

Analýzy malt a povrchových úprav vzorků z kostela Povýšení svatého Kříže v Doubravníku.

Místo: Doubravník

Objekt: kostel Povýšení svatého Kříže

Zadání: - stratigrafie vrstev omítek a povrchových úprav
- určení složení malt (typ pojiva a kameniva)
- určení složení povrchových úprav (pigmenty a pojiva)

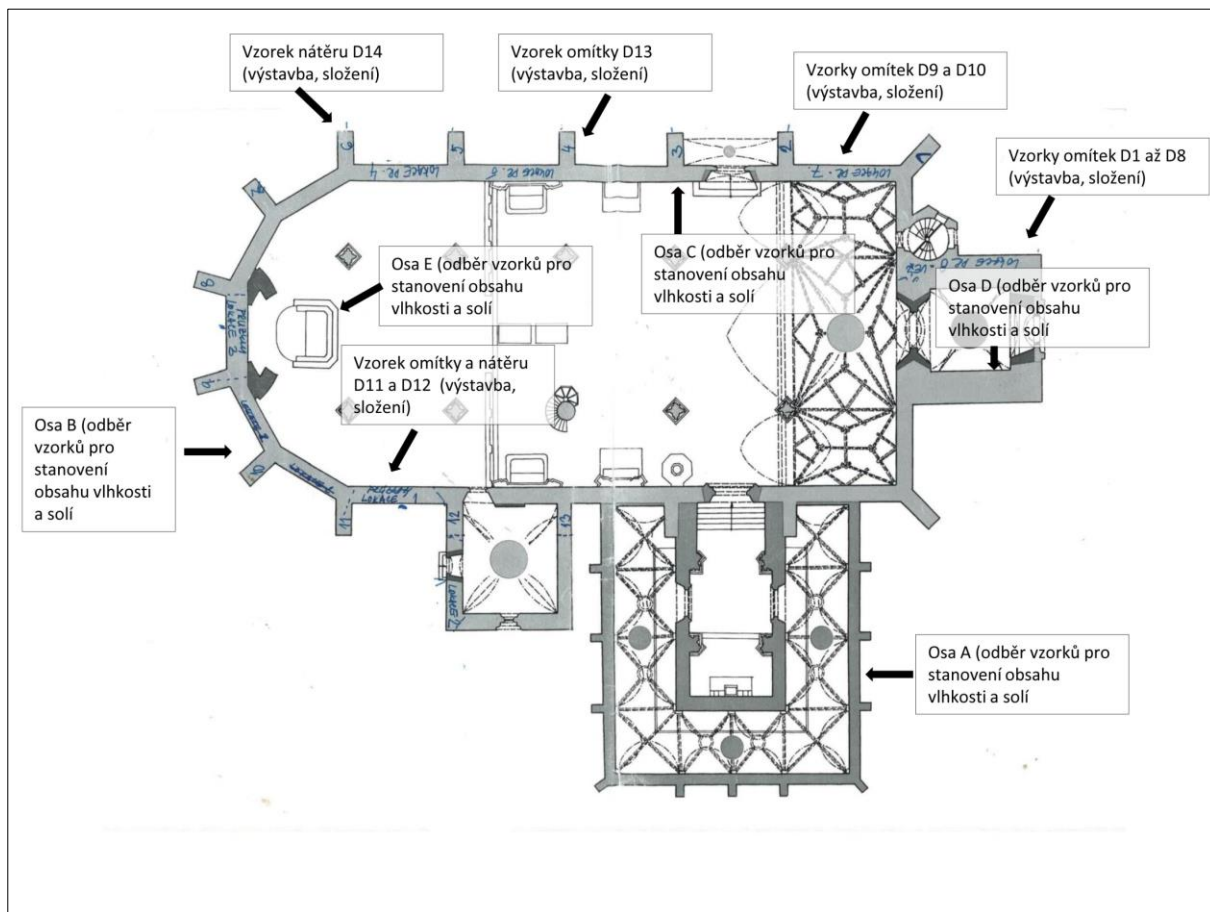
Metody průzkumu:

- optická mikroskopie v dopadajícím světle (mikroskop OPTIPHOT2-POL (Nikon, Japan).
- rastrovací elektronová mikroskopie s energo-disperzní analýzou (elektronový mikroskop Tescan MIRA 3 s energo-disperzním analyzátozem Bruker)
- infračervená spektrometrie s Fourierovou transformací (spektrometr Nicolet 380 FT-IR Spectrometer; Thermo Electron)
- mikrochemické reakce – určení přítomnosti a typu přírodních pojiv

Zadavatel: STABIL s.r.o. zastoupená Ing. Petrem Danielelem

Místa odběru vzorků:

Vzorek	Místo odběru
D1 (8532)	Exteriér, štuková hlavice
D2 (8533)	Exteriér, věž, omítka, plocha horního patra věže napravo od žaluziového okna
D3 (8534)	Exteriér, věž, omítka, plocha horního patra věže napravo od žaluziového okna
D4 (8535)	Exteriér, štukový profil pod parapetem okna
D5 (8536)	Exteriér, věž, štuková římsa nad hodinami
D6 (8537)	Exteriér, věž, 2. díl, omítka pod velkou římsou
D7 (8538)	Exteriér, věž, 3. díl, omítka, plocha vedle lomeného okna
D8 (8539)	Exteriér, věž, 2. díl, omítka pod kamennou římsou
D9 (8540)	Exteriér, loď, jižní stěna, soklová část, nejstarší dochovaná omítka
D10 (8541)	Exteriér, loď, jižní stěna, nad soklem, nejstarší dochovaná omítka
D11 (8542)	Interiér, původní omítka
D12 (8543)	Interiér, nejstarší dochované povrchové úpravy
D13 (8544)	Exteriér, sekundární omítka pod stříškami opěrného pilíře
D14 (8545)	Exteriér, jižní stěna, opěrný pilíř, fragmenty červeného nátěru na kameni

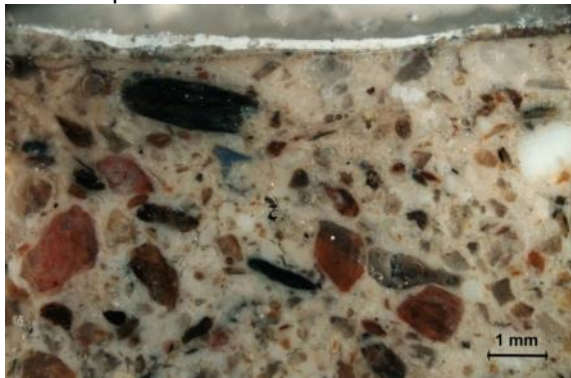


Lokalizace míst odběru vzorků

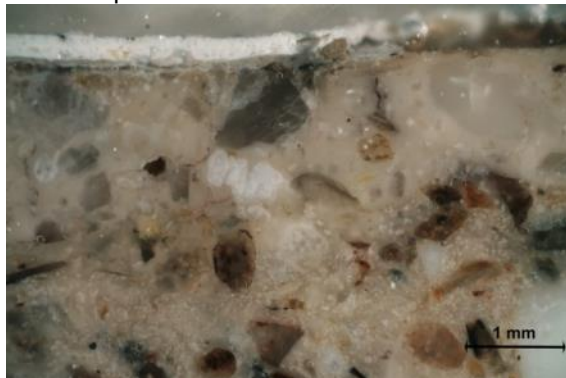
Výsledky analýzy:

D1 (8532) - Exteriér, štuková hlavice

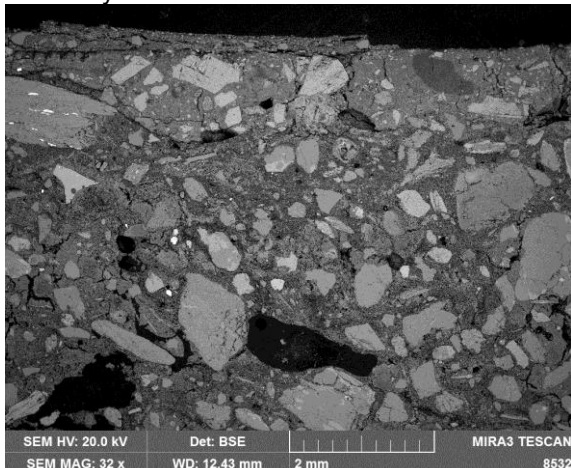
Bílé dopadající světlo, fotografováno při zvětšení mikroskopu 20x



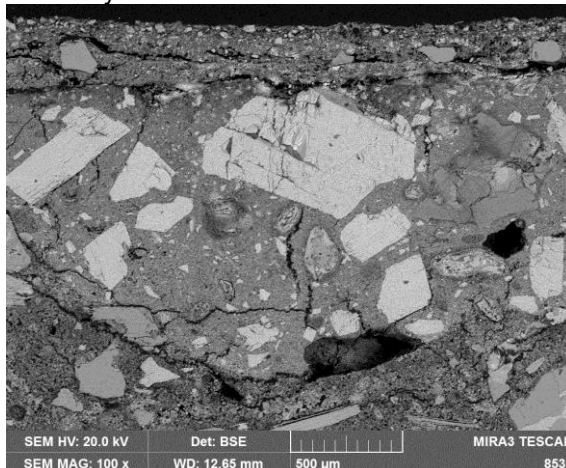
Bílé dopadající světlo, fotografováno při zvětšení mikroskopu 50x



Mikrofoto REM-BSE, fotografie v režimu zpětně odražených elektronů



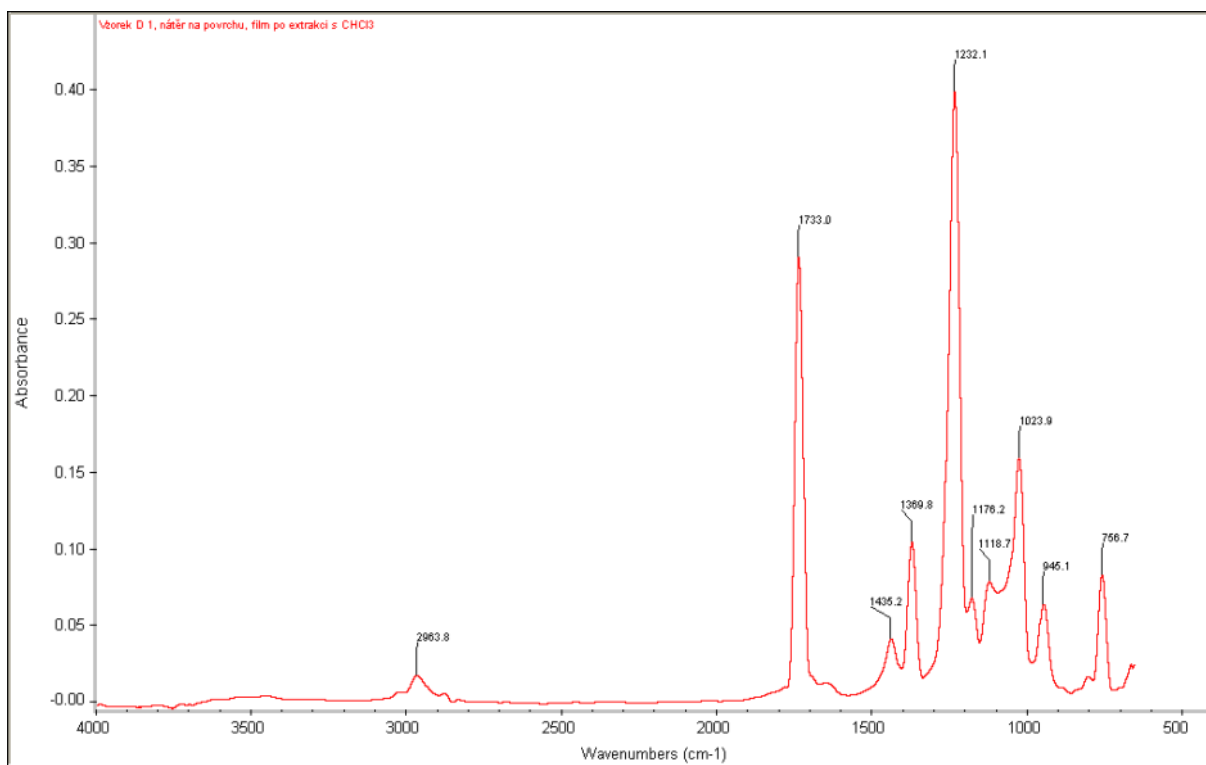
Mikrofoto REM-BSE, fotografie v režimu zpětně odražených elektronů



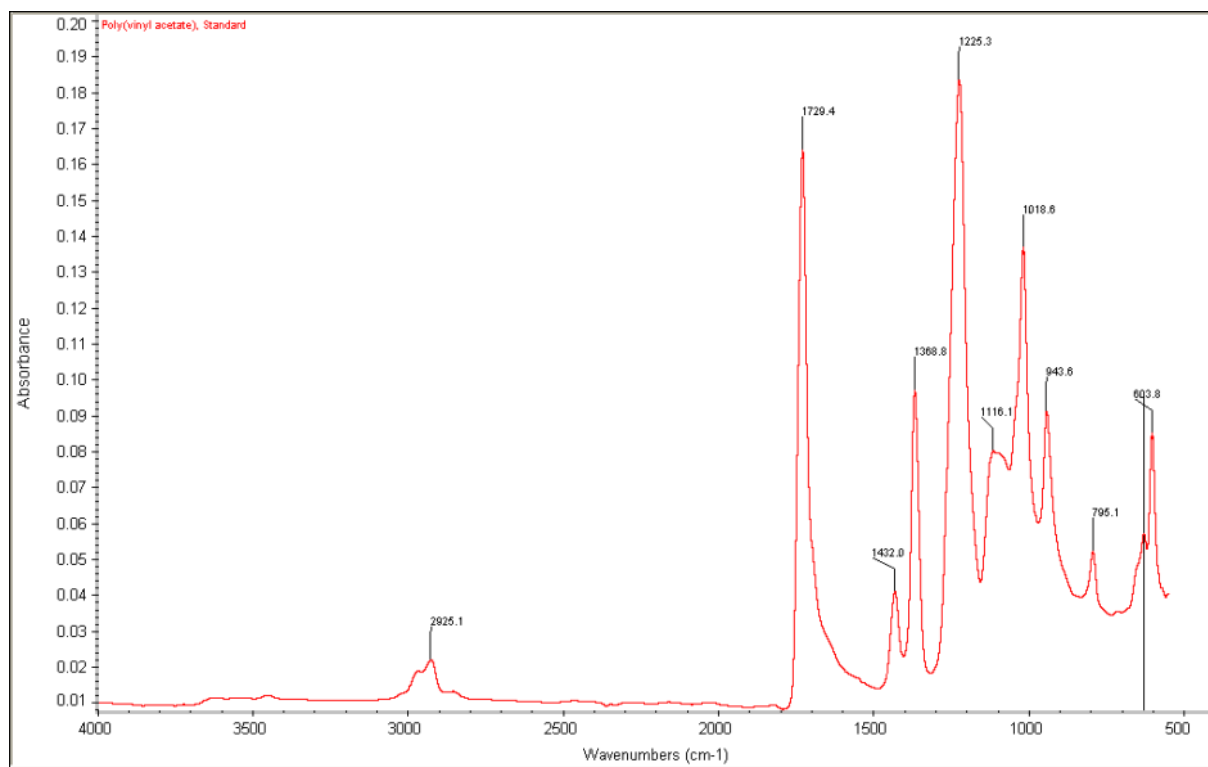
Popis a složení vrstev

Číslo vrstvy	Popis a složení vrstvy
3	Bílý nátěr nanesený ve dvou vrstvách – pojivem nátěru je syntetický polymer na bázi PVAC. Pojivo bylo identifikováno pomocí FTIR (infračervená spektrometrie s Fourierovou transformací) – viz spektrum vzorku a srovnávacího standardu níže. Jedná se patrně o disperzní nátěrový systém. Jako pigmenty byly použity: titanová běloba, mikromletý vápenec a bílá hlinka.
2	Nepravidelná tenká, jemnozrná, světlešedá omítka – pravděpodobně vyrovnávací omítka před nanesením bílého disperzního nátěru (poslední povrchová úprava fasády). Pojivem je portlandský cement a vzdušné vápno.

1	Horní (zřejmě finální) omítka – jemno- až střednězrnnitá „štuková“ omítka. Pojivem je opět bílé vzdušné vápno. Jako kamenivo byla použita mramorová moučka a přídavek písku obsahujícího hlavně silikátová zrna.
0	Podkladová omítková vrstva - světlá nahnědlá omítka střední zrnitosti, základní hmota (pojivo) je tvořená hlavně uhličitánem vápenatým, ojediněle lze nalézt menší částice nerozmíchaného karbonatizovaného vápna. Pojivem je bílé vzdušné vápno. Jako kamenivo byl použitý písek střední zrnitosti obsahující hlavně silikátové částice (křemen, živce, horninové úlomky a jiné silikoalumináty). V malé míře jsou v kamenivu přítomné i vápencová zrna. Na povrchu omítky je tenká vrstvička uhličitanu vápenatého, která se vytváří při vysychání a tvrdnutí vápenných malt. Lze tedy předpokládat, že další vrstva byla nanesená po vytvrdnutí nebo částečném vytvrdnutí dané omítkové vrstvy.



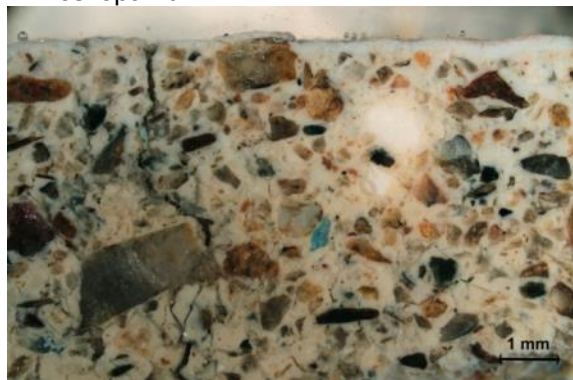
FTIR-spektrum filmu získaného po extrakci bílého nátěru (vrstva 3) chloroformem



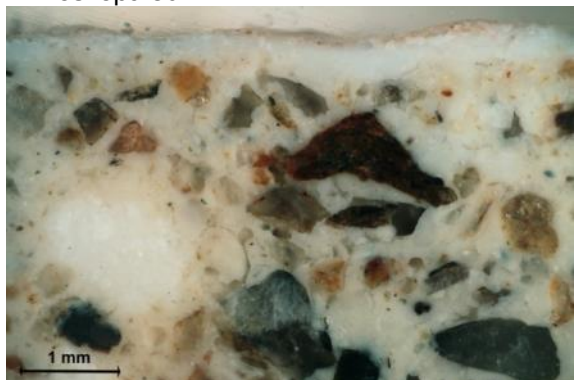
FTIR-spektrum, standard PVAC (polyvinylacetát)

D2 (8533) Exteriér, věž, omítka, plocha horního patra věže napravo od žaluziového okna

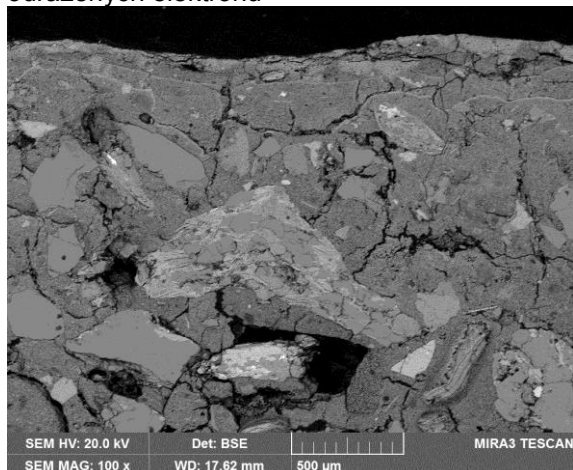
Bílé dopadající světlo, fotografováno při zvětšení mikroskopu 20x



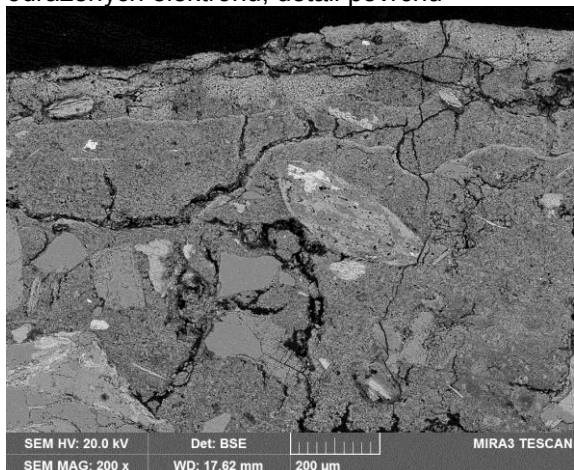
Bílé dopadající světlo, fotografováno při zvětšení mikroskopu 50x



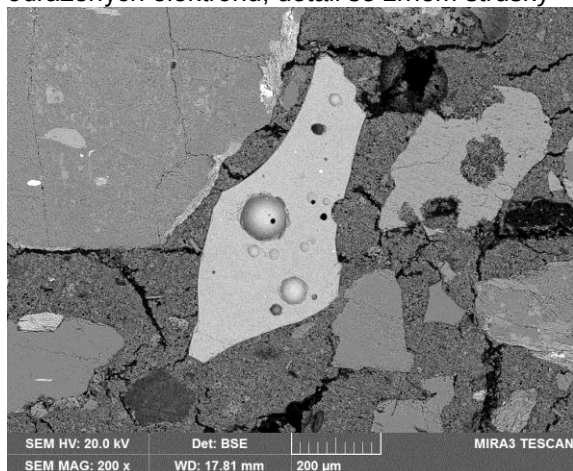
Mikrofoto REM-BSE, fotografie v režimu zpětně odražených elektronů



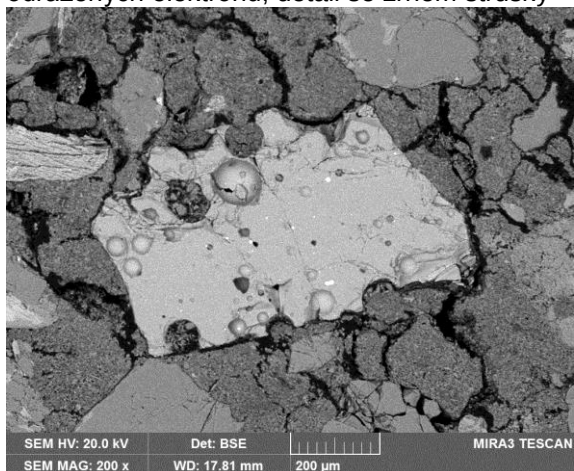
Mikrofoto REM-BSE, fotografie v režimu zpětně odražených elektronů, detail povrchu



Mikrofoto REM-BSE, fotografie v režimu zpětně odražených elektronů, detail se zrnem strusky



Mikrofoto REM-BSE, fotografie v režimu zpětně odražených elektronů, detail se zrnem strusky



Popis a složení vrstev

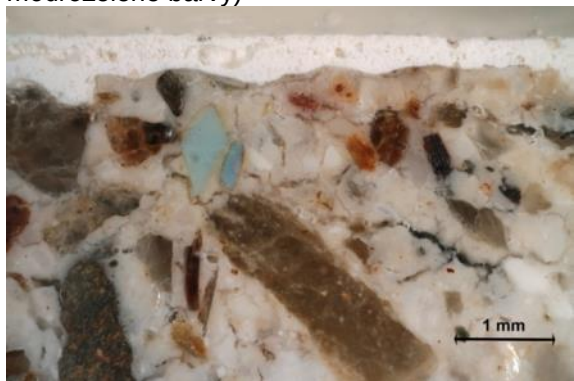
Číslo vrstvy	Popis a složení vrstvy
4	Světločervený nepravidelně zachovaný nátěr – vápenný nátěr pigmentovaný červenými zemítkami pigmenty (červený okr). Mikrochemickými důkazy byla ve vrstvě prokázána přítomnost bílkovin a lze proto předpokládat, že pojivo barevné vrstvy obsahuje přídavek bílkoviny. Vzhledem k přítomnosti fosforu (přítomnost prokázána v rámci prvkové analýzy REM-EDS) je velmi pravděpodobné, že se jedná o kasein.
3	Bílý vápenný nátěr.
2	Silnější bílý vápenný nátěr (bílý vzdušné vápno). Ojediněle jsou v nátěru přítomná i drobná zrna plniva. Na jeho povrchu je tenká vrstvička uhličitane vápenatého, další vrstva byla nanášena až po jeho vyschnutí.
1	Hrubší, bílý vápenný nátěr – obsahuje uhličitane vápenatý – karbonatizované bílé vzdušné vápno. Ojediněle jsou v nátěru přítomná i drobná zrna plniva. Na jeho povrchu je tenká vrstvička uhličitane vápenatého, další vrstva byla nanášena až po jeho vyschnutí.
0	Podkladová omítková vrstva - světlá nahnědlá omítka střední zrnitosti, základní hmota (pojivo) je tvořena hlavně uhličitane vápenatým, ojediněle lze nalézt menší částice nerozmíchaného karbonatizovaného vápna. Pojivem je bílé vzdušné vápno. Jako kamenivo byl použitý písek střední zrnitosti obsahující hlavně silikátové částice (křemen, živce, horninové úlomky a jiné siliko-alumináty). Ojediněle jsou v kamenivu přítomné i vápencová zrna a ojediněle i částice strusky s malým obsahem Fe a Mn (struska z výroby železa?). Na povrchu omítky je tenká vrstvička uhličitane vápenatého, která se vytváří při vysychání a tvrdnutí vápenných malt. Lze tedy předpokládat, že další vrstva byla nanášena po vytvrdnutí resp. částečném vytvrdnutí dané omítky.

D3 (8534) Exteriér, věž, omítka, plocha horního patra věže napravo od žaluziového okna

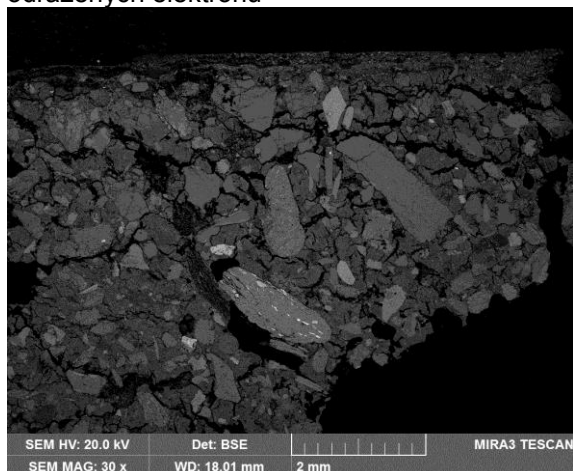
Bílé dopadající světlo, fotografováno při zvětšení mikroskopu 20x



Bílé dopadající světlo, fotografováno při zvětšení mikroskopu 50x, v omítce jsou v blízkosti povrchu viditelné částice strusky (zrna světlé modrozelené barvy)



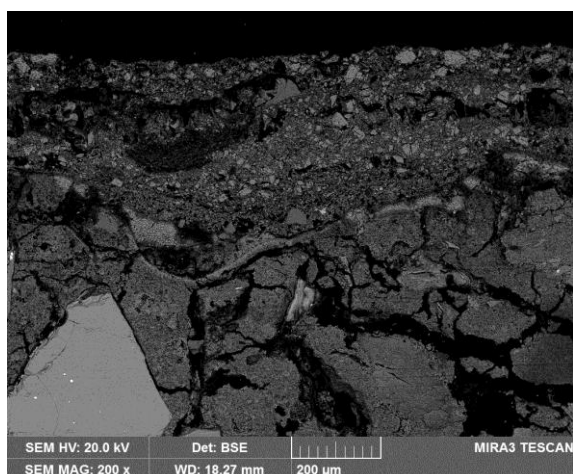
Mikrofoto REM-BSE, fotografie v režimu zpětně odražených elektronů



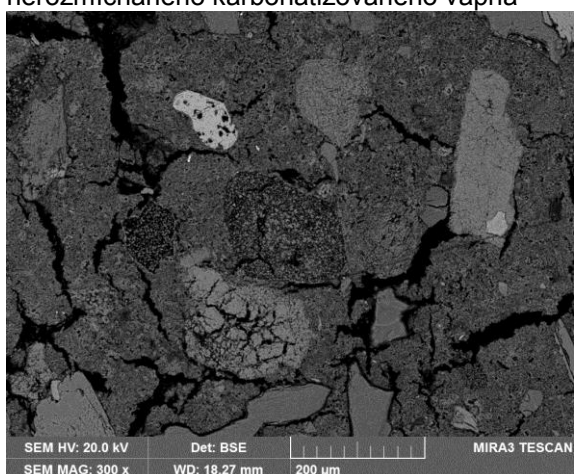
Mikrofoto REM-BSE, fotografie v režimu zpětně odražených elektronů



Mikrofoto REM-BSE, fotografie v režimu zpětně odražených elektronů, detail povrchu



Mikrofoto REM-BSE, fotografie v režimu zpětně odražených elektronů, detail s částicemi nerozmíchaného karbonatizovaného vápna

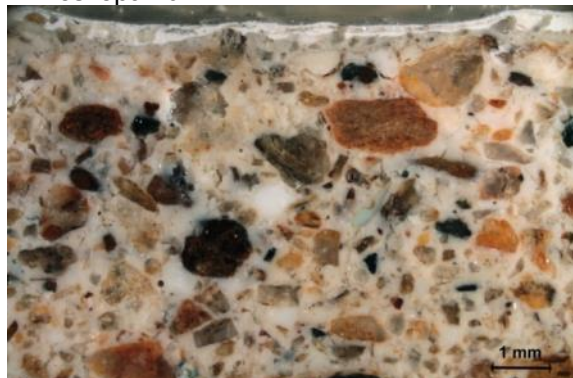


Popis a složení vrstev

Číslo vrstvy	Popis a složení vrstvy
1	Bílý nátěr – disperzní nátěrový systém na bázi PVAC. Jako pigmenty byly použity: titanová běloba, mikromletý vápenec a bílá hlinka.
0	Podkladová omítková vrstva - světlá nahnědlá omítka střední zrnitosti, základní hmota (pojivo) je tvořená hlavně uhličitánem vápenatým, ojediněle lze nalézt menší částice nerozmíchaného karbonatizovaného vápna. Pojivem je bílé vzdušné vápno. Jako kamenivo byl použitý písek střední zrnitosti obsahující hlavně silikátové částice (křemen, živce, horninové úlomky a jiné silikoalumináty). Ojediněle jsou v kamenivu přítomné i vápencová zrna. Na povrchu omítky je tenká vrstvička uhličitanu vápenatého, která se vytváří při vysychání a tvrdnutí vápenných malt. Lze tedy předpokládat, že další vrstva byla nanesená po vytvrdnutí nebo částečném vytvrdnutí dané omítkové vrstvy.

D4 (8535) Exteriér, štukový profil pod parapetem okna

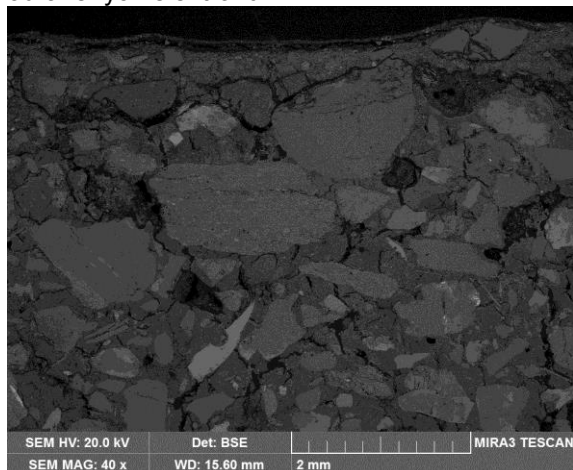
Bílé dopadající světlo, fotografováno při zvětšení mikroskopu 20x



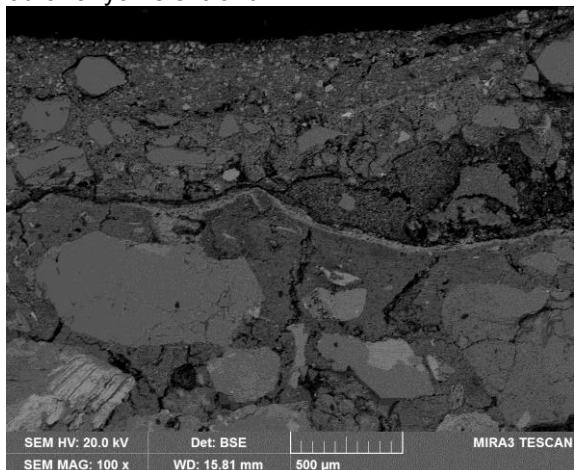
Bílé dopadající světlo, fotografováno při zvětšení mikroskopu 50x



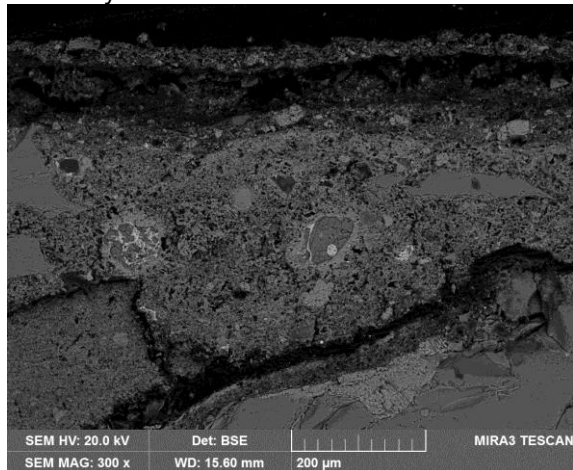
Mikrofoto REM-BSE, fotografie v režimu zpětně odražených elektronů



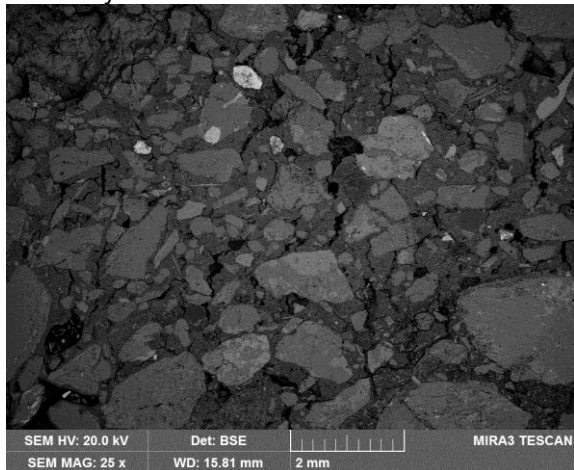
Mikrofoto REM-BSE, fotografie v režimu zpětně odražených elektronů



Mikrofoto REM-BSE, fotografie v režimu zpětně odražených elektronů



Mikrofoto REM-BSE, fotografie v režimu zpětně odražených elektronů

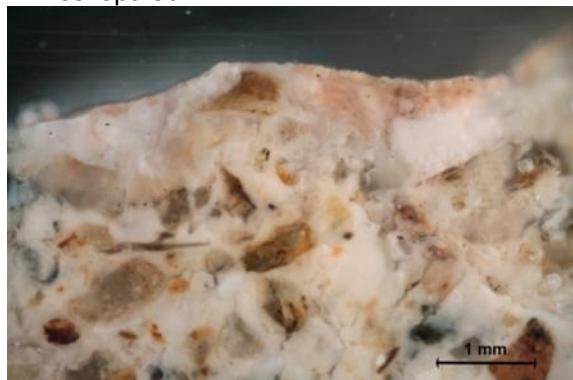


Popis a složení vrstev

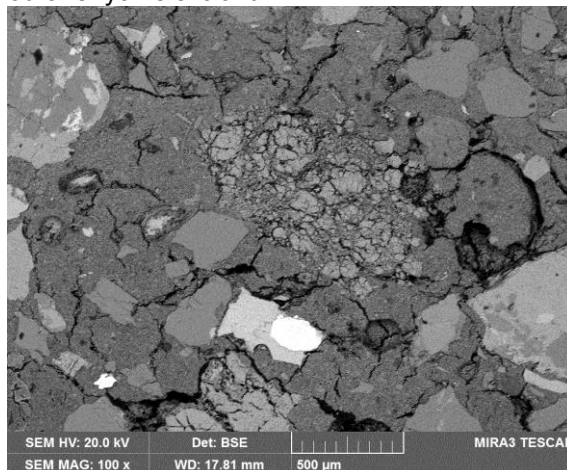
Číslo vrstvy	Popis a složení vrstvy
2	Bílý nátěr – disperzní nátěrový systém na bázi PVAC. Jako pigmenty byly použity: titanová běloba, mikromletý vápenec a bílá hlinka.
1	Nepravidelná tenká, jemnozrnná, světlešedá omítka – pravděpodobně vyrovnávací omítka před nanesením bílého disperzního nátěru (poslední povrchová úprava fasády). Pojivem je portlandský cement a vzdušné vápno.
0	Podkladová omítková vrstva - světlá nahnědlá omítka střední zrnitosti, základní hmota (pojivo) je tvořená hlavně uhličitanem vápenatým a v malé míře i sloučeninami Mg. Ojediněle lze nalézt menší částice nerozmíchaného karbonatizovaného vápna. Pojivem je slabě dolomitické vzdušné vápno. Jako kamenivo byl použitý písek střední zrnitosti obsahující hlavně silikátové částice (křemen, živce, horninové úlomky a jiné silikoalumináty). Ojediněle jsou v kamenivu přítomné i vápencová zrna. Na povrchu omítky je tenká vrstvička uhličitanu vápenatého, která se vytváří při vysychání a tvrdnutí vápenných malt.

D5 (8536) Exteriér, věž, štuková římsa nad hodinami

Bílé dopadající světlo, fotografováno při zvětšení mikroskopu 50x



Mikrofoto REM-BSE, fotografie v režimu zpětně odražených elektronů



Popis a složení vrstev

Číslo vrstvy	Popis a složení vrstvy
2	Světločervený nepravidelně zachovaný nátěr – vápenný nátěr pigmentovaný červenými zemítky pigmenty (červený okr). Mikrochemickými důkazy byla ve vrstvě prokázána přítomnost bílkovin a lze proto předpokládat, že pojivo barevné vrstvy obsahuje přídavek bílkoviny. Vzhledem k přítomnosti fosforu (přítomnost prokázána v rámci prvkové analýzy REM-EDS) je velmi pravděpodobné, že se jedná o kasein.
1	Bílý vápenný nátěr.
0	Podkladová omítková vrstva - světlá nahnědlá omítka střední zrnitosti, základní hmota (pojivo) je tvořená hlavně uhličitanem vápenatým, ojediněle lze nalézt menší částice nerozmíchaného karbonatizovaného vápna. Pojivem je bílé vzdušné vápno. Jako kamenivo byl použitý písek střední zrnitosti obsahující hlavně silikátové částice (křemen, živce, horninové úlomky a jiné siliko-alumináty). Na povrchu omítky je tenká vrstvička uhličitanu vápenatého, která se vytváří při vysychání a tvrdnutí vápenných malt.

D6 (8537) Exteriér, věž, 2. díl, omítka pod velkou římsou

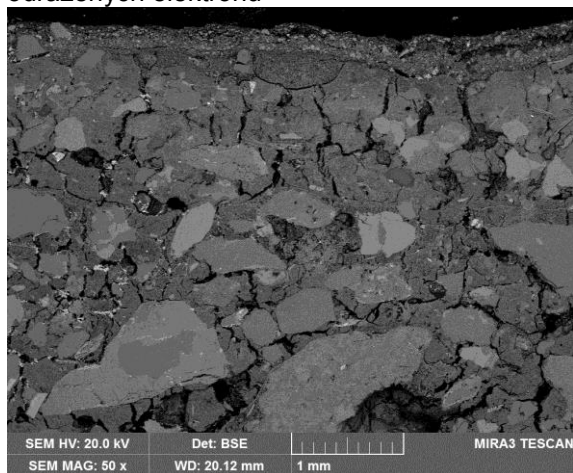
Bílé dopadající světlo, fotografováno při zvětšení mikroskopu 100x



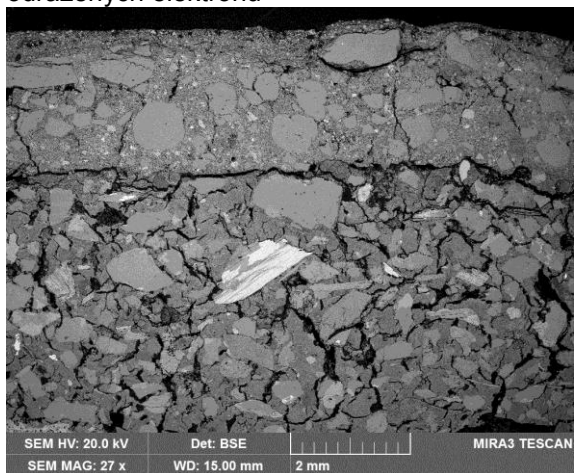
Bílé dopadající světlo, fotografováno při zvětšení mikroskopu 50x



Mikrofoto REM-BSE, fotografie v režimu zpětně odražených elektronů



Mikrofoto REM-BSE, fotografie v režimu zpětně odražených elektronů

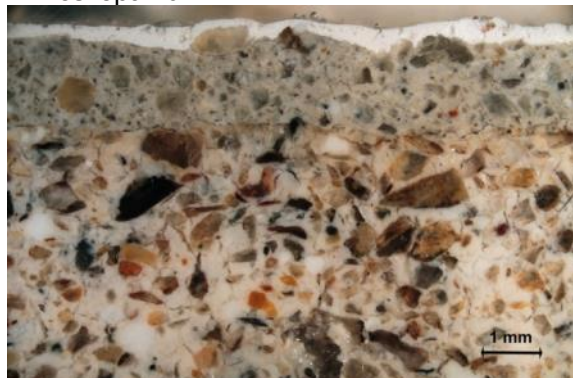


Popis a složení vrstev

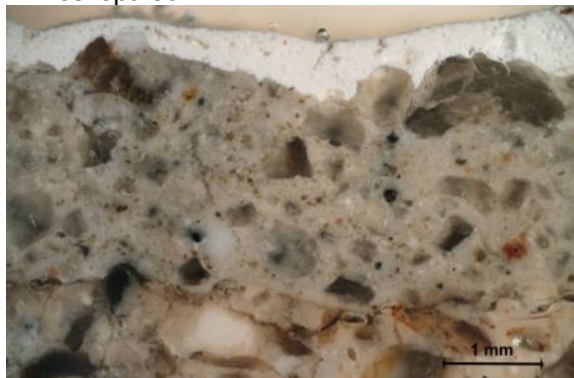
Číslo vrstvy	Popis a složení vrstvy
3	Bílý nátěr – disperzní nátěrový systém na bázi PVAC. Jako pigmenty byly použity: titanová běloba, mikromletý vápenec a bílá hlínka.
2	Fragmenty bílého vápenného nátěru
1	Tenká jemnozrná, nahnědlá omítka (1-2 mm) – pravděpodobně finální omítková vrstva (štuková) Pojivem je slabě dolomitické vzdušné vápno.
0	Podkladová omítková vrstva - světlá nahnědlá omítka střední zrnitosti, základní hmota (pojivo) je tvořená hlavně uhličitánem vápenatým a v malé míře i sloučeninami Mg. Ojedinele lze nalézt menší částice nerozmíchaného karbonatizovaného vápna. Pojivem je slabě dolomitické vzdušné vápno. Jako kamenivo byl použitý písek střední zrnitosti obsahující hlavně silikátové částice (křemen, živce, horninové úlomky a jiné silikoalumináty). Na povrchu omítky je tenká vrstvička uhličitánu vápenatého, která se vytváří při vysychání a tvrdnutí vápenných malt.

D7 (8538) Exteriér, věž, 3. díl, omítka, plocha vedle lomeného okna

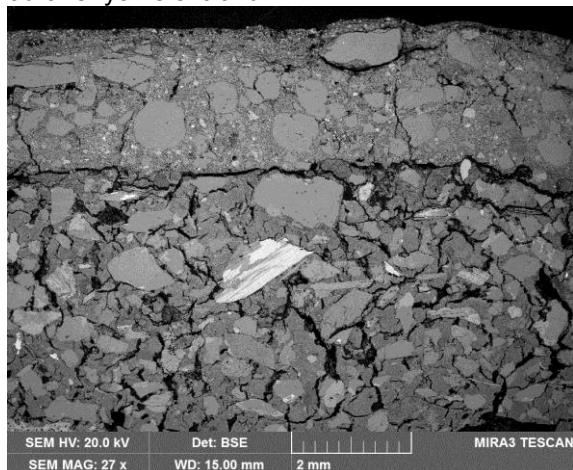
Bílé dopadající světlo, fotografováno při zvětšení mikroskopu 20x



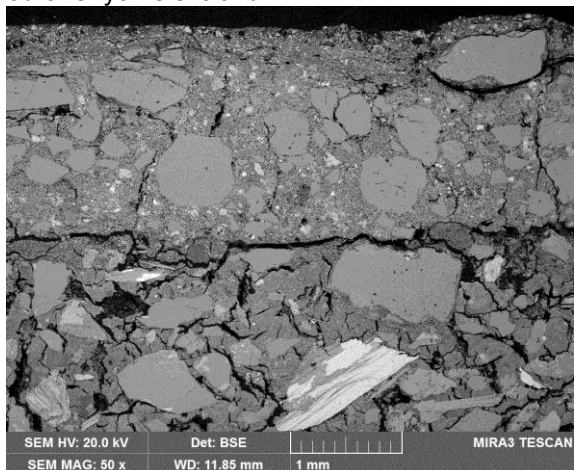
Bílé dopadající světlo, fotografováno při zvětšení mikroskopu 50x



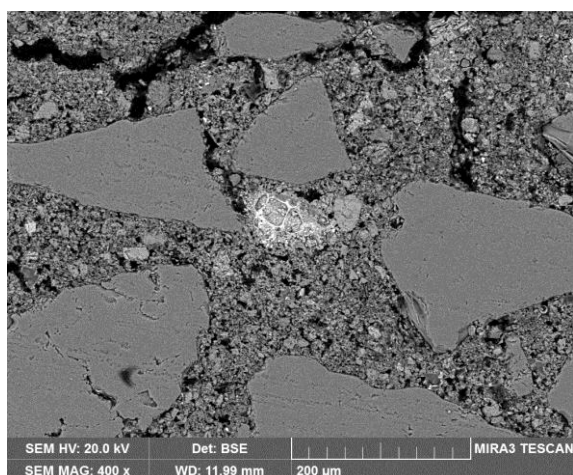
Mikrofoto REM-BSE, fotografie v režimu zpětně odražených elektronů



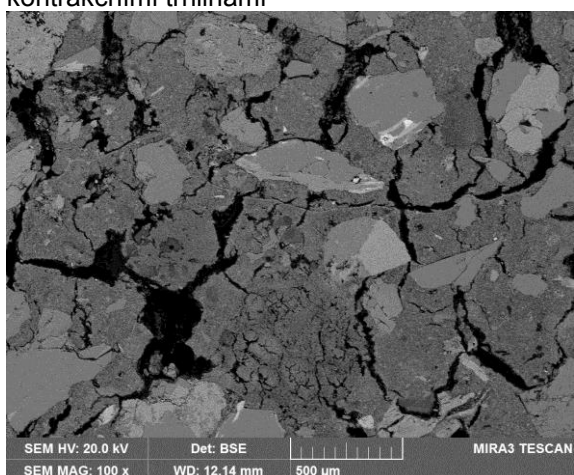
Mikrofoto REM-BSE, fotografie v režimu zpětně odražených elektronů



Mikrofoto REM-BSE, fotografie v režimu zpětně odražených elektronů, detail tenké vyrovnávací omítky s fragmentem slínkové částice



Mikrofoto REM-BSE, fotografie v režimu zpětně odražených elektronů, detail podkladové omítkové vrstvy (vrstva 0) s početnými kontrakčními trhlinami



Popis a složení vrstev

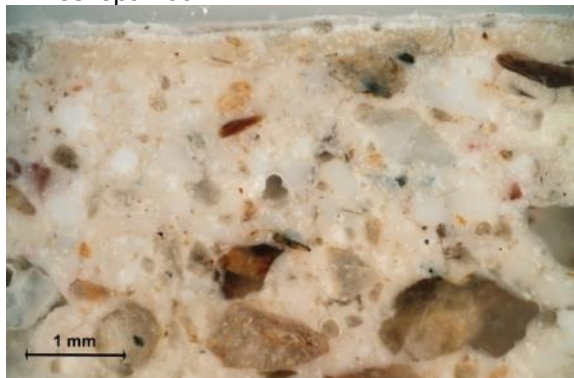
Číslo vrstvy	Popis a složení vrstvy
4	Bílý nátěr – disperzní nátěrový systém na bázi PVAC. Jako pigmenty byly použity: titanová běloba, mikromletý vápenec a bílá hlinka.
3	Nepravidelná tenká, jemnozrnná, světlešedá omítka (2-3 mm) – pravděpodobně vyrovnávací omítka před nanesením bílého disperzního nátěru (poslední povrchová úprava fasády). Pojivem je portlandský cement a vzdušné vápno.
2	Fragmenty bílého vápenného nátěru
1	Horní jemno- až středně-zrnná omítková vrstva (3-4 mm) - pojivem je slabě dolomitické vzdušné vápno. Jako kamenivo byl použitý písek obsahující hlavně silikátové částice (křemen, živce, horninové úlomky a jiné silikoalumináty). V malé míře jsou v kamenivu přítomné i vápencová zrna.
0	Podkladová omítková vrstva - světlá nahnědlá omítka střední zrnitosti, základní hmota (pojivo) je tvořená hlavně uhličitánem vápenatým a v malé míře i sloučeninami Mg. Ojedinele lze nalézt menší částice nerozmíchaného karbonatizovaného vápna. Pojivem je slabě dolomitické vzdušné vápno. Jako kamenivo byl použitý písek střední zrnitosti obsahující hlavně silikátové částice (křemen, živce, horninové úlomky a jiné silikoalumináty). V malé míře jsou v kamenivu přítomné i vápencová zrna. Na povrchu omítky je tenká vrstvička uhličitánu vápenatého, která se vytváří při vysychání a tvrdnutí vápenných malt.

D8 (8539) Exteriér, věž, 2. díl, omítka pod kamennou římsou

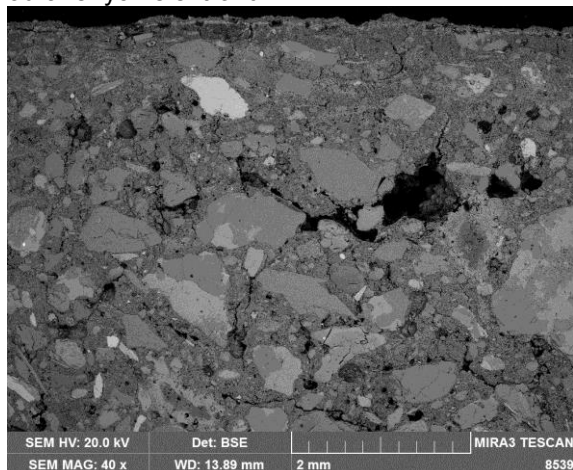
Bílé dopadající světlo, fotografováno při zvětšení mikroskopu 100x



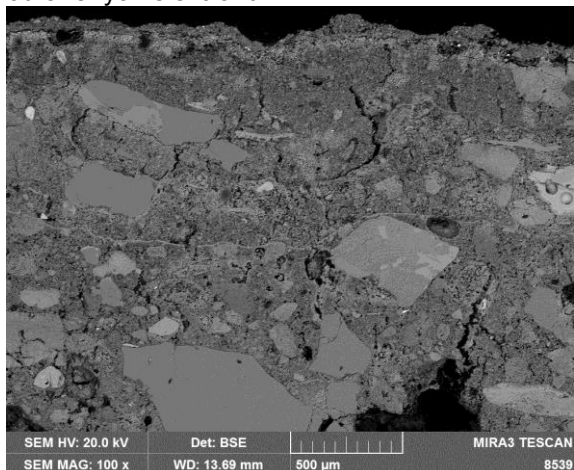
Bílé dopadající světlo, fotografováno při zvětšení mikroskopu 100x



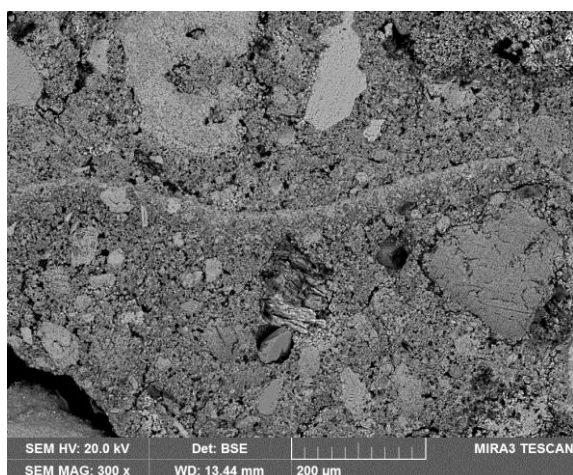
Mikrofoto REM-BSE, fotografie v režimu zpětně odražených elektronů



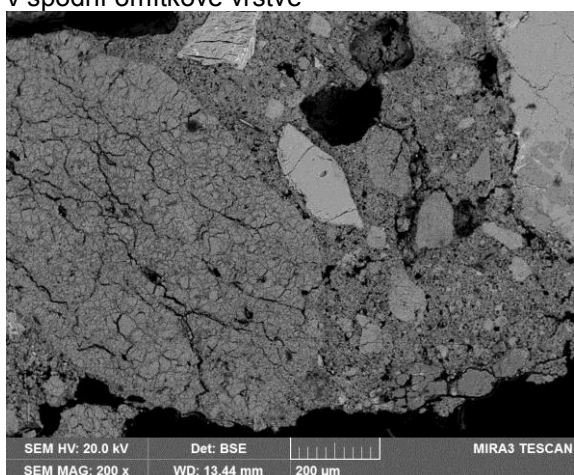
Mikrofoto REM-BSE, fotografie v režimu zpětně odražených elektronů



Mikrofoto REM-BSE, fotografie v režimu zpětně odražených elektronů, rozhraní mezi spodní a horní omítkovou vrstvou



Mikrofoto REM-BSE, fotografie v režimu zpětně odražených elektronů, detail s částicí nerozmíchaného karbonatizovaného vápna v spodní omítkové vrstvě



Popis a složení vrstev

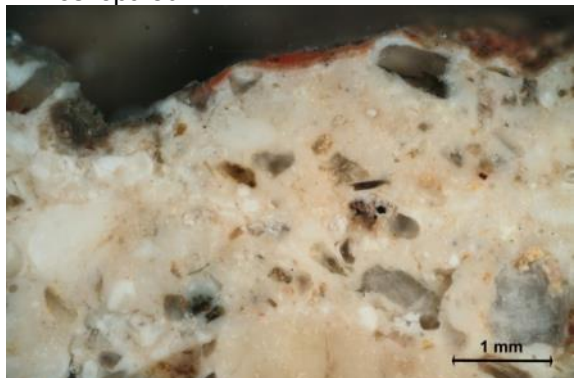
Číslo vrstvy	Popis a složení vrstvy
4	Fragmenty bílého nátěru – disperzní nátěrový systém na bázi PVAC. Jako pigmenty byly použity: titanová běloba, mikromletý vápenec a bílá hlinka.
3	Bílý vápenný nátěr
2	Silnější bílý vápenný nátěr (0,5 -1 mm). Ojedinele jsou v nátěru přítomná i drobná zrna plniva. Na jeho povrchu je tenká vrstvička uhličitanu vápenatého, další vrstva byla nanesená až po jeho vyschnutí.
1	Tenká jemno- až středně-zrnitá omítková vrstva (1-2 mm) - pojivem je bílé vzdušné vápno. Jako kamenivo byl použitý písek obsahující hlavně silikátové částice (křemen, živce, horninové úlomky a jiné silikoalumináty).
0	Podkladová omítková vrstva - světlá nahnědlá omítka střední zrnitosti, základní hmota (pojivo) je tvořená hlavně uhličitanem vápenatým. Ojedinele lze nalézt menší částice nerozmíchaného karbonatizovaného vápna. Pojivem je bílé vzdušné vápno. Jako kamenivo byl použitý písek střední zrnitosti obsahující hlavně silikátové částice (křemen, živce, horninové úlomky a jiné silikoalumináty). V malé míře jsou v kamenivu přítomné i vápencová zrna. Na povrchu omítky je tenká vrstvička uhličitanu vápenatého, která se vytváří při vysychání a tvrdnutí vápenných malt.

D9 (8540) Exteriér, loď, jižní stěna, soklová část, nejstarší dochovaná omítka

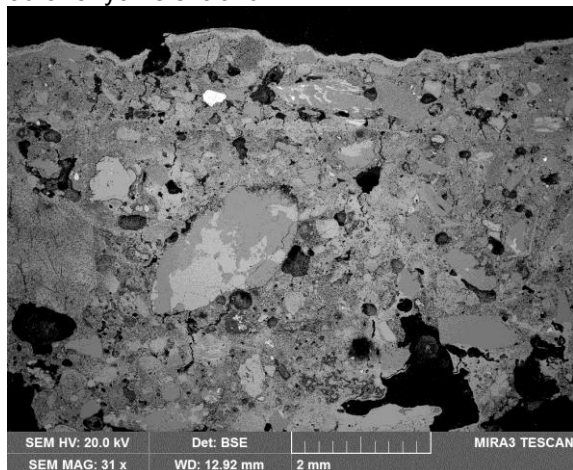
Bílé dopadající světlo, fotografováno při zvětšení mikroskopu 20x



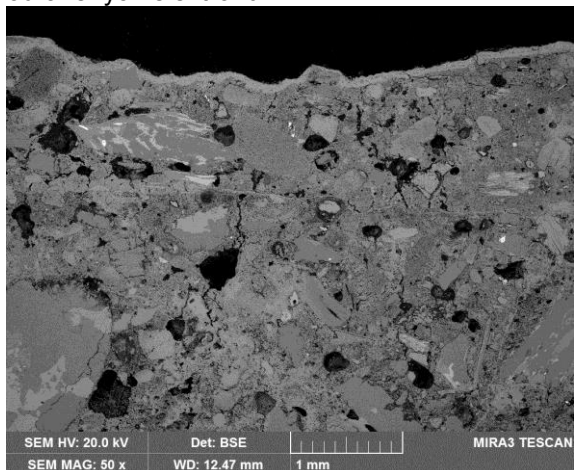
Bílé dopadající světlo, fotografováno při zvětšení mikroskopu 50x



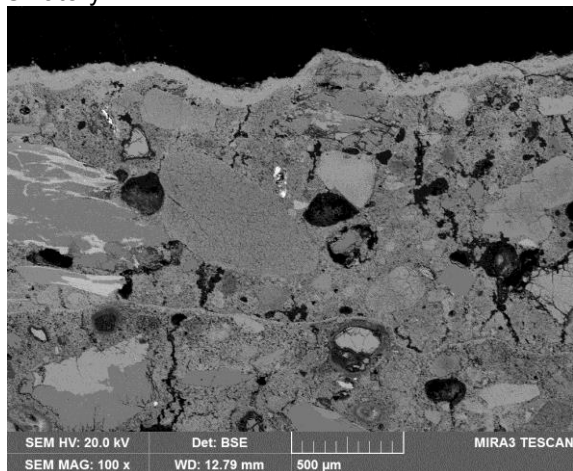
Mikrofoto REM-BSE, fotografie v režimu zpětně odražených elektronů



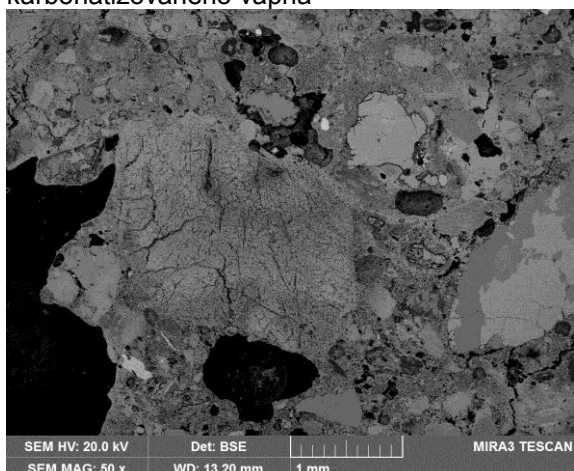
Mikrofoto REM-BSE, fotografie v režimu zpětně odražených elektronů



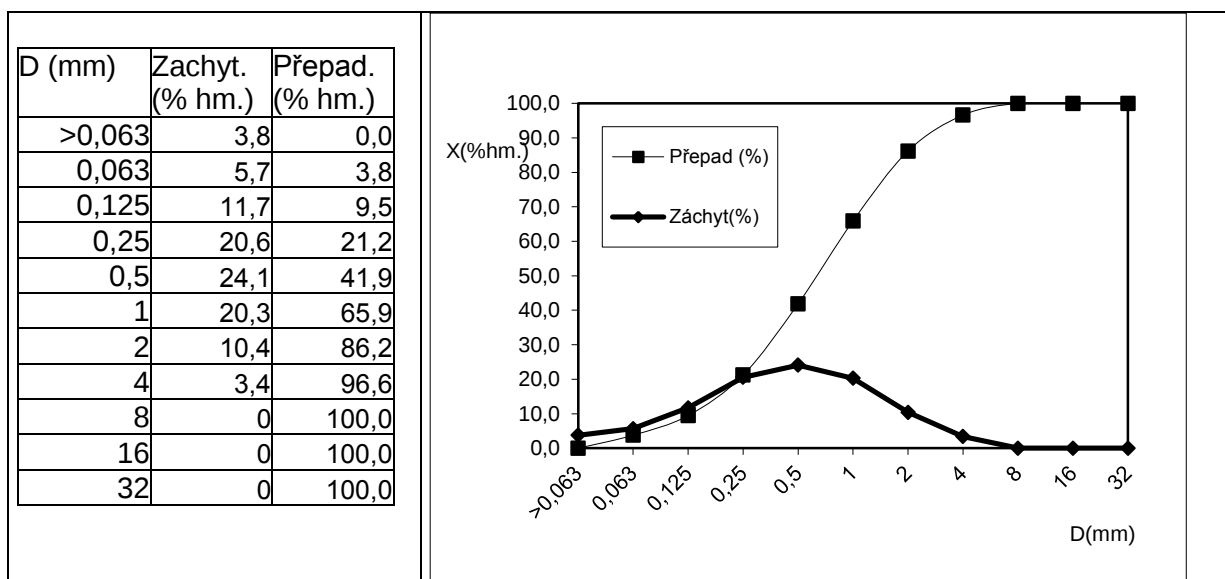
Mikrofoto REM-BSE, fotografie v režimu zpětně odražených elektronů, detail povrchu omítky s nátěry



Mikrofoto REM-BSE, fotografie v režimu zpětně odražených elektronů, detail spodní omítkové vrstvy s částicí nerozmíchaného karbonatizovaného vápna



Granulometrická analýza kameniva (písku) spodní omítkové vrstvy:



Popis a složení vrstev

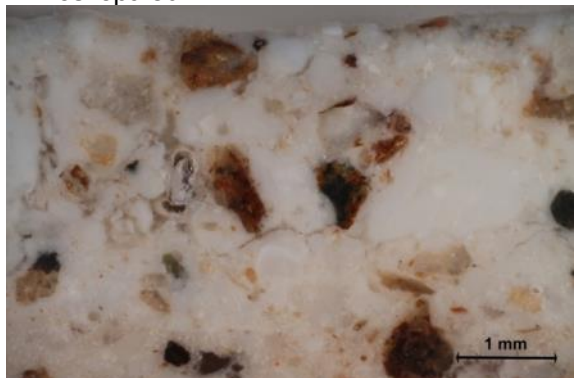
Číslo vrstvy	Popis a složení vrstvy
3	Fragmenty světočerveného nátěru - vápenný nátěr pigmentovaný červenými zemíťmi pigmenty (červený okr). Mikrochemickými důkazy byla ve vrstvě prokázána přítomnost bílkovin a lze proto předpokládat, že pojivo barevné vrstvy obsahuje přídavek bílkoviny. Vzhledem k přítomnosti fosforu (přítomnost prokázána v rámci prvkové analýzy REM-EDS) je velmi pravděpodobné, že se jedná o kasein.
2	Nepravidelný bílý vápenný nátěr (pravděpodobně podkladový pod vrstvu 3)
1	Tenká jemno- až středně-zrnitá omítková vrstva (1-2 mm) - pojivem je bílé vzdušné vápno. Jako kamenivo byl použitý písek obsahující hlavně silikátové částice (křemen, živce, horninové úlomky a jiné silikoalumináty).
0	Podkladová omítková vrstva - světlá nahnědlá omítka střední zrnitosti, základní hmota (pojivo) je tvořená hlavně uhličitánem vápenatým. Ojedinele lze nalézt menší částice nerozmíchaného karbonatizovaného vápna. Pojivem je bílé vzdušné vápno. Jako kamenivo byl použitý písek střední zrnitosti obsahující hlavně silikátové částice (křemen, živce, horninové úlomky a jiné silikoalumináty). V malé míře jsou v kamenivu přítomné i vápencová zrna. Maximální velikost zrn nepřekračuje 8 mm. Nejvyšší podíl tvoří zrna 0,25 až 2 mm. Na povrchu omítky je tenká vrstvička uhličitánu vápenatého, která se vytváří při vysychání a tvrdnutí vápenných malt. Lze předpokládat, že další omítková vrstva (vrstva 1) byla nanesená po vytvrdnutí nebo částečném vytvrdnutí dané omítkové vrstvy.

D10 (8541) Exteriér, loď, jižní stěna, nad soklem, nejstarší dochovaná omítka

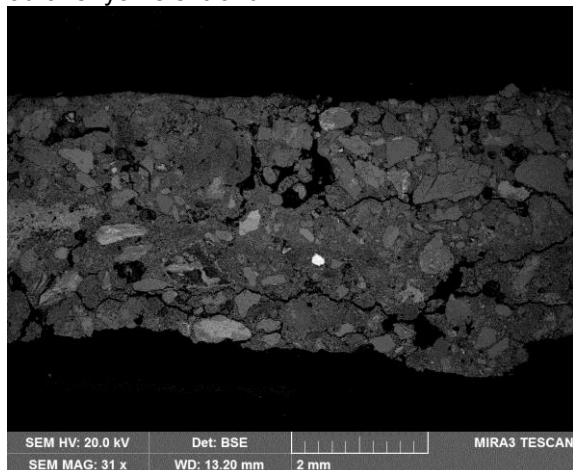
Bílé dopadající světlo, fotografováno při zvětšení mikroskopu 20x



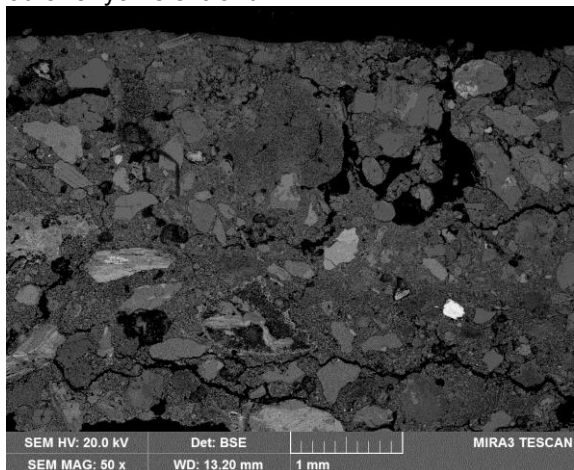
Bílé dopadající světlo, fotografováno při zvětšení mikroskopu 50x



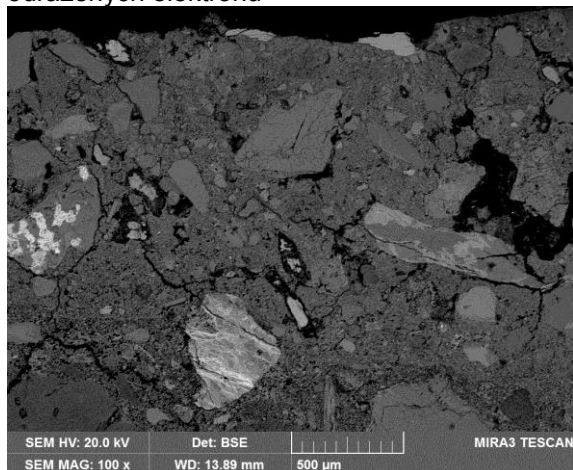
Mikrofoto REM-BSE, fotografie v režimu zpětně odražených elektronů



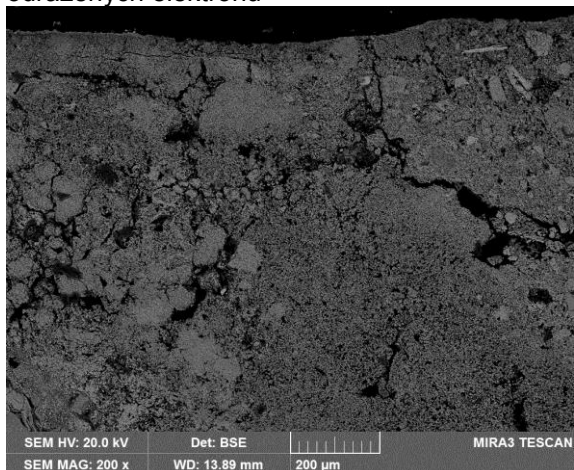
Mikrofoto REM-BSE, fotografie v režimu zpětně odražených elektronů



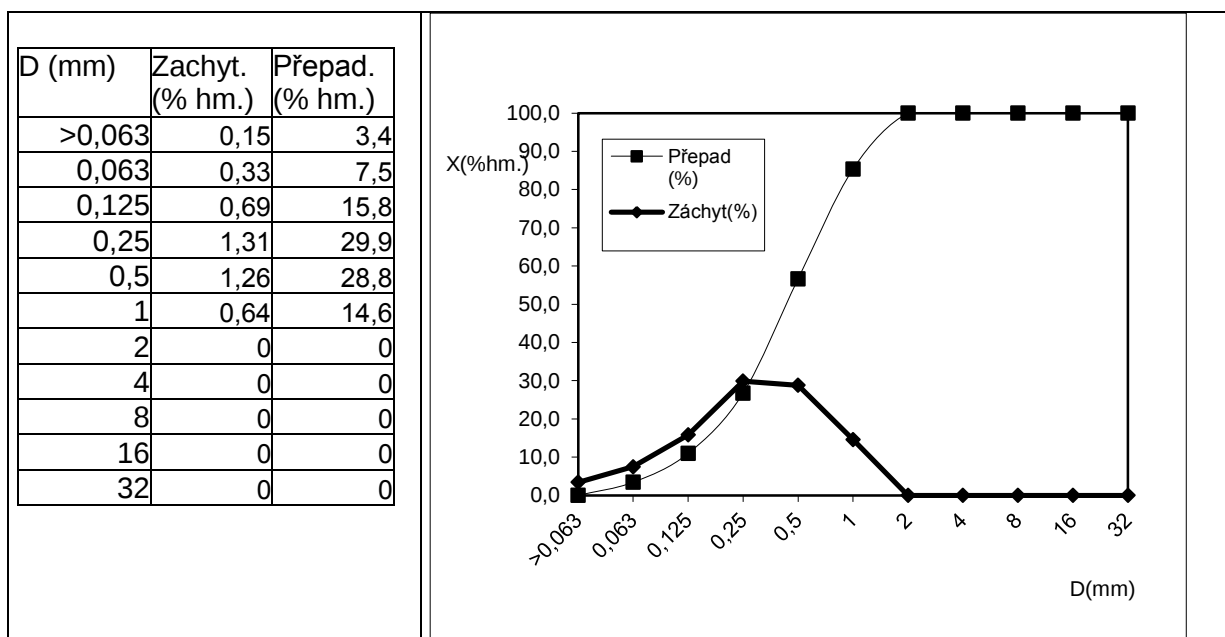
Mikrofoto REM-BSE, fotografie v režimu zpětně odražených elektronů



Mikrofoto REM-BSE, fotografie v režimu zpětně odražených elektronů



Granulometrická analýza kameniva (písku) horní omítkové vrstvy:



Popis a složení vrstev

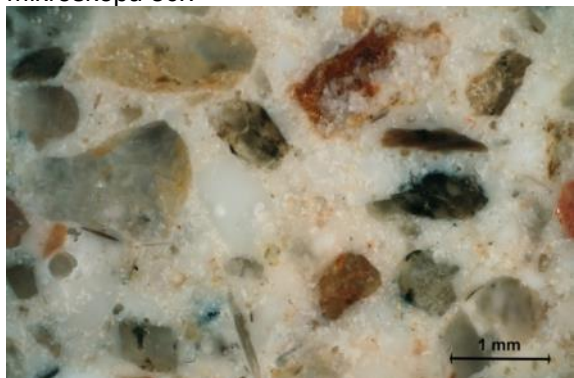
Číslo vrstvy	Popis a složení vrstvy
2	Fragmenty bílého vápenného nátěru
1	Tenká jemno- až středně-zrnitá omítková vrstva (2-3 mm) - pojivem je bílé vzdušné vápno. Jako kamenivo byl použitý písek obsahující hlavně silikátové částice (křemen, živce, horninové úlomky a jiné silikoalumináty). Maximální velikost zrn dosahuje 2 mm. Nejvyšší podíl tvoří zrna 0,125 až 1 mm.
0	Podkladová omítková vrstva - světlá nahnědlá omítka střední zrnitosti, základní hmota (pojivo) je tvořená hlavně uhličitánem vápenatým. Ojedinele lze nalézt menší částice nerozmíchaného karbonatizovaného vápna. Pojivem je bílé vzdušné vápno. Jako kamenivo byl použitý písek střední zrnitosti obsahující hlavně silikátové částice (křemen, živce, horninové úlomky a jiné silikoalumináty). V malé míře jsou v kamenivu přítomné i vápencová zrna.

D11 (8542) Interiér, původní omítka

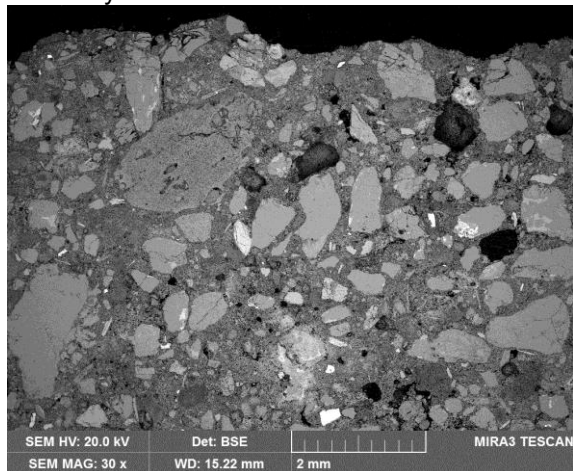
Bílé dopadající světlo, fotografováno při zvětšení mikroskopu 20x



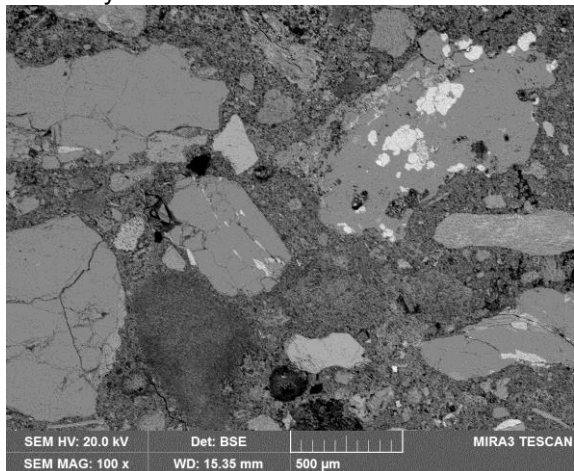
Bílé dopadající světlo, fotografováno při zvětšení mikroskopu 50x



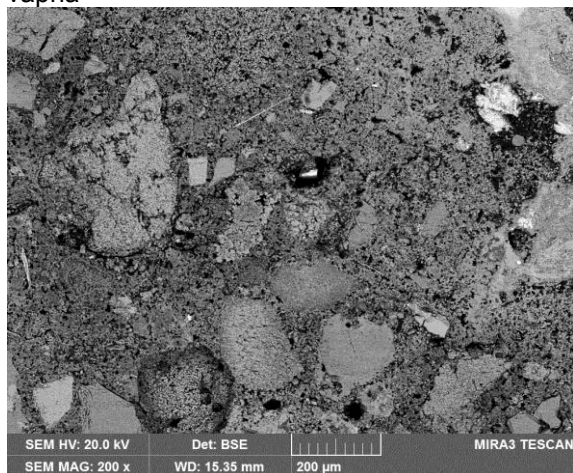
Mikrofoto REM-BSE, fotografie v režimu zpětně odražených elektronů



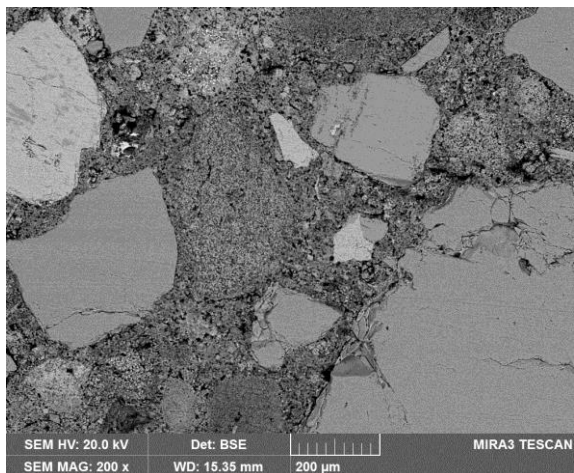
Mikrofoto REM-BSE, fotografie v režimu zpětně odražených elektronů



Mikrofoto REM-BSE, fotografie v režimu zpětně odražených elektronů, detail matrix s malými částicemi nerozmíchaného karbonatizovaného vápna



Mikrofoto REM-BSE, fotografie v režimu zpětně odražených elektronů, detail matrix s částicí nerozmíchaného karbonatizovaného vápna

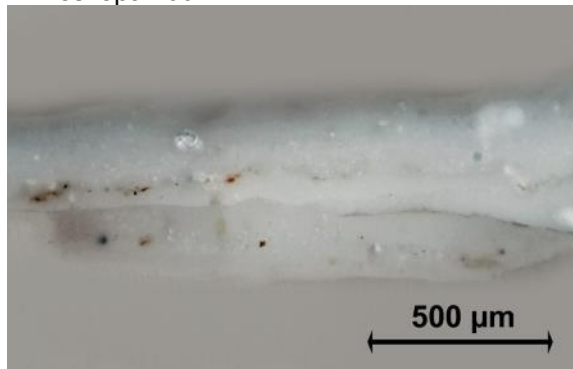


Popis a složení vrstev

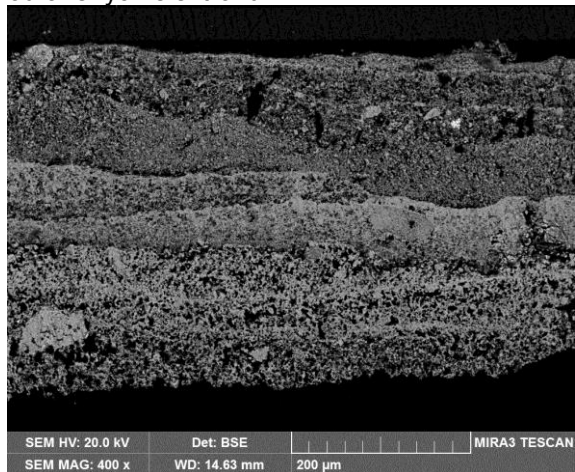
Číslo vrstvy	Popis a složení vrstvy
1	Fragmenty bílého vápenného nátěru
0	Podkladová omítková vrstva - světlá nahnědlá omítka střední zrnitosti, základní hmota (pojivo) je tvořena hlavně uhličitanem vápenatým a v malé míře i sloučeninami Mg. Ojediněle lze nalézt menší částice nerozmíchaného karbonatizovaného vápna. Pojivem je slabě dolomitické vzdušné vápno. Jako kamenivo byl použitý písek střední zrnitosti obsahující hlavně silikátové částice (křemen, živce, horninové úlomky a jiné silikoalumináty). Ojediněle jsou v kamenivu přítomná i vápencová zrna. Maximální velikost zrn kameniva dosahuje 2 mm.

D12 (8543) Interiér, nejstarší dochované povrchové úpravy

Bílé dopadající světlo, fotografováno při zvětšení mikroskopu 100x



Mikrofoto REM-BSE, fotografie v režimu zpětně odražených elektronů



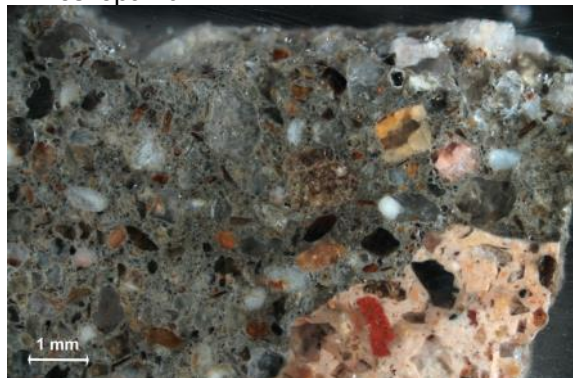
Popis a složení vrstev

Číslo vrstvy	Popis a složení vrstvy
9	Fragmenty bílého vápenného nátěru
8	Bílý vápenný nátěr
7	Bílý vápenný nátěr
6	Bílý vápenný nátěr
5	Světlý nátěr – kromě uhličitanu vápenatého obsahuje ojediněle i částice zemitého pigmentu (okru)
-	na pravé straně je viditelná tenká prasklina
4	Bílý vápenný nátěr
3	Bílý vápenný nátěr
2	Velmi světlý (pravděpodobně světlešedý) vápenný nátěr – obsahuje velmi malou příměs částic uhlíkaté černi
1	Bílý vápenný nátěr

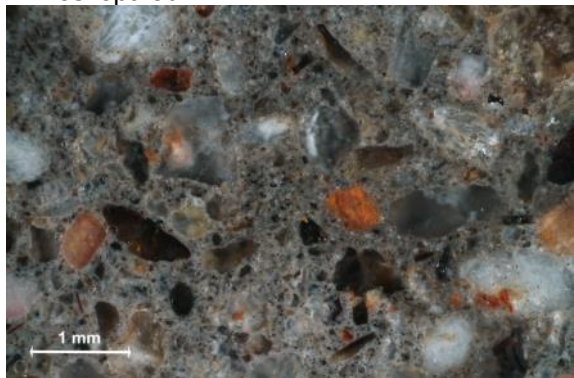
Příměs organických pojiv nebyla v barevných vrstvách prokázána.

D13 (8544) Exteriér, sekundární omítka pod stříškami opěrného pilíře

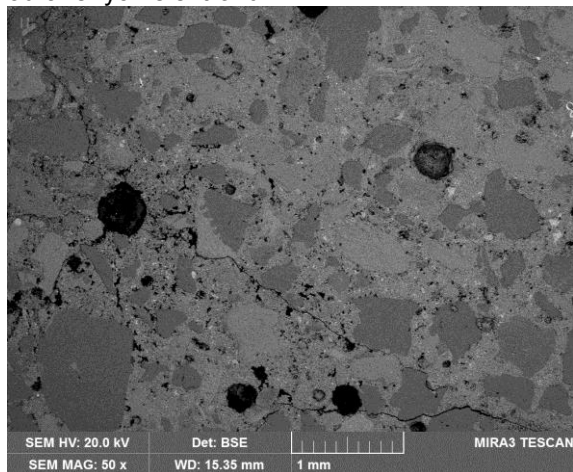
Bílé dopadající světlo, fotografováno při zvětšení mikroskopu 20x



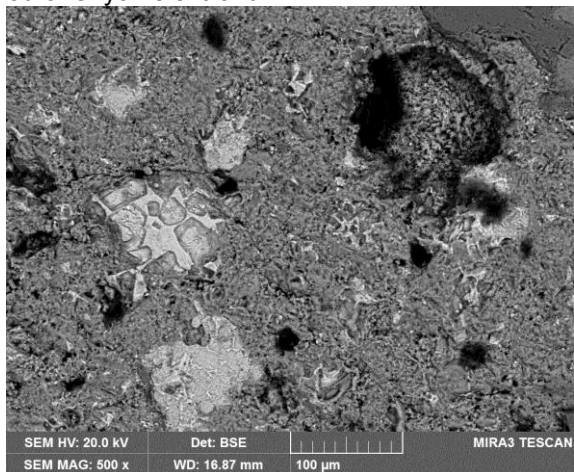
Bílé dopadající světlo, fotografováno při zvětšení mikroskopu 50x



Mikrofoto REM-BSE, fotografie v režimu zpětně odražených elektronů



Mikrofoto REM-BSE, fotografie v režimu zpětně odražených elektronů

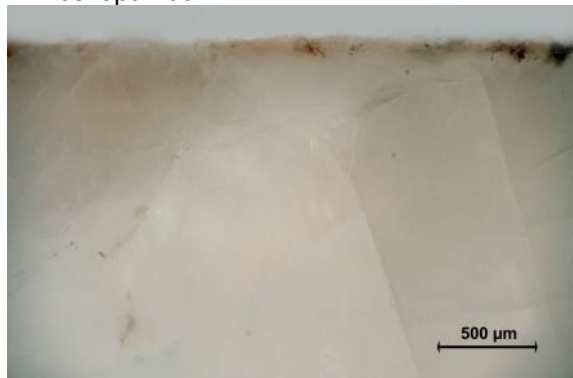


Popis a složení vrstev

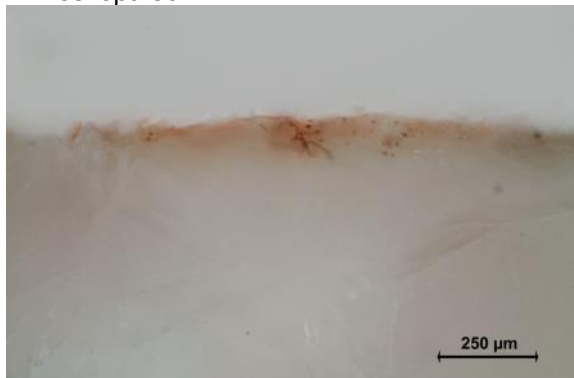
Číslo vrstvy	Popis a složení vrstvy
1	Šedá, velmi pevná, kompaktní a málo porézní omítka, střední zrnitosti. Základní hmota (matrix) s nízkou pórovitostí je tvořená hlavně sloučeninami Ca-Si-Al a obsahuje početné fragmenty slínkových částic. Podle složení jednotlivých fází v slínkových částicích lze téměř s jistotou tvrdit, že hlavním pojivem omítky je portlandský cement. Jako kamenivo byl použitý písek tvořený hlavně zrný křemene (maximální velikost zrn kameniva – 2 mm).
0	Fragmenty starší omítkové vrstvy - světlá nahnědlá omítka střední zrnitosti, základní hmota (pojivo) je tvořená hlavně uhličitanem vápenatým. Ojedinele lze nalézt menší částice nerozmíchaného karbonatizovaného vápna. Pojivem je bílé vzdušné vápno. Jako kamenivo byl použitý písek střední zrnitosti obsahující hlavně silikátové částice (křemen, živce, horninové úlomky a jiné silikoalumináty).

D14 (8545) Exteriér, jižní stěna, opěrný pilíř, fragmenty červeného nátěru na kameni

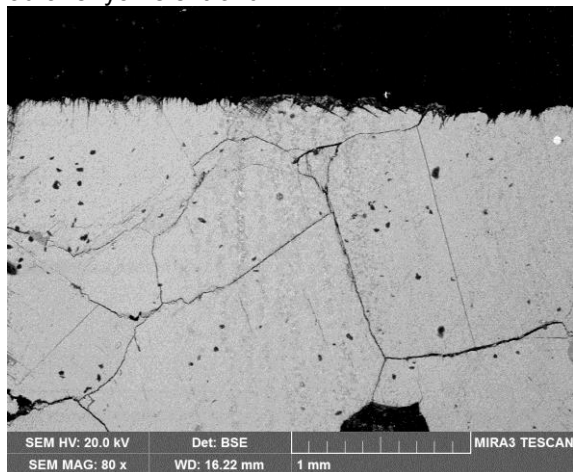
Bílé dopadající světlo, fotografováno při zvětšení mikroskopu 100x



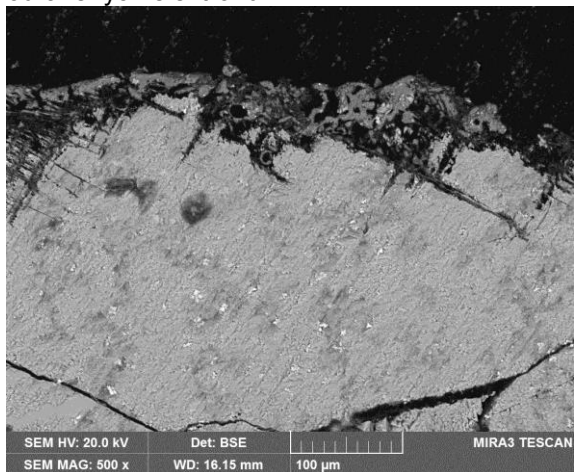
Bílé dopadající světlo, fotografováno při zvětšení mikroskopu 50x



Mikrofoto REM-BSE, fotografie v režimu zpětně odražených elektronů



Mikrofoto REM-BSE, fotografie v režimu zpětně odražených elektronů



Popis a složení vrstev

Číslo vrstvy	Popis a složení vrstvy
3	Fragmenty světlíčerveného nátěru - vápenný nátěr pigmentovaný červenými zemitými pigmenty (červený okr). Mikrochemickými důkazy byla ve vrstvě prokázána přítomnost bílkovin a lze proto předpokládat, že pojivo barevné vrstvy obsahuje příravek bílkoviny. Vzhledem k přítomnosti fosforu (přítomnost prokázána v rámci prvkové analýzy REM-EDS) je velmi pravděpodobné, že se jedná o kasein.
0	Bílý resp. velmi světlý mramor – povrchu mramoru je mírně sulfatizovaný (přeměna uhličitanu vápenatého na síran vápenatý. Zároveň je poměrně dobře viditelná i tvorba velmi tenkých prasklin mezi kalcitovými zrny v mramoru (tzv. intergranulární dezintegrace mramoru). Tento typ poškození je pro mramor charakteristický.

Shrnutí analýz:

Exteriér

Nejstarší dochované omítky

Světlé omítky střední zrnitosti. Na silnější podkladové omítce je nanesená tenká finální štuková omítka (tloušťka 1-3 mm). Pojivem obou vrstev je bílé vzdušné vápno. Jako kamenivo byl v obou vrstvách použitý písek obsahující hlavně silikátové částice (zrna křemene, živců, horninové úlomky případně další siliko-alumináty). Záměrný přídavek mramorové drtě nebo moučky nebyl v analyzovaných omítkových maltách prokázán i když se v kamenivu nalézají ojediněle zrna vápence nebo mramoru. Maximální velikost zrn kameniva podkladové omítky dosahuje ca. 4 mm (kamenivo 0-4 mm), přičemž nejvyšší podíl tvoří zrna 0,25 až 2 mm. Ve finální omítkové vrstvě je použité kamenivo jemnozrnné s velikostí zrn pod 2 mm. Nevyšší podíl tvoří zrna 0,125 až 1 mm.

Obě vrstvy obsahují poměrně početné částice nerozmíchaného karbonatizovaného vápna. Poměr míchání pojiva (vápna) ke kamenivu je v obou vrstvách podobný ca. 1:2 (díly objemu).

Na několika místech byly nalezeny drobné fragmenty světlých vápenných nátěrů. Bílý nátěr s následným červeným nátěrem, který se vyskytuje na mnoha místech na nejstarších dochovaných omítkách, pochází patrně z pozdějších úprav kostela. Vzhledem k tomu, že byl nalezen i na omítkách na částech věže, které souvisejí s barokními stavebními úpravami kostela, lze přepokládat, že tyto nátěry pocházejí z této etapy.

Pozdější omítkové vrstvy

I pozdější omítkové vrstvy z barokní etapy úpravy kostela (na věži kostela) jsou světlé omítky nanášené ve dvou případně i více vrstvách. Horní – finální omítkové vrstvy jsou poměrně tenké v tloušťce několika mm (štukové omítkové vrstvy). Finální, jemná omítková vrstva na štukové hlavici obsahuje jako kamenivo hlavně mramorovou moučku. Je to jediná omítková vrstva, kde bylo použití mramorové moučky jako kameniva prokázáno. Na povrchu jsou světlé vápenné nátěry, které jsou v několika případech zakončené finálním světločerveným vápenným nátěrem modifikovaným přídavkem bílkovinného pojiva (pravděpodobně kasein). Červené barevné vrstvy jsou pigmentovány červenými zemími pigmenty tzv. červenými okry.

Omítkové vrstvy z posledních úprav kostela

Nejmladší omítkové vrstvy lze rozdělit do dvou hlavních skupin.

a. tenké vápenno-cementové omítky nanášené v tloušťce 2-4 mm jako podklad pod současným světlým fasádním nátěrem. Není nanášena po celém povrchu starších omítek, ale pouze lokálně. Pravděpodobně vyrovnávací úprava povrchu omítek (vyrovnání) před nanášením fasádního nátěru.

Jemnozrnné

b. silnější omítky a tmely. Vápenno-cementové omítky a tmely s poměrně vysokým obsahem portlandského cementu. Jsou velmi kompaktní a tvrdé s nízkou pórovitostí.

Bílý fasádní nátěr je zřejmě pojený polymerní disperzí na bázi polyvinylacetátu (tzv. PVAC - disperzní nátěr). Obsahuje titanovou bělobu, jemnozrnný mletý (tzv. mikromletý) vápenec a bílou hlinku.

Interiér

Světlá omítka střední zrnitosti nanášená v jedné vrstvě. Pojivem je slabě dolomitické vzdušné vápno. Jako kamenivo byl použitý podobný písek jako v exteriéru - písek obsahující hlavně silikátové částice (zrna křemene, živců, horninové úlomky případně další siliko-alumináty). Záměrný přídavek mramorové drtě nebo moučky nebyl prokázán.

Povrchové úpravy jsou tvořeny vápennými nátěry. V spodních vrstvách byl nalezen velmi malý přídavek uhlíkaté černě. Lze předpokládat, že barevný tón této úpravy byl světle šedý.

Technologický návrh restaurování a konzervace omítnutých částí kostela

Interiér

1. Mechanické odstranění sekundárních omítkových vrstev ve spodní části interiéru kostela. Výška není po celém obvodu stejná (průměrně mezi 50 až 140 cm), ale plochy s pozdějšími omítkami (patrně z obnovy v 80-tých letech 20. století) lze vizuálně poměrně dobře odlišit.
2. Vyčištění spár zdiva do hloubky 5-10cm na plochách po odstranění sekundárních omítek.
3. Redukce obsahu vodorozpuštěných solí pomocí obkladů z buničiny (případně kombinované obklady z buničiny, kaolinu a písku) na plochách s původními omítkami nad odstraněnými sekundárními omítkami (pás do výšky ca. 2-2,5 m). Plochy s obnaženým zdivem nebudou odsolovány. Vzhledem ke zjištěnému obsahu a distribuci solí lze přepokládat min. 3 odsolovací cykly. Po odsolení je nutné provést kontrolu účinnosti odsolení (zjistit obsah solí v původních omítkách resp. ve zdivu pod nimi).
4. Vyplnění spár obnaženého zdiva maltou s vysokou pórovitostí na bázi kvalitního vzdušného vápna (vápenné kaše), případně vzdušného vápna modifikovaného přídavkem přírodního hydraulického vápna (např. NHL2 příp. NHL3,5) nebo umělého pucolánu (metakaolin). Pro daný účel lze použít i některou z komerčních speciálních prefabrikovaných maltových směsí s vysokou pórovitostí a kapacitou pro kumulaci solí (tzv. „obětované omítkové směsi“ nebo „kompresní omítky“). Nedoporučuje se použití běžných sanačních (vnitřně hydrofobizovaných) omítek.
5. Nové omítnutí ploch s obnaženým zdivem vápennými omítkami. Jako pojivo lze doporučit kvalitní, odleželou vápennou kaši případně modifikovanou přídavkem přírodního hydraulického vápna (např. NHL2) nebo umělého pucolánu (metakaolin).
6. Finální nátěr na bázi bílého vzdušného vápna (2-3 nátěry).

Exteriér

(odhad plošného rozsahu jednotlivých kroků je uveden v zprávě z restaurátorského průzkumu zpracovaného BcA. Kateřinou Krhánkovou).

1. Mechanické odstranění sekundárních a silně poškozených omítkových vrstev a hloubkové vyčištění spár obnaženého zdiva.

2. Odstranění celoplošného disperzního fasádního nátěru. Jako první krok lze doporučit odstranění pomocí tlakové horké vody resp. tlakové páry. Při odstraňování nesmí docházet k poškození zachovaných starších (původních) omítkových vrstev a zbytků původních povrchových úprav. Části disperzního nátěru, které nebude možné odstranit tímto způsobem, lze odstranit tlakovou vodou nebo tlakovou párou po naměkčení pomocí některého z komerčně vyráběných odstraňovačů fasádních nátěrů. V žádném případě však nesmí být používány odstraňovače starých nátěrů na bázi silných alkálií (např. hydroxidu draselného)!

3. Mechanické odstranění zbytků tenké cementové vyrovnávací omítky (stěrky) nanesené při poslední obnově fasády na část fasády jako podklad pod disperzní nátěr.

4. Redukce obsahu vodorozpuštěných solí pomocí obkladů z buničiny (případně kombinované obklady z buničiny, kaolinu a písku) na plochách s původními omítkami nad odstraněnými sekundárními omítkami (pás do výšky ca. 2,5 – 3 m). Plochy s obnaženým zdivem nebudou odsolovány. Vzhledem ke zjištěnému obsahu a distribuci solí lze přepokládat min. 3 odsolovací cykly. Po odsolení je nutné provést kontrolu účinnosti odsolení (zjistit obsah solí v původních omítkách resp. ve zdivu pod nimi).

5. Po ukončení odsolování zpevnění poškozených ploch omítek prostředky na bázi esterů kyseliny křemičité. Bližší specifikace je uvedena v zprávě z restaurátorského průzkumu.

6. Vyplnění spár obnaženého zdiva maltou s vysokou pórovitostí na bázi kvalitního vzdušného vápna (vápenné kaše), případně vzdušného vápna modifikovaného přídavkem přírodního hydraulického vápna (např. NHL2 příp. NHL3,5) nebo umělého pucolánu (metakaolin). Pro daný účel lze použít i některou z komerčních speciálních prefabrikovaných maltových směsí s vysokou pórovitostí a kapacitou pro kumulaci solí (tzv. „obětované omítkové směsi“ nebo „kompresní omítky“). Nedoporučuje se použití běžných sanačních (vnitřně hydrofobizovaných) omítek.

7. Nové omítnutí ploch s obnaženým zdivem v soklové části vnějšího pláště vápennými omítkami modifikovanými přídavkem přírodního hydraulického vápna (např. NHL2) nebo umělého pucolánu (metakaolin). Pro tento účel lze případně použít i některou z komerčních speciálních prefabrikovaných maltových směsí s vysokou pórovitostí a kapacitou pro kumulaci solí (podobně jako v bodě 6).

8. Nové omítnutí ploch s obnaženým zdivem nebo poškozeních většího rozsahu na zbývajících plochách vnějšího pláště vápennou omítkou. Jako pojivo lze doporučit kvalitní, odleželou vápennou kaši.

9. Celkové omítnutí vnějšího pláště tenkou vápennou omítkou (tloušťka 3-5mm). Jako pojivo lze doporučit kvalitní, odleželou vápennou kaši. Kamenivo by mělo svým složením i zrnitostí odpovídat kamenivu horní omítkové vrstvy nejstarší dochované omítky (vzorky D9 a D10). Definitivní způsob úpravy povrchu bude upřesněn po vykonání velkoplošných zkoušek v rámci obnovy kostela.

10. Zvážit případný finální vápenný slabě tónovaný nátěr (zlepšení ochrany povrchu omítek a jednodušší údržba v budoucnu).

V Litomyšli, 21.12.2016

Vypracoval:

Ing. Karol Bayer
Katedra chemické technologie
Fakulta restaurování
Univerzita Pardubice

