

Sammanfattning av avhandling för avläggande av filosofie doktorsexamen:



Conservation of Gotland Sandstone
Overview of Present Conditions
Evaluation of Methods

MALIN MYRIN



Institutionen för kemi
Göteborgs universitet 2006

KONSERVERING AV GOTLÄNSK SANDSTEN - EN EVALUERING AV MATERIAL OCH METODER

Projektpresentation

Denna avhandling är ett resultat av tvärvetenskapliga studier inom ämnesområdena materialkunskap, miljövetenskap och konservering. Arbetet har bedrivits inom ramen för NMK (Företagsforskarskolan Naturliga material med inriktning mot Miljö- och Kulturvård) vid Göteborgs universitet och Chalmers tekniska högskola i samarbete med Stenkonservatorn Skanska i Stockholm.

Examinator har varit Professor Oliver Lindqvist, Chalmers/Göteborgs universitet, och Professor Jan Rosvall, Chalmers/Göteborgs universitet, har varit huvudhandledare. Externa handledare/mentorer har varit Dr. Katarina Malaga, SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut, och Dr. Daniel Kwiatkowski, Stenkonservatorn Skanska.

Laboratoriearbetet har i huvudsak utförts vid SP i Borås, Chalmers tekniska högskola i Göteborg och Cementa Research AB i Slite på Gotland. Forskningen har finansierats av SBUF och KK-stiftelsen samt Skanska Sverige AB.

Avhandlingen är en s.k. sammansättningsavhandling, vilket innebär att forskningsresultaten delvis har presenterats i artikelform under projektets gång. Dessa artiklar finns bifogade i avhandlingen.

Inledning

På södra Gotland har man sedan medeltiden brutit Burgsvik sandstenen i områden som Botvide och Uddvide. Denna sten, vanligtvis kallad gotländsk sandsten, har i stor utsträckning exporterats till områden runt Östersjön. Stenen är porös och tämligen homogen, vilket gör den lätt att forma och arbeta med. Detta har gjort stenen till ett omtyckt byggnadsmaterial i konstruktioner, ornament och skulpturer. En betydande del av den svenska kulturhistoriskt viktiga arkitekturen är huggen i denna stensort. Stockholms slott, Riddarhuset och Riddarholmskyrkan samt många av de vackra portalerna i Gamla stan i Stockholm är några exempel på de otaliga byggnader som smyckats med dekorationer huggna i gotländsk sandsten.

Den gotländska sandstenen har i stor utsträckning exporterats till områden runt hela Östersjön. I de nordiska och baltiska länderna är gotländsk sandsten ett av det mest använda byggnadsmaterialet i kulturhistoriskt viktiga byggnader. Gotländsk sandsten behöll sin popularitet in på 1900-talet och bryts än idag men i små kvantiteter, mest för restaureringsändamål.

Stenen klassas som mycket vittringsbenägen, särskilt i rådande utomhusklimat. Senare tids hårda miljöbelastning bidrar till att stenens naturliga vittringsprocesser sker i ett snabbare tempo men även oförsiktiga konserveringsmetoder, okunskap och ointresse bidrar till att värdefulla kulturmiljöer snabbare går förlorade än vad som skulle vara nödvändigt.

Stenens vittringsprocess är komplex, kemisk, fysikalisk och biologisk påverkan var för sig och/eller i samverkan orsakar nedbrytningen. De viktigaste faktorer gällande nedbrytning av gotländsk sandsten är:

- Upplösning av kalcit (i stenens bindemedel)
- Frostpåverkan
- Saltpåverkan
- Biologisk påverkan

Nedbrytningen visar sig i form av intensiv sandning/pulverisering och exfoliering (avskalning) samt saltdeposition. Andra typiska skador är sprickor, som orsakas av sättningar i byggnaden och av rostande järnföremål, mikrosprickor och svart krusta som bildas på områden som är skyddade för regn. Dessa skador förändrar på olika sätt stenobjektets uttryck (Bild 1 och 2).



Bild 1. Sandning och exfoliering förändrar stenobjektets uttryck totalt genom att suddat ut skulpterade former, detalj av Petersenska husets dubbelportal, Gamla stan Stockholm.



Bild 2. Typisk skadebild gällande gotländsk sandsten, vittring visar sig i form av sandning på ytor utsatta för regn och mörk krusta på regnskyddade ytor, detalj av fasaddekoration, Ridarhuset i Stockholm.

Lämpligt underhåll med i rätt tid insatta och regelbundet återkommande konserveringsåtgärder hämmar stenens nedbrytning och objektet kan därigenom bevaras under en förlängd tidsperiod.

De vanligaste konserveringsåtgärderna och arbetsmomenten gällande Gotländsk sandsten är:

- Pre-konsolidering, som görs om det visar sig nödvändigt att säkra särskilt utsatta delar av ett objekt före rengöring.
- Limning och säkring av utsatta delar, görs likaså för att säkra utsatta delar av ett objekt.
- Rengöring, görs vanligtvis med vattentvätt. Krustor rengörs med hjälp av lerinpackning, ev. med kemiska tillsatser.
- Avsaltning, om salthalten visar sig vara hög görs avsaltning med hjälp av inpackning.
- Konsolidering (stärkande behandling), stenen behandlas med konsolideringsprodukt, vanligtvis tetaethoxysilaner (TEOS).
- Lagningsarbete, sprickor och andra skador tätas med hjälp av ett lagningsbruk baserat på sandstensmjöl och hydraulisk kalk som bindemedel, en akrylatlösning om 5 % eller 10 % används vid blandning av bruket (detta för att öka brukets plasticitet). Lösa bitar dubbas och fästes, ibland görs rekonstruktioner av förlorade delar.
- Hydrofobering (vattenavvisande behandling), avslutningsvis kan en hydrofoberande behandling göras vanligtvis med produkter baserade på silaner/siloxaner. Detta är en sällan föreskriven behandling, konservatorer, antikvarier etc. i Sverige är restriktiva gällande dessa behandlingar.

Obligatorisk dokumentation av objektet före, under och efter konservering är en viktig del av konserveringsprogrammet, normalt även sammanställning av en konserveringsrapport.

Målsättningar, metoder och material

Forskningens målsättning har varit att studera och utvärdera effekterna och varaktigheten av konserveringsåtgärder, både metoder och material samt att söka möjligheter till förbättringar och kompletteringar av arbetsprogram gällande gotländsk sandsten.

I detta syfte har ett antal objekt som genomgått omfattande konserveringsåtgärder under 1990-talet och början av 2000-talet studerats över en femårs period. Objekten har besökts fyra gånger om året för observation, mätningar och dokumentation. Konserveringsprojekt som utförts under studietiden med möjlighet till forskning i samband med dessa har inkluderats i studien.

Avhandlingen fokuserar på tre huvudteman, vilka har studerats på objekt i fält och på fältstationer samt i laboratorieundersökningar, dessa är:

- Studier gällande konsoliderande behandlingar (stärkande behandling)
- Studier gällande hydrofoberande behandlingar (vattenavstötande behandling)
- Studier gällande lagningsbruk för sten

Undersökningsmetoder som tillämpats på objekten i fält är ickedestruktiva. Samtliga objekt har studerats med hjälp av okulära metoder. Saltanalyser har gjorts och stenens vattenupptagning har mätts med hjälp av ett s.k. Karstensrör. Ultraljudsmätningar har använts för att bedöma stenens porositet och styrka.

Nybrutna och vittrade stenprover samt bruksprover har använts för studier i laboratorium och på fältstationer. Laboriemetoder innefattade bl.a. mikroskopiska undersökningar av tunnslipsprover, vidhäftningstester, mätning av vattenabsorption, sorption och kapillärsugning. Porositetsmätningar utfördes med hjälp av gasadsorption och porositetsbedömningar med hjälp av ultraljudsmätningar. Färgförändringar mättes med hjälp av färgkamera.

Studie gällande konsoliderande behandlingar

Syftet gällande studien av konsoliderande behandlingar var att observera, dokumentera och evaluera fysiska förändringar i stenen efter konsolidering samt att evaluera behandlingens varaktighet.

Behandlingar på objekt i fält studerades med hjälp av okulära metoder, mätningar av vattenupptagning och saltanalyser. På några av objekten gjordes ultraljudsmätningar före och efter avslutad konservering, mätningarna upprepades sedan regelbundet efter behandling. Nybrutna och vittrade stenprover studerades i laboratorium. Med syftet att analysera hur stenens fysikaliska egenskaper förändras efter konsolidering gjordes mätningar av vattenabsorption, kapillärsugning, sorption och torkning. Porositetsmätningar gjordes med hjälp av gasadsorption, dels mätning av porytans area enl. BET (Brunauer, Emmet Teller), dels mätning av genomsnittlig porstorlek (pordiameter).

Nedan presenteras några av de viktigaste resultaten:

- Studier i fält visade att konsoliderande behandling i de flesta fallen hade reducerat stenens nedbrytning utan att medföra några negativa konsekvenser. Behandlingseffektens varaktighet varierade avsevärt mellan de olika objekten, mestadels beroende på objektens utsatthet för vatten. Både fall av mycket kortvariga

behandlingseffekter (< fem år) och fall av långvariga behandlingseffekter (> 15 år) observerades (Bild 3 och 4).

- Mätningar av vattenupptagning visade stora variationer. I de flesta fall, men inte alltid, kunde en direkt korrelation mellan iakttagen skadegrad och vattenupptagning fastställas.
- Ultraljudsmätningar visade en förbättring i stenens styrka genom en hastighetsökning på mellan 300 och 1700m/s efter behandling. Mätningar gjorda 12 och 24 månader efter behandling visade fortfarande på ökad styrka. En korrelation mellan mätresultat och iakttagen skadegrad kunde i de flesta fall, men inte alltid, fastställas.
- Resultat från mätningar av kapillärsugning visade en avsevärd minskning i upptagningsförmåga efter konsolidering, både gällande nybruten och vittrad sten.
- Sorptionstester visade att behandlingen minskade stenens upptagning av fuktighet betydligt men att behandlingen för övrigt inte påverkade vattenupptagnings- eller torkningsprocessen.
- Porositetsmätning med hjälp av gasadsorption visade att den genomsnittliga porstorleken minskar efter konsolidering, samtidigt medförde detta att den sammanlagda arean av porytan (BET) ökade.



Bild 3. Exempel på mycket långvarig behandlingseffekt, portalen konsoliderades år 1990 och uppvisar inga tecken på vittring eller sandning, Vadsbro kyrkas huvudportal, Södermanland.

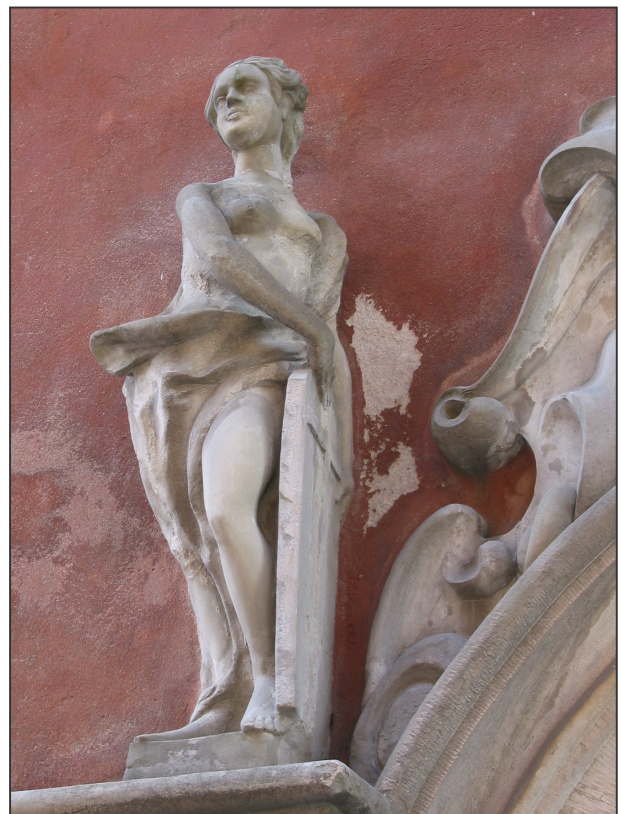


Bild 4. Exempel på kortvarigt behandlingresultat, skulpturen behandlades 1991 men inom fyra år kunde sandning observeras igen, Ryningska palatsets portal i Gamla stan, Stockholm.

Studie gällande hydrofoberande behandlingar

Syftet gällande studien av hydrofoberande behandlingar var att observera, dokumentera och evaluera fysiska och estetiska förändringar i stenen efter behandling samt att evaluera behandlingens varaktighet också med aspekt på olika produkter.

Behandlingar på objekt i fält studerades med hjälp av okulära metoder och mätningar av vattenupptagning. Hydrofoberade stenprover exponerades på fältstationer där de mättes regelbundet under en treårs period, dessutom placerades några stenprover i UV-kammare för accelererad åldring.

Nedan följer några av de viktigaste resultaten:

- Resultaten från studier i fält och i laboratorium visar att hydrofoberande behandling hindrade eller väsentligt reducerade stenens vattenupptagning.
- Behandlingens varaktighet varierade avsevärt mellan de olika objekten.
- Negativa effekter som kunde förknippas med hydrofobiering var missfärgning, skiftningar i stenens färg samt i vissa fall tydliga spår från vattenavrinning (Bild 5).
- Betydande skillnader mellan olika produkter gällande effektivitet och varaktighet kunde fastställas. Likaså kunde en korrelation mellan behandlingens effektivitet och negativa effekter i form av missfärgning fastställas, de produkter som mest effektivt hindrade stenens vattenupptagning visade samtidigt störst tendens till missfärgning av stenen.



Bild 5. Tydliga spår från vattenavrinning som förknippas med den hydrofoberande behandlingen, Neptunus skulptur, Landbyska verket, Stureplan, Stockholm.

Studier gällande lagningsbruk

Syftet gällande studien av lagningsbruk var att evaluera hur brukens egenskaper, hållbarhet och vidhäftning påverkas av olika ytbearbetnings metoder och av akrylatlösningen som används vid blandning av bruk samt att undersöka kompatibiliteten mellan lagningsbruk och konsolideringsprodukter. Dessa teman studerades på objekt i fält, på fältstationer och i laboratorium. Tunnslipsprover av lagningsbruk och sten analyserades i mikroskop och färgförändringar mättes med färgkamera.

Nedan presenteras några av de viktigaste resultaten:

- Dålig vidhäftning kunde observeras gällande små och/eller tunna lagningar.
- Många fall av färgförändringar gällande lagningsbruket observerades, bruket hade med tiden blivit antingen för mörkt eller för ljult i förhållande till stenens färg (Bild 6).
- Laboratorieundersökningar visade att höga koncentrationer av akrylat påverkade bruket negativt, i form av ökad tendens till färgförändringar och fläckiga ytor.
- Tester visade att bruk som tillverkats med 5% akrylat visade goda egenskaper både gällande vidhäftning och i kombination med konsolideringsprodukter.
- Lagningar som inte skrapas uppvisar efter torkning en tunn hinna, tester visade att denna hinna bestod av en kalkfilm och att den inte var förknippad med akrylatet som används vid blandning av bruk. Kalkfilmen kan enkelt undvikas genom att lagningens yta bearbetas/skrapas för torkning.



Bild 6. Färgförändring av lagningsbruk, bruket har med tiden blivit för ljult i förhållande till stenen, detalj av sandstensportal på Strandvägen i Stockholm.

Slutsatser och rekommendationer

Forskningsresultaten visar att konsoliderande behandlingar för det mesta hade reducerat sandstensens nedbrytning utan att orsaka negativa påföljder. Generellt kan sägas att en konsoliderande behandling vanligtvis behöver upprepas, delvis eller total inom tio år efter behandling.

Vidare visade resultaten att hydrofobierande behandling, om den utförts på adekvat sätt, kunde ge fördelar genom att helt hindra eller väsentligt reducera stenens vattenupptagning. Observerade negativa effekter som kunde förknippas med hydrofobiering var skiftningar i stenens färg samt i vissa fall tydliga spår från vattenavrinning. Behandlingens varaktighet varierade mellan de olika objekten. Betydande skillnader mellan olika produkter gällande effektivitet och varaktighet kunde fastställas.

Gällande lagningsbruk påvisar forskningsresultaten problem med färgförändringar och dålig vidhäftning särskilt för små och/eller tunna lagningar, problemen visade sig delvis vara relaterade till använd akrylatkoncentration. En slutsats av detta är att tekniska lagningar (d.v.s. lagningar av sprickor och exfolieringsskador etc. som görs för att säkra stenen och hindra vatteninträngning) bör hållas till ett minimum samt att lagningar behöver kontrolleras regelbundet för att ersättas i tid.

Studien pointerar konserveringsåtgärdernas mycket varierande varaktighet, en slutsats av detta är vikten av adekvata underhållsplaner med regelbundna och systematiska inspektioner och i tid insatta åtgärder. Det faktum att Sverige ännu saknar vedertagna normer och metoder för underhåll av stenobjekt försvårar nödvändigt underhållsarbete. Likaså saknas ännu etablerade testmetoder för systematisk diagnos av stenobjekt samt för evaluering av konserveringsåtgärder, detta komplicerar bedömningen av när och hur konserveringsåtgärder behöver sättas in.

En direkt följd av detta är den i studien iakttagna generella bristen på systematisk och adekvat underhåll av stenobjekt. Konserveringsåtgärder hade oftast satts in när objekten redan länge uppvisat allvarliga skadebilder, som en följd av detta har det oftast varit nödvändigt med mycket omfattande konserveringsarbeten. Efter konservering hade många objekt åter lämnats utan översyn och systematiskt underhåll. Skadebilden för några av objekten hade p.g.a. bristande underhåll avsevärt försämrats under studietiden.

Underhållsplaner och konserveringsprogram skulle kunna förbättras och effektiviseras avsevärt med hjälp av systematiska och regelbundna kontroller.

Studien rekommenderar att stenobjekt hålls under uppsikt och kontrolleras regelbundet och systematiskt genom en kombination av:

- Okulära undersökningsmetoder
- Ultraljudsmätningar i kombination av mätning av relativluftfuktighet
- Mätning av stenens vattenupptagning med hjälp av Karstensrör
- Saltanalyser

Samt att resultat och iakttagelser dokumenteras systematiskt.