kotlík et al., 2000; Koutník et al., 2015; Pavlík et al., 2008; Rybařík, 1994; Vavro et al., 2008)

Lokalita	opuky		pískovce		
	Třeboc (Džbán)	Přední Kopanina	Mšené-lázně	Podhorní Újezd	Javorka
Měrná hmotnost [kg·m ⁻³]	2320–2380	2560–2690	2450–2690	2630–2680	2620–2700
Objemová hmotnost [kg·m ⁻³]	1060–1170	1870–2290	1850–1940	1760–2280	1890–2160
Celková pórovitost [%]	49,5–55,2	14,5–31,2	23,4–29,7	26,0–28,4	23,9–27,8
Nasákavost [%]	25,5–45,1	5,7–14,4	9,4–13,3	5,4–11,6	4,3–8,6
Pevnost v tlaku (suchý vzorek) [MPa]	11–18	27–74	12–38	17–45	23–46
Pevnost v tahu za ohybu (suchý vzorek) [MPa]	3,1–3,6	4,0–13,8	0,9–1,9	1,1–3,4	2,1–2,9
Koeficient mrazuvzdornosti v tlaku [-]	0,62–0,90	0,63–0,85	0,70–0,89	0,40–0,86	0,76–0,89

Charakteristika surovin použitých pro přípravu alkalicky aktivovaného pojiva umělých pískovců

Pojivo umělých pískovců bylo připraveno alkalickou aktivací směsi pucolánu (metakaolinu) a latentně hydraulické látky (mleté granulované vysokopecní strusky) upraveným sodným vodním sklem. K výrobě pojiva byly konkrétně použity tyto základní vstupní suroviny:

- Metakaolin I META 4, standardně komerčně vyráběný produkt firmy Sedlecký kaolin, a.s., Božichany.

- Jemně mletá granulovaná vysokopecní struska SMŠ 400, výrobek společnosti Kotouč Štramberk, s.r.o.
- Alkalický aktivátor na bázi sodného vodního skla, upraveného 50% roztokem hydroxidu sodného (NaOH) na výsledný silikátový modul (tj. poměr SiO₂ : Na₂O) 1,0.

Chemismus, granulometrie, hmotnostní vlastnosti a pucolánová reaktivita metakaolinu I META 4 a jemně mleté granulované vysokopecní strusky SMŠ 400 jsou uvedeny v **Tab. 9** a **Tab. 10**.

Tab. 9. Chemické složení [hm. %] použitého metakaolinu a granulované strusky pomocí XRF spektroskopie

Materiál	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	MnO	K ₂ O	Na ₂ O	SO ₃	z.ž.
I META 4	52,94	41,04	1,64	0,36	0,26	0,30	n.s.	1,63	0,01	n.s.	1,81
SMŠ 400	38,28	7,67	0,39	0,18	38,85	11,92	0,46	0,41	0,63	0,82	0,27

Vysvětlivky: z.ž. – ztráta žháním, n.s. = nestanoveno

Tab. 10. Fyzikální vlastnosti, zrnitost a reaktivita použitého metakaolinu a granulované strusky

Materiál	Měrná hmotnost [kg/m ³]	Sypná hmotnost [kg/m ³]	Medián zrnitosti D ₅₀ [μm]	Specifický povrch permeabilní metodou dle Blaina [cm ² /g]	Pucolánová reaktivita (Chapellův test) [mg Ca(OH) ₂ /g]
I META 4	2 616	380	4,26	6 588	924
SMŠ 400	2 920	952	10,24	4 158	148

Směs granulované vysokopecní strusky a metakaolinu v hmotnostním poměru 50 : 50 jako prekurzor alkalické aktivace byla zvolena především z následujících důvodů:

- (1) alkalickou aktivací čisté granulované vysokopecní strusky vznikají pojiva s velmi vysokou pevností v tlaku (často přes 100 MPa po 28 dnech hydratace, (viz např.

Burciaga-Díaz et al., 2013; Ellis et al., 2015; Tänzer et al., 2015 apod.), což neodpovídá mechanickým vlastnostem „imitovaných“ přírodních pískovců (Tab. 8),

- (2) metakaolin a písek z plavení kaolinu jsou produkty jednoho kontinuálního procesu těžby, úpravy a zpracování kaolinu,
- (3) přítomnost metakaolinu jakožto části pojiva v umělých pískovcích je jistou analogií přírodních pískovců, neboť ty často obsahují základní hmotu na bázi jílových minerálů, zejména kaolinitu.

Pro přípravu alkalického aktivátoru bylo použito sodné vodní sklo ve formě koloidního roztoku, výrobek společnosti Kittfort, s.r.o., zakoupené v běžné maloobchodní síti. Hustota tohoto vodního skla, stanovená hustoměrem, byla $1\,340\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$. Chemickou analýzou byl stanoven obsah SiO_2 (25,80 hm.%) a Na_2O (8,11 hm.%), silikátový modul M_s tak dosahoval hodnoty 3,28. Tato hodnota M_s je pro přípravu alkalicky aktivovaných směsí z praktického hlediska nepoužitelná, proto bylo vodní sklo upraveno přidávkou 50% roztoku NaOH na výslednou hodnotu $M_s = 1,0$. Tato úprava byla docílena přidáním 41,3 ml 50% roztoku NaOH na každých 100 ml původního vodního skla výše uvedeného chemismu.

Laboratorní příprava umělých pískovců a jejich základní vlastnosti

Na základě řady předcházejících dlouhodobých laboratorních experimentů, jejichž prezentace by byla vysoce nad rámec možného délkového rozsahu tohoto článku, byla vytvořena následující základní receptura čerstvé směsi pro přípravu umělých pískovců:

- 1 600 g žlutých písků č. 1 a č. 2 z plavení kaolinu,
- 108 g metakaolinu I META 4,
- 108 g jemně mleté granulované vysokopecní strusky SMŠ 400,
- 250 g alkalického aktivátoru na bázi sodného vodního skla s upraveným M_s na hodnotu 1,0.

Množství aktivačního činidla, přidávaného do suché směsi tedy činí přibližně 115 % sumární hmotnosti metakaolinu a strusky, což je mírně nad horní hranici doporučení pro směsi s metakaolinem, publikovaných např. Rinnovou a Rovnaníkem (2013). Do směsi nebyla přidávána voda, a to z toho důvodu, že v rámci předcházejících experimentů bylo prokázáno, že směsi s obsahem vody jsou špatně dusatelné, což se následně projeví velkým množstvím makroskopicky viditelných pórů v zatvrdlé směsi. Navíc, voda je při ručním dusání

vytlačována na povrch směsi, kde vytváří skvrny a slitá místa a výsledná umělá hornina tak nemá vzhled, který by jakkoliv reprodukoval podobu přírodního analogu. Plastičnost směsi tak byla dána pouze obsahem sodného aktivátoru.

Složení směsi bylo cíleně navrženo tak, aby maximálním možným způsobem odpovídalo přírodním pískovcům. Podíl hmotnosti metakaolinu, vysokopecní strusky a jemných podílů kameniva pod 0,063 mm tak dosahuje, podle šarže použitého žlutého písku, cca 15–20 % hmotnosti umělého pískovce, což zhruba odpovídá podílu základní hmoty ve většině těžných pískovců tzv. české křídly (Grohová Krutilová, 2007; Koutník et al., 2015). Průměrná velikost zrna se u většiny těchto přírodních pískovců, např. mšenského, hořického, bělohradského (Tab. 8) pohybuje v rozmezí cca 0,15–0,30 mm, velikost maximálního zrna pak u některých z nich dosahuje až 1–1,5 mm (Grohová Krutilová opus cit.; Koudelka et al., 2020; Koutník et al., opus cit.; Pavlík et al., 2008; Vavro et al., 2008; Vavro et al., 2019). Proto byla zrnitost žlutých písků č. 1 a č. 2, použitých v dalších experimentech, upravena síťováním tak, že postupně byla odstraněna zrna nad 2 mm, poté nad 1 mm a nakonec i nad 0,5 mm, čímž byly připraveny tři rozdílné typy kameniva s maximálním zrnem 0,5 mm, 1 mm a 2 mm.

Z hlediska praktického byla směs navržena tak, aby součet hmotností všech složek v jedné záměsi (2066 g) byl obdobný jako je hmotnost zkušební záměsi pro stanovení pevnosti cementu dle ČSN EN 196-1 (2025 g). Jedna připravená záměs pro přípravu umělých pískovců proto plně dostačovala pro standardní výrobu tří zkušebních trámeček o rozměrech $40 \times 40 \times 160\text{ mm}$, a to i v případě, že čerstvá směs nebyla do zkušebních forem vibrována, ale ručně dusána.

Výsledky stanovení základních fyzikálních, mechanických a trvanlivostních vlastností umělých pískovců s použitými žlutými písky č. 1 a č. 2 s různou maximální velikostí zrna jsou prezentovány v **Tab. 11 až Tab. 13**. Výroba a ošetřování zkušebních těles a vlastní zkoušky materiálových vlastností byly provedeny podle příslušných ustanovení platných českých technických norem pro testování cementu a malt. V případě pevnostních vlastností byly hodnoty pevností v tahu za ohybu a v tlaku stanovovány také po 7 a 90 dnech zrání směsí. Počáteční pevnosti (po 7 dnech) dosahují, a to jak v případě tahu za ohybu, tak i tlaku, zhruba 75–80 % hodnot pevnosti po 28 dnech. Dlouhodobá pevnost (po 90 dnech) se pak svými hodnotami liší od 28 denních pevností o maximálně 10–15 %, což je v souladu s výsledky publikovanými např. Burciagou-Díazem et al. (2013).

Tab. 11. Základní fyzikální, mechanické a trvanlivostní vlastnosti umělých pískovců po 28 dnech zrání směsí – experiment 1, žlutý písek č. 1 (mrazuvzdornost stanovena po 25 cyklech podle ČSN 73 1322)

Maximální velikost zrna [mm]	Objemová hmotnost [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$]	Nasákavost [%]	Pevnost v tahu za ohybu (suchý vzorek) [MPa]	Pevnost v tlaku (suchý vzorek) [MPa]	Koeficient mrazuvzdornosti v tlaku [-]
2,0	2 120	7,0	8,0	36,9	1,08
0,5	2 040	8,3	4,5	16,3	1,13

Tab. 12. Základní fyzikální, mechanické a trvanlivostní vlastnosti umělých pískovců po 28 dnech zrání směsí – experiment 2, žlutý písek č. 2

Maximální velikost zrna [mm]	Měrná hmotnost [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$]	Objemová hmotnost [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$]	Celková pórovitost [%]	Nasákavost [%]	Pevnost v tahu za ohybu (suchý vzorek) [MPa]	Pevnost v tlaku (suchý vzorek) [MPa]
2,0	2 717	1 922	29,2	6,8	2,3	19,4
1,0	2 718	1 922	29,3	8,2	2,5	18,5
0,5	2 757	1 820	34,0	11,6	3,7	18,3

Tab. 13. Základní fyzikální, mechanické a trvanlivostní vlastnosti umělých pískovců po 28 dnech zrání směsí – experiment 3, žlutý písek č. 2 (mrazuvzdornost po 54 cyklech podle ČSN EN 12371)

Maximální velikost zrna [mm]	Objemová hmotnost [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$]	Nasákavost [%]	Pevnost v tahu za ohybu (suchý vzorek) [MPa]	Pevnost v tlaku (suchý vzorek) [MPa]	Koeficient mrazuvzdornosti v tlaku [-]	Koeficient mrazuvzdornosti v tahu za ohybu [-]
2,0	1 950	7,5	2,8	21,5	0,91	0,78
1,0	1 940	10,2	2,7	20,1	0,86	0,81
0,5	1 900	18,6	2,4	19,8	0,80	0,72

Z porovnání výsledků, uvedených v **Tab. 11** až **Tab. 13** vyplývá, že byly zjištěny často poměrně výrazné rozdíly v hodnotách těchto vlastností mezi směsmi, připravenými z rozdílných šarží žlutého písku. Směsi se žlutým pískem č. 1 vykazují vyšší objemové hmotnosti a tím pádem adekvátně nižší nasákavosti a vyšší pevnosti než směsi se žlutým pískem č. 2. Příčinou této skutečnosti je s největší pravděpodobností mírně odlišná granulometrie obou těchto šarží žlutého písku (viz **Tab. 4**). Žlutý písek č. 1 je celkově jemnozrnnější, což se projeví lepším zaplněním prostoru zkušebního tělesa zrný písku, svědectvím čehož jsou právě vyšší objemové hmotnosti než u směsí s pískem č. 2. Hodnota koeficientu mrazuvzdornosti vyšší než 1 u směsí se žlutým pískem č. 1 (**Tab. 11**) svědčí o pokračujícím mírném nárůstu pevností i při zmrazování a rozmrazování, což je u systémů s metakaolinem z literatury známé (viz např. Cyr a Pouhet, 2015; Vavro a Martinec, 2005). Se zvyšujícím se počtem zmrazovacích a rozmrazovacích cyklů (**Tab. 13**) se pak koeficient mrazuvzdornosti logicky snižuje a dostává se na hodnoty, které jsou běžné známé u přírodního kamene (**Tab. 8**).

Z **Tab. 11** až **Tab. 13** je zároveň zřejmé, že s klesající velikostí maximálního zrna dochází u obou šarží žlutých písků k poklesu objemové hmotnosti a tím pádem k růstu pórovitosti, nasákavosti a poklesu pevnosti, a to především při porovnání směsí s maximálním zrnem 1 mm a 0,5 mm. Zejména v případě pevností může být tato skutečnost způsobena jednou z následujících příčin, popřípadě jejich vzájemnou kombinací:

(1) lze se domnívat, že při poklesu velikosti zrna pod 0,5 mm roste v písku podíl drobných klastických slíd na úkor křemene, tvořícího pevnou kostru vznikajícího kompozitu, (2) při stejné hmotnosti pojiva ve všech směsích byl pravděpodobně stupeň obalení zrn kameniva pojivem u směsí s menším zrnem (a tedy adekvátně větším měrným povrchem) horší, než u směsí s větší velikostí maximálního zrna.

V každém případě však lze konstatovat, že umělé pískovce, připravené alkalickou aktivací zoxidovaných písků z úpravy kaolinu plavením jsou svými základními fyzikálními, mechanickými i trvanlivostními vlastnostmi zcela srovnatelné s „měkkými“ typy přírodních pískovců z oblasti tzv. české křídly, například těm, těženým dnes na lokalitách Mšené-lázně, Podhorní Újezd nebo Javorka u Lázní Běláhrad (viz **Tab. 4**).

Aplikovatelnost připravených alkalicky aktivovaných směsí pro tvorbu výdusků z umělých pískovců

Praktická použitelnost připravených čerstvých směsí byla odzkoušena na příkladu tvorby výdusku hlavy andílka do lukoprenové formy. U směsí byly postupně snižovány velikosti maximálního zrna (2 mm, 1 mm a 0,5 mm) a měněno bylo i množství pojiva ve směsi (20 % a 17 % hm.) a výdusky byly následně vizuálně porovnávány. Celkem tak byly vytvořeny a prakticky odzkoušeny čtyři směsi, srovnání podoby jednotlivých výdusků je prezentováno na **Obr. 2**.



Obr. 2. Presentace různé kvality povrchové modelace výdusků v závislosti na zrnitosti použitých písků a množství pojiva (*vlevo nahoře* – písek do 2 mm a 20 % pojiva, *vlevo dole* – písek do 2 mm a obsah pojiva 17 %, *vpravo nahoře* – písek do 1 mm a 17 % pojiva, *vpravo dole* – písek do 0,5 mm a 17 % pojiva)

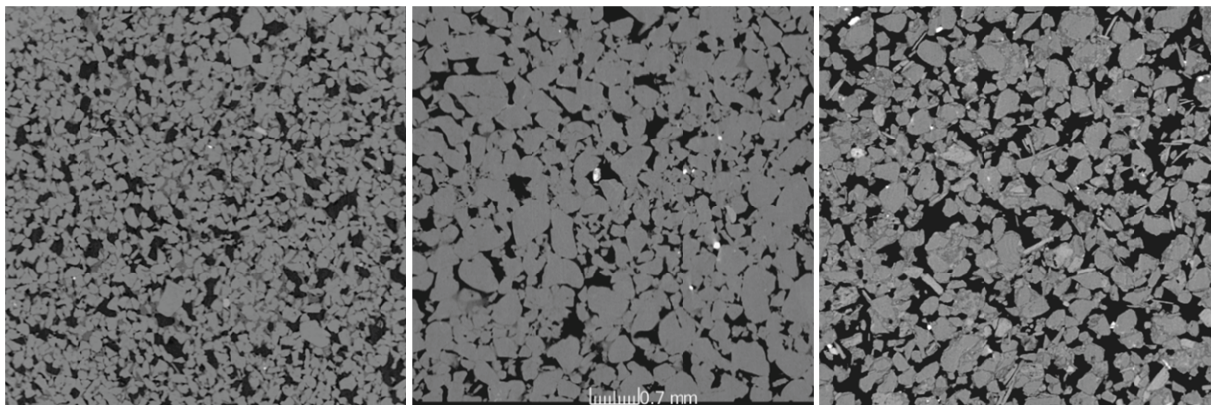
Z uvedené fotodokumentace je zřejmé, že umělé pískovce se zrnem o velikosti do 2 mm (a to i v případě vyššího obsahu pojiva – 20 %) vykazují výrazně pórovitou strukturu, která neodpovídá vzhledu přírodních pískovců. Z hlediska kvality provedení povrchové modelace a detailů se jako nejvhodnější jeví směs s písky o maximální velikosti zrna 0,5 mm a s obsahem pojiva 17 %.

Připravené umělé pískovce nevykazují téměř žádnou náchylnost k tvorbě výkvětů vodorozpustných solí. Pouze na některých vzorcích se během zrání objevil slabý bělavý povlak, který při opakovaném namáčení ve vodě vymizel. V odparcích vodných výluhů všech směsí byl fázovou analýzou identifikován natrit (Na_2CO_3), v jednom případě thermonatrit ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$). Hodnota pH vodných výluhů zatvrdlých umělých pískovců byla sledována po 7, 28, 56 a 90 dnech a ve všech případech se pohybovala v rozpětí 10,4–10,8.

Porozita a zejména velikostní distribuce pórů a charakter pórového prostoru představují jedny z hlavních faktorů, podmiňujících odolnost kamene proti zvětrávání a degradaci (viz např. Ruedrich a Siegesmund, 2007). Proto byla, pomocí RTG počítačové mikro-tomografie (RTG CT), vysokotlaké

rtuťové porozimetrie (MIP) a metody fyzikální sorpce dusíku, provedena charakterizace pórového prostoru dvou, kamenicky a sochařsky významných přírodních pískovců – hořického a bělohradského a vzorku, odebraného z výdusku umělého pískovce s velikostí zrna do 2 mm a s obsahem pojiva 17 %. K RTG CT byl použit průmyslový tomograf XT H 225 ST, vybavený plošným detektorem o ploše 400×400 mm s uspořádáním $4\,000 \times 4\,000$ pixelů (Nikon Metrology NV, Belgie). MIP byla realizována na řezaných vzorcích tvaru hranolu o objemu cca $2\,000 \text{ mm}^3$ ($10 \times 10 \times 20$ mm) za použití rtuťové porozimetru AUTOPORE 9500 (Micromeritics Instrument Corporation, USA). Izotermie adsorpce dusíku byly měřeny při 77 K volumetrickou metodou s použitím přístroje Micromeritics ASAP 2060 a následně použity pro stanovení plochy povrchu (BET) hodnocených pískovců. Oblasti mezo- a mikropórů byly analyzovány metodami Barrett-Joyner-Halenda a Horvath-Kawazoe.

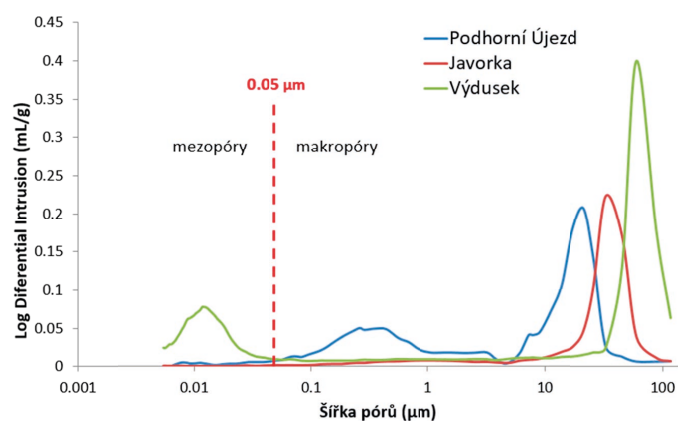
RTG CT řezy a výsledky stanovení pórovitosti pomocí RTG CT a MIP a sorpční izotermie pro studované přírodní pískovce i výdusek z umělého pískovce jsou prezentovány na **Obr. 3 až Obr. 5 a v Tab. 14.**



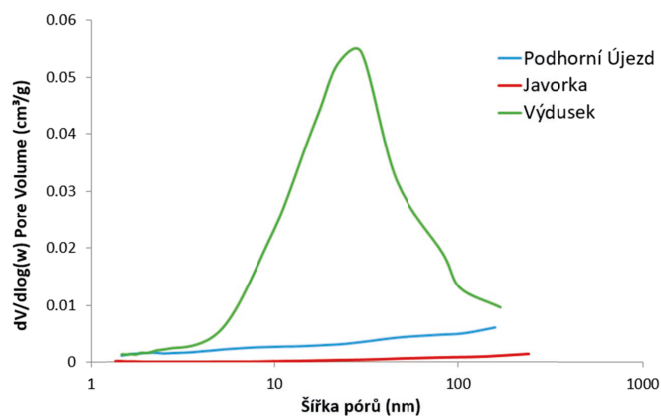
Obr. 3. RTG CT snímky studovaných pískovců (vlevo – hořícký pískovec z lomu Podhorní Újezd, uprostřed – bělohorský pískovec z lomu Javorka, vpravo – výdusek z umělého pískovce se zrnem do 2 mm a 17 % pojiva)

Tab. 14. Pórovitost přírodních pískovců a výdusek z umělého pískovce stanovená pomocí RTG CT a MIP

Pískovec	RTG CT					Efektivní pórovitost stanovená pomocí MIP [vol. %]
	Objem vzorku [mm ³]	Objem pórového prostoru [mm ³]	Celková pórovitost [vol. %]	Objem otevřených pórů [mm ³]	Efektivní pórovitost [vol. %]	
Podhorní Újezd	237,0	53,0	22,36	52,14	22,00	25,91
Javorka	242,2	51,9	21,43	51,68	21,34	19,64
Výdusek z umělého pískovce s velikostí zrna do 2 mm	263,8	80,5	30,51	79,86	30,27	31,02



Obr. 4. Velikostní distribuce pórů pomocí MIP



Obr. 5. Zobrazení oblasti mezo- a makropórů metodou fyzikální sorpce dusíku

Stanovení pomocí RTG CT prokázalo, že analyzovaný výdusek z umělého pískovce vykazuje o zhruba 27–30 % vyšší hodnotu efektivní pórovitosti (30,27 %) než porovnávané přírodní analogy (21,34 % resp. 22,00 %), což je v poměrně dobrém souladu s měřeními efektivní pórovitosti rtuťovou porozimetrií (**Tab. 14**).

Z výsledků stanovení velikostní distribuce pórů metodou MIP (**Obr. 4**) je pak patrné, že všechny tři typy studovaných pískovců představují makroporézní materiály se širokým rozmezím velikosti pórů pro daný typ vzorku. Pro celkové zhodnocení možných interakcí pískovců s vnějším prostředím je však důležitá i oblast mezo- a v menším případě i mikropórů, která je však rtuťovou porozimetrií obtížně postižitelná. Při vyšším podílu mezo- a mikropórů totiž dochází k pomalejší saturaci pórů vodou a k retardaci odpařování z objemu horniny. Pomalá výměna vlhkosti mezi horninou a okolím pak způsobuje zadržování vody v pórovém systému, a to se všemi důsledky pro stabilitu pískovce, např. při působení mrazu a solí. Z tohoto důvodu byla využita i metoda fyzikální sorpce dusíku při 77 K (**Obr. 5**).

Z křivek velikostní distribuce pórů, prezentovaných v **Obr. 4** a **Obr. 5**, je patrné, že nejvíce rozvinutý porézní prostor vykazuje výdusek připravený z alkalicky aktivovaného umělého pískovce, který má, na rozdíl od obou přírodních pískovců, značně zastoupení také oblast mezipórů. Měření pomocí MIP prokázalo bimodální charakter pórovitosti umělého pískovce s dominantní přítomností pórů okolo 0,013 μm (mezopóry) a 60 μm (makropóry). Zastoupení mezopórů je dobře viditelné i na výsledcích sorpce dusíku a projevuje se výraznou přítomností pórů s maximem okolo 28 nm. Velikost povrchu umělého pískovce činí 11 m^2/g . Oba typy přírodních pískovců jsou pak především makroporézní materiály s téměř zanedbatelným zastoupením mezopórů, přičemž nepatrně rozvinutější pórový systém a větší povrch vykazuje hořícký pískovec z lomu Podhorní Újezd ($S_{\text{BET}} = 2,4 \text{ m}^2/\text{g}$), naopak bělohorský pískovec z lomu Javorka se vyznačuje výrazně menším měrným povrchem ($S_{\text{BET}} = 0,16 \text{ m}^2/\text{g}$). Vliv zjištěných rozdílů v charakterech pórového prostoru umělého pískovce a jeho přírodních ekvivalentů na dlouhodobou trvanlivost ve venkovním prostředí bude náplní dalšího výzkumu.

Závěr

Na základě výsledků prezentovaných v předloženém příspěvku lze konstatovat, že i přes poměrně nestandardní složení a chemické vlastnosti zoxidovaných (žlutých) písků z plavení kaolinu se na jejich základě podařilo připravit umělý pískovec, který svými základními fyzikálními a mechanickými vlastnostmi a mrazuvzdorností poměrně velice dobře odpovídá přírodním materiálům, např. mšenskému, hoříckému nebo bělohorskému pískovci. Výhodou použití těchto písků je skutečnost, že díky jejich mineralogickému složení, tj. obsahu nejen křemene, ale také živců a slíd, mají umělé pískovce poměrně věrný přírodní vzhled. Prokázalo se, že i při relativně vysokém poměru plnivo vers. pojivo zhruba 80:20 až

83:17 hm. %, a navíc za situace, kdy je plnivo představováno kyselými písky s pH výluhu okolo hodnoty 5, dojde k uskutečnění studené anorganické syntézy a tvorbě pevné geopolymerní vazby. Praktické použití připraveného umělého pískovce bylo odzkoušeno na tvorbě výdusku ze směsi s různou zrnitostí vstupních písků. Úspěšné potvrzení možné využitelnosti kyselých odpadních písků z plavení kaolinu, produkovaných každoročně ve velkých objemech, je hlavním výsledkem uskutečněného výzkumu.

Poděkování

Příspěvek vznikl s přispěním projektu podpory koncepčního rozvoje výzkumných organizací (RVO: 68145535).

Literatura

- Aron L. (1998): Těžba a úprava titaničitých kaolinů. *Informátor Společnosti pro výzkum a využití jílů*, 16, 1–3.
- Březinová D., Bukovanská M., Dudková I., Rybařík V. (1996): *Praha kamenná*. Národní muzeum, Praha.
- Burciaga-Díaz O., Magallanes-Rivera R. X., Escalante-García J. I. (2013): Alkali-activated slag-metakaolin pastes: strength, structural, and microstructural characterization. *J. Sustain. Cem. Mater.*, 2, 2, 111–127. DOI:10.1080/121650373.2013.801799.
- Cyr M., Pouhet R. (2015): *The frost resistance of alkali-activated cement-based binders*. In: Pacheco-Torgal, F., Labrincha, J. A., Leonelli, C., Palomo, A., Chindapasirt, P. (eds) *Handbook of alkali-activated cements, mortars and concretes*. 1st edition. Woodhead Publishing, 293–318.
- ČSN 731322 (1969): *Stanovení mrazuvzdornosti betonu*. Úřad pro normalizaci a měření, Praha.
- ČSN EN 196-1 (2016): *Metody zkoušení cementu – Část 1: Stanovení pevnosti*. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha.
- ČSN EN 12371 (2010): *Zkušební metody přírodního kamene – Stanovení mrazuvzdornosti*. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha.
- Davidovits J. (2009): *Why the pharaohs built the Pyramids with fake stones*. Geopolymer Institute, Saint-Quentin.
- Davidovits J., Davidovits F. (2001): *The Pyramids: An enigma solved*. 2nd revised edition. Geopolymer Institute, Saint-Quentin.
- Ellis K., Alharbi N., Matheu P. S., Varela B., Hailstone R. (2015): Durability of alkali activated blast furnace slag. *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.*, 96:012004. DOI:10.1088/1757-899X/96/1/012004.
- Grohová Krutilová K. (2007): *Opracovatelnost hornin – vztah mezi petrografickými parametry, fyzikálními vlastnostmi a technologickými zkouškami*. Diplomová práce. Přírodovědecká fakulta, Univerzita Karlova v Praze, Praha.

- Konta J. (1973): *Kvantitativní systém reziduálních hornin, sedimentů a vulkanoklastických usazenin*. Univerzita Karlova, Praha.
- Kortus A. (2012): *Dobývání ložisek kaolinu na lomech organizace Sedlecký kaolin a.s. Božičany na Karlovarsku*. Bakalářská práce. Hornicko-geologická fakulta, Vysoká škola báňská – Technická univerzita, Ostrava.
- Kotlík P., Šrámek J., Kaše J. (2000): *Opuka*. Společnost pro technologie ochrany památek, Praha.
- Koudelka P., Fíla T., Rada V., Zlámal P., Šleichert J., Vopálenký M., Kumpová I., Beneš P., Vavřík D., Vavro L., Vavro M., Drdák M., Kytýř D. (2020): In-situ X-ray differential microtomography for investigation of water-weakening in quasi-brittle materials subjected to four-point bending. *Materials*, **13**, 6, 1405.
- Koutník P., Antoš P., Hájková P., Martinec P., Antošová B., Ryšánek P., Pacina J., Šancer J., Ščučka J., Brůna V. (2015): *Dekorační kameny Čech, Moravy a Slezska*. Univerzita J. E. Purkyně v Ústí nad Labem.
- Kužvart M. (ed) (1983): *Ložiska nerudných surovin ČSR*. Univerzita Karlova, Praha.
- Kužvart M. (ed) (1992): *Ložiska nerudných surovin ČR II*. Univerzita Karlova a Nakladatelství JP, Praha.
- Pavlík Z., Michálek P., Pavlíková M., Kopecká I., Maxová I., Černý R. (2008): Water and salt transport and storage properties of Mšené sandstone. *Constr. Build. Mater.*, **22**, 8, 1736–1748. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2007.05.010.
- Postma D. (1983): Pyrite and siderite oxidation in swamp sediments. *Eur J Soil Sci.*, **34**, 91, 163–182. DOI: 10.1111/j.1365-2389.1983.tb00821.x.
- Pticeň F. (2019): *Alkalická ochrana kyselých písků*. Závěrečná zpráva fy. KERAMEX Group pro Sedlecký kaolin a.s. Božičany.
- Pticeň F. (2020): *Mechanismus změny stability plavených písků v čase*. Závěrečná zpráva fy. KERAMEX Group pro Sedlecký kaolin a.s. Božičany (v tisku).
- Rinnová M., Rovnaník P. (2013): Vliv složení směsi na strukturu a vlastnosti geopolymerního pojiva. *Stavební obzor*, **21**, 5, 132–136.
- Ruedrich J., Siegesmund S. (2007): Salt and ice crystallisation in porous sandstones. *Environ. Geol.*, **52**, 2, 225–249.
- Rybařík V. (1994): *Ušlechtilé stavební a sochařské kameny České republiky*. Nadace Střední průmyslové školy kamenické a sochařské v Hořicích v Podkrkonoší, Hořice.
- Starý J., Pticeň F., Jirásek J., Sivek M. (2017): Development of kaolin production, reserves and processing in the Czech Republic in 1999–2015. *Gospod. Surowcami Min.*, **33**, 3, 121–142. DOI: 10.1515/gospo-2017-0035.
- Starý J., Šitenský I., Mašek D., Hodková T., Vaněček M., Novák J., Kavina P. (2019): *Surovinové zdroje České republiky – nerostné suroviny. Ročenka 2019, statistické údaje do roku 2018*. Česká geologická služba, Praha.
- Štěřík M. Ložiska kaolinu na Karlovarsku [online]. 2020 [cit. 8. 3. 2020]. Dostupné z: <https://www.gpkv.cz/kaol.html>.
- Tänzer R., Buchwald A., Stephan D. (2015): Effect of slag chemistry on the hydration of alkali-activated blast-furnace slag. *Mater. Struct.*, **48**, 3, 629–641. DOI: 10.1617/s11527-014-0461-x.
- Teplý B. (1997): *Konzervování a restaurování kamene*. Nadace Střední průmyslové školy kamenické a sochařské v Hořicích v Podkrkonoší, Hořice.
- Vavro L., Malíková L., František P., Kubeš P., Keršner Z., Vavro M. (2019): An advanced assessment of mechanical fracture parameters of sandstones depending on the internal rock texture features. *Acta Geodyn. Geomater.*, **16**, 2, 157–168.
- Vavro M., Martinec P. (2005): Tepelně upravené kaolíny a lupky a jejich využití jako pucolánové příměsi do betonů. In *Sborník mezinárodní konference Současnost a perspektiva těžby a úpravy nerudných surovin III*, Ostrava, 6.–7. 4. 2005, s. 151–158. Hornicko-geologická fakulta VŠB-TU Ostrava a Těžební unie Brno.
- Vavro M., Vavro L., Petrů J., Martinec P., Ščučka J. (2008): Bělohorský pískovec z lomu Javorka. *Kámen*, **14**, 3, 17–25.

Článek byl recenzován, recenzenti: M. Šťastný a P. Hájek

HISTORIE BENTONITU – ZÁZRAČNÉ HORNINY

Martin Šťastný

Geologický ústav AV ČR, v.v.i., Rozvojová 269, 165 00 Praha 6

Na počátku si řekněme, co to vlastně bentonit je. Bentonit je přirozeně se vyskytující materiál, kterému trvalo miliony let, aby se stal tím, čím dnes je. Příběh bentonitu začal uvnitř sopek před mnoha miliony let (asi před 488,3 až 2,6 miliony let), kdy byl při explozi sopky kromě lávy do okolí vyvržen i sopečný popel. Tento dramatický začátek bentonitu byl jen počátkem jeho vzniku. Vyvržený popel se usadil na okolní pevnině i na dně okolních moří. Z pevniny byl splaven taktéž do moří, kde vytvořil jednu ze sedimentárních vrstev. Postupem času vulkanické sedimenty vybudovaly několik vrstev v různých hloubkách. Tam byl popel uložen a vystaven vlivům okolního prostředí (fyzikálním a chemickým) po určitou dobu. Během ponořování se zvyšovala teplota a tlak a docházelo k přeměně vulkanického popela v bentonit.

Bentonity se liší strukturou a složením v závislosti na zdroji materiálu. Stejně jako neexistují žádné dva identické otisky prstů, nelze najít dva identické vzorky bentonitu. Pocházejí z různých zdrojů a každý z nich má vlastní jedinečné minerální složení. Existuje tak několik typů bentonitů, které jsou pojmenovány podle dominantního prvku. Rozeznáváme bentonit sodný, bentonit draselný, bentonit vápenatý a méně bentonit hlinitý, každý se svými jedinečnými vlastnostmi.

Nyní se podívejme na jeho bohatou historii. Jeho nalezení a využití sahá na samý počátek lidské civilizace, ba možná ještě dále. Existují náznaky, že již *Homo erectus* a *Homo neanderthalensis* používali bentonit nebo obecně jílu smíchaný s vodou a různé typy bahna k vyléčení ran, k uklidnění podráždění, k čištění kůže atd. To by mohlo být způsobeno napodobováním zvířat, z nichž mnohá instinktivně používají minerály pro tyto účely.

Nejstarší potvrzené zmínky o využívání bentonitu pocházejí jednak z Kypru, kde byl použit k odběru vlnového oleje a jednak z Anatólie (5000 let př. n. l.), kde byl velmi významným pro anatólskou civilizaci. Již zde si vysloužil svou pověst zázračné horniny. V současné době (2005–2009) byly prováděny vykopávky v oblasti nejsevernějšího výskytu Anatólské říše. Zde byly v oblasti města Nerik (viz **Obr. 1**), ztraceného města Hittitského království na východní straně řeky Kızılırmak, 7 km severozápadně od Vezirköprü objeveny artefakty, jako jsou tablety s klínovým písmem, které obsahují i zmínky o bentonitu. Občané tohoto království byli zmiňováni ve Starém zákoně Bible. Dlouho nebyly důkazy, zda toto království existovalo až archeologické objevy v roce 1876 prokázaly jeho existenci. Zdá se, že po staletí jsou zjevně důležitá přírodní bentonitová ložiska Reşadiye/Hitit na

silniční trase z hlavního města Hittitského království Hattuša (Corum) a nejsvětějšího města Nerik (Samsun).

Nejzdravější a prý nejdéle žijící lidé na světě pocházejí z Hunzy Turks (pohoří Karakum-Hindukuš), místa, kde lidé denně pili vodu z ložiska jílu typu bentonitů, které bylo definováno jako nektar nesmrtelnosti v Indii. Prameny vody z bentonitových ložisek, tzv. „svatá voda“, daly za vznik teorii, že „Hittites“ svatá voda je zachytávána z přírodních bentonitových ložisek. V současné době se o tom vedou dlouhé diskuze. A tak má bentonit nazývaný jako „hojivá hlína“ zajímavou historii. Lidé používali jílu interně a externě, aby zlepšili své zdraví a léčili nemoci po celá staletí. Starověké národy z And, střední Afriky a domorodci z Austrálie použili bentonit jako doplněk pro léčení bolesti. Dokonce ještě předtím, než Aztékové (1428–1521) objevili bentonit, jejich předchůdci Amargosové (8. stol. př. n. l. až 480 př. n. l.) poznali mnoho jeho výhod. Domorodci z Jižní Ameriky a Mexika chválili léčivou sílu stejné hlíny, která byla nalezena v přírodě. Indiáni v Severní Americe použili hlínu na hojení, ceremonie a čištění těla, kdy bentonit používali jako mýdlo. Starověké kmeny vysokých And (Aztékové 1428–1521), střední Afriky a domorodců z Austrálie používaly hlínu jako dietní základ, doplněk a pro léčebné účely.



Obr. 1. Geografická pozice města Nerik, centra Hittiského království.



Obr. 2. Historické vyobrazení využití jílu ke zdravotním účelům

Ještě dnes se ve společnostech, které neztratily kontakt s přírodou, jíly používají pro preventivní péči. Indové používají jíly pro své slavnostní léčebné postupy. Africké kmeny používají hlínu podobně. **Dr. Weston A. Price** ve své knize *Výživa a fyzická degenerace* diskutuje o několika domorodých kulturách, včetně kultur v Andách, střední Africe a Austrálii, které jíly konzumovaly různými způsoby. Mnozí si nosili koule sušených jílu ve svých pytlích a rozpouštěli malé množství jílu ve vodě, pili s jídlem, aby zabránili otravě přítomnými toxiny.

Egyptané (3150 př. n. l. až 640 n. l.) bentonit hojně používali v každodenním životě. Kvalitní bentonit je hlavní složkou, která pomohla dokonale uchovat mumifikovaná těla po tisíce let. Také **Ebers Papyrus**, egyptský text a jedna z nejstarších lékařských prací, která kdy byla objevena, obsahuje stovky návodů a opravných prostředků pro všechny druhy problémů, včetně použití bentonitu při léčení kůže a těla. Ve spisech Aristotela a Marca Pola se dokonce zmiňují lidé, kteří jedl hlínu v boji proti nemoci.

Od egyptské královské hodnosti, jakou byla Kleopatra, která použila bahno z řeky Nil před více než 1800 lety jako součást jejího rituálu krásy, po moderní televizní královny, jako klan rodu Kardashianů či Mindy Kaling, používají lidé jíly ke zkrášlení a uzdravení kůže (a dalších) po tisíce let. Dnes je to docela moderní a prášky na bázi bentonitového jílu se hojně prodávají. Lidé věděli o výhodách jílu na různé nemoci po tisíciletí. Bentonit byl jednou ze složek, která se používala k mumifikování a pomohla dokonale uchovat těla po tisíce let. Bentonit byl oslavován po staletí pro jeho protizánětlivé, čistící a výživné vlastnosti. Historie bentonitové hlíny je dlouhá a fascinující!

Ve starověkém světě několik spisovatelů zaznamenalo jev geofagie. Je to odborný termín pro konzumaci jílu a je téměř univerzální po celém světě v kmenových a tradičních venkovských společnostech (ačkoli to zřejmě nebylo dokumentováno

v Japonsku nebo Koreji). Již učebnice **Hippokrata** (460–377 př. n. l.) zmiňuje geofagii.

V Řecku **Aristoteles** (384–322 př. n. l.) učinil první zmínku o úmyslném požívání jílu, země nebo půdy lidmi pro terapeutické a náboženské účely.

První známá písemná zmínka o použití „kamenů“ a popis jejich minerálních výhod pochází z Říma z roku 60 př. n. l. V celé dávné historii se jíly používají lokálně pro zklidnění pokožky a také pro vnitřní gastrointestinální problémy. To popisuje i slavná lékařská učebnice s názvem *De Medicina*, kterou vydal dermatolog **Cornelius Celsus** (14–37 n. l.).

V Římě **Plinius starší** (23–79 n. l.) věnoval celou kapitolu ve své knize *Naturalis Historia* mnoha způsobům využití hlíny pro léčbu pupínků, černé hlavy a utahování kůže. Plinius st. si všiml požití jílu z ostrova Lemnos v Řecku. Používání jílu z tohoto ostrova bylo zaznamenáno průběžně až do 14. století.

Geofagie, jak již bylo řečeno, je starodávná praxe konzumace zemních materiálů obsahujících jílové minerály k vyvolání obecné hojivé reakce, jakož i proti infekcím a zánětům v gastrointestinálním traktu. Zatímco písemné popisy filozofů z období před i v našem letopočtu jsou přílošné, dodnes neexistuje alespoň minimální klinický důkaz podporující použití bentonitového jílu k léčbě zažívacích potíží.

Průzkumníci v Americe zaznamenali existenci geofagie mezi domorodými Američany, např. **Gabriel Soares de Sousa**, v roce 1587 pozoroval kmen v Brazílii používající jíly. **Alexander von Humboldt** popsal kmen Otomacs, který jedl velké množství jílu. V Africe **David Livingstone** psal o otrocích, kteří jedli jíl na Zanzibaru. Předpokládá se, že velké množství otroků s sebou přineslo praktiky konzumace jílu, když byli odesláni do Nového světa jako součást transatlantického obchodu s otroky. Otroci, kteří praktikovali geofagii, byli přezdívaní „jedlíci z hlíny“, protože bylo známo, že konzumují jíl, ale také koření, popel, křidu, travu, sádro, barvíva a škrob.

Dioscorides (40–90 n. l.) byl praktikujícím lékařem v Římě v době vlády císaře Nerona. Jako chirurg římské armády měl možnost cestovat po celé Římské říši a sbírat léčivé rostliny a minerály. Byl v Římské říši znám jako inženýr medicíny, který věřil, že bentonit má božské vlastnosti a že je ideální pro terapeutické účely. Jeho dílo *De Materia Medica* je základní historický pramen o lékařství Starověkého Řecka, Říma a dalších civilizací



Obr. 3. Pedanius Dioscorides

Slavný řecký lékař **Galen** (129?–216 n. l.), navázal na Hippokrata, byl jeden z nejznámějších starověkých lékařů. Zdokumentoval způsob, jakým hlína vyléčila nemocná nebo zraněná zvířata a zaznamenal zjištění o vnitřním a vnějším použití jílové terapie.



Obr. 4. Claudius Galén

Arabský filosof **Avicena** (980–1037) je uznáván za otce moderní medicíny. Za jeho nejvýznamnější dílo se považuje kniha *Kánon medicíny* (*Canon Medicinæ*), která vznikla kolem roku 1030 jako sbírka řecko-arabské lékařské moudrosti. Dílo bylo vrcholem lékařského vědění

10. století a stalo se vedle spisů Galénových nejdůležitějším lékařským pramenem středověku. Kniha sloužila jako základní učebnice muslimských a křesťanských žáků lékařství. Byl známý jako „princ lékařů“ v Arábii a vyučoval mnoho studentů o léčebných účincích jílu. Upozorňuje i na biblí, která také obsahuje odkazy na hojivé síly jílu a bahna Mrtvého moře.

Později **Marco Polo** (1254–1324) popsal, jak na svých cestách viděl muslimské poutníky léčit horečky požíváním „ružové země“. Tato praxe se v některých zemích a komunitách stále používá pro terapeutické účely nebo dokonce k úlevě od hladomoru.

Sebastian Kneipp (1821–1897) byl bavorským knězem a jedním z předchůdců naturopathického lékařského hnutí. Je převážně spojován s „Kneipp Cure“ formou hydroterapie, což je aplikace vody za různých tlaků a teplot, o které prohlašoval, že má terapeutické nebo léčebné účinky. Kneipp je však znám i jako propagátor přírodního ošetření s použitím hliněných obalů a obkladů.

Adolf Just (1859–1936) navázal na Kneippa. Učil se na knihkupce, ale onemocněl a v nemoci sestavil samostatnou studii o různých přírodních prostředcích a stal se tak laickým praktikem. Pro filozofii medicíny nejvíce prosazoval „Návrat k přírodě“, využívající přirozené potraviny, čistou vodu, čerstvý vzduch a jíl. Oba (Kneipp, Just) používali jíl s úspěchem k léčbě.

Jíl byl používán také k léčbě asijské cholery na počátku 20. století slavným berlínským lékařem **Juliem Stumpem**, a tzv. zelenou hlínu použil **Dr. Meyer Camberg**, aby neutralizovat otravu arzenem. Vojáci v první světové válce trpěli otravami ze špatného jídla, úplavicí, průjmem a infekcí z ran, takže němečtí lékaři dávali vojákům hlínu jako řešení těchto problémů. Francouzské pluky netrpěly úplavicí, protože jim byl přidán jíl k jejich jídlu a ruští vojáci obdrželi navíc k jídlu 200 gramů jílu.

Během historie je použití hlíny, konkrétně zelené hlíny nebo bentonitu, dobře zdokumentováno. Chcete-li se dozvědět více podívejte se na dílo „*Naše Země, naše léčba*“ **Raymonda Dextreita** (1908–2001). Francouz Raymond Dextreit je nejznámější a nejzkušenější naturopath na světě, který popsal využití jílu k léčbě. Stojí za moderní obnovou léčivých jílu jako formy přírodní medicíny v západním světě. Raymondova více než 30-letá zkušenost s léčivými jíly byla spojena se schopností pozorovat, dokumentovat a korelovat fyziologický účinek hlíny s principy jak přírodní medicíny, tak „moderní“ tradiční medicíny. Byl mistrem v pozorování „moderního pokroku“ ve vědě o terapii jílu.

Mahatma Gandhi (1869–1948) praktikoval v oblasti jílu. Gándhí měl více než 25 let zkušeností s používáním léčivých jílu v přírodní medicíně.

Moderní využití bentonitu

Jíly dnes mají zasloužené místo ve zdravotních a kosmetických metodách. Široce se používají v lázních, jíly se mísí s vodou (geoterapie), a to s mořskou nebo minerální léčivou vodou. Nechávací se dozrávat (peletoterapie) nebo se

míchají s parafinem (parami). Více lze nalézt např. v publikaci *Carretero M. I. (2002): Clay minerals and their beneficial effects upon human health. Applied Clay Science 21, 155–163.*

Při geoterapii a peloterapii se jíly používají jako masky, kataplazmy nebo bahenní koupele v závislosti na oblasti těla, která má být ošetřena. Teplota jílu může být buď horká, nebo studená. Bahenní lázně se používají v lázních, ale i v kosmetice ke zkrášlování, když se bláto nanáší ponořením části těla (koupání paží, rukou nebo nohou) nebo celého těla do vany nebo do koupele naplněné směsí jílu a vody.

Bylo napsáno mnoho knih podrobně popisujících, jak byly jíly po staletí používány k léčivým účelům. Nikdo však nikdy nebyl schopen plně vysvětlit, co dělá bentonit tak skvělým léčitelem. Někteří říkají, že hojivé vlastnosti jílu jsou způsobeny jeho schopností vázat toxiny. To je způsobeno negativním elektrickým nábojem jílové částice. Většina toxických jedů, volných radikálů, těžkých kovů atd. je pozitivně nabitá, takže tyto toxiny jsou přitahovány jílem a pak vyplaveny z těla jako odpad. Někteří věří, že výhody jílu jsou dány vysokou úrovní pH, která umožňuje produktům, aby byly více alkalické. Ostatní tvrdí, že přínosy plynou ze širokého spektra minerálů nalezených v jílu. Všechny tyto teorie jsou užitečné, ale nedostatečné, aby vysvětlily veškeré dobro, které bentonit přináší. Ti, kteří mají prospěch z tohoto přírodního produktu, jsou ochotni nechat stranou vědecké vysvětlení a vděčně přijmou výhody produktu.

Pokud jsou jíly tak dobré pro léčení, proč je světová lékařská komunita nepropaguje? Proč nebyly provedeny rozsáhlé testy prokazující platnost mnoha užitečných vlastností jílu? Odpověď může být dána jedním slovem: Peníze. Neexistuje žádná ekonomická budoucnost, která by podporovala přirozený, levný produkt, který nemůže být patentován.

Nejnovější moderní využití bentonitu

- První patent byl vydán v roce 1868 o zacházení s parafinem jako s názvem Fullers Earth (název pro bentonit ve Velké Británii).
- V roce 1880 byl bentonit používán pro částečné zušlechťování a bělení jedlých olejů ve Spojených státech.
- Od roku 1901 se bentonit používá jako vrtné bahno.
- V roce 1906 byly v Německu aktivovány bělicí půdy pomocí kyselin. Bentonit byl použit s kyselinou chlorovodíkovou k ošetření olejů nebo k bělení jejich barev.
- Od roku 1920 se bentonit používá v odlévacím průmyslu pro lepení forem. Slévárenský sektor je oblastí využívanou nejvíce bentonitem a roční spotřeba dosahuje 3,5 milionu tun.
- Je známo, že němečtí lékaři během první světové války vážně snížili úmrtnost v případě otravy jídlem, úplavice, průjmem, infikovanou ranou bentonitovou terapií.
- V roce 1949 byly změněny vlastnosti bentonitu tak, aby byly použity v nevodních prostředích, a získané organogely byly použity jako vrtací tekutina a zahušťovadlo povlaků.

- Od roku 1959 se bentonit používá jako stelivo pro kočky.
- Ruští vědci používají bentonit k ochraně svých rukou a těl při práci s jaderným materiálem jako zakrývání hydratovaným bentonitovým „magmatem“ před tím, než si obléknou radiační oblečení.
- Bentonit, který velmi dobře absorbuje záření, byl použit k zabránění úniku po Černobylu. Čokoláda a sušenky s bentonitem byly distribuovány lidem v regionu.
- NASA používá bentonit jako potravní obohacující tabletu k prevenci osteoporózy astronautů.
- Bentonit se používá jako přísada při výrobě lepidla, krmivo pro zvířata, pro peletizaci železné rudy, výrobu papíru, částečnou úpravu vody, pro výrobu kopírovacího papíru bez obsahu uhlíku, při čištění odpadních vod; jako zahušťovadlo v jaderných odpadech, mytí oděvů, změkčovacích textilií, odvlhčovacích a olejových prostředků a produktů na bázi vody a v mnoha dalších provedeních.
- Nově vyvinutá oblast použití bentonitu, kde se používá jako polymerní přísada. Přidáním bentonitu se zlepší vlastnosti polymeru, které brání tvorbě plynu a odolávají teplotě. Zpomalovače hoření vyrobené z bentonitu se používají v produktech vyžadujících odolnost vůči teplotě a plameni, jako jsou plastové elektrické zátky.
- Dne 12. září 2005 výsledky experimentů ukázaly, že HIV (AIDS) a postup chřipkového viru byl zabráněn bentonitem.
- Konečně, jak bylo zmíněno, bentonit se používá v mnoha oborech medicíny k léčbě různých nemocí. Např. artritida, akné, atletova noha, popáleniny, blistry s horečkami, řiznutí, škrábance, vyrážky, ekzém, hmyzí štípnutí infekce, nehtové houby, pásový opar, kyselé trávení, pálení žáhy, alergie, kolitida, průjem, úplavice, divertikulitida, otrava jídlem, syndrom dráždivého střeva (IBS), Crohnova nemoc, paraziti, bolení břicha, bolest zubů, vředy. To jen namátkový výběr léčivých účinků.

KNIHY A ČASOPISY

Nový, v pořadí **52. Newsletter AIPEA** lze nalézt a stáhnout si jej na stránkách https://aipea.org/newsletter/AIPEA_newsletter_52_2020.pdf

Chceme Vás informovat, že byly aktualizovány **stanovy AIPEA** tak, aby odrážely současný stav pro členství. Aktuální verzi najdete na adrese <https://aipea.org/statutes/>.

AKTUALITY

Vzhledem k pandemii koronaviru berte následující data s rezervou, případně si na webových stránkách ověřte správnost termínu. Organizační výbory sledují hodnocení rizik pandemie Světovou zdravotnickou organizací a většinu schůzek odkládají nebo přesouvají na pozdější termíny nebo na on-line verzi.

2020

4th Asian Clay Conference (sledovat web stránky vzhledem ke COVID-19, možnost on-line účasti)

7.–10. června
Pattaya, Thajsko
<http://asian-clay2020.com/>

57th Annual Meeting of the Clay Minerals Society CMS) (sledovat web stránky vzhledem ke COVID-19 možnost on-line účasti)

5.–19. června, **odloženo na 25.–30. října**
Richland, Washington, USA
<https://pnml.cvent.com/CMS2020>

8th International Conference on Clays in Natural and Engineered Barriers for Radioactive Waste Confinement

8.–11. června, **odloženo na 14.–17. června 2021**
Nancy, Francie
<https://www.clayconferencenancy2020.com/>

Goldschmidt 2020 e (sledovat web stránky vzhledem ke COVID-19)

21.–26. června
Honolulu, Hawaii, USA
<https://goldschmidt.info/2020/>

10th MID-EUROPEAN CLAY CONFERENCE (MECC 2020)

13.–17. září 2020, **odloženo na rok 2022**
Kluczkow, Polsko

Eurosoil 2020 (odloženo na 23.–27.8.2021)

24.–28. srpna
Ženeva, Švýcarsko
<http://www.eurosoil2020.com>

GeoHealth 2020

1.–5. září
Bari, Itálie
<http://www.geohealth-scientists.org>

36. Mezinárodní geologický kongres odloženo na 2.–8. října

New Delhi, Indie
<http://www.36igc.org/>

4th World Forum on Industrial Minerals (WFIM-4) & AIPEA Short Course – 2020

17.–20. října
Chi Zhou City, Anhui, Čína
<http://www.qyim-cn.com/forum/index.html>

14. INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED CLAY SCIENCE

5.–6. listopadu, 2020
Istanbul, Turecko

14. INTERNATIONAL CONFERENCE ON CLAYS AND CLAY MINERALS

3.–4. prosince 2020
Tokio, Japonsko

14. INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOIL SCIENCE

28.–29. prosince 2020
Paříž, Francie

2021

17. MEZINÁRODNÍ JÍLOVÁ KONFERENCE

12.–16. července 2021
Istanbul, Turecko
E-mail: chair@17icc.org nebo secretariat@17icc.org
Internet: <https://www.17icc.org/>
V dubnu 2020 organizátoři ICC poslali výzvu k tematickým zasedáním, která se budou konat v Istanbulu v roce 2021.

20th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOIL MECHANICS AND GEOTECHNICAL ENGINEERING (ICSMGE)

12.–17. září 2021
Sydney, Austrálie

2024

37. MEZINÁRODNÍ GEOLOGICKÝ KONGRES 2024

Busan, Korea
www.igc2024korea.org/2015/english/main/index_en.asp

Vydává:

Česká společnost pro výzkum a využití jílu
V Holešovičkách 41
182 09 Praha 8 - Libeň
tel.: 266 009 490, 233 087 233
Registrační číslo: MK ČR E 17129

Editor:

RNDr. Martin Šťastný, CSc. (Geologický ústav AV ČR, v.v.i.)
e-mail: stastny@gli.cas.cz, stastny.cm@seznam.cz

Členové redakční rady:

doc. RNDr. Miroslav Pospíšil, Ph.D. (Matematicko-fyzikální fakulta UK)
Mgr. Jana Schweigstillová, Ph.D. (Ústav struktury a mechaniky hornin AV ČR, v.v.i.)
prof. Ing. Petr Praus, Ph.D. (Technická univerzita – VŠB Ostrava)

Technický redaktor:

RNDr. Martin Šťastný, CSc.

Vychází: 23.5.2020

Tištěná verze: ISSN 1802-2480

Internetová .pdf verze: ISSN: 1802-249