



národní  
úložiště  
šedé  
literatury

## **Příprava omítky se zvýšenou mrazuvzdorností pro opravy historických staveb**

Slížková, Zuzana  
2015

Dostupný z <http://www.nusl.cz/ntk/nusl-200925>

Dílo je chráněno podle autorského zákona č. 121/2000 Sb.

Tento dokument byl stažen z Národního úložiště šedé literatury (NUŠL).

Datum stažení: 08.06.2024

Další dokumenty můžete najít prostřednictvím vyhledávacího rozhraní [nusl.cz](http://nusl.cz) .

**Název metodiky:** Příprava omítky se zvýšenou mrazuvzdorností pro opravy historických staveb

**Dedikace:** NAKI DF11P01OVV008 „Vysokohodnotné a kompatibilní vápenné malty pro extrémní aplikaci při restaurování, opravách a preventivní údržbě architektonického dědictví“

**Autoři výsledku:** Ing. Zuzana Slížková Ph.D., Mgr. Dita Frankeová, Mgr. Cristiana Lara Nunes Paulos, Mgr. Dana Janotová, Bc. Petra Hauková

**Název vlastníka výsledku:** Ústav teoretické a aplikované mechaniky AV ČR, v. v. i.  
Prosecká 76, 190 00 Praha 9, IČ 68378297, DIČ CZ68378297.

**ev. číslo:** ÚTAM-NAKI 008-2015

# **PŘÍPRAVA OMÍTKY SE ZVÝŠENOU MRAZUVZDORNOSTÍ PRO OPRAVY HISTORICKÝCH STAVEB**

Metodika je výsledkem projektu MK ČR NAKI DF11P01OVV008 s názvem „Vysokohodnotné a kompatibilní vápenné malty pro extrémní aplikaci při restaurování, opravách a preventivní údržbě architektonického dědictví“.

**Autoři:** Ing. Zuzana Slížková Ph.D., Mgr. Dita Frankeová, Mgr. Cristiana Lara Nunes Paulos, Mgr. Dana Janotová, Bc. Petra Hauková

## **Oponenti:**

Ing. Petr Justa

Mgr. Art. Luboš Machačko

## **Anotace**

Metodika uvádí základní informace pro použití vápeno-metakaolinových omítek, vyznačujících se zvýšenou odolností vůči mrazovým cyklům. Je určena restaurátorům, projektantům, technologům a pracovníkům památkové péče pro využití při návrhu a provádění obnovy omítek na historických konstrukcích v nepříznivých klimatických podmínkách. Metodika předkládá informace o specifických vlastnostech vápenometakaolinových omítek, které jsou modifikovány hydrofobní přísadou (lněným olejem) za účelem prodloužení životnosti omítky.

## **Klíčová slova**

vápenná omítka, vápenometakaolinová omítka, vnitřně hydrofobní vápenná omítka, sanace, oprava, olej

## **I. Cíl metodiky**

V současné době se pro omítání historických zdí používá řada suchých maltových směsí nebo staveništních malt, v nichž je pojivo nejčastěji zastoupeno cementem, vápenným hydrátem nebo jejich kombinací. Problémem vyžadujícím speciální technické řešení je složení omítek pro historické konstrukce vystavené zvláště drsným povětrnostním podmínkám (fasády a zdiva silně zatížená vodou, mrazem a průnikem vodorozpustných solí). Pro opravu většiny historických staveb nejsou vhodným řešením cementové malty z hlediska nízké paropropustnosti (prodyšnosti), příliš vysoké pevnosti, modulu pružnosti a obsahu vodorozpustných solí v cementu vzhledem k vlastnostem historického zdiva. Z hlediska kompatibility s historickým zdivem jsou upřednostňovány malty vápenné, případně v místech více exponovaných vodě a mrazu malty pojené přirozeně hydraulickým vápnem nebo směsným hydraulickým vápnem (s využitím hydraulické nebo pucolánové příměsi ke vzdušnému bílému vápnu).

V posledním desetiletí jsou v oblasti stavební obnovy historických konstrukcí používané vápenné omítky modifikované metakaolinem, protože metakaolin je v ČR relativně snadno dostupný a je účinnou pucolánovou přísadou. Vápenné malty modifikované metakaolinem dosahují vyšších pevností, zrají rychleji, mají vyšší odolnost vůči poškození mrazem a solemi, přičemž si zachovávají dostatečnou pórovitost a paropropustnost, typickou pro vápenné materiály.

Odolnost a životnost vápenných ani vápenometakaolinových omítek na stavbách zatížených zvýšenou vlhkostí a solemi není dostatečná. Přestože pracovníci památkové péče doporučují na prvním místě provést řadu stavebních opatření (drenáže, odvodnění střechy atd.) pro snížení obsahu vlhkosti a solí v konstrukci, v některých případech je vhodným řešením aplikace speciální omítky na problematice oblasti zdiva. Jednou z možností, jak připravit takovou maltu, je úprava jejího složení vodoodpudivou přísadou (Čechová et al., 2010; Ventolà et al., 2011; Nunes et al., 2014).

Metodika si klade za úkol navrhnout složení a postup přípravy vápenometakaolinové omítky s vysokou mrazuvzdorností a odolností vůči krystalizaci solí a zajistit tak delší životnost omítek při popsáných nepříznivých podmínkách expozice historické stavby.

## II. Popis metodiky

### II.1. Podstata mrazuvzdornosti omítky

Podstatou vyšší mrazuvzdornosti vápenopucolánové malty je optimalizace její porézní struktury a snížení nasákavosti (v důsledku změny povrchového napětí mezi vodou a stěnami pórů malty). Přimícháním oleje do malty při její přípravě se dosáhne změny fyzikálně-chemických vlastností zatvrdlé malty - snížení kapilární nasákavosti, vzniku velkých kulovitých pórů, snížení povrchové energie a zlepšení mechanických vlastností. Po smísení všech složek malty dochází k reakci oleje s hydroxidem vápenatým, což má za následek vznik bublin a následně zvýšení obsahu vzduchu v čerstvé maltě o 45% vzhledem k maltě bez přídavku oleje. Obsah vzduchu v maltě s přísadou oleje je srovnatelný s hodnotami malt s jinými provzdušňujícími přísadami (Lenartem, 2013). Omezením množství vody proniklé do omítky je výrazně sníženo riziko jejího poškození mrazem. Omítka upravená hydrofobní přísadou má tak delší životnost a zároveň je funkční ochranou zdiva před degradačními účinky pronikající vody. Obsah hydrofobní přísady - nerafinovaného lněného oleje - v maltové směsi je 1,5 % hm. z hmotnosti pojiva malty. Lněný olej jako přírodní látka nezatěžuje životní prostředí a současně má srovnatelné účinky na vlastnosti malty jako moderní syntetické hydrofobní prostředky (Izaguirre et al. 2009; Vejmelková a kol. 2012).

### II.2. Příprava malty na staveništi

Složkami pro přípravu malty na staveništi jsou: maltový písek (se spojitou křivkou zrnitosti), vápenný hydrát CL 90 (s velikostí zrn v rozmezí 0-63  $\mu\text{m}$ ), metakaolin (s velikostí zrn v rozmezí 0-10  $\mu\text{m}$ ), lněný olej (čirý, neupravený) a čistá voda. Tab. 1 uvádí příklady jednotlivých složek malty a jejich výrobců. Poměry jednotlivých složek v maltě pro jádrovou a štukovou vrstvu omítky jsou uvedeny v Tab. 2. Velikost zrn písku je různá podle požadované struktury omítky. Obecně platí, že pro jádrovou omítku se používá hrubší písek (obvykle frakce 0-4mm) a pro vrchní štukovou omítku jemný písek (frakce 0-0,5 mm).

Tab. 1. Příklady složek vápeno-metakaolinové malty s přísadou oleje.

Složka	Výrobce
Vápenný hydrát CL90 Čert'ák	Čertovy schody, a.s.
Metakaolin Mefisto L05	ČLUZ s.r.o.
Maltový písek (frakce 0 - 4 mm)	Straškov
Lněný olej nerafinovaný	GRAC s.r.o.

Zásadním požadavkem při přípravě vápenometakaolinové malty se lněným olejem na staveništi je zajištění důsledné homogenizace oleje ve hmotě malty. Proces homogenizace malty a následné přípravy omítky by měl být následující:

1) Suché složky -vápenný hydrát, metakaolin a písek - se promíchají v míchačce. Míchání všech složek probíhá při nízké rychlosti 2 minuty. Množství připravované v jedné dávce by nemělo přesáhnout 50 l.

2) Část promíchané suché směsi se oddělí do jiné nádoby (asi 10 obj.%). Do této menší nádoby se přidá celková dávka oleje a směs se důkladně míchá ručně lžící asi 3 minuty, tak, že výsledná směs neobsahuje žádné hrudky. Přidá se další dávka suché směsi (asi 10 obj.%) a směs se opět důkladně míchá lžící asi 3 minuty. Takto připravená směs se zapracovaným olejem se vrátí ke zbytku suché směsi do míchačky a směs se znovu promísí v míchačce při nízké rychlosti 2 minuty.

3) Přidá se voda a čerstvá maltová směs se míchá po dobu asi 2 min.

4) Na zvlčený podklad (zkropený vodou) se aplikuje první (jádrová) vrstva omítky.

5) Druhá (štuková) vrstva omítky se aplikuje po uplynutí intervalu alespoň 24 hodin. Doba mezi aplikací první a druhé vrstvy závisí na teplotě a vlhkosti vzduchu.

6) Je důležité dodržovat technologickou přestávku mezi aplikací jednotlivých vrstev a teplotní režim během omítání - teplota vzduchu a podkladu pro omítku nesmí klesnout pod +5 °C a naopak by neměla přesáhnout 30 °C (z důvodu rychlého odpařování záměsové vody při vyšších teplotách). Před nanášením omítky musí být podklad zbavený prachu a nesoudržných vrstev. Použití podhozu je vhodné u nehomogenních či slabě nasákových podkladů.

Tab. 2. Složení vnitřně hydrofobní vápenometakaolinové malty.

Vrstva omítky	Poměr pojivo: písek (objemově)*	Poměr pojivo: písek (hmotnostně)	Pojivo Poměr metakaolin: vápenný hydrát (hmotnostně i objemově)	Poměr voda/pojivo (hmotnostně)	Obsah oleje
Jádrová	1:2,5	1:8	1:3	0,65	1,5% z hmotnosti pojiva
Štuková	1:1	1:3,4	1:3	7,8	1,5% z hmotnosti pojiva

\* pro přepočítání objemových dílů na hmotnostní byly použity následující hodnoty objemové hmotnosti složek: vápenný hydrát 0,46 kg/l; metakaolin 0,48 kg/l; písek 1,59 kg/l

Obecné zásady pro přípravu staveništních malt na bázi vzdušného vápna uvádějí související předpisy zejména Směrnice WTA 2-7-01/D Vápenné omítky v památkové péči.

### II.3. Vlastnosti vnitřně hydrofobní vápenometakaolinové malty

Vlastnosti čerstvé a zatvrdlé vápenometakaolinové malty ve variantách bez oleje a s obsahem oleje (zkoušky byly provedené na zkušebních hranolech (40x40x160 mm) připravených v laboratoři, po 180 dnech zrání malty při kontrolovaných podmínkách: relativní vlhkost vzduchu 60 ± 10% a teplota 20 ± 5 °C) jsou uvedeny v Tab.3. Zkoušky byly provedeny dle dostupných norem uvedených v Seznamu použité literatury.

Tab. 3: Složení a vlastnosti čerstvé a zatvrdlé vápenometakaolinové malty bez oleje a s obsahem oleje (1,5% z hmotnosti pojiva). Hodnoty odpovídají průměru ze tří vzorků ( $\pm$  standardní odchylka), u mechanických vlastností průměru z pěti vzorků.

Označení malty	Vápenometakaolinová bez oleje	Vápenometakaolinová se lněným olejem
Obsah oleje vůči pojivu (hm.%)	0	1.5
Obsah vzduchu v čerstvé maltě (obj.%)	2.2 ( $\pm 0.1$ )	4.0 ( $\pm 0.1$ )
Celková pórovitost (obj.%)	32.9 ( $\pm 0.8$ )	36.1 ( $\pm 1.3$ )
Nasákavost za 48 h (hm. %)	18.2 ( $\pm 0.1$ )	9.0 ( $\pm 0.3$ )
Koef.kapil.nasák. ( $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1/2}$ )	11.4 ( $\pm 0.8$ )	2.5 ( $\pm 0.5$ )
Koeficient rychlosti vysychání	0.53 ( $\pm 0.03$ )	0.57 ( $\pm 0.02$ )
Pevnost v tahu za ohybu (MPa)	1.3 ( $\pm 0.2$ )	1.5 ( $\pm 0.2$ )
Pevnost v tlaku (MPa)	5.0 ( $\pm 0.7$ )	5.5 ( $\pm 0.3$ )
Youngův modul (MPa)	737 ( $\pm 4$ )	661 ( $\pm 13$ )

Test mrazuvzdornosti byl proveden podle normy ČSN 72 2452. Referenční vápenometakaolinová malta bez oleje byla poškozena vlasovými trhlinami již po 2. mrazovém cyklu a po 10. mrazovém cyklu se trhliny rozšířily až do tloušťky přibližně 0,5 mm. Vnitřně hydrofobní malta s olejem byla poškozena až po 20. mrazovém cyklu vlasovými trhlinami. Vlasové trhliny se vyskytly pouze na bočních stranách zkušebních kvádrů, rovnoběžně s rovinou zhuštění. Pohledová plocha maltových těles nejevila po 20. mrazovém cyklu žádné známky poškození.

Zkouškou byla prokázána u vnitřně hydrofobní vápenometakaolinové malty s olejem vyšší odolnost vůči cyklickému působení vody a mrazu a lepší mechanické vlastnosti po dvaceti zmrazovacích a rozmrazovacích cyklech oproti referenční maltě stejného složení bez obsahu oleje.

#### II.4. Oblast použití

Významným funkčním faktorem pucolánové příměsi k vápennému pojivu je vytvoření pojiva na bázi směsného hydraulického vápna, které vykazuje kompromisní vlastnosti mezi vzdušným vápnem a cementem. Omítku je tak možné použít na zdivo, které je vystaveno trvalému nebo občasnému působení vody z vnějšku objektu (déšť a odstříkující voda apod.), kde vápenné malty bez pucolánové nebo hydraulické (cementové) příměsi nejsou dostatečně odolné. Jedná se především o horizontální povrchy architektonických prvků, místa kontaktu fasády se střechou objektu, okolí drenážních trubek apod.

#### II.5. Souhrn

Metodika uvádí složení a způsob přípravy porézní vápenometakaolinové omítky se sníženou nasákavostí, avšak dostatečně propustné pro vodní páru, bez obsahu cementu. Připravená čerstvá malta se aplikuje na zdivo standardními technikami a nanesená vrstva malty plní po svém zatvrdnutí funkci vnější omítky. Vnitřně hydrofobní vápenometakaolinová omítka s přísadou lněného oleje má při správném provedení delší životnost než jakákoli jiná vápenná omítka díky své nízké nasákavosti

vodou a vyšší mrazuvzdornosti a odolnosti vůči krystalizaci vodorozpustných solí. Je určena pro stavebnictví včetně oblasti obnovy historických staveb a památkových objektů. Z hlediska expozice je omítka vhodná na místa opakovaně zatěžovaná průnikem kapalné vody z vnějšího prostředí (průnikem zatékající vody, dešťové vody hnané deštěm nebo odstříkující vody). Voda pronikající z vnějšího prostředí do stavební konstrukce je nežádoucí z hlediska potenciálního mrazového poškození omítky a případně i zdiva pod omítkou. Pronikající voda je často kontaminovaná vodorozpustnými solemi, které přispívají k degradaci porézní malty a případně i zdiva krystalizačními a hydratačními tlaky při teplotních a vlhkostních změnách. Snížením nasákavosti omítky, ke kterému dochází díky obsahu lněného oleje v maltě, je rychlost průniku vody do omítky i celkové množství nasáknuté vody do omítky velmi nízké. Omítka upravená přísadou lněného oleje má tak delší životnost a zároveň je funkční ochranou zdiva před degradačními účinky pronikající vody.

### **III. Srovnání „novosti postupů“ oproti původní metodice, příp. jejich zdůvodnění, a jejich srovnání s postupy v zahraničí**

Dosavadní praxe nevyužívá možnosti úpravy vlastností vápenné omítky pomocí provzdušňující hydrofobizační přísady a zároveň pucolánové příměsi k vápnu. V odborné literatuře existuje jen velmi málo studií, které se zabývají vlivem těchto přísad na vlastnosti vápenných malt (Sebrara *akol.* 2009, Paiva *a kol.* 2009, Izaguirre *a kol.* 2009). Výzkum účinků provzdušňujících a hydrofobizačních přísad doposud probíhal zejména s cílem jejich využití v betonech a cementových maltách. Žádná z odborných prací se nevěnuje vlivu hydrofobní přísady na vlastnosti vápenopucolánových malt.

### **IV. Uplatnění Certifikované metodiky – pro koho je určena a jak bude uplatňována (subjekty s kterými bude uzavřena smlouva o využití výsledku a jakým způsobem bude uplatněna)**

Metodika je určena pro technology, restaurátory, řemeslníky v oboru opravy historických staveb, projektanty a pracovníky památkové péče.

Byla projednána smlouva o využití výsledku mezi vlastníkem výsledku, kterým je ÚTAM AV ČR, v. i. se sídlem Prosecká 76, 190 00 Praha 9, IČ:68378297, DIČ:CZ68378297 a uživateli výsledku, kterými jsou:

Štukatérství Lukáš Sýkora se sídlem Radlická 897/29, 150 00 Praha 5- Radlice, IČO:63809079 a Gema Art Group a. s. se sídlem Haštalská 760/27, 110 00 Praha 1, IČO:26437741, DIČ:CZ2643774.

### **V. Seznam použité související literatury**

Arandigoyen M, Pérez Bernal JL, Bello López MA, Alvarez JI. Lime-pastes with different kneading water: pore structure and capillary porosity. *Appl Surf Sci* 2005; 252 (5): 1449-59.

Čechová, E.; Papayianni, I.; Stefanidou, M. 2010. Properties of lime-based restoration mortars modified by the addition of linseed oil. In: J. Válek, C. Groot, J.J. Hughes JJ (eds), *Proc. 2nd Historic Mortars Conference, 22-24 September 2010, Prague: RILEM*

Černý R, Drchalová J, Kunca A, Tydlilát V, Rovnaníková P. Thermal and hygric properties of lime plasters with pozzolanic admixtures for historical buildings. In: Vermeir GLG, Hens H, Carmeliet J, editors. *Proceedings Int. Conf. Building Physics, 2003. p. 27-33.*

Chandra, S. & Aavik, J. 1983. Influence of black gram (natural organic material) addition as admixture in cement mortar and concrete. *Cement and Concrete Research* 13 (3): 423–430.

- Falchi, L.; Müller, U.; Fontana, P.; Izzo, F.C.; Zendri, E. 2013. Influence and effectiveness of water-repellent admixtures on pozzolana-lime mortars for restoration application. *Construction and Building Materials* 49: 272–280.
- Grilo J, Santos Silva A, Faria P, Gameiro A, Veiga R, Velosa A. Mechanical and mineralogical properties of natural hydraulic lime-metakaolin mortars in different curing conditions. *Constr Build Mater* 2014; 51: 287-94.
- Izaguirre, A; Lanas, J.; Álvarez, J.I. 2009. Effect of water-repellent admixtures on the behavior of aerial lime-based mortars. *Cement and Concrete Research* 39: 1095-1104.
- Justnes, H.; Ostnor, T.A.; Vila, N.B. 2004. Vegetable oils as water repellents for mortars, Proc. 1st Int. Conf. Asian Concrete Federation, 28-29 October 2004. Chiang Mai: TCA.
- Lenart M. Impact assessment of lime additive and chemical admixtures on selected properties of mortars. *Proc Eng* 2013; 57: 687-96.
- Lu, Z.; Zhou, X.; Zhang, J. 1997. Study on the performance of a new type of water-repellent admixture for cement mortar. *Cement and Concrete Research* 34: 2015-19.
- Perkins P.H. 1986. Repair, protection and waterproofing of concrete structures. New York: Elsevier.
- Ruedrich J, Siegesmund S. Salt and ice crystallization in porous sandstones. *Environ Geol* 2007; 52: 225-49.
- Vries J., Polder R.B. 1997. Hydrophobic treatment of concrete. *Construction and Building Materials* 11 (4): 259-65.
- Ventolà, L.; Vendrell, M.; Giraldez, P.; Merino, L. 2011. Traditional organic additives improve lime mortars: new old materials for restoration and building natural stone fabrics. *Construction and Building Materials* 25: 3313-18.
- Vejmelková E, Keppert M, Rovnaníková P, Keršner Z, Černý R. Properties of lime composites containing a new type of pozzolana for the improvement of strength and durability. *Composites: Part B* 2012a; 43: 3534-40.
- Vejmelková E, Keppert M, Rovnaníková P, Keršner Z, Černý R. Application of burnt clay shale as pozzolan addition to lime mortar. *Cem Concr Comp* 2012b; 34 (4): 486-92.
- Vejmelková E, Koňáková D, Cáchová M, Keppert M, Černý R. Effect of hydrophobization on the properties of lime–metakaolin plasters. *Constr Build Mater* 2012c; 37: 556–61.
- Vikan, H. & Justnes, H. 2006, Influence of vegetable oils on durability and pore structure of mortars. In: V.M. Malhotra (ed), Proc. Seventh CANMET/ACI International Conference on Durability of Concrete. May 28-June 3, Montreal: ACI.
- Zhu, Y-G.; Kou, S-C.; Poon C-S.; Dai J-G.; Li Q-Y. 2013. Influence of silane-based water repellent on the durability properties of recycled aggregate concrete. *Cement and Concrete Composites* 35 (1): 32–38.
- ČSN 72 2452. Zkouška mrazuvzdornosti malty, 1968.
- ČSN-EN 1015-18. Zkušební metody malt pro zdivo - Část 18: Stanovení koeficientu kapilární absorpce vody v zatvrdlé maltě, 2003.
- ČSN -EN 1015-11. Zkušební metody malt pro zdivo - Část 11: Stanovení pevnosti zatvrdlých malt v tahu za ohybu a v tlaku, 2000.
- ČSN -EN 1015-3. Zkušební metody malt pro zdivo - Část 3: Stanovení konzistence čerstvé malty (s použitím strásacího stolku), 1999.



ČSN-EN 1015-7 Zkušební metody malt pro zdivo - Část 7: Stanovení obsahu vzduchu v čerstvé maltě, 1999.

RILEM I. 5. Pore size distribution (mercury porosimeter), RILEM 25-PEM, *Matér Constr* 1980; 75 (13): 192-3.

RILEM II.1. Saturation coefficient, RILEM 25-PEM, *Matér Constr* 1980; 75 (13): 196-7.

Arandigoyen M, Pérez Bernal JL, Bello López MA, Alvarez JI. Lime-pastes with different kneading water: pore structure and capillary porosity. *Appl Surf Sci* 2005; 252 (5): 1449-59.

Čechová, E.; Papayianni, I.; Stefanidou, M. 2010. Properties of lime-based restoration mortars modified by the addition of linseed oil. In: J. Válek, C. Groot, J.J. Hughes JJ (eds), *Proc. 2nd Historic Mortars Conference, 22-24 September 2010, Prague: RILEM*

Černý R, Drchalová J, Kunca A, Tydlilát V, Rovnaníková P. Thermal and hygric properties of lime plasters with pozzolanic admixtures for historical buildings. In: Vermeir GLG, Hens H, Carmeliet J, editors. *Proceedings Int. Conf. Building Physics, 2003*. p. 27-33.

Chandra, S. & Aavik, J. 1983. Influence of black gram (natural organic material) addition as admixture in cement mortar and concrete. *Cement and Concrete Research* 13 (3): 423–430.

Falchi, L.; Müller, U.; Fontana, P.; Izzo, F.C.; Zendri, E. 2013. Influence and effectiveness of water-repellent admixtures on pozzolana-lime mortars for restoration application. *Construction and Building Materials* 49: 272–280.

Grilo J, Santos Silva A, Faria P, Gameiro A, Veiga R, Velosa A. Mechanical and mineralogical properties of natural hydraulic lime-metakaolin mortars in different curing conditions. *Constr Build Mater* 2014; 51: 287-94.

Izaguirre, A; Lanás, J.; Álvarez, J.I. 2009. Effect of water-repellent admixtures on the behavior of aerial lime-based mortars. *Cement and Concrete Research* 39: 1095-1104.

Justnes, H.; Ostnor, T.A.; Vila, N.B. 2004. Vegetable oils as water repellents for mortars, *Proc. 1st Int. Conf. Asian Concrete Federation, 28-29 October 2004. Chiang Mai: TCA*.

Lenart M. Impact assessment of lime additive and chemical admixtures on selected properties of mortars. *Proc Eng* 2013; 57: 687-96.

Lu, Z.; Zhou, X.; Zhang, J. 1997. Study on the performance of a new type of water-repellent admixture for cement mortar. *Cement and Concrete Research* 34: 2015-19.

Perkins P.H. 1986. *Repair, protection and waterproofing of concrete structures*. New York: Elsevier.

Ruedrich J, Siegesmund S. Salt and ice crystallization in porous sandstones. *Environ Geol* 2007; 52: 225-49.

Vries J., Polder R.B. 1997. Hydrophobic treatment of concrete. *Construction and Building Materials* 11 (4): 259-65.

Ventolà, L.; Vendrell, M.; Giraldez, P.; Merino, L. 2011. Traditional organic additives improve lime mortars: new old materials for restoration and building natural stone fabrics. *Construction and Building Materials* 25: 3313-18.

Vejmelková E, Keppert M, Rovnaníková P, Keršner Z, Černý R. Properties of lime composites containing a new type of pozzolana for the improvement of strength and durability. *Composites: Part B* 2012a; 43: 3534-40.

Vejmelková E, Keppert M, Rovnaníková P, Keršner Z, Černý R. Application of burnt clay shale as pozzolan addition to lime mortar. *Cem Concr Comp* 2012b; 34 (4): 486-92.

Vejmelková E, Koňáková D, Cáchová M, Keppert M, Černý R. Effect of hydrophobization on the properties of lime–metakaolin plasters. *Constr Build Mater* 2012c; 37: 556–61.

Vikan, H. & Justnes, H. 2006, Influence of vegetable oils on durability and pore structure of mortars. In: V.M. Malhotra (ed), *Proc. Seventh CANMET/ACI International Conference on Durability of Concrete*. May 28-June 3, Montreal: ACI.

Zhu, Y-G.; Kou, S-C.; Poon C-S.; Dai J-G.; Li Q-Y. 2013. Influence of silane-based water repellent on the durability properties of recycled aggregate concrete. *Cement and Concrete Composites* 35 (1): 32–38.

ČSN 72 2452. Testing of frost resistance of mortar. (in Czech) Prague: Czechoslovak Standardization Institute, 1968.

NORMAL – 29/88, Misura dell'indice di asciugamento. Roma CNR/ICR (1991).

UNE-EN 1015-18. Methods of test for mortar for masonry, Part 18: Determination of water absorption coefficient due to capillary action of hardened mortar, 2003.

UNE-EN 1015-11. Methods of test for mortar for masonry, Part 11: Determination of flexural and compressive strength of hardened mortar, 2000.

UNE-EN 1015-2. Methods of test for mortar for masonry, Part 3: Determination of consistency of fresh mortar 1999.

UNE-EN 1015-7. Methods of test for mortar for masonry, Part 7: Determination of air content of fresh mortar, 1999.

RILEM I. 5. Pore size distribution (mercury porosimeter), RILEM 25-PEM, *Matér Constr* 1980; 75 (13): 192-3.

RILEM II.1. Saturation coefficient, RILEM 25-PEM, *Matér Constr* 1980; 75 (13): 196-7.

## **VI. Seznam publikací, které předcházely metodice a byly publikovány (případně výstupy z originální práce)**

C. Nunes, Z. Slížková, D. Křivánková, D. Frankeová (2012) Effect of linseed oil on the mechanical properties of lime mortars, in *Proc. 18<sup>th</sup> International Conference of Engineering Mechanics*, J. Náprstek and C. Fischer (eds.) Prague: ITAM, 955-967

C. Nunes, Z. Slížková, D. Křivánková (2012) Frost resistance of lime-based mortars with linseed oil, in *Proc. Czech/German Symposium: Experimental Methods and Numerical Simulation in Engineering Sciences*, O. Jiroušek, D. Kytýř. (eds.), Prague: Czech Technical University, 23-26

Z. Slížková, D. Křivánková, C. Nunes, D. Frankeová (2012) Vliv metakaolinu a lněného oleje na vlastnosti vápenných malt. [Impact of metakaolin and linseed oil addition on lime mortar characteristics] Praha : ÚTAM

C. Nunes and Z. Slížková (2013) Linseed oil for durability improvement of lime-metakaolin mortar. in *Proc. 1<sup>st</sup> International Conference on Concrete Sustainability*, Tokyo: Japan Concrete Institute

D. Křivánková, C. Nunes, Z. (2013) Mrazuvzdornost vápenných omítek. in *Proc. Metakaolin 2013*, Brno: Vysoké učení technické v Brně, P. Rovnaník, P. Rovnaníková (eds.) 23-32

D. Křivánková, C. Nunes, Z. Slížková, D. Frankeová, K. Niedoba (2013) High-performance repair mortars for application in severe weathering environments: frost resistance assessment. in *Proc. 3rd Historic Mortars Conference*, Glasgow: University of West of Scotland

C. Nunes and Z. Slížková, Freezing and thawing resistance of lime mortar with metakaolin and a traditional water repellent admixture (submitted to the journal Cement and Concrete Composites - revised document submitted on the 27th of March 2015)

C. Nunes and Z. Slížková (2015) Lime-based repair mortars with water-repellent admixtures: laboratory durability assessment. in Proceedings of the 2nd International Conference on Preservation, Maintenance and Rehabilitation of Historic Buildings and Structures, Green Lines Institute: Porto

Nunes, Cristiana Lara; Slížková, Zuzana. Hydrophobic lime based mortars with linseed oil: Characterization and durability assessment. Cement and Concrete Research. 2014, 61-62, July-August, s. 28-39. ISSN 0008-8846.

Nunes, Cristiana Lara; Slížková, Zuzana; Janotová, Dana. Lime-based mortars with linseed oil: sodium chloride resistance assessment and characterization of the degraded material. Periodico di Mineralogia. 2013, Roč. 82, č. 3, s. 411-427. ISSN 0369-8963.

Slížková, Zuzana; Frankeová, Dita; Hauková, Petra; Janotová, Dana. Problémy jakosti vápenných malt s přídavkem metakaolinu aplikovaných při opravách architektonického dědictví. In Heřmánková, V.; Anton, O. (ed.). Zkoušení a jakost ve stavebnictví. Brno: VUT Brno, 2011, S. 375-384. ISBN 978-80-214-3438-9.