

Redukce solí odsolovacími zábaly a zásypy v kapli na hradě Landštejn

Salt Reduction with Poultices and Backfilling
in the Chapel at Landstejn Castle

Zuzana Wichterlová, Jana Waisserová

Klíčová slova: odsolování | Landštejn | zábaly | zásypy
Keywords: desalination | Landstejn | poultices | backfilling

Emporová kaple v malé věži patří k nejstarší románské části hradu Landštejna.^[1] Průzkum interiéru provedený v roce 2017 zjistil, že všechny omítkové vrstvy včetně maltových podlah vznikly současně v jedné stavební fázi a je možné je datovat do raného středověku.^[2] Na zdech se nachází historické omítky s fragmenty maleb a rytin. Kromě nich se z původní výzdoby dochovaly kamenné římsy, fragmenty hlavic s figurálním motivem a unikátní maltové podlahy. Pomezí hrad opakovaně podléhal dobývání a v roce 1771 definitivně vyhořel po zásahu bleskem. Posléze více než dvě stě let chátral a do malé románské věže s kaplí masivně zatékalo. Zříceninu v 80. letech 20. století snad zachránila drastická oprava. Cílila zejména na zastřešení a sanaci statiky a tím zanesla do zdiva i spárování obrovské množství velmi tvrdého cementu, aplikovaného tlakovou injektáží hloubkovými vrty. Později došlo i k restaurování omítek v interiéru kaple.

Průzkum v roce 2017 se zaměřoval zejména na stav omítek v kapli a posouzení možností jejich stabilizace. Při srovnávání starší dokumentace (včetně frotážovaných rytých kreseb) se prokázalo, že stav omítek v románské kapli je výrazně horší než při posledním restaurování v 90. letech 20. století.^[3] Část omítek, zejména na klenbě, se zcela oddělovala od podkladu. Na povrchu většiny se nacházely velké vlhké mapy a masivní vrstvy solných krystalů, které spolu s omítkou opadávaly na zem. S erozí povrchu omítek velká část fragmentů rytin i maleb definitivně zanikla.

Průzkum identifikoval vysokou koncentraci všech typů vodorozpustných solí na stěnách, klenbě i v maltových podlahách. Rozložení solí v kapli je nepravidelné. Jejich zdroj se nepodařilo zcela jednoznačně určit, pravděpodobně jde o kombinaci několika příčin. Zásadním faktorem pro transport i ničivou aktivitu vodorozpustných solí je samozřejmě voda. Ta se dostávala do stavebních konstrukcí z dlouhodobého zatékání do zříceniny. Neméně významná ale je i vlhkost ze vzduchu. Ve zcela otevřené kapli relativní vlhkost totiž značně kolísala. Vodorozpustné soli tak díky vlastní hygroskopicitě opakovaně a v relativně krátkých cyklech krystalizovaly a ničily omítky.^[4]

Vzhledem k velmi komplikované situaci (extrémní koncentrace solí, zatékání, nestabilní klima) proběhla před zásahem podrobná diskuse o smysluplnosti a cílech restaurátorského zásahu. Na jejím základě bylo rozhodnuto, že záchranný zásah zacílí zejména na snížení koncentrace solí v povrchových vrstvách a na stabilizaci klimatu.^[5] Následující příspěvek se z celé složité problematiky landštejnské hradní kaple zaměřuje na průběh snižování koncentrace solí pomocí zábalů a zásypů.

Odsolovací zábaly na stěny a klenby

Mezi lety 2020 a 2022 proběhlo v kapli 5 odsolovacích cyklů na stěnách. Zábaly se vždy skládaly z podhozu (separace) a zábalu.

Dosud jsme na restaurátorských zakázkách aplikovali zábaly z kaolínu, písku, jemné buničiny¹⁶¹ s dezinfekcí.¹⁷¹ Jejich receptura byla vyvinuta v letech 2001–2008 při rozsáhlých odsolovacích pracích na fasádách a v interiéru státního zámku Kratochvíle.¹⁸¹ Tyto zábaly jsou stále s drobnými modifikacemi hojně využívané, zejména díky jejich dobrým aplikačním vlastnostem a relativně dobré absorpci solí.

Při odsolovacích pracích na hradě Landštejn jsme recepturu dále vylepšovali s cílem zvýšit kapilární aktivitu zábalu na maximum. Největší potenciál pro inovaci spočíval v plnivu – v písku, který v zábalu dosud sloužil jako pouhé plnivo proti smrštění, ale jeho kapilární (odsolovací) aktivita je v podstatě nulová. Proto jsme se ho pokusili nahradit porézní opukovou drtí a lehčným plnivem z expandovaného skla.¹⁹¹

Další modifikace cílila na dezinfekci podhozu i zábalu. V minulosti používané dezinfekční prostředky jsme se pokusili nahradit vápennou vodou (2 g vápenného hydrátu na 1 l vody). Její účinnost však nebyla tak silná, a proto jsme se v průběhu prací vrátili ke kombinaci se silnějšími biocidními prostředky.¹⁰¹

Před započítím komplexního restaurátorského zásahu proběhl zkušební výzkum cílený na složení i délku aplikace zábalu. Přesnější poměry jednotlivých složek se v průběhu prací upravovaly. V tabulce 1 uvádíme výsledné poměry.

Tabulka 1 – Recept na podhoz i zábal aplikované na stěny a klenbu kaple.

Podhoz (separace)	4 l Arbocel ¹¹¹ 8 l Voda 16 g Vápenný hydrát ¹²¹ Biocid – testovány postupně <i>FungiSPRAY</i> , <i>Mech-stop</i> ¹³¹ , <i>Algicid plus</i> ¹⁴¹
Zábal	9 l Opuka ¹⁵¹ 0–3 mm 12 l Písek ¹⁶¹ 0–3 mm 3 l Vápenný hydrát 3 l Kaolín ¹⁷¹ 3 l <i>Arbocel</i> 3 l <i>Perlit</i> ¹⁸¹ 16 l Voda (cca dle vlhkosti používaných materiálů) Biocid – testovány postupně <i>FungiSPRAY</i> , <i>Mech-stop</i> , <i>Algicid plus</i>

Obr. 1 Pohled do interiéru landštejnské hradní kaple po restaurování v roce 2022.
Foto: Jana Waissarová





Obr. 2 a 3 Výkvěty solí na klenbě pod emporou v roce 2017 a stav omítek na témže místě po odsolování v roce 2022.
Foto: Jana Waissarová

Před nanesením podhozu byl povrch očištěn od krystalů solí odsátím a omytím párou. Následně došlo k předvlhčení. Rizikové okraje omítek byly zachyceny obtmelovací maltou. Velké dutiny (např. statické trhliny) byly zaplněny papírovinou v plátech tak, aby do nich nemohl vniknout zábal.

Separace i zábal se aplikovaly omítací pistolí na kompresor.^[19] Nanesení separace na stěny probíhalo nástřikem ve dvou tenkých vrstvách, zábalu ve dvou až třech silnějších vrstvách. Celková tloušťka zábalu v suchém stavu dosahovala cca 0,5–1 cm.

V případě Landštejna šlo o dlouhodobé difuzní zábalu. Zábalu se aplikovaly vždy na minimálně tři měsíce v zimě a tři měsíce v létě (od roku 2019, do roku 2022). K jejich odstranění sloužily špachtle, skalpely, kartáče. Závěrečné odstranění zábalu bylo provedeno tlakovým vzduchem, vysavačem a finálně tlakovou párou.

Odsolovací a ochranné zásypy na maltové podlahy

V kapli jsou dochované unikátní maltové románské podlahy. Ty jsou zasolené extrémním množstvím síranů (od padajících výkvětů). Většina podlahových ploch nebude v rámci prohlídkových tras prezentována, ale bylo potřeba najít způsob, jak je ochránit, zároveň zredukovat soli, a navíc umožnit snadnou údržbu (výměnu zábalu).

V rámci zásahu se původní maltové podlahy očistily od vrstev nánosů omítek a krystalů solí a zdokumentovaly. Na podlahy byl nanesen ochranný a odsolovací opukovo-pískový zásyp v síle cca 15 cm. Aplikace proběhla volným nasypáním, bez závěrečného dusání. V zábalu obsažená dezinfekce vápenným hydrátem je pouze preventivní, riziko bio napadení je zde minimální, neboť zásyp neobsahuje buničinu. Mezi finálním dřevěným roštem s prkenou podlahou a zásypem je vzduchová mezera. Na empoře, kde nevede prohlídková trasa, je do zásypu volně ložený dřevěný chodník pro údržbu.

Tabulka 2 – Recept na zásyp aplikovaný na maltové podlahy.

Opukovo-pískový zásyp	1 díl Opuka 1 díl Písek Vápenný hydrát (dezinfekce) na 80 l směsi 2 dl vápenného hydrátu
-----------------------	---

Vyhodnocení funkce odsolovacích zábalů a zásypů

V celém průběhu odsolovacích cyklů byly opakovaně odebírané vzorky zábalů, zásypů i omítek [Obr. 4]. Odběry cílily na obsah vyluhovaných solí v zábalu, na délku zábalu, rozložení solí v omítce před zásahem a po zásahu atd. Z průběžného sledování vyšly některé zajímavé závěry, které zde shrnujeme:

Koncentrace různých typů solí: sírany, dusičnany, chloridy (odlišné na různých místech kaple)

Rozložení solí v kapli je velmi nepravidelné. Z průzkumu vyplynulo, že lokace vlhkých a suchých map na schnoucích zábalech kopírovalo hranice výskytu solí, stejně jako hranici poškození omítek. V místech, kde mají omítky dochované povrchy, je koncentrace solí menší a zábal zde lépe dosychal. Patrně jde o transportní zóny, kudy soli pouze migrují. Naopak na místech s velmi poškozenou omítkou jsou soli ve vysoké koncentraci, a proto zde zábal nemůže doschnout a zůstával vlhký (vzhledem k hygroskopicitě solí).

Ve spárách zdiva jsou častěji ve vyšších koncentracích chloridy a dusičnany. Na povrchu kompaktních a neporézniých žulových kamenů zdiva je omítka tenčí. Tím vzniká zóna schnutí, kde se v omítce kumulují pro změnu sírany, které hojně rekrystalizují. Vzniká tak typická degradace zdiva „z neporézniho kamene“. To znamená, že omítka odpadává od středu bloku až ke spáře, povrch kamene se časem obnažuje. [Obr. 4]

V maltové podlaze a nad vodorovnými římsami jsou ve vysokých koncentracích sírany. V kapli na povrchu a těsně pod povrchem omítky totiž krystalizují zejména sírany. Ty strhávají omítku, která společně s nimi padá na podlahu a vodorovné prvky. A následně se i s opadnou omítkou na těchto místech sírany kumulují v extrémním množství.

Obr. 4 Typický způsob degradace omítek na kamenném zdivu, kdy se soli kumulují na tenké zóně odsychání, způsobují předčasné opadání omítky a kameny se následně „otevírají.“ Foto: Jana Waisserová



Délka zábalu

Z analýz jednoznačně vyplynulo, že dlouhodobý zábal je v tomto případě výrazně efektivnější než krátkodobý (při shodných nákladech). Jako hlavní síla zde zjevně funguje difuze a nikoli advekce. To platí v případě zábalu v netemperovaném interiéru s vysokou vzdušnou vlhkostí. V jiném prostředí by však výzkum mohl přinést odlišné závěry, tedy výstup nelze zobecňovat. K úvaze zůstává, zda by nebylo výhodné čas zábalu ještě prodloužit (zejména u posledních dvou cyklů, kde je difuzní gradient nižší).

Recept zábalu

Nový recept pro opukovo-pískový zábal byl sestaven tak, aby se dal aplikovat stříkácí pistolí na kompresor, měl dobrou přilnavost k podkladu, neodsychal rychle a měl maximální množství volných kapilárně aktivních pórů, což měla nově zajistit nově přidaná opuková drť. Recept jsme v průběhu prací několikrát museli upravit tak, aby dobře držel na stěně, neodděloval se či nepraskal. Šlo zejména o úpravu poměrů písku a opuky. Například při zkoušce nahrazení veškerého písku opukou se na několika místech s hladkým povrchem do druhého dne po aplikaci vrstva zábalu oddělila.

Obr. 5 Zábal aplikovaný na stěně a místo pravidelného odběru vzorků zábalu i omítky pro sledování účinnosti odsolovacích zábalů. Foto: Jana Waisserová



Aplikační vlastnosti zábalu

Zábal je nutné aplikovat přes stříkanou separaci z buničiny. Aplikace vrstev stříkáním je relativně rychlá a zábal má po úpravě receptu dobrou přilnavost. Separální vrstvu je dobré nanášet relativně řídkou, dodá tak podkladu rovnoměrně vodu pro počáteční rozpuštění solí. Pokud je podklad nesavý (provlhčený), je třeba chvíli počkat s další vrstvou, aby zábal nestekl ze stěny. Separace zcela eliminuje vznik zákalů od kaolinu ze zábalu a zlepšuje odstranitelnost zábalu. Avšak i tak odstraňování nedoschlého opukového zábalu z hrubé struktury omítky není jednoduché ani rychlé.

Dezinfekce zábalů

Prostředí s vysokou vzdušnou vlhkostí je výhodné pro dlouhodobé zábalu vzhledem k žádoucímu pomalému odsychání. Na druhou stranu jde o prostředí vysoce rizikové pro vznik plísní. Otestovali jsme několik biocidních prostředků. I přesto se nepodařilo plísním zcela vyhnout. Vápenné voda, která je neekologičtější a pro aplikaci nejpříjemnější, zajišťovala pouze částečnou ochranu, která trvala zejména dokud byl zábal mokrá (před karbonatů). Riziko plísní způsobuje zejména buničina. Její užití je však nutné jak pro separaci, tak pro soudržnost a snazší sundávání zábalu. Případné nahrazení či nastavení zábalu bez buničiny, či výběr nejvhodnějšího biocidu a jeho koncentrace je úkolem pro další výzkum.

Míra odsolení

Z výsledků nevyplývá jednoznačně, zda tloušťka zábalu má vliv na absorpci solí (vztaheno na plochu). Koncentrace a typ solí absorbovaných v zábalu velmi jasně koresponduje s koncentrací a typem solí v omítce, zkrátka na zasolenějších omítkách je výluh vyšší.

V prvních třech cyklech došlo k velkému snížení koncentrace solí v povrchových vrstvách omítky. Po čtvrtém a pátém cyklu přestala koncentrace solí v povrchu omítek klesat. Došlo totiž k dorovnání koncentrací na povrchu s koncentracemi ve větší hloubce. Přičemž ale samotné zábalu vyluhovaly další soli. Odsolování tedy začalo probíhat z větší hloubky. Otázkou je, zda by nemělo význam tyto zábalu ponechat na místě ještě delší čas, či zda je možné je příště vyhodnotit jako zbytné, protože pouze posouvají soli stěnou a ve výsledku koncentraci snižují pozvolněji.

Pokles koncentrace solí se projevil i na samotné hygroskopicitě omítek. Zábalu s každým dalším cyklem lépe dosychaly. Po každém dalším zábalu byla omítka sušší a kapilárně otevřenější.

Opukový zábal absorboval srovnatelně dobře všechny typy solí. Celkové průměrné snížení solí v povrchových vrstvách omítek o 83 % lze hodnotit jako velmi úspěšné [Tabulka 3]. Z našeho průzkumu ale nevyplývá, jestli je opukový zábal efektivnější než jiné zábalu s obdobnými vlastnostmi, srovnávací testy jsme neprováděli.

Tabulka 3

Analýzy solí v omítkách na opakovaně sledovaných místech před odsolováním, po III., IV. a po odsolování (po V. zábalu)

Analýzy solí v omítkách na opakovaně sledovaných místech před odsolováním, po III., IV. a po odsolování (po V. zábalu)

Vzorek omítky	Cl ⁻ [%]			NO ₃ ⁻ [%]			SO ₄ ²⁻ [%]							
	Před	III. 31.03. 2021 1	IV. 31.08. 2021 1	V. 23.06. 2022 2	Před	III. 31.03. 2021 1	IV. 31.08. 2021 1	Po	Snížení [%]					
	0. 25.10. 2017 7	0,07 0,01	0,04 0,06	0,03 0,05	0,03 0,05	1,44 x	0,39 0,49	0,39 0,64	0,57 0,64	x x				
Z2	0,29	0,07	0,04	0,03	1,03	0,19	0,14	0,12	88%	1,18	0,42	0,04	0,06	95%
S2	0,34	0,01	0,06	0,05	2,53	0,18	0,29	0,18	93%	0,45	0,13	0,26	0,22	51%
A1	1,44	0,38	0,39	0,57	1,98	0,49	0,61	0,64	68%	0,11	0,02	0,02	0,03	73%
A2	x	0,39	0,49	0,64	x	0,51	0,78	0,74	x	x	0,02	0,01	0,02	x
S4	0,42	0,01	0,01	0,02	1,74	0,04	0,06	0,07	96%	4,39	0,1	0,1	0,14	97%
T	x	0,33	0,38	0,48	x	0,66	0,93	0,89	x	x	0,35	0,46	0,34	x
									83%					79%

Zásypy na podlahy

Vzorky ze zásypu byly odebrané z různých výšek po cca třech letech. Z analýz vyplynulo, že soli migrovaly do celé síly zásypu ve vysoké koncentraci [Tabulka 4]. Přičemž jde o sírany, které obvykle nemigrují snadno. Soli se tedy i takto volně sypaným zásypem pohybují velmi ochotně v celé tloušťce. Při aplikaci silnější vrstvy je tedy možné vytvořit větší rezervu (kapacitu) pro absorpci solí na delší čas. Navíc je to velmi praktické, protože lze vyměnit pouze vrchní část zásypu, bez rizika poškození odsolované vrstvy.

Opukovo-pískový zásyp s dezinfekcí vápenným hydrátem na horizontální či šikmé plochy lze jako způsob ochrany a preventivního dlouhodobého odsolování jednoznačně doporučit. Jde o relativně nenáročnou metodu, která by mohla nalézt uplatnění nejen u stavebních památek, ale např. u archeologických nálezů.

Tabulka 4 Analýzy solí v zásypu podlahy na empoře. Zásyp byl nanesený v roce 2019, krytý provizorními OSB deskami, vzorky odebrané v roce 2022.

Analýzy solí v zásypu podlahy na empoře, nanesený v roce 2019, pod OSB deskami.

Vzorek zábalu 15x20 cm	m (g) vzorku	Cl ⁻		NO ₃ ⁻		SO ₄ ²⁻	
		[%]	g/m ²	[%]	g/m ²	[%]	g/m ²
26. 7. 2022 Povrch	259,2	0,03	2,6	0,24	20,7	1,21	104,5
26. 7. 2022 Střed	253	0,01	0,8	0,12	10,1	0,86	72,5
26. 7. 2022 Spodek	617,1	0,01	2,1	0,07	14,4	0,53	109,0

Závěr

Cílem zásahu bylo co nejvíce zpomalit masivní degradaci historického interiéru kaple. Degradaci jednoznačně způsobuje extrémní množství vodorozpustných solí a nevhodné klima. Soli v povrchových vrstvách omítek kaple se podařilo významně redukovat. Jejich další destruktivní aktivita je ovšem zcela závislá zejména na vlhkosti a klimatických podmínkách. Eliminace zatékání i stabilizace klimatu v románské věži na Státním hradě Landštejn je dosud v řešení. I přes zavření otvorů do kaple se nepodařilo dostatečně snížit výkyvy v relativní vlhkosti provázené kondenzací na stěnách. Jde o velmi komplikovaný úkol, který má zcela zásadní vliv na další chování solí.

Literatura a prameny

- 1 | Líbal Dobroslav, Lancinger L., Hrad Landštejn, okres Jindřichův Hradec, Stavebně-historický průzkum, Praha 1980
- 2 | Švéda Tomáš, Hamsík Antonín, Restaurátorská zpráva, románská kaple SH Landštejn, I. etapa, 1999
- 3 | Wichterlová Zuzana, Hodnocení redukce obsahu vodorozpustných solí z interiérových omítek pomocí obkladů. Bakalářská práce. Litomyšl: Univerzita Pardubice, Fakulta Restaurování, 2011.
- 4 | Bayer Karol, SH Landštejn – Románská věž, Materiálový průzkum interiéru věže (v přílohách zprávy Wichterlová Zuzana, Waisserová Jana, Dokumentace restaurátorského průzkumu omítek na stěnách a klenbách v interiéru hradní kaple, KP SH Landštejn, 2017)
- 5 | Kuneš Petr, Michoinová Dagmar, Zjištění hygroskopicity zasolených omítek (v přílohách zprávy Wichterlová Zuzana, Waisserová Jana, Restaurátorská dokumentace, II. etapa, Konzervace omítek na stěnách a klenbách v interiéru románské kaple, KP SH Landštejn, 2020)
- 6 | Wichterlová Zuzana, Waisserová Jana, Dokumentace restaurátorského průzkumu omítek na stěnách a klenbách v interiéru hradní kaple, KP SH Landštejn, 2017.
- 7 | Wichterlová Zuzana, Waisserová Jana, Restaurátorská dokumentace, Závěrečná zpráva, Konzervace omítek na stěnách a klenbách a konzervace maltových podlah v interiéru románské kaple, KP SH Landštejn, 2019–22.

Poznámky

- 1 | Pravděpodobně raně středověká výstavba spadá do cca stoletého období, kdy hrad drželi páni z Landštejna. L. Lancinger, D. Líbal, Hrad Landštejn, okres Jindřichův Hradec, Stavebně-historický průzkum, Praha 1980.
- 2 | Válek Jan, et al., Průzkum malt románské kaple ve věži hradu Landštejn (v přílohách zprávy Wichterlová Zuzana, Waisserová Jana, Restaurátorská dokumentace, II. etapa, Konzervace omítek na stěnách a klenbách v interiéru románské kaple, KP SH Landštejn, 2020); Wichterlová Zuzana, Waisserová Jana, Dokumentace restaurátorského průzkumu omítek na stěnách a klenbách v interiéru hradní kaple, KP SH Landštejn, 2017.
- 3 | Stav omítek v roce 1999 je dobře zaznamenán fotograficky i kresebně. Viz fotodokumentace i grafická dokumentace v: Švéda Tomáš, Hamsík Antonín, Restaurátorská zpráva, románská kaple SH Landštejn, I. etapa, 1999.

- 4 | Bayer Karol, SH Landštejn – Románská věž, Materiálový průzkum interiéru věže (v přílohách zprávy Wichterlová Zuzana, Waisserová Jana, Dokumentace restaurátorského průzkumu omítek na stěnách a klenbách v interiéru hradní kaple, KP SH Landštejn, 2017); Kuneš Petr, Michoinová Dagmar, Zjištění hygroskopicity zasolených omítek (v přílohách zprávy Wichterlová Zuzana, Waisserová Jana, Restaurátorská dokumentace, II. etapa, Konzervace omítek na stěnách a klenbách v interiéru románské kaple, KP SH Landštejn, 2020); Wichterlová Zuzana, Waisserová Jana, Dokumentace restaurátorského průzkumu omítek na stěnách a klenbách v interiéru hradní kaple, KP SH Landštejn, 2017.
- 5 | Podrobně je proces popsán v restaurátorské dokumentaci k průzkumu i k restaurování.
- 6 | *Arbocel BC 200, 1000.*
- 7 | např. ajatin, *FungiSPRAY.*
- 8 | Hlavním konzultantem byl technolog Ing. Karol Bayer, FR UPCE. Dokumentace k zásahům jsou dostupné v archivu památkového ústavu v Českých Budějovicích. Podrobněji studováno v rámci bakalářské práce: WICHTERLOVÁ, Zuzana. Hodnocení redukce obsahu vodorozpustných solí z interiérových omítek pomocí obkladů. Bakalářská práce. Litomyšl: Univerzita Pardubice, Fakulta Restaurování, 2011.
- 9 | Idea užití opuky vzešla od Ing. Jana Válka PhD., ÚTAM AV ČR.
- 10 | Účinnost a rozdíly použitých biocidních prostředků nebyla v průběhu odsolovacího procesu podrobněji zkoumána.
- 11 | *Arbocel BC 200*, celulózová vlákna, výrobce: J. RETTENMAIER & SÖHNE GMBH + CO KG Business Unit Industry, 73494, Rosenberg, Germany.
- 12 | vápenný hydrát – bílé vzdušné vápno Ca(OH)₂, Mokrá.
- 13 | *Mechstop*, na bázi kvarterních amoniových solí (alkyldimethylbenzylamonium chlorid), výrobce: Imesta, spol. s r.o., Dřevčice 9, Dubá, 472 01 pošta Doksy.
- 14 | *Algicid Plus*, funkční látka: 2-Octyl-2H-isothiazol-3-on a didecyldimethylammonium chloride, neobsahuje reaktivní chlor, výrobce: KEIMFARBEN s.r.o.
- 15 | *Opuka drť*, TŘEBOCKÝ LOM CZ, s.r.o., Československé armády 872/33, 160 00 Praha 6, lom GPS: 50.2082606N, 13.7263214E.
- 16 | Písek maltový, Českomoravský štěrk, a.s. – Pískovna Tasovice.
- 17 | *Kaolin MKM* (hrubozrnná frakce, střední velikost částic 4–5 µm), výrobce: Sedlecký kaolin a. s., www.sedlecky-kaolin.cz.
- 18 | *Experlit EP 150 OM* (zrntost 0–1 mm), expandované amorfnní vulkanické sklo, obsahuje cca 70 % SiO₂, výrobce: PERLIT, spol. s.r.o. Mlýnská 698, 742 42 Šenov u Nového Jičína.
- 19 | Stříkací omítací pistole na kompresor, zn. STORCH.