

# **Materiály pro konzervování artefaktů z kamene**

# Materiály pro konzervování kamene

**Druhy kamene, používané pro zhotovování soch:**

**Mramor, vápenec, žula, pískovec, keramika, sádra**

**Kámen jako stavební materiál:**

**Mramor, vápenec, žula, pískovec, opuka, břidlice aj., event. keramika**

**Poškození kamene:**

***Fyzikální působení:***

**změny teploty, vlhkosti a abrazivní opotřebování částicemi, které jsou přenášeny větrem.**

***Chemické působení:***

**voda, oxidy síry, sulfan, oxidy dusíku, chlorovodík, oxid uhličitý, aj.**

# Materiály pro konzervování kamene - *poškození*

- Výsledkem **fyzikálního a chemického působení** se mění vnější vzhled památek, na povrchu se objevují póry a trhliny.
- Povrch nasává ze vzduchu **vlhkost**, což při změně teplot způsobuje další narušení materiálu.
- **Saze, kopt a špína** se usazují na památkách, pronikají do pórů a trhlin, jejichž hloubka bývá až 1,5 mm a více.
- Velmi složité bývá odstranit produkty činnosti **bakterií**, které pokrývají skulpturu v podobě tmavých skvrn.
- **Odstraňování znečišťujících látek**, které mohou v horším případě vést až k deformaci části památky, vždy představuje problém.
- Někdy se musíme smířit s tím, že je nelze vůbec odstranit.

# **Materiály pro konzervování kamene** – *proces konzervování a restaurování*

**Proces konzervování nebo restaurování kamenných děl sestává z několika stadií, jejichž posloupnost se může měnit v závislosti na stavu objektu:**

- **odstranění znečištění, Čisticí prostředky musí působit pouze na znečištění a k materiálu skulptury musí být inertní.**
- **zpevnění povrchu, tmelení trhlin a prasklin, doplnění chybějících částí**
- **ochrana před dalším narušením**

# Čištění povrchu kamenné skulptury

A) Mechanické metody – štětky, skalpel, nožičky, dlátka, brusiva, brusné pasty

B) Chemické metody – omývací roztoky, pasty

## Omytí mramoru omývacím roztokem

benzin	46
parafin	5
kyselina oleinová	2,5
hydrofobizující kapalina	1,5
morfolin	0,5
voda	44,5

Pozn. : působí pouze na ta znečištění, která se rozpouštějí nebo botnají v org. rozpouštědlech. Nedoporučuje se omývání mramorových soch.

# Čištění povrchu kamenné skulptury

Použití **anorganických kyselin** – se příliš nedoporučuje

## Komplexující prostředky

a) **Chelaton III**

b) **Pasta** (Chelaton III, hydrogenuhličitan amonný, hydrogenuhličitan sodný, Na-KMC, antiseptikum, voda).

- pasta se nanese na povrch skulptury a ponechá se vyschnout (od několika hodin do 2 dnů).
- pak se pasta otře štětkami namočenými vodou.
- organické znečištění se při tomto způsobu nedá odstranit, pouze jen v některých případech se sorbuje do pasty.
- nedostatkem tohoto způsobu je schopnost Chelatonu III převádět na vodorozpustné sloučeniny nejen část anorganických solí, ale také částečně i vápník z mramoru nebo vápence.

# Čištění povrchu kamenné skulptury

## Odstranění skvrn z oxidů železa (rzi)

- z povrchu mramoru se používají roztoky kyselin šťavelové, fluorovodíkové, citronové nebo orthofosforečné.
- ošetření se má provádět opatrně, aby kyselina nepronikla do hloubky mramoru.
- narušuje se lesk povrchu ⇒ vytvářejí se nelesklé vápenaté soli.
- skvrny rzi je možno odstranit opatrným působením Chelatonu III.
- nejbezpečnějším způsobem je použití tamponů z vaty nebo gázy s citranem sodným.

## Odstranění vrstvy z oxidů mědi (zelené skvrny)

pomocí pasty (1 hm. dílu chloridu amonného, 4 hm. dílů talku (mletý mastek) a 25 %-ního roztoku amoniaku).

Pasta se na povrchu ponechá do vyschnutí, přičemž skvrna se postupně odbarvuje.

# Čištění povrchu kamenné skulptury

## Skvrny od plísní, lišejníků, inkoustů

odstraňují pomocí ethanolu nebo slabého roztoku amoniaku.

oxidovadla, např. **2 %-ní roztok chloraminu T** nebo **6 % H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>**

## Skvrny od pryskyřic, olejů, kalafuny, bitumenu (živic), šelaku nebo vosku

- ošetření povrchu organickými (**alkoholy, ketony, alifatické a aromatické uhlovodíky, ethery a estery kyselin**), tak i jejich směsi.
- na skvrnu nakladou rozpouštědlem smočené tampony nebo pasta, kterou lze získat smícháním rozpouštědel s inertními látkami – křídou, talkem nebo škrobem.
- aby se zpomalilo odpařování rozpouštědel, pokrývá se ošetřovaný povrch polyethylenovou nebo polyesterovou fólií.



# Čištění povrchu kamenné skulptury

## Filmotvorné polymerní roztoky a latexy

- spočívá v nanášení roztoků tvořících povrchové vrstvy, tj. roztoků polymerů nebo latexů.
- roztok polymeru nebo latexu se nanese na povrch a rozpouštědlo se nechá odpařit.
- vytvořená vrstva se sejme i s nečistotami

### Používané látky

Na-KMC a polyvinylalkohol (PVAIk).

	Hm.díly
Na-KMC	5-10
glycerin	5-30
voda	60-90

# Čištění povrchu kamenné skulptury

Používané polymery musí splňovat tyto požadavky:

- chemická inertnost vůči materiálu skulptury (polymer nesmí obsahovat takové funkční skupiny, které by s materiálem reagovaly)
- rozpustnost v běžně používaných rozpouštědlech
- schopnost mísit se s chemicky inertními plastifikátory
- možnost získat roztok polymeru o takové viskozitě, aby nestékal z vertikálních povrchů ošetřované skulptury
- schopnost tvořit dostatečně pružné filmy, což minimalizuje nebezpečí narušení nepevného povrchu kamene
- nízká adheze k materiálu skulptury (snadné odstranění povrchového filmu)
- pevnost filmů dostačující k tomu, aby se film při snímání netrhal
- polymer se s ohledem na jeho strukturu a molekulovou hmotnost musí volit tak, aby nepronikal do pórů kamene

# Zpevňování kamene

## Soustavy pro zpevňování oslabené struktury kamene

**Fluatizace** (fluát = fluorokřemičitan).

na mramor působí roztokem hexafluorokřemičitanu hořečnatého, zinečnatého nebo hlinitého:



- Vznikající oxid křemičitý zaplňuje póry mramoru a zvětšuje se pevnost povrchových vrstev.
- Vnější vzhled díla se však mění.
- nově vytvořené sloučeniny liší svými fyzikálními vlastnostmi od mramoru, a proto při kolísání teploty a vlhkosti dochází k jejich odvrstvování a tím k narušení skulptury.

# Zpevňování kamene

## Použití organokřemičitých sloučenin

– **siloxany a zvláště pak silazany.**

- **Povrch skulptury se ošetřuje 2 %-ním zpevňujícím roztokem polyorganosilazanu v toluenu nebo benzínu.**
- **Ošetření se provádí dvakrát.**
- **Vnější vzhled kamene se přitom nemění.**
- **V závislosti na stupni destrukce kamene proniká roztok do hloubky 1,5-2 cm.**
- **Hydrofobizující účinek se zachovává po několik let.**

# Doplňování a lepení kamene

## Dokončovací hmoty a tmely

- **Tradičními materiály** pro restaurování skulptury z kamene jsou vosk, voskokalafunové směsi, kliš na bázi mastixu, jeseterový kliš s medem, lněný olej a šelak.
- Tmely se získávaly smícháním těchto pojiv s mramorovým práškem nebo jinými plnivy, příp. pigment.
- K **pozdějším materiálům** pak patří použití magneziové hmoty, sádry, vápenato-cementové hmoty, mramorového prášku s vodním sklem, roztavené síry s cementem nebo křídou.

- ✓ Po restaurování skulptury přírodními materiály se s postupujícím časem pozoruje tmavnutí tmele a lepených švů a také ztráta jejich pevnosti.
- ✓ Často se stávají lepivými, což vede k jejich zašpinění.
- ✓ Anorganická pojiva se značně liší pokud jde o barvu a strukturu povrchu od materiálu památek.
- ✓ Velmi těžko se provádí **derestaurování**, tedy odstranění lepidel a tmelů ze sbírkového předmětu.

# Doplňování a lepení kamene

Restaurátorské kompozice na bázi modifikovaných přírodních a syntetických polymerů.

- **nitrát celulózy** (celuloid), rozpouští se zpravidla v toxických organických rozpouštědlech, je hořlavý a časem tmavne.
- **epoxidové a polyesterové pryskyřice.**
- Jako **plniva** se používají **mramorový prášek** nebo **jiný rozmělněný anorganický materiál.**
- Epoxidové a polyesterové pryskyřice dávají pevné lepené spoje a tmely, ale v případě potřeby je velmi těžké je odstranit, protože jsou později nerozpustné v mnohých organických rozpouštědlech.
- **nízkoviskózní a vysokoviskózní polybutylmethakrylát**
- Nízkoviskózní PBMA se rozpouští v xylenu a tímto roztokem se impregnují oslabené fragmenty.
- Při smíchání tohoto roztoku s odpovídajícími plnivou se dají zhotovit tmely.
- K přednostem PBMA patří snadnost případného derestaurování – lepené spoje a doplňky je možno odstranit pomocí organických rozpouštědel.

# Lepení kamene

pro slepování a pro zhotovování tmelů **estery kyseliny  $\alpha$ -kyanoakrylové (sekundová lepidla)**.

Lepené spoje a tmely z tohoto monomeru si po dlouhou dobu uchovávají původní vzhled, ale nejsou dostatečně odolné vůči kolísání teploty a vlhkosti.

Lze takto s úspěchem restaurovat skulptury, které se nacházejí v muzeích.

# Kamenné budovy, jiné stavby a ruiny

- Kámen (**mramor, granit, pískovec, vápenec**),
- Stavební keramika (**cihla, pálená krytina**) jsou nejčastěji užívané materiály pro stavbu budov a jiných staveb.
- Spojování jednotlivých elementů se děje pomocí různých **malt** –
  - vápenato-pískových,
  - cementových (event. z polymerního cementu)
  - hliněných.

## Vápno





# Kamenné budovy, jiné stavby a ruiny

## Ochrana před biologickou destrukcí

- Budovy a jiné stavby, zřícené památky architektury podléhají v přírodních podmínkách intenzivní biologické destrukci.
- Obvykle se objevuje skupina destruuujících agens – bakterie, houby, mechy, lišejníky, trávy, keře, stromy.
- Vyšší rostliny rozmíst'ují svůj kořenový systém do mikroš'ěrbin kamene nebo zdiva. Podle míry růstu tento kořenový systém š'ěrbinu rozšiřuje, dochází ke zdvihání monolitních bloků kamene, a tak se narušuje jejich uložení. Kořeny trav se mohou rozprostírat do šířky několika metrů.
- Mnohé vyšší rostliny mají na kořenech „spící pupeny“, které se probouzejí i po zničení nadzemní části popínavých rostlin. Vykácení keřů a stromů rostoucích na povrch částečně narušeného zdiva je proto bez úspěchu.

# Kamenné budovy, jiné stavby a ruiny

## Proces ochrany před destrukčním účinkem rostlinstva

použití herbicidů (aplikace postřikem, zálivkou)- (Roundup aj.)

za 3-4 týdny po jejich aplikaci kořenový systém zpravidla zcela odumře a rostliny lze odstranit mechanicky.

povrch kamene se podrobí nutné konzervaci - praskliny a trhliny se zapravují vápennou, cementovou maltou nebo maltou z polymerního cementu a povrch se pak hydrofobizuje.

## Plísně, bakterie, hmyz, vodní řasy, mechy a lišejníky

ohrožují více organické materiály (dřevo, sláma)

méně nebezpečné pro anorganické přírodní i umělé materiály.

mechanické odstranění plísní, vodních řas, mechů a lišejníků ze stěn zříceného zdiva nebo budov, které se nacházejí v místech vysoké vlhkosti, se provádí pomocí roztoků **formaldehydu, chlorového vápna, chlornanu sodného a jiných dezinfekčních prostředků**. Bohužel efekt jejich působení není dlouhodobý.

# Kamenné budovy, jiné stavby a ruiny

Dlouhodobou ochranu zpravidla zabezpečuje použití **solí mědi, zinku a chromu**.

8-oxychinolinátu měďnatý dává dostatečně dlouhou ochranu kamennému povrchu před většinou biologických vlivů.

Tato látka se pevně váže na ošetřovaný materiál, nesmývá se vodou a nevede ke zbarvování povrchu do modrozelená.

Vápence, tufy, lasturnatý vápenec, beton, cihla se za účelem ochrany před biologickými vlivy natírají 25 % roztokem **ethyl- nebo methylsilanolátu sodného s přídavkem chloridu zinečnatého nebo síranu měďnatého**.

Jsou-li pro ochranu kamenných materiálů použity 0,1-0,3 %-ní roztoky organocínitých sloučenin (**Lastanox**, aj.) s přídavkem dezinfekčních činidel.

Pak je zajištěna ochrana před růstem plísní, vodních řas, mechů a lišejníků na 5-7 let.

## Ošetření půd silikonovými preparáty v oblasti architektonických památek (silikatizace)

### ***Pokles nosnosti půdy je důsledkem:***

- **vymývání jemných frakcí z pískového podloží základů při změnách režimu spodních vod**
- **zmenšování nosné schopnosti podkladu při podmáčení prohnutých základů (sprašové, písčitohlinité půdy)**
- **rozkladu organických komponent u sypaného podloží**
- **hnití dřevěných pilotů**
- **důlní a jiná výkopové činnosti v blízkosti monumentů**

# Kamenné budovy, jiné stavby a ruiny

Aby se zabránilo nerovnoměrnému sedání podloží, používají se následující způsoby jeho zpevnění:

- vyhloubení a zatlukání kovových pilotů nebo vložení kořenových pilotů
- odvedení podzemních vod nebo změna směru jejich toku (hydrologický způsob)
- vytvoření nezbytných svahových úprav, které před vodou ochraňují (hydrologický způsob)
- chemické zpevnění podloží (používané nejčastěji při záchraně architektonických památek) zpevňujícími maltami v základech s různou schopností filtrace (především cementové malty).

# Kamenné budovy, jiné stavby a ruiny

Pro jemně zrnité pískové podloží s koeficientem filtrace 0,5-10 m/24 hodin byly navrženy způsoby silikatizace pomocí kyselin fosforečné, kyseliny sírové a síranu hlinitého, hlinitanu sodného a kyseliny hexafluorokřemičité.

Použití kyseliny hexafluorokřemičité je obzvláště efektivní v podloží z jemného písku, včetně toho, které obsahuje i značný podíl humusu.

	Hm.díly
křemičitan sodný ( $\rho = 1,3 \text{ g.cm}^{-3}$ )	3,5
kyselina hexafluorokřemičitá ( $\rho = 1,1 \text{ g.cm}^{-3}$ )	1

Při teplotě 14-15 °C se gel vytvoří asi za 30-35 minut.

Vysoká pronikavost těchto roztoků dovoluje při zpevňování základů rozložit injektory cca jeden metr od sebe.

## Prostředky pro čištění povrchů

- Pro snímání znečišťujících látek z povrchů budov a jiných staveb se hojně používají sorbující pasty, rozpouštědla a také mechanické způsoby.
- Dobré výsledky dává čisticí pasta, která obsahuje **Chelaton III, neionogenní tenzidy, Na-KMC, hydrogenuhličitán amonný a talek** jako plnivo a sorbent zároveň.
- 
- Konzistenci pasty ovlivňuje množství vody.
- Pomocí této pasty se odstraňují jak organické, tak i anorganické nečistoty.
- Pasta se natře na objekt a nechá se působit asi jeden den, poté se odstraní pomocí štětek, namočených do vody nebo do směsi voda-organické rozpouštědlo.

# Kamenné budovy, jiné stavby a ruiny

## Ochranně- dekorativní konečná úprava fasád

- Tradičními materiály při barvení cihlových a omítnutých fasád jsou vápenné barvy vyrobené na bázi vápna s malým obsahem hořčíku a s přídavkem anorganických pigmentů nebo silikátů.
- Nátěry jsou dekorativní a vyznačují se jasností barev.
- Použití magnezitového nebo dolomitového vápna viditelně snižuje trvanlivost těchto nátěrů.
- Aby se prodloužila jejich trvanlivost, přidává se do barev parafin, kamenec draselno-hlinitý a hydrofobizující prostředky.
- Je také možné provést dodatečné ošetření povrchu hydrofobizujícími látkami.
- Barvení se provádí buď přímo na cihlu nebo na pevnou omítkovou vrstvu teprve potom, až jsou skončeny renovačně-restaurátorské práce.
- Defekty, objevené po očištění povrchu omítky se přetírají vápnem nebo vápenným těstem, smíchaným s jemně disperzním pískem v poměru 1:1,2.



# Kamenné budovy, jiné stavby a ruiny

Vápenné barvy se zhotovují z kusového vápna, vápenného těsta nebo hydraulického vápna.

	kg na 10 l vody		
vápenné těsto	2,5-3,5	-	-
kusové vápno	-	1,2-1,5	-
hydraulické vápno	-	-	2,5
kuchyňská sůl	0,1	-	0,1
fermež	-	0,06-0,12	-
vápenné mýdlo (pasta)	-	-	2,5-5,0
pigment	0,3-0,5	0,3-0,5	0,5-0,7
voda (ne více než)	10	10	10

Hydrofobizaci fasád barvených vápennými barvami se přednostně provádí pomocí organokřemičitých kapalin,

Hydrofobní efekt má trvanlivost 2-3 roky.

# Kamenné budovy, jiné stavby a ruiny

- V posledních desetiletích se pro barvení fasád cihlových nebo omítnutých budov používají hlavně **vododisperzní barvy (latexy)**.
- Nejlepší vlastnosti mají barvy na bázi **akrylových kopolymerů**.
- Vynikají **dobrou adhezí** k cihlovým, omítnutým a jiným povrchům, vodoodpudivostí a dostatečnou odolností vůči působení světla a atmosféry.
- Mají značně lepší užitkové vlastnosti než barvy na bázi divinylstyrenového latexu nebo polyvinyacetátových emulzí.
- Aplikace těchto vododisperzních barev je možná při kladných teplotách vzduchu (od +5 do +30 °C).
- Při barvení fasád akrylovými barvami je praktické používat pro tmelení prasklin a nerovností tmelící materiál na bázi stejných latexů, ale s obsahem (do 80 %) inertních plniv (talek, sádra, slída, živec, kaolin aj.).