

KÁMEN

VÁPENEC

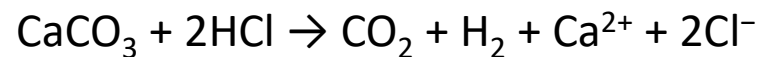
- Sedimentární hornina



- **Složení** > 80 % CaCO₃ (kalcit, aragonit), **příměsi** dolomit (CaMg(CO₃)₂), křemen, jílové minerály, úlomky zkamenělin
- Obecně bílý, barva ovlivněna příměsemi
- Chemicky čistý vápenec - křída
- Tvrdost 3
- Výskyt – Pálava, krasy (Macochoa),



- Využití – pálené vápno, cement, drť, kamenotisk, sochařství, architektura
- Bouřlivě reaguje se 10% HCl za uvolnění CO₂

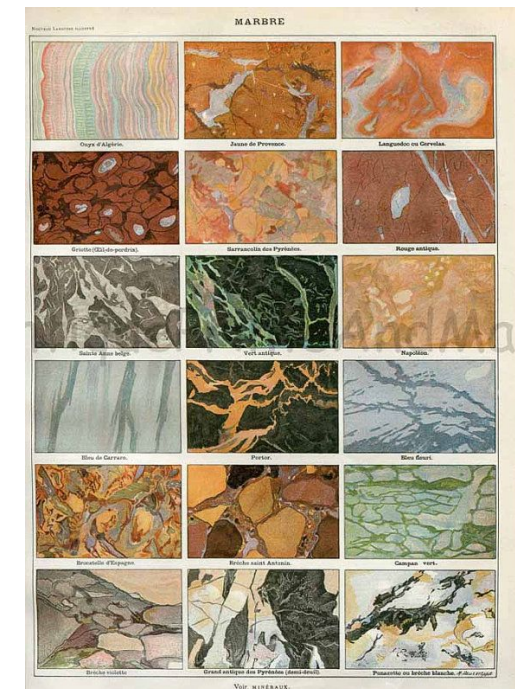


<https://geology.com/minerals/acid-test.shtml>

<https://www.youtube.com/watch?v=yNh1xs9lZbl>

MRAMOR

- Krystalický vápenec, karbonátová hornina
- Složení > 95 % CaCO_3 (kalcit, dolomit), příměsi jílové minerály, grafit, limonit, hematit, serpentit
- Barva bílá, světle šedá, tmavě šedá až černá, růžová, zelená
- Tvrdost 3
- Výskyt – Jeseníky, Českokrumlovsko, Itálie, Rumunsko, Španělsko
- Využití – sochařství, stavební materiál, dlažba, mozaika, brusné pasty



- <https://www.youtube.com/watch?v=kwsL4oIMW5M>
- <https://www.videoman.gr/cs/67079>
- <https://khanovaskola.cz/video/40/297/617-michelangelo-david-1501-04-mramor>
- <https://khanovaskola.cz/video/13/106/928-michelangelo-mojzis-ca-1513-15>

PÍSKOVEC

- Sedimentární hornina



- Složení – zrna velikosti 0,5–2 mm – křemen, živce, horninové úlomky, jíly
- Různé barvy – šedá, žlutá, červená – dle příměsí
- Tvrdost 3–6
- Výskyt – Jičínsko, Kladensko, Litoměřicko, Broumovsko
- Využití – stavební kámen, sochařství, mlýnské a brusné kameny, v pravěku nádoby



<https://www.youtube.com/watch?v=XUsJBQ2kO4>

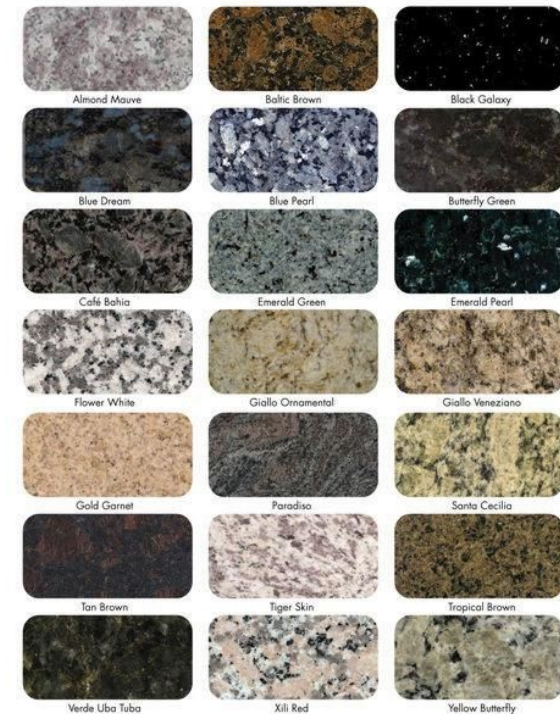
OPUKA

- Sedimentární hornina
- Složení – jílovité a prachovité částice, kalcit, křemen, živce, spongie (jehlice mořských hub)
- Barva bělavá až pískově žlutá, dle příměsí
- Výskyt – od Polabí (Litoměřicko) až na Moravu (Blansko)
- Využití – stavební materiál (obranné zídky, kostely) – nejčastější materiál v románském a gotickém období. Údajně první kámen, soustavně a hromadně těžený na našem území



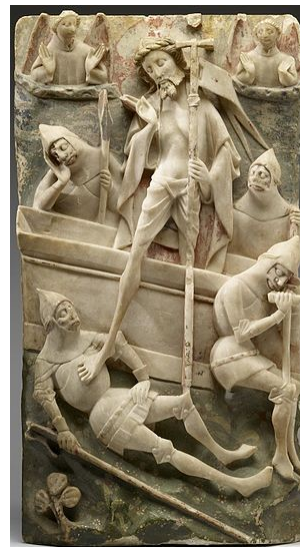
ŽULA – Granit

- Hlubinná vyvřelá hornina
- Složení – křemen 20-40 %, živce 40-70 % (plagioklas, ortoklas), slídy 5-15 % (biotit, muskovit)
- Barva – světlá, šedavá, namodralá, žlutavá, růžová, červená, červená – ovlivněna především živcem
- Zrnité – jsou vidět jednotlivá zrna – hrubozrnná, střednězrnná, jemnozrnná
- Tvrdost 6–7
- Vysoká odolnost – téměř nevstřebává vodu (nízká pórovitost)
- Vysoká váha a těžká opracovatelnost
- Výskyt – Šumava, Český les, Krušné hory, Jizerské hory, Krkonoše, Železní hory, Českomoravská vrchovina, Jeseníky
- Využití – stavebnictví (dlažba), štěrk, podstavce, náhrobky, pomníky, curlingový kámen



SÁDROVEC

- Jednoklonný minerál – $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
- Tvrdost 1,5–2; barva – bezbarvý, bílý až hnědý, lesklý pouze na štěpné ploše {010} ostatní plochy skelné
- Rozpouští se v teplé vodě a v horké HCl
- Druhy – mariánské sklo, selenit, pouštní růže, **alabastr** (úběl)
- Využití – pálená sádra, přísada cementů, sochařství, sklářský průmysl, ozdobné předměty již ve starověku, okenní výplně
- Výskyt – Oslavany, Zastávka (mariánské sklo); Volterra (alabastr)



Minerály

Karneol
 SiO_2



Achát
 SiO_2



Onyx
 SiO_2



Hematit – krevet
 Fe_2O_3



Pyrop – Český granát
 $\text{X}_3\text{Z}_2[\text{SiO}_4]_3$
X = Ca, Mg, Fe^{2+} , Mn
Z = Al, Fe^{3+} , Cr, V^{3+} , Ti

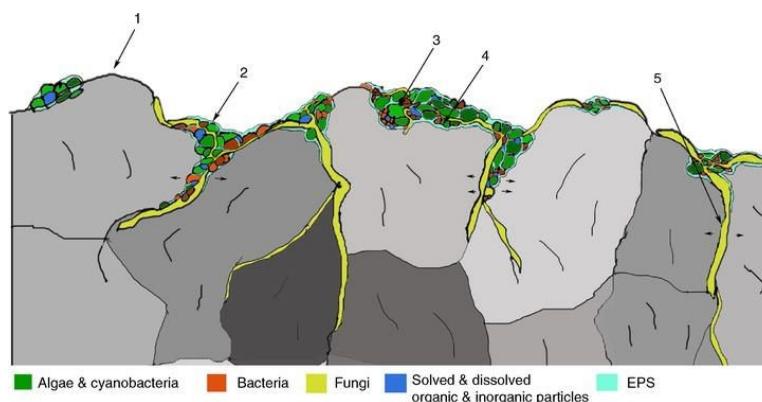


DEGRADACE – větrání a eroze

- Kombinace více vlivů, které se mohou vzájemně urychlovat:
 - **Fyzikální** – tlak (vnější i vnitřní) – ovlivněno změnami teploty, vlhkosti, přítomností roztoků solí, růstem živých organismů, vibracemi, abrazí povrchu – praskání a úbytek materiálu



- **Chemická** – změna chemického složení – ovlivněno polutanty, vztlínající vodou, růstem živých organismů, předchozí zásahy – zvýšení rozpustnosti, snížení soudržnosti, změna barvy, objemu
- **Biologická** – způsobené živými organismy – růst mikroorganismů (mechy, plísně, lišejníky), výkaly – následkem je koroze fyzikální i chemická



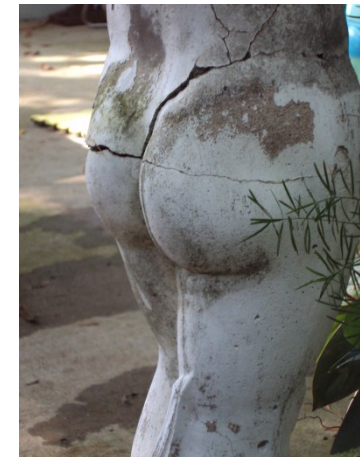
- Míra degradace je ovlivněna i tvrdostí, pružností, pórovitostí a nasákavostí i zpracováním

VODA a vlhkost

- Vliv na fyzikální i chemickou degradaci – urychluje degradaci, podporuje růst živých organismů, transportní médium solí
- Obecně se vyskytuje jako volná a vázaná (chemisorpce a fyzikální sorpce na stěnách pórů)
- Rovnovážený obsah vlhkosti, mění se v závislosti na T a RH okolí
- Dlouhodobé působení způsobuje hydrolýzu některých složek → jiné sloučeniny s odlišnou rozpustností
- Kondenzovaná voda

TEPLOTA

- „Teplotní gradient“ – na povrchu je jiná teplota než uvnitř – nerovnoměrné rozpínání a smršťování, pnutí a vznik prasklin,
- Objemové změny závisí na schopnosti absorbovat světlo, vyjádřeno koeficientem teplotní roztažnosti
- Mráz – rozpínání volně vázané vody o 9 % (obj.) – led trhá kámen, uvolňují se větší části



PÓROVITOST

- Vyjadřována nasákavostí – čím vyšší pórovitost, tím vyšší nasákavost
- Hodnota naznačuje předpoklad rychlosti rozpadu materiálu

KAPILARITA a vzlínavost

- Kámen nasává vodu, která vzlíná vzhůru
- Voda může rozpouštět a vyplavovat nebo transportovat nové látky dovnitř
- Zasolování, růst plísní

<https://www.youtube.com/watch?v=aH59D3XRylo>

https://www.youtube.com/watch?v=aGIRDZo2_Eo

- Opuka – vysoká nasákavost
- Pískovec – vyšší nasákavost 0,2-10 hmot %
- Vápenec – nízká nasákavost 0,38-1,57 hmot.%
- Žula – velmi nízká nasákavost – 0,2-0,5 hmot.%

EROZE

- Mechanické vlivy
 - Tekoucí voda – např. déšť – stéká ve stružkách, vymývání
 - Vítr – abraze drobnými částicemi, které jsou foukány proti kameni

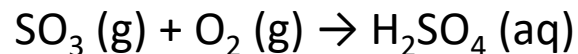
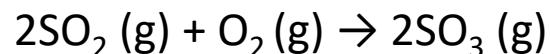
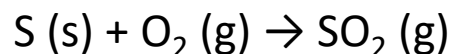
SOLI ROZPUSTNÉ VE VODĚ

- Zasolení je nejčastější příčina poškození
- Soli mohou být v materiálu přímo, vznikají druhotně při zvětrávání, transportovány vodou skrze póry
- Zdrojem i neodborný zásah
- **Povrchové výkvěty** – pokud je rychlost odpařování z povrchu menší než přísun solí – barevná změna
- **Krystalizace pod povrchem** – pokud je rychlost odpařování a přísun solí v rovnováze – poškození povrchových vrstev, některé soli jako hydráty (větší zvýšení tlaku)
- **Krusty** –
 - nerozpustné vrstvy odlišného složení, uzavírají povrch kamene
 - působením HCl , CO_x , SO_x , NO_x
 - vznik ovlivněn přítomností snadno napadnutelných látek (uhličitany) a pórovitostí
 - neporézní kameny bez uhličitany jsou odolnější
 - mohou mít i ochranný charakter



POLUTANTY a chemikálie

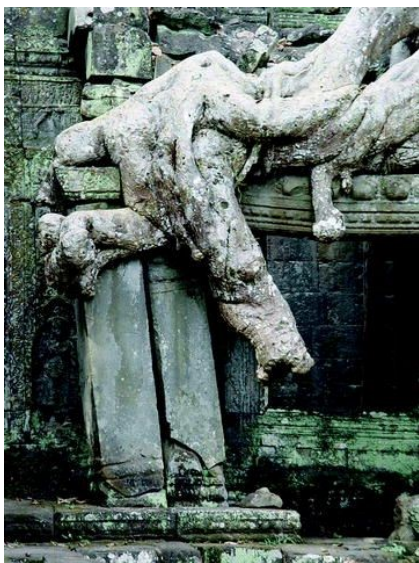
- **Prach** a nečistoty
- **CO₂**
 - Je-li přítomný ve vodě, zvyšuje rozpouštěcí účinek vody až 100×
- **SO_x, NO_x, CO₂, Cl⁻**
 - V plynném skupenství tvoří s deštěm slabé roztoky kyselin → vznik více rozpustných solí → vymývání a následné snižování pevnosti



- Krasové jevy
- **Kyseliny – HCl, CH₃COOH, ...**
 - riziko především pro vápenaté (mramor, vápenec)
 - Princip stejný jako u kyselého deště

BIOKOROZE

- Mikroorganismy (bakterie a plísň)
- Houby, řasy, lišejníky, mechy, vyšší rostliny – kořínky prorůstají a kámen se trhá; produkují chemické látky, např. kyseliny – rozrušení kamene
- Živočichové (hmyz, ptáci,...) – vylučují chemicky aktivní látky – v měkčích kamenech vznikají chodbičky
- Produkty rozkladu organismů – CO_2 , HN_3 , H_2S , organické kyseliny – mohou leptat některé druhy kamene



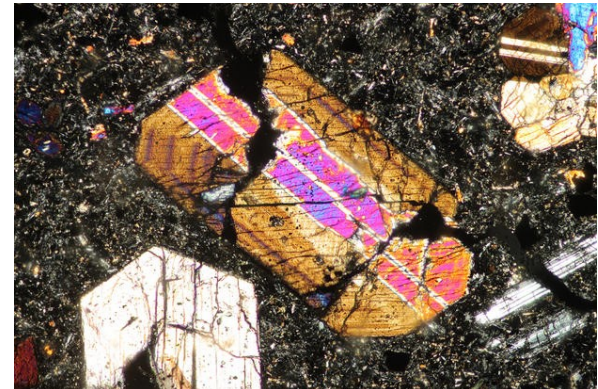
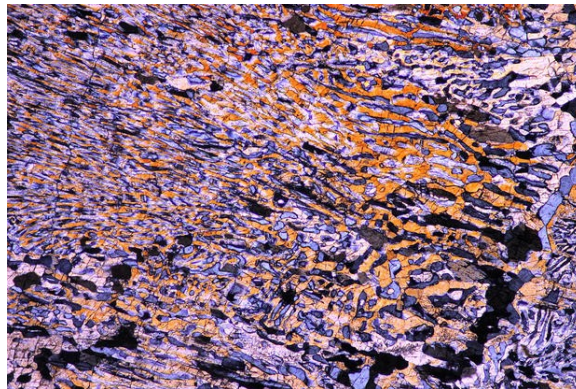
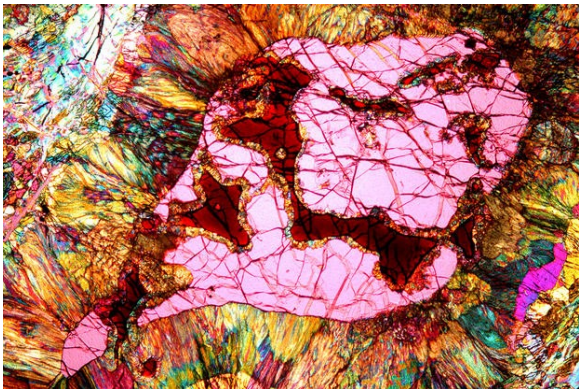
PŮSOBENÍ ČLOVĚKA

- Průmysl – znečištění prostředí
- Způsob těžby – vznik trhlin po použití trhavin, ručním či strojovým opracováním
- Opracování – nerespektování přirozených vlastností (např. štěpnost, lom, soudržnost, tvrdost)
- Nedbalost či neznalost zacházení
- Vandalismus
- Nevhodné konzervátorské zásahy
- Koroze kombinovaných materiálů (kovy)



PRŮZKUM

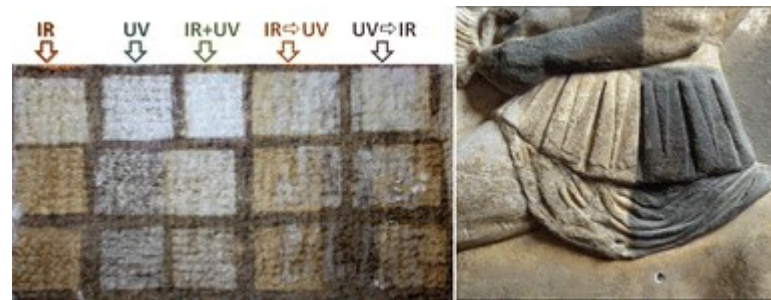
- Interdisciplinarita
- Historický – datace, styl/sloh, autor, provenience, historie předmětu samotného
- Statický – bezpečnost památky, pracovníků, návštěvníků
- Petrografický – rozlišení materiálů na základě optických vlastností – polarizační mikroskopie
- Mikroskopická a prvková analýza – SEM-EDX, LIBS, XRF,...
- Fyzikální vlastnosti – normované zkoušky ČSN ISO



KONZERVACE

ČIŠTĚNÍ

- Zvyšuje estetickou hodnotu, zlepšuje penetraci
- Silně poškozené předměty, lze před čištěním zpevnit, pokud není zpevnění možné, upřednostňuje se zachování znečištěného, ale nepoškozeného předmětu
- Mechanické čištění
 - Za sucha – tvrdé kartáčky, pískování – dochází k odstranění zvětralých vrstev a mizí ostrost obrysů
 - Vodou – pískování proudem písku ve vodě; omytí vodou, vodní párou - riziko odtrhávání, odstraní i nečistoty z nepravidelného povrchu
- Chemické čištění
 - povrchově aktivní látky (mýdla, detergenty)
 - Nelze použít většinu minerálních kyselin a silných zásad – rozpouštění, tvorba barevných skvrn
 - Čistící pasty – nepenetrují, pouze v místě – gelový nosič (karboxymethylcelulóza) + látka s velkou adsorpční schopností (SiO_2) + povrchově aktivní látka + účinná látka (komplexotvorná sloučenina)
- Biologické čištění
 - Enzymatické
 - Bakteriemi
- Laserové čištění



<https://www.youtube.com/watch?v=3rKC5djjLY4>

<https://www.youtube.com/watch?v=mBc79MsDqZM>

DESALINACE

- Snaha o odstranění vodou rozpustných solí
- Především pro exteriérové objekty
- Předchází průzkum – kolik objekt obsahuje solí a jakých, jak jsou rozloženy, jaké jsou kapilární vlastnosti objektu, jaké je narušení objektu,
- Zřídka postačuje odstranit soli pouze z povrchu
- Většinou uloženy v pórech

- Desalinace
 - Rozpuštění solí dokonalým prosycením vodou
 - Soli difundují z pórů do vodní lázně
 - Urychlení výměnou vodní lázně
 - Objemné předměty – obklady (vata, piliny, plavená křída) – vzniklé roztoky jsou nasávány do obkladu, kde krystalují
 - Je nezbytné sledovat průběh odsolování (ISE, důkazové reakce příslušných aniontů, titrace)

- Nezbytná následná konzervace

PETRIFIKACE (konsolidace, zpevnování)

- Vždy až po desalinaci a vysušení!!
- Lze zpevnovat povrchově i hlouběji ve hmotě
- Hloubka penetrace závisí na vlastnostech kamene (porozitě), viskozitě konsolidantu, době provádění
- Požadavky na prostředek –
 - stálý, chemicky inertní, odolný proti vlivům záření, O₂, vlhkosti, kyselinám i zásadám, plísním a bakteriím
 - Dobré penetrační schopnosti a koeficient teplotní roztažnosti blízký kameni
 - Dostatečně tvrdý a pružný
 - Reversibilita – problematická – zůstává v pórech
 - Dlouhodobý účinek a jednoduchá aplikace
- Neměl by
 - Ovlivňovat barvu
 - Vytvářet neprodyšnou vrstvu (krustu)
 - Obsahovat toxické složky
- Při výběru zohlednit minulost i budoucnost předmětu
- Nástřikem, ponorem, opakovaným nanášením na povrch, injekčně
- Lze i za sníženého tlaku

KONSOLIDANTY

- **Polymery**
 - Polymery na bázi esterů kyseliny akrylové a methakrylové
 - Polyesterové a epoxidové pryskyřice – nelze odstranit
 - **Organokřemičité sloučeniny**
 - Vysoké povrchové napětí, nízká viskozita
 - Dobrá tepelná roztažnost a chemická stálost
 - Nemění vzhled kamene
 - Neuzavírají póry
 - Většinou vzniká SiO_2 nebo gel $[\text{SiO}_x(\text{OH})_{4-2x}]_n$, který spojuje jednotlivá zrna
 - Lze je ředit rozpouštědly
 - Vodoodpudivost je zajišťována přidáním alkoxyilanů
 - Dvousložkové, jednosložkové, hydrofilní, hydrofobní
 - Nelze odstranit
- **Anorganické konsolidanty** – obecně uzavírají povrch, pouze nízká penetrace
 - Sycení vápennou vodou – roztok $\text{Ca}(\text{OH})_2$
 - Sycení roztokem $\text{Ba}(\text{OH})_2$ a močovinou
 - Ba^{2+} a Sr^{2+} soli monoesterů H_2SO_4
 - Vodní sklo – vodný roztok Na_2SiO_3 !
 - Soli H_2SiF_6 !
- **Organické konsolidanty** – pouze na povrchu
 - Oleje a vosky – ochrana povrchu před vodou
 - Parafin, ceresin, včelí vosk, mikrokrystalické vosky
 - Vysýchavé olej !

LEPENÍ

- Nejprve na sucho sestavit a vědět co kam patří
- Lepidla
 - Polyesterová – reakční, většinou styrenová báze vytvrzená dibenzoylperoxidem, lepený spoj se vytvrzuje dlouho
 - Epoxidová – vícesložková, lepený spoj se vytvrzuje až hodiny
 - Disperzní – tuhnou vlivem vytěkání rozpouštědla, rozpustná ve vodě, tenký spoj, vytvrzení relativně rychlé, např. PVAc
- Požadavky
 - Snadnost manipulace
 - Pevnost spoje a mechanická odolnost
 - Reversibilita
 - Odolnost vůči klimatickým podmínkám

DOPLŇOVÁNÍ A TMELENÍ

- Původním materiálem
- Umělý kámen
 - Anorganické plnivo – např. drcený přírodní materiál
 - Pojivo – např. polymerní (epoxidové pryskyřice), organokřemičité sloučeniny
 - Plastifikátory – např. SiO_2 , MgO
- Nejčastější je směs hydraulického vápna, písku a portlandského cementu, pojivem je voda nebo akrylátová disperze – k lepení i doplňování
- Tvorba kopií a doplňků
 - Sádrová forma
 - Lukoprenová forma (silikonový kaučuk)
- Biologické doplňování

HYDROFOBIZACE

- Znemožnění průniku vody do kamene
 - 1) úplné uzavření pórů – vosky, méně časté
 - 2) vytvoření povlaku na stěnách pórů, které voda nesmáčí
- Nejčastěji silikony
 - Silikonové pryskyřice v organických rozpouštědlech
 - Částečně kondenzované silikony s hydrolyzovatelnými skupinami
 - Vodné roztoky methylosilanolátu sodného
- Výhoda silikonů – povrch kamene je dostatečně propustný pro vodní páru a vzduch
- Účinnost závisí na velikosti pórů
- Vždy na předmět odsolený

PREVENTIVNÍ KONZERVACE

- Pravidelná kontrola stavu – alespoň po 2 letech
- RH +/- 50 %
- T do 18 °C
- Expozice vůči světlu – bez omezení, omezené hodnoty u minerálů a polychromovaných předmětů – max 50 lx
- Exteriér – zamezit kontaktu s vodou – přístřešky, zakrytí na zimu světlým, lehkým, nepromokavým obalem, propustným pro vodní páru – nesmí docházet ke kondenzaci vody

<https://www.youtube.com/watch?v=GsrKhGI9uow>

<https://www.youtube.com/watch?v=hNulo6O43Zo>

<https://www.youtube.com/watch?v=xyhaEvNdwrQ>

<https://www.youtube.com/watch?v=zWG6ZtKv8Ww>

<https://www.youtube.com/watch?v=shdEOQZMLpc>