KÁMEN A JEHO KONZERVACE

C6190 Chemie a metodiky konzervování předmětů z anorganických materiálů II

Eva Zikmundová, 2023

KÁMEN JAKO MATERIÁL

- užití kamene pro sochařské účely má dlouhou historii, mnohé kamenné památky vděčí za svou dlouhověkost právě použitému materiálu
- výběr kamene se řídil zejména dostupností, trvanlivostí, snadností opracování, estetickým hlediskem, nasákavostí
- materiál pro sochařské práce by měl být co nejvíce homogenní, bez vnitřních kazů a prasklin

KÁMEN JAKO MATERIÁL

PÍSKOVEC

- zpevněný klastický sediment s hlavní složkou pískových zrn (křemene, ø 0,6 – 2 mm; K) a úlomků stabilních hornin (S) a s dalším obsahem živců (Ž), úlomků nestabilních hornin (N), jílu a siltu (J)
- barva dle příměsí, může být i různobarevný (např. červený arkózový z Podkrkonoší)
- klasifikace je složitá, kritérii jsou např. složení klastických částic, základní hmota, tmel, příměsi, atd.; podle obsahu složek se dělí do tří základních skupin: křemenný, arkózovitý a drobovitý
- ČR: hořický (Jičínsko, Česká křídová pánev), žehrovický (Kladensko a Rakovnicko) -> hojně používán v baroku, dnes není čím nahradit, mšenský (Litoměřicko), božanovský (Broumovsko)

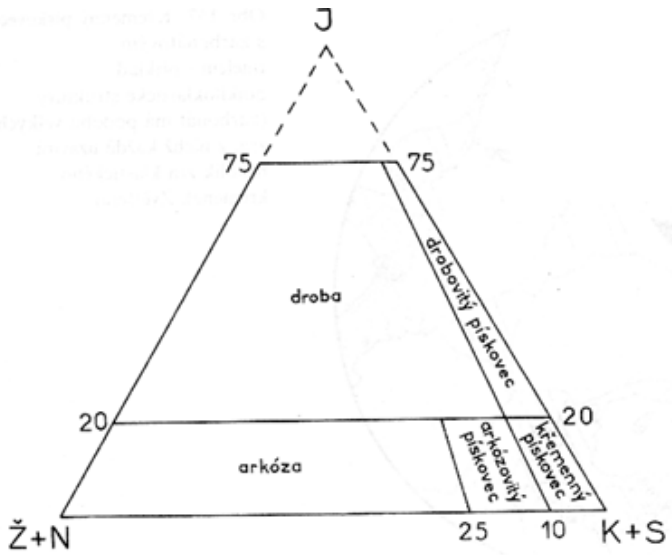


Diagram klasifikace pískovce [1]

KÁMEN JAKO MATERIÁL

OPUKA

- sedimentární hornina, písčitý slínovec s podílem biogenního křemene, dalšími složkami jsou především kalcit a živce
- velmi dobře zpracovatelná
- barva dle příměsí
- ČR: Bílá hora (Praha) -> použita na bazilice sv. Jiří, Týském chrámu; Bílé stráně (Litoměřicko); jádro Karlova mostu

Kamenná hlava z Mšeckých Žehrovic [2]

KÁMEN JAKO MATERIÁL

VÁPENEC

- nejčastěji se vyskytující sedimentární hornina, jejíž hlavní složkou je kalcit a aragonit ($CaCO_3$)
- v závislosti na složení může přecházet v dolomitický ($CaMg(CO_3)_2$)
- barva bílá
- ČR: krasy, Pavlovské vrchy, atd. -> Pernštejn, kostel sv. Jakuba

KÁMEN JAKO MATERIÁL

MRAMOR

- jedná se o metamorfovaný vápenec, případně dolomit; krystalický dolomit a vápenec mohou tvořit plynulé přechody
- barva může být bílá, světle šedá, načervenalá, zelenavá, tmavě šedé až černá, zbarvení je způsobeno obvykle oxidy železa, chloritem nebo grafitem
- ČR: Jeseníky, Českokrumlovsko
- patrně nejznámnější je mramor z Carrary v Itálii

- http://www.ceskatelevize.cz/ivysilani/1096911352-objektiv/213411030400217/obsah/244905-mramor

Michelangelo: David [3]

KÁMEN JAKO MATERIÁL

ŽULA (GRANIT)

- vyvřelá hornina složená převážně z křemene, živců (ortoklas, mikroklin) a menšího množství tmavých minerálů (biotit, muskovit)
- dělení: alkalické, vápenato-alkalické, monzonitické, mikrogranity
- výskyt: Šumava, Krkonoše, Jeseníky a další

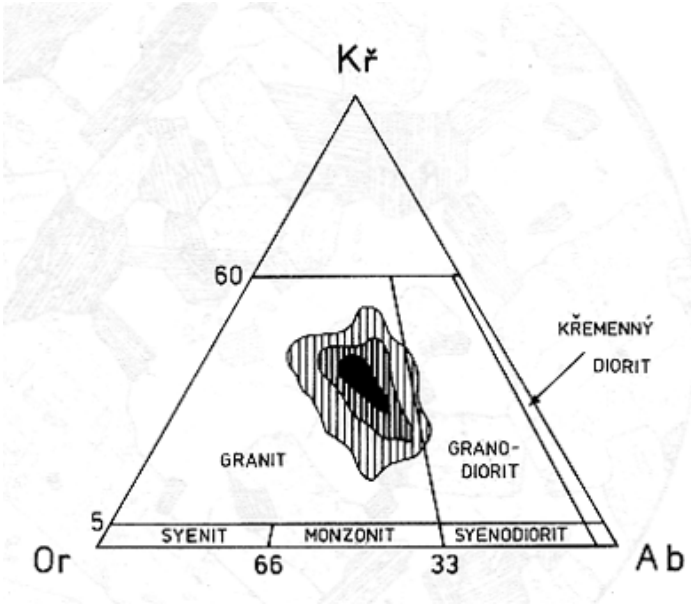


Diagram klasifikace žuly [4]

Kámen jako materiál

- vyvřelé horniny se příliš často nepoužívají -> tvrdé, špatně opracovatelné
- výjimkou je např. Černá věž Chebského hradu [14]

ZPRACOVÁNÍ KAMENE

PROCES TVORBY KAMENNÉHO VÝROBKU

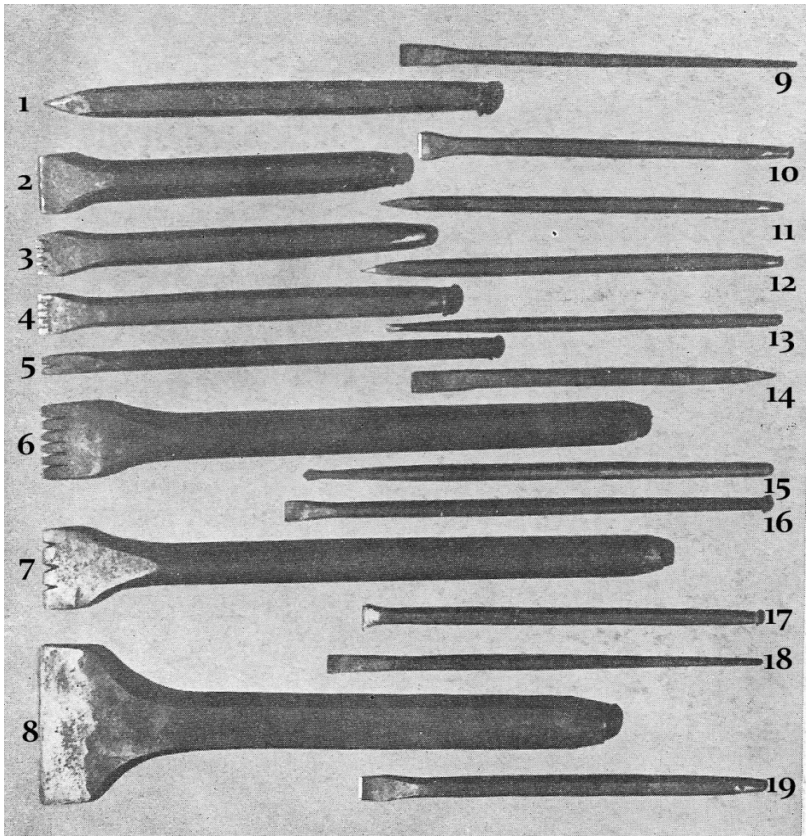
- zpracování kamene pro sochařské účely se provádí většinou ručně
- možná strojová předúprava
- používá se množství nástrojů
  - kladiva – různé velikosti, oba konce tupé, s kratší rukojetí
  - pemrlice – kladivo se čtvercovou násadou s hroty, pro hrubé opracování
  - dláta – špičáky, zubáky, lemovadla
  - prýskače a rozmýtače – k hrubému odseknutí většího kusu
  - hoblovadla – k vyhlazení povrchu
  - kružidla a pravítka – pro měření, zmenšování nebo zvětšování dle modelu

Pemrlice [5]

ZPRACOVÁNÍ KAMENE

PROCES TVORBY KAMENNÉHO VÝROBKU

- špičáky (1, 11, 12)
- zubáky (3 - 7)
- prýskač (8)
- dláta (9, 10, 13 – 19)



Nástroje na obrábění kamene [6]

Ukázka kamenosochařského řemesla

http://www.ceskatelevize.cz/ivysilani/10214726264-devatero-remesel/211563230470004-david-matasek-kamenosocharem

Degradace kamene

- k degradaci kamene dochází vlivem fyzikálních, chemických a biologických procesů, působících v materiálu současně, výsledky jednoho typu degradace také mohou podporovat průběh jiného typu
- vliv na míru degradace má také tvrdost, pružnost a pórovitost kamene a jeho zpracování
- s pórovitostí souvisí také kapilární jevy -> u pórovitých materiálů hrozí koroze v hloubce

Degradace kamene

- fyzikální – změny tlaku, který může působit zevnitř i zvenčí, vznik například v závislosti na změnách teploty či vlhkosti, přítomnosti roztoků solí nebo růstu živých organismů
- chemická - spočívá v chemické přeměně některé ze složek materiálu vlivem reakcí s okolím, tedy například s nečistotami v atmosféře, s vodou nebo s produkty činnosti živých organismů, následkem bývá zvýšení rozpustnosti, snížení soudržnosti a změna systému pórů
- biologická - procesy, které jsou vyvolány či podmíněny činností živých organismů

DEGRADAČNÍ FAKTORY

- PROSTŘEDÍ ULOŽENÍ PŘEDMĚTU
- VLHKOST
  - každý kamenný předmět má rovnovážný obsah vlhkosti, měnící se v závislosti na okolní teplotě a relativní vlhkosti
  - v pórovitých materiálech se voda vyskytuje ve volné a vázané formě (chemisorpce i fyzikální adsorpce na stěny pórů)
  - volnou vodu lze odstranit zahřátím na 100 °C, vodu vázanou pouze obtížně za vysokých teplot
  - voda – mechanický i chemický faktor, pomáhá urychlovat další degradační procesy, podporuje existenci živých organismů a funguje jako transportní médium solí

Degradační faktory

- Teplota
  - rizikový je vznik teplotního gradientu (rozdíl mezi teplotami na povrchu a uvnitř kamene, který špatně vede teplo), při němž dochází k nerovnoměrnému rozpínání a smršťování materiálu, pnutí a vzniku prasklin
  - objemové změny závisí na schopnosti materiálu absorbovat světlo (vliv barvy, velikosti), která je vyjádřena koeficientem teplotní roztažnosti
  - vystavení mrazu (zvětšení objemu vody o 9 %obj.) může způsobit uvolnění částí předmětu, které jsou pak ještě náchylnější k degradaci

DEGRADAČNÍ FAKTORY

- PŮSOBENÍ SOLÍ ROZPUSTNÝCH VE VODĚ
  - přítomnost solí v materiálu je nejčastější příčinou poškození kamene
  - mohou být obsaženy v materiálu, vznikat procesy zvětrávání nebo jsou transportovány vodou skrz póry
  - zdrojem solí může být i neodborný konzervátorský zásah (např. u vápenných a cementových doplňků)
  - povrchové výkvěty – vznikají, je-li rychlost odpařování z povrchu menší než přísun solí zevnitř, barevná změna
  - krystalizace pod povrchem – je-li rychlost odpařování a přísunu solí v rovnováze, vede k poškozování povrchových vrstev, některé soli krystalizují jako hydráty (ještě větší zvýšení tlaku)

DEGRADAČNÍ FAKTORY

- PŮSOBENÍ SOLÍ ROZPUSTNÝCH VE VODĚ
  - krusty
    - nerozpustné vrstvy s hydrofobními vlastnostmi odlišnými od původního materiálu, které uzavírají povrch kamene (poté může nastat delaminace)
    - vznik nejčastěji působením chlorovodíku, oxidů C, S a N
    - mohou mít ochranné vlastnosti, většinou však přispívají k další degradaci
    - jejich vznik je ovlivněn přítomností snadno napadnutelných látek (např. uhličitany) a pórovitostí, neporézní druhy kamenů bez obsahu karbonátů jsou nejodolnější
- ZNEČIŠTĚNÍ OVZDUŠÍ – SO_x, NO_x, CO_2 a sloučeniny Cl v plynném skupenství tvoří s deštěm slabé roztoky kyselin, dochází k reakcím na jiné, více rozpustné soli, což vede k jejich vymývání a následnému snižování pevnosti materiálu
- EROZE – mechanické vlivy (tekoucí voda, působení větru)

DEGRADAČNÍ FAKTORY

- BIOKOROZE
  - mezi organismy způsobující biokorozi, tzv. biodeteriogeny, patří mikroorganismy, houby, lišejníky, rostliny, hmyz a obratlovci
  - její průběh závisí na klimatických podmínkách prostředí a podmínkách na rozhraní materiálu a biodeteriogenu (pH, RV, t, přístup kyslíku)
  - ptačí trus – sloučeniny P, N, S, živná půda pro mikroorganismy
  - fyzikální × chemické (působení produktů životních pochodů organismů)

[7]

DEGRADAČNÍ FAKTORY

- ČINNOST ČLOVĚKA
  - průmyslová činnost (znečištění ovzduší, vody a půdy)
  - nedbalost či neznalost zacházení s kamenem jako materiálem
  - vandalismus
- VLIV TĚŽBY A OPRACOVÁNÍ
  - různé části kamenných objektů jsou nerovnoměrně zatěžovány, u sedimentárních hornin je důležité, aby byly orientovány do stejné polohy jako před vytěžením
  - vznik trhlin při použití trhavin nebo ručním či strojovým opracováním kamene
- NEVHODNÉ KONZERVÁTORSKÉ A RESTAURÁTORSKÉ ZÁSAHY

- KOROZE KOVOVÝCH SOUČÁSTÍ

PREVENTIVNÍ KONZERVACE

- sochy v interiéru nenáročné (vysávání prachu, omývání malým množstvím vody)
- sochy v exteriéru se mohou přes zimu zakrývat lehkým, světlým nepromokavým obalem, který je ale propustný pro vodní páru (např. geotextilie), aby nedocházelo ke kondenzaci vody
- stabilní klimatické podmínky bez výkyvů t a RV
  - relativní vlhkost 40 – 60%
  - teplota 20 ± 2 °C
  - celková roční expozice 100 000 lx/h/rok
  - intenzita osvětlení max. 50 lx

Preventivní konzervace

- je-li hodnotné kamenné dílo ve velmi špatném stavu, je často uloženo do depozitáře, a do exteriéru se místo něj umístí kopie (např. většina soch na Karlově mostě, sochy Ctností a Neřestí v hospital Kuks od Matyáše Bernarda Brauna)
- kopie mohou být sekané (nově vytvořené z jednoho kusu kamene dle původního vzoru) nebo tzv. výdusek (levnější alternativa, tvořeny z umělého kamene pomocí formy)

SANAČNÍ KONZERVACE

PRŮZKUM

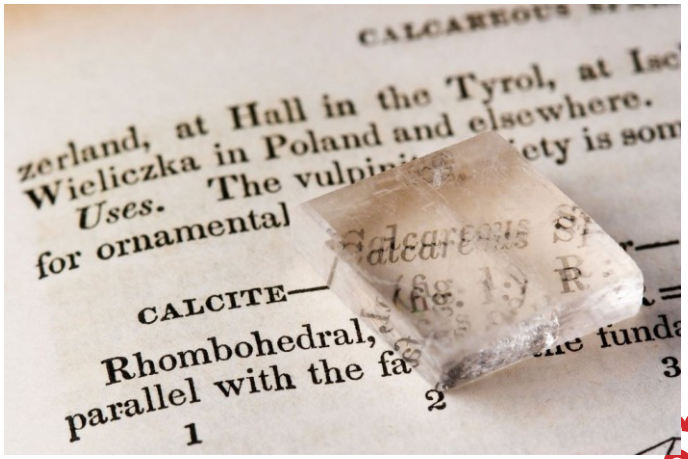
- vyžaduje interdisciplinární spolupráci
- umělecko-historický – datace, sloh/styl, autor, provenience
- statický – ochrana památky i pracovníků a návštěvníků
- petrografická analýza – polarizační mikroskop, rozlišení minerálů na základě jejich optických vlastností
- mikroskopická a prvková analýza – SEM-EDX
- fyzikální vlastnosti zkoumány normovanými laboratorními zkouškami

SANAČNÍ KONZERVACE

PRŮZKUM

- petrografická analýza – studium materiálu a obsažených minerálů, pórovitosti, atd.
- polarizační mikroskop
  - v lineárně polarizovaném světle (pouze polarizátor) – studium barvy, pleochroismu (různých odstínů a intenzity barev při různé orientaci krystalu), tvaru a stavby minerálů, štěpnost, velikost zrn, uzavřeniny, atd.
  - při zkřížených nikolech (polarizátor i analyzátor) - polarizátor propouští světlo polarizované v rovině předozadní a analyzátor propouští světlo kmitající v rovině pravolevé, umožňuje rozlišit izotropní a neizotropní látky, studium dvojlomu nebo zhášení minerálů

[8, 15]



SANAČNÍ KONZERVACE

ČIŠTĚNÍ

- usnadňuje ochranu předmětu, zlepšuje penetraci prostředků, zvyšuje estetickou hodnotu
- hrozí-li poškození předmětu, je nutno předmět zpevnit, není-li možné, upřednostňuje se zachování znečištěného, ale nepoškozeného povrchu
- odstraňují se: soli, anorganické částice ucpávající póry, organické látky vyvolávající hydrofobní efekt, látky způsobující nežádoucí změnu vzhledu, apod.
- mechanicky za sucha, vodou bez přídavku chemikálií, chemicky

Sanační konzervace

Čištění

- mechanické
  - riziko poškození materiálu
  - kartáče, štětce, špachtle, skalpely
  - otryskávání – proudem vzduchu s abrazivem (korund, balotina – skleněné mikrokuličky, ořechové skořápky), není nejvhodnější, kámen po něm snáz zvětrává
- vodné
  - malým množstvím vody, aby nedocházelo k zavlhčení
  - využívá rozdílné rozpustnosti nečistot a kamene
- parní
  - lepší rozpustnost solí, očištění i nepravidelného povrchu, ale hrozí delaminace krust

SANAČNÍ KONZERVACE

ČIŠTĚNÍ

- detergenty
  - tenzidy – kationaktivní (lepší smáčivost kamene)
  - s účinkem NH_3 a CO_2 (močovina, NH_4HCO_3)
  - kyseliny, zásady – mohou narušovat i složky původního kamene
  - organická rozpouštědla – odstranění mastnoty, nátěrů, fermeží
  - lepší výsledky pomocí past či zábalů
- odstraňování skvrn kovových sloučenin
  - převedení kovu do rozpustné formy
- odstraňování krust:
  - obsahují-li nebezpečné látky
  - jsou-li nepropustné
  - mají jiné vlastnosti než původní materiál
  - brání-li aplikaci konsolidantů

SANAČNÍ KONZERVACE

ČIŠTĚNÍ

- laserové čištění
  - odprašování tenké vrstvičky materiálu pomocí laserových pulzů (laserová ablace) na základě rozdílných optických vlastností nečistot a kamene
  - monitoring laserového čištění lze provádět metodou LIBS – sleduje se prvkové složení ablatovaného materiálu, přičemž prvkové složení znečištěné vrstvy a neznečištěného vnitřního materiálu se zpravidla liší

Sanační konzervace

Restaurování baptisteria ve Florencii

https://www.youtube.com/watch?v=CBZpkVDm9Yo

- ikonografický, historický a diagnostický průzkum
- vyznačení poškození na původních plánech vč. Označení původce poškození
- zkoušky čištění s přihlednutím k historickým patinám
- čištění pomocí deionizované vody, případně s přídavkem neionogenních tenzidů, aplikace ve formě past nebo za použití japonského papíru (30 minut až několik hodin, dle předchozích zkoušek čištění), laserové čištění
- tmelení příbuznými materiály (např. Tmel z bílého mramoru z Carrary)
- konsolidace nátěrem a injektáží

SANAČNÍ KONZERVACE

ZASOLENÍ

- vysoké množství solí vlivem zimního zasolování, reakcemi s výfukovými a dalšími plyny
- kumulace solí na povrchu vzlínáním vody, znemožnění penetrace konzervačních prostředků

DESALINACE

- destilovaná nebo deionizovaná voda
- ponor, zábal, obklady
- potřeba sledovat průběh odsolování (iontově selektivní elektrody, důkazové reakce příslušných aniontů, titračně)
- dochází ke zdrsnění povrchu a zvětšení pórů, nutné ošetření konzervačními prostředky

SANAČNÍ KONZERVACE

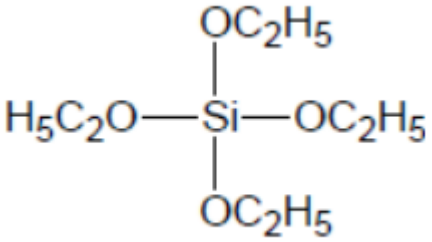
KONSOLIDACE

- nutné provádět až po desalinaci a následném vysušení předmětu!
- provádí se nástřikem, ponořením do roztoku nebo opakovaným nanášením konsolidačního přípravku na povrch předmětu, k zanesení do hlubších trhlinek je možné použít injekční stříkačku
- možné provádět za sníženého tlaku
  - HTTPS://DOCPLAYER.CZ/8339829-Z-ORLOJE-NA-STAROMESTSKE-RADNICI-V-PRAZE.HTML
- konsolidant by měl být stálý, chemicky inertní, odolný proti světlu, vlhkosti a biologickému napadení, měl by mít nízkou viskozitu a malý kontaktní úhel, neměl by ovlivňovat barvu a propustnost kamene
- konsolidant je nutné volit tak, aby nedošlo k vytvoření nepropustné krusty na povrchu předmětu

SANAČNÍ KONZERVACE

KONSOLIDACE

- organokřemičitany (především estery kyseliny křemičité)
  - vytvrzují se za přítomnosti vody (hydrolyzují za vzniku SiO_2 gelu a alkoholu, který se odpaří)
  - SiO_2 gel má anorganický charakter, chemicky blízký křemeni
  - nízká viskozita i při dostatečném obsahu aktivní látky -> dobrá penetrační schopnost
  - nemění vzhled kamene, nezhoršují propustnost
  - jednosložkové – nutno uchovávat v suchu, pomalejší vytvrzování, neutrální organokovový katalyzátor
    dvousložkové – kyselý katalyzátor (např. HCl)
  - materiál před aplikací nemůže být ani příliš suchý ani vlhký
  - nejsou reverzibilní
  - mohou mít i hydrofobizační účinek



Ethylester kys. křemičité

SANAČNÍ KONZERVACE

KONSOLIDACE

- organokřemičitany (především estery kyseliny křemičité)
  - komerčně dostupné produkty bývají mírně předkondenzované (tetra-, pentamery) – méně těkají, vyšší výtěžek produktu, ale mají vyšší viskozitu (méně vhodné pro jemně porézní materiály)
  - lze je použít i jako pojivo pro pigmenty nebo pro plnivo k tmelení

SANAČNÍ KONZERVACE

KONSOLIDACE

- epoxidové zpevňovače
  - v organických rozpouštědlech (aromatické uhlovodíky)
  - pro hlubší praskliny nebo při odlučování větších vrstev
  - pomalé vytvrzování
  - horší penetrace - lze zlepšit impregnací za sníženého tlaku

- akrylátové zpevňovače
  - jako jediné z organických prostředků splňují odolnost proti UV-záření, oxidaci a působení kyselin a zásad
  - vyšší viskozita
  - aplikuje se monomer, polymerace až sekundárně
  - pro lepší penetraci vyžadují vysoké teploty (80 °C)

SANAČNÍ KONZERVACE

KONSOLIDACE

- dříve používané konsolidanty
  - vápenná voda – čirý roztok $CaOH_2$, málo účinná, špatná penetrace -> nutno aplikovat mnohokrát, do materiálu se dodává Ca -> koroze, zavlhčení materiálu
  - vodní sklo (roztok Na_2SiO_3),fluáty (fluorokřemičitany) – škodlivé, špatná penetrace, příliš zvyšují pevnost, zabraňují propustnosti pro plyny a vodní páry -> hrozí delaminace, riziko tvorby solí
  - oleje (lněný, makový), vosky (včelí, lanolin) - mohou zachycovat nečistoty

SANAČNÍ KONZERVACE

LEPENÍ

- předchází mu sestavení tvaru a zjištění chybějících částí
- velká škála používaných lepidel, např:
  - polyesterová – reakční lepidla, polykondenzace anhydridů s vícemocnými alkoholy, monomerní složkou (ředidlo) bývá styren, tvrdidlem bývá např. dibenzoylperoxid, lepený spoj se tvoří pomaleji
  - epoxidová – vícesložková polymerní lepidla, vytvrzují polykondenzací vícemocných fenolů s epichlorhydrinem, jako tvrdidlo se používají polyaminy, lepený spoj vytvrzuje až hodiny, po delší časový interval nemá požadovanou pevnost
  - disperzní – tuhnou vlivem vytěkání rozpouštědla, spoj se vytvrzuje poměrně rychle, jsou rozpustná ve vodě, tvoří tenký spoj, např. polyvinylacetátová

SANAČNÍ KONZERVACE

LEPENÍ

- požadované vlastnosti lepeného spoje
  - pevnost spoje
  - reverzibilita
  - mechanická odolnost
  - odolnost v nepříznivých klimatických podmínkách
  - estetické hledisko

SANAČNÍ KONZERVACE

DOPLŇOVÁNÍ A TMELENÍ

- doplňování metodou kamenické náhrady
  - vhodný materiál často nedostupný
  - nutnost úpravy lůžka v původní hmotě do pravidelného tvaru -> další ztráta materiálu
- častěji užití tvárné hmoty, která chemickými nebo chemicko-fyzikálními procesy ztuhne
- základní složky: plnivo, pojivo, aditiva (plastifikátory, pigmenty, mletá slída, drcené skořápky)
- plnivo
  - původně drcený kámen – obtížná příprava
  - dnes především přírodní praný sklářský písek, pro vápence průmyslově mletý vápenec
  - vliv velikosti částic (granulometrické složení) – vhodná širší distribuce -> snížení porosity, menší spotřeba pojiva

SANAČNÍ KONZERVACE

DOPLŇOVÁNÍ A TMELENÍ

- pojivo
  - anorganické – cement, hydraulické vápno, sádra (interiér); vzdušné vápno pomalu tvrdne
    výhody: vodný system, zpracovatelnost při t ~ 0 °C, lepší vzhled, nižší cena
    nevýhody: horší adheze k podkladu, nutnost dostatečného množství vody (hrozí vysychání tmelu), dlouhá doba k dosažení požadovaných mechanických vlastností, menší odolnost v kyselém prostředí
  - organické – především epoxidové pryskyřice
    výhody: výborná adheze, dobrá odolnost v kyselém prostředí, krátká doba k dosažení výsledné pevnosti
    nevýhody: vytvrzování nad 15 °C, v přítomnosti vlhkosti vytvrzování zpomaleno nebo zastaveno, malá odolnost UV záření (pouze v povrchové vrstvě, nutnost dodržení přesného postupu výroby, vyšší cena
    -> možno použít i jako vodní emulzi – nižší pevnost, ale lze aplikovat na vlhký povrch

SANAČNÍ KONZERVACE

DOPLŇOVÁNÍ A TMELENÍ

- pojivo
  - akrylátové kopolymery (např. Paraloid B72) – pro male doplňky jemnozrnných materiálů (vápence, mramor)

  Historicky:
  - směs tvarohu (kaseinu) a $Ca(OH)_2$ za vzniku kaseinátu vápenatého, malá biologická odolnost ve vlhku
  - šelak – i k lepení

- s rostoucím množstvím pojiva roste mechanická pevnost, klesá porozita
- obvyklý poměr pojivo:plnivo – epoxid:písek = 1:10, cement:písek = 1:4

SANAČNÍ KONZERVACE

DOPLŇOVÁNÍ A TMELENÍ

- aditiva
  - plastifikátory – SiO_2, mastek, obvykle do 3 %hm., zabraňují lesku (tzv. matovadla), u směsí s cementem nejsou potřeba
  - pigmenty – odolné alkoholickému prostředí (přírodní okry, p. na bázi oxidů železa, oxid chromitý); u cementem pojených směsí může docházet k blednutí, na barvu má vliv i barva použitého cementu
  - drcené skořápky – např. u tmelů tzv. Kutnohorského pískovce, který obsahuje zbytky ulit mořských živočichů
  - polymerní disperze – u směsí s hydraulickými pojivy, zvyšují adhezi, zlepšují mechanické vlastnosti, podporují správné tvrdnutí, můžou pomoci odstranění již vytvrdlého tmelu organickými rozpouštědly (botnání tmelu -> pokles pevnosti)
  - spojovací látky – zvyšují adhezi epoxidové pryskyřice k anorganickému podkladu

SANAČNÍ KONZERVACE

DOPLŇOVÁNÍ A TMELENÍ

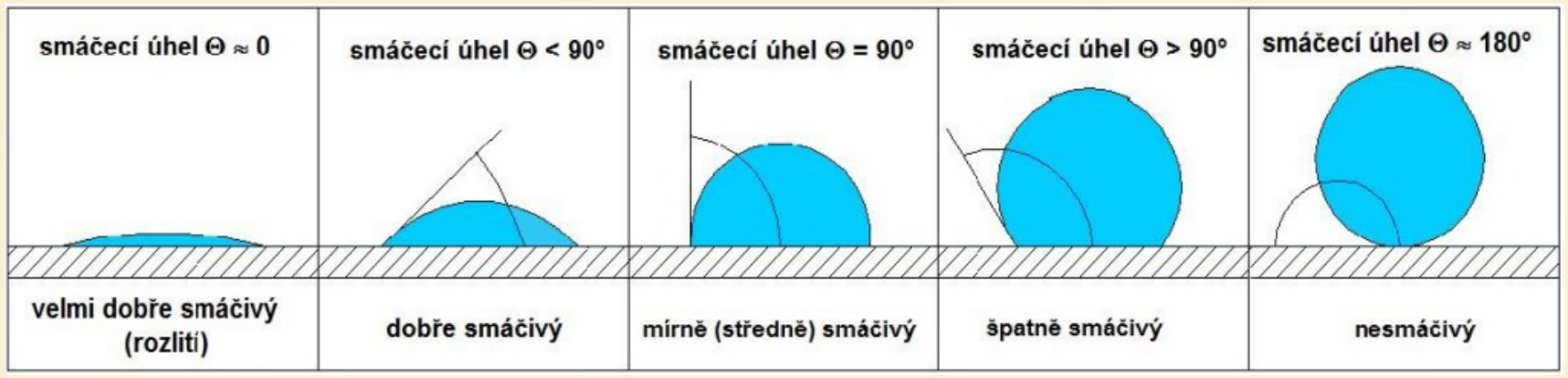
- k tvorbě kopií a doplňků se používají sádrové formy (dvoj- a vícedílná)
  - separace povrchu forem šelakovým nátěrem v lihu nebo mazlavým mýdlem
  - sesazení forem pomocí tzv. zámků - na jedné formě vytvarují otvory či čepy, na něž se následně odlije negativ pro napojení
- pro detailnější modelaci se mezi model a sádrovou formu někdy vkládá forma lukoprenová (silikonový kaučuk) – vznik vulkanizací kaučuku po přidání tvrdidla

- armování – odolnost v alkalickém prostředí, tepelná roztažnost blízká tmelu, dostatečná pevnost, nejspolehlivější je nekorodující ocel
  - hliník málo stabilní a málo pevný, ocel má sklony ke korozi, u mědi/mosazi vzniká jen tenká korozní vrstva, ale mohou prosakovat barevné korozní produkty

SANAČNÍ KONZERVACE

HYDROFOBIZACE

- hydrofobizace jako ochrana - změny vlhkosti způsobují řadu poškození
- voda srážková, technologická (např. mytí), kondenzační
- zvýšení úhlu smáčení pro vodu na rozhraní pevného a plynného prostředí [16]



- hydrofobizace v tenké vrstvě (i jen několik molekul) -> nezmenšuje průměr pórů, ale výrazně snižuje pronikání vody
- mohou se objevovat stopy po stékající vodě, vyšší znečištění

SANAČNÍ KONZERVACE

HYDROFOBIZACE

- nutné provádět po desalinaci (hromadění solí pod povrchem)- hydrofobní vrstva propustná pro vodní páru, ale ne pro kapaliny
- hydrofobizační činidlo
  - stálé, odolné v alkalickém prostředí, nelepivé po odpaření rozpouštědla
  - vosky, oleje, syntetické polymery, silikony (hydrofobitu vyvolávají uhlovodíkové zbytky na siloxanovém řetězci; silikonové mikroemulze – ředitelné vodou, dobrá penetrace), organokřemičitany
- hodnocení hydrofobizace - je třeba definovat množství použitého prostředku
  - měření nasákavosti – pokles minimálně o 70 %
  - měření smáčecího úhlu

SANAČNÍ KONZERVACE

POVRCHOVÉ ÚPRAVY A RETUŠE

- výsledkem konzervačních zásahů může být nejednotný vzhled předmětu
- retušování pomocí anorganických pigmentů (přírodních nebo syntetických) – lze spojit s hydrofobizací
- biocidní přípravky – k odstranění biologických degradačních faktorů a omezení nebo zabránění jejich opětovnému působení
  - monitoring míry penetrace biocidních prostředků lze provést pomocí metody LIBS (např. v případě biocidního ošetření stříbrnými nanočásticemi (Bercerra, 2019))

SANAČNÍ KONZERVACE

POVRCHOVÉ ÚPRAVY A RETUŠE

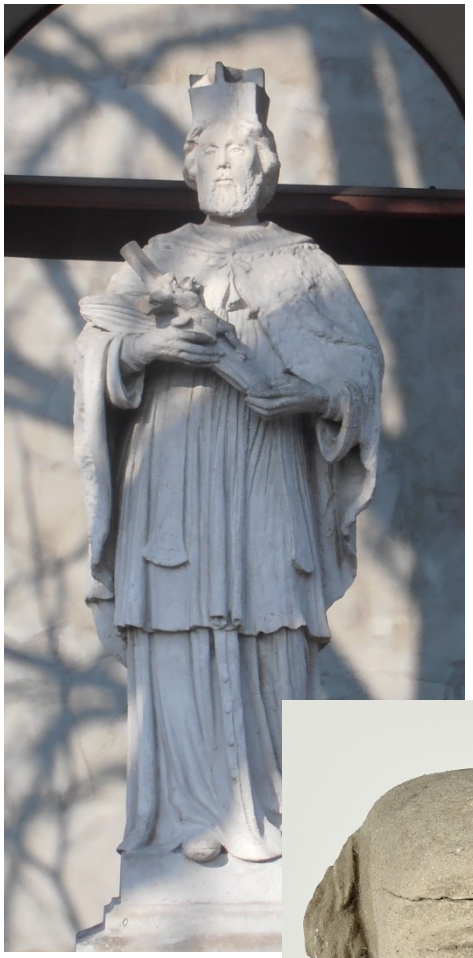
- sochy ve většině období v historii byly původně polychromované, barevnost se ale časem vytratila, zatímco kamenný podklad zůstal zachován, například renesanční tvorba “čistých” mramorových soch byla založena na chybném předpokladu, že antické sochy, které měly za vzor, také nebyly polychromované
- v současnosti je možné původní barevnost v některých případech odhalit pomocí pokročilých analytických technik (Alfeld, 2018)
- ani u barokních soch se polychromie často nedochovala, někdy je však částečně zachována, poté je otázkou, zda pouze konzervovat původní barevnou vrstvu či kompletně obnovit barevnost

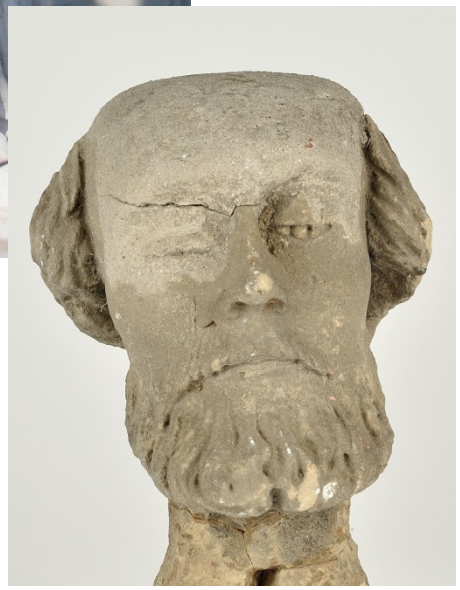
Příklad sochy sv. Jana Nepomuckého (Čáslavice, cca 1750-60) s částečně zachovanou a následně obnovenou polychromií [13]

Příklady z praxe

Hlava sochy sv. Jana Nepomuckého (Josefov)

- autor: František Štábla, osazeno: 1907, materiál: pískovec
- okolo roku 1981 došlo k oddělení hlavy od zbytku sochy
- návrh na restaurování byl příliš drahý, hlava byla tedy nahrazena novou (ak. mal. Jan Pospíšil)
- původní hlava byla přemístěna do vinného sklepa v nedalekých Dolních Bojanovicích

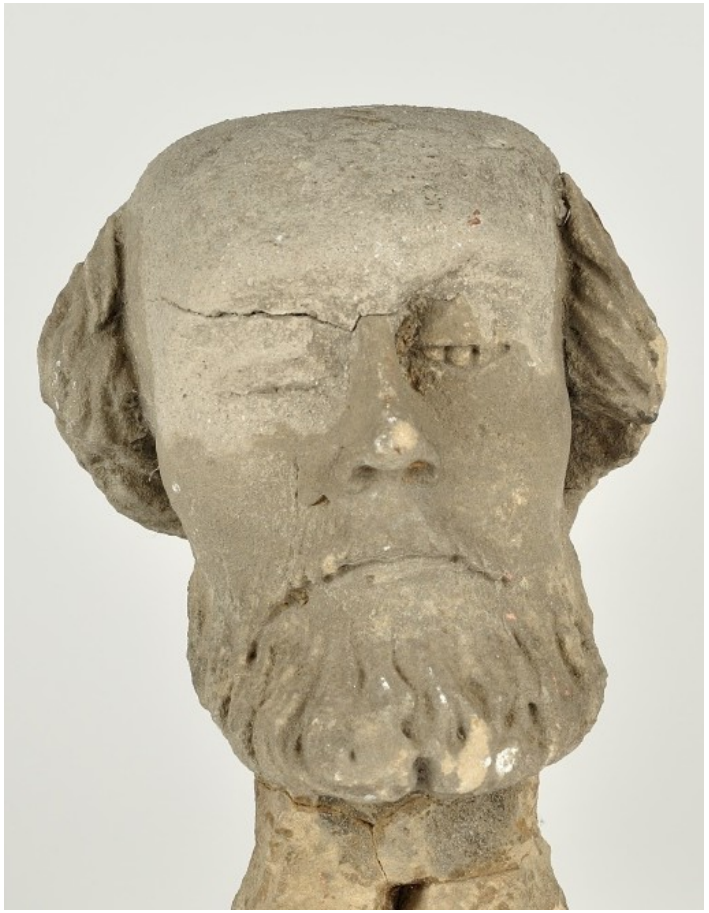




Příklady z praxe

Hlava sochy sv. Jana Nepomuckého (Josefov)

- stav předmětu před zásahem
  - nepůvodní doplněk z cementové maltoviny s prasklinou
  - uražená špička nosu
  - v záhybech mechanické nečistoty (pavučiny, hmyz, prach)
  - šedá vrstva v oblasti krku
  - skvrny od lepidla kolem spojů
  - sekundární znečištění bílou a růžovou barvou
  - bílá a hnědá skvrna v oblasti vlasů
  - zespodu otvor pro čep s pozůstatky tmelu a chybějícím materiálem



Příklady z praxe

Hlava sochy sv. Jana Nepomuckého (Josefov)

- hnědá skvrna – pozůstatek korozních produktů? → důkaz Fe^{3+} hexakyanoželeznatanem draselným $K_4[Fe(CN)_6]$ → **pozitivní**

- bílá skvrna – vápenný nátěr? → důkaz Ca^{2+} iontů plamenovou zkouškou → **pozitivní**

- šedá vrstva – síranová krusta? → důkaz SO_4^{2-} chloridem barnatým → **pozitivní**

Příklady z praxe

Hlava sochy sv. Jana Nepomuckého (Josefov)

- stanovení obsahu Cl^- - merkurimetrická titrace
- stanovení obsahu NO_3^- - fotometrické titrace odměrným roztokem salicylanu sodného
- stanovení obsahu SO_4^{2-} - srážecí titrace odměrným roztokem dusičnanu olovnatého na indikátor dithizon

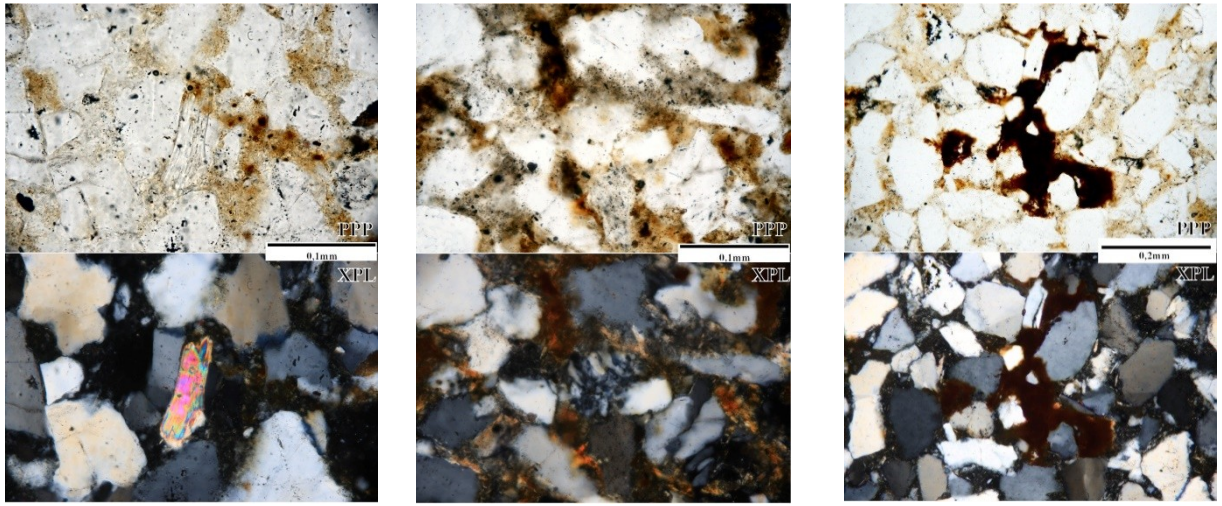
	Chloridy Cl^-	Dusičnany NO_3^-	Sírany SO_4^{2-}
Obsah v mg/kg	1292,8	1407,7	6781,7
Obsah v %	0,13	0,14	0,68
Stupeň zasolení	zvýšený	zvýšený	zvýšený

- desalinace ponorem na 14 dní

Příklady z praxe

Hlava sochy sv. Jana Nepomuckého (Josefov)

- petrografická analýza – PPL (nahoře) a XPL (dole)



Obr. 1– uprostřed snímku muskovit vedle poloostrohranných zrn křemene, 2 – uprostřed úlomek metakvarcitu, 3 – železitý tmel

Příklady z praxe

Hlava sochy sv. Jana Nepomuckého (Josefov)

- čištění – za sucha, za mokra a za mokra s přídavkem saponátu
- odstranění lepených spojů – nepodařilo se
- odstranění doplňku – mechanicky
- konsolidace – prostředek Silex OH-100 (KEIM) na bázi organokřemičitanů, před aplikací byl povrch mírně navlhčen, nátěr cca 10x
- modelace doplňku z keramické hlíny, tvorba lukoprenové a sádrové formy, tvorba odlitku z umělého kamene (750 g jemnozrnného písku, 250 g kamenné moučky, 250 g bílého cementu a 218,75 g roztoku disperze o ředění 1 : 10 objemových dílů s destilovanou vodou, 6,25 g pigmentu Lichter Ocker, 6,25 g pigmentu Goldocker hell a 6,25 g pigmentu Dunkler Ocker deutsch), zabroušení doplňku smirkovým papírem
- tmelení – použita směs jako pro tvorbu doplňku
- lepení – disperzní polyvinylacetátové lepidlo Herkules

Příklady z praxe

Hlava sochy sv. Jana Nepomuckého (Josefov)

Příklady z praxe

Sousoší Géniů (Národní muzeum, Praha)

- autor: Antonín Popp, osazeno: 1899, materiál: hořický pískovec
- dvě nadživotní postavy okřídlených chlapeckých Géniů nesoucích v rukou svatováclavskou korunu a atributy v podobě pochodně a vavřínového věnce
- originál sestaven ze dvou bloků
- ovlivněno událostmi z roku 1945 a 1968
- začátek restaurování 2005, deinstalováno
- 2006 pro statické problémy

[9]

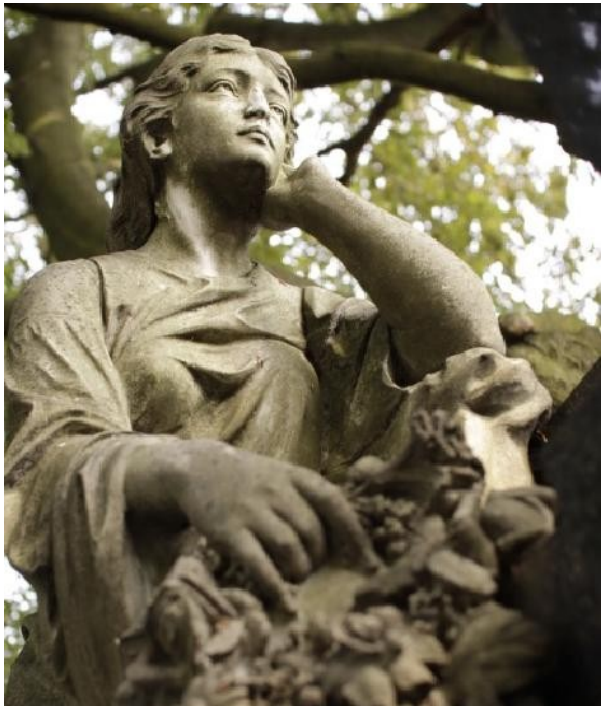
- tvorba sekané kopie z jednoho bloku božanovského pískovce tečkovací metodou (trvala 5 let), která je umístěna na původní místo, originál je nyní instalován v interiéru muzea

- https://youtu.be/3SoOgQUNWo4

Příklady z praxe

Socha Marthy Millerové (Uničov)

- osazeno: 1913, materiál: carrarský mramor
- náhrobní socha dcery místního lékaře
- očištění → odstranění drobných prasklin
  → doplnění palce na noze pod drapérií



[10]

Příklady z praxe

Nový židovský hřbitov (Praha)

- obnova 480 náhrobků a 3 hrobek (celkem 27000 náhrobků)
- jsou zde pohřbeni např. Franz Kafka, Ota Pavel, Jiří Orten či Arnošt Lustig
- zhroucení náhrobních kamenů zapříčiňují nejčastěji kořeny stromů i popínavý břečťan
- financováno z norských grantů

[12]

Příklady z praxe

Čtyři roční období (Valtice) - kopie

- autor: Daniel Daubner, osazeno: 2017
- umístění na balustrádě mostu
- barokní originály zničeny po válce

[11]

Příklady z praxe

Socha Štědrosti - kopie

- původní dílo: dílna Matyáše Bernarda Brauna
- vznik v 80. letech z umělého kamene
- poškození: rozpad podstavce vlivem koroze kovových armatur, UV fotodegradace povrchu
- restaurátorský zásah: slepení podstavce, injektáž, zatmelení, retuše

[17]

ZDROJE

ALFELD M. et al. *MA-XRF and hyperspectral reflectance imaging for visualizing traces of antique polychromy on the Frieze of the Siphnian Treasury.* Microchemical Journal, 141(2018), 395-403.

BERCERRA J. et al. *Evaluation of the applicability of nano-biocide treatments on limestones used in cultural heritage.* Journal of Cultural Heritage, 38 (2019), 126-135.

DOEHNE, E., PRICE, C. A. *Stone Conservation: An Overview of Current Research*. 2nd edition. Los Angeles: The Getty Conservation Institute, 2010. ISBN 978-1-60606-046-9.

GREGEROVÁ, M., FOJT, B., VÁVRA, V. *Mikroskopie horninotvorných a technických minerálů*. Brno: Moravské zemské muzeum, Masarykova univerzita, 2002. ISBN 80-7028-195-2.

HOLZBECHER, Z., CHURÁČEK, J. a kol. *Analytická chemie*. 1. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1987.

KOPECKÁ, I. a kol. *Preventivní péče o historické objekty a sbírky v nich uložené*. Praha: Státní ústav památkové péče, 2002. ISBN 80-86234-28-2.

KOTLÍK P. a kol. Konzervace a povrchová úprava kamene. Zpravodaj STOP 1; 3 (1999)

LEDERER OVÁ, J. a kol. *Biokorozní vlivy na stavební díla.* 1. vyd. Praha: Silikátový svaz pro Výzkumný ústav stavebních hmot, a.s., 2009. ISBN 978-80-86821-50-4.

MLEZIVA J., KÁLAL, K. *Základy makromolekulární chemie*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1986.

NIKITIN, M. K., MEL'NIKOVA, E. P. *Chemie v konzervátorské a restaurátorské praxi*. Brno: Masarykova univerzita, 2003. ISBN 80-210-3062-3.

OSTEN, M. *Práce s lepidly a tmely*. 1. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1975.

POSPÍŠILOVÁ, E. *Konzervace a restaurování pískovcového artefaktu*. Brno, 2013.

Zdroje

SEJKORA, J., KOUŘIMSKÝ, J. *Atlas minerálů České a Slovenské republiky*. 1. vyd. Praha: Academia, 2005. ISBN 978-80-200-1682-9.

SELUCKÁ, A., GROSSMANNOVÁ, H., MAZÍK. M. *Preventivní konzervace: Moderní postupy a technologie*. Brno: Jihomoravský kraj, Technické muzeum v Brně, 2014.

ŠEDÝ, V. *Sochařské řemeslo, základ sochařského umění.* 1. vyd. Praha: Státní nakladatelství krásné literatury, hudby a umění, 1953.

TEPLÝ, B. *Konzervování a restaurování kamene*. 1. vyd. Hořice v Podkrkonoší: Nadace střední průmyslové školy kamenické a sochařské, 1997.

ZELINGER, J. a kol. *Chemie v práci konzervátora a restaurátora*. 2. vyd. Praha: Academia, nakladatelství Československé akademie věd, 1987.

http://www.geology.cz/aplikace/encyklopedie/term.pl?piskovec

http://atlas.horniny.sci.muni.cz/sedimentarni/piskovec.html

http://www.geology.cz/aplikace/encyklopedie/term.pl?opuka

http://www.geology.cz/aplikace/encyklopedie/term.pl?vapenec

http://atlas.horniny.sci.muni.cz/metamorfovane/mramor.html

http://www.geology.cz/aplikace/encyklopedie/term.pl?granit

http://old.vscht.cz/met/stranky/vyuka/predmety/koroze_materialu_pro_restauratory/kadm/pdf/24.pdf

https://www.hospital-kuks.cz/cs/zpravy/83543-na-kuks-se-vratila-zrestaurovana-kopie-sochy-stedrosti

Zdroje obrázků

[1] http://www.geology.cz/aplikace/encyklopedie/term.pl?o=156

[2]Https://cs.wikipedia.org/wiki/Kamenn%C3%A1_hlava_z_M%C5%A1eck%C3%BDch_%C5%Bdehrovic

[3] https://mymodernmet.com/michelangelo-david-facts/

[4] http://www.geology.cz/aplikace/encyklopedie/term.pl?granit

[5] https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/4/47/Stackhummer--w.jpg/220px-Stackhummer--w.jpg

[6] ŠEDÝ, V. *Sochařské řemeslo, základ sochařského umění.* 1. vyd. Praha: Státní nakladatelství krásné literatury, hudby a umění, 1953. Příloha, obr. 3.

[7] https://cdn.pixabay.com/photo/2016/10/23/22/28/gull-1764882_960_720.jpg

[8] http://mineralogie.sci.muni.cz/kap_4_3_optika/epidot.htm

[9] http://www.propamatky.info/cs/zpravodajstvi/hlavni-mesto-praha/opravene-pamatky/sousosi-geniu-se-vratilo-do-historicke-budovy-narodniho-muzea/4191/

[10] http://www.propamatky.info/cs/zpravodajstvi/olomoucky-kraj/opravene-pamatky/nejkrasnejsi-socha-unicovskeho-hrbitova-prosla-obnovou/4127/

[11] http://www.propamatky.info/cs/zpravodajstvi/jihomoravsky-kraj/opravene-pamatky/ve-valticich-byly-umisteny-repliky-baroknich-soch-symbolizujici-ctyri-rocni-obdobi/3904/

[12] http://www.propamatky.info/cs/zpravodajstvi/hlavni-mesto-praha/opravene-pamatky/zidovska-obec-nechala-na-zizkove-obnovit-temer-500-nahrobku/3231/

[13] https://www.kr-vysocina.cz/caslavice-socha-sv-jana-nepomuckeho/d-4017877

[14] https://www.hrad-cheb.cz/images/photos/cerna_vez_02.jpg

[15] https://www.abicko.cz/galerie/precti-si-zabava-historie/13546/slunecni-kamen-tajemstvi-vikinskych-moreplavcu?foto=1

[16] https://www.mct.cz/soubor/hydrofobni-impregnace/

[17] https://www.drobnepamatky.cz/node/18239

Nečíslované obrázky vznikly v rámci diplomové práce: POSPÍŠILOVÁ, E. *Konzervace a restaurování pískovcového artefaktu*. Brno, 2015.