

A close-up photograph of a dog's paw resting on a cobblestone pavement. The paw is light brown with dark pads. The background shows other legs and paws of dogs, slightly out of focus. The overall scene is outdoors on a paved surface.

# KÁMEN

materiály pro konzervování artefaktů z kamene

# Materiály pro konzervování kamene

Druhy kamene, používané pro zhotovování skulptur:

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 přenášenými větrem

*Chemické působení:*

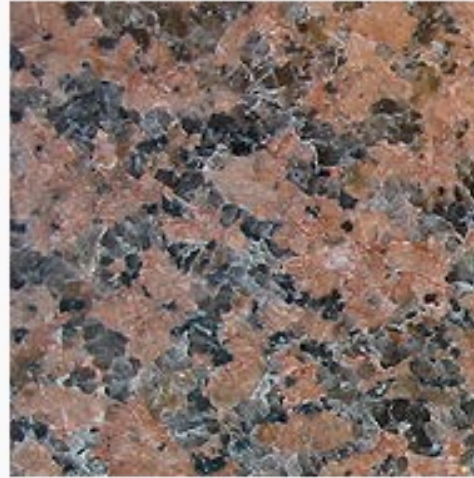
voda, oxidy síry, sulfan, oxidy dusíku, chlorovodík, oxid uhličitý, aj.

# Mramor

- **Mramor** (krystalický vápenec) je [hornina](#), která obsahuje více než 95 % [kalcitu](#). Přimíšeny mohou být jílové hmoty, různé nerosty ([grafit](#), [limonit](#), [hematit](#) aj.) i [organické látky](#), které původně bílý mramor zabarvují. V širším slova smyslu se slovem mramor označuje každý [vápenec](#), který se dá leštit.
- **Původ** - Mramor vzniká přeměnou (*metamorfózou*) [vápenců](#). Vlivem vysokého tlaku a teploty v [zemské kůře](#) došlo k překrystalování kalcitu původní horniny - většinou [organogenního vápence](#). Proto v mramoru nenajdeme schránky živočichů nebo rostlin.
- **Odrůdy mramoru**
  - Přírodní kresba připomíná město nebo stromy
  - *kararský* se vyznačuje sněhobílou barvou
  - *šternberský* je bílý ([Český Šternberk](#))
  - *cetechovický mramor* je bílý ([Cetechovice](#))
  - *pernštejnský mramor* je bílý ([Nedvědice](#))
  - *nehodivský mramor*, je šedý ([Nehodiv](#))
  - *lipovský mramor*, je tmavý a světlý ([Horní Lipová](#))
  - *sněžníkovský mramor*, je světlý ([Horní Morava](#))
  - *zříceninový* má na vyleštěných plochách kresby v hnědých tónech ([Florence](#) v [Itálii](#), [Sudoměřice](#)).
- **sochařské a architektonické užití:**
  - *Slivenecký mramor*, je červený, růžový, hnědý, šedý, skvrnitý s žilkami (Cikánka, Horní Kopanina, Na Špičce, Hvízdalka)
  - *Karlický mramor*, je černý se zlatožlutými žilkami (Karlické údolí)
- **Kulturní rozměr** - Mramor se, jako oblíbený materiál řeckých a římských sochařů a stavitelů, stal symbolem pro tradiční a vytříbený vkus. Sněhově bílý mramor je symbolem čistoty a také nesmrtelnosti.

# Žula

## Žula



Vzorek žuly typu rapakivi

<b>Zařazení</b>	vyřelá hornina
<b>Hlavní minerály</b>	křemen, plagioklas, ortoklas, biotit, muskovit
<b>Akcesorie</b>	titanit, zirkon, magnetit, apatit
<b>Textura</b>	zrnitá
<b>Barva(y)</b>	bílá, šedivá, narůžovělá
<b>Hustota</b>	1,74–2,8 g/cm <sup>3</sup>

# Pískovce

- **Pískovec** je zpevněná, klastická [usazená hornina](#). Zjednodušeně lze horninu označit za pískovec tehdy, pokud podstatnou část tvoří [zrna](#) o velikosti 0,06 až 2 mm.<sup>[1]</sup> Velmi časté jsou [křemenné pískovce](#), kde podstatnou část zrn tvoří [křemen](#).
- Pískovce jsou společně písky jedněmi z nejrozšířenějších sedimentárních hornin – společně tvoří více než čtvrtinu všech známých sedimentů na povrchu
- používané v [době románské](#) a [gotické](#)
- dobrou opracovatelnost a širokou dostupnost
- trpí malou odolností vůči [erozi](#) povětrností

# Sádra

- Hemihydrát síranu vápenatého  $\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$  je za běžných podmínek pevná mikrokryсталická látka bílé barvy. Nejznámější formou jejího výskytu je **sádra**, uměle vyráběný materiál širokého použití. V přírodě se vyskytuje jako minerál **bassanit**.
- Výroba:  $2 \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O} + 3/2 \text{H}_2\text{O}$   
Hydratace:  $2\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O} + 3/2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
- Podle podmínek při výrobě sádry a přísad při jejím tuhnutí, které trvá asi 1–2 minuty, lze docílit celé škály výsledných produktů s různou tvrdostí, rychlostí tuhnutí, barvou apod.
- Sádra byla známá jako vynikající stavební materiál již Římanům. Přišli na to, že ji lze získat žíháním sádrovce při pouhých 300 °C.

# Opuka

- **Opuka** je [usazená hornina](#), prachovitý druh [slínovce](#). Tvoří ji jílovité a prachovité částice, dále obsahuje [vápencové](#) složky a jehlice [mořských hub](#) mikroskopických rozměrů (tzv. spongie). Má bělavou až pískově žlutošedou barvu. V [románském slohu](#) byla opuka významným stavebním materiálem. **Některé opukové stavby**
- [Rotunda svatého Jiří \(Říp\)](#) [Bazilika svatého Jiří](#) na [Pražském hradě](#)



- výsledkem fyzikálního a chemického působení je změna vnějšího vzhledu památek, na povrchu se objevují **póry** a **trhliny**
- povrch nasává ze vzduchu vlhkost, což při změně teplot způsobuje další narušení materiálu
- saze a špína se usazují na památkách, pronikají do pórů a trhlin, jejichž hloubka bývá až 1,5 mm a víc
- 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



# Proces konzervování a restaurování

Proces konzervování nebo restaurování kamenných děl sestává z několika stádií, 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 *VENOS* (zastoupení jednotlivých složek v %)

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

- působí pouze na ta znečištění, která se rozpouštějí nebo botnají v organických rozpouštědlech
- nedoporučuje se omývání mramorových soch

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

## 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. díl chloridu amonného, 4 hm. díly talku (mletý mastek) a 25% roztoku amoniaku)
- pasta se na povrchu ponechá do vyschnutí, přičemž skvrna se postupně odbarvuje

## Skvrny od plísní, lišejníků, inkoustů

- odstraňují pomocí ethanolu nebo slabého roztoku amoniaku
- oxidovadla, např. 2 %-ní roztok chloraminu T nebo 6 %  $H_2O_2$

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

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

## 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

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

## 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 se působí roztokem hexafluorokřemičitanu hořečnatého, zinečnatého nebo hlinitého:



- vznikající oxid křemičitý zaplňuje póry mramoru a zvětšuje se pevnost povrchových vrstev
- vnější vzhled díla se 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



## Použití organokřemičitých sloučenin

- siloxany a zvláště pak silazany
- povrch skulptury se ošetřuje 2% 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 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. pigmentem
- 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 (barvou a strukturou povrchu) od materiálu památek
- velmi těžko se provádí **derestaurování** lepidel a tmelů

## 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
- 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 kyanoakrylové** (sekundová lepidla)
- lepené spoje a tmely z tohoto monomeru si po dlouhou dobu uchovávají původní vzhled
- nejsou dostatečně odolné vůči kolísání teploty a vlhkosti
- lze takto s úspěchem restaurovat skulptury umístěné v muzeích



# Kamenné budovy, jiné stavby a ruiny

nejčastěji užívané materiály pro stavbu budov a jiných staveb

- kámen (mramor, granit, pískovec, vápenec)
- stavební keramika (cihla, pálená krytina)
- spojování jednotlivých elementů se děje pomocí různých malt -
  - vápenato-pískových
  - cementových (event. z polymerního cementu)
  - hliněných

## Vápno



- lépe jsou zachovány ruiny v zemi, po odkrytí rychlý rozpad
- restaurovat částečně narušené kamenné materiály je obtížné - je těžké impregnovat minerální základ kamene přes poškozenou vrstvu dostatečně do hloubky
- problémem starých staveb je vzlínání spodní vody
- pro restaurování se používají tradiční materiály



## 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 rozmístují svůj kořenový systém do mikroštěrbín kamene nebo zdiva, podle míry růstu tento štěrbinu rozšiřuje, dochází ke zdvihání monolitních bloků kamene a tím k narušování jejich uložení. Kořeny trav se rozprostírají až 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 bezúspěšné



## Proces ochrany před destruktivním 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





- dlouhodobou ochranu zpravidla zabezpečuje použití **solí mědi, zinku a chromu**
- **8-oxychinolinátu měďnatý** dává dostatečně dlouhou ochranu kamennému povrchu před většinou biologických vlivů
- pevně se 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% roztoky organocínicích 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

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)

- pro jemně zrnité pískové podloží s koeficientem filtrace 0,5-10 m/24 hodin byly navrženy způsoby silikatizace pomocí kyseliny 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, hydrogenuhličitan 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

## 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
- defekty, objevené po očištění povrchu omítky se přetírají vápnem nebo vápenným těstem, smíchaným s jemně disperzním pískem v poměru 1:1,2

- hydrofobizaci fasád barvených vápennými barvami se přednostně provádí pomocí organokřemičitých kapalin
- hydrofobní efekt má trvanlivost 2-3 roky

	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

- 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 polyvinylacetátových 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.)