



**UNIVERZITA
PARDUBICE
FAKULTA
RESTAUROVÁNÍ**

**Nové udržitelné postupy v restaurování / konzervování nástěnných maleb,
sgrafita a povrchu architektury**

Distanční opora

Obsah

1	Úvod	5
1.1	Typy poškození a konzervace omítek	5
1.2	Příčiny vzniku prasklin, dutin a oddělených omítek	6
1.3	Konzervace oddělených omítek v minulosti	6
1.4	Je injektáž nezbytná?	7
2	Injektážní malty	9
2.1	Materiály používané v minulosti	9
2.2	ICCROM grout (1983) = recept na injektážní směs	9
2.3	Komerční předmíchané směsi	9
2.4	Nekomerční míchané směsi	9
2.5	Požadavky na vlastnosti injektážní malty	10
3	Postup injektáže	12
3.1	Injektáž – jednotlivé kroky:	12
3.2	Lokalizace dutin vhodných pro injektáž	12
3.3	Přelep (= Sealing) a preventivní zajištění rizikových míst	12
3.4	Odstranění tmelů	13
3.5	Obtmelení a zajištění okrajů	13
3.6	Příprava tlakování	13
3.7	Ochrana povrchu, malby – konsolidace, dočasná konsolidace	14
3.8	Vrtání otvoru	14
3.9	Vyčištění dutiny	15
3.10	Osazení jehel (hadiček), vypláchnutí, kontrola zatékání	15
3.10.1	Nejmenší dutiny	15
3.10.2	Větší dutiny	16
3.11	Utěsnění dutiny	16
3.12	Strukturální konsolidace omítky	17
3.12.1	Konsolidační prostředek	17
3.12.2	Řídký grout	17
3.13	Aplikace groutu	18
3.13.1	Příprava groutu	18
3.13.2	Aplikace pomocí gravitační síly (injektáž statických prasklin)	18
3.13.3	Aplikace pod tlakem	18
3.13.4	Teče grout do dutiny, či jinam?	19
3.14	Očista okolí, odstranění těsnícího materiálu, příprava na následující den	19
3.15	Dokumentace injektáže	20

4	Tlakovací metody	21
4.1	Cíl tlakování	21
4.2	Tlakování pákou	21
4.3	Prakování („Strech-press method“)	22
4.3.1	Detailnější popis metody:	22
4.3.2	Výhody této metody	23
5	Injektáž stropu	24
5.1	Specifika injektáže stropu	24
5.2	Tlakování - dočasná opora, přitažení	24
5.3	Podložky	25
5.4	Injektážní grout s malou hmotností	25
5.4.1	Bodová injektáž	26
5.4.2	Lehčené grouty	26
5.4.3	Injektáž nízkoexpanzní polyuretanovou pěnou	26
5.5	Luhování skvrn – prevence	27
5.6	Pojistné kotvy – Armatury osazené do kotvící malty	27
5.7	Postup prací při injektáži stropu obecně	28
6	Statické trhliny a praskliny	29
6.1	Zajištění zděné klenby	29
7	Problémy a rizika injektáže	30

1 Úvod

Dutiny, praskliny a oddělené omítky jsou velmi častým problémem se kterým se potýká restaurátor. Pokud se začne omítka oddělovat od podkladu, většinou její degradace až po úplné odpadnutí zejména v exteriéru postupuje velmi rychle. Jde tedy o jeden z nejdůležitějších kroků vedoucí k dlouhodobé udržitelnosti při konzervaci omítek sgrafit, nástěnných maleb, ale i štuků, či mozaik.

V restaurátorské praxi v minulosti nebyla technika injektáže obecně příliš využívána. Příčin je několik, zejména nebyly známé a dostupné vhodné materiály, zároveň samotná metoda injektáže nebyla propracovaná. Restaurátoři velmi často naráželi na problém, že jim nešlo injektážní maltu do dutiny vpravit. Téměř zcela se opomíjelo přitahování (tlakování) oddělených omítek k podkladu.

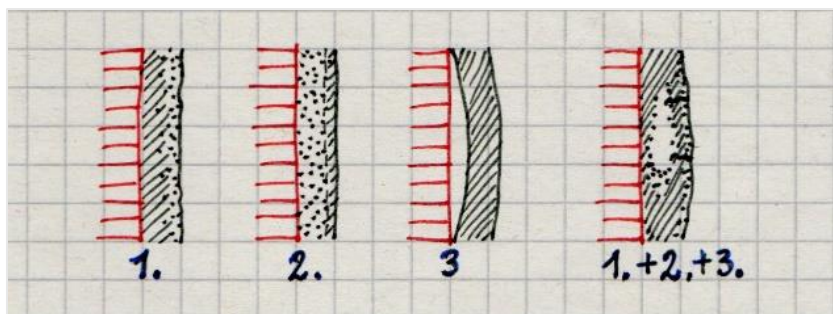
Od roku 2000 byly praktické základy injektáže přeneseny z Itálie, přes Rumunsko od restaurátora P. Pagnina, zdokonalovány a v praxi ověřovány týmem restaurátorů, absolventů litomyšlské školy restaurování (zejména Z. Wichterlová, K. Krhánková, J. Waisserová, M. Šrůtek). Inovace injektáže se týká jak postupů, tak i vybavení, přičemž jde o injektáže od jemných dutin až po statické trhliny. Zdokonalovány byly například postupy hledání i vrtání otvorů, míchání groutů, čištění dutiny, vybavení na aplikaci injektáže, přípravy aplikačních otvorů, otevírání přístupu pro grout, způsobu utěsňování otvorů i prasklin při aplikaci, metody samotné aplikace groutu, tlakování po aplikaci groutu i dokumentace nainjektovaných dutin. Celá tato metodika se neustále vyvíjí a je již 25 let rozšiřována mezi praktikující restaurátory, od roku 2012 je i aktivně přenášena do výuky na FR UPCE v Litomyšli. Tak se vyvinula a vyvíjí tzv. „litomyšlská injektážní škola“.

1.1 Typy poškození a konzervace omítek

Poškození omítek lze rozdělit do třech typů. Podle typu poškození je pak třeba volit způsob konzervace.

1. **Nesoudržnost povrchové** vrstvy (neboli ztráta koheze povrchové vrstvy) vyžaduje konsolidaci povrchu, případně fixáž barevné vrstvy
2. **Nesoudržnost omítky ve struktuře** (neboli ztráta koheze ve struktuře) vyžaduje hloubkovou strukturální konsolidaci.
3. **Špatná přilnavost omítky** (neboli ztráta adheze) vyžaduje zajištění prasklin a oddělených omítek pomocí injektáže (grouting).

Velmi často se ve skutečnosti vyskytují **všechny tři typy** poškození zároveň. Omítka je na povrchu ale i v hloubce nesoudržná a v důsledku se odděluje od zdi. Je pak třeba uvažovat o všech typech zásahů, tedy o povrchové konsolidaci (fixáži), strukturální konsolidaci i o injektáži. V následujícím popisu se budeme věnovat pouze problémům v hloubce, tedy zejména **injektáži, ale i hloubkové strukturální konsolidaci**.



Obrázek 1 Typy poškození - 1. nesoudržnost povrchové vrstvy, 2. nesoudržnost omítky ve struktuře, 3. špatná přilnavost, 1+2+3 kombinace poškození

1.2 Příčiny vzniku prasklin, dutin a oddělených omítek

Nejčastějšími příčinami jsou:

1. Původní technika

- Nevhodný způsob **aplikace** (např. znečištěné zdivo, suchý podklad)
- Nekvalitní či **málo pojený materiál** jádrové omítky

2. Druhotné zásahy a jejich nekompatibilní vlastnosti

- **Druhotné omítky** (např. cement), které mají odlišnou zejména tvrdost, roztažnost, či paropropustnost.
- **Druhotné nátěry, konsolidanty** (např. akrylátové disperze), či hydrofobizace, které mají zejména odlišnou paropropustnost, či schopnost vysychání.

3. Příčinou je **voda** a další vnější vlivy

- Povětrnost (např. déšť, vítr, mráz, vysoké teploty)
- Vzlínající či zatékající vlhkost
- Vodorozpustné **solí**
- **Statické** problémy (např. statický pohyb budovy, pohyb vozidel na okolní komunikaci)
- Stavební aktivity (např. mechanické poškození bouráním)

Příčinám je zásadní rozumět vzhledem k **preventivním zásahům**, tedy k odstranění příčin. Snaha o jejich eliminaci musí vždy předcházet samotnou konzervaci a restaurování.

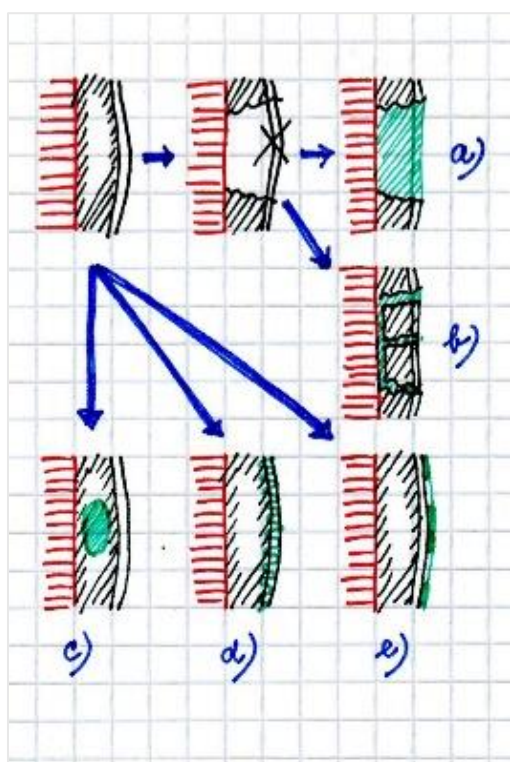
1.3 Konzervace oddělených omítek v minulosti

V minulosti bylo v České republice v rámci restaurátorských zásahů k odděleným omítkám přistupováno různě. Mnohdy bohužel, co nedrželo, bylo označeno za „není možné zachránit“. Výzdoba na omítce byla v lepším případě zaměřena a zdokumentována (zpauzována, vyfocena) a originál **nahrazen rekonstrukcí** (často využívané u sgrafit). Někdy byla oddělená omítka přelepena, **transferovaná** a v lepším případě osazena zpět na novou podkladní omítku na shodné místo. Nahrazení i transferování jsou velmi destruktivní metody, v současnosti se používají zřídka.

Mezi další metody používané k zajištění oddělených omítek patřila **bodová injektáž**. Vzhledem k neznalosti správné aplikace, či vhodného materiálu se grout nepropojil řádně s injektovanou omítkou. Často byla dutina nainjektovaná ve vypouklém stavu, bez přitažení k podkladu. Grout se mnohdy aplikoval od okraje defektu, pouze gravitačně, bez tlaku, a tak dotekl pouze lokálně. Mnohdy byly navíc využity nevhodné tvrdé materiály. Takové zásahy byly často doprovázeny

zpevněním povrchu. Zpevňovací prostředek byl nanášen na povrch opakovaně a v nevhodné koncentraci. Nakonec byl povrch často přeretušován, respektive **přetřen** mnohdy s cílem zakrýt reálný stav (známé například z restaurátorských zásahů na sgrafitech).

Nelze říct, že všechny restaurátorské přístupy v minulosti byly nevhodné. Některé byly provedeny s větší citlivostí a pochopením pro materiálovou a výtvarnou kompatibilitu a některé méně. Obecně lze říct, že byly voleny postupy, které **odpovídaly dobové znalosti restaurátorských metod** a materiálů. Uvedené metody konzervace obvykle neřešily problémy v hloubce. V důsledku to vedlo k postupnému zvětšování hloubkové destrukce omítek a k jejich dalšímu oddělování od podkladu, k stále větší destrukci originálu. Důsledkem byly další obdobné zásahy prováděné v kratších a kratších cyklech. Restaurátorské zásahy byly prováděny podle potřeby opakovaně, v některých případech i po deseti letech. Z toho vyplynula nutnost inovovat metody restaurování sgrafita v České republice. Následně popsaná **metoda injektáže je tak zatím nejvhodnějším způsob udržitelného přístupu** ke konzervaci oddělených omítek.



Obrázek 2 Konzervace omítek v minulosti a) nahrazení originálu rekonstrukcí, b) transferování, c) bodová injektáž, d) zpevnění povrchu, e) nátěr

1.4 Je injektáž nezbytná?

Než započneme jakoukoli restaurátorskou práci, je nezbytné se ptát, co je cílem a zda je zásah nezbytný. Cílem injektáže je v první řadě **prevence ztrát a položení boulí** (esteticky i technicky nevyhovující místa). Zásadním faktem je, že injektáž je zcela nevratná (nereverzibilní). Jde tedy o definitivní zásah do díla a měl by být prováděn pouze v nezbytném rozsahu (princip Minimální intervence). To by na druhé straně nemělo vést k závěru, že se má injektovat méně. Obecným faktem je, že v Čechách je **injektáž podhodnocená** a realizovaná v zásadě menším rozsahu, než je třeba. Realitou tedy je spíše minimální intervence v extrémním měřítku a v důsledku definitivní ztráty omítek.

Pro rozhodnutí, zda injektovat, či ne, je vhodné si klást **tyto otázky:** zda se hýbe (podrobněji viz dále), zda jsou okolo praskliny (je riziko, že upadne), zda jde o exteriér či interiér (v interiéru je možné injektovat výrazně méně), zda nejde o primární praskliny (primární praskliny vznikly již v době vzniku díla a patří k němu, pokud není nezbytné, necháváme je), zda jde o strop (riziko pádu) atd.



Obrázek 3 Oddělené omítky stropu. Technické i estetické důvody pro provedení injektáže.

2 Injektážní malty

2.1 Materiály používané v minulosti

V minulosti se sice mnohdy **neinjektovalo**. Avšak pokud se injektovalo, využívaly se různé z dnešního úhlu pohledu **nevhodné materiály**: sádra, cement, akrylátové disperze či polyvinylacetát s plnivem, epoxid s plnivem (spíš na kámen), mnohdy v kombinaci s hřeby, skobami. Z materiálů využívaných v minulosti se lze dodnes setkat s injektáží omítek čistým vápnem (vápenným hydrátem), kaseinátem vápenatým (kasein, vápno, plnivo), na rákosové stropy s injektáží PUR pěnou.

Pro restaurátora je vždy nejlepší učebnicí o udržitelnosti zásahů setkání s historickými zásahy. Na těch je možno posuzovat vhodnost či nevhodnost použitých metod i materiálů. V případě injektáží je ale tradice relativně krátká, navíc injektáž mnohdy není vidět. **Možnost poučení z historických zásahů** je tedy relativně **omezená**.

2.2 ICCROM grout (1983) = recept na injektážní směs

Česky se injektovanému materiálu říká injektážní malta, či zkráceně injektáž, nebo se používá i termín grout, pocházející z anglického jazyka. Ve stavebnictví se používá termín zálivková malta.

International Centre for the Study of the Preservation and Restoration of Cultural Property (ICCROM) se sídlem v Římě vyvinulo v roce 1983 tzv. ICCROM grout, respektive recept na injektážní směs. V současnosti je tento grout již spíše překonaný (například vysoká míra hydraulicity, či nezbytnost užití glukonátu sodného je sporná). Avšak i tak tato receptura stála u začátku vývoje mnohých komerčních groutů a ovlivnila velké množství receptů na míchané grouty užívané restaurátory po celém světě.

ICCROM grout:

- Hydraulické pojivo – 100 objemových dílů
 - Hydraulické plnivo (Pozzolana) – 100 objemových dílů
 - *Primal AC 33* (akrylátová disperze) – 10 objemových dílů
 - Glukonát sodný 10 % w/w – 1 objemový díl
 - Voda – 100 objemových dílů
- Nutné mixovat intenzivně.

2.3 Komerční předmíchané směsi

Na trhu jsou v současnosti různé komerční směsi (premixy). V českém prostředí jsou **dostupné např.** grouty těchto značek: *Ledan*®, *PLM*®, *Calxnova*®, *Vapo injekt*®, *Terrako injekt*®. Část výrobců má více produktů, které jsou přesněji cílené na konkrétní velikost, či typ dutin. Grouty od jednotlivých výrobců mají velmi **rozdílné vlastnosti**. Některé výrobky nejsou vůbec hydraulické a netuhnou bez přístupu vzduchu. Jiné jsou vysoce hydraulické, a tedy i pevné a nepropustné. Některé obsahují vysokou proporci organických složek. Některé téměř nesedimentují i při vyšším zředění a jiné sedimentují i při malém navýšení doporučené vody...

2.4 Nekomerční míchané směsi

Zároveň stále pokračuje vývoj injektážních groutů míchaných, respektive receptur na grouty. Grout zpravidla **obsahuje tyto složky**:

- Pojivo – např. vzdušné vápno, hydraulické vápno (NHL), bílý cement
- Plnivo – např. písek v různých frakcích, vápencová moučka, lehčená plniva (perlit, skleněné mikrokuličky...), hydraulická plniva (pozzolana, cihlový prach, metakaolín...)
- Aditiva – např. ztekucovadla, zahušťovadla, pojiva, dezinfekce... (étery celulózy, sacharidy, disperze, biocidy...)
- Tekutina – např. voda, voda s lihem, líh

2.5 Požadavky na vlastnosti injektážní malty

Grout by měl být velmi **stabilní**. Vzhledem k tomu, že materiál aplikujeme nevratně do hloubky, úzkým otvorem, není smysluplná jeho reverzibilita, a zároveň není žádoucí jeho postupná degradace (která je žádoucí z hlediska Udržitelnosti - Retreatability).

Ideální vlastnosti groutů jsou shrnuty v následující tabulce.

Snadná příprava	Premix Skladovatelnost (min. 1 rok) Rychle připravené (rozpuštění do 2 minut) Zpracovatelnost (min. 1 hodina)
Snadná aplikace	Nesedimentuje, neplave ani řídke <u>Dobře zatéká - jemné, retence</u>
Funkčnost (Stropy)	Rychlost tuhnutí-tvrdnutí (i bez přístupu vzduchu?) Praskání - smrštění (do nějaké míry) hydraulická pojiva, plniva, ztekucovadla, retence vody Propojení, konsolidace dutiny - konsolidant? Omezená retence? Neztěžuje v mokřím ani suchém stavu - lehčená plniva, ztekucovadla, líh Plísň - dezinfekce, ztekucovadla Luhování skvrn – ztekucovadla
Kompatibilita	<u>Vápenná malta – obdobné vlastnosti</u> (pevnost, elasticita, otevřená porozita, paropropustnost)
Nízká cena	

Z vyjmenovaných je nejdůležitější a nejnáročnější dosáhnout zejména dvě hlavní vlastnosti – kompatibilitu a snadnou aplikaci.

Složení groutu by mělo být v maximální možné míře **kompatibilní** se složením zpevňované původní omítky. V případě restaurování jde velmi často o vápennou omítku. Pak by měl mít grout obdobné vlastnosti jako vápenná omítky. V souvislosti s tím je zejména diskutována **míra hydraulicity** (a tedy tvrdosti) pojiva. Hydraulické vlastnosti totiž umožňují zrání bez přístupu

vzduchu. Také urychlují tuhnutí i tvrdnutí a snižují smrštění při schnutí. Avšak ze zkušeností je možné se přiklonit k tomu, že minimálně u menších dutin je možné využít grouty ze vzdušného vápna.

Snadná aplikace je hlavním limitujícím faktorem pro restaurátora. Grout, který nezatéká, při injektáži sedimentuje, či ucpává jehlu je nepoužitelný. Posuzování **snadné aplikace** je zejména věcí praktického ověření, normovaná metodika ověřující injektovatelnost zatím není uspokojivě zpracovaná.¹

Z praxe vyplývá, že kromě již zmíněné kompatibility a dobré zpracovatelnosti je důležité neuvažovat o jednom groutu, ale vyvinout různé grouty pro různé účely. Grout by měl být **vhodně cílený** na konkrétní problém zejména podle:

1. Typ (a místa) poškození

- Stěny
- Stropů a kleneb
- Statických trhlin a prasklin
- Povrchových vrstev, oddělených barevných vrstev (řešeno v rámci konsolidace)

2. Velikost injektované dutiny

Dle velikosti vyplňované dutiny je nezbytné přizpůsobit velikost plniva užitého injektážního groutu. Velikosti plniva a viskozitě je pak nutné přizpůsobit i způsoby a metody aplikace. Podle síly injektované dutiny by měla být posuzovaná smrštivost, podle ní by měla být určena vhodná viskozita, podle ní by měla být přizpůsobena síla aplikační jehly, či hadičky atd.

¹ Vývoj metody ověřování injektovatelnosti i návrhy receptur cílených groutů jsou aktuálně ve vývoji (A. Škrabalová, Z. Wichterlová, J. Válek) a budou výstupem z projektu NAKI „Technologie restaurování renesančních sgrafitových omítek – tradice a metamorfóza“ v roce 2027.

3 Postup injektáže

3.1 Injektáž – jednotlivé kroky:

1. Lokalizace dutin vhodných pro injektáž
2. Přelep a preventivní zajištění
3. Odstranění tmelů
4. Obtmelení a zajištění okrajů
5. Ochrana malby
6. Vrtání otvoru
7. Vyčištění dutiny
8. Osazení jehel (hadiček), vypláchnutí, kontrola zatékání
9. Utěsnění dutiny
10. Strukturální konsolidace omítky
11. Aplikace groutu
12. Očista okolí, odstranění těsnicího materiálu, příprava na následující den
13. Dokumentace injektáže

3.2 Lokalizace dutin vhodných pro injektáž

Dutiny jsou nejnáze lokalizované různými formami ťukání. Je zásadní chápat, že každý typ dutiny vyžaduje jiný způsob ťukání. Nejčastěji je využíván **kloub** prstu. Zde je dobré chápat, že síla úderu zásadně ovlivňuje zvuk, a tedy i názor na nezbytnost injektáže. Bolavé, otlučené klouby restaurátora, kterými ťukáme opatrněji, tak identifikují často výrazně méně dutin. Hlubší dutiny je dobré sledovat např. **obaleným topůrkem** kladívka. Naopak jemnější dutiny a oddělené barevné vrstvy je nejlepší sledovat poklepáváním **nehtem**. Mnohdy je nápomocné položit **druhou ruku na stěnu**, či na související prasklinu a sledovat míru chvění. Pokud vyhodnotíme, že je dutina třeba injektovat (podrobněji viz dále), je nápomocné **označit** místo, kde chceme navrtat otvor (například papírovou lepičkou těsně nad otvor).

Faktem zůstává, že u každého objektu, u každého typu dutin (rozvrstvení), u každé konkrétní omítky (např. jílovitá, velmi nesoudržná), je injektáž jiná a jinak komplikovaná a že co platí pro jeden objekt, nemusí platit pro jiný. Proto je dobré na novém objektu v první fázi označovat, vrtat a připravovat pouze nejurgentnější dutiny a teprve po **seznámení se s konkrétní situací** případně vrtat i menší a méně urgentní.

3.3 Přelep (= Sealing) a preventivní zajištění rizikových míst

Místa, kde je injektovaná vrstva rizikově oddělená, je nezbytné předem **přelepit a přichytit** k okolní omítkce, či ke zdivu. K tomuto účelu se obvykle využívá **Japonský papír** (např. Kashmir 11 g), či gáza. Přelep se k podkladu přichycuje pomocí lepidla, nejčastěji na bázi éteru celulózy ve vodě či v lihu (např. Klucel M 5 hm%)

Někdy je potřeba omítku **zajistit na delší čas**. Obvykle to znamená nejasný časový úsek - dokud nebudou dostupné finance na zásah (konzervaci), někdy jde ale o jednoznačně definovaný čas, například přes zimu. V těchto případech je nezbytné postupovat velmi uvážlivě tak, aby nedocházelo k nevratným zásahům. Ideální je využít pouze **reverzibilní přelepy** pojené rozpustnými étery celulózy. Problematiku přelepů zásadně komplikují nesoudržné povrchové vrstvy (např. zpráškovatělé barevné vrstvy) a s tím související nezbytná **prekonsolidace**.

Přelepy s étery celulózy ale jsou dlouhodobě nedostačující, zejména ve vlhkém prostředí a v exteriérech, kde se takový přelep uvolňuje velmi rychle. Otázka, jaký typ reverzibilního přelepu by dlouhodobě (např. několik let) obstál i v takových podmínkách, zatím není obstojně vyřešena. Testována byla kombinace, kdy přes přelep byla nanesena **ochranná vrstva gázy s akrylátovou disperzí** (Acrykleber). Reverzibilita však musí být ještě ověřena časem. Lze také uvažovat o některé formě mechanického fixování oddělených omítek například **přes páku** (podrobněji viz dále), či dočasné pojistné **slabě spojené vápenné tmely**, které budou při finálním zásahu odstraněny.

V praxi je často voleno částečné zajištění nejrizikovějších částí tmely a injektáží. Při tom je velmi důležité uvažovat v delším horizontu (princip Udržitelnosti). Neuvážený zásah může velmi komplikovat a determinovat následující finální zásah. Zvláště pokud je omítka více oddělena od podkladu a vyžaduje alespoň částečné přitažení. Přidané **materiály, zejména pokud nejsou určeny k odstranění a jsou aplikované do hloubky, mohou přitažení zcela znemožnit.**

3.4 Odstranění tmelů

V místech, kde je nezbytné injektovat se často nacházejí starší tmely, či doplňky, které je žádoucí odstranit. Na citlivých místech s oddělenými omítkami je pro odstranění tmelů nezbytné volit co **nejjemnější metody**. Mnohdy mohou pomoci různé **přístroje**, jako frézky, gravírovací pera apod., které omezují chvění okolního materiálu.

Nelze říct, zda je lepší tmely **odstranit předem, či až po injektáži**. Někdy je výhodné využít uzavřeného povrchu, kdy injektáž nemůže snadno vytékat a neinjektovat omítky předem. Nevýhodou je, že v tomto případě mohu injektovat nejen původní omítku, ale i samotné tmely. Další nevýhodou je, že při odstraňování tmelů dochází většinou k mechanickému namáhání, či k chvění, a tedy k oddělování okolní omítky. Proto je obvykle nutné provést druhou injektáž po odstranění tmelů. Jindy je výhodné tmely odstranit předem, a tak si otevřít cestu ke konsolidaci a obtmelení okrajů, k dutinám, či umožnit položení zvedlé kry omítky. Často již jen po samotném odstranění tmelu se zmenší či vyruší tlak a odtržená omítka se vrátí k podkladu.

3.5 Obtmelení a zajištění okrajů

Při injektáži ker původní omítky, je vhodné v první řadě zajistit okraje. Práce začínají mechanickým **odhalením** okrajů. To může zahrnovat i odstranění zbytků starších tmelů a otevření přístupu z boku pomocí jehly, či skalpelu. Následuje **vyfoukání** přebytečného materiálu například balónkem, **zpevnění** okraje konsolidantem (obvykle aplikovaný injekční stříkačkou). Následuje zalití okrajů **groutem**, mnohdy realizované gravitačně, či za průběžného **obtmelování** maltou. Řidší obtmelovací maltu je také možné aplikovat pod oddělené okraje omítky (obvykle špachtlí). Obtmelovací maltu (např. 1 vápenný hydrát : 1 písek 0-2 mm) nikdy nenecháváme hladkou, vždy ji **přeškrábneme** tak, aby na ni dobře přilnul následný tmel.

Pokud jsou od okrajů dostupné dutiny pod omítkou, je možné před obtmelením osadit do těchto míst ze stran např. **hadičky** tak, aby zůstaly dutiny dostupné pro injektáž. Po zatuhnutí obtmelovací malty je možné tudy aplikovat injektážní grout.

3.6 Příprava tlakování

Pokud je potřeba injektované místo tlakovat, je zásadní si **tlakování připravit před** započítím prací, tak, aby ho bylo možné **kdykoli v průběhu injektáže** použít. V případě, že je omítka

nepřírozně vyboulená, je možné se pokusit ji **rovnat předem** – vlhčit a opatrně tlakovat (podrobněji viz dále).

3.7 Ochrana povrchu, malby – konsolidace, dočasná konsolidace

Pokud je barevná vrstva v místě injektáže **citlivá na vodu (zásadu)**, je nezbytné ji ochránit minimálně v okolí injektážního otvoru. Zároveň je třeba vzít v úvahu, že injektážní materiál může při aplikaci i přes důsledné utěsnění vytéct a okolí znečistit, zejména pokud jsou v okolí v omítce praskliny.

Citlivou barevnou vrstvu je možné před injektáží **konsolidovat**, tak, aby se stala méně rozpustnou. Někdy je ale konsolidace trvalým konsolidantem nevhodná, či nedostatečná. Například pokud má malba zůstat vodorozpustná, nebo pokud je malba citlivá na zásadité prostředí (například olejomalba). Pak je vhodné volit **dočasné konsolidanty**, které po čase vysublimují. Nejčastěji se používá Cyklododekan, či Menthol v roztoku, či tavenině, nanesené štětcem přímo nebo přes japonský papír, či sprejem. Dočasné konsolidanty mohou také sloužit jako prevence luhování skvrn (podrobněji viz dále).

3.8 Vrtání otvoru

Pokud je omítka, či barevná vrstva citlivá, například hrozí její drolení, mohou být v místě vrtu nalepeny čtverečky japonského papíru pomocí éteru celulózy a vrtání provést přes tento přelep.

Obecně platí, že menší dutiny je jednoznačně nejlepší vrtat v místě, kde dochází k **největšímu chvění (ve středu dutiny)**. Větší dutiny je vhodné plnit **odspodu**. U větších dutin, či u injektáže stropu je také možné se přiklonit k **síti bodů** plněných hustým groutem (nespojitych).

S cílem, aby práce rychleji postupovala, je vhodné si předem připravit větší množství děr, respektive osadit větší množství jehel, tak, aby mohl být grout aplikovan najednou.

Před vrtáním je zásadní si uvědomit, **jak hluboko** je žádoucí vrtat. Pokud je dutina větší, při průniku do ní vrták **poskočí**. Pokud je dutina menší, nemusíme průnik do dutiny při vrtání cítit. Zároveň je nutné brát k úvaze, že někdy jsou omítky na jednom místě rozvrstvené (oddělené) ve **více úrovních**.

Pro vrtání se v minulosti mnohdy využívaly nebozezy, či ruční vrtačky s klikou. V současnosti ze nejlepší považujeme vrtání **akuvrtačkou** (akušroubovákem). Pro vrtání do vápenné omítky při aplikaci injektáže jehlou lze doporučit např. vrták do kovu (průměr podle síly jehly, či hadičky). Vidiový vrták je u citlivějších omítek spíše nevhodný pro širší a tupější hrot, který může omítku více trhat.

Doporučované **směry vrtání** jsou různé. Někdo doporučuje otvor vrtat šikmo nahoru, protože se odvrtný materiál snáze vysype. Někdo doporučuje otvor vrtat šikmo dolů, protože tak vznikne prostor pro gravitační aplikaci groutu. A v neposlední řadě někdo doporučuje vrtání kolmo ke stěně, protože pak se zamezí riziku poškození omítky při manipulaci s jehlou. Každý tak může volit nejvhodnější směr podle svých potřeb a zkušeností. Většinou není vhodné vrtat přímo do trhliny, ale vedle ní, tím zajistíme, že grout se dostane i pod omítku a ne pouze do trhliny.

V některých případech, zejména pokud je omítka kompaktní, je nezbytné vyvrtat také tzv. **„výfukový“ otvor**, který slouží k odchodu vzduchu z dutiny při aplikaci groutu do ní. Tento otvor může také posloužit i jako kontrolní pro informaci, kam až se grout dostal.

3.9 Vyčištění dutiny

Po navrtání otvoru je nezbytné jej vyčistit – odstranit volný, vysypaný materiál z dutiny. Nejprve je vhodné materiál **vyfouknout balonkem** (možno využít i stlačený vzduch ve spreji, kompresor, či naopak vysavač). Pokud je dutina malá, můžeme cestu pro injektáž otevřít **poklepem** okolo vrtu. Dutina se rozvibruje a materiál se uvolní. Následuje opět vyfoukání. Tento proces několikrát **opakujeme**. Dobře vyčištěná dutina injektáž značně zjednodušuje.

Někdy jde o dutinu větší, kde je na dně nahromaděná odpadlá **nesoudržná omítka** (písek). V první řadě je vždy možné volný materiál odstranit přes navrtaný otvor pomocí vysavače (na vysavač nasadit tenkou hadičku). Pokud není dutina vydutá a není nezbytné ji přitahovat a rovnat, a není volného materiálu velmi mnoho, není nutné odstranit vše. Konsolidant a injektážní prostředek bude aplikován do dutiny. Předpokladem je, že na dně dutiny bude konsolidační efekt vzhledem ke gravitaci relativně fungovat.

Pokud ovšem volně **vysypaný materiál je spojen s vydutím**, které by bylo vhodné alespoň částečně napravit, pak je nezbytné materiál odstranit. Za tímto účelem se někdy v místě dna vrtá, či prořezává další otvor. Volný materiál je možné vyfoukat, je možné mu pomoci ohnutým drátkem, či je možné ho odsát vysavačem (na hubici připevněna tenká hadička přes redukci).

3.10 Osazení jehel (hadiček), vypláchnutí, kontrola zatékání

Následuje obvykle **vypláchnutí** injektážního otvoru jehlou a stříkačkou **proudem vody** do houby, která je přiložena v místě otvoru. Vyplachování lihem, či směsí lihu a vody je sice mnohdy doporučováno, ale cestu pro injektáž neotevřít tak dobře, jako samotná voda. Líh totiž snáze penetruje do porézní struktury a nevypláchne dutinu tak dobře (penetruje a nevytéká). Nicméně má jiné vhodné vlastnosti, pro které může být využitý – rychleji odtěká, lépe smáčí, nelimituje tolik výběr konsolidantů a umožňuje jejich rychlejší užití, nemusí rozpouštět a luhovat některé látky, které jsou v omítce ...

3.10.1 Nejmenší dutiny

V dalším kroku je osazena jehla. Pro nejmenší dutiny a nejjemnější grouty se osvědčilo použití **jehel s vnějším průměrem 1,8 mm** (šedozelené), které jsou **zkráceny** cca na 1-2 cm. Zkrácení pomáhá zejména k tomu, aby jehly ve stěně držely a nevypadávaly. Zároveň je také jednodušší vyvinout větší tlak, pokud je jehla kratší a “opírá” se o povrch omítky. Tak je jich možné osadit najednou větší množství a pracovat průběžně na několika místech najednou. Pokud je injektovaná vrstva tenká a hrozí, že dutinu tlakem na jehlu s ucpávkou zmenšíme, je výhodné **jehlu mírně ohnout** a zavést ji pod injektovanou vrstvu. K ohýbání jsou vhodnější tenčí jehly, které se lépe ohýbají, např. s vnějším průměrem **1,2 mm** (růžové). **Stříkačky** doporučujeme **50 ml s gumovým těsněním**, s koncovkou na osazení jehly.

Na kovovou část jehly předem pevně namotáme **smotek suché vaty**, který následně slouží jako ucpávka navrtaného otvoru. Tak je umožněno aplikovat vodu a později i grout pod tlakem a nikoli pouze gravitačně. V tuto chvíli je do díry osazena jehla, prsty tlačí na smotek vaty, tak, aby utěsnil otvor a do jehly je pod tlakem vstříknuta voda. Pokud je cesta volná a **voda jde snadno**, můžeme jehlu nechat osazenou ve zdi a pokračovat na osazení jehly s vatovým smotkem do dalšího otvoru.

Pokud **voda do otvoru neproniká**, či proniká těžko, začíná mnohdy náročná práce, která vyžaduje velkou trpělivost a zkušenost. Je třeba postupným **pumpováním** cestu otevřít. To znamená opakovaným někdy i relativně silným vtlačováním vody do otvoru a vytahováním vody z otvoru.

Velmi často se takto cesta uvolní. Pokud do dutiny jde voda, je možné pokračovat s (velmi řídkým) groutem. „**Pokud jde voda, půjde i grout!**“

Pokud je problém vtlačovat vodu pod tlakem, protože **vstupní díрку nelze** dobře vatou **utěsnit**, někdy pomáhá zkusit aplikovat řídký grout, který vatu ucpe a pak se hned opět vrátit k vodě.

Pokud stále není možné do dutiny vodu dostat, je potřeba nepropadat panice a zkusit některou z **následujících možností** – výměnu ucpávky (netěsní), vyčištění jehly (ucpala se kamínkem), ohnutou jehlou zkusit ještě otevřít cestu do dutiny (následně nutno dobře uvolněný materiál vypláchnout vodou), nechat otvor vyschnout a pak opět vrtačkou, či ohnutou jehlou lépe otevřít, vyklepat, vyfoukat a celý proces opakovat....atp. Vrtání nových a **nových děr nedoporučujeme**, je to amatérské, většinou to ničemu nepomůže a zkušený restaurátor toho využívá pouze ve zcela ojedinělých případech.

3.10.2 Větší dutiny

Větší dutiny jsou z hlediska aplikace groutu jednodušší, obvykle grout do dutiny teče. Pro injektaž větších dutin využíváme hadičky. Doporučujeme **katetrovací hadičky** (např. zelené, oranžové), zkrácené na několik centimetrů tak, aby po osazení do stěny nevypadávaly, obdobně jako jehly.² Katetrovací hadičky dobře sedí na stříkačce s kónickým koncem, 50 ml s gumovým těsněním. Ustřiženou katetrovací hadičku se smotkem suché vaty osadíme do navrtaného otvoru, vatou otvor utěsníme. Postupujeme shodně jako v případě menších dutin injektovaných jehlou. Aplikujeme vodu, pokud jde snadno do otvoru, můžeme hadičku nechat osazenou ve zdi a pokračovat k dalšímu injektažnímu otvoru. Takto si připravíme celou **sadu hadiček** – injektažních míst pro následnou aplikaci groutu.

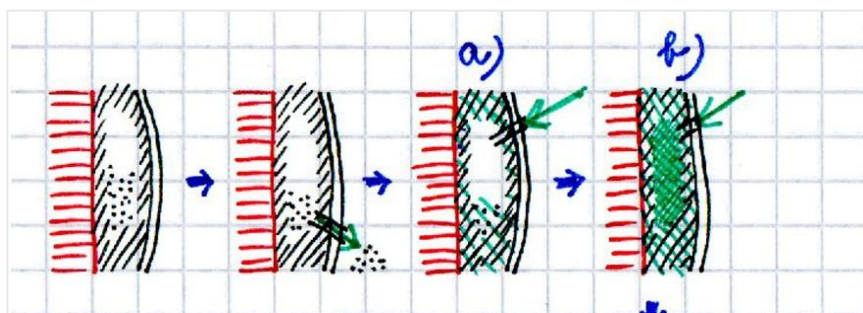


Obrázek 4 Nalevo různé typy vybavení na injektaži. Napravo katetrovací hadičky.

3.11 Utěsnění dutiny

Velmi často při aplikaci vody či posléze při aplikaci groutu do dutiny zjistíme, že voda, či grout vytéká okolními prasklinami, či okraji. Okraje ker, či větší defekty a praskliny je dobré utěsnit **hustším tmelem**. K ucpání velmi dobře poslouží **suchá vata**, která se hned po namočení nechá přisát k podkladu (přistříkne se vodou). Případně je možné přes ni při injektaži ještě **přitisknout houbu**. K ucpání jemnějších prasklin je možné využít také například hustý **dočasný konsolidant** (cyklododekan, či menthol v tavenině), či **přelep** např. z japonského papíru a éteru celulózy.

² Katetrovací hadičky do restaurátorské praxe navrhl J. Mathes.



Obrázek 5 Dutina s odpadlou, nesoudržnou omítkou na dně. Ve spodní části vyvrtaný otvor na odstranění volného materiálu, a) aplikace konsolidantu, b) aplikace injektážní malty.

3.12 Strukturální konsolidace omítky

Pokud je v dutině omítko nesoudržná, je její **zpevnění** velmi důležité. Jinak existuje riziko, že grout vytvoří pouze pecku, která se nepropojí s okolní omítkou, respektive, která se propojí pouze s nesoudržnou omítkou a dojde k oddělení jinde.

3.12.1 Konsolidační prostředek

Konsolidační prostředek je možné aplikovat pomocí osazené jehly. Při aplikaci konsolidantu **nelze snadno kontrolovat**, kam všude se zpevňovací prostředek dostane. Přičemž je velmi pravděpodobné, že přednostně stéká na dno dutiny, přičemž do horní části dutiny se nedostane. Je třeba dát pozor na riziko vzniku kombinace přezpevněných a nezpevněných míst.

Ideální konsolidační prostředek je **kompatibilní** s injektovanou omítkou a má **dobrou penetraci**. Z prostředků aktuálně využívaných na strukturální konsolidaci lze jmenovat tyto: vápenné nanosuspenze (např. *CaLoSil*), křemičité soly (např. *Levasil*, *Sebosil*...), disperze (např. *Medium for consolidation*...), směsi etylsilikátu a vápenné nanosuspenze. Každý z těchto prostředků má **příznivé i nepříznivé vlastnosti** vzhledem ke kompatibilitě, penetraci, či vzhledem k postupu prací. Zejména směs etylsilikátu a vápenné nanosuspenze má sice výbornou schopnost penetrace, ale je dočasně hydrofobní a neumožňuje kontinuální pokračování v injektáži. Zároveň, pokud bylo vypláchnutí před injektáží provedeno vodou, pak zejména konsolidanty citlivé na vodu je možné použít až po uvolnění pórů, či dokonce až po vyschnutí.

3.12.2 Řídký grout

V mnoha případech je využívána konsolidace omítky v dutině velmi řídkým groutem. K penetraci může docházet všude, kde se grout dotýká vnitřku dutiny. Z tohoto hlediska může konsolidace tekutinou odsátou z groutu vést k **lepšímu rozložení i propojení** mezi injektovanou omítkou a groutem. Podle receptury vybraného groutu je v tekutině, která se od groutu oddělí a penetruje nesoudržnou omítkou v dutině, např. vápenné mléko, či kombinace vápenného mléka a akrylátové disperze... Nepopíratelnou výhodou je, že pomocí řídkého groutu si zároveň **otevřeme lepší cestu** pro následnou injektáž hustšího groutu. Strukturální zpevnění velmi řídkým groutem má zvláště smysl v případech nejmenších dutin, kam je mnohdy velmi složité jakýkoli materiál dostat. Lze tedy říct, že velmi účinné a zároveň **nejpraktičtější** je zpevnit a propojit nesoudržnou omítku s groutem pomocí řídkého groutu.

Nevýhodou je, že řídký grout nemusí mít příliš dobrou **penetraci**. Také v důsledku použití řídkého groutu může dojít k většímu provlhčení, a tedy k většímu **luhování skvrn** (podrobněji viz dále).

3.13 Aplikace groutu

3.13.1 Příprava groutu

Míchání je u většiny groutů doporučované provádět **vysokou rychlostí**. V praxi lze použít koncovku ze **šlehače osazenou do akuvrtačky**. Doporučovaná délka míchání bývá cca 5 minut a je nezbytná zejména pro rozpouštění suchých organických složek ve směsi (např. suché akrylátové disperze, či etery celulózy).

Poměr míchání groutu je u komerčních groutů daný v technickém listu. Výsledkem je obvykle relativně hustý grout.

Problém nastává při reálné aplikaci v terénu. Pokud má grout proniknout i do jemnějších dutin, doporučená ředění jsou mnohdy **nedostatečná**. Pak v praxi dochází k vyššímu ředění, které je zejména u některých prostředků provázené zvýšenou **sedimentací** a segregací jednotlivých složek. Takové grouty jsou pak zcela nevhodné pro jemnější injektáž.

Při přípravě groutu je vhodné připravit hustší grout (dle technického listu, zhruba hustota zakysané smetany). V praxi je vhodné aplikovat do dutiny grout od **řidších po hustší**, podle přístupnosti konkrétní dutiny. **Ředění** by mělo být prováděno až **ve stříkačce**, aby nedocházelo k segregaci již v namíchané nádobce a byla nabírána a aplikována homogenní směs. I tak je ale vhodné směs vždy před natažením do stříkačky v nádobce zamíchat.

Délka zpracovatelnosti groutů je různá, u premixů je uvedena v technickém listu. Závisí na míře hydraulicity. S časem, jak hydraulické složky reagují se také zhoršuje aplikovatelnost.

3.13.2 Aplikace pomocí gravitační síly (injektáž statických prasklin)

V některých případech je možné grout aplikovat gravitačně. To znamená, že k jeho zatečení je využita pouze gravitační síla, není využito tlaku. Při gravitační aplikaci nikdy **není dosaženo takového zatečení** jako při aplikaci pod tlakem. U injektáže jemnějších dutin je často neefektivní. Může dobře posloužit při **zalévání otevřených okrajů ker omítky**. K lepšímu ztečení groutu může posloužit poklepávání na oddělenou omítku. Velmi dobře jde využít při vyplňování a zalévání větších **prasklin statického původu** (podrobněji viz dále).

3.13.3 Aplikace pod tlakem

Aplikace pod tlakem může být realizována pomocí **stříkačky a jehly, či stříkačky a hadičky**. Aby bylo možné aplikovat grout pod tlakem, je nutné **utěsnit** všechny otvory. K tomu slouží nejčastěji smotek vaty namotaný na jehlu, či hadičku (podrobněji viz výše). Síla, která je někdy potřeba pro protlačení groutu do prasklinek a pórů, je relativně velká. Tlak na stříkačku je vytvářen rukou, a tak je velmi dobře kontrolovatelný. Pro lepší zatečení a otevření cesty je vhodné vždy tlačit a tahat – **pumpovat** stříkačkou. Někdy je potřeba se opět vrátit k vodě a cestu propláchnout a obnovit.

Zkušený restaurátor podle tlaku a odporu pístu dokáže odhadnout, co se v dutině děje. Například, zda je potřeba grout naředit, zda se ucpala jehla, zda není tlak destruktivní (např. injektovaná dutina již je plná, kra se zvedá...).

Pokud má grout tendenci se jehlou či hadičkou vracet a vytékat ven, je možné je **ucpat vatovou tyčinkou** na čištění uší.

Pro injektáž je možné použít také **injektážní pistoli** (např. Pointing gun PC Cox Ltd). Její výhodou je relativně nenáročná aplikace velkého množství groutu najednou. Může tak dobře sloužit

například při injektáži spár ve zdivu, či statických trhlin. Jejich nevýhodou je, že při aplikaci **není kontrolovatelná** míra tlaku.



Obrázek 6 Nalevo injektáž pistolí Pointig gun. Napravo osazené zelené katetrovací hadičky pro injektáž stříkačkou.

3.13.4 Teče grout do dutiny, či jinam?

Při aplikaci groutu velmi často není zřejmé, kam grout teče. Varovným znamením je, pokud dutina není velká a **grout teče velmi snadno**. Je možné že teče na úplně jiné místo, než je samotná injektovaná dutina. Nejčastěji grout zatéká do spár zdiva, podél kamenných ostění, do statických prasklin, mnohdy vyteče na opačné straně stěny, či klenby.

Při jakékoli pochybnosti, ke kontrole toho, kam grout teče, je vhodné nainjektovat do dutiny pouze omezené množství groutu (například dvě stříkačky). Do druhého dne se propíše **mokrý skvrna**, která lokalizuje oblast, kam grout zatéká. Další možností je vyvrtat **kontrolní otvor**, při injektáži by jím měl začít grout vytékat. V neposlední řadě je dobré vždy **kontrolovat stěnu, či klenbu z druhé strany**.



Obrázek 7 Grout vyteklý na vnější straně klenby.

3.14 Očista okolí, odstranění těsnícího materiálu, příprava na následující den

Po aplikaci injektáže je nezbytné **odstranit těsnící materiál**, provést **očištění** okolí, případně znovu osadit čisté těsnící vaty, **propláchnout osazené jehly a hadičky**, od kterých má být dále injektováno následující dny.

Vyteklý grout je ideální **odstranit hned** po injektáži, kdy je omytí relativně snadné. K omytí může sloužit proud stříčky, zubní kartáček, nízkotlaká pára. Je vhodné očistit nejen povrch samotné

malby, či omítky, ale i grout vytekly na všech místech. Zejména pokud je práce rozfázovaná, vytekly grout vypadá velmi lajdácky a svědčí proti precizní restaurátorské práci.

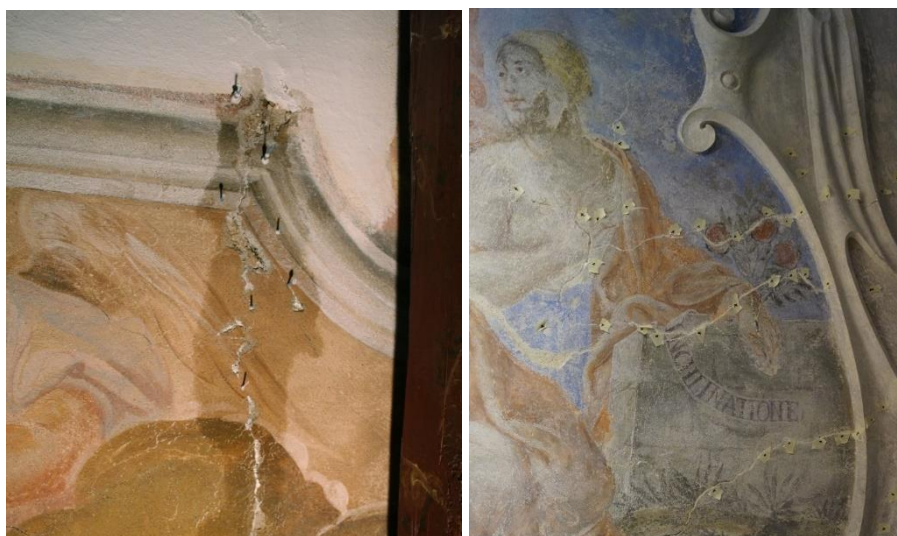
Pokud nejde injektovaný povrch čistit vodou, je nezbytné grout nechat zaschnout a očistit jej opatrně mechanicky. Přičemž je lepší čištění provést hned **druhý den**, kdy ještě nedošlo k vyzrání a ztvrdnutí injektážní malty.

Pokud jakýmkoli způsobem hrozí luhování skvrn, respektive zůstávají patrné i po vyschnutí zejména okraje map, je někdy nápomocné povrch v oblasti opakovaně do šířky **postříkovat vodou**. Okraje skvrn se pak neobjeví, nebo jsou měkčí, méně viditelné.

3.15 Dokumentace injektáže

Pro lokalizaci stavu i zásahu nejlépe slouží grafická dokumentace. Při restaurátorském zásahu je potřeba dokumentovat a lokalizovat samotné poškození, tedy **dutiny**. Dále se dokumentují i restaurátorské zásahy, tedy **vpichy a někdy i propsané mapy**, kam až injektáž dotekla. Pro snadnější zakreslování je vhodné jednotlivé vpichy mít označené, ať už lepicí páskou, či vatovými tyčinkami (ty slouží zároveň k zpětnému vytékání groutu z otvoru). V některých případech se také dokumentuje **množství směsi** aplikované do jednotlivých dutin.

Přínosné je, pokud se tyto dvě dokumentace, tedy lokalizované dutiny a realizované injektáže **sloučí na jeden list grafické dokumentace**. Pak je zřejmé, kde byly dutiny a v jaké míře jsou konzervovány.

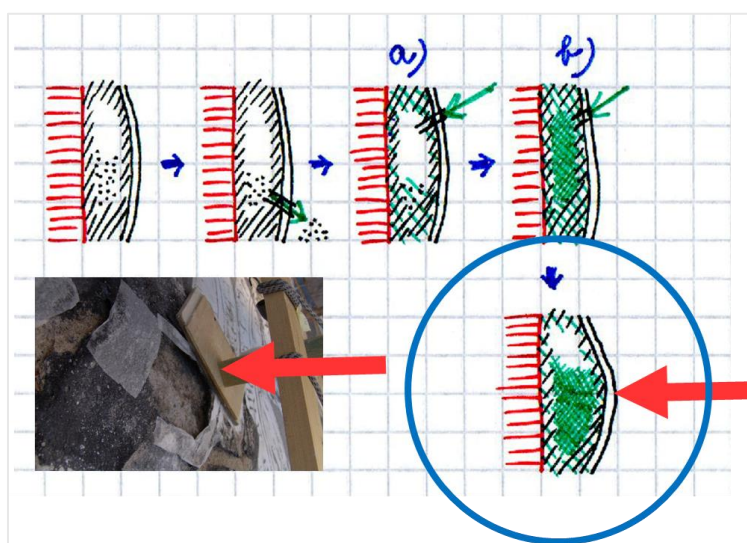


Obrázek 8 Injektážní dirky označené vatovými tyčinkami, či lepicí páskou.

4 Tlakovací metody

4.1 Cíl tlakování

Tlakování, tedy tlak vytvářený vybraným způsobem, má více cílů. Prvním cílem je **rovnání vyboulené** omítky. To je možné realizovat předem, ale i v průběhu a po injektáži. Vždy jde o krok, který je potřeba provádět velmi citlivě a dobře rozhodnout míru tlakování. Přičemž je zásadní nezapomínat, že na dně dutiny může být vysypaný nesoudržný materiál, či že zde mohou být pecky starší injektáže. Tlakování v průběhu injektáže i po injektáži má kromě rovnání za cíl **zamezit většímu vyboulení**. To při injektáži hrozí zejména pokud je injektovaná omítka tenká, dutiny jsou velké, injektovaný materiál je těžký, došlo k velkému zavlhčení. V neposlední řadě tlakování obecně pomáhá tomu, aby se vrstvy **přilepily k sobě**. Proto lze doporučit jej provádět v maximální možné míře.



Obrázek 9 Postup injektáže. Napravo dole situace, kdy kvůli injektáži došlo k ještě většímu vyboulení, protože nebylo použito tlakování

Tlakování omítek bylo v minulosti prováděno minimálně, pouze ve zcela nezbytných případech, pomocí **různých tlakovacích systémů**. Dále jsou popsány ty metody, které v současnosti považujeme za nejprínosnější. Tlakování stropů, které má svá specifika, uvádíme v kapitole zvlášť (podrobněji viz dále).

4.2 Tlakování pákou

Při tlakování pomocí páky je **dřevěná tyčka** (např. týbl, bambusová tyč) **protáhena přes očko** a pomocí **klínů** osazených na jedné straně páky **tlačí přes podložku na injektovanou omítku** na druhé straně páky. Očko je ideálně osazeno do otvoru vyvrtaného ve zdi, či v tmelů. Přičemž místo osazení je vystaveno relativně velkému tahu. Pokud není okolo defektu vhodné místo, kde je možno zachytit očko, či pokud očko neosadíme dostatečně hluboko, či pokud je potřeba vyvinout větší tlak, může hrozit **vytrhnutí**. Tlakování pákou funguje vždy v **omezeném okruhu** okolo injektované oblasti a je částečně riziková. Není tedy praktická při rozsáhlejší injektáži, protože vyžaduje na každou tlakovanou oblast nově vyvrtat a osadit očko. Přičemž někdy je obtížné najít místo pro osazení očka mimo originální omítku. Tato metoda je velmi nenáročná a praktická zejména pokud injektujeme v **menším rozsahu**.



Obrázek 10 Tlakování pákou přes očko. Napravo schematicky zobrazené riziko vytržení očka ze zdi.

4.3 Prakování („Strech-press method“)

Proto byla vyvinuta flexibilnější metoda injektáže vhodná pro rozsáhlejší injektáže. K objevení tzv. Strech-press metody došlo při restaurování sgrafitové fasády Medailonového domu ve Slavonicích v roce 2013. Šlo o velmi rozsáhlou injektáž. První prototyp byl zkonstruován týmem restaurátorů – absolventů litomyšlské restaurátorské školy.³

Zjednodušeně je při této metodě na lešení přichycen **pevný rošt z latí**. Mezi něj je natažena **sít z gumolan**. O gumolana je zapřena **vhodně dlouhá lať**, která napíná gumolano. Lať **přes podložku tlačí na injektovanou omítku**.

4.3.1 Detailnější popis metody:

Latě s háky jsou připevněné k lešení na horním i dolním konci. Způsobů přichycení je nespočet a je nutné ho přizpůsobovat typu lešení. Pro klasické trubkové lešení lze hák s latí nahoře **pověsit na trubku** od lešení a zafixovat plastovými **stahovacími páskami**. Dole je možné latě přichytit vruty přes **šroubované úhelníky** přímo do podlažky. U modulového lešení je možné například připevnit dole a nahoře klasické trubky, či latě, na které lze umístit rošt. V případě haki lešení je možné využít přímo jako rošt vodorovná zábradlí umístěná směrem k fasádě.⁴



Obrázek 11 Nalevo rošt z latí upevněný na lešení. Napravo tlakování pomocí praků z gumolan natažených na pevný rošt.

³ Z. Wichterlová, K. Krhánková, J. Waisserová a D. Chadim.

⁴ Metodu prakování na Haki lešení přizpůsobila A. Beranová, R. Rajtarová.

Gumolana s háky jsou napnuté na laťový rošt přímo před tlakovaným místem. Velmi dobré zkušenosti jsou s kvalitou a trvanlivostí **gumolan (tloušťka 8-12 mm) a háků**, které se nakoupí zvláště v řemeslných potřebách. Délku gumolana je pak možné přizpůsobit aktuálním potřebám.

Délka laťek, podobně jako míra napnutí gumolan, umožňuje upravit sílu tlaku na injektovanou omítku. Zpočátku jsme používali **laťky očíslované dle délky**. Nicméně každé lešení má různou vzdálenost od stěny, a tak bylo pro každou akci nutné řezat další a další vhodné délky laťek. Zároveň v průběhu práce na konkrétním místě je mnohdy třeba tlak měnit. Variabilnější je použití **laťek se zářezy**. Či lze použít speciální **laťky s kolíčky** (tzv. „Teturovy laťky“), u kterých nehrozí odstípnutí.⁵



Obrázek 12 Laťky očíslované dle délky (A), laťky se zářezy (B), laťky s kolíčky (napravo).

Jako podklad mezi injektovanou omítkou a laťky jsou vhodné různě pevné a pružné podložky. Některá místa vyžadují větší tlak a pevnější podložku, jiná naopak velmi jemný tlak a měkčí podložku. Dobře se nám osvědčily zejména **podložky z extrudovaného polystyrenu**, dřevěné podložky, překližky, ale i tvrdé gumy a houby. Místy je přínosné využít i **klíny dřevěné**, či vyřezané z extrudovaného polystyrenu. Případně je možné uvažovat i o **dřevěných křížích**, které popisujeme dále (podrobněji viz dále).

V případě injektování větších dutin je nezbytné ponechat tlakovací mechanismus na injektovaném místě tak dlouho, **než omítka ztuhne**, či mnohdy lépe, až ztverdne. To i při použití hydraulických pojiv znamená několik dní, či déle. Někdy je také nutné dutinu vyplňovat postupně, s dostatečným časovým intervalem. V případě rozsáhlejšího zásahu je obtížné zapamatovat si, kdy byly jednotlivé injektáže provedeny. Z toho důvodu drobnou, ale přínosnou inovací je na každé gumolano umístit **lepenku s datem instalace**.⁶

4.3.2 Výhody této metody

- **Vysoce efektivní a citlivá.** Je velice jednoduché upravit tlakovou sílu pomocí napnutí gumolan, či délky laťek ve škále od jemné až po velmi silnou.
- **Variabilní.** Je velmi jednoduché měnit přesné místo tlakování pouze posunutím gumolana po pevném roštu.
- **Minimalizuje pohyby lešení.** Gumový rošt odstiňuje pohyb lešení při zachování stabilního tlaku.
- Je **nezávislá na stavu** původní omítky, či zdi. Strech-press systém není kotven přímo do zdi, či omítky. Je zcela nezávislý na typu, či stavu původních omítek a zdiva.
- Je **dostupná a jednoduchá.** Vybavení pro strech-press method je snadno dostupné a levné.

⁵ Latě inovoval a první prototypy vyrobil pan V. Tetur z Velkých Bílovic.

⁶ Tuto inovaci zavedla K. Teturová a O. Horáková.

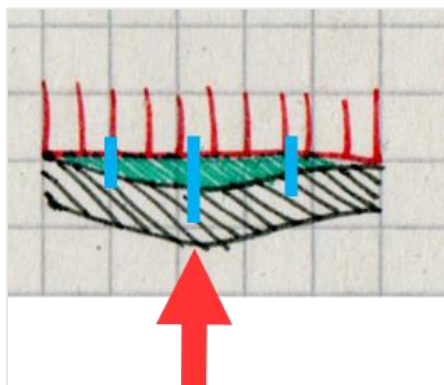
5 Injektáž stropu

Každé restaurování začíná preventivním zásahem. To znamená, že je potřeba určit příčiny poškození a ty se pokusit odstranit. V případě oddělených omítek na stropěch jsou nejčastější příčinou poškození **statické** problémy, či nějaká forma **zatékání**.

5.1 Specifika injektáže stropu

Pro injektáž stropu platí sice většina věcí, které jsou popsány výše, avšak má některá **specifika**. Hlavním specifikem a zároveň rizikem při injektáži stropu je, že již oddělenou omítku stropu přidaným injektovaným materiálem značně zatěžíme. Vytváříme tak riziko, že omítku nejen nepřichytíme, ale že ji dokonce zatížíme tak, že se v extrémním případě oddělí ještě více. Jde na jedné straně o dočasné extrémní zatížení mokrým groutem, tedy jak samotným groutem, tak navíc vodou, kterou grout obsahuje. Zároveň jde i o konečné zatížení po vyschnutí, suchým, vyzrálým groutem.

Proto je nezbytné v podstatě v každém případě před aplikací groutu strop dočasně pojistit (podepřít, či přichytit), dále využít grout s co nejnižší hmotností a zároveň použít doplňkové pojistné kotvy.



Obrázek 13 Injektáž stropu - zelený nainjektovaný grout, modré pojistné kotvy, červená šipka je dočasná opora

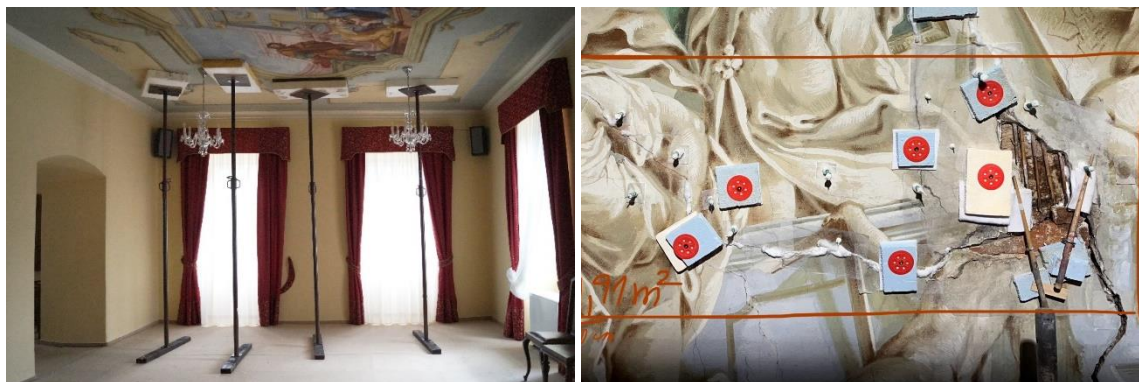
5.2 Tlakování - dočasná opora, přitažení

Jako dočasná opora stropu můžou sloužit např. **stavební stojky**, které se teleskopicky vysunují. Lze tak relativně citlivě vytvářet vhodný tlak. Takové stojky mají několik nevýhod. Potřebují vhodnou podlahu, o kterou se mohou zapřít, překáží, nelze mezi nimi pracovat, ani pod ně zajet s lešením.

Z tohoto hlediska je mnohem výhodnější dočasná **fixáž pomocí vrtů s podložkami**⁷ přišroubovaných ke stropu (např. samořezné vrtuty s torxovou hlavou, podložky pro kotvení izolací do fasád). V takovém případě je nutné, aby bylo strop zdravý (dřevo, či cihla pevná a soudržná). Výhodou je, že tato metoda je nezávislá na podlaze, či lešení, neblokuje prostor. Navrtané otvory mohou být využity pro aplikaci groutu.

⁷ Dočasnou fixáž pomocí vrtů s podložkami přímo do stropu navrhli M. Šrůtek, K. Krhánková, J. Vojtěchovský.

Obě metody mohou mít funkci nejen jako **opora**, ale i k **přitažení oddělené** omítky ke stropu. Při přitahování omítky ke stropu je nutné pracovat velmi obezřetně a opatrně.



Obrázek 14 Nalevo stavební stojky. Napravo fixáž pomocí vrutů s podložkami.

5.3 Podložky

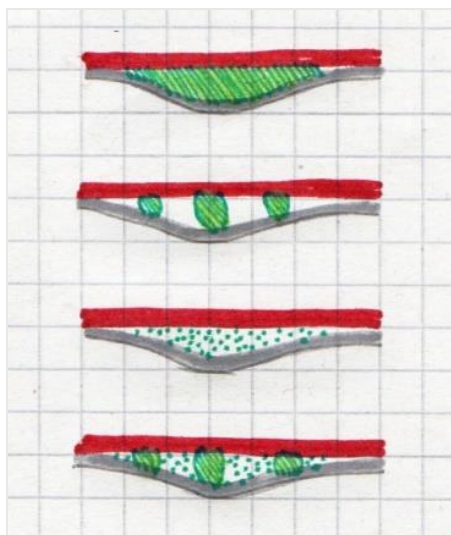
Jako podložky se často používají desky např. z **extrudovaného polystyrenu**, či dřevěných desek. Vzhledem k zavlhčení z aplikovaného groutu se pod nimi snadno vyskytne biologické napadení. Novým řešením je použití **křížů s gumovými podložkami**. Ty umožňují rychlejší schnutí i karbonataci injektážního materiálu, zamezují bio napadení, usnadňují kontrolu aplikace groutu během práce.



Obrázek 15 Nalevo podložky z extrudovaného polystyrenu a dřevěné desky a klíny. Napravo kříže s gumovými podložkami.

5.4 Injektážní grout s malou hmotností

Pro injektáž stropů je zásadní minimalizovat hmotnost přidaného injektážního materiálu. To je reálné provést dvěma způsoby, buď aplikovat **menší množství groutu** (pouze bodově, k přemostění) anebo použít **lehčený materiál**. Případně je možné obě varianty zkombinovat.



Obrázek 16 Způsoby plnění dutiny v omítce stropu. Injektážní grout vyplňuje dutinu, dutina fixovaná mosty, dutina vyplněná lehčenou maltou, kombinace mostů a lehčené malty.

5.4.1 Bodová injektáž

Pro bodovou injektáž se užívá menšího množství hustého groutu. Může jít o vhodnou metodu, nicméně je nezbytné mít na mysli, že se grout může gravitací rozlít do stran. A tak se dobře nepropojí s pevnou konstrukcí stropu. Například u rákosového stropu konstrukce sestává z prken, rákosu propleteného drátky, které jsou přibité hřebíky na dřevěné podbití a na tom je nahozená omítka. Při injektáži je tedy zásadní napojit omítku nejen na rákos, ale zejména na samotný dřevěný strop (prkna z podbití). Snížit toto riziko lze opakovaným převrtáním a injektáží na stejné místo, přičemž mezi tím se vždy grout nechá zatuhnout. Lze uvažovat i o expanzní injektáži (např. LEDAN RI.STAT EXTRA).

5.4.2 Lehčené grouty

Někteří výrobci prodávají speciální lehčené předmíchané materiály (např. Ledan RI.STAT BASE B). Při míchání vlastních groutů je nejpraktičtější se zaměřit na lehčená plniva (např. Perlit, Liapor, Poraver apod.).

Návrhy receptur jsou aktuálně ve vývoji a budou výstupem z projektu NAKI „Technologie restaurování renesančních sgrafitových omítek – tradice a metamorfóza“ v roce 2027.

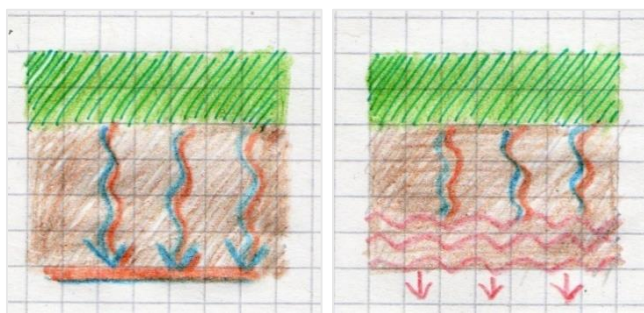
5.4.3 Injektáž nízkoexpanzní polyuretanovou pěnou

V případě rákosových stropů byla v minulosti velmi často využívána nízkoexpanzní polyuretanová pěna. To je extrémně lehký materiál. V památkové péči jde o **relativně diskutovaný přístup**. Polyuretanová pěna je zcela **nekompatibilní** s vápennou omítkou. Sporná může být i její stabilita, i když bez vlivu UV záření by mohla být relativně dobrá. Výhodou je, že je velmi **lehká**, dutinu vyplní velmi dobře, **nedojde k zavlhčení**, a tedy ani k luhování skvrn. Nízkoexpanzní PU pěnu lze také využít pro bodové zachycení omítky s následným doplněním lehčeným groutem. Použití PU pěny je nutné vždy kombinovat s tlakováním (oporou, přitažením), tak, aby při expanzi nedošlo k ještě většímu odtržení omítky.

5.5 Luhování skvrn – prevence

Po aplikaci injektážní směsi do dutin vznikají na povrchu vlhké mapy. Po jejich vyschnutí na povrchu mohou zůstat **skvrny a mapy, často nažloutlé až žlutohnědé barvy**. Tato problematika je velmi často spojená se stropy, zejména pokud je omítka nanášena na špatně savých podkladech (např. dřevo), které si vlhkost neodebírají snadno. Původcem skvrn je pravděpodobně organická složka, která se působením vlhkosti či zásaditého prostředí luhuje. Může jít o lignin z rákosového stropu, či ze dřeva. Někdy také může jít o organické látky, které byly do omítky zaneseny v rámci konzervátorských zásahů.

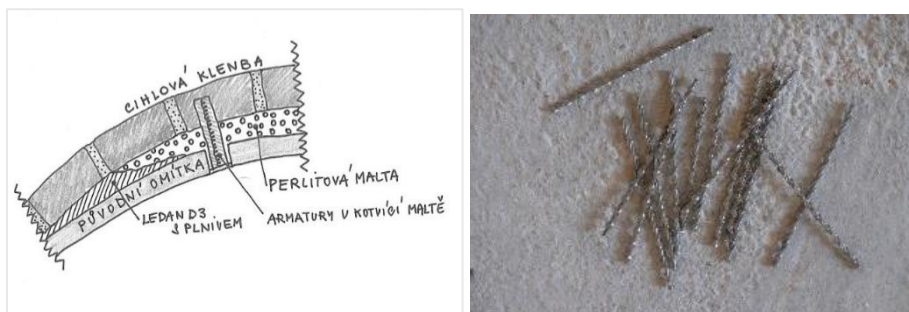
Jejich odstranění je obtížné, při aplikaci zábalů se přesouvají. Jejich vzniku ale lze předcházet. Pokud se luhují pouze bezbarvé mapy, může pomáhat **zastříkávání** injektované omítky vodou, které zamezuje vzniku ostré hranice. Jednoznačně nejlépe ale funguje před aplikací injektáže omítku natřít **nepolární látkou**, která odpuzuje vodu.⁸ Pro tento účel lze použít samotný lakový benzín, lakový benzín s dočasným konsolidantem, či dočasný konsolidant jako taveninu (např. cyklododekan, či menthol). Voda tak nemůže prosáknout k povrchu a má čas se nasát do podkladu. Lakový benzín, či dočasný konsolidant časem odtéká, či vysublimuje.



Obrázek 17 Nalevo voda i s vyluhovanou složkou dosáhla až k povrchu omítky stropu a zanechává skvrnu. Napravo jejich prosáknutí brání polární vrstva, která časem odtéká.

5.6 Pojistné kotvy – Armatury osazené do kotvící malty

Pojistné kotvy slouží jako pojistka při injektáži stropu. Po injektáži a zatuhnutí lehčeného groutu jsou převrtané aplikační otvory a do nich jsou osazené kotvy. Do cihlové klenby lze použít například helifix pruty. Do dřevěného stropu lze použít flexibilnější vruty s vláknem (např. konopné, či bazaltové vlákno).



Obrázek 18 Injektáž cihlové klenby na zámku Kratochvíle. Pojistné kotvy z helifix prutů osazených do polymercementové zálivky.

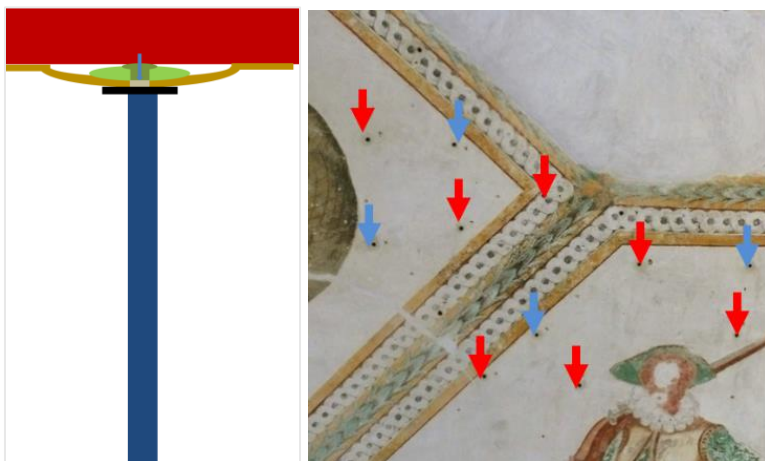
⁸ Tuto preventivní metodu navrhl K. Bayer.



Obrázek 19 Injektáž dřevěného stropu s rákosovým podbitím na zámku v obci Hradištko. Pojistné kotvy jsou vruty s konopným vláknem osazené do mírně expanzní malty.

5.7 Postup prací při injektáži stropu obecně

1. Podpora
2. Separace proti luhování skvrn
3. Vrtání a injektáž
4. Po vyschnutí převrtat a osadit kotvu do kotvící malty
5. Po vyschnutí a vyzrání odstranit podpory
6. Opětovná kontrola výsledku, doplnění sítě injektovaných míst
7. Tmelení a retuš



Obrázek 20 Nalevo schematické znázornění nainjektované dutiny ve stropu s dočasnou podporou a s osazenou pojistnou kotvou. Napravo postupné doplňování sítě injektovaných bodů podle potřeby

6 Statické trhliny a praskliny

U díla se statickými trhlinami je nezbytné začít preventivními opatřeními. Je tedy nutné zjistit příčinu statického pohybu, tu odstranit, či eliminovat a objekt **staticky zajistit**. Pokud byl již stabilizovaný v minulosti, je možné míru pohybu posoudit podle **prasklin nově vzniklých** od jejich poslední opravy. Znepokojujícím znamením může být nejen velikost praskliny, ale i **praskliny čisté**, ve kterých se dosud neusadily tmavé depozity.

U stabilizovaného objektu je možné přistoupit k **vyplnění trhlin injektáží**. To žádným způsobem nenahrazuje samotné statické zajištění. Cílem vyplnění prasklin a trhlin je **vytvořit podporu pro osazení**, a tedy i pro nižší sklon k praskání a vypadávání **doplňných tmelů**.

Hlubší praskliny je vhodné vyplnit **injektážní maltou**. Ta může být nalita pomocí **trychtýře a hadičky za plentu** z cihel, malty, či z koudele namočené ve vápně či groutu. Plenta by měla zůstat pod úrovní, u větších defektů sahát do úrovně zdiva. Před plentováním je dobré osadit na vhodná místa **injektážní hadičky**. Injektáž lze provádět velmi řídkou vápennou, či slabě hydraulickou maltou.



Obrázek 21 Aplikace řídké malty do statické trhliny přes trychtýř s hadičkou

6.1 Zajištění zděné klenby

Zvláštním případem je zděná klenba se statickými trhlinami. U kleneb je vzájemné zapření stavebního materiálu podstatou stability klenby. Při vzniku trhlin mezi cihlami, či kameny hrozí její zřícení. I v tomto případě je potřeba začít otázkou po příčinách a **preventivními zásahy**. Zároveň je možné provést stabilizaci, zajištění nestabilní klenby. Stabilitu lze částečně obnovit pomocí **dřevěných dubových klínů**, které se zarazí do mezery mezi kameny, či cihly. K úplné stabilizaci je nezbytné maltu doplnit. K aplikaci malty může být vhodná například **tlakovací pistole** (např. Pointing gun). Malta aplikovaná mezi kameny či cihly podstupuje pouze námahe v tlaku. Je tak ideální použít historicky kompatibilní, **vysoce vápennou maltu** (např. 1 díl vápenný hydrát : 1 obj. díl písek). Rozhodně není žádoucí, ani smysluplné používat cementovou maltu.

7 Problémy a rizika injektáže

- Uvažuj o citlivosti okolní malby na vodu – zafixuj předem dočasným konsolidantem.
- Důsledně vyfoukej a vyklepej navrtaný otvor, pak má mnohem větší šanci, že bude brát.
- Používej přelepy pro ochranu povrchu i pro pojištění oddělených omítek.
- Pokud díra nebere vodu (grout) nepanikař, nevrtej další otvor, a trpělivě zkoušej otvor vyčistit, více otevřít, pumpováním vodou prorazit atd. (viz výše).
- Nesnaž se jedno místo vyřešit a nainjektovat najednou, vracej se, nechej průběžně vyschnout. Zároveň ale udržuj osazené stříkačky průchozí (prostříklé vodou), aby bylo možné se vrátit.
- Pozor na tlak, aby se nezačalo boulit. Mohlo by se utrhnout. Pokud patrné cezení vody přes povrch, či přímo boulení, nutno odebrat grout a zajistit tlakovacím mechanismem. Nechat vyschnout.
- Připrav si dobře těsnění, případně vyměňuj za čisté. Mokrý a špinavý netěsní.
- Připrav si předem tlakování, někdy je potřeba vyvinout tlak hned.
- Čisti vyteklý grout co nejdříve. Pokud nejde proudem vody, tak zubní kartáček, skalpel, na šlem kyselina citronová, retuš.
- Pokud jde snadno, ale nepřichytilo se, nedělá se mapa – kontroluj kam teče, můžeš zbytečně plýtvat materiálem a prací (viz výše)
- Pokud nutné déle nechat tlakování, pak je rizikové bionapadení. Kontroluj, stříkej lihem, biocidem, použij pro tlakování odvětrávané podložky, přidej do groutu biocid....

Je nutno podotknout, že hloubková injektáž omítek vyžaduje trpělivost, často ji nelze urychlit, je časově velmi náročná a zároveň **nemá okem viditelné výsledky**. Jde tedy o velmi nevděčnou, u investorů nepopulární práci. Je tedy nezbytné roznášet mezi investory a pracovníky památkové péče osvětu. Je třeba opakovaně vysvětlovat, že injektáž je základ konzervace. A že je i kontrolovatelná. Progres sice není vidět, ale lze **jej jednoznačně sledovat, kontrolovat a vyhodnocovat poťukáním**.

Vytvořeno v rámci projektu Green Deal UPCE, reg. č. NPO_UPCE_MSMT-2142/2024-4.

Toto dílo podléhá licenci Creative Commons BY-SA 4.0. Pro zobrazení licenčních podmínek navštivte <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>.



NÁRODNÍ
PLÁN OBNOVY



Financováno
Evropskou unií
NextGenerationEU