

M3: Stavební materiály – vlastnosti, degradace/poškození a způsoby oprav a obnovy

Tradiční vs. moderní nátěrové systémy na historických stavbách

Ing. Karol Bayer, 19. – 21. únor 2025, FR UPCE Litomyšl



Nátěrové systémy na fasádách a na kameni

Funkce :

- estetická
- ochranná

Důležité technické parametry (vlastnosti):

- Nasákavost
- Propustnost pro vodní páry
- Adheze (k podkladu)
- Odolnost vůči oděru (vázání pigmentů)

- Hlavní složky nátěrových systémů:**
- pojivo
 - pigmenty
 - plniva
 - rozpouštědlo

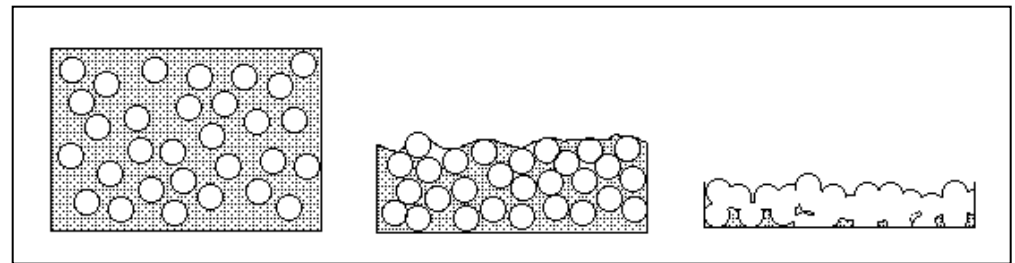
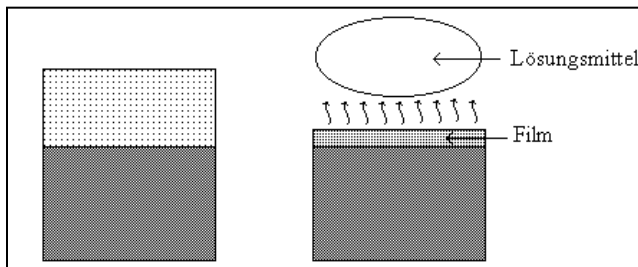
- Další přísady:**
- stabilizátory
 - tixotropní přísady
 - hydrofobizace
 - biocidy

Pojivo	Pigmenty	Plniva
<p>Minerální Vápno (vzdušná vápna, hydraulická vápna) Cement Vodní sklo</p> <p>Organické Přírodní – oleje, pryskyřice, proteiny (kasein) Syntetické – syntetické polymery</p>	<p>Přírodní pigmenty Upravené minerály (mletí, třídění, čištění) Např. rumělka, malachit, azurit...)</p> <p>Syntetické pigmenty Uměle vyrobené pigmenty Např. marsova červeň, chromoxid, zinková běloba ...</p>	<p>Upravují zpracovatelské i finální vlastnosti nátěru Např. uhličitán vápenatý (křída, mletý vápenec,...); baryt (přírodní i umělý), oxid hlinitý, mastek, oxid křemičitý,...</p>

Vysychání nátěrů / tvorba filmu

1. Fyzikální – vznik pevného „filmu“ bez chemické změny pojiva nátěru (obvykle je reverzibilní)

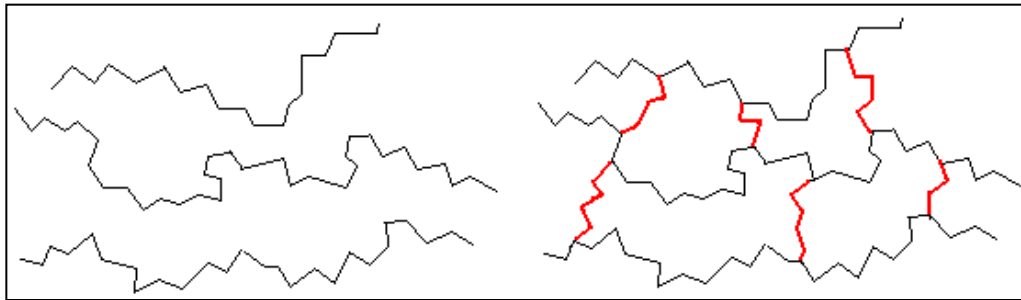
Např. : schnutí roztokových nebo disperzních nátěrových hmot



Vysychání nátěrů / tvorba filmu

2. Chemické – vznik pevného filmu spojený s chemickou změnou pojiva nebo jeho části

Např. : Schnutí vápenných, silikátových nebo olejových nátěrů



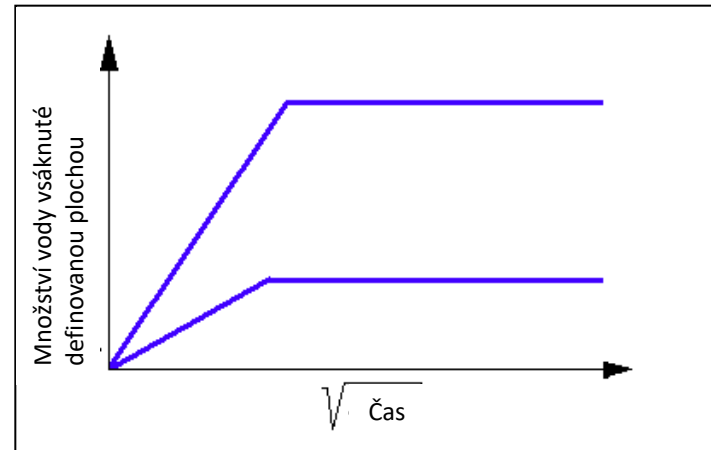
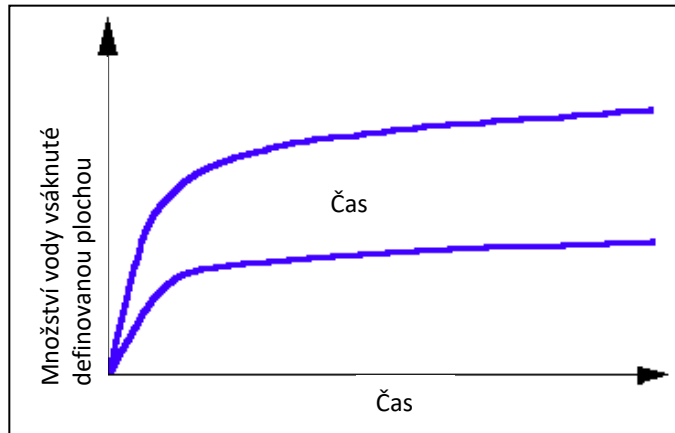
Nasákavost – transport vody kapilárním systémem nátěru v kapalném skupenství

Koeficient nasákavosti w [kg/(m²·√h)]

DIN-EN 1062

- určován množstvím kapilárně aktivních pórů nebo polaritou stěn pórů (hydrofilní nebo hydrofobní charakter)

$$W = w \cdot \sqrt{t}$$



1. vodonepropustný $w < 0,1 \text{ kg/m}^2\text{h}^{0,5}$
např. silikonové nátěry
2. vodoodpudivý $w = 0,1 \text{ až } 0,5 \text{ kg/m}^2\text{h}^{0,5}$
např. jednosložkové silikátové nátěry
3. vodoomezující $w = 0,5 \text{ až } 2,0 \text{ kg/m}^2\text{h}^{0,5}$
např. nátěry na bázi hydraulického vápna
4. vodopropustný $w > 2,0 \text{ kg/m}^2\text{h}^{0,5}$
např. nátěry na bázi vzdušného vápna

Paropropustnost

Difuse vodních par – transport vody vrstvou nátěru v parním skupenstvu

Hodnota S_d [m] - odpovídající (ekvivalentní) vrstva vzduchu (m) DIN-EN 1062

$$S_d = \mu \cdot d$$

μ - koeficient (faktor) propustnosti pro vodní páry
 d – tloušťka vrstvy (nátěru)

- $s_d \geq 0,14$ m **vysoko paropropustný**
např. vápenné nátěry, silikonové nátěry
- $s_d = 0,14-1,4$ m **středně paropropustný**
např. jednosložkové silikátové nátěry
- $s_d \leq 1,4$ m **málo paropropustný**
např. olejové nátěry

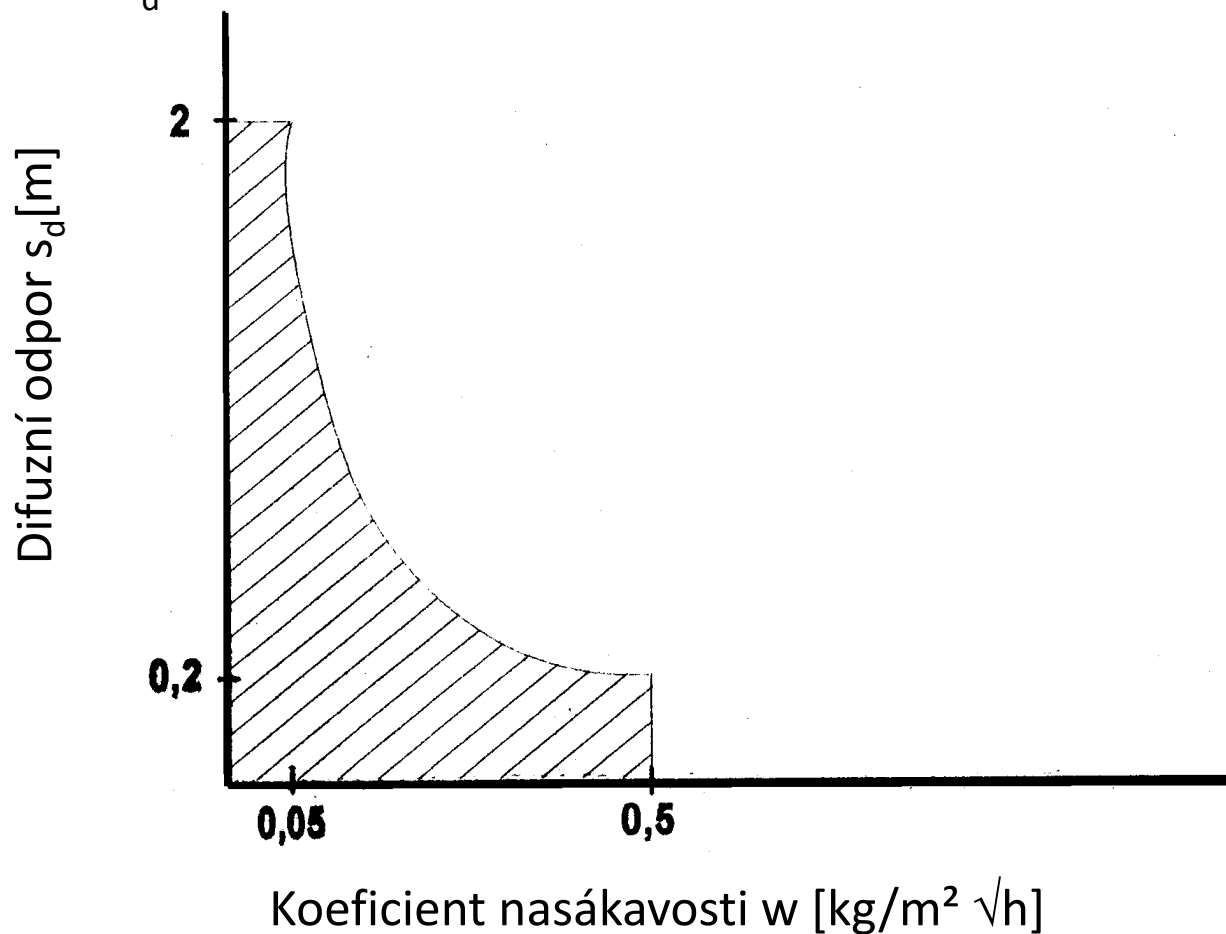
Základní požadavky kladené na fasádní nátěry z hlediska ochrany fasády

(teorie ochrany fasád podle KÜNZELA):

$$w \cdot s_d < 0,1 \text{ kg/m}\sqrt{\text{h}}$$

$$w < 0,5 \text{ kg/m}^2\sqrt{\text{h}}$$

$$s_d < 2 \text{ m}$$



Obecné požadavky :

- ochrana fasády před pronikáním kapalné vody
- ochrana fasády před působením solí
- ochrana fasády před působením atmosférických škodlivin
- ochrana fasády před biologickým osídlením a poškozením
- světelná a UV stabilita
- dobrá propustnost vodních par (paropropustnost)
- při vápenných omítkách vysoká propustnost pro oxid uhličitý
- bez tvorby vedlejších škodlivých produktů
- vysychání bez vzniku pnutí
- elasticita přizpůsobena podkladu
- vysoká životnost
- nízká špinivost
- jednoduchá zpracovatelnost

Nátěrové systémy

Nátěrové systémy

Tradiční (klasické) – vápenné, vápenné modifikované, olejové

? Silikátové

Moderní – disperzní, silikonové, samočistící (s fotokatalytickým účinkem)

Rozdělení podle typu pojiva

A. Čistě minerální pojivové systémy

- Nátěrové systémy na bázi hydroxidu vápenatého (vápenné nátěry, malba freskovou technikou)
- Nátěrové systémy na bázi hydraulických pojiv (hydraulické vápno, románský cement, portlandský cement)
- Nátěrové systémy na bázi vodního skla (čistě silikátové nátěry)

B. Kombinované pojivové systémy

- Modifikované vápenné nátěry (přídavek bílkovinných pojiv, rostlinných olejů, hydraulických pojiv)

C. Organické pojivové systémy

- Nátěrové systémy na bázi kaseinátu vápenatého
- Nátěrové systémy na bázi olejo-bílkovinných pojiv (tempera)
- Nátěrové systémy na bázi vysychavých olejů

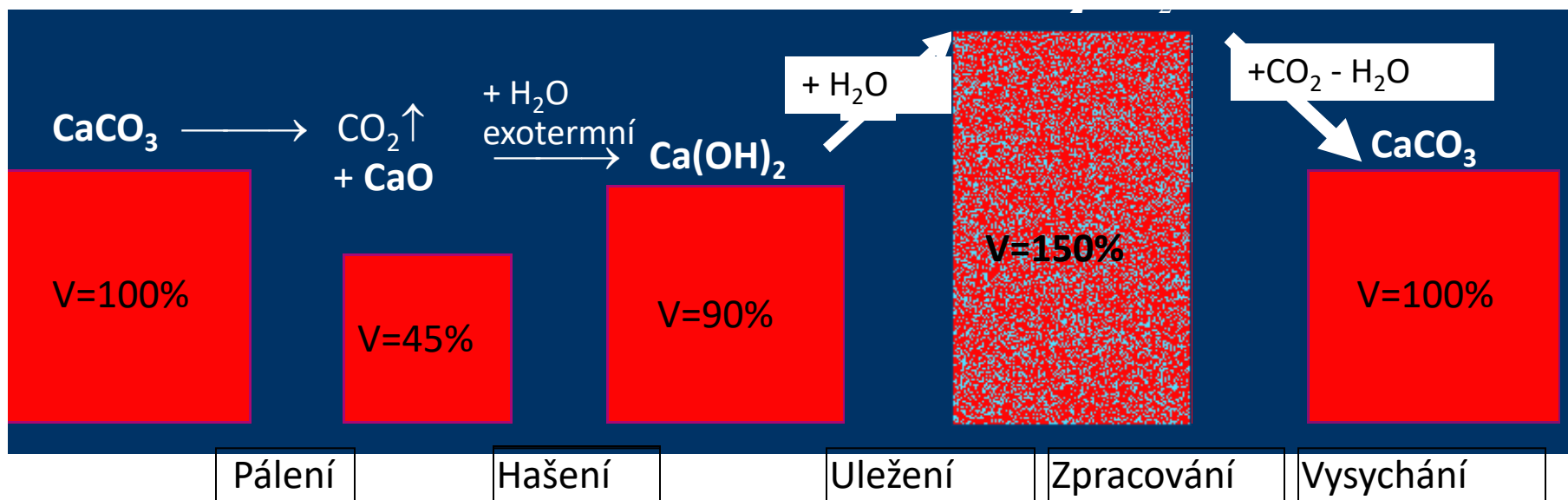
Vápenné nátěry

Pojivo: $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ve formě hašeného vápna,

Příprava: pálení uhlíčitanu vápenatého (vápenec, mramor, skořápky mušlí) a následné hašení s vodou

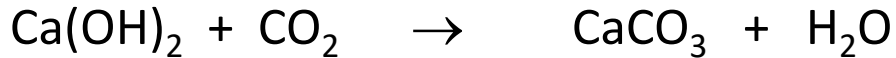
Nejvyšší kvalita – příprava z čistých vápenců, měkké pálení, palivo s nízkým obsahem síry, delší doba zavodnění po hašení

Vápenná kaše resp. vápenné mléko: suspenze $\text{Ca}(\text{OH})_2$: jemné (ca. $\leq 5 \mu\text{m}$ \emptyset), šupinovitě částice (cca. $\leq 5 \mu\text{m}$ \emptyset), obsah ca. 30% hm.



Vysychání :

-hlavně chemické (karbonatace přeměna na uhličitan – karbonát)



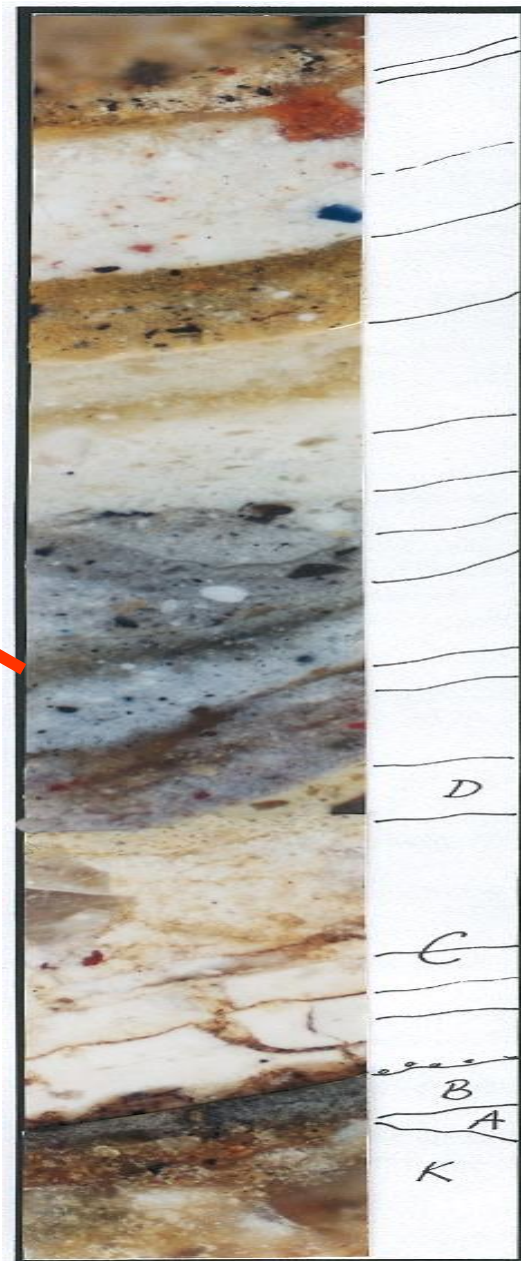
- v první fázi částečně fyzikální (odpaření vody, resp. penetrace vody do podkladu) doprovázené zmenšením objemu (smrštěním)
- **optimální karbonatace** - vyšší vlhkost a teplota (větší krystaly CaCO_3)
- **důležité !!! – zabránit rychlému vysychání** (při vysoko nasákových podkladech nutné předvlhčení)
- podklady citlivé na vodu (např. sádrové omítky nebo sádrové štukové prvky) je vhodné před nanesením ošetřit (disperze, kasein,..)
- čistě minerální nátěr; lze nanášet i na nevyzrálé vápenné omítky

Vlastnosti

- **vysoká** paropropustnost, ale i vysoká nasákovost; vysoká odolnost vůči UV
- **nízká** odolnost vůči kyselým atmosférickým škodlivinám (oxidy síry); lze **nanášet jenom na minerální podklady**

Dům u Rytířů v Litomyšli

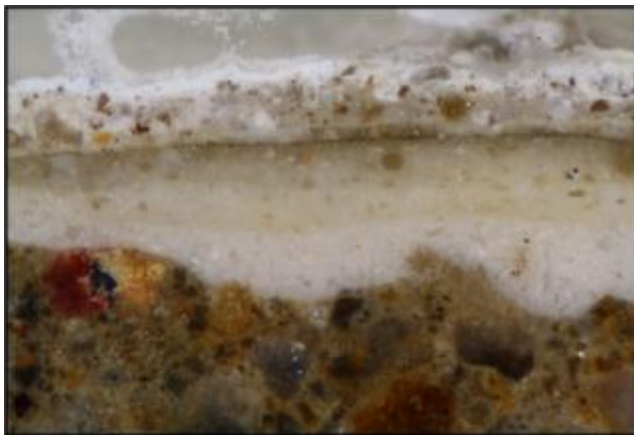
16. století



Dům u Rytířů v Litomyšli



Vila Tugendhat Brno



Vila Tugendhat Brno

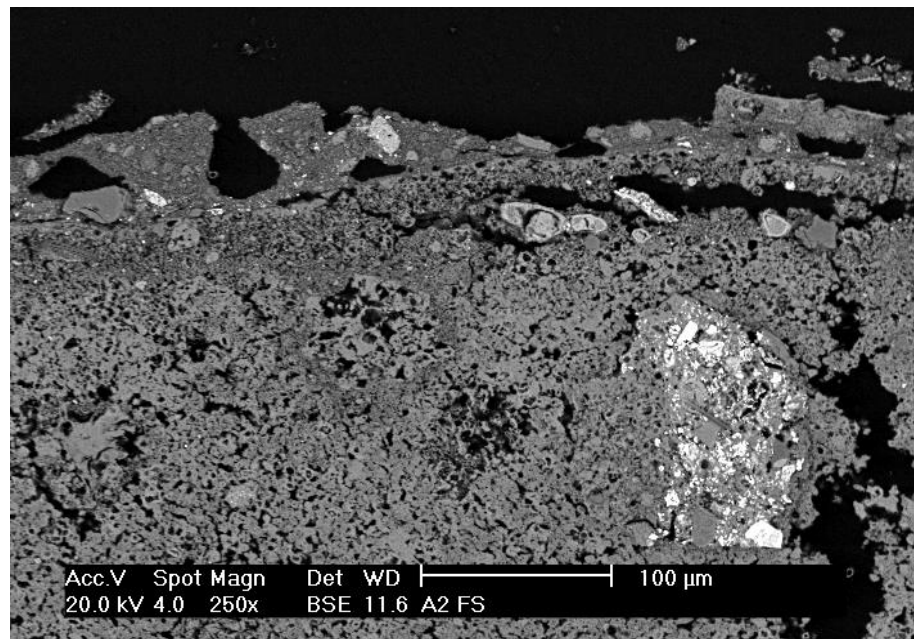
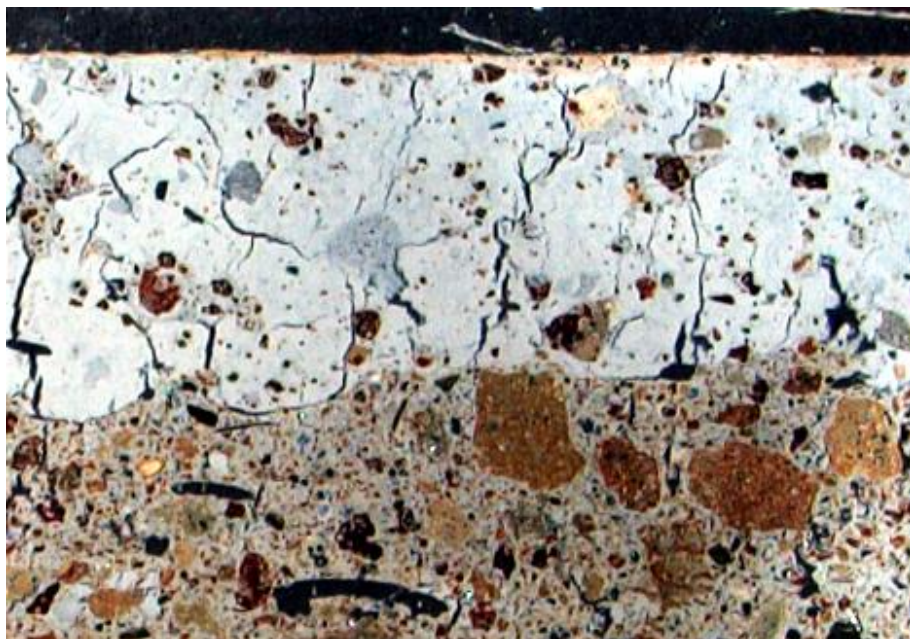


Modifikované vápenné nátěry:

Dispergované vápno – mechanicky upravená suspenze hydroxidu vápenatého (menší částice – rychlejší karbonatace, rychlejší nárůst pevnosti, kompaktnější nátěry a lepší adheze k podkladu)

Kaseinát vápenatý – příměs mléčných bílkovin (tvarohu), event. technického kaseinátu, vyšší pevnost, nižší nasákavost

Cement (bílý cement) – zvyšování pevnosti na úkor elasticity a paropropustnosti



Výhody vápenných nátěrů

- Dobré propojení s minerálními podklady
- Minimální ovlivnění rychlosti vysychání podkladu
- Biocidní účinek
- Mechanické vlastnosti (E-modul) odpovídající podkladu (vápenné omítky)
- Možnost modifikace a různých úprav konečného vzhledu (pigmenty, písky, strukturovaný povrch, tloušťka nátěru,...)

Nevýhody vápenných nátěrů:

- Relativně silné vrstvy nátěru
- Nižší odolnost vůči povětrnostním vlivům
- Omezená barevná paleta při sytých tónech (nepoužívat pigmenty citlivé na alkálie; obsah pigmentů cca. do 5%)
- Nároky na podklad (nasákavost, soli,...)

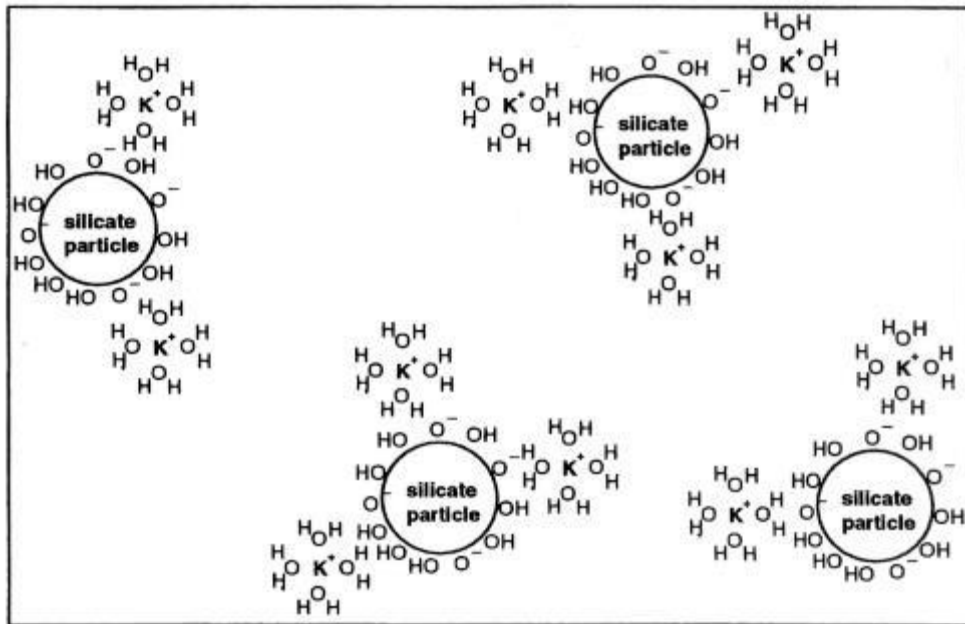
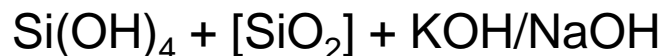
Silikátové barvy (minerální barvy)

Pojivo: vodní sklo (draselné)

Výroba:



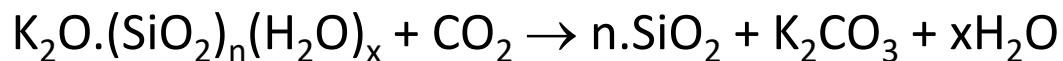
Hydrolyzá s vodou – koloidní roztok:



Každá částice obsahuje
cca. 90-100 [SiO₂]

Vysychání:

Hlavně chemické (na počátku částečně i fyzikální)

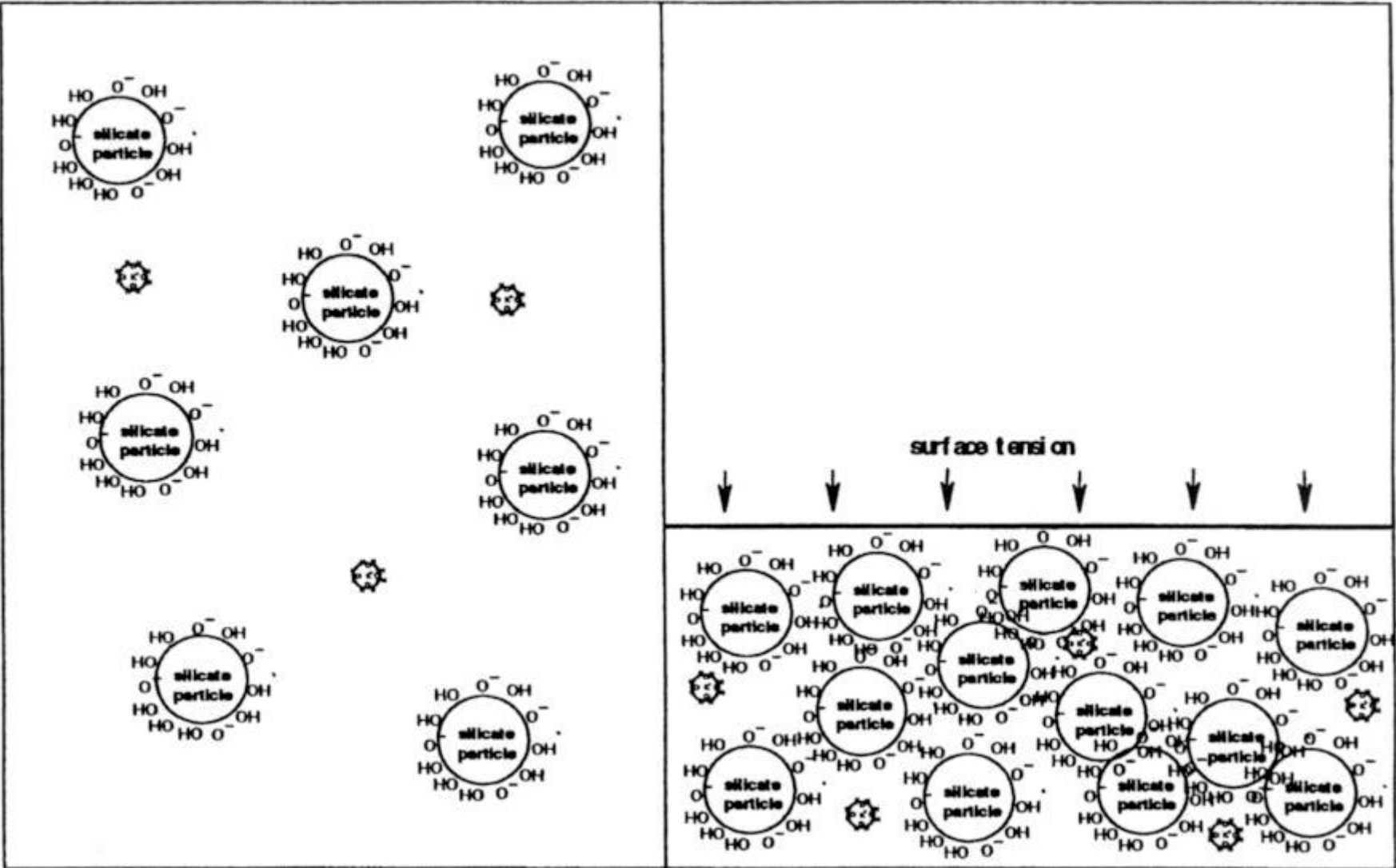


pH nátěru před vytvrdnutím – 10-12

Tvorba gelu kondenzací částic SiO_2 :

- 1) Odpaření vody
- 2) Pokles pH pod 10,6 neutralizací s CO_2
- 3) Reakce s pigmenty nebo plnivy rozpustnými v alkalickém prostředí, příp. z podkladu (vícemocné kationy působící jako můstek mezi částicemi např. zinková běloba, litopon, hydroxid vápenatý z nevyzrálých malt – následně možnost vzniku CSH fází (?),...)

Tvorba gelu



Historie silikátových barev

1818 - Johann Nepomuk von Fuchs - „objevení vodního skla“

1823 - J. N. v. Fuchs a J. Schlotthauer: „Stereochromie“, metoda ke zpevnění, fixaci nátěrů na omítkových podkladech pomocí vodního skla

A.W. Keim – další vývoj – „Minerální barvy“

První technika (patentovaná v r. **1878**, pro malbu v interiéru i exteriéru):
napuštění podkladu vodním sklem, následně nanesení pigmentů rozmíchaných ve vodě (vodní suspenze) a potom opakovaná fixace draselným vodním sklem (často tvorba povlaků)

Druhá technika (zavedená v r.**1881** pro malbu v interiéru i exteriéru):

Pigmenty se nanášejí v suspenzi ve vodním skle na povrch ošetřený vodním sklem; dodatečná fixace není nutná

Silikátové barvy současnosti – druhá technika:

- **Dvousložkové silikátové barvy:** vodní sklo a pigmenty se smíchají těsně před použitím barvy (poměr pojivo: barvicí směs = cca. 1:1; ponechat po smíchání cca. 12 hod „odležet“ např. přes noc)
 - používají se od přelomu 19. a 20.století
- **Jednosložkové silikátové barvy:** hotová („prefabrikovaná“) směs pojiva a barvicích složek s příměsí retardérů reakce (gelování) – polymerní disperze (proto i název disperzní silikátové barvy); maximálně 5% disperze; možnost přídavku hydrofobizačních přísad; jednodušší zpracovatelnost jako u dvousložkových silikátových barev
 - používají se od druhé poloviny 20.století
- **Sol-silikátové barvy** (od 2002) hotová jednosložková („prefabrikovaná“) směs pojiva a barvicích složek; pojivo je kombinace vodního skla a koloidního SiO_2 ; příměs polymerní disperze (max. 5 %)

Pigmenty a plniva – odolné vůči alkalickému prostředí (10-50%)

Vlastnosti obecně:

- minerální systém
- matný vzhled
- vysoká odolnost vůči UV i chemickým vlivům
- velmi dobrá paropropustnost
- vysoká životnost;; lze nanášet jen na vyzrálé omítky
- obtížná odstranitelnost (mechanicky)
- vysoká alkalita; možnost tvorby draselných solí
- lze nanášet jen na minerální podklady

Modifikace

- vyšší obsah polymerní disperze (až do 15%) – vlastnosti se blíží vlastnostem disperzních nátěrů
- přídavek koloidního SiO_2 – zlepšení adheze na organických podkladech (disperzních barvách)

Výhody silikátových nátěrů:

- vzhled blízký vápenným nátěrům
- dobrá paropropustnost
- nižší nasákavost jako vápenné nátěry
- vysoká odolnost vůči stárnutí
- biocidní účinek (alkalita)

Nevýhody silikátových nátěrů:

- „zpevnění“ podkladu a riziko vzniku „překonsolidovaných“ tenkých vrstev
- při korozi často degradace s částí podkladu
- zanášení draselných solí
- obtížné odstranění (nereverzibilní)

Disperzní nátěry

používané od 50-tých let 20-století

- nátěrové systémy na bázi polymerních disperzí (velikost částic 0,1 až 5 μm ; menší velikost částic – vyšší retence vody při vysychání a větší lesk vzniklého filmu), obsah sušiny v disperzi 40-60%; pH = 6-8

- **základní složky:**

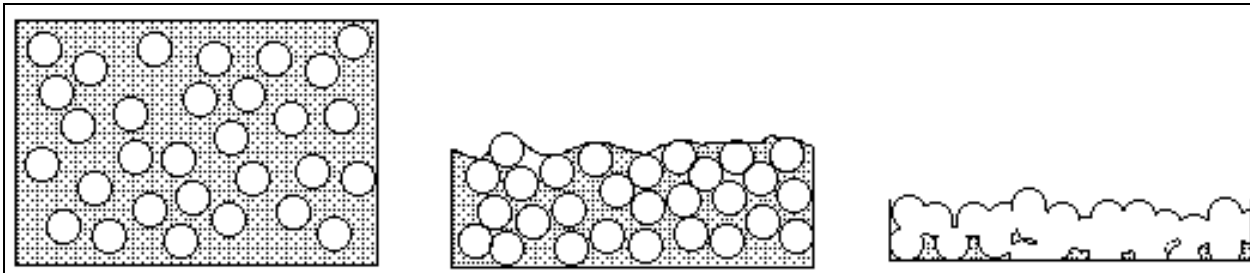
polymery: akryláty nebo jejich kopolymery, polyvinilacetát a jeho kopolymery
pigmenty a plniva

pomocné látky: tenzidy, ochranné koloidy, přísady pro snižování pěnovosti, biocidy

Vysychání: fyzikální, tvorba filmu

!!! Minimální filmotvorná teplota (MFT; obvykle 5-10°C)

T_g – teplota skelného přechodu polymeru (obvykle nad 80°C pro exteriér)



Obsah sušiny:	ca. 50-60 M.-%
Poměr pojivo-pigment	
(Disperze) : (Pigment+Plnivo)	1 : 1,2
(Pevný polymerní film) : (Pigment+Plnivo)	1 : 2,4
Objemová koncentrace pigmentu OKP	ca. 45 obj.-%
Disperzní laky	OKP = 15 - 20 %, málo plniv
Exteriérové disperzní nátěry:	OKP = 30 – 55 %
Interiérové disperzní nátěry:	OKP = 50 – 80 %

Vyšší OKP – nátěr se chová méně jako film

Pigmenty a plniva : anorganické i organické, bez větších omezení

Vlastnosti:

- horší paropropustnost než minerální nátěry
- nižší odolnost vůči UV než minerální nátěry
- odlišná elasticita a tepelná roztažnost jako minerální omítky
- lze nanášet na minerální (vyzrálé omítky) i neminerální podklady

Výhody disperzních nátěrů:

- jednoduché zpracování
- možnost nanášení na různé podklady
- možnost použití různých pigmentů, i v sytých tónech
- relativně dobrá chemická odolnost
- nízká nasákavost
- překrytí (přemostění) trhlin
- relativně reverzibilní

Nevýhody disperzních nátěrů:

- nízká paropropustnost
- odlišná tepelná a vlhkostní roztažnost jako podklad (10-20 vyšší než minerální materiály)
- vyšší špinivost
- často koroze těsně po nátěrem – na povrchu podkladu
- odlišný vzhled jako tradiční materiály

Silikonové nátěrové hmoty

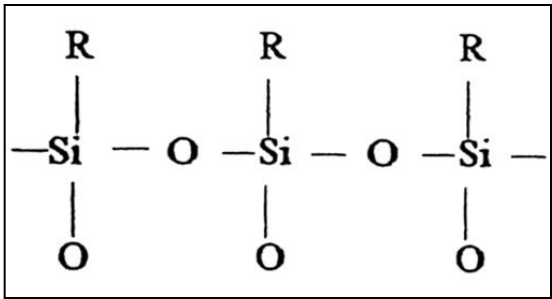
- Používané od 60-tých let 20.století
- Nátěrové systémy na bázi vodných silikonových emulzí s příměsí polymerních disperzí
- Označení částečně zavádějící

Hlavní složky:

- silikonová emulze, polymerní disperze
- pigmenty a plniva $\geq 60 \%$
- pomocné látky – tenzidy, zahušťovadla, biocidy,...

Vysychání: fyzikální (vznik polymerního filmu disperze s obsahem silikonu)

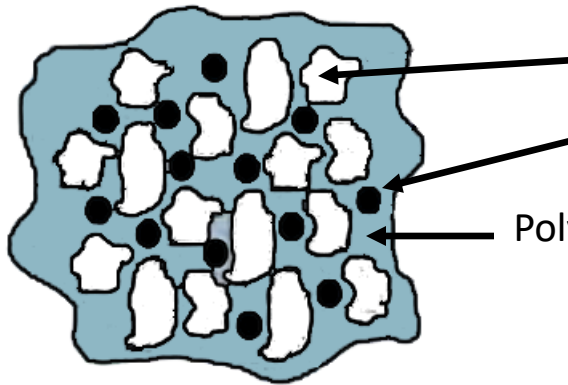
- **Polymer** (do 5% sušiny) – **pojivé vlastnosti**
- **Silikon** (do 5% sušiny) - **vodoodpudivost**



Schematická struktura silikonu

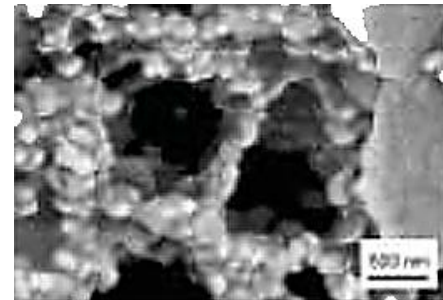
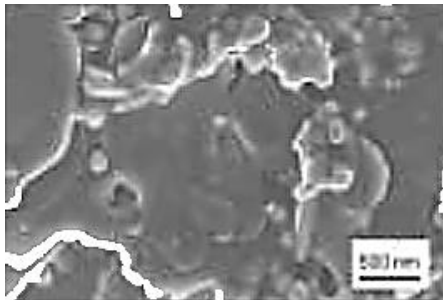
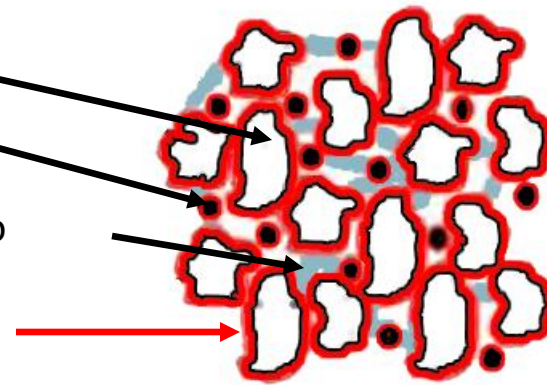
Pigmenty a plniva: všechny minerální pigmenty i plniva

Disperzní nátěr



Plnivo
 Pigment
 Polymerní pojivo
 Silikonová pryskyřice

Silikonový nátěr



Vlastnosti:

- vysoká odolnost vůči UV i vůči chemickým vlivům
- vysoká odolnost vůči chemickým vlivům
- vysoká paropropustnost
- nízká nasákavost
- nízká špinivost
- dobrá zpracovatelnost
- lze nanášet na minerální i neminerální podklady

Modifikace

Lazurovací nátěr:

- Ředění vodou – snížení vodoopudivosti
- Ředění silikonovou emulzí – snížení pojivých vlastností
- Ředění bezbarvou silikonovou barvou – zvyšování tendence ke tvorbě kompaktnějšího filmu (snižování paropropustnosti)

Stěrky (pačoky):

- Příměs jemnozrnných plniv (písku,..)

Výhody silikonových nátěrových hmot:

- možnost nanášení na různé podklady
- široká barevná škála, i syté tóny
- krycí i lazurovací nátěry
- vysoká paropropustnost a nízká nasákavost
- vysoká odolnost vůči korozním vlivům

Nevýhody silikonových nátěrových hmot:

- obtížná odstranitelnost
- odlišný vzhled i stárnutí jako tradiční nátěrové systémy
- obnova (přetírání) jen podobnými systémy

Roztokové nátěry

Pojivo: polymery (syntetické nebo přírodní) aplikované ve formě roztoku v organických rozpouštědlech (akryláty, alkydy, kopolymery VAC,...)

Vysychání: fyzikální (u některých systémů kombinované); po odpaření rozpouštědla vznik polymerního filmu

Vlastnosti:

- obsahují organická rozpouštědla
- nízká paropropustnost
- nižší odolnost vůči UV než minerální nátěry
- odlišná elasticita a tepelná roztažnost jako minerální materiály
- odlišné mechanické vlastnosti jako minerální materiály
- u některých systémů obtížná odstranitelnost

Olejové nátěry

- Používané zejména v 18-19.stol. (kámen, později i fasády)

Hlavní složky: - vysychavé oleje (lněný)

- pimenty (plniva)

- sikativy

- rozpouštědla (terpentýn)

Vysychání: - chemické (v počáteční fázi částečně fyzikální) -
autooxipolymerace

- změny objemu – možnost vzniku krakel (prasklin)

- před nanesením často impregnace podkladu vysychavým
olejem (horkým)

Pigmenty a plniva: široká škála minerálních pigmentů, oblíbené zejména
olovnaté pigmenty (sikativní účinek)

Obnovování nátěru cca. v 20-letých intervalech

Výhody olejových nátěrů

- vysoká kryvost
- široká barevná škála, i velmi syté tóny
- vysoká vodoodpudivost
- překrytí prasklin

Nevýhody olejových nátěrů

- velmi nízká paropropustnost
- nízká odolnost vůči UV
- změny vlastností v důsledku stárnutí (elasticita, vzhled, pojivé schopnosti, ztráta vodoodpudivosti ...)
- vznik krakel
- obtížná odstranitelnost
- nutnost pravidelné péče – obnovy nátěru

Nejčastější typy exteriérových historických nátěrů (barevných vrstev) nástěnných maleb, barevně pojednaných prvků architektury a objektů z kamene (resp. příbuzných materiálů – umělý kámen, keramika...)

A. Čistě minerální pojivové systémy

- Nátěrové systémy na bázi hydroxidu vápenatého (vápenné nátěry, malba freskovou technikou)
- Nátěrové systémy na bázi hydraulických pojiv (hydraulické vápno, románský cement, portlandský cement)
- Nátěrové systémy na bázi vodního skla (čistě silikátové nátěry)

B. Kombinované pojivové systémy

- Modifikované vápenné nátěry (přídavek bílkovinných pojiv, rostlinných olejů, hydraulických pojiv)

C. Organické pojivové systémy

- Nátěrové systémy na bázi kaseinátu vápenatého
- **Nátěrové systémy** na bázi olejo-bílkovinných pojiv (tempera)
- **Nátěrové systémy** na bázi vysychavých olejů

Poškození /degradace (koroze) barevných vrstev

– specifický, často velmi komplexní typ degradace

Barevná vrstva – velmi komplikovaný kompozitní materiál:

- Pojivo: minerální (anorganické, organické)
- Pigmenty a barviva: přírodní, syntetické (anorganické, organické)
- Plniva (zpravidla anorganické)
- další aditiva (stabilizátory, tenzidy, biocidy, změkčovadla...)

Běžné projevy:

A. Mechanické poruchy (změna mechanických vlastností)

- Křídovatění (resp. práškovatění) barevných vrstev – ztráta koheze
- Vznik prasklin – krakeláž
- Odlupování barevných vrstev – ztráta adheze
- Deformace a odlupování barevných vrstev (od podkladu; navzájem)

B. Změna vzhledu (barevného tónu)

- Tmavnutí nebo naopak světlání
- Posun barevného odstínu
- Vznik zákalů

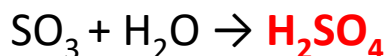
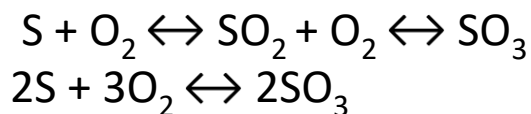
Příčiny:

- „fyzikální“ degradace celé vrstvy nebo některé složky (podobné korozní faktory jako v případě porézních materiálů – vliv mrazu, vodorozpustných solí, změn teploty a vlhkosti)
- u organických pojiv významný vliv i dalšího fyzikálního činitele – UV záření
- chemická koroze celé vrstvy nebo některé složky:
 - oxidace (resp. fotooxidace – v kombinaci s UV zářením)
 - reakce s běžnými polutanty (oxidy síry, oxidy dusíku)
 - specifické chemické reakce (specifické znečišťující činitele; reakce pigment- pojivo; reakce pigment- pigment)

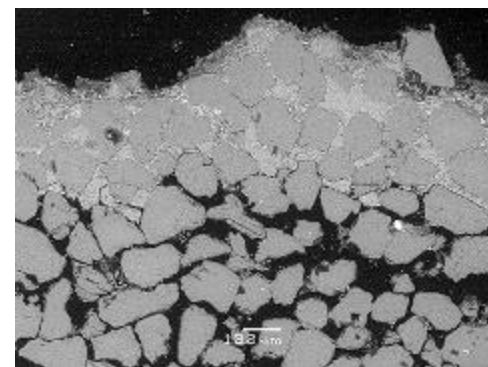
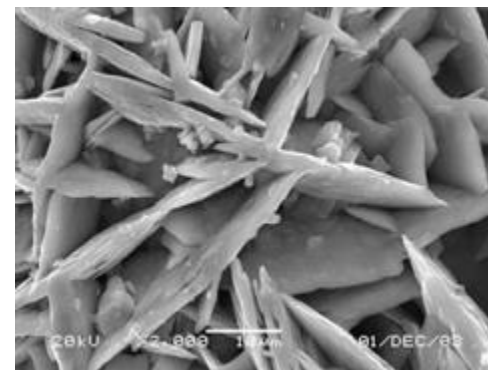
V případě exteriérových nátěrů na bázi hydroxidu vápenatého – nejčastější poškození – sulfatizace

Oxidy síry – SO_2 , SO_3 – vedlejší produkt při spalování fosilních paliv
např. topné oleje, uhlí – 1 až 4% síry (vázaná v pyritu, organických sloučeninách a síranech)
tj. 20 až 50 kg SO_2 na tonu paliva

Zjednodušené schéma vzniku :

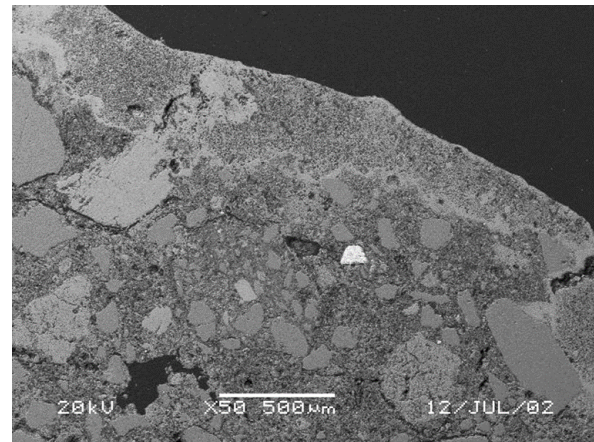
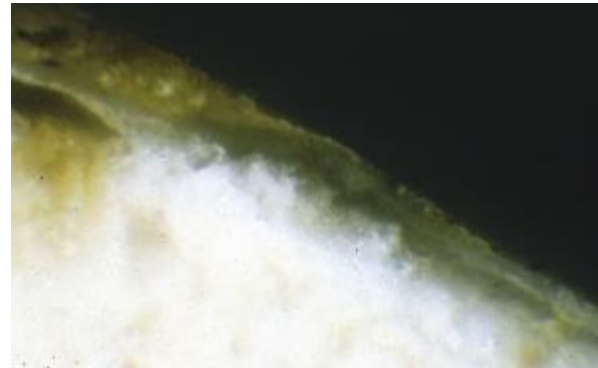


- hlavní příčina kyselých dešťů (nízké pH)
- nejvíce postižené – materiály obsahující karbonáty

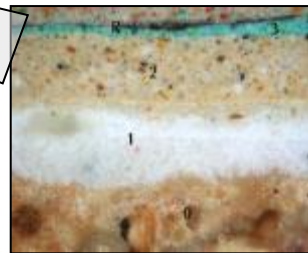
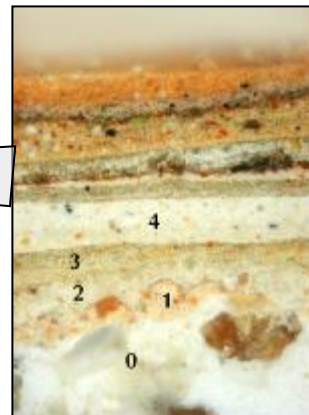
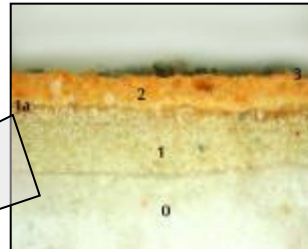


ca. 160x rozpustnější ve vodě než CaCO_3
zvětšení objemu přibližně o 100%

Sulfatizace



Sulfatizace



1993



2007



2010

