

GOTHENBURG STUDIES IN CONSERVATION 34

BRUK AV KALK OCH SAND
ur ett hantverkligt perspektiv

Jonny Eriksson



UNIVERSITY OF GOTHENBURG
ACTA UNIVERSITATIS GOTHOBURGENSIS

© Jonny Eriksson, 2015.
ISBN 978-91-7346-819-0 (pdf)
978-91-7346-820-6 (tryckt)
ISSN 0284-6578

Licentiatuppsatsen finns också i fulltext på:
<http://hdl.handle.net/2077/38155>

Prenumeration på serien eller beställningar av enskilda exemplar skickas till:
Acta Universitatis Gothoburgensis, Box 222, 405 30 Göteborg,
eller till acta@ub.gu.se

Omslag: Fotografiet är taget på Gillstad kyrkas södra långhus
och föreställer en putsyta från 1600-talet. Foto: Jonny Eriksson 2014.
Fotografi på sidan 10: Rivningen av gaveln på Gillstad Kyrka 1924 (ATA).
Alla fotografier där ej annan fotograf angivits är tagna av Jonny Eriksson.

Layout: Jonathan Westin.
Tryck: Ineko, Källered 2015.

The aim of this licentiate thesis is to examine the composition and components of mortar; sand, lime stone and water. Historically, the production of lime and the mixing of mortar have been central to the profession of masonry. Over time, technical challenges and social changes have affected the knowledge of the traditional processes and methods involved; the rising need for hydraulic structures, the industrialisation during the 19th century, and finally the urbanization of the 20th century. In sum, this has led to a decrease in – and in some instances a total loss of – the mason's knowledge of preparation methods for binders and mortar components.

This lacuna was identified in the 60's, by conservators working with damages resulting from the use of cement in mortar. As a consequence, knowledge of historic materials and methods are in great demand, causing an increase in research studies during the last fifty years. However, these studies have predominantly been occupied with the chemical and physical processes of mortar production, neglecting the influence of craftsmanship on the result. The aim of this

thesis and the coming doctoral dissertation is to investigate and recreate the mason's knowledge of methods and materials, that has been lost during the last two hundred years. The research is based both on literary studies and experiences in producing lime binders and mortar in a number of restoration projects. It has, among other things, led to investigations into lime raw material, construction of furnaces, and the practical uses of the mortar produced. It has also led to the development of a new quenching method. The collected research and conclusions are reflected in this study, which delves into the subject from the perspective of a mason.

TITLE: Bruk av kalk och sand
– ur ett hantverkligt perspektiv

LANGUAGE: Swedish

ISBN: 978-91-7346-819-0 (pdf)
978-91-7346-820-6 (tryckt)

ISSN: 0284-6578

KEYWORDS: Eriksson method, mortar, lime putty, quenching methods, lime-kilns

Innehållsförteckning

Förord

KAPITEL 1:

Introduktion

15	1.1 Inledning
19	1.2 Syfte
20	1.3 Bakgrund och erfarenheter som ligger till grund för avhandlingsarbetet
22	Källstorps Gårdskapell
23	Gillstad Kyrka
23	De nya anläggningarna vid Göteborgs universitet
24	1.4 Metod
25	Källmaterial i översikt av forskningsfältet
26	Källmaterial i den övergripande litteraturanalysen
27	Källmaterial i den fördjupade litteraturanalysen
28	Empiriska studier
30	1.5 Disposition

KAPITEL 2:

En översiktlig analys av forskningsfältet

33	2.1 Historiska källor och byggnadsvårdslitteratur
33	Byggnadsläror under 1800-talet
36	Handböcker och tekniska beskrivningar under 1900-talets mitt
43	Byggnadsvårdslitteratur under 1900-talets slut och 2000-talets början
52	Hantverkarens roll i processen
53	Bindemedlens förändring
54	Ballasten

55	Vatten
55	Putsens bearbetning
56	Råmaterialet kalk

KAPITEL 3:

Övergripande litteraturanlys av tre representativa tidsperioder från 1800-talet till nutid

61	3.1 Period 1: Byggnadsläror under 1800-talet
61	a) Definition av lufthårdnande kalk
67	c) Sandens grovlek i förhållande till lufthårdnande kalk
68	d) Skador och arbetsutförande med avseende på brädriven lufthårdnande kalk
68	e) Hur bruk blandas och kalk våtsläcks
71	f) Hantverkarens roll
71	3.2 Period 2: Handböcker och tekniska beskrivningar under 1900-talets mitt
71	a) Definition av lufthårdnande kalk
73	b) Blandningsförhållanden
75	c) Sandens grovlek i förhållande till lufthårdnande kalk
77	e) Hur bruk blandas och kalk släcks
79	f) Hantverkarens roll
80	3.3 Period 3: Byggnadsvårdslitteratur under 1900-talets slut och 2000-talets början
80	a) Definition av lufthårdnande kalk
81	b) Blandningsförhållanden
83	c) Sandens grovlek i förhållande till lufthårdnande kalk
84	d) Skador och arbetsutförande med avseende på brädriven lufthårdnande kalk.
85	e) Hur bruk blandas och kalk släcks
87	f) Hantverkarens roll
89	3.4 Slutsats av den övergripande litteraturanalysen
89	Definitionen av lufthårdnande kalk
92	Blandningsförhållandena
97	Sandens grovlek i förhållande till lufthårdnande kalk
99	Skador och arbetsutförande med avseende på brädriven lufthårdnande kalk
101	Hur bruk blandas och kalk våtsläcks
105	Hantverkarens roll

KAPITEL 4:

Fördjupad litteraturanalys - våtsläckning av kalk i ett historiskt och nutida perspektiv

111	4.1 Inledning
112	4.2 Litteratur som beskriver släckningsmetoder i praktiken
113	Den traditionella metoden
115	Våtsläckning med avstämd mängd vatten
117	4.3 Analys av litteratur som beskriver undersökningar av släckning i laboratorium.
117	Den traditionella metoden
117	Temperaturens betydelse samt släckning genom inverkan av vattenånga
119	Våtsläckning med avstämd mängd vatten
119	Kalkdegens innehåll av vatten och dess påverkan på bruket
119	4.4 Slutsats av den fördjupade litteraturanalysen.

KAPITEL 5:

Empiriska försök och erfarenheter av råvara för kalkframställning, ugnskonstruktion och våtsläckning vid Göteborgs Universitet

125	5.1 Inledning
127	5.2 Kalk från alunskifferlagret på Kinnekulle
128	5.3 Utveckling av ugnskonstruktioner för bränning av kalk
128	Ugn A
131	Ugn B
137	5.4 Litterära källor som beskriver temperaturens inverkan på kalken vid bränning
139	Slutsats
139	5.5 Beskrivning av empiriska försök av torrsläckning
139	Inledning
140	Beskrivning av torrsläckningsförfarandet som är använt
142	Litterära källor i relation till släckningsmetodens utformning.
143	Förstudier och litteraturens relation till metodens utformning
145	Slutsats
147	5.6 Beskrivning av empiriska försök för våtsläckning – Erikssonmetoden.
147	Inledning
148	Huvudprinciper som ligger till grund för Erikssonmetoden
149	Beskrivning av släckningsmetoden
150	Plåtsvep i släckningsfaten
155	Litterära källor i relation till släckningsmetodens utformning.
155	Förstudier och litteraturens relation till Erikssonmetodens utformning
156	Slutsats av erfarenheter

161	5.7 Jämförande studie av putsytor baserade på våtsläckt icke upparbetad kalk enligt Erikssonmetoden och våtsläckt kalk enligt Bährners beskrivning av den traditionella metoden
161	Provväggen, provytornas utförande och storlek
161	Putsbruken
162	Resultatet av jämförelsen mellan dessa bruk
163	Ny provyta med kalk från Bährnermetoden
163	Resultat av jämförelsen med den nya provytan

KAPITEL 6:

Sammanfattning och slutsats

165	6.1 Inledning
166	6.2 Faktorer som har bidragit till att bygga upp kunskap eller som har bidragit till att kunskap förlorats samt hur hantverkarnas kunskap har värderats i handböcker och forskning.
170	6.3 Bruks delmaterial – förändring över tid
171	Normativa riktlinjer eller praxis
172	6.4 Metoder för blandning, släckning och bearbetning – förändring över tid samt inverkan på brukets egenskaper?
172	Metod för bestämning av blandningsproportioner i volym.
173	Våtsläckningsmetoder
175	Skador kopplade till arbetsmetoder
177	6.5 Resultat från empiriska studier och metodutveckling
179	6.6 Framtida forskningsbehov
181	Referenser
188	Bilaga 1



Under byggkrisen i början av 1990-talet såg jag, i mitt yrke som murare, att byggnadsvården fick en allt tydligare roll som en ny sektor i byggbranschen. Det var också byggnadsvården och erfarenheten med renovering av kulturfastigheter som förde mig in i rollen som forskare och lärare vid Göteborgs Universitet.

I mitt arbete som murare var användning av bruk en del i det dagliga arbetet vid murning och putsning. Bruk levererades till arbetsplatsen, vanligen i form av torrbruk där vatten tillsattes vid blandningen av bruket. I mitt arbete observerade jag egenskaper och olikheter i de bruk som användes. Emellertid gick det inte alltid att nå förståelse för vad dessa egenskaper och olikheter mellan bruken berodde på. I slutet av 90-talet engagerades jag som lärare i murhantverk och byggnadsvård vid DaCapo hantverksskola i Mariestad. I början av 2000-talet påbörjade jag

ett utvecklingsarbete för att öka kunskapen om historiska bruk. Utvecklingsarbetet präglades av litteratur- och empiriska studier som t.ex. byggnation av ugnar och bränning av kalk, studier av släckningsmetoder, släckning av kalk till olika putsprojekt samt tillverkning och användning av bruk från den framställda kalken. Erfarenheterna från utvecklingsarbetet utgör underlag till den licentiatuppsats som presenteras här. Vare sig denna licentiatuppsats eller de empiriska studierna som påbörjades för mer än tio år sedan hade varit möjliga utan de många entusiaster som medverkat i den process som följt; experter, lekmän, forskare, studenter, lärare, förvaltare, politiker. Till dessa personer vill jag framföra ett stort tack för ert engagemang och stöd.

Emellertid är det några personer som genom beslut och engagemang särskilt bidragit till att utvecklingen gått framåt och nu kan redogö-

ras för i denna uppsats. Rune Larsson och Lars Hansson i Gillstad församlings kyrkoråd som genom sitt engagemang möjliggjorde att ett utvecklingsarbete kunde genomföras som ett led i kyrkans putsrestaurering. Peter Sjömar, Göteborgs universitet, som verkat som handledare under det empiriska arbetet. Anders Göransson, Kristina Bergkvist och Knut Steffen Knutsen som i ett examensarbete vid DaCapo hantverkskola byggde den första kalkugnen vari kalken till Gillstad kyrka senare kom att brännas. Gillis Åström, Statens Fastighetsverk som bidragit till utvecklingen av en större ugn i samband med omputsningen av Läckö slott. Lars Magnusson ordförande i Kinnekulle kalkbrännarförening som generöst bidragit med kunskap om alunskifferkalkens bränning och släckning.

Jag vill också tacka Linda Lindqvist, Kristina Bergkvist och Gunnar Almevik vid Hantverkslaboratoriet Göteborgs Universitet för bild och textbearbetning i publikationen *Erfarenheter av bränning och släckning av Kinnekullekalksten* (Eriksson 2012). Redigerade delar av publikation återges i denna uppsats.

Jag antogs till forskarutbildningen i kulturvård i juni 2009. I avhandlingsarbetet och arbetet med licentiatuppsatsen vill jag ge min handledare Ingegärd Eliason ett varmt och innerligt tack för handledning som gjort det möjligt för mig att skriva detta arbete. Jag vill också framföra ett tack till mina biträdande handledare, Kristin Balksten som löpande granskat arbetet och Jonathan Westin som har gjort layout, bildbearbetning och diskuterat upplägg av arbetet. Jag vill även framföra mitt tack till min examinator Ola Wetterberg för stöd under arbetet med licentiatuppsatsen. Tack även till Sölve Johansson, Gunnar Almevik och Katarina Saltzman som granskat mitt arbete i slutskedet. Till sist vill jag tacka min familj för stöd och uppmuntran och speciellt min fru, Susanne Kleby Eriksson, för språkgranskning och min son Karl Eriksson, för granskning av läsförståelse.

Vänersborg, februari 2015

Jonny Eriksson

1.1 Inledning

Det finns inga exakta uppgifter om under hur lång tid vi framställt bindemedel för puts och murningsarbeten i Sverige. Med utgångspunkt i den kyrkobyggnation i sten som finns i landet så rör det sig om cirka tusen år. Långt fram i modern tid har bruk och bindemedel tillverkats av hantverkarna på arbetsplatsen i relation till vad det skulle användas till. I äldre handböcker belyses brukets hållbarhet, estetiska uttryck, tillverkning av bindemedel samt hur det färdiga bruket bearbetades (Henström 1869, Bährner 1956). Mångfalden av kalk med olika egenskaper i landet gav upphov till olika tillverkningsmetoder för bindemedel. Av handböcker från 1800-talet framgår att släckningsmetoden vid framställning av bindemedel från samma kalk har inverkan på kalkens egenskaper och kvalitet (e.g. Stål 1854, Henström 1869). De lokala fö-

rekomsterna av lämpligt råmaterial begränsade förutsättningen att tillverka bruk med egenskaper lämpliga att användas i olika hårt utsatta miljöer. I det fall de inte fanns att tillgå lokalt transporterades lämpligt material till platsen.

Kunskapen om metodernas och råmaterialens inverkan på det färdiga bindemedlet avspeglades i det färdiga brukets egenskaper och utgjorde en väsentlig del i hantverket. En jämförelse kan göras med sysslor i vardagen som t.ex. att vispa grädde där metoden utgörs av att vispa olika lång tid. I det ena fallet fås vispgrädde och i det andra smör. Genom skillnader i metoden har två olika egenskaper av samma material framställts. Genom att vispa olika länge kan en variation av konsistens och fasthet på grädden eller smöret uppnås där egenskapen står i relation till vad den ska användas till. På brukets egenskaper kan

ett antal olika krav ställas som ofta är i konflikt med varandra. Övergripande kan kraven indelas i praktiska funktioner (arbetbarhet), estetiskt uttryck, tekniska funktioner (frostbeständighet).

Vid betraktande av en putsad yta kan det vara svårt att identifiera vilka prioriteringar i form av krav som har legat till grund för utförandet och sammansättningen av bruket. I ett fall kan brukets sammansättning och arbetsmetod ha gett upphov till en viss sorts textur och kan tolkas som en medveten strävan om att förmedla ett bestämt estetiskt utseende när det egentligen avser att öka hållbarheten. Men det kan även vara så att det estetiska uttrycket premieras framför den förväntade hållbarheten genom val av arbetsmetod och material.

Över dessa krav råder behovet av arbetbarhet. Som om inte detta var nog komplext så inverkar själva metoden vid putsutförandet. Beskrivningen avser att ge en bild av den komplexitet det innebär att tillverka bruk men också förståelse för att tillverkning av bruk är en kunskap som till stor del innehåller avvägningar eller kompromisser i relation till det förväntade resultatet. Det är rimligt att de olika professioner som på något sätt kommer i kontakt med bruk och puts inte känner till vilken kunskap som ligger till grund eller premieras i det aktuella fallet. Det är då lätt att använda sig av generaliseringar för att nå en möjlighet till kommunikation och förståelse. Generalisering har emellertid den nackdelen att den djupare kunskapen blir dold och med tiden inte når för någon. Det är i regel så att arbetsmetoden och brukets sammansättning vid putsarbete beskrivs, och i bästa fall motiveras, i förhållande till det önskade resultatet. En bra motivering svarar på frågan ”varför” och kan ses som en analys av hur väl arbetsmetoden

och brukets delmaterial svarar mot den färdiga putsens egenskaper. Det är i detta avseende som kunskapen i dag brister om historiska metoder och material. Under den tid då tillverkningen av bindemedel utfördes av hantverkarna byggdes förmågan att utföra analysen upp genom att tillverka bindemedel och bruk i relation till vad det skulle användas till. Det är i dag svårare att bygga upp denna kunskap i hantverket på samma sätt eftersom bruken och bindemedlen är fabriksstillverkade. Det medför att hantverkaren inte vet vad bruket innehåller och vad det är mest lämpat till. Den informationen måste hantverkaren få av bruksleverantören tillsammans med hur bruket ska blandas samt om det är lämpligt att appliceras för hand eller maskinellt.

När kulturhistoriska byggnader ska underhållas och putsas om så inverkar den kunskap och de material som i nutid kan kopplas till hantverkets utövning. Kunskapsperspektivet utgör gemensam grund för den diskussion där ofta beställare, arkitekter, antikvarier, hantverkare, med fler ingår. De olika aktörerna lägger fram sina synpunkter på val av material och utförande med utgångspunkt från sin professions särintressen. Diskussionen leder fram till åtgärdsförslagets utformning i det aktuella fallet. Hantverkaren har ett stort ansvar i denna process eftersom det är denne som genom hantverkets utövning ska omsätta åtgärdsförslaget till det förväntade resultatet.

Vid putsrestaurering av en byggnad kan olika sorters analyser av det befintliga bruket vara underlag för att tolka vad för sorts bruk som tidigare har använts för att eventuellt ta hänsyn till detta i åtgärdsförslaget. Enligt Thorborg von Konow (1997) kan analyser av bruk inte ge exakta besked om brukets ursprungliga sammansättning eller hur kalken behandlades innan

den blandades i bruket. Rimligt vore att analyser kombinerades med tydligt definierade metodbeskrivningar för hur t.ex. kalken är släckt, blandningsförfarande, blandningsförhållande samt underlag och bearbetning. Med denna förutsättning skulle analyser av bruk som undersöks få ett större värde för både ingenjörer och hantverkare. Enligt Konow så har ansatser gjorts i denna riktning genom bland annat Eurolime (Europeiskt forum för forskare, producenter och experter grundat 1991) men att det inte varit möjligt på grund av ekonomiska realiteter. De tio sista årens studier av kalk i Europa är enligt Konow bristfälliga i den meningen att den röda tråden i uppställningen av försöken ofta saknas, variabelerna i försöksbetingelserna är för många och svåra att kontrollera samt att råmaterialen till bruken är bristfälligt beskrivna eller inte alls analyserade. Hon menar att dessa brister gör det mycket svårt att reproducera eller komplettera andras undersökningar. Av Konows arbete *Restaurering och reparation med puts och murbruk* (1997) framgår att Konow själv i huvudsak utför sina undersökningar av bruk i laboratorium genom att fylla olika bruksblandningar i plaströr som sedan stampas och komprimeras. Av diskussionskapitlet framgår att hon är medveten om att resultaten från laboratorieprov kan uppvisa skillnader i relation till byggplatsens bruk.

För att komma åt kunskapsbristen så behöver också hantverkets inverkan och specifika förutsättningar belysas. Bristen kan beskrivas utgöra en del i det nutida kunskapsperspektivet på hantverkets metoder och material och innebär att de historiska materialen och metoder tolkas genom den kunskap som i huvudsak förmedlas genom yrkesskolan och byggmaterialindustrin. Av tradition överförs hantverkskunskap genom

lärlingssystem. Detta medför att kunskap i yrket till stor del inte förmedlas i skrift. Bristen på skriftlig förmedling bidrar till att hantverkliga kunskapsfrågor inte blir belysta ur olika kunskapsperspektiv. Bristen på kunskap om samverkan mellan hantverkliga metoder och material kopplas ofta till byggnadsvårdens behov. Det går inte att peka på att en sektor i detta avseende har större eller mindre behov. Kunskap behövs såväl i hantverkarledet som i projekteringsledet oavsett om det handlar om att putsa om ett slott eller puts på nyproducerade bostäder, inte minst för att det är samma yrkesgrupper som utför arbetet.

På senare tid har bristen på hantverkligt kunskapsarbete allt mer aktualiserats av byggindustrins aktörer. Bland de orsaker som beskrivs är att det råder stor brist på lärare med murhantverklig bakgrund på landets yrkesutbildningar. En annan är att de läromedel för yrkesutbildning som finns att tillgå bedöms vara bristfälliga (Sandström 2013). Företrädare för implementerande kunskapsarbete med inriktning mot hantverkare och projektörer är i dag byggmaterialindustrin och entreprenörsorganisationer.

Engagemanget i entreprenörsledet går långt tillbaka i tiden och kan ses i relation till lärlingssystemet. Bruksbindemedelindustrins engagemang i utbildningsfrågor har en betydligt kortare historia. Bindemedelindustrins kunskap om bruk växer fram ur forskning om hantverkliga metoder och material. Studierna resulterade i handböcker om bruk, murning och putsning under 1900-talets mitt. Forskningen syftade till att ta fram bruk och bindemedel anpassade till nya byggnadsmaterial och en allt snabbare byggnadstakt (Nycander och Bährner 1945, Gedda och Westlund 1940). De första handböckerna kom att benämnas *Modern Putsteknik* och gavs

Fig. 1. Gillstad Kyrka tillhör Örslösa församling, Södra Kållands pastorat, vilken är belägen i Lidköpings Kommun, Västra Götaland. Kyrkan är väl synlig från väg 44 ca 15 km sydväst om Lidköping. Kyrkan är uppförd någon gång under 1200-talet. Vid den senaste ombyggnationen 1924 tillkom det nuvarande tornet och sakristian.

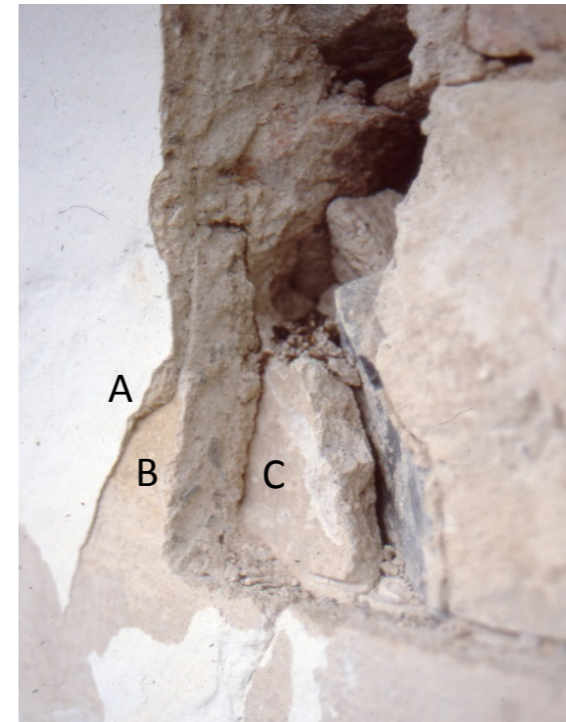


Fig. 2. Gillstad kyrka, södra långhusväggen. Putslagrens A, B och C representerar genom sitt förhållande till varandra och underlaget olika tidpunkter för när kyrkan putsades.

ut av Svenska cementföreningen med Viktor Bährner som redaktör. *Modern putsteknik* och den följande *Handbok om Murbruk och Putsbruk* är grunden till de material och arbetsmetoder som hantverket fortfarande arbetar efter. Brukbindemedelsindustrin har i dag stor inverkan på kunskapsbildningen hos entreprenörer och yrkeskolor, de har också bidragit till att det finns en distans i den samlade hantverkskunskapen i relation till hur bindemedel och bruk tillverkades historiskt. Implementerande kunskapsförmedling med avseende på byggnadsvårdsfrågor bedrivs endast i liten omfattning i landet och när i nuläget inte den samlade yrkeskåren. Ur ett byggnadsvårdsperspektiv är det viktigt att förstå att det finns skillnader mellan vilka material och metoder som i dag används inom bygg- och bindemedelsindustrin och vilka som historiskt är använda för att framställa bindeme-

del och utföra putsarbeten. Kunskap om dessa skillnader är lika betydelsefull för projektören som för hantverkaren.

För att närma sig den kunskap som byggnadsvården efterfrågar behövs det ett närmande till de förhållanden som hantverksbaserad kunskapsinhämtning tidigare utvecklats ur; att tillverka bindemedel och bruk i förhållande till vad de ska användas till. Detta är en utmaning då nästan allt bindemedel och bruk som används för byggnadsvård eller nyproduktion i dag är fabrikstillverkad. Det finns inte heller något yrkeskollektiv att ta stöd i med erfarenhet av att tillverka bindemedel till bruk.

Det är inte försvarbart att hävda att allt bruk ska tillverkas med hantverkliga metoder men det finns en pedagogisk vinst med att öka kunskapen om hur hantverkliga metoder inverkar på

brukets kvalitet för de aktörer som ansvarar för t.ex. restaurering av en kyrka. Särskilt viktigt blir det i de fall platsblandning av bruk föreskrivs, något som fortfarande förekommer inom byggnadsvårdsektorn.

1.2 Syfte

Syftet med licentiatuppsatsen är att genom studier av historiska källor, empiriska försök och erfarenheter av råvara för kalkframställning samt jämförande studier av provtyper, skapa förståelse för hur den hantverkliga kunskapen om bruk av kalk och sand har förändrats från 1800-talets början fram tills idag. Med ovanstående som bakgrund är syftet att ur ett hantverkligt perspektiv undersöka och synliggöra följande frågeställningar:

- Vilka faktorer har bidragit till att bygga upp kunskap, respektive vilka faktorer har bidragit till att kunskap gått förlorad?

- Hur har hantverkarnas kunskap värderats historiskt och i nutid, samt vilken roll har hantverkarna haft i tidigare forskning om bruk för byggnadsvård och byggnadsindustri?
- Vad finns det för skillnader och eventuella likheter mellan historiska och moderna bruk och metoder, och finns det möjlighet att utveckla metoder och material?
- Hur inverkar hantverkliga metoder på brukets egenskaper?

Målet är således att öka kunskapen i ämnet hos hantverkare, projektörer, antikvarier och forskare inom byggmaterialindustrin, byggnadsvården och närliggande kunskapsfält.

1.3 Bakgrund och erfarenheter som ligger till grund för avhandlingsarbetet

Under 2002 inleddes ett samarbete mellan DaCapo hantverksskola och Gillstads kyrkas församlings kyrkoråd. Initialt var syftet att ta fram ett åtgärdsförslag inför en putsrestaurering av Gillstads kyrka (fig. 1) med på marknaden befintliga material och vedertagna metoder. I samband med utarbetandet av åtgärdsförslaget genomfördes en putsundersökning. De erfarenheter som putsundersökningen resulterade i kom att bli grunden för mitt avhandlingsarbete om metoder för tillverkning av bindemedel och bruk. Putsen på kyrkans långhus särskilde sig från putsen på tornet och sakristian som var tillbyggda 1924. Putsen på långhuset var hårdare och mer bindemedelsrik. Av den omfattande putsundersökning som följde framgick att kyrkans långhus hade flera på varandra liggande lager av puts (fig. 2). Genom arkivstudier som beskriver kyrkans byggnadshistoria var det möjligt att koppla fynden av putslager till kyrkans om- och tillbyggnader. Med putslagrens relation till ombyggnaderna var det möjligt att datera och skapa en kronologi av de olika putslagren. Den yngsta putsen var samtida med tillbyggnaden av sakristian och tornet 1924, den äldsta återfanns på det ursprungliga långhuset och bedöms vara samtida med kyrkans uppförande någon gång under 1200-talet.

Putsens koppling till byggnadshistorien gav en unik förutsättning att studera puts ur ett teknikhistoriskt perspektiv och bedömdes vara av kulturhistoriskt värde. Denna nya förutsättning innebar att åtgärdsförslaget utformades så att långhusets puts skulle sparas och endast putsrepareras. I förhållande till tornets och sakristians puts så sågs ingen anledning att ta någon speciell hän-

syn. Tornets puts var i så dåligt skick att den togs ner, medan sakristians puts var i gott skick varför den sparades. Putsreparationen av långhuset skulle vara väl överensstämmande med befintliga material och utförande. Förutsättningen formulerade frågeställningen: med vad för sorts bruk och med vilka metoder skulle arbetet utföras? Frågeställningen blev utgångspunkten för putsprojekt Gillstads kyrka som handlar om metoder för tillverkning av kalkbindemedel och bruk.

Samtidigt med putsprojekt Gillstad kyrka bedrevs forskning om kalk och bruk inför omputsningen av Läckö slott. Uppdragsgivare var Statens fastighetsverk med stöd av slottsarkitekt Roni Wallin. Som ledare för det vetenskapliga forskningsarbetet ansvarade Ewa Sandström Malinowski vid Göteborgs universitet. Kinnekulle kalkbrännarförening bidrog med kunskap om den kalktradition som funnits på Kinnekulle. Ansatsen i forskningsarbetet var att slottet skulle putsas om med samma sorts bindemedel som det ursprungligen hade putsats med. I fokus var frågeställningar om bränning och släckningsförfarande samt ursprunget till kalkråvaran som historiskt varit använd.

Frågeställningen om kalkråvarans ursprung inriktades på Kinnekulles kalkbärande lager vilket var naturligt med tanke på Läckö slotts geografiska närhet till Kinnekulle. Genom kontakten med projektet och ansvariga personer gavs möjlighet att delta i arbetet med att tillverka kalkbindemedel; från val av råmaterial till bränning och släckning av kalken. Kalken bröts ur alunskifferlagret på Kinnekulle som är ett av flera kalkstensbärande lager (kapitel 5.2, fig. 19). Brytningen utfördes i ett nedlagt kalkbrott, Kakeled kalkbrott, som disponeras av kalkbrännarföreningen (kapitel 5.2, fig. 20).

Arbetet vid Läckö slott gav ny kunskap om råmaterial kalk och processerna vid bränning och släckning. Forskningsarbetet vid Läckö slott kom att vara en inspirationskälla och viktig förutsättning för omputsningen av Gillstads kyrka. Genom kontakten med forskningsprojektet och ansvariga personer öppnades möjligheten att använda kalk från Kakeled gamla kalkbrott i putsprojekt Gillstads kyrka.

I forskningsprojektet Läckö slott brändes och släcktes kalken i anslutning till slottet. Kalkugnen och släckningsanläggningen var avsedd att framställa kalk för putsprover på Läckö slott samt forskning och utprovning av släckningsmetoder. Ugnens kapacitet var cirka 350 liter kalk, vilket var för litet för att tillverka kalk i relation till omputsningen av slottet. Den släckningsanläggning som fanns i anslutning till ugnen och som initialt användes för att framställa bindemedel var av den traditionella konstruktionen där kalken först släcks för att efter utspädning kunna silas och överföras till en brädfodrad kalkgrav för vidare lagring.

Som examensarbete i bygghantverksutbildningen vid DaCapo hantverksskola (nuvarande Göteborgs universitet) byggdes 2004 en kalkugn där kalk till Gillstads kyrka skulle brännas (Kapitel 5.3, fig. 22). Inspiration till ugnens konstruktion var den ugn som uppfördes i anslutning till Läckö slott. Fram till tidig vår 2007 utfördes provbränningar av alunskifferkalken, men också av andra kalkförekomster som finns representerade i Kinnekulles geologi t.ex. ortoceratit kalksten av ordovicisk bildnings tid. Andra studier som utfördes var utvärderingar av olika släckningsmetoders inverkan på den släckta kalken, provputsning (provtytor) av olika kalksorter samt fält- och litteraturstudier av kalkförekomster på Kinnekulle.

Efter förfrågan från Statens Fastighetsverk startade under våren 2007 bränning av kalk inför omputsningen av Läckö slott. För arbetsledning och utförande av putsarbetet ansvarade Jan Zälle. Uppdraget var att bränna kalken och leverera den osläckt. Under 2007 och 2008 utfördes ett drygt 20 tal bränningar; merparten till Läckö slott men också till Gillstads kyrka och Källstorps gårds kapell. Antalet bränningar gav möjlighet att bygga upp kunskap om hur bränningsprocessen inverkar på kalkens egenskaper. Kapaciteten på ugnen var emellertid för liten (ca 1000 liter) för så stora projekt som Läckö slott. Ett annat problem var att kassationen var ganska hög; cirka 20 procent av den kalk som brändes gick inte att använda i huvudsak på grund av att den var ofullständigt bränd. Problemet bedömdes bero på ugnens konstruktion. Tillsammans med Statens fastighetsverk planerades och byggdes en ny ugn under hösten 2008 och vintern 2009. Under 2009 levererades endast bränd kalk till Läckö slott. Inför omputsningen av det nordvästra tornet 2010 förändrades uppdraget till att bränna och leverera färdigsläckt kalk. I uppdraget ingick också att ta fram den sand som skulle användas i bruket. Projektör och sakkunnig konsult vid putsrestaureringen 2010 var Balksten byggnadsvård AB. Restaureringen utfördes av Byggnadshyttan på Gotland AB.

Den licentiatuppsats som här presenteras tar stöd i de empiriska erfarenheter som gjorts under arbetet med att framställa kalk till olika projekt främst i Västra Götaland men också av putsprojekt i andra delar av landet. Utöver att framställa bränd och släckt kalk till Läckö slott har kalk framställts till ett flertal andra projekt. Kalk till putsbruk och färg har tillverkats till Väla kyrka, Holmestad kyrka, Götene kyrka samt



Fig. 3. Magasinets norra fasad och östra gavel. Byggnadens norra och västra stomme består av tegel medan den södra fasaden består av natursten och tegel och den östra av enbart natursten. Den östra gaveln är den del av byggnaden som är minst ombyggd och här återfanns också sammanhållande partier av ursprunglig puts. Det skiftande underlaget gjorde byggnaden till ett bra objekt att inhämta erfarenhet om hur kalken reagerade på underlaget i fråga om torkhastighet, vidhäftning mm. Under projektet provades olika sandgraderingar och blandningsförhållanden. Av de empiriska studierna framkom att kalken hade ett mycket snabbt tillstyvnande. Vilket blev extra tydligt där underlaget utgjordes av tegel. Blandningsförhållanden fetare än 1 kalk på 3 sand var svåra att använda på grund av sprickbildning. Sand med olika maxkornstorlek provades (3 och 4 mm) och utvärderades i relation till arbetbarhet. Försöken med olika sand visade att mängden grova korn över 1 mm har en större betydelse än om sanden hade överkorn av 3 eller 4 mm. Kombinationen snabbt tillstyvnande och grov ballast gav ett mycket stumt och svårarbetat bruk. Den samlade erfarenheten från projektet gav insikt i kornfördelningens inverkan på arbetbarheten.

bruk för provtytor till Gärdhems kyrka, samtliga i Skara stift. Kalk har också framställts till Mörkö kyrka, Strängnäs stift. Till samtliga dessa projekt är kalken till bruk och färg bruten ur alunskifferlagret i Kakeled gamla kalkbrott på Kinnekulle, bränd och släckt vid institutionen för kulturvård Göteborgs universitet, Mariestad. Kalk har också bränts och släckt i putsprojekt Ovikens kyrka som ett samarbete mellan Härnösand Stift, Göteborgs universitet (Hantverkslaboratoriet) och Högskolan på Gotland. I projektet brändes och släcktes lokal svag och medelhydraulisk kalk. Kalken brändes i Oviken, Jämtland. Ugnen var en rekonstruktion av en fältugn återfunnen i Österulfås, Krokoms kommun i Jämtlands län. Kalken som framställdes användes sedan till att utföra provtytor på bogårdsmuren för vidare studier. Totalt har uppskattningsvis ca 50-60 ton råsten

bränts till de olika projekten. Nedan beskrivs några av de projekt som kalkbindemedel tillverkats till samt kortfattat vilken funktion de haft i relation till det empiriska arbetet.

Källstorps Gårdskapell

Källstorps gårdskapell är beläget på Källstorps gård i Örslösa, Lidköpings kommun, Västra Götaland. Brukare och ägare är Sture Eliasson. Arbetet utfördes som praktikarbete av studenterna vid Göteborgs universitet, murhantverksprogram under åren 2007-2010. Total yta som putsades var ca 370 kvm. Handlingarna för arbetets utförande är framtagna av Jonny Eriksson. Enligt Ulf Larsson (2009) har Källstorps gård medeltida ursprung och ingick då i Källstorps by. Den nuvarande mangårdsbyggnaden byggdes 1848. Den äldsta byggnaden på gården är magasinet som lär vara uppfört som gårds-

kyrka under 1500- eller 1600-talet. Byggnaden gjordes om till magasin i början av 1900-talet (fig. 3).

Gillstad Kyrka

Gillstad kyrka ingår i Örslösa församling, Källands pastorat, Skara stift. Under 2007-2008 genomfördes omputsning av kyrkans torn och putsreparationer av långhus och sakristia. Total yta som omputsades och putsreparerades var ca 350 kvm. Entreprenör var Kennet Johanssons byggnadsfirma AB. Handlingarna för omputsning och putsreparation utarbetades av Jonny Eriksson i samarbete med Kennet och Bengt Johansson. Vid putsningen av kyrkans torn som bestod av tegel noterades brukets snabba tillstyvnande. Putsen uppvisade krympsprickor vid blandningsförhållanden fetare än 1 kalk på 3 sand. Den sand som användes var en sand 0-4 mm med tydlig mängd av grova korn över

2 mm. Tillsammans med det snabba tillstyvnandet gav den grova sanden ett stumt och svårarbetat bruk vid brädrivningen analogt med erfarenheterna från omputsningen av Källstorps gårdskyrka. Långhuset visade sig ha stora ytor väl bevarad puts i flera lager. Efter avlägsnandet av ytlagret gavs möjlighet att studera och jämföra de underligande lagren av puts med avseende på lagerföljd, ytbearbetning och uppbyggnad. Informationen som framkom låg till grund för att ta fram ett bruk som sedan användes som slutbehandling på långhusets fasader (fig. 4, 5, 6).

De nya anläggningarna vid Göteborgs universitet

Under 2011- 2012 uppfördes och putsades nya undervisningslokaler i Mariestad för bygghantverksprogrammet vid instituten för kulturvård, Göteborgs universitet. Arbetet utfördes av Billinge bygg AB. Bindemedlet som användes i



Fig. 4. Gillstad kyrka, östra gaveln. I bild Bengt Johansson i färd med att borsta in ett mycket tunt lager av puts på kyrkans fasad. Tjockleken uppgår till ca 0,5-1 mm. Arbetsmetoden efterliknar de fynd av verktygsspår som återfinns på ytan av de äldre putslagren (se fig. 5).



Fig. 5. Gillstad kyrka, södra långhusväggen. I bild syns ytan av underligande 1600-tals puts. På ytan framträder tydliga spår av att det yttre skiktet bruk har borstats ut. Skiktet är mycket tunt, ca 1 mm. Bruket som använts är mycket finkornigt och bindemedelsrikt. Det underligande skiktet är tjockt, ca 15 mm, bindemedelsrikt och består av grov ballast.



Fig. 6. Gillstad kyrka, sakristians östra hörn. Av bilden framgår att den ursprungliga putsens yta framträder genom det tunna skikt av bruk som borstats ut ovanpå den befintliga putsen. Av resultatet framgår att bruket som borstat in inte uppfattas som en överlagrad textur på den underligande putsens uttryck.



Fig. 7. Mariestad, Murhusets västra fasad och södra gavel. Den västra fasaden är indelad i tre sektioner. Den mellersta sektionen har brädriven yta medan de två yttre har stockad eller så kallad käppad yta, vilket innebär att ytan har en rå textur. Med erfarenheterna av kalkens tillstyvnande och hur sandens kornfördelning och max kornstorlek inverkar på arbetbarheten valdes i projektet en väl graderad sand med korn max 3 mm. Sandens kornfördelning är framtagen av Jonny Eriksson och blandad av Brogårds sand AB. I relation till den grövsta sanden som användes vid omputsningen av Gillstad kyrka och Källstorps gårdskapell som hade ett korn på max 4 mm så har sanden en betydligt mindre mängd sand över 2 mm. Blandningsförhållandet är ca 1 del kalk på 2,4 delar sand. Andra skillnader är att kalken inte är upparbetad efter släckningen (se kapitel 5.6). Erfarenheterna från projektet visar på en mindre benägenhet till sprickbildning samt bättre arbetbarhet när kalken inte är upparbetad.

putsbruket till anläggningarnas utvändiga fasad framställdes av kalk bruten ur alunskiffer lagret på Kinnekulle. Total fasad yta som putsades var ca 600 kvm (fig. 7). Handlingarna för putsarbets utförande utarbetades av Jonny Eriksson.

1.4 Metod

Arbetet med licentiatuppsatsen har tagit stöd i de rika empiriska erfarenheter som redovisats ovan. Fokus har lagts på tillverkningsmetoder för kalkbindemedel och kalkbrukssammansättning som innefattat både teoretiska och praktiska studier av bl.a. råmaterial, släckningsmetoder, byggnation av olika sorters kalkugnar samt dokumentation av temperaturförloppet vid bränning av kalk. Tillverkning av bindemedel och bruk innehåller ett flertal olika processer. Det sammanlagda resultatet av dessa processer formar bruket/putsens egenskaper. Brukets egen-

skaper påverkas också av yttre omständigheter som temperatur, luftfuktighet, det underlag som bruket är appliceras på samt hur den applicerade putsen bearbetas. Detta gör kunskapen om putsbruks egenskaper till ett mycket komplext kunskapsområde. Denna komplexitet avspeglar sig tydligt i de handböcker och den forskning som skrivits i ämnet under de senaste 200 åren.

De teoretiska studierna har i huvudsak utgjorts av analys av litteratur från 1800-talet och 1900-talets början som beskriver hantverkliga metoder och konstruktioner för tillverkning av bindemedel och bruk men även byggnadsvårdslitteratur under 1900-talets slut och forskning från 2000-talet har studerats. I licentiatuppsatsen redovisas resultat från litteraturanalyserna i en översikt av forskningsfältet (kapitel 2), i en övergripande litteraturanalys (kapitel 3) och i en fördjupad litteraturanalys (kapitel 4). Med stöd i

den övergripande och den djupgående litteraturanalysen utfördes en empirisk undersökning av sprickbenägenheten mellan två olika bruk baserade på kalkdeg som framställdes genom två olika släckningsmetoder (kapitel 5). Metoderna som jämförs är våtsläckning med överskott på vatten och våtsläckning med avstämd mängd vatten.

Källmaterial i översikt av forskningsfältet

I forskningsöversikten görs en historisk genomgång och analys av historiska källor och byggnadslitteratur från 1800-talet och fram till idag i relation till samhällsutvecklingen i Sverige och med fokus på brukets delmaterial och den komplexitet som hantverkets kunskap har att ta ställning till. Litteraturen som analyseras i detta arbete är i huvudsak Svensk litteratur. I den fördjupade litteraturanalysen förekommer engelsk litteratur detta beror på att författaren bedömts haft inflytande på kunskapsutvecklingen i Sve-

rige. Den valda litteraturens tidsperioder följer tydliga förändringar i samhällets utveckling: 1800-talets industrialisering, urbaniseringen under 1900-talets mitt samt byggnadsvårdens aktualisering av de problem som uppkommer på våra byggnadsminnen vid användningen av cement- och kalkcementbindemedel under 1900-talets andra hälft. Koncentrationen av litteratur som berör de frågeställningar som är i fokus i denna studie följer denna utveckling varför valet har fallit på följande perioder.

Period 1: Byggnadsläror under 1800-talets andra hälft.

Period 2: Handböcker och tekniska beskrivningar under 1900-talets mitt.

Period 3: Byggnadsvårdslitteratur under 1900-talets slut och forskning från 2000-talets början.

Källmaterial i den övergripande litteraturanalysen

I den övergripande litteraturanalysen görs en systematisk genomgång av sex frågeställningar i syfte att belysa och tydliggöra de bakomvarande orsakerna samt på vilket sätt tillverkning av bindemedel och bruk förändrats under de senaste 200 åren. Författarna som har valts ut i den övergripande litteraturanalysen har i olika grad närmat sig hantverket, dess material, metoder och den komplexitet som hantverkets utövande utgör. Författarna är till yrket militära officerare, ingenjörer, arkitekter och i något enstaka fall Byggmästare. Följande publikationer har valts ut för den övergripande litteraturanalysen:

Period 1: *Utkast till Allmän Byggnadslära* (Stål 1854), *Lantbyggnadskonst* (Henström 1869) och *Allmänna Byggnadsläran* (Rothstein 1890).

Period 2: *Modern putsteknik* (Nycander och Bährner 1945), *Mureri Hantverkets bok* (Paulsson och Granholm 1953), *Handbok om Murbruk och Putsbruk* (Bährner 1956).

Period 3: *Kalkputs 2* (Hidemark och Holmström 1984), *Restaurering och reparation med puts och murbruk* (Konow 1997), *Porstrukturens betydelse för beständigheten* (Balksten 2005), *Traditional lime mortar and plaster - Reconstruction with emphasis on durability* (Balksten 2007).

Vald litteratur representerar tydliga brytpunkter i samhällsutvecklingen och uttalat behov av forskning i ämnesområdet. De samhällsmässiga förändringarna är tydligt kopplade till industrialiseringen under 1800-talet samt urbaniseringen under 1900-talets mitt. Utlatat behov av forsknings insatser kan kopplas till urbaniseringen under 1900-talets mitt

och den ökade bostadsproduktionen. Behov av kunskap om kalk framgår av byggnadsvårdsforskningen under 1900-talets slut sprungen ur uppmärksammandet av skador på kulturhistoriska byggnader i samband med användning av cement i bruk.

Utvald litteratur förmedlar kunskap i ämnet som är representativ för den aktuella tiden. Beskrivningar och rekommendationer om lufthårdnande kalkbruks delmaterial, bindemedel och sand, arbetsmetoder som kan medföra puts-skador eller inverka på brukets kvalitet med fokus på släckningsmetoder och blandningsförfarande samt hantverkarens roll.

Valet att fokusera på släckningsmetoder och blandningsförfarande är att blandnings- och släckningsförfarandet har mekaniserats samt att den lufthårdnande kalkens konsistens och fukthalt förändrats. Fram till 1940-talet användes våtsläckt kalk som släcktes på arbetsplatsen. Under 1950-talet introduceras torrsläckt kalk packad i säck från bindemedelsfabrik. Förändringen inverkar på hantverkarens roll som framställare av bruk. Under 1970-talet introduceras åter våtsläckt kalk, men nu för byggnadsvårdens behov. Begreppet eller definitionen lufthårdnande kalk har tydligt förändrats av brytpunkter i samhällsutvecklingen, något som framgår av översikten av forskningsfältet i kapitel 2, varför definitionen av kalk är intressant att studera.

I den övergripande litteraturanalysen presenteras en systematisk analys av hur respektive författare beskriver brukets delmaterial, arbetsutförande och hantverkarens roll. Frågeställningarna baseras på empiriska erfarenheter och tidigare publikationer:

- Hur definieras lufthårdnande kalk?
- Hur är sandens grovlek i förhållande till lufthårdnande kalk?
- Skador och arbetsutförande med avseende på brädriven lufthårdnande kalk?
- Hur är blandningsförhållandena?
- Hur blandas bruk och hur släcks kalk?
- Vad är hantverkarens roll?

Litteraturanalysen avgränsar sig med avseende på arbetsmetoder och putsens bearbetning till att enbart belysa den brädrivna kalkputsens då den är vanligt förekommande under analysens tre tidsperioder. Dessutom uppvisar putstypen ofta karaktäristiska skador vilket gör den intressant. För att begränsa antalet variabler koncentreras urvalet till litteratur som beskriver blandning av våtsläckt lufthårdnande kalk och sand som används till utvändig brädriven puts baserad på lufthårdnande kalk.

Källmaterial i den fördjupade litteraturanalysen

Den fördjupade litteraturstudien fokuserar på våtsläckning av kalkbindemedel. Motiveringen är att utav brukets delmaterial, vatten, sand och bindemedel så är det bindemedlets framställning som genomgått de största förändringarna under de senaste tvåhundra åren. Förändringen ligger i att framställningen övergått från att med hantverkliga metoder tillverka bindemedel av lokala råmaterial till att i fabrik framställa bindemedel med råmaterial från några enstaka platser. Vid tillverkning av kalkbindemedel så genomgår råmaterial i huvudsak två från varandra skilda processer som påverkar råmateriallets kemiska sammansättning. Det är bränning och släckning av kalken. Av dessa

båda processer så är det släckningen av kalken som tydligast kan kopplas till murhantverket. Släckning av kalk har utförts på arbetsplatsen långt fram i modern tid för att under 1950-talet alltmer utföras i fabriker.

Följande verk ingår i den fördjupade litteraturanalysen och presenteras i kronologisk ordning för att belysa den historiska utvecklingen: *Hur kalk skall tillredas från bränning till färdigt bruk* (Sjöbladh 1750), *Mortars and Cements* (Vicat 1837), *Utkast till allmän byggnadslära* (Stål 1854), *Praktisk handbok i lantbyggnads-konsten* (Henström 1869), *Handledning i allmänna byggnadsläran* (Rothstein 1890), *Husbyggnads-konstruktioner II murar och stenhuggeriarbeten* (Karlsson 1907), *Ingenjörsvetenskapsakademien handlingar Nr 191 Svenska kalksorter* (Hagerman 1946) och *Handbok om murbruk och putsbruk* (Bährner 1956). Författarna är till yrket militära officerare, ingenjörer, arkitekter, geologer och lärare. De har det gemensamt att de alla skriver om släckningsmetoder som är användbara för att framställa bindemedel till bruk. I huvudsak kan de metoder som författarna beskriver indelas i metoder för torrsläckning och våtsläckning.

I den fördjupade litteraturstudien har ambitionen varit att finna litteratur som kompletterar den tidigare övergripande litteraturstudien för att erhålla större bredd och djup. Det är litteratur som i första hand beskriver våtsläckning av lufthårdnande kalk. I andra hand har litteratur av metodisk karaktär sökts, oavsett om det är våt- eller torrsläckning som beskrivs. I tredje hand resultat av laboratorieundersökningar som kan kopplas till framställning av våt- eller torrsläckt kalk. Urvalskriterierna är:

- Litteratur som beskriver våtsläckning som den tillämpas i praktiken.
- Släckningsmetodens inverkan på det färdiga brukets egenskaper.

Den litteratur som beskriver släckningsmetoder i en verklig situation är tydligt kvalitativ. Den litteratur som beskriver laboratorieundersökningar av släckningsmetoders inverkan på kalkens och brukets egenskaper, innehåller både kvalitativa och kvantitativa analyser av metodens verkan. Vid urvalet av den litteratur som ingår i detta avsnitt har ambitionen varit att belysa litteratur som beskriver:

- Våtsläckning av lufthårdnande kalk och metodens inverkan på bruket och den färdiga putsens egenskaper.
- Resultat av laboratorieundersökningar som kan kopplas till framställning av våtsläckt kalk.
- Inverkan på brukets kvalitet av mängden vatten som tillsätts vid blandningen.

Empiriska studier

Med stöd i litteraturanalyserna utfördes en empirisk undersökning av sprickbenägenheten mellan två olika bruk baserade på kalkdeg som framställts genom två olika släckningsmetoder. Metoderna som jämförs är våtsläckning med överskott på vatten och våtsläckning med avstämd mängd vatten.

I den fördjupade litteraturanalysen (kapitel 4) definieras en traditionell våtsläckningsmetod baserad på släckning med överskott av vatten genom jämförelser av historiska metodbeskrivningar härefter kallad Bährner-metoden (Bährner 1956). En våtsläckningsmetod där en avstämd mängd vatten används, härefter kallad Erikssonmetoden

(Eriksson 2012), har utvecklats vid Göteborgs universitet (kapitel 5.6) som ett resultat av litterära studier i kombination med observationer i samband med att bruk tillverkats för olika putsprojekt i Västra Götaland.

I en jämförande studie av bruks sprickbenägenhet jämförs dessa två metoder (kapitel 5.7). Syftet med den jämförande studien är att kvalitativt påvisa skillnader i putsbrukets egenskaper som kan kopplas till metoden för hur kalken är släckt. I huvudsak avses att undersöka brukens krympeegenskaper. Förutsättningen är att putsytorna jämförs under likvärdiga förhållanden med avseende på blandningsförhållande, puts-tjocklek, bearbetningsmetod och underlag.

Putsproverna utfördes vid Institutionen för kulturvård i Mariestad. Underlagets stomme var lättbetong som grundas med kalkbruk och avjämnas till en tjocklek av 5 mm som därefter torkat i fjorton dagar. Till bruk baserad på kalk som släckts med överskott av vatten (Bährner-metoden) har kalken framställts i enlighet med instruktioner i Bährner (1956). Kalken är sedan lagrad i 10 dygn, enligt Bährner är den vanligaste lagringstiden 7-14 dygn. Vid användandet av kalken har den haft konsistensen av deg. Till bruk baserad på Erikssonmetoden används kalk som släckts med en avstämd mängd vatten (kalken är inte upparbetad efter släckning, se kapitel 5, metodbeskrivning). Kalkens konsistens var fast och smulig. Vid blandningen av bruket var det nödvändigt att tillsätta 0,5 liter vatten för att erhålla en konsistens som är överensstämmande med det bruk som framställts med kalk av Bährners beskrivna metod. Sanden som användes i bruket till provytorna i den jämförande studien följer kornfördelningskurvan i (fig. 8). Genom att först väg 1000 g natur-

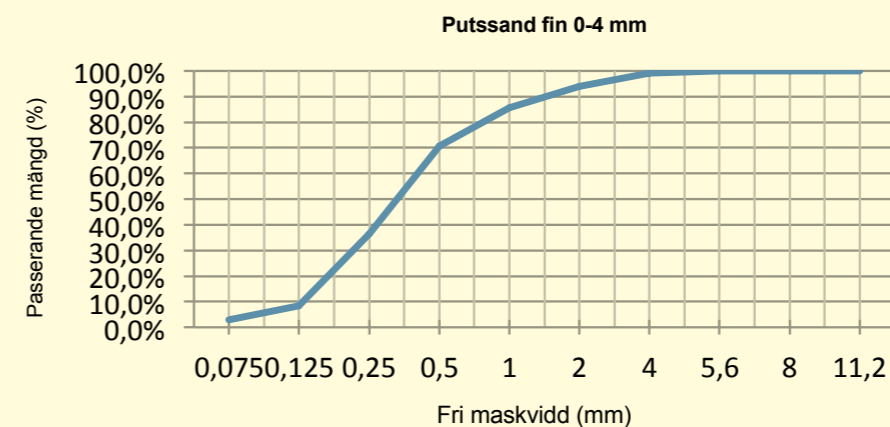


Fig. 8. Sanden som är använd i den jämförande studien benämns putssand fin 0-4 mm beroende på att sanden till 94 procent består av korn mindre än 2 mm.

fuktig sand och sedan torka sanden vid 105°C i två timmar bestämdes den naturfuktiga sandens vikt av vatten till 52,5 g. För att bestämma sandens volymförändring från naturfuktigt tillstånd till vattenmättat tillstånd användes en metod beskriven av Hellström (1945). I en 15 liters hink innehållande 7 liter vatten tillförs 10 liter naturfuktig sand varefter den vattendränkta sandens volym mäts. Volymförändringen uppgick till ca 30 procent.

För att fastställa mängden bindemedel i kalkdegen torkades 500 g kalkpasta av Eriksson- och Bährnerkalk i 200°C och 12 timmar. Erikssonkalken innehåller efter torkning 259 g torrt bindemedel på 500 g kalkpasta (0,518 g kalk per gram kalkdeg). Bährnerkalk innehåller 222 g bindemedel efter torkning (0,444 g kalk per gram kalkdeg).

Bruket och putsytorna tillverkades enligt följande:

1. Vid blandningen användes snabbgående bruksvisp. Blandningstiden för bruken var 10 minuter.

2. Putsytornas bredd är 600 mm med en höjd av 750 mm. Putsytornas tjocklek regleras till 9 mm genom att använda 8 mm rundstål som trycks fast i bruket mellan rundstålet och väggen uppstår då ett skikt av 1 mm bruk.
3. Bruket applicerades i ett skikt som sedan stockas av med en bräda mot rundstålen med en tjocklek av 9 mm. Därefter lämnas ytorna att torka.
4. Putsytorna jämfördes sedan med varandra med avseende på uppvisad sprickbildning, bindemedelshalt och släckningsmetod.

I det empiriska arbete som utgör grund för den jämförande studien har både torrsläckt och våtsläckt kalk framställts av samma kalkråvara. Kalkråvaran som används är bränd i en kalkugn uppförd 2008, refererad till som ugn B. Denna är en utveckling av en tidigare ugn uppförd 2004, refererad till som ugn A. Av betydelse för studien är att kalken är bränd vid en jämn och dokumenterad temperatur. Av detta skäl beskrivs

de empiriska erfarenheterna och resultaten med utvecklingen av de bågiga ugnarna i kapitel 5.

Som ett led i att undersöka hur olika släckningsmetoder kan inverka på temperaturen, samt med avseende på okulärt iakttagbara rester av kalk som inte släckts, redovisas erfarenheter av torrläckning i kapitel 5.

1.5 Disposition

Detta arbete är uppdelat i sex kapitel. I inledande kapitel redogörs för bakgrund, syfte och metod.

Den översiktliga analysen av forskningsfältet i kapitel 2 omfattar en syntes av historiska källor och byggnadsvårdslitteratur samt en analys av puts som fasadmateriäl i relation till samhällsutvecklingen i Sverige med fokus på hantverkarskapskunnskap och brukets delmaterial.

Kapitel 3 innefattar den övergripande litteraturanalysen. Litteraturanalysen är indelad i tre perioder. Period 1 behandlar 1800-talets byggnadsläror som förmedlar murhantverkets kunskap om metoder och material. Under perioden påbörjas en förändring av hur kalkbindemedel definieras. Förändringen sammanfaller med behovet av bruk för vattenbyggnadskonstruktioner och industrialiseringen under 1800-talets slut. Period 2 behandlar förändringen av putsbrukets delmaterial i relation till införandet av nya byggnadsmaterial och behovet av kvalitetsäkring. Under perioden hade murare i landet en betydelsefull roll i den forskning och implementeringlitteratur följde. Under perioden övergår definitionen av material helt till att definieras kvantitativt. Period 3 behandlar kulturminnesvårdens forskning och behov av kalkbindemedel. Där beskrivs forskningsläget och behovet. Hantverkets metoder och dess inverkan på materialet framhålls som ett viktigt forskningsfält.

Kapitel 4 innefattar en fördjupad litteraturstudie av våtsläckningsmetoder. Resultatet av den övergripande litteraturstudien visar på att det saknas metodbeskrivningar för våtsläckning samt reflektioner över momenten som ingår i metoden under byggnadsvårdsperioden. Av metodbeskrivningarna för våtsläckning som återges under de tre perioderna framgår att det finns olika metoder att våtsläcka kalk. I fokus för den fördjupade litteraturstudien står därför två i litteraturen beskrivna metoder för våtsläckning. Det är våtsläckning med överskott av vatten och våtsläckning med avstämd mängd vatten. Studien belyser dessa metoder samt metodernas inverkan på brukets kvalitet. Som ett resultat av studien beskrivs metoden för våtsläckning med överskott av vatten och dess relevans som tradition under 200 år.

I kapitel 5 redogörs för de empiriska studier av bränning och släckning som ligger till grund för avhandlingsarbetet. Det som berörs beskriver råmaterialet och dess geografiska läge samt sammansättning och ålder. Byggnationen av den första kalkugnen och det utvecklingsarbete som leder fram till konstruktionen och byggandet av ytterligare en ugn. I relation till släckning redogörs för observationer och erfarenheter av att tillverka torr och våtsläckt kalk för ett flertal olika putsobjekt i Västra Götaland. I relation till detta arbete redogörs för olika forskares och deras rön gällande bränning och släckning. En ny metod för våtsläckning presenteras. I syfte att påvisa hur släckningsmetoder kan inverka på sprickbildning presenteras resultatet av en jämförande studie.

Kapitel 6 innehåller en sammanfattning och diskussion kring de resultat som framkommit i litteraturanalysen och det empiriska arbete och ger förslag på nya frågeställningar och forskningsområden.

2.1 Historiska källor och byggnadsvårdslitteratur

Byggnadsläror under 1800-talet

Den kunskap om bindemedel och ballast som förmedlas i 1800-talets byggnadsläror har utvecklats ur de forskningsinsatser som under 1700-talets andra hälft och 1800-talets början initierades för att framställa bruk för vattenbyggnadskonstruktioner (Johansson 2004). Den presenterade kunskapen kan ses som spetskompetens i ämnesområdet för den tid som byggnadsläror representerar. Bakgrunden är behovet av att kunna transportera varor inom och utom landet. Dessa konstruktioner kom att ställa höga krav på att bindemedlet sluthårdnade även i fuktmättat tillstånd. Egenskapen att hårdna under vatten var viktig för att bindemedlet inte skulle lösas upp och förlora sin funktion som sammanbindningsmaterial.

I Sverige kom bindemedlet att bestå av en blandning av hydraulisk kalk och alunskifferaska. Huvudsakligt användningsområde var till vattenbyggnadskonstruktioner och kom att vara en specialprodukt ämnad för detta ändamål. Bindemedlet har sitt namn efter sin användning, vattenkalk (hydraulisk kalk). För att framställa detta bindemedel så behövdes både djupare kunskap om råmaterialens egenskaper och om framställningen. Initialt berörde forskningen frågeställningen om vilka ämnen i kalksten som gav det framställda bindemedlet egenskaper att hårdna under vatten. Forskning i denna fråga bedrevs såväl inom som utom landet. Bakgrunden var behovet av inhemska bindemedel, då dessa naturliga bindemedel i flera fall var sällsynta och i många fall behövde importeras.

Den engelske ingenjören John Smeaton är den forskare som först identifierade varför en viss

sorts kalk efter bränning har förmåga att hårdna i fuktigt tillstånd. John Smeaton offentliggör sina rön år 1791 om att alla lerhaltiga kalkstenar efter bränningen lämnar mer eller mindre god vattenkalk (hydraulisk kalk) (Bilde 1940). För bindemedelsforskning under 1700- och 1800-talen var kunskapen om kalkstenens sammansättning för framställning av hydraulisk kalk en av 1800-talets viktigaste upptäckter. Denna kunskap tillsammans med bränningstemperaturens inverkan utgjorde grunden för upptäckten av det konstgjorda hydrauliska bindemedlet cement. Upptäckten tillskrivs Engelsmannen Isaac Charles Johnsson 1844 (Bilde 1940). Materialet gjorde det möjligt att uppföra monolitiska konstruktioner enbart med användningen av cement, sand och grus (betong) där man tidigare varit beroende av murade konstruktioner i tegel eller natursten. Sveriges första cementfabrik anlades i Lomma 1873 (Hellström 1945).

Kemisten Gustav Erik Pasch var pionjär för den svenska forskningen om inhemska råmaterial för bindemedel till vattenbyggnadskonstruktioner (Bilde 1940). Pasch var professor vid Karolinska Institutet och utförde mellan åren 1818-1822 inventeringar och undersökningar av svenska kalkstensförekomster på uppdrag av Göta Kanals Direktion. Pasch rön publicerades i Järnkontorets Annaler 1824.

Undersökningen och inventeringens syfte var att utvärdera kalkstensförekomsternas användbarhet och kemiskt definiera dem. Bakgrunden till uppdraget var behovet av hydraulisk kalk för utbyggnaden av vattenbyggnadskonstruktioner i Sverige (Pasch 1824). Pasch redovisar i sin undersökning ett historiskt sammandrag av de huvudsakliga undersökningar som publicerats i ämnet. Undersökningarna är hämtade ur svens-

ka och utländska fack- och vetenskapstidskrifter. Urvalskriteriet för de rön Pasch presenterade i sin undersökning var att de var tillräckligt prövade av erfarenhet. En av dessa författares rön är återkommande, den franske fortifikationsingenjören L. J Vicat, vilket visas av följande två citat från Pasch:

”För några år sedan publicerade Vicat resultaten av en stor mängd försök med murbruk och cement. Jag ska bland hans mångfaldiga rön, som alla förtjänar den största uppmärksamhet, anföra de förnämsta” (Pasch 1824).

”Sättet att släcka kalken är ej likgiltigt. Vicats regel, att det släckningsätt som finast fördelar kalken, är det bästa, har även efter min erfarenhet, all sannolikhet” (Pasch 1824).

Kanske var det hans arbetssätt som gav denna tilltro att genom empiriska experiment och praktiska undersökningar fastställa materialens egenskaper, framställning och användningsområden. Vicat publicerar sina rön om kalkbindemedel 1818 i publikationen *Recherches Experimentales sur les Chaudes Construction les Bétons et les Mortiers Ordinaires to the Institut de France Académie Royale de Sciences*. En omarbetat utgåva ges ut 1828, och översätts till Engelska av den engelska Kaptenen och ingenjören J. T Smith och publiceras 1837 (Wingate 1997). Av årtalet för publiceringen framgår att Vicat och Pasch var samtida forskare med det gemensamma ämnet kalk för vattenbyggnadskonstruktioner.

Pasch utförde såväl kemiska analyser som praktiska försök på de svenska kalksorterna. I de praktiska försöken ingick provbränningar, släckningsmetoder samt försök med olika sammansättningar av bruk, där bland annat alunskifferaska ingick. Tillsatsen av alunskifferaska ingick för att öka de hydrauliska egenskaperna i

bruket, en upptäckt som Pasch tillskriver bergsrådet Rinman i en publikation utgiven 1770. Pasch tillskott till denna upptäckt är hypotetisk men han menar att en finare malning av alunskifferaskan bör ge ett bättre bruk, vilket har en tydlig koppling till Vicats rön om bindemedlets finhet.

Förutom undersökningar och inventeringar av lämplig kalkråvara samt alunskifferaskans användbarhet för vattenbyggnadskonstruktioner, redovisar Pasch i sin undersökning beskrivningar om bränningsförhållandets inverkan samt släckningsmetoder i förhållande till den brända kalkens egenskaper (Pasch 1824). För den här licentiatuppsatsen är de erfarenheter Pasch redovisar om hur bruk blandas intressant. Han menar att avgörande för brukets kvalitet är att blandningsförhållandet utgår från den släckta kalkens halt av kalciumhydroxid och sandens hålrumsprocent och att det för varje kalksort bör undersökas innan murbruket sätts samman. Pasch redovisar en metod och formel för hur detta fastställs, men han gör ingen studie av huruvida sanden ska vara fin eller grov i förhållande till kalkens halt av kalciumhydroxid då han menar att sandens grovlek bör väljas efter vad bruket ska användas till (Pasch 1824).

Frågan om sandens grovlek i förhållande till kalkens innehåll av lermineralelementer (d.v.s. hur hydraulisk kalken är) undersöker Vicat (1837). Han menar att sandens grovlek ska inrättas efter kalkens egenskap av att vara hydraulisk. Vicat definierar maximala kornstorleken för tre olika sorters sand som blandas allt efter vilket bindemedel som används i bruket. Dessa är: grov sand 1,5-3 mm, fin sand 0,5-1,5 mm och pulver där de största partiklarna inte får vara större än 0,2 mm. Vicat beskriver även en metod för

hur mycket bindemedel en viss sorts sand ska blandas med. Metoden går ut på att genom att hålla vatten på sanden till dess att vattnet precis täcker sanden, så kan sandens hålrumsvolym bestämmas genom att mäta hur mycket vatten som hållts på.

De bruk Pasch beskriver är mer hydrauliskt hårdnande än de traditionella bruken som används vid husbyggnation vid den här tiden (Pasch 1824). Orsaken är att han använder sig av alunskifferaska som ökar den hydrauliska effekten på bruket. I övrigt så är de kalker som Pasch beskriver i flera fall desamma som används vid husbyggnation. Av den orsaken är Pasch beskrivningar av hur kalk släcks och bruk blandas för vattenbyggnadskonstruktioner intressant då det är kunskapen om framställningsmetodernas inverkan som utgör den gräns som skiljer vattenbyggnadskalken från husbyggnadskalken. Den tydligaste skillnaden består i att Paschs släckningsmetoder antingen släcks genom inverkan av luftens fuktighet och bildar ett torrt pulver eller att kalken släcks i samband med bruksberedningen.

Släckningsmetoden för den vanliga kalken (husbyggnadskalk) är under 1800-talet vanligen våtsläckning. Utöver våtsläckning förekommer de ovanstående av Pasch beskrivna metoderna, men vanligen då i relation till stark hydraulisk kalk. (Henström 1869, Rothstein 1890). Lagringstiden för husbyggnadskalken varierar allt efter hur fet eller mager, d.v.s. hur hydrauliskt bindande, kalken är (Rothstein 1890). Av allt att döma är våtsläckning av kalk för husbyggnation en vanlig släckningsmetod oavsett om kalken är mager eller fet. Av Paschs (1824) beskrivningar framgår att det i flertalet fall är släckbara magra eller svagt hydrauliska kalker som används vid

vattenbyggnadskonstruktioner. Varför det i stort sett är samma sorts kalk som används vid vattenbyggnadskonstruktioner som vid husbyggnation. Vilket framgår av Stål (1854), Henström (1869), Rothstein (1890).

Skillnaden ligger i att Pasch behöver få ut mer av materialets egenskaper än vad som är fallet vid husbyggnation, detta uppnås bland annat genom tillsats av alunskifferaska. Av Pasch beskrivningar framgår även en omsorg i metoden vid släckningen av kalken. Enligt Pasch är kalk som längre tid varit släckt eller släckt med för mycket vatten ej användbar för vattenbyggnadskonstruktioner då de hårdnar långsammare och löses upp i vattnet. Vid beskrivningen av brukets blandning och den mängd vatten som används så beskriver Pasch att den lämpliga mängden som kan tillsättas står i relation till den brända kalkens egenskaper, varför det för varje kalksort får provas ut.

Utmärkande för Paschs beskrivning av sina undersökningar är hans arbetssätt där de egna undersökningarna och resultaten jämförs och står i dialog med tidigare undersökningar och resultat. Pasch poängterar för Göta Kanals Direktion att hans framlagda rön är prövade i praktiken och att hans kemiska undersökningar är ett komplement till dessa. Bakgrunden till denna osäkerhet är Pasch insikt om att kalk med en högre andel lermineraller inte alltid är mer lämpade än en kalk med liten mängd lermineraller. Pasch hade hoppats att få ut mer av de kemiska analyserna då det hade varit en enklare metod att fastställa en kalks lämplighet för vattenbyggnadskonstruktioner. Pasch berör inte hantverkets utförande i relation till de material han beskriver annat än vad som bör iaktas vid tillverkning av bruk.

Pasch bidrag består i att lyfta utländsk forskning i ämnet, beskriva de svenska förutsättningarna för tillverkning av naturlig hydraulisk kalk, belysa alunskifferaskans goda egenskaper samt beskriva släckningsförfarandets betydelse. Hans arbete syftade till att definiera och finna lämpligt råmaterial för vattenbyggnadskonstruktioner inom Sveriges gränser. Den metod han använder sig av för att definiera råmaterialets procentuella innehåll av lermineraller är kvantitativ. Ur ett svenskt perspektiv är detta ett nytt sätt att definiera kalkstensråvaran. Av den 1800-talslitteratur som ingår i denna undersökning så är det vid beskrivningen av hydrauliska bindemedel för vattenbyggnadskonstruktioner som behovet av kvantitativ definitionsgrund är som mest påtaglig. Detta är av allt att döma en effekt av Pasch arbete. Av källhänvisningarna i de svenska byggnadsläror (e.g. Stål 1854, Rothstein, 1890) framgår att Pasch och L. J. Vicats forskningsrön kom att ha inflytande på den svenska kunskapsbildningen om hydraulisk kalk samt användningen av tillsatsämnen som ger puzzolaniska effekter till bruk.

Handböcker och tekniska beskrivningar under 1900-talets mitt

Under 1930-talets slut uppmärksammades en ökad skadebild på putsade fasader i Sverige. En möjlig orsak till skadebilden bedömdes vara att det traditionella kalkbruket användes på allt mer skiftande underlag (lättbetong och betong) och under en allt högre produktionstakt. En annan beskrivs vara utförande och handhavande fel kopplat till hantverket (Westlund och Gedda 1940).

För att utreda problemet startades en utredning av Svenska Cementföreningen i samverkan med Skånska Cement AB, utredningen publi-

cerades 1940 med titel Putsproblemet i Sverige. Arbetet utfördes av Georg Westlund och Sten Gedda. Utredningen avslutas med en inbjudan till diskussionsinlägg. På inbjudan svarar Henrik Kreüger, Tekniska högskolan i Stockholm, byggnadsteknik och Nils Royen, Kungliga Byggnadsstyrelsen. Utredningen syftade till att studera skadekaraktären på putsade fasader och om det var möjligt att finna huvudorsaken till dessa skador. Inventeringen omfattade putsade fasader med varierande underlag (huvudsak tegel och lättbetong) och putssammansättning.

Inventeringen koncentrerades till städerna Malmö, Göteborg, Borås, Örebro, Stockholm och Jönköping. I dessa städer besöktes och insamlades information från kommunala byggnadsnämnder, arkitekter, entreprenörer, brukslieferantörer, arbetsplatser och laboratorier där så fanns, samt information om erfarenheter från utförda putsningsarbeten. Av utredningen framgick att det fanns stora brister i beständighet i de svenska putsfasaderna. Någon generell orsak till skadorna gick inte att ge då orsaken kunde bero på flera olika faktorer. Dessa faktorer kunde vara ojämn kvalitet på bindemedlet, brukets sammansättning, fel arbetsutförande eller underlagets egenskaper med mera. I diskussionen om de viktigaste faktorernas inverkan på putsens bestånd beskrivs särskilt putsutförandet, putsbrukets ingående material och putsbrukets proportionering. Författarna gör ett försök till att schematiskt sammanfatta de viktigaste orsakerna till skador. Av författarnas 30 beskrivna orsaker så härleddes 22 till hantverkets utförande eller hantverkarens val av delmaterial i putsbruket, proportionering och blandning. Av putsbrukets beståndsdelar kalk, cement, sand och vatten så menar Westlund och Gedda (1940) att

det är kalken och sanden som ibland är mindre eller helt olämplig. Ur ett kunskapsperspektiv ger detta en stor komplexitet i förhållande till att förstå den direkta orsaken till varför puts-skador uppkommer, vilket också uttalas av författarna.

Westlund och Gedda kritiserar för relevansen i sin undersökning av Henrik Kreüger (1940) som menar att det är svårt att analysera orsakerna till puts-skador i efterhand på grund av att information om förutsättningarna vid putsutförandet saknas. Kreüger menar att slutledning av sådana studier ofta är mindre värda och kan leda till vilseledande slutsatser. Kreüger poängterar att för att få kunskap om problemet så är det ofrånkomliga behovet att försöksrhus uppförs där alla förutsättningar kan samlas och resultaten studeras vid sidan av laboratorieprov.

Kreüger skriver att om hans sedan tjugo år tidigare förslag i denna riktning realiserats så skulle vi nu haft kunskaper och erfarenheter av synnerligen stort värde i frågan. Vidare skriver han att, av vad han förstår, så är nu krafter i rörelse för att åtminstone i viss mån realisera hans gamla projekt. Kreüger syftar i denna mening på de möten han haft med Göteborgs stadsbyggnadsnämnd som visat stort intresse för hans frågor och har av den anledningen förhoppningar om att det i alla fall på en plats i Sverige kommer att vidtas åtgärder för att komma till rätta med problemet.

Vid sidan av den traditionellt tillverkade kalkens skiftande kvalitet och begränsningar diskuteras sandens inverkan på putsbruket. I fråga om den traditionella byggnadskalkens kvalitet så beskrivs problemet bestå i det stora utbud av olika kalksorter som finns att tillgå, samt att metoderna för hur kalken bränns och släcks kraf-

tigt varierar och att det i flera fall är primitivt (Westlund och Gedda 1940). Inverkan av dessa faktorer medverkar ej till förutsättning för framställning av en jämn och fullgod produkt enligt Westlund och Gedda. Vidare belyses de förutsättningar som byggproduktionen lyder under och hur det påverkar den våtsläckta kalkens kvalitet. I huvudsak är det kraftiga variationer i byggverksamhet som ger upphov till kortare och längre lagringstid av kalken vid murbruksfabrikerna. Vikten av tillräckligt lång lagringstid av den släckta kalken poängteras av Westlund och Gedda (1940) då det vid för kort lagringstid kan ge upphov till skador i form av kalkblåsor.

Kreüger och Royen (1940) berör kunskapsläget och hävdar att putsfrågan ägnats särskilt intresse från byggnadsstyrelsen sida och varit föremål för utredningar sedan 1927. Där bland annat behovet av forskrifter för leverans och provning av kalk har varit föremål för studier såväl utomlands som inom landets gränser. Vidare skriver Royen (1940) att emellertid har inget nytt utöver vad tidigare varit känt i landet framkommit. Arbetet resulterade i utarbetande av preliminära förslag till kalknormer 1936 som för yttrande översändes till ett flertal ämbetsverk och tekniska föreningar. Arbetet fortgick därefter i samarbete med Statens provningsanstalt där särskilt provtagning och provnings bestämmelser för kalk varit föremål för vidare undersökningar. Vidare skriver Royen att då kalksorterna i landet i hög grad har varierande egenskaper så har arbetet varit mycket omfattande men att det nu finns ett koncept till ett definitivt normförslag för provning och provningsbestämmelser. Enligt Paulsson och Granholm (1953) fastställer Kungliga byggnadsstyrelsen 1941 försök till bestämmelser för leverans och provning av byggnadskalk.

Med avseende på problemet med kalkens lagringstid instämmer Kreüger (1940) i att den ofta är för kort. Enligt Kreüger är det emellertid inte endast vid kalkens lagringstid som brådskan och jäktet är för stor. Kreüger (1940) belyser i denna ståndpunkt att användande av äldre byggnadsmetoder och material i kombination med den avsevärt kortare byggnadstid som byggnader nu uppförs med, innebär att byggnaderna omedelbart efter uppförandet inte är lämpliga som bostäder. Följden blir enligt Kreüger att både puts, oljemålning och trä förstörs beroende på att byggnaden inte hunnit uttorka i tillräcklig grad. Vidare skriver Kreüger att dessa skador oftast skylls på att putsen varit dålig eller att träpaneler inte varit sakkunnigt utförda. Kreüger skriver att önskas en snabb arbetstakt så måste man anpassa material och metoder därefter. Genom utlandet belyser han att ansvaret/kunskapsbristen delas av byggbranschens aktörer. Rörande kalkens kvalitet och brukets proportionering av hantverkarna skriver Kreüger (1940) att de vanligen använda metoderna innebär stora osäkerhetsmoment, (av sammanhanget och Westlund och Geddans (1940) beskrivning av proportionering av bruk så är det volymmått som han syftar på). Om i stället torrläckt kalk används så underlättas proportioneringen menar han. Uttalandet är väl överensstämmande med Westlund och Gedda som skriver att volymproportioneringen blir mer exakt vid användande av torrläckt kalk då våtsläckt kalk innehåller en varierande halt av vatten. Enligt Kreüger så bör den nuvarande slentrianen bytas ut mot mer exakta metoder när våtsläckt kalk används som bindemedel i bruk.

Royen (1940) skriver i diskussionsinlägget att det i allt för hög grad har lämnats åt murbruks-

fabriker, murare, förmän och kontrollanter att avgöra putsens sammansättning och utförande efter eget gottfinnande.

Royen pekar på behovet av att studera problemet ur ett mer vetenskapligt perspektiv. Diskussionsinlägget avslutas med ett preliminärt förslag till bestämmelser för fasad puts. I förslaget med avseende på arbetsutförandet vid blandning av bruk skriver Royen att ”materialen till putsbruk skola uppmätas i lätt kontrollerbara volymmått. Sanden bör helst vägas” (Royen 1940). Under sammansättning av bruk skriver han; vid användning av kalkbruk tillses att kalkhydratmängden utgörs av 9 till 13 procent av sandens torra vikt helst så nära 9 procent som möjligt. Vidare -att i stället för kalkdeg kan torrläckt kalk användas. Med avseende på bindemedel i fasadputs på tegelfasad med liten påverkan av väder och vind rekommenderas kalkcement- eller kalkbruk. För fasad särskilt utsatt för väder och vind rekommenderas kalkcementbruk. Rekommendationen är i linje med Kreüger samt Westlund och Geddans uppfattningar om bindemedel sort för fasad. Rekommendationen att använda kalkcementbruk i stället för kalkbruk beror på att kalkcementbruket har ett säkrare hårdnande. Här framgår av författarna att det finns ett samband mellan hårdnandet och skador beroende på den allt snabbare byggnadstakten samt att putsarbeten inte sällan utförs under ogynnsamma förhållanden för kalkbruks hårdnade.

Av Westlund och Gedda (1940) framgår att sandens funktion i putsbruket inte är tillräckligt undersökt. De menar att det närmast kan ses som jungfrulig mark. Westlund och Gedda tar upp frågan om sandens kornfördelning och grovlek. I fråga om sandens kornfördelning hänvisar de till betonggjutning där forskningen om sandens

sammansättning resulterat i vissa idealsandkurvor. De menar att det även för puts är rimligt att uppställa vissa idealsandkurvor men att frågan inte är tillräckligt utredd. I fråga om sandens grovlek menar Westlund och Gedda att erfarenheten pekar på att sanden bör vara grov, men tillägger att grov sand motarbetas av murarna på grund av att det begränsar arbetbarheten. För att understryka riktigheten i sin argumentation beskrivs utvecklingen i några murbruksfabriker från Göteborg där man sedan några år tillbaka frångått den tidigare fina sanden och nu mer använder en grövre sand. Westlund och Gedda redovisar i rapporten *Putsproblemet i Sverige* en jämförande studie av sand från några större murbruksfabriker från Göteborg, Borås och Stockholm.

I denna studie framgår att putssanden från Göteborg är betydligt grövre än motsvarande från Borås och Stockholm som för övrigt väl överensstämmer med Kungliga byggnadsstyrelsens allmänna bestämmelser 1937 (Kungl. Byggnadsstyrelsen 1937). Bakgrunden till denna utveckling menar Westlund och Gedda kan vara att Göteborg är hårt klimatiskt utsatt. Westlund och Gedda pekar på spritputsen som ett exempel på att grov sand kan ge god beständighet då denna puts har den grövsta sanden.

Royen (1940) delar uppfattningen om den grova putssandens fördelar och konstaterar med tillfredsställelse att man numera lärt sig inse den grova putssandens fördelar i Göteborg. Royens presenterade förslag (i diskussionsinlägg) till bestämmelser angående fasadputs är gjord med grundstomme tagen ur Göteborgs stadsbyggnadsnämnds bestämmelser och avser 1940 års bestämmelser för fasadputs (Westlund och Gedda 1940). Av förslaget beskrivning av puts-

sandens kornfördelning så framgår att andelen grövre korn är större än vad som förskrivs i Kungliga Byggnadsstyrelsens allmänna bestämmelser 1937.

Kreüger delar Westlunds, Geddas och Royens uppfattning om användandet av grov sand och menar att ytputsen bör utgöras av grovt kalkbruk bestående av mursand med max kornstorlek på 3-3,5 mm. I fråga om uppställande av speciella idealsandkurvor menar Kreüger att det inte är praktiskt tillämpligt men att det är nödvändigt att försäkra sig om att sanden praktiskt taget håller sig inom vissa korngränser (gränskurvor). Av Kungliga Byggnadsstyrelsens nionde upplaga, fastställd 1937 och utgiven 1948, framgår att någon förändring av bestämmelserna för sandens korngradering inte är gjord. Av allt att döma så realiserades inte fullt ut det preliminära förslag till bestämmelser angående fasadputs som Royen presenterade i sitt diskussionsinlägg.

Samma år, 1940, kommer uppföljaren till *Putsproblemet i Sverige; Putsutredningen 2*. Författaren är Bährner. I förordet beskrivs att Putsutredningen syftar till att upprätthålla intresset och bearbeta den forskning som gjorts och görs i landet samt verka för att de framkomna rönen verkligen tillämpas i praktiken. Samarbetande parter är kommunala byggnadsnämnder, enskilda personer och bindemedelsindustrin. Publiceringen sker genom Svenska Cementföreningen (Bährner 1940). *Putsutredningen 2* arbetar vidare på Westlund, Geddas, Royen och Kreügers diskussion om sandens grovlek och kornfördelning. Arbetet omfattar mur- och putsbruk av kalk och kalkcement och gjordes i samarbete med en inte namngiven murare på cement och betonglaboratoriet i Limhamn. (Nycander och Bährner 1945). Arbetet resulterade i ett första

försök till systematisering av sandgradering och bedömning av olika bruksblandningars arbetbarhet och sprickbenägenhet. Kalkbindemedlet utgjordes av torrsläckt kalk. Proportionerna mellan torrsläckt kalk och naturfuktig sand anges i viktförhållande. Av anvisningarna för översättning av viktproportioneringen till volumproportionering framgår att kompensation för den naturfuktiga sandens fuktsvällning skall göras (Bährner 1940).

I samband med uppförandet av Södersjukhuset i Stockholm genomförs ett stort antal provputsningar under ledning av Civilingenjör Nycander och instruktör Leckström. Bährner och Svenska Cementföreningen sökte samarbete och medverkade vid provputsningarna. De bägge putsutredningarna tillsammans med Nycander och Leckströms arbete vid Södersjukhuset har av allt att döma en central roll i den förändring av putsbruken som sker under 1940-50. Några av de tydligaste förändringarna är en ökad föreskrivning av cement i putsbruken, kvalitetssäkring av bindemedel, sand, och bruksblandningsförfarande.

Rekommendationerna och introduktionen av fabrikstillverkad torrsläckt ren lufthårdnande kalk sågs av allt att döma som en möjlighet att leva upp till Kungliga byggnadsstyrelsens (1937) krav på den procentuella halten av kalciumhydroxid i bruket (Bährner 1940). Men med avseende på byggnadsstyrelsens bestämmelser för kvalitetssäkring av bruk föreföll det som om det fanns en del övrigt att önska. Detta framgår av Nycander och Bährner (1945) som skriver att egenskaperna, som vidhäftningsförmåga och frostbeständighet med mera, inte kan bedömas då det inte finns normer för hur sådana prov ska utföras. De statliga bestämmelserna reglerar för-

utom släckningstid den procentuella halten av kalciumhydroxid i relation till den torra sandens vikt. För putsbruk anges att bruket ska hålla minst 9 procent och högst 13 procent kalciumhydroxid. Enligt kungliga byggnadsstyrelsen är det i regel vanligaste blandningsförhållandet 1 del kalk på 3 delar sand. Bakgrunden till blandningsförhållandet är att bruket blir kort (svårarbetat) om bruken blandas magrare (Paulsson och Granholm 1953). Enligt Paulsson (1939) motsvarar blandningsförhållandet 1 del kalk på 3 delar sand ca 9 á 10 procent kalkhydrat under förutsättning att kalken är praktiskt taget ren: ca 95-100 procent kalciumoxid i den osläckta kalken.

Byggnadsstyrelsens krav från 1937 och de försök till bestämmelser för leverans och provning av byggnadskalk som kom 1941 fick dock inte något direkt genomslag. Orsaken beskrivs av Paulsson och Granholm (1953) vara att Kungliga byggnadsstyrelsen hade svårigheter att fastställa några allmängiltiga leveransbestämmelser med hänsyn till att kalken som fanns att tillgå i landet hade varierande beskaffenhet, samt att de bestämmelser som föreslogs var att betrakta som försök och återopades mycket sällan vid leveransavtal. D.v.s. användningen av våtsläckt kalk med varierande sammansättning fortsatte att användas.

Omställningen från den traditionellt våtsläckta lufthårdnande byggnadskalken (som kunde vara både mager och fet) till torrsläckt kalk blev av allt att döma en utdragen process vilket framgår av följande citat:

”Våtsläckning är det förfarande som oftast ifrågakommer, men torrsläckning har på de senare åren vunnit ökad användning sedan flera till-

verkare börjat saluföra fabriksmässigt torrsläckt kalk” (Paulsson och Granholm 1953).

Den magra, något hydrauliska kalken våtsläckes och användes på samma sätt som den feta, rent lufthårdnande, kalken (Strömberg 1945). Skälet till den utdragna processen kan också förklaras bygga på erfarenhet och kvalitativa perspektiv vilket följande citat belyser:

”För fet kalk bör halten av kalciumhydroxid inte understiga 9 procent... För mager kalk är det ofta inte möjligt att hålla dessa värden. Att man trots detta ändå kan erhålla ett mycket gott bruk sammanhänger i de flesta fall med att det icke längre är fråga om en mager luftkalk i egentlig bemärkelse utan en svag hydraulisk kalk vilken icke i högre grad skiljer sig från den vanliga luftkalken” (Strömberg 1945).

”Den allra renaste luftkalken innehåller omkring 99 procent ren kalk och ger därför ett mycket smidigt och lättarbetat men samtidigt mindre hållfast bruk” (Paulsson och Granholm 1953).

”Endast en ringa del av den kalk som i vårt land användes för byggnadsändamål innehåller så stor mängd sådana ämnen som ge kalken hydrauliska egenskaper att bruk därav skiljer sig märkbart från vanligt kalkbruk. Svagt hydraulisk kalk användes på samma sätt som luftkalk. Förbrukare torde i allmänhet icke märka någon större skillnad om de ena gången få luftkalk och den andra svagt hydraulisk kalk. Den senare ge dock vanligen ett starkare bruk med bättre vidhäftning” (Paulsson 1936).

Enligt Bährner (1956) ligger skillnaden i en något kortare lagringstid av den magra våtsläckta kalken (ca 3-4 dygn) då kalken hårdnar vid lagring med vattenöverskott. Under 1930-talets slut används begreppen fet och mager allt mindre i litteraturen för att till slut ersättas av kvantitativ definition. Förändringen framgår vid en jämfö-

relse mellan Kungliga byggnadsstyrelsen från 1937 och litteratur från 1940-talet, t.ex. Nycander och Bährner (1945).

Svenska Cementföreningen utkommer 1945 med handboken *Modern Putsteknik* och svarar mot de undersökningar och de behov av krav på kvalitetsäkning av putsbruks delmaterial som formuleras i *Putsproblemen i Sverige (1940)* och *Putsutredningen 2 (1940)*.

Under perioden, med början i *Putsutredningen 2* (Bährner 1940), utarbetas beteckningar för standardsammansättningar för olika sorters putsbruk. Dessa beteckningar representerar bestämda rekommendationer för bindemedel, blandningsförhållande, samt lämplig kornfördelningskurva för den beskrivna putstypen. Det används olika beteckningar för olika sorters puts; om ytputsen ska bearbetas genom riv- och borstruggning, om putsen ska användas inom- eller utomhus, om bruket är avsett att utgöra grundning eller utstockning, samt på vilket underlag bruket ska användas. Beteckningarna kan ses som rekommendationer och början på de normativa riktlinjer som vi i dag fortfarande inrättat oss efter vid t.ex. uppbyggnad av puts och rekommenderade tjocklekar för puts.

I handboken *Modern Putsteknik* (Nycander och Bährner 1945) framhålls särskilt användningen av torrsläckt kalk och kalkcement. Handboken redogör för olika putsbruks bindemedel och ballastsammansättning. De olika putsbrukens ballastsammansättning beskrivs med hjälp av diagram för ballastens kornfördelning. Sättet att beskriva olika putsbruks ballastsammansättning tillsammans med rekommenderade bindemedel är helt nytt för tiden. Handboken *Modern Putsteknik* syftar till att implementera de nya rönen

bland byggbranschens aktörer och är den första i raden av handböcker utgivna av Svenska cementföreningen. Av allt att döma så är det bindemedelsindustrin som driver fram och står bakom bruksforskning och implementering vid tiden meden byggnadsstyrelsen har en mer underordnad roll. Av *Modern Putsteknik* och uppföljare *Handbok om Mur- och Putsbruk* framgår emellertid att kravet på viktproportionering samt att hänsyn till sandens fuktsvällning upphör. Det framgår av att handböckerna i huvudsak anger blandningsförhållandena i volym utan anvisningar eller tabeller för sandens fuktsvällning.

Författare till *Modern Putsteknik* var Nycander och Bährner i samarbete med instruktör Leckström och ett 30-tal icke nämnda fackmän. Leckströms profession beskrivs inte, d.v.s. vad han är instruktör i. Av tegeltillverkarnas branschtidning *Tegel* nr 3 (1947) framgår att Leckström är murare, vilket ligger nära till hands att anta. Inte minst med anledning av hans deltagande i provputsningarna på Södersjukhuset och som medförfattare i *Modern Putsteknik* (1945-55) och uppföljaren *Handbok om Mur- och Putsbruk* (1956-66) där ambitionen var att teoretiskt förklara hur bruk ska blandas samt hur putsarbetet ska utföras:

”med praktiska synpunkter för ögonen teoretiskt klarlägga riktlinjerna för erhållande av en kvalitativ god puts” (Nycander och Bährner 1945).

Nycander är även författare till kapitlet Puts och Murbruk” i *Hantverkets bok: Mureri* (Paulsson och Granholm 1953). Författare till *Murbruk och putsbruk* är Viktor Bährner i samarbete med Einar Leckström och Sven Nycander med flera.

Byggnadsvårdslitteratur under 1900-talets slut och 2000-talets början

Riksantikvarieämbetet (RAÄ) är en nationell myndighet med ansvar för frågor om kulturmiljön och kulturarvet. Myndigheten ska verka för att det finns ändamålsenliga metoder för arbete med kulturföremål, kulturmiljöer och kulturminnen. För att i denna uppgift vara trovärdig ska myndigheten bygga upp och utveckla kunskap, både i egen regi och genom att stimulera andra t.ex. informationsinsatser, utbildning och forskningsprogram (se www.raa.se). Nedanstående citat ger insikt i de komplexa frågeställningar kulturminnesvården har att ta ställning till:

”Antikvariens huvuduppgift är att definiera byggnadens kulturhistoriska värden och ta ställning till hur förändringar påverkar dem. Byggnadsvård innebär alltid ett val: Vad ska byggnaden förmedla? Ibland vill man lyfta fram byggnadens originalutförande. I andra fall vill man visa upp flera olika epokers uttryck. Frågor uppstår, som till exempel: Ska material och hantverksteknik vara så lik det befintliga som möjligt eller ska kompletteringarna synas? Något givet svar finns inte. Allt beror på den enskilda byggnadens förutsättningar och hur väl den dokumenterats. Man måste också själv avgöra vad man vill uppnå med just denna byggnad. Målsättning och inriktning för varje restaurering måste därför preciseras tydligt. Vad som däremot säkert går att säga är att alla material som används i kulturhistoriska byggnader måste vara beprövade, de får inte förstöra information i äldre skikt och de måste gå att underhålla och förnya” (RAÄs hemsida, www.raa.se, 2012-11-20).

Då kulturminnesvården också har att ta ställning till vad byggnaden representerar ur ett samhällsperspektiv skilt från materialen och ut-

förandet är det lätt att det uppstår en konflikt mellan de nutida materialen och de metoder som användes vid byggnadens uppförande. Av citatet framgår att hänsyn inte enbart kan tas i relation till tidigare putstekniska egenskaper och estetiska uttryck varför även den puts som eventuellt skall ersätta en befintlig puts kan behöva göra avkall på egenskaper och materialsammansättning som värderas och regleras av nutida normer. Av citaten framgår att det är antikvariens huvuduppgift att identifiera de värden som byggnaden representerar. Uppgiften ställer stora krav på kunskap om historiska och nutida material, byggnadsmetoder, hantverksutförande och hur de har förändrats över tid. Men också hur de historiska och nutida materialen och metoderna är möjliga att kombinera för att byggnaden skall kunna underhållas utan att befintliga material och spår av hantverksmetoder förstörs. I dag finns inte denna kunskap i en enskild profession vilket är grund till kulturminnesvårdens forskningsbehov.

Under 1960-talet och början av 1970-talet aktualiseras kulturminnesvårdens intresse för bruk i den meningen att det sprids en medvetenhet om att cement i bruk kan ha skadlig inverkan (Hidemark och Holmström 1984). Enligt Sandström Malinowski (1992) utvecklas samtidigt en insikt om att gammal befintlig puts har teknisk och kulturhistoriskt värde och bör bevaras där den finns. Enligt Sandström Malinowski togs ingen större hänsyn till putsmaterialens tekniska och kulturhistoriska värde undantaget bemålad puts fram till 1960-talet. Detta har samröre med att det inte fanns några tjänster för tekniker inom byggnadsvården före 1967 då Byggnadsstyrelsens kulturhistoriska byrå överfördes till Riksantikvarieämbetet. En bidragande orsak till

omvärderingen var att det uppmärksammades att puts på gamla murverk kunde besitta utomordentliga goda egenskaper. Enligt Sandström Malinowski bidrar bl.a. konservator Erik Olsson, som arbetade med kyrkorna på Gotland, till kulturminnesvårdens förändring av värderingen på befintlig puts. Putsrestaureringen vid Kalmar slott ett tidigt exempel där den förändrade värderingen av putsens kulturhistoriska värde får genomslag i putsrestaureringens utförande. Ledde och bidrog i detta arbete gjorde bl.a. Ingmar Holmström och Geologen Thor Hagerman (Malinowski 1992, Holmström 1984). Enligt Sandström Malinowski uppnår man lyckade resultat att konservera den befintliga 1500-talsputsen och där den var skadad rekonstruera bruk nära överensstämmande med originalputsen.

Förändringen av den kulturhistoriska värderingen av gammal puts på kulturbyggnader och behovet av kalk bidrog till att återuppta traditionell tillverkning av kalk på Gotland under slutet av 1960 talet. Tongivande i detta arbete var Ingmar Holmström och muraren David Simander, bidrog gjorde också de personer som var engagerade i att vårda öns bestånd av medeltida kyrkor (Sandström Malinowski 1992). Medverkade till kunskapsutveckling under denna tid gjorde också Ove Hidemark med det utvecklingsarbete om äldre putsteknik som gjordes i anslutning till omputsningen av Skokloster (Sandström Malinowski 1992).

Putsrenovering av Skokloster bestod i att bevara och reparera den originalputs från 1600-talet som fanns kvar under den yttre 1800-talsputsen. Som utgångspunkt för putsrestaureringen var att material, verktyg och metoder skulle, så gott det var möjligt vara så lika de som använts. Hidemark skriver att "man i första hand bör

försöka förstå den gamla tekniken för att sedan finna sina tekniker" (Hidemark 1972). För det krävs dock en djup kunskap liksom ett genuint intresse för att kunna läsa ut och förstå hur det gamla hantverket en gång är utfört. Hidemarks ställningstagande i förhållande till det kulturhistoriska värdet av Skoklosters originalputs samt den värderingen som formulerar hur putsrestaureringen skulle utföras, utgör en vändpunkt och ett första steg på vägen att återvinna tilltro till den traditionella byggnadstekniken (Sandström Malinowski 1992). Utvecklingsarbetet på Gotland under Holmström och Simanders ledning samt putsrestaureringen av Skokloster påverkade materialindustrin att ta fram kalkbruk för restaureringsändamål (Sandström Malinowski 1992).

Ur de antikvariska ställningstaganden och de tekniska problem som beskrivs/identifierats av Holmström och Hidemark under 1960 och 1970-talets början formuleras ett forskningsfält om kalk och kalkputs som kan betraktas som nytt för byggnadsvården vid den här tiden. Genom boken *Kalkputs 2* (Holmström och Hidemark 1984) utgiven av Riksantikvarieämbetet, kom kunskap om kalk att spridas till en bredare publik. I rapporten poängteras behovet av forskningsinsatser i relation till hantverket men också i relation till rena materialstudier.

Rapporten *Kalkputs 2* (1984) består av två huvudavsnitt; "Kalkputs, ett eftersatt historiskt forskningsområde" skriven av Hidemark och "Kalkputs, dagens tekniska kunskaper och forsknings behov" skriven av Holmström. Av författarna framgår två olika ansatser i den fortsatta forskningen. Hidemark tar utgångspunkt i behovet av forskning om de historiska materialen, geografisk fynd ort och hantverkets arbetsmetoder. Holmström har istället en mer teknisk inriktning, sedd ur

kemisk, fysikalisk och konstruktiv synvinkel. Skillnaden formulerar två olika inriktningar av den fortsatta forskningen. En inriktning som närmar sig materialet knutet till hantverket och en där materialet är skilt från hantverket. Denna indelning av forskningsinriktningen kommenteras av Hidemark. Han skriver:

"att ser vi till den samlade kunskapen har material sidan övertaget genom sin nära anknytning till exakta vetenskaper framför de vagare muntliga traderade hantverksskunkaperna" (1984).

I relation till vad dessa två inriktningar kan bidra med skriver Hidemark att materialkomponenterna i äldre puts och bruk hjälpligen kan redas ut genom materialanalyser. Hidemarks reflektion över analysmetodernas förmåga att ge svar på de historiska materialen sammansättning är väl överensstämmande med Konow (1997) som skriver:

"att trots god analysteknik är det inte möjligt att får exakta svar på den ursprungliga sammansättningen eller hur kalken behandlades innan den blandades i bruket" (Konow 1997).

Mer svåråtkomliga menar Hidemark är hantverkstekniken och de av samtiden gjorda bedömningarna av var gränserna går för hållbarhet eller styrka. Hidemark närmar sig i detta avseende återkommande vad som närmast kan beskrivas som normativa riktlinjer/eller rekommendationer:

"En magrare puts än den som i dag rekommenderas, sett ur andelen kalk i relation till ballast mängden har aldrig tidigare förekommit om detta vittnar nästan all litteratur och gjorda putsanalyser" (Hidemark 1984).

Normativa riktlinjer ringar in användningsområdet och belastningen för det aktuella bruket

och formulerar exempelvis för puts ramarna för blandningsförhållande, ballastens grovlek, bindemedels typ i relation till underlag, påslagens tjocklek, konsistens samt arbetets utförande. Hidemark skriver att en möjlig väg att närma sig de tekniskt materiella frågorna och hantverkets metoder och bedömningar av material är att studera äldre byggnadsteknisk litteratur men tillägger att det i allra högsta grad är fråga om en kunskapsmässig växelverkan.

Holmström ger uttryck för behovet av forskning om kalk som material. Med avseende på den färdiga putsens egenskaper skriver han att det är genant att vi inte kan beskriva de gamla och de nya produkterna i tekniska termer, klä dem i siffror. Holmström skriver att det därför är nödvändigt att utveckla nya provningsmetoder för att kunna beskriva de mekaniska och fukttekniska egenskaperna. För att komma vidare med dessa frågor eftersöker Holmström ett nordiskt samarbete med de tekniskt etablerade forskarna i ämnet, teknikhistoriker och de praktiskt verkssamma som är engagerade i dessa frågor.

Av de sju angelägna forsknings- och utvecklingsuppdrag han presenterar berör tre hantverkets inverkan på putsen vid putsutförandet. Hantverkets inverkan med avseende på bedömning av underlag, putsuppbyggnad, val av delmaterialen i bruket berörs däremot inte. Holmström är heller inte främmande för att utveckla nya bruk för kulturminnesvårdens behov. Flerparten av de forskningsfrågor som Hidemark och Holmström belyser har andra forskare senare arbetat med. Thorborg Von Konow (*Restaurering och reparation med puts- och murbruk* (1997) undersöker ballastens inverkan på putsen beständighet. Sölve Johansson (*Hydrauliskt kalkbruk 2004, 2006*) undersöker produktion och

användning av hydraulisk kalk i Sverige från medeltid till nutid. Kristin Balksten (*Porstrukturens betydelse för beständighet 2005, Traditional lime mortars and plaster 2007*) undersöker hantverkets inverkan på putsens porstruktur men också fysikaliska egenskaper i bindemedel och bruk. Andra forskare i ämnesområdet är Ewa Sandström Malinowski (*Renovering och restaurering av putsade fasader 1988, Puts på gamla hus 1992*) som behandlar putsens betydelse i arkitekturen, förändringen av byggnadsmetoder, material och teknik, skador och analysmetoder mm. Sandström Malinowski har också utfört flerårig forskningsarbeten om framställningsmetoder för kalk i anslutning till putsrestaureringen av Läckö slott. Arkitekt Erik Wikerstål och den hydrauliska kalk som bränts och släckts för restaureringsarbetena på Borgholms slottsruin (Sandström Malinowski 2000).

Med avseende på tidigare forskning skriver Konow (1997) att mycket är gjort sedan 1980-talet. Intresset för mjukare material och bättre metoder har ökat men har ännu inte nått projektörerna, där beslut om restaureringsmaterialen tas. Orsaken beskrivs av Konow bestå i att en attitydförändring alltid kräver mycket tid, i detta fall en omställning från de pålitliga cementbruken till svaga kalkbruk. Dessutom saknas relevanta undersökningar på alternativa brukstyper, liksom konkreta lätt tillämpade råd och anvisningar. Enligt Konow går det inte att göra en enhetlig sammanfattande beskrivning av de 10 sista åren av studier och laboratorieförsök om kalkbruk i Europa då ivern att pröva sig fram är större än uthålligheten med tidskrävande systematiska laboratorieförsök. Konow skriver att råmaterialen i bruket ofta är bristfälligt beskrivna eller inte alls analyserade samt att variablerna i försöksbetingelserna är för många

och svåra att kontrollera. Vilka egenskaper hos bruk som borde undersökas är man heller inte överens om. (Konow 1997). Enligt Konow vet vi ännu för lite om korrelationen mellan brukets sammansättning och de egenskaper det får efter att det härdat och karboniserat i den gamla fogen eller som puts.

Av Konows beskrivning förfaller kunskapsproduktion om kalk vara helt skild från inblandning av hantverkarna. Inte heller förefaller hantverkarna ha någon roll i besluten om vad för sorts bruk som skall användas vid restaureringar. Konow beskriver inte hantverkarnas kunskap i sitt arbete men identifierar bristen på lätta tillämpade råd och anvisningar. Av Konow framgår att forskning om kalk i Europa är tydligt materiellt inriktad

Med undantag för Balksten (2005, 2007) så är inte någon svensk byggnadsvårdsforskning publicerad som belyser interaktionen mellan hantverk och kalkbruk. Där belyses bearbetningens inverkan på putsens porstruktur och den skada det kan leda till om bruket bearbetas innan det styvnat till och spruckit. Den kalk som ingick i studien var silurisk kalk från Gotland. Balksten avgränsar sig till att fokusera på de Gotländska förhållandena för att skapa en god bas för fortsatt forskning. Av slutsatserna framgår att hantverket har stort inflytande på hur putsen blir och vidare att det handlar om att kunna läsa de rådande förhållandena vad gäller material, underlag, för att kunna anpassa sig i varje rådande fall (Balkstens 2005). I förslag till forskning skriver Balksten (2007) att studier av hur olika sorters bruk och puts regionalt och under olika tidperioder har byggts upp är av intresse i den fortsatta forskningen.

Enligt Balksten (2005) krävs för att lyckas med kalkputsarbete god kommunikation och gott samarbete mellan hantverkare, projektörer och forskare. I fråga om den nutida hantverksskunkapen och status skriver Balksten att den har minskat och tycks hänga samman med bristande materialtekniskskunkaper om skillnaden mellan kalkputs och KC puts. Balksten menar att denna kunskapsbrist grundar sig i den bristfälliga utbildning som existerar i hela landet och berör samtliga yrkeskategorier. Vilka dessa övriga yrkeskategorier är beskrivs inte men av de kunskapshöjande åtgärder som beskrivs framgår att antikvarier är en yrkeskategori som behöver kunskap i ämnet (Balkstens 2005).

Av de samlade författarna under byggnadsvårdsperioden framgår att forskning om kalkbruk har haft ett tydligt materiellt fokus under de sista 35-40 åren. Den forskningen som publicerats har i huvudsak utgått från kalk med hög procentuell halt av kalciumkarbonat med en tydlig koppling till den produktion av kalk som bedrivs på Gotland. Inriktningen har skapat en distans till de rika och väl sprida fyndigheter av sub- och svagt hydraulisk kalk som varit använda i stora delar av landet i övrigt, vilket framgår av Johansson (2006). Byggnadsvårdslitteraturen kan ur ett hantverkligt perspektiv uppfattas generell och med distans till den situation som materialet skall använda i och är ett resultat av forskningens tekniska materialinriktning. Inriktningen medför att situationsbundna frågor så som arbetbarhet och estetiska uttryck inte berörs i relation till brukets delmaterial eller arbetsmetoder. Exempelvis är syftet med brädrivning att en slät och plan yta skall skapas. För att åstadkomma denna yta behöver putsen ha en väl avvägd fasthet och fuktighet vid bearbet-

ningen samt att brukets delmaterial är anpassad till arbetsuppgiften. Att riva den när den är för fast och torr går inte då det estetiska syftet eller kravet på arbetbarhet inte uppfylls. Att i forskning närma sig de normativa riktlinjerna innebär att forskningsområdet avgränsas till en specifik situation. Denna avgränsning hanterar hantverkaren i det dagliga arbetet och över tid bygger upp en kunskap som metodiskt kan beskrivas som insamling av kvalitativa observationer. Metoden är deskriptiv i syfte att skapa tillförlitlig statik för att formulera arbetsmetoder och materials samverkan i en specifik situation för att uppnå ett förutbestämt resultat. Byggnadsvårdsforskningen har inte haft ambitionen att producera handböcker i den meningen att riktlinjer beskrivs för hur exempelvis puts byggs upp eller huruvida det är lämpligt att putsa på underlag av granit. I detta avseende skiljer sig de handböcker som producerats i ämnet under 1800-talet där t.ex. all puts på granit avråds från eller 1900-talets mitt och där kalkputs på betong avråds från. Samtliga forskare under byggnadsvårdsperioden ger uttryck för behovet av situationsbundna riktlinjer. Balksten och Hidemark är de forskare som driver denna fråga tydligast genom att poängtera behovet av forskning eller studier av historiska hantverksmetoder.

2.2 Puts som fasadmaterial i relation till samhällsutvecklingen i Sverige

Mycket har hänt med putsmaterialet, underlaget och arbetsutförandet under den tiden vi använt oss av puts i Sverige. Vid sidan av trä var det vanligaste stombyggnadsmaterialet natursten av olika bergarter varför det också är naturligt att det var det vanligaste underlaget för puts under lång tid. Först under senmedeltiden kommer tegel till allmän användning i profana byggnader

men då i huvudsak som komplement runt fönster, dörrar och i gavelspetsar. Beslutet att år 1270 uppföra Uppsala domkyrka i tegel beskrivs av arkitekt Axel Eriksson (1932) som en brytpunkt för teglets användning som byggnadsmaterial före natursten i profana byggnader. Kyrkan invigdes år 1435. Under 1600-talets andra hälft och 1700-talets början är tegel det viktigaste byggnadsmaterialet i den profana byggnadskonsten även då teglet oftast under 1700-talet var dolt av puts (Paulsson 1936, Eriksson 1932). Vid 1800-talets början var de tegelbruk som fanns små och ofta anknutna till gods och herresäten. I allmänhet tillverkades teglet för eget behov som den enda avnämaren. Det största hindret för ökad tegelproduktion var att marknaden saknades (*Tegelbruk* 1987). Kostnaderna för transporter bidrog till att tegelbruken långt in på 1800-talet var många och små, inte sällan som binäring till jordbruket. Den industriella utvecklingen och inflyttningen till städerna under 1800-talet slut driver på mekaniseringen av tegeltillverkningen (*Murverkshandboken* 1991). Vid sekelskiftet 1900 fanns i Sverige cirka femhundra tegelbruk (*Tegelbruk* 1987). Som stombyggnadsmaterial dominerar sedan tegel fram till 1930-talets slut (Björk *et al* 1983). Mot bakgrund av ovanstående kan antas att vid sidan av trä var natursten vanligt förekommande som underlag för puts under 1800-talets första hälft för att till stora delar vara ersatt av tegel under 1800-talets slut.

Enligt Hidemark och Holmström (1984) var medeltiden och renässansens putsytor ofta glättade med stålverktyg och aktivt tillplattade med olika specialverktyg. Sammansättningen på det glättade bruket var betydligt mer bindemedelsrika och styvare än de bruk som började användas

under 1700-talet som var magrare, lösare och mer vattenrika. Enligt Hidemark och Holmström vet vi i dag inte vad teknikbrottet beror på men bruken uppträder enligt Hidemark i samband med att skurbrädan introduceras. Hidemark skriver att möjliga orsaker till att tekniskiftet ägt rum är att skurbrädan medger ökade krav på ytplanhet, eventuellt ökade kostnader för kalken samt förändrade bränningsprinciper.

Under 1700-talets slut och 1800-talets början så utgör forskning om kalk ett för samhällsutvecklingen viktigt ämnesområde. Bakgrunden är behovet av bindemedel för byggnadskonstruktioner i anslutning till vatten, så som vattenleder, slussar, hamnar med mera. Enligt Tage Bilde (1940) leder den ökade kunskapen till upptäckten av cementen under 1800-talets mitt. Initialt kom cementen inte till någon större användning vid vattenbyggnadskonstruktioner i Sverige. Istället användes inhemsk hydraulisk kalk och alunskifferaska som hade egenskapen av att hårdna under vatten. Först under 1870-talet övergår man till cement för dessa konstruktioner. För bostadsbyggnation, där puts och murning av tegel ingick, användes och tillverkades den vanliga lufthårdnande byggnadskalken på arbetsplatsen. Egenskapen på bindemedlet kunde skifta beroende på vilken kalkråvara som gick att få med rimligt transportavstånd från byggarbetsplatsen. Detta bindemedel hade inte egenskapen av att kunna hårdna under vatten (Paulsson 1939).

Någon större användning för bostadsproduktion skulle cementen inte få förrän under 1920-talet då den användes som stomkonstruktionsmaterial i grundläggning (betong). På 1930-talet används cement till källarväggar och bottenbjälklag för att under 1940-talet ersätta träbjälklagen

som våningsskiljande bjälklag. Som stomkonstruktionsmaterial är tegel dominerande ända fram till 1930-talets början (Björk *et al* 1983). Under 1930-talets slut och 1940-talets början ersätts tegel allt mer som stomkonstruktionsmaterial av murade lättbetongblock (Björk *et al* 1983). Den ökade bostadsbristen och kravet på bättre värmeekonomi är en bidragande orsak till utvecklingen, en annan orsak är att murarbetet blev mer rationellt. De nya stommaterialen samt användningen av cement och kalkcement i puts- och murbruk svarade bättre mot behovet av korta byggtider (Westlund och Gedda 1940) samt att bostadsproduktionen inte skulle vara beroende av årstiden i lika stor utsträckning som tidigare (Hidemark och Holmström 1984).

Kravet på ökad effektivitet och kvalitetssäkring av puts- och murbruk medförde att våtsläckning av kalk samt beredning av kalkbruk och kalkcementbruk på arbetsplatsen successivt upphörde under 1950-talet (Paulsson och Granholm 1953). I stället introduceras i fabrik torrläckt kalk.

Under 1960-talets början, och samtida med miljonprojektet, introduceras torrbruken. Torr sand och bindemedel kom färdigblandade på säck för att vid användandet blandas med vatten till bruk. Den ökade användningen av cement i bruken tillsammans med fabriksstillverkningen av bruk innebar ett kunskapsbrott i en gammal hantverkstradition att tillverka bruk i förhållande till vad de ska användas till (Hidemark 1984). Byggindustrins behov av att rationalisera putsarbetet har under de senaste 30-40 åren inneburit en anpassning av putsbruken till att fungera för maskinell sprutning. I dag utförs 80-90 procent av all puts maskinellt. Till denna förändring ska putsbärande underlag med värmeisolerande egenskaper fogas som mineralull och cellplast.

De maskinella metoder som infördes under 1960-talet för applicering av puts ökade inte bara effektiviteten utan kom också att påverka brukets delmaterial och putsens estetiska uttryck (Dührkop 1966, Andersson *et al* 1990).

Cement och kalkcementbindemedel som i huvudsak var en produkt anpassad för byggindustrins behov kom att användas vid putsrestaureringar av kulturhistoriskt byggnader. Cement och kalkcement kom att bidra med nya skadebilder exempelvis stomskador vilket gjorde att materialet inte kunde anses som reversibelt (Hidemark och Holmström 1984).

De nya skadebilderna kom att få byggnadsvården och byggnadsvårdens aktörer såväl som bindemedels fabrikanter som konsulter och entreprenörer att återuppta användningen av kalkbaserade bruk under 1970-talets början. Introduktionen av kalkputs för byggnadsvårdens behov kantades med en hel del misslyckanden på grund av bristande beständighet (e.g Holmström 1984, Kjellberg och Lisinski 1998). Att kalkputs beständighet fortfarande är ett problemyllt område framgår av Balkstens (2007), Konow (1997).

Kalkbrukets snäva toleranser för hårdnande och de skadebilder som följt detta material är en bidragande orsak till byggnadsvårdens forskning om kalkbindemedel under de senaste fyrtio åren. De sista två hundra årens produktion av handböcker och tekniska tidskrifter utgör i dag en väsentlig del av den kunskap om kalkbruk som förmedlas av byggindustrin och byggnadsvården aktörer.

Litteraturen har i huvudsak framställts av fortifikationsofficerare, ingenjörer, arkitekter. Trots

att ämnet som forskningen berör är kopplat till murhantverkets metoder och material så finns i princip ingen hantverkare omnämnd eller refererad till annat än som yrkesgrupp med något undantag under senare tid exempelvis Balksten (2005, 2007). Behovet om ökad kunskap om de historiska hantverkliga metoderna är nödvändigt och poängteras av ett flertal författare (e.g. Hidemark och Holmström 1984, Balksten 2007). Att hantverkliga metoder inte har fått större utrymme i byggandsvårdsforskningen är av allt att döma inte av ointresse, snarare tvärtom. Att så ändå inte har skett i större utsträckning kan bero på ett flertal olika orsaker. I relation till att tillverka bindemedel och bruk är det uppenbart att den kunskapen inte är möjlig att nå av det enkla skäl att hantverkarna inte längre har någon roll i processen att tillverka bindemedel och bruk. Med tanke på kulturminnesvårdens behov är det rimligt att denna kunskap är en central del i murhantverksutbildningen men så är inte fallet. Bristen på kunskap om hantverkliga metoder inverkar både på hantverkarnas kunskap om bruk och de yrkesgrupper som arbetar med dessa frågor. Relevant i sammanhanget är då frågan i vilket avseende framgår kunskapsbristen i byggandsvårdslitteraturen ur ett hantverkligt perspektiv. D.v.s. i relation till de metoder, material och beslut som berör hantverkaren i sin yrkesutövning. Av byggandsvårdslitteraturen framgår generellt att det saknas tydliga metodbeskrivningar för exempelvis släckning av kalk, riktlinjer för exempelvis putsuppbyggnad samt kvalitetssäkring för hur blandningsförhållanden säkerställs. Med dessa hantverkligt relaterade lakuner i byggandsvårdslitteraturen är det lätt att det uppstår generaliseringar eller en ämnesmässig distans till framställning och användning

av materialet. Med distansen förligger en risk att feltolkning av historiska metoder och materiels användning uppstår. Exempel på grogrunden för hur dessa feltolkningar eventuellt kan ha uppstått framgår vid jämförelse mellan byggandsvårdslitteratur och handböcker i puts och mur yrket utgivna under de senaste 200 åren. Följande 3 korta jämförelser avser att ge en bild av på vilket vis byggandsvårdslitteraturen och handböckerna skiljer sig åt men också de likheter som finns.

1) Av den byggandsvårdsforskning som berör ämnet kalk i Sverige framgår att den i huvudsak beskriver eller framhåller användning av ren lufthårdnande kalk (e.g. Balksten (2005, 2007, Hidemark och Holmström 1984, Kjellberg och Lisinski 1998). I detta avseende finns stora likheter med litteraturen under 1900-talets mitt då den torrläckta kalken förordades just för sin renhet och den vanligen använda våtsläckta kalken kritiserades för sin brist i detta avseende. Bakgrunden var behovet av kvalitetssäkring av bruk. Som ett resultat av kvalitetssäkringen framställs och används en allt renare kalk vilket värderas som en kvalitativt god egenskap i relation till proportionering av bruk (e.g. Nycander och Bährner 1945). I handböcker från 1800-talets framgår att kalk med hydrauliska egenskaper (oren eller mager kalk) framhålls som ett kvalitativt bättre bindemedel framför ren kalk på grund av en bättre beständighet, (e.g. Stål 1854, Henström 1869, Rothstein 1890). Generellt så förefaller det som om byggandsvården tar vid och fortsätter att driva frågan om den våtsläckta kalkens renhet där handböckerna från 1900-talets mitt avslutade i samband med introduktionen av torrläckt kalk.

2) Vanligt är att blandningsförhållandena mellan bindemedel och ballast anges i volymförhål-

lande. Detta förekommer i byggandsvårdslitteraturen men också i handböcker under 1900-talets mitt (e.g. Balksten 2005, 2007 Hidemark och Holmström 1984, Paulsson och Granholm 1953, Bährner 1956). Att ange blandningsförhållanden i volym är ett osäkert och generellt mått som kraftigt kan variera beroende på kalken och sandens vattenhalt. Av handböcker under 1800-talet framgår att volymförhållandet kalk och sand kan fastställas när sanden är i fuktmättat tillstånd. Att ange sandens volym i relation till fuktmättat tillstånd ger ett mer relevant mått på sandens volym (e.g. Henström 1869, Rothstein 1890, Dührkop 1966, Hellström 1945). Uppgift om sandens fukthalt, fuktsvällning och bindemedlets vattenhalt saknas ofta samband med att blandningsförhållande i volym presenteras. Detta förekommer i byggandsvårdslitteratur men också i handböcker från 1900-talets mitt (e.g. Balksten 2005, 2007, Kjellberg och Lisinski 1998, Bährner 1956, Paulsson och Granholm 1953).

3) En central fråga i byggandsvårdslitteraturen är hur kalkbindemedel historiskt tillverkades. Frågan är av metodisk karaktär. Riksantikvarieämbete har gett ut två rapporter där metoden för våtsläckning beskrivs (*Kalkputs 2*, Hidemark och Holmström 1984, *Gotlands kalk*, Lisinski *et al* 1987). I rapporterna återges en metod för våtsläckning. Med avseende på det tillsatta vattnets mängd framgår tydliga skillnader i relation till handböcker från 1800-talet. I handböckerna från 1800-talet framgår reflektioner i relation till de olika stegen metoden består i. De återgivna reflektionerna göra läsaren uppmärksam på vad som skall observeras i relation till den använda mängden vatten vid släckningen. Motsvarande reflektioner i förhållande till metoden och vatt-

nets inverkan saknas inte sällan i byggandsvårdslitteratur. Skillnaderna exemplifierade nedan i citat ur *Kalkputs 2* Hidemark och Holmström (1984) och *Allmänna byggandsläran* Rothstein (1890). Holmström beskriver momenten vid våtsläckning och vattenmängden som används enligt följande:

”Gotlands kalk släcks som standard med över-skott på vatten i ett stort plåtkar. Den brända kalkstenen tippas i vattnet, faller sönder under värmeutveckling, rörs ut till en välling och silas ner i markgravar” (Holmström 1984).

Rothstein redogör för momenten vid våtsläckning av citatet framgår reflektioner över vattenmängdens inverkan vid släckningen:

”Har man från början tillsatt för lite vatten så stiger hetta betydligt, variegenom kalkdelarna sammanbakar sig och icke upplösas, eller kalken blir förbränd. Tillsättes åter för mycket vatten, så kan kalken ej erhålla den värmegrad som är nödvändig för dess fullständiga släckning och bliver då delvis osläckt, eller dränkt. Erfarenheten är härvid den bästa rådgivaren” (Rothstein 1890).

Av de tre jämförande exemplen framgår av byggandsvårdslitteraturen en distans, dels till material och metoder sett ur ett användarperspektiv med avseende på bedömningar om en metods verkan, dels i relation till materialsammansättning. Det finns också likheter med tidigare 1900-tals litteratur. Likheterna är i relation till kalkens renhet och volymbestämmning av bruk, uppgifterna står i motsats till uppgifter i handböckerna under 1800-talet. Varför byggandsvårdslitteraturen har denna distans kan det finnas många förklaringar till. En förklaring är, som tidigare nämnts, att hantverkare inte använder eller undervisar i historiska material och metoder. Ytterligare en orsak står att finna i byggandsvårdens

forsknings inriktning som är tydligt kvantitativt och materiellt inriktad med fokus på materialens kemiska sammansättning och fysikaliska egenskaper. Inriktningen förklarar i någon mån olikheterna mellan byggnadsvårdlitteratur och handböckerna under 1800-talet som i huvudsak förmedlar kvalitativt kunskap där samverkan mellan metoder och material står i fokus. Ur ett hantverkligt perspektiv uppfattas informationen i handböckerna som sammanhangsbunden och inte sällan rekommenderande genom de anvisningar och reflektioner som förmedlas. I motsats upplevs byggnadsvårdens kvantitativa förhållningsätt som avgränsande då reflektioner i relation till metoder och dess inverkan på material inte sällan saknas eller är av generell natur. Avgränsningen medför att den information som förmedlas inte är sammanhangsbunden eller rekommenderande i samma utsträckning som handböckerna under 1800- och 1900-talet. Emellertid är ämnet mycket komplext, inte minst sett över tid. Nedanstående avser att ge en bild av ämnets komplexitet över tid sett ur ett materiellt, kunskaps- och samhällsperspektiv.

Hantverkarens roll i processen

Historiskt har hantverkaren tillverkat bindemedlet och valt proportioneringen av brukets sammansättning i relation till vad det ska användas till. Dessa arbetsuppgifter utförs inte längre då bruket tillverkas på fabrik. Vilken inverkan hantverket historiskt haft på brukets kvalitet är inte undersökt på ett uttömmande sätt. I bedömningen av brukets kvalitet värderas flera olika egenskaper där beständigheten är en och arbetbarhet en annan. Beständigheten visar sig dock först efter en tid och då i den färdiga putsytan. God arbetbarhet i det färska bruket är en viktig egenskap. Det finns orsaker både i det materiella

och i handhavandet av bruket som kan inverka negativt på arbetbarheten. Ett exempel är vattenseparation (när vattnet separerar från bruket) vilket gör bruket kort (svårarbetat). Orsaken kan ligga i blandningsförfarande, bindemedlet eller sandens kornfördelning. Bindemedlets kornstorlek inverkar på brukets vattenseparation, i detta avseende inverkar släckningsförfarandet (e.g. Dührkop 1966, Hagerman 1946).

Ett annat exempel är val av sand vid brädriven puts där för grov sand inverkar negativt på arbetbarheten. Åtgärden kan vara att välja en mindre grov sand och öka mängden bindemedel. Emellertid kan en för fin sand ha den nackdelen att det nypåslagna bruket kort efter att det är påslaget krymper och spricker mer än en grov. Exemplet ger en bild av den komplexitet och situationsbundenhet som hantverket historisk har haft att skaffa sig kunskap om. Med denna komplexitet är det rimligt att det begås fel vid framställningen av bindemedel och användningen av bruket. Dessa fel kan härledas till bedömningen av vilka material och metoder som är mest lämpliga att använda för ett visst ändamål för att uppnå t.ex. god beständighet. Beständighetens koppling till det historiska hantverket att tillverka bindemedel och bruk är svåröverskådlig.

Alla led vid tillverkning av bindemedel och användning av bruk inverkar på den färdiga putsens egenskaper och kvalitet. För stombyggnation och invändig puts är det troligt att mindre krav på t.ex. brukets beständighet ställdes och att metoden kunde förändras i den mån det behövdes. I de fall bruket skulle användas till fasadputs så är det troligt att metoden inrättades för att uppnå högsta möjliga beständighet av det som fanns att tillgå i form av kalkråvara. Av Henström (1869) framgår att variationer i

kalkråvarans sammansättning inverkade på bindemedlets framställningsmetod. Det är högst relevant att anta att erfarenheter av brukets kvalitet och användbarhet formade hantverkarens förmåga och kunskap att göra bedömningar av vilka material och metoder som var mest lämpliga att använda vid tillverkningen av bruket för ett visst ändamål. Kunskapen är svår att nå då den både är komplex och innehåller kompromisser. Följande citat av Henström ger en inblick i komplexiteten i den empiriska kunskap som hantverkare behöver för att tillverka bruk av god kvalitet. Henströms exempel utgår från kalken och släckningsmetoden.

”Beredning av luftmurbruk. Huru man vid murbruksberedning ska tillväga gå för att erhålla det bästa murbruket finnas många anvisningar, varvid var och en särskild metods fördelar framhålls. Hvar och en av dess metoder är i och för sig mer eller mindre riktiga, men ingen av dem äger allmän tillämplighet, utan är metoden beroende på; dels huru beskaffad kalken är, dels huru den blivit släckt. Som det vid murbruksberedning är nödvändigt att använda den rätta metoden, så vida man önskar ett gott murbruk” (Henström 1869).

Av citatet framgår att Henström gör en gränsdragning i förhållande till den generellt beskrivna kunskapen. Genom gränsdragningen pekar Henström på behovet av metodkunskap i relation till kalkens egenskaper och som vanligen inte beskrivs i generella anvisningar. Gränsdragningen belyser att det är fråga om empirisk kunskap om en metods samverkan i relation till kalkens egenskaper som ger ett kvalitativt gott bruk. Av Henströms beskrivning framgår att det i högsta grad är fråga om en sammanhangsbunden kunskap. Med stöd av Henströms formulering kan hantverkarskunskap beskrivas vara empirisk kunskap om metoder och mate-

rials samverkan i en specifik situation i syfte att uppnå ett förutbestämt resultat.

Mekaniseringen

Det dagliga arbetet med att tillverka bruk var tydligt knutet och förlagt till arbetsplatsen och formade över tid hantverkets kunskap om de processer och de olika metoder som ingick för att tillverka bruk. Denna relation kom att förändras i samband med mekaniseringen och fabriksstillverkning av bruk under 1900-talets mitt. Ett av de första arbetsmoment som mekaniserades var våtsläckning av lufthårdnande kalk, i huvudsak skedde denna mekanisering i murbruksfabriker men förekom även på arbetsplatserna (Bährner 1956).

Under 1940-talet introduceras torrsläkt lufthårdnande kalk, vilken levererades till arbetsplatsen på säck. För hantverket innebär denna utveckling en minskad kunskap om kalkbindemedlets egenskaper i relation till hur det framställs. Utvecklingen är starten för vad som skulle kunna kallas för den torra bindemedelsperioden och som under 1960-talet resulterar i fabriksfärdiga torrbruk på säck, innehållande sand och bindemedel. Vad mekaniseringen och distansen till materialet har betytt i fråga om förlorad kunskap i relation till lufthårdnande kalks egenskaper är det svårt att säga något om. Det är en fråga som detta arbete i kombination med tidigare erfarenheter av att tillverka bindemedel och bruk ska försöka belysa.

Bindemedlens förändring

Utbyggnaden av infrastruktur och en allt mer ökad bostadsbyggnation kom att vara bakgrund till att bindemedel för bostadsproduktion förändrades. Den ökade volymen av bindemedel medförde att den lufthårdnande kalken kom att få funktionen av ett basbindemedel, ungefär som

en redning till en sås som efter behov kunde ges andra egenskaper genom tillsatser av alunskifferaska eller cement. Av denna orsak är det tydligt att den lufthårdnande kalken fick underordnad betydelse som ett kvalitativt bindemedel någon gång under 1800-talets slut och 1900-talets början (Kreüger 1920). Enligt Kreüger var tillsättning av alunskifferaska till luftkalk ett kostnads-effektivt sätt att ge luftkalken en betydligt högre hållfasthet. Av Kreügers beskrivning och Kungl. Byggnadsstyrelsen (1937) anvisningar för olika sorters bindemedel förefaller alunskifferaska vara ett vanligt förekommande tillsatsmedel att ge kalkbruk hydrauliska egenskaper.

Den för 1800-talet vanliga byggnadskalken kunde vara fet (rent lufthårdnande) eller mager (svag till medelhydraulisk) men fortfarande benämns som lufthårdnande kalk. Den kom genom kvantitativ definition representera två olika bindemedel under 1900-talet. Där lufthårdnande kalk är kalk som innehåller max 10 procent lermineraller och hydraulisk kalk är kalk som innehåller mer än 10 procent. Lermineral är en sammanfattande term för de mineral som bildar partiklar med kornstorlek mindre än 0.002 mm. I den litteratur som denna uppsats behandlar åsyftar lermineral kalkstens innehåll av hydrauliskt verksamma komponenter. Under senare år har halten av lermineraller i den kalk som definieras som lufthårdnande ytterligare sänkts till 8 procent (Johansson 2004). Att gränsdragningen för vad som är hydraulisk och lufthårdnande kalk är något problematisk även efter införandet av kvantitativ definition av bindemedel vittnar Henrik Kreüger:

”Man brukar med hänsyn till lerhalten tala om starkt hydraulisk, medelhydraulisk och

svagt hydraulisk kalk. Någon bestämd gräns för dessa tre slag av hydraulisk kalk kan naturligtvis lika litet fixeras som gränsen mellan svagt hydrauliskt kalk och luftkalk å ena sidan starkt hydraulisk kalk och cement å andra sidan” (Kreüger 1920).

Kreügers beskrivning belyser verkan av det hydrauliska hårdnandet i förhållande till halten lermineraller. Beskrivningen är i stort sett likvärdig den beskrivning som än i dag används med tillägg av procentsatser som definierar mängden hydrauliska komponenter (lermineraller i form av kiseldioxid, aluminiumoxid och järnoxid) i de olika styrkorna. Av Johansson (2006) framgår procentsatsen för svagt hydraulisk kalk 8-12 procent, moderat hydraulisk kalk 12-18 procent samt höghydraulisk eller stark hydraulisk kalk 18-25 procent. Här till kommer enligt Johansson sub-hydraulisk kalk med 2-8 procent hydrauliska komponenter. I förhållande till Henström (1869) så framgår en tydlig skillnad då begreppet lufthårdnande kalk avser kalk med en lerhalt upp till 15 procent och hydraulisk kalk är kalk med mer än 15 procent lermineraller.

Ballasten

Litteraturens beskrivning och rekommendationer om sandens grovlek i förhållande till brädriven lufthårdnande puts beständighet över tid är svår att överblicka. Det beror bl.a. på att vi över tid har olika definition för vad som är lufthårdnande kalk. En annan orsak är att föreskrifter om gränsvärden för sandens kornstorleksfördelning för puts har förändrats under den del av historien som sand definierats kvantitativt. Rekommendationerna och definitionernas förändring över tid har gett upphov till denna metodiska studie av litteraturens beskrivning av lufthårdnande kalks

delmaterial och de arbetsmetoder som är kopplade till materialet och putsutförandet.

Vatten

Vid sidan av bindemedel och ballast utgör vatten den tredje komponenten i ett bruks delmaterial. Vatten är den enda av brukets delmaterial som har en aktiv funktion i samtliga processer från släckning av kalken till eftervattning av den färdiga putsen. Det är den del av brukets delmaterial som är minst beskriven men som hantverket har haft en stor inverkan på, både vid släckning av kalk och vid blandning av bruk. I byggnadsvårdslitteratur beskrivs vattnets funktion och inverkan i huvudsak i relation till det vatten som tillsätts vid blandningen av bruket. Vattenmängden som används vid släckningen berörs inte i relation till det färdiga brukets egenskaper.

Vid släckningen reagerar vattnet kemiskt med kalciumoxiden och bildar kalciumhydroxid. Vid torrsläckning finns inget fritt vatten i det torra bindemedlet men vid våtsläckning utgör vattnet cirka 52 procent av den bildade kalkdegens vikt (Dührkop *et al* 1966). Vid bruksblandningen används vatten för att variera brukets konsistens i relation till vad bruket ska användas till (torrare till fogning och blötare till puts) och är tydligt kopplat till arbetbarheten. Vatten har också en avgörande funktion i kalkens hårdnande (se råmaterialet kalk nedan).

Putsens bearbetning

Den brädrivna putsen är den bearbetningstyp som är den mest förekommande under de tvåhundra år som omfattas i denna litteraturstudie och är av det skälet motiveringen till litteraturstudiens avgränsning. I förhållande till den komplexitet som sammansättning av bruk utgör

så är just brädriven puts den putstyp som kanske tydligast sätter in sandens funktion i putsbruket, med avseende på arbetbarhet och beständighet (Nycander och Bährner 1945, Bährner 1956). Arbetsmetoden används på byggnader såväl utomhus som inomhus. Hur länge arbetsmetoden har använts är osäkert, men den introducerades i Sverige någon gång under 1700-talet (Hidemark och Holmström 1984).

Med denna arbetsmetod följer en tydlig begränsning för hur putsbruket kan vara sammansatt för att kunna utföra arbetet med verktyget (skurbrädan). Mängden sand i putsbruket ska vara avvägd så att ett tydligt skelett av sand bildas. Detta för att skurbrädan inte ska klippa fast i putsbruket. Grovleken på sandkornen ska vara anpassad till den ytjämnhet som önskas samt att arbetbarheten inte påverkas negativt.

Verktyget skurbräda används för att ge plana och släta ytor. Därför kan man påstå att verktyget är kopplat till en medveten estetik som i sin tur ställer krav på putsbrukets sammansättning. Det bruk som använts före skurbrädans införande är betydligt fetare (mindre sand). Ofta stöter man i litteraturen på uppgifter om de gamla brukens höga kvalitet – en förklaring till denna kvalitet brukar vara att bruket har haft möjlighet att hårdna under många hundra år. Lika ofta stöter man på uppgifter om den slätskurade putsens låga kvalitet, och då i synnerhet den lufthårdnande. I detta fall är den återkommande orsaken bildande av tät ythud. Ythuden hindrar putsen från att hårdna eller att vatten inte kan avgå tillräckligt fort vilket gör att den fryser sönder (e.g. Nyckande och Bährner 1945, Balksten 2005, 2007). Det kan tyckas att det mest naturliga i detta fall är att sluta använda sig av brädriven puts. Det har

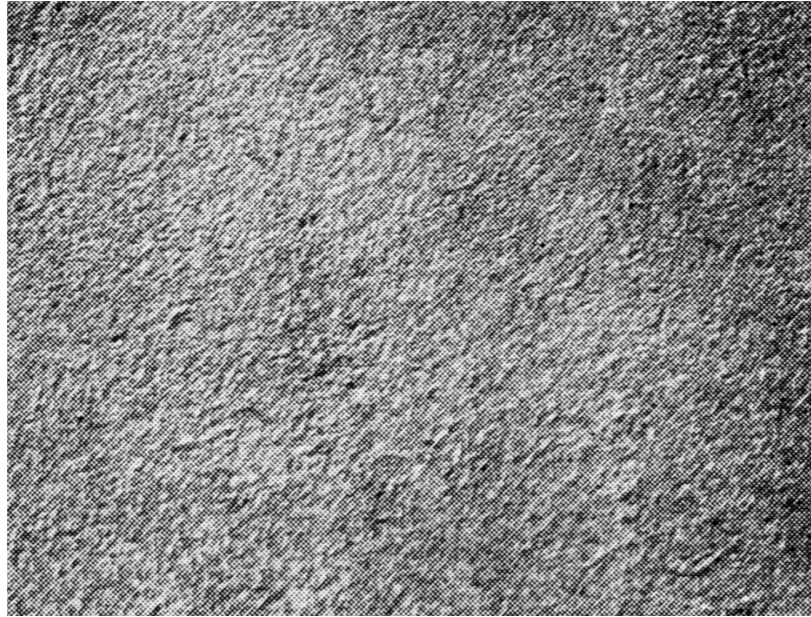


Fig. 9 a. Brädriven yta. Putsens yta är bearbetad med en plan skiva med ett handtag på, benämnd skurbräda. Vanligen består materialet i brädan av trä, plast eller masonit. Vid bearbetningen pumpas bindemedel och fina partiklar fram till ytan och bildar ett skikt likt ett skal eller hud ytterst på putsens yta. Detta skikt är vanligen någon millimeter tjockt, komprimerad och mindre poröst än den underliggande putsen.



Fig. 9 b. Rivputs. Ytan är efter att den torkat riven med en rivbräda bestående av en platta med handtag på. Plattan är genomborrad av tätt sittande spik. När rivningen utförs trycks plattan med spiken mot putsen och förs över ytan i cirkelformade rörelser. Under arbetet rivs ca 3 mm av putsens yta bort.

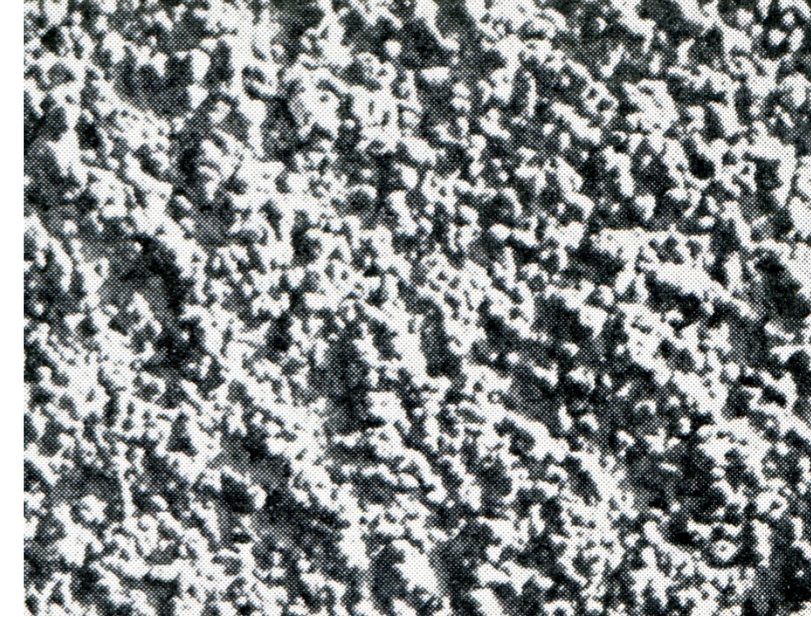


Fig. 9 c. Spritputs. Denna yta är inte bearbetad med något verktyg. Putsens yta får sin karaktär av en kombination av brukets sammansättning och att den slås på underlaget. Balastens kornfördelning är så kallat spränggraderad. Det innebär att ballasten är sammansatt av dels fin sand till den fina sanden tillsätts grus i olika fraktioner. Bilderna är kopierade ur Husbyggnad II (Hökeberg 1936).

man också gjort genom att använda bearbetningsmetoder som avlägsnar putsens yta.

Exempel på putstyper där putsens yta är avlägsnad är rivputs och borstruggad puts. En annan kategori av putser med motsvarande egenskaper som rivputs och borstruggad puts är putser som efter påslag ej är bearbetade, t.ex. stänk- och spritputser (fig. 9 a, b, c). Dessa putser har det gemensamt att de anses ha en god beständighet. Dessa kategorier av puts har en ganska kort historia och förekommer i huvudsak under 1800-talets slut och fram till i våra dagar även om vissa förändringar skett, i huvudsak beroende på maskinella metoder för applicering.

Råmaterialet kalk

Enligt Lundegård (1971) skiljer man mellan sedimentär och magmatisk kalksten. Båda har utfällts eller kristalliserats ur bikarbonathaltiga

lösningar, som förlorat en del av sin koldioxid genom förändringar av de fysikaliska förhållandena eller den kemiska sammansättningen. Sedimentär kalksten har i regel bildats genom avsättningar av slam, skal och skelett i hav och sjöar som sedan hårdnat till bergart. Sedimentär kalksten innehåller i större utsträckning föroreningar i form av lermineraler än magmatisk kalksten.

Kalksten utgör det viktigaste råmaterialet vid tillverkning av bindemedel till mur och putsbruk. Bergarten kalksten består i huvudsak av kalciumkarbonat (grundämnenä kalcium, syre och kol). Tillverkningsprocessen utförs i två steg. I dagligt tal benämns produkten av de olika stegen som bränd kalk (kalciumoxid) och släckt kalk (kalciumhydroxid). I det första steget bränns den råa kalkstenen. Enligt Chandra (2003) är den praktiskt tillämpbara lägsta bränningstemperaturen ca 800-1000°C. Genom

inverkan av den tillförda värmen avgår det kol som är bundet i kalkstenen i form av koldioxid. Viktminskningen efter bränning är enligt Kreüger ca 40 procent (1920), Rothstein (1890) ca 44 procent. Det andra steget innebär att den brända kalken (kalciumoxiden) begjuts med vatten vilket resulterar i släckt kalk. De huvudsakliga metoderna att framställa släckt kalk är torr- och våtsläckning. Torrsläckning är den metod som i huvudsak i dag används för att framställa kalkbindemedel för byggindustrins behov. Framställningen utförs industriellt. Framställning av våtsläckt kalk förekommer fortfarande om än i liten skala bland annat på Gotland. Den huvudsakliga avsättningen för våtsläckt kalk är i dag för byggnadsvårdssektorns behov.

I huvudsak indelas släckbar kalk i två sorter genom sitt innehåll av lermineraler, det är lufthärdnande kalk och hydraulisk kalk. Luftkalk-

bruk hårdnar huvudsakligen genom att kalciumhydroxiden i den släckta kalken reagerar med luftens koldioxid och bildar kalciumkarbonat (Hindersson 1958).

Hårdnandet benämns karbonatisering. För att denna reaktion ska kunna äga rum fodras närvaro av vatten då koldioxiden först måste lösas i vatten innan reaktionen kan äga rum. Enligt Dührkop (1966) sker hårdnandet i två faser: under den första fasen sker endast en uttorkning av det färska bruket, medan det egentliga hårdnandet först börjar när vattenhalten i bruket blivit tillräckligt liten och antalet öppna porer i bruket blivit tillräckligt stort. Optimal vattenhalt är enligt Dührkop (1966) 0.5-6 viktprocent och enligt Hinderson (1958) 0.5-5 viktprocent (1958). Enligt Konow (1997) består porväggarna i det färska kalbruket av kalciumhydroxid partiklar av ca 0.01-0.5 µm diameter (1997). Vid optimal

fukthalt är porväggarna täckta med en helt mättad kalciumhydroxidlösning vilket reagerar med den i porerna diffunderade koldioxiden från luften. Enligt Dührkop råder optimala betingelser för hårdnande när den relativa luftfuktigheten ligger mellan 65-75 procent. Det är av stor betydelse för brukets hållfasthetsökning att karbonatiseringen sker så tidigt och fort som möjligt (Hinderson 1958, Dührkop 1966).

Hydraulisk kalk hårdnar genom karbonatisering på samma sätt som vid luftkalk samt genom reaktion med vatten (hydratiseringen) Johansson (2004). Enligt Wilck (1991) bildas vid hydratiseringen hydrat i form av kristaller. De ämnen som ligger till grund för reaktionen med vatten bildas vid bränningen genom föreningar av kalk och de orenheter som i olika mängd och sammansättning kan förkomma i kalksten. De vanli-

gaste ämnena är kiselsyra, aluminiumoxid och järnoxid. Vid bränningen inverkar temperaturen på de bildade föreningarna och ger olika fysikaliska och kemiska egenskaper Hagerman (1946). Enligt Wilck (1991) bildas vid bränningstemperaturer mellan 550-1400°C dikalciumsilikat, 1000-1400°C trikalciualuminat, 1400-1430°C trikalciumsilikat samt Brown- Millerit vid 1000-1430°C. Enligt Wilck så bildas i huvudsak dikalciumsilikat vid bränning av hydraulisk kalk om temperaturen ej överstiger 1000°C. Enligt Konow (1997) saknas i regel trikalciumsilikat i hydraulisk kalk men ingår i portlandcement. Detta ger portlandcementet en snabbare hydratisering och hållfasthetstillväxt än hydraulisk kalk.

Övergripande litteraturanalys av tre representativa tidsperioder från 1800-talet till nutid

Den systematiska litteraturanalysen syftar till att jämföra respektive författares beskrivning och rekommendationer av brukets delmaterial, arbetsutförande och hantverkarens roll. Frågeställningarna som används i analysen är följande:

- a. Hur definieras lufthårdnande kalk?
- b. Hur är sandens grovlek i förhållande till lufthårdnande kalk?
- c. Skador och arbetsutförande med avseende på brädriven lufthårdnande kalk?
- d. Hur är blandningsförhållandena?
- e. Hur blandas bruk och hur släcks kalk?
- f. Vad är hantverkarens roll?

3.1 Period 1: Byggnadsläror under 1800-talet

a) Definition av lufthårdnande kalk

Under perioden används två skilda definitionsgrunder kvalitativ och kvantitativ (fig. 10). Den kvalitativa utgår från hantverkarens perception och erfarenhet av materialets egenskap att hårdna i luften samt dess lämpliga användningsområde i fria luften. Den kvalitativa definitionen kan därför sägas vara rekommenderande. Den kvantitativa definitionen utgår från att kemiskt definiera kalkens mineraliska innehåll och dess kemiska hårdnande. Av Stål (1854), Henström (1869) och Rothstein framgår att den kvalitativa definitionen för vad som är lufthårdnande kalk och vad som är vattenhårdnande kalk utgår från prov. Exempelvis för att ta reda på om en kalk är lämplig att använda under vatten görs prov som efterliknar situationen materialet ska användas i.

Kvalitativ och kvantitativ definition av bindemedel och bruk i relation till samhällsutvecklingen

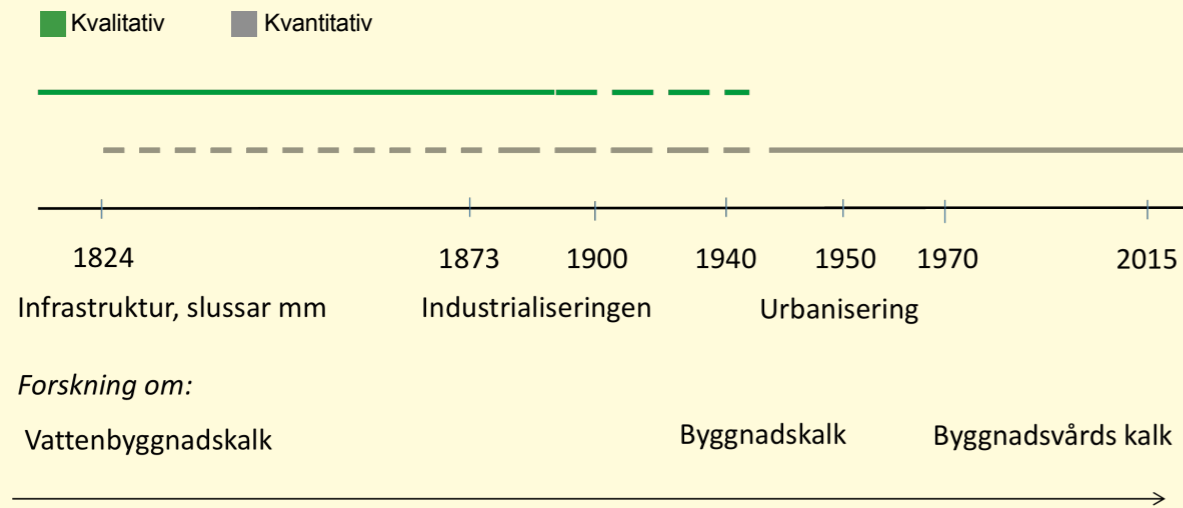


Fig. 10. Under de tre perioder som den övergripande litteraturanalysen omfattar framgår ett förändrat förhållningssätt till definition av bindemedel och bruk. Förändringen är tydligt kopplad till forskningsinsatser om bruk och bindemedel i samband med utbyggnad av vattenleder, en ökad bostadsbyggnation i städerna och uppmärksammandet av att cementbaserade bruk bidrar till skador på kulturbyggnader. Förändringen initieras av kemisters och ingenjörers terminologi och kvantitativa metoder.

Ur ett nutida perspektiv kan detta upplevas som omständigt då vi genom kvantitativ definition vid beställning av kalk kan närma oss de egenskaper som vi vill att ett kalkbindemedel skall ha. Men i en situation där råmaterialens egenskaper är okänt och varierat lokalt och geografiskt blir det mer förståeligt. I följande citat av Henström framgår den kvalitativa metoden för att definiera olika sorters kalk:

”Försöket verkställs på så sätt att man av kalk sand och vatten i olika proportioner med eller utan tillsats av cement (t.ex. alunskiffer) formar en mängd bollar av 1 tums diameter vilka sedan lämnas i ro i fria luften eller i vatten allt efter ändamålet. De bollar vilka hastigast hårdna så mycket att de på ytan lämna endast svaga intryck efter tumnageln innehålla det hastigaste bindande murbruket och de som efter 12-20 dagar äro allt igenom uti hela sin massa jämnast och hårdast innehåva den bästa proportionen. Härvid är att märka

att om murbruket ska användas i fria luften så lämnas bollarna att torka i fria luften, men ska de användas till murning av murar som skola stå under vatten så nedläggas kulorna uti vatten genast sedan de blivit tillverkade och förbliva där den angivna tiden ska murverket åter ömsom utsättas för torka ömsom väta måste experimentet utföras på båda sätten” (Henström 1869).

Enligt Stål och Rothstein kan ett bruks lämplighet att användas i vatten även undersökas genom att utföra kemisk analys. Av författarna Stål och Rothstein framgår att kemiskt definiera bindemedels skiljer sig från att kvalitativt definiera det samma. Hos Stål kan också en tvekan om de kvantitativa metodernas relevans skönjas:

”Ännu hava vi ingen säker grund för att noga bestämma egenskaperna hos olika kalkarter eller av kalkens beståndsdelar och dess relativa kvantitet” (Stål 1854).

Den kvalitativa definitionen utgår från en specifik situation där bruket och bindemedlets egenskaper prövas i relation till de av situationen formulerade variablerna. Genom att framställa det bruk som skall provas tas fler variabler in i bedömningen av det färdiga brukets lämplighet än i fallet med kemiska analyser. Rothstein beskriver dessa variabler och vad som i den hantverkliga processen kan påverka variablerna:

”Murbruket har till ändamål att sammanfoga de på och bredvid varandra liggande stenarna, eller att giva ett emot atmosfärens inflytelse skyddande överdrag. Ett gott murbruk måste därför väl och snart fästa sig vid de kroppar vilka det skall sammanbinda äga stor täthet så att det ej genomsläpper luft och vatten samt ej heller suga till sig det senare; ej för mycket sammankrympa eller genom sprickor förlora sin täthet vid torkning; äga varaktighet och motståndförmåga mot åverkan av luft, värme, vatten, väderlek, yttrevåld, mm även innan det ernått den hårdhet det som det med tiden kan få. Godheten beror i huvudsak av beståndsdelarnas - i synnerhet kalkens - beskaffenhet och mängd. Kalkens släckningsätt, brukets beredning och behandling har också stort inflytande på dess godhet” (Rothstein 1890).

Av författarna framgår att de kvalitativa metoderna värderas högt. Av allt att döma så tillgodoser de kvalitativa provningsmetoderna behov av att kunna bedöma inte bara materialet i sig utan även de processer som föregår t.ex. framställning av bindemedel och bruk.

Av Författarna Stål, Henström och Rothstein framgår att det finns en tydlig värdering (god och bra kalk) av de magra och hydrauliska kalkerna framför den feta lufthårdnande kalken. Den kvalitativa definitionen för när ett bruk är vattenmurbruk (hydrauliskt) utgår ifrån en tydlig egenskap av att bli hårt i vatten och syftar

till att beskriva vad bindemedlet eller bruket är mest lämpat att användas till. Av Henström och Rothstein framgår att de egentliga hydrauliska kalkerna innehåller mer än 20 procent lera.

Enligt Rothstein och Henström indelas kalken i två sorter, luftkalk och vattenkalk. Stål indelar kalken i ren och oren, där den rena är lämplig att använda i luften och den orena i vatten. Begreppen ren och oren förfaller motsvara begreppen fet och mager kalk. Rothstein skriver att den ”vanliga” luftkalken är fet eller mager och benämns efter sin lämpliga användning och förmåga att hårdna i luften som luftkalk samt efter hur kalken upplevs. Rothstein skriver att de magra kalkerna hör till de hydrauliska kalkerna och förlorar sin smidighet om den förvaras släckt. Den kalk som hårdnar under vatten benämns som vatten kalk eller hydraulisk kalk. Enligt Rothstein innehåller fet kalk från 1-10 procent lerminerale, något hydraulisk är kalk som innehåller från 10-20 procent lerminerale. Försvarligt hydraulisk kalk är kalk som innehåller från 20-30 procent lerminerale. Henström skriver att luftkalk definieras efter sin lämpliga användning och förmåga att i luften hårdna samt av sitt innehåll av lera som mager eller fet. Enligt Henström innehåller luftkalk från 1-15 procent lera. Föga hydraulisk kalk håller från 15-20 procent lera. Hydraulisk kalk är kalk som håller mer än 20 procent lera. Henström sätter inte ut någon enhet för den procentuella halten av lerminerale men då procentsatserna är överensstämmande med Rothstein som anger i viktprocent när han beskriver kalkens halt av lera/lerminerale så är det rimligt att anta att det är viktprocent som avses.

Enligt Rothstein är den magra luftkalken något hydraulisk. Av Rothsteins beskrivning framgår

Lera.	Kalk.	
1	99	Fet kalk, hårdnar ej i vatten.
10	90	Något hydraulisk } sönderfalla, begjutna med vatten, Försvarligt d:o } som ren kalk och hårdna ej i vatten, utan tillsats af lera eller andra ämnen, som göra dem full- komligt hydrauliska.
20	80	
30	70	God hydraulisk.
40	60	Kalkcementer, sönderfalla icke och hårdna genast, utan tillsats, i vatten.
50	50	
60	40	
70	30	
80	20	Cementer, som ej hårdna under vatten, utan tillsats af fet eller hydraulisk kalk.
90	10	

Fig. 11. Av Rothsteins tabell framgår att de något hydrauliska och försvarligt hydrauliska kalkerna är släckbara. För att de skall få egenskap att bli fullkomligt hydrauliska och därigenom lämpade att användas i vattenbyggnadskonstruktioner så behöver de blandas med något annat ämne. Stål (1854), Henström (1869) och Rothstein (1890) skriver samstämmigt att alunskifferaska är ett sådant ämne.

att när han använder sig av kvalitativ och kvantitativ definition kommer han fram till två olika sorters lufthårdnande kalk. När den normativa och kvalitativa definitionen används är den ”vanliga” lufthårdnande kalken både fet och mager. Med den kvantitativa definitionen är luftkalken nu fet och inte längre mager och innehåller 1-10 procent lermineraller. Med Rothsteins kvantitativa definition av luftkalk avses nu inte samma sorts lufthårdnande kalk som tidigare ingick i begreppet den ”vanliga” lufthårdnande kalken som kunde var mager och något hydrauliskt hårdnande.

Stål använder i huvudsak kvalitativ definition av kalk i sin löpande text, och han anger inte heller någon procentuell halt av lera i sin text. Emellertid återfinns på några sidor tabeller som kvantitativt redogör för olika kalksorters procentuella innehåll av kalciumkarbonat, kalciumhydroxid och innehåll av lermineral. Vidare redogör Stål för förekomsten av kalk i landets olika delar och dess lämplighet att användas till bruk. Ett fler-

tal av dessa platser återges också av Rothstein så som Kinnekulle i Västergötland, Husbyfjöl i Östergötland, Öland kalkstenslager samt Gotland etc. Av Stål och Rothstein framgår att de flesta av dessa kalker är släckbara. Av Rothstein framgår att de flesta av dessa kalker utom kalken från Gotland är subhydrauliska eller svagt hydrauliskt hårdnande i analogt med Johansson (2006). Av Stål framgår att kalken vanligen inte är möjlig att använda till vattenmurbruk som den är utan måste tillsättas alunskifferaska för att få användbara egenskaper till vattenbyggnadskonstruktioner. Beskrivningen är väl överensstämmande med Rothstein och Henström. Av Rothsteins tabell framgår hur kalkens halt av lermineraller inverkar på kalkens släckbarhet (fig. 11). Enligt Rothstein är ren kalk sällsynt, i regel är kalken inblandad med någon mängd lera men mängden kan variera mycket.

Författarna Stål, Henström och Rothstein använder både kvalitativ och kvantitativ definition av kalk. Definitionen eller benämningen av vad

som är lufthårdnande kalk förändras under perioden. Från Ståls indelning av kalken som ren eller oren till Henströms luftkalk som är både fet och mager där den magra innehåller upp till 15 procent lermineraller för att slutligen i Rothsteins kvantitativa definition övergå till att lufthårdnande kalk är fet och innehåller max 10 procent lermineraller.

b) Blandningsförhållanden

Stål (1854), Henström (1869) och Rothstein (1890) är samstämmiga i att det inte går att ge några generella blandningsförhållanden. Henström och Rothstein skriver att bästa sättet är att utföra prov med den kalk och sand som är tänkt att användas. Förhållandet bindemedel och sand beskrivs samstämmigt av Stål, Henström och Rothstein vara i relation till hur fet eller mager kalken är, mer sand till fet och mindre till mager kalk. Rothstein menar att de magra kalkerna inte tål för mycket sand. Rothstein skriver att bruket skall innehålla så mycket ”kalk att varje sandkorn är omgivet av kalk dock så att sandkornen ligga lika närma varandra som förut, kalken skall blott uppfylla mellan rummen” (Rothstein 1890). Beskrivningen är väl överensstämmande med Stål och Henström.

Stål, Henström och Rothstein skriver att sanden skall vara grov till fet kalk och finare till mager kalk. Av Henströms, Rothsteins och Ståls beskrivning framgår att den rätta mängden släckt kalk skall motsvara sandens hålrumsvolym. För att bestämma hålrumsvolymen hos sanden beskriver Henström och Rothstein en väl överensstämmande mätmetod. Hålrumsvolymen fastställs genom att fylla ett kärl med sand därefter tillföra så mycket vatten som sanden hålrum kan uppta. Mängden vatten som sanden upptagit

motsvarar kubikinnehållet av sandens mellanrum. Den uppmätta volymen vatten motsvarar den erforderliga volymen kalk. Rothstein skriver att sandens hålrumsvolym över lag är ca 40 procent men då kalkdegen krymper vid torkningen så måste man tillsätta 10-20 procent mer kalkdeg. Av Rothsteins beskrivning framgår att volymen kalk därför bör vara ca 50 procent av sandens volym eller 1 del kalk på 2 delar sand. Men att det vanligen varierar mellan 1 del kalk på 1,5-3 delar sand beroende på kalkens feta eller magra egenskaper. Rothstein utgår från släckt kalk (kalkdeg) och hävdar att det är det enda sättet att mäta på. Rothsteins beskrivning är överensstämmande med Ståls och Henströms uppgifter av hur kalkmängden förhåller sig till sandens hålrumsvolym, varför blandningsförhållandet i Stål och Henströms fall skulle vara ca 1 del kalk på 1,5-2 delar sand om metoden följs. Emellertid så finns det några skillnader mellan Henström och Ståls beskrivning av blandningsförhållanden och hur Rothstein beskriver det samma. Av skillnaden i Henströms och Ståls beskrivning framgår att de är baserade på osläckt kalk samt att de är något fetare.

Av Henströms beskrivning av olika sorters kalk och dess blandningsförhållande framgår att av en kubikfot bränd kristallinkalk (som av Henström beskrivs vara en ren kalk) erhålles 2-3 kubikfot släckt kalk till denna kalk fodras ca 2-3 kubikfot sand. Av den bitumen rika och täta kalkstenen (som av Henström beskrivs ge ett gott vattenmurbruk, d.v.s. mager kalk) erhålls av en kubikfot bränd kalk, 1,5-2 kubikfot släckt kalk till denna kalk fodras ca 1,5 till 2 kubikfot sand. Av beskrivningarna framgår att blandningsförhållanden rör sig omkring 1 del kalk på 1-1,5 delar sand. Vidare redogör Henström för en formel

Den brända kalkstenens procentiska halt af fri kalk	Osläckt kalk	Sand	Bränd Alunskiffer
20	1 mått.	$\frac{1}{2}$ mått.	0
25	1 "	$\frac{5}{8}$ "	$\frac{1}{8}$ mått.
30	1 "	$\frac{3}{4}$ "	$\frac{1}{3}$ "
35	1 "	$\frac{7}{8}$ "	$\frac{1}{2}$ "
40	1 "	1 "	$\frac{2}{3}$ "
45	1 "	$1\frac{1}{8}$ "	$\frac{5}{8}$ "
50	1 "	$1\frac{1}{4}$ "	1 "

Fig. 12. Av Ståls tabell framgår rekommendationer för blandningsförhållanden mellan bränd kalk med olika halt av kalciumoxid och sand alternativt bränd alunskiffer. Enligt stål kan mängden alunskiffer bytas ut mot sand i de fall effekten av alunskiffer inte är nödvändig.

för hur mängden sand ska regleras i relation till kalkens halt av ren kalk. Som utgångspunkt för formel skriver Henström att man kan anse att det till 100 delar osläckt ren kalk går 3 gånger så mycket sand d.v.s. ett blandningsförhållande på 1:3 baserat på osläckt kalk. Om förhållandet är som med den kristallina rena kalken så kan blandningsförhållandet efter att kalken är släckt bli 1 del kalk på 1.5 delar sand.

Vidare ger Henström exempel på hur formeln används för att bestämma mängden sand i bruket i förhållande till om kalkens halt av ren kalk är lägre; ”är kalkhalten blott 25procent, så bliver den erforderliga sandvolymen reducerad till = $25 \times 3 = 75$ delar sand till 100 delar osläckt kalk” (Henström 1869). Av formeln framgår att de främmande ämnena som gör kalken hydrauliskt hårdnade räknas som ballast och ska avräknas mot mängden sand.

Stål utgår i sina beskrivningar av blandningsförhållanden från en tabell med en skala som anger den brända kalkens procentuella viktandel ren

kalk (fig. 12). Stål använder i sitt utkast till byggnadslära endast beskrivningen procentuell viktandel vid definition av kalkens sammansättning t.ex. ren kolsyrad kalk innehåller 43.61procent av sin vikt i kolsyra. Av beskrivningen kan slutsatsen dras att ren bränd kalk innehåller ca 56 vikt procent kalciumoxid av den råa kalkens totala vikt. Av tabellen framgår att om kalken innehåller 50 viktprocent kalciumoxid så tas i enlighet med Ståls tabell 1 del osläckt kalk till 1.25 delar sand på 1 del bränd alunskiffer eller sand d.v.s. 1 kalk på 2.25 sand. Om denna kalk antas ökar i volym efter släckning med 1.5- 2 gånger så bör blandningsförhållandena bli från ca 1 del kalk på 1.125 delar sand till 1 del kalk på 1.5 delar sand.

Stål utgår från osläckt kalk i beskrivningarna med motiveringen att vatten inte ska inräknas i blandningsförhållandet då vattnet sedan avdunstar. Stål skriver att i allmänhet tillsätts för lite sand då det underlättar blandningen av bruket. Stål ger exempel på vanligen förekommande

	Stål			Henström		Rothstein
	Gotlandskalk	Ölandskalk	Oren kalk	Ren kalk	75 % kalk	Ren kalk
Bränd kalk			1	1	1	
Släckt kalk	1.25	1	1.5-2		≈ 1.75 (varav 25 % lerminerale)	1
Sand	2	1.5	1.125-1.5	3	2.25	2
Blandningsförhållande utifrån släckt kalk	1:1.6	1:1.5	1:1,125-1:1.5	1:1.5	1:1.3	1:2

Tabell 1: Sammanställning av beskrivna blandningsförhållanden.

blandningsförhållanden för Ölands kalk (1 tunna på 1.5 tunna sand) och Gotlandskalk (1.25 tunna på 2 tunnor sand). Med ledning av Ståls tabell och den antagna volymökningen så är det släckt kalk som avses i exemplet. Enligt Stål är mängden sand utan tvivel alldeles för liten och kan ökas till det dubbla.

c) Sandens grovlek i förhållande till luft-hårdnande kalk

Samstämmigt skriver Stål (1854), Henström (1869), Rothstein (1890) att grovleken på sanden beror på kalken och till vad bruket skall användas. Till ren lufthårdnande kalk (fet kalk) föreskrivs mer och grov sand och allt mindre och finare ju mer hydraulisk kalken är. Beskrivning av sandens lämpliga grovlek för olika bruk utgår i huvudsak från perception. Enligt Rothstein används grov sand till gråstens murning och vid puts till första salvan rappningsbruk (grundning). Till finare murning fin sand liksom till finputsning. Enligt Henström användes till första salvan endast grov sand men till finputs och

lister endast fin och jämn grov sand. Enligt Stål används till grov rappning grov sand- hellre något för mycket än för lite för att undvika sprickor. Till finrappning finkorning sand.

Författarna anger max kornstorleken för respektive sand, måttenheten är verkum och mm. Stål anger att grov sand är sand som passerar en sikt på 1/16 tum vilket är ca 1.5 mm, fin sand är sand som passerar en sikt av 1/32 tum vilket är ca 0.8 mm, Henström grov sand $\frac{3}{4}$ line vilket är ca 1.5 mm, Rothstein grov 2-3 mm fin och 1.3-1.9 mm. Stål och Rothstein hänvisar till Vicat (1837) i sina beskrivningar om sands grovlek i förhållande till om kalken är fet eller mager, vilket Henström inte gör. Emellertid följer ingen av författarna helt Vicats anvisningar för sands grovlek till olika bindemedel. Skillnaden ligger i att Vicats grova och fina sand är sammansatta av tre olika grovlekar på sand. De är; grov 1.5-3 mm, fin 1- 1.5, och pulver 0-0.2 mm. Vicat blandar dessa sandsorter med varandra allt eftersom bindemedlet är lufthårdnande eller hydrauliskt.

Sandens grovlek	Stål	Henström	Rothstein
Grov sand	1.5 mm	1.5 mm	2-3 mm
Fin sand	0.8 mm		1.3- 1.9 mm

Tabell 2: Sammanställning av beskrivna sandgrovlekar.

Genom metoden kan brukets grovlek förändras med bibehållen min och maximala kornstorlek. I förhållande till Stål, Henström och Rothstein tar Vicat ställning till sandens kornfördelning i sina blandningsförhållanden, eftersom maximala kornstorleken är 3 mm oavsett vilket bindemedel som blandas med sanden. Någon relation mellan sandens max kornstorlek och påslagets tjocklek redovisas ej av författarna.

d) Skador och arbetsutförande med avseende på brädriven lufthårdnande kalk

Skador i relation till arbetsutförandet brädriven puts är det endast Henström (1869) som belyser. Enligt Henström är grov puts eller så kallad rappning (obearbetad puts) betydligt varaktigare än finputs vilket beror på att ytan på finputs ofta bearbetas för kraftigt och ihållande med rivbrädan på en för torr puts. I direkt motsats till detta skriver Rothstein (1890) att vattrivning (ett annat ord för brädrivning) ej får ske förrän putsen är tillräckligt torr, av vilken orsak förklaras ej. Samstämmigt skriver författarna att den vanli-

gaste kalken och bästa kalken för puts är den s.k. syrkalken (fet lagrad kalk) visserligen med förbehåll för om putsen är mycket utsatt för fukt samt väder och vind då hydrauliskt kalk rekommenderas. I övrigt med avseende på putsskador uttalas samstämmigt av författarna Stål (1854), Henström, Rothstein att en för tjock puts lätt faller av. Enligt Stål får den totala tjockleken på putsens tre lager inte överstiga 12 mm och i undantagsfall 16 mm. Enligt Henström skall putsen utföras så tunn som möjligt, helst 6 - 8 mm och aldrig över 12 mm och endast i undantagsfall 16 mm. Av Henström framgår att putsen utförs i två till tre lager. Enligt Rothstein (1890) skall putsens totala tjocklek inte överstiga 15 mm (Rothstein 1856, 12 mm). Av Rothstein framgår att putsen byggs upp i två lager. Någon relation mellan sandens maximala kornstorlek och putslagrens tjocklek beskrivs inte av författarna.

e) Hur bruk blandas och kalk våtsläcks

Författarna Stål (1854, Henström (1869) och Rothstein (1890) redogör för olika metoder att

släcka kalk. Av författarnas metodbeskrivningar för våtsläckning framgår att det finns likheter mellan metoderna men också skillnader. Av Rothstein framgår följande metodbeskrivning:

”Det bästa släcknings sättet för fet kalk är att lägga kalkstyckena i en lave och pågjuta så mycket vatten, som behövs till deras förvandling i en gröt. När kalken likasom kokar, omröres massan väl, kalkstyckena sönderslås med kalkrakan och mera vatten tillsättes småningom till dess den släckta kalken bildar en vit, tjockflytande välling. Nu öppnas på ena sidan ett hål försett med trädgaller, emedan eljest stenarna medfölja, och den släckta kalken får rinna i en grop samt förvaras där till dess den skall användas, vilket dock inte bör ske förrän den är fullkomligt släckt vilket först inträffa efter några dagar eller veckor allt efter kalkens beskaffenhet och bäst uttrönes genom försök. Sedan all kalk är utrunnen, göres laven ren och släckningen börjas med ny kalk till des laven är fylld. När det överflödiga vattnet bortgått och ytan börjat spricka, betäckes kalken med ca 30 cm tjockt sandlager, och kan betäckas med jord förvaras flera år utan att förlora i godhet. Han kallas då syrkalk och är i synnerhet lämplig till rappningsbruk” (Rothstein 1890).

Av Ståls metodbeskrivningar för torr och våtsläckning framgår att:

”kalken blir bäst om den av sig själv får sönderfalla i luften, sämre om kalken under några sekunder sänkas i vatten och sedan lämnas att släcka sig av det vatten den upp tagit” (1854).

Sämst blir kalken om den ”släcks på vanligt vis medels begjutning med vatten” (Stål 1854). Hur denna vanliga metod går till skriver inte Stål. Av Ståls beskrivning av syrsläckt kalk ökar förståelsen något när han skriver:

”Man anser även fördelaktigt att bereda dem till syrkalk. För detta ändamål lägges den nybrända eller släckta kalken uti en brädlave och begjutes med så mycket vatten att den liknar en tjock välling; denna silas sedan genom ett galler, så fint att inga osläckta eller obrända stenar kunna medfölja uti en tämligen djup grop och med bräder beklädd grop. På detta sätt bör den ligga orörd en längre tid, ett eller flera år. Då kalken genom syring genomgår en förändring och gör den särdeles tjänlig till rappningsbruk” (Stål 1854).

Av formuleringen ”*dem*” framgår av Stål att syrsläckning är en vidare beredning av redan släckt kalk. Av Stål att döma kan den vidare beredningen avse både torr släckt kalk och våtsläckt kalk samt att bränd kalk släcks i samband med vidare beredning d.v.s. utspädning av den släckta kalken med vatten till konsistensen av välling. Vid beredningen av redan släckt kalk kan förstås att den kalk som släckts ”*medels begjutning med vatten*” (Stål 1854) haft en tjockare konsistens innan den spädes med vatten. Av Ståls text kan denna metodbeskrivning formuleras i det fall släckning och utspädning utförs i en följd:

1. Kalken släcks på vanligt vis ”medels begjutning med vatten”.
2. Den läggs sedan ut i en brädlave och ”begjutes med så mycket vatten att den liknar en tjock välling”.
3. Vällingen ”silas sedan genom ett galler”.

Den formulerade metoden är väl överensstämmande med Rothsteins metod för våtsläckning/syrsläckning. Emellertid saknas beskrivning av hur själva släckningen går till. Men av Ståls beskrivning av hur släckningsvattnet inverkar på kalkens egenskaper framgår att tillsättandet av vatten vid släckningen är en balansgång mellan att ta för mycket och för lite vatten:

”Vattenmängden som begagnas till släckningen måste avpassas efter kalkartens beskaffenhet”.

Vidare skriver Stål:

”tages för lite därav upplöses inte kalken tillräckligt [---] Genom för mycket vatten dränkes kalken, blir svår att blanda med de övriga ämnena och murbruket torkar mycket långsamt” (1854).

Av det Stål förmedlar i relation till den använda mängden vatten vid släckningen så förstås att vattnet tillsätts successivt under observation vilket är analogt med Rothstens beskrivning av hur vattnet tillsätts. Det förfaller också som om kalken haft en styvare konsistens än välling då det skulle innebära att kalken dränks. Det som då saknas och inte kan analyseras av Ståls text är huruvida någon omrörning sker under släckningen.

I Ståls och Rothsteins beskrivningar av våtsläckningsförfarandet används betydligt mer vatten än vad som behövs för att våtsläcka kalken (i Ståls fall är beskrivningen baserad på analysen). Av beskrivningen framgår att vattnet tillsätts i två olika skeden av processen, först tillsätts vattnet i relation till släckningsfasen för att sedan ytterligare tillsätta vatten för att göra kalken så flytande att den går att sila genom ett trådnät för att sortera bort osläckta delar. I Ståls fall markeras brytpunkten i processens olika skeden av att den släckta kalken har en tjockare konsistens för utspädningen kalken. I fallet med Rothsteins att kalken är i form av en gröt innan den späds ytterligare.

Rothsteins våtsläckningsmetod och vad som genom analysen formulerar Ståls våtsläckningsmetod skiljer sig ifrån Henströms metod för våtsläckning. Skillnaden är att allt vatten tillsätts på en gång, det tillsatta vattnet är avstämd på

ett sådant sätt att den släckta kalken efter släckningen bildar en kalkgröt, kalken slås i den avstämda mängden vatten och får sedan vara där orörd till dess värmen avtagit. Den släckta kalken späds inte ut till en välling. I relation till den avstämda mängden vatten som åtgår vid släckningen presenterar Henström en metod för hur detta utförs. Att slå vattnet på kalken duger inte, av vilken orsak uppger han inte. Av metodbeskrivningen framgår likheter med den av Stål beskriva vanliga metoden i den meningen att kalken inte ytterligare späds ut när kalken släcks på det vanliga sättet genom begjutning med vatten.

Rothstein skriver att den släckta kalken inte får användas förrän den är fullkomligt släckt, tidigast efter några dagar eller veckor. Om den lagras flera år fås syrad kalk som är särdeles lämplig till puts. Även Stål uppger att syrsläkt kalk ger en bra kalk för puts om den lagras flera år. Även Henström rekommenderar syrad/lagrad kalk för puts med skillnaden att den släckta kalken inte är utspädd före lagring. Av de samlade författarnas uppgifter framgår att syrad eller lagrad kalk är en vidare behandlingsmetod av kalk som av allt att döma inte nödvändigtvis är kopplad till en specifik släckningsmetod.

Av Ståls (1954) beskrivning framgår att han förordar torrsläckning framför våtsläckning. Stål, Henström (1869) och Rothstein (1890) varnar för att använda för mycket eller för lite vatten vid släckning då kalken av för lite vatten sammanbakar sig och av för mycket vatten blir den dränkt. I bägge fallen bildas ett ofullständigt bruk. Av Stål, Henström och Rothstein förstås att den erforderliga mängden vatten är en balansgång då både för lite och för mycket vatten inverkar på den släckta kalkens kvalitet. Av Stål och Henström framgår att

de tar ställning till hur mycket vatten kalk innehåller efter att den är släckt, något inte Rothstein gör. Enligt Stål ger användning av för mycket vatten vid släckningen upphov till att; ”kalken blir svårare att blanda med de övriga ämnena samt bruket torkar långsammare” (Stål 1854). Henström beskriver ingen direkt negativ inverkan av kalkgrötens innehåll av vatten. Men i samband med beskrivning av bruksberedning förstås att Henström kopplar kalkgrötens innehåll av vatten till brukets sprickbenägenhet. Henström beskriver en metod som syftar till att bestämma hur mycket vatten som går åt vid släckningen för att få en kalkgröt som sedan är möjlig att blanda med sand utan att tillsätta mer vatten. Enligt Stål ska minsta möjliga mängd vatten tillsättas vid bruksblandningen; av för mycket vatten torkar bruket långsammare och blir ömtålig för frost.

Stål, Henström och Rothstein skriver att bruket kan blandas för hand med järnpiskor. Stål och Rothstein redogör för olika maskiner för bruksblandning, det gör inte Henström. Samstämmigt betonas av författarna vikten av att bruket ska blandas väl. Henström menar att något mer vatten vid bruksblandningen inte ska tillsättas då den släckta kalken redan innehåller den nödvändiga mängden. Även Stål delar denna uppfattning men att en viss mängd vatten kan behövas för att justera konsistensen. Rothstein skriver att vatten behöver tillsättas vid blandningen.

f) Hantverkarens roll

Stål var fortifikationsingenjör och undervisade i fortifikationsbyggnation vid Mariebergs artelekola i Stockholm. Henström var ingenjör och gav ut folkbildningslitteratur med avseende på att undervisa lantbyggnadsarbetare i hantverk. Rothstein var arkitekt och undervisar i husbyggnads-

lära vid Konstakademins konstskola Stockholm. Då författarna förmedlar kunskap om hantverkliga metoder och material är det högst troligt att de i mötet med studenter har haft anledning att reflektera över de material och metoder som de förmedlat i sina handböcker. Emellertid framgår en skillnad mellan författarna i detta avseende. Rothstein upplevs mer generell och är mindre reflekterande över t.ex. arbetsmetoder och brukets egenskaper än Stål och Henström, vilket framgår av Rothsteins beskrivning av släckningsmetodernas inverkan på det färdiga brukets egenskaper. Sammantaget ger det en bild av att Stål och Henströms beskrivningar är tydligare förankrat i det hantverk de beskriver. Stål och Henström beskriver hantverkarens status, kompetens och ansvar, Rothstein beskriver inte detta. I förordet till *Lantbyggnadskonsten* (1869) samt i kapitlet ”Byggnadsmaterialens bearbetning och sammanfogning” beskriver Henström hantverkets kunskapsinnehåll samt att en konstruktör även bör ha kännedom om hantverkets kunskap. Att Henström sätter stort värde i den hantverkliga kunskap han förmedlar framgår av följande citat:

”De ämnen som används i byggnadskonst, kallas med ett gemensamt namn byggnadsmaterialer och kännedom om dessa utgör en av byggmästarens viktigaste och mest maktpåliggande detaljkunskaper” (Henström 1869).

3.2 Period 2: Handböcker och tekniska beskrivningar under 1900-talets mitt

a) Definition av lufthårdnande kalk

Enligt Paulsson och Granholm (1953) och Bährner (1956) är lufthårdnande kalk benämningen på den renaste kalken och som efter bränning innehåller mindre än 10 procent i saltsyra lösliga sura beståndsdelar (lermineraller). Hydraulisk



Fig. 13. Mariestad, murhuset. Kalkblåsor visar sig först som en blåsa eller upphöjning på putsens yta. Efter en tid faller sedan en liten bit av putsens yta av och efterlämnar skador i form av små kratrar. I kraterns mitt syns ett brunt korn. Kornet var vid putsningstillfället osläckt. Kornet har sedan putsen färdigställts släckts och expanderat där av skadan. Kalken som putsen innehåller är en ren luftkalk bränd vid 1400°C. Kalken släckts som en del i undervisningen vid bygghantverksprogrammet och används i de dagliga puts och murövningarna.

kalk är benämningen på kalk som efter bränning innehåller mer än 10 procent i saltsyra lösliga sura beståndsdelar. Under perioden tillkommer en ny definition av torrläckt kalk ”högprocentig puderkalk”. Med benämningen högprocentig avses att den brända kalken håller mer än 90 procent kalciumhydroxid. Högprocentig puderkalk är en förädlad form av torrläckt kalk som tillverkas i fabriek och är resultatet av förfinade reningsmetoder som siktning och vindseparering (Nycander och Bährner 1945). Enligt Paulsson och Granholm (1953) innehåller högprocentig puderkalk inga korn större än 1 mm och endast 2 procent korn större än 0.2 mm. Detta kan jämföras med de försök till kalknormer som Kungliga byggnadsstyrelsen fastslog 1941 för våtsläckt kalk där det anges att den inte får innehålla mer än 2 procent korn större än 2 mm vid en maskvidd på 2 mm. Utmärkande för den torrläckta kalken är att den har en mycket hög finhetsgrad och hög halt av kalciumhydroxid. Paulsson och Granholm (1953) anger att halten kan uppgå till 99 procent. Kalken innehåller då inga orenheter, är väl släckt och ger

inte upphov till skador i form av kalkblåsor (fig. 13). Med utgångspunkt från dessa egenskaper framhålls den fabriekstillverkade torrläckta luftkalken av Nycander och Bährner (1945), Bährner (1956) och Paulsson och Granholm (1953) som en mer lämplig kalk än den våtsläckta kalken som har egenskaper i rak motsats till puderkalkens fördelar.

Argumenten för användning av torrläckt kalk tar även stöd i arbetsplatsens logistik och kvalitetssäkring av kalkbruks innehåll av kalciumhydroxid. Logistikerna underlättas då den distribueras förpackad på säck och kan användas direkt utan lagring, något som man vid användning av våtsläckt kalk behöver ge plats åt på arbetsplatsen. Även förutsättningarna för kvalitetssäkring underlättas då puderkalken möjliggör en mer exakt proportionering av bruket (e.g. Nycander och Bährner 1945, Bährner 1956). Då den inte som i fallet med den våtsläckta kalken kan innehålla orenheter, överksamma beståndsdelar och en varierande halt av kalkhydrat (Paulsson och Granholm 1953).

b) Blandningsförhållanden

Med *Putsutredningen rapport 2* av Bährner (1940) initieras försök till kvantitativ kvalitetssäkring av blandningsförfarandet på arbetsplatsen. Arbetet bedrevs enligt Nycander och Bährner (1945) på Cement och betong laboratoriet i Limhamn i samarbete med en erfaren murare. Av Bährner (1940) framgår att bruks blandningsförhållanden och sandgradering studerades i relation till arbetbarhet och risken för sprickbildning. Enligt Bährner (1940) är volymproportionering det vanligen använda på arbetsplatsen men att viktproportionering är en mer exakt metod. Vidare framgår att den sand som i praktiken används är naturfuktig.

Delmaterialen som användes i studien var naturesand och torrläckt kalk. Som en faktor och grund för bedömningen av de olika blandningar som gjordes låg Kungliga byggnadsstyrelsens gränsföreskrifter för procentuell vikt kalciumhydroxid av sandens torra vikt (Bährner 1940). Av Kungliga byggnadsstyrelsen bestämmelser fastställda 1937 framgår att putsbruk skall innehålla minst 9 och högst 13 procent kalciumhydroxid räknat i procent av den ingående torra sandens vikt. Av Nycander och Bährner (1945) framgår att volymförhållandet 1 del kalk på 3 delar sand motsvarar ca 15 procent kalciumhydroxid i bruket och 1 del kalk på 5 delar sand motsvarar 9 procent. Uppgifterna är baserade på torrläckt puderkalk av märket ”Kronkalk” och naturfuktig sand.

I *Modern putsteknik* av Nycander och Bährner (1945) presenteras både vikt och volymproportionering. I *Handbok om Murbruk och Putsbruk* av Bährner (1956) och *Hantverkets bok mureri* av Paulsson och Granholm (1953) återges endast volymproportionering. Av Nycander och Bährner (1945), Paulsson och Granholm (1953) samt

Bährner (1956) framgår att de volymförhållanden som presenteras i handböckerna är i relation till naturfuktig sand.

Av Bährner (1940) framgår att vid volymproportioneringen på arbetsplatsen behöver bindemedlets procentuella innehåll av kalciumoxid samt den naturfuktiga sandens torra vikt och volym fastställas för att uppfylla bestämmelserna. Då naturfuktig sand intar en större volym än torr sand presenteras en korrigeringsstabell som visar den naturfuktiga sandens torra volym vid olika fuktkvot. Med densiteten för torr sand kan enligt Bährner (1940) sedan viktandelen bindemedel i bruket beräknas. I de tre utgåvorna av handböckerna *Modern putsteknik* (1945, 1950, 1955) av Nycander och Bährner presenteras olika utformning av korrigeringsstabeller och beräknings exempel för vikt och volymproportionering med hänsyn tagen till sandens fukthalt och fuktswällning. I den av Nycander och Bährner (1955) presenterade tabellen framgår sandens fuktswällning i relation till fukthalt och sandens maximala kornstorlek. I tabellen framgår att fuktswällningen för en sand med maxkornstorlek av 1 mm uppgår till 30 procent vid en fukthalt av 5 procent. Vid maxkornstorlek för 2 mm sand uppgår fuktswällningen till ca 26 procent, för en sand med 3 mm maxkornstorlek ca 22 procent (fig. 14). Paulsson och Granholm (1953) samt Bährner (1956) återger inga av Bährner (1940) eller Nycander och Bährner (1945, 1950, 1955) korrigeringsstabeller för sandens fuktswällning. Inte heller påtalas att hänsyn till sandens fuktswällning skall tas i beaktan vid volymproportionering. Emellertid framgår av Paulsson och Granholm att sandens volym varierar mycket starkt med variationer i sandens fuktighet varför viktproportionering blir betyd-

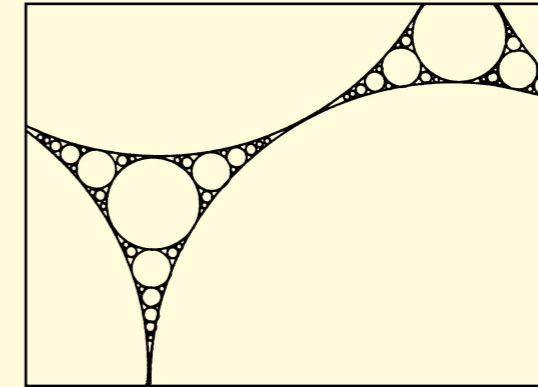
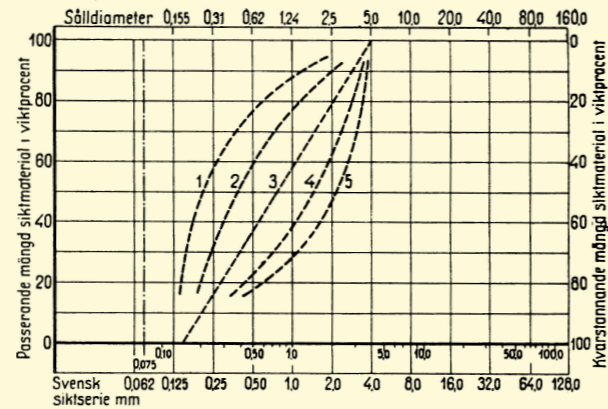
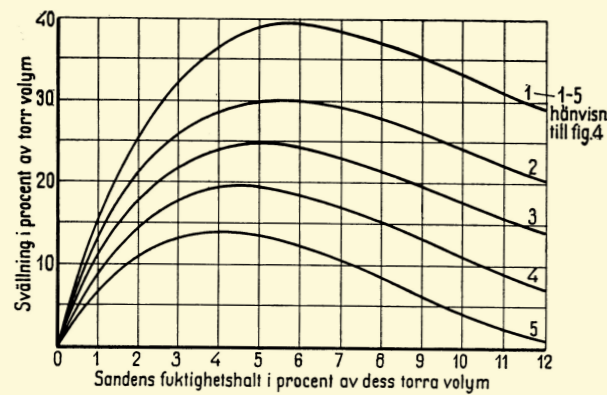


Fig. 14. Av Hellström (1945) framgår hur sandens kornfördelning och fuktighetshalt inverkar på sandens volymförändring. Den sand som är använd i den jämförande studien av puts sprickbenägenhet är likvärdig med kurva 1 i den högra grafen (se fig. 8).

Fig. 15. Idealiserad bild av välgraderad sand. Teorin bygger på att hålrummen mellan de grövre kornen fylls med finare korn och hålrummen mellan dessa fylls med ännu finare korn o.s.v., allt för att bruket i största möjliga mån ska utgöras av sand. Bilden tagen ur *Bruk, Murning, Putsning* (Dührkop et al 1966).

ligt mer exakt än volymproportionering. Vidare att hänsyn bör tas till bindemedlets och sandens volymvikt vid volymproportionering.

I kontrast till osäkerheten och användningen av volymproportionering på arbetsplatsen framgår av Nycander och Bährner (1945), Paulsson och Granholm samt Bährner (1956) att de är starkt kritiska till att använda volymproportionering varför de förordar viktproportionering. Av Nycander och Bährner (1945) samt Bährner (1956) framgår att detta är en anpassning till det sätt som proportioneringen på arbetsplatsen vanligen utförs på:

”Trots att viktproportionering är säkrare arbetar vi i praktiken dock mest med volymproportionering, därför att det är enklare” (Bährner 1956). I relation till volymproportionering uttrycker Nycander och Bährner: ”Denna metod, som är mindre exakt och därför mindre lämplig, torde dock tyvärr förbli den i regel normala blandningsmetoden” (Nycander och Bährner 1945).

Nycander och Bährner (1945), Paulsson och Granholm (1953) samt Bährner (1956) förordar torrläckt kalk (puderkalk) framför våtsläckt kalk. Med motiveringen att volymproportioneringen blir mer exakt. Ett annat argument som framförs är att den våtsläckta kalkens halt av kalkhydrat (kalciumhydroxid) kan variera starkt (e.g. Nycander och Bährner 1945, Paulsson och Granholm 1953, Bährner 1956). Samstämmigt och i kontrast till argumentet om den våtsläckta kalkens innehåll av kalkhydrat skriver de att man kan utgå ifrån att våtsläckt kalk och puderkalk innehåller lika stor volymmängd kalkhydrat.

Nycander och Bährner (1945) samt Paulsson och Granholm är de författare som under perioden anger blandningsförhållanden för utvändigt brädriven kalkputs. Nycander och Bährner (1945) rekommenderar volymförhållandet 1 del kalk (torrläckt kalk) på 5 delar sand för denna puts typ. Paulsson och Granholm skriver att blandningsförhållandet för utvändigt brädriven kalkputs är mellan 1 del kalk till 3-5 delar sand beroende på

hur mycket mjölsand ballasten innehåller. Bährner (1956) uppger inga blandningsförhållanden för utvändigt brädriven kalkputs. Han rekommenderar kalkcement bruk för denna puts typ.

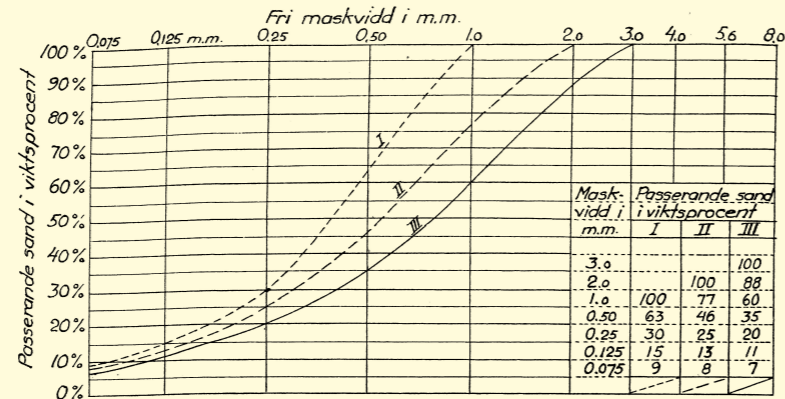
Bährner skriver att det visat sig att det går att få hög hållfasthet med så magra blandningsförhållanden som 1 del kalk på 6 delar sand. Nycander och Bährner (1945) rekommenderar blötläggning av puderkalk särskilt om inte fullgoda blandningsmaskiner finns. Bährner (1956) skriver att puderkalk vanligen används direkt, särskilt när aktivator används, men att blötläggning av puderkalk ökar smidigheten i bruket. Av allt att döma så förefaller det som om direkt användning av puderkalk ger ett mindre smidigt bruk än vad som är fallet med den våtsläckta kalken. Sammantaget ger det ett intryck av att en aktivator såsom en piskmaskin är ett nödvändigt komplement till puderkalken, speciellt om magra blandningsförhållanden ska användas. Någon användning av aktivatorer förekommer inte på arbetsplatserna i dag.

c) Sandens grovlek i förhållande till luft-hårdnande kalk

Författarna Nycander & Bährner (1945), Paulsson och Granholm (1953) och Bährner (1956) poängterar vikten av att sanden i putsbruk ska ha en lämplig kornfördelning. Utgångspunkten för resonemanget om sandens kornfördelning är teorin om idealsandkurvan (fig. 15). Paulsson och Granholm är tveksam till användning av brädriven luft-hårdnande kalkputs på utvändigt fasad. Bährner redovisar inte någon kornfördelningskurva eller maxkornsstorlek för sand till utvändigt kalkputs. I stället rekommenderas kalkcementbruk eller murcementbruk för utvändigt puts.

Nycander, Bährner och Paulsson och Granholm anger att putspåslagets tjocklek (d.v.s. ett skikt i putsens totala tjocklek) kan uppgå till, men inte överstiga, fem gånger sandens maximala kornstorlek, d.v.s. 15 mm för en 3 millimeters sand. Nycander och Bährner och Paulsson och Granholm anger en identisk kornfördelningskurva för

Fig. 16. Kurvan visar Nycander och Bährners (1945) samt Paulsson och Granholms (1953) ideala sandkurvor för olika slags kalkputs med 1, 2 och 3 mm max kornstorlek. Kurvorna gäller för kalkbruk till påslag vars tjocklek uppgår till 5 gånger sandens kornstorlek.



sand med ett korn max på 3 mm (fig. 16, 17). Att ange avgränsningsfält är logiskt med tanke på den variation i sandens kornfördelning, som blir då sandens maximala kornstorlek ska rättas efter putsens tjocklek. Skillnaden i beskrivning av sandens kornfördelning visar på den kunskapsutveckling om sandens egenskaper i förhållande till putsarbetets praktik som utvecklas under tiden. Där de första tankarna representerar en teori om hur sandens korn förhåller sig till varandra och bindemedlet, för att genom praktiska prov utvecklas till närmevärden som resultat av studier i praktiken.

Den kornfördelningskurvan för utvändig brädriven kalkputs som Nycander och Bährner samt Paulsson och Granholm anger innehåller betydligt grövre fraktioner än vad som anges i Kungliga byggnadsstyrelsens bestämmelser från 1937. Nycander och Bährner samt Paulsson och Granholm anger att korn max ska vara 3 mm, samt att ca 55 viktprocent av sanden ska vara grövre än 0.5 mm och 25 viktprocent finare än 0.25. Detta kan jämföras med Kungliga byggnadsstyrelsens bestämmelser fastställda 1937 som skriver att sand till putsbruk ska vara välgraderad med kornstorlekar upp till 2 mm, innehållande ca 20 viktprocent korn grövre än 0.6 mm och högst 35 viktprocent korn finare än 0.3. Dessa

värden faller inom fält II (se fig. 17) och bedöms av Paulsson och Granholm (1953) och Bährner (1956) som dålig sand för puts då den innehåller för mycket sand med fina korn.

d) Skador och arbetsutförande med avseende på brädriven lufthårdnande kalk

Nycander och Bährner (1945) rekommenderar två olika sammansättningar av bindemedel i putsbruket för utvändig brädriven fasadputs. Det är rent lufthårdnande kalkbruk samt kalkcementbruk. De skriver att det vid kall och fuktig väderlek är att föredra hydraulisk kalk framför rent kalkbruk då den på kortare tid blir så hård att den klarar frost. Någon direkt avrådan till att använda luftkalk gör inte författarna vilket också framgår av att brädriven lufthårdnande kalk finns med som en puts typ för utvändig puts i *Modern Putsteknik 1945*.

Paulsson och Granholm (1953) beskriver lämplig sammansättning av bruket för utvändig brädriven kalkputs men avråder från att använda kalkputs till utvändig fasad med motiveringen att denna puts inte är vattenbeständig. Bährner (1956) berör i sina rekommendationer enbart kalkcementbruk som bindemedel i utvändig brädriven fasadputs. Den hydrauliska kalken nämns, men några rekommendationer eller

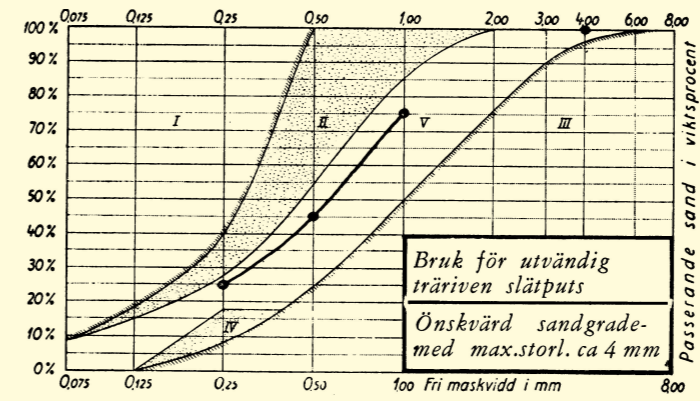


Fig. 17. Önskvärd sandkurva för bruk till utvändig slättriven puts återgiven i *Handbok om Murbruk och Putsbruk* (Bährner 1956). I handboken återges inte längre idealsandkurvor utan närmevärden i form av fält som avgränsar området för sandens kornfördelning. Metoden introduceras av allt att döma första gången av Paulsson och Granholm i *Hantverkets bok Mureri* (1953).

Sand som faller inom fält I är oduglig för puts då den är för finkornig, den inom fält II är en dålig sand då den har en större mängd fina korn än önskvärt, den inom fält III är en oduglig sand då den är för grovkornig, medan den inom fält V är en för puts god sand. Nycander och Bährners (1945) samt Paulsson och Granholms (1953) kornfördelningskurva för kalkputs med 3 mm sand faller inom fält V.

blandningsförhållanden beskrivs inte. Som ett kvalitativt bättre alternativ till den brädriven putsen förordar Nycander och Bährner, Paulsson och Granholm, Bährner och putstyper som har avlägsnats sin täta ythud. Till dessa putstyper hör borstruggad, skrapad och tvättad puts. Dessa putser är av Nycander och Bährner, Paulsson och Granholm samt Bährner sammansatta av kalkcement eller hydraulisk kalk.

Nycander och Bährner (1945), Bährner (1956) samt Paulsson och Granholm (1953) är samstämmiga i att brädrivning av utvändig puts ger upphov till en tät ythud. Nycander och Bährner samt Bährner kommenterar även tidsaspekten och skriver att bearbetningen ej får göras för tidigt då en allt för tät yta lätt bildas. Av författarna framgår att tät ythud bildas oavsett om bindemedlet i putsbruket består av enbart kalk eller en blandning av kalk och cement (kalkcementbruk).

Nycander och Bährner, Bährner samt Paulsson och Granholm menar att kalkens hårdnade (karbonatisering) och uttorkning påverkas negativt av den täta ythuden. Enligt Bährner är slättriven puts den putstyp som uppvisar de flesta skadorna. Enligt Paulsson och Granholm är brädriven puts en av de sämsta behandlingarna och bör därför inte användas.

Särskilt negativ beskrivs arbetsmetoden av Bährner vara vid användningen av fin sand och rent kalkbruk. För att minska risken för bildandet av ythud och underlätta karbonatiseringen föreskrivs av Bährner att sand till utvändig brädriven puts bör innehålla ca 10 procent korn över 2 mm eller att sandens maximala kornstorlek överskrider 3 mm. Av följande citat framgår skadebilden och hur den täta ythuden inverkar på putsens karbonatisering.

”Ju slätare yta som önskas på en puts desto finare material och desto större bearbetning av ytan fodras detta har till följd att en fin puts blir av lägre kvalitet med större risk för sprickbildning och söderfrysning” (Nycander och Bährner 1945).

”En utvändig puts bör icke ha slät över yta. Vid rivningen pumpas till ytan ett fett lager av bindemedel kalk och cement. Detta feta ytlager hindrar luften att intränga i putsen och få kalken att karbonatisera” (Paulsson och Granholm 1953).

e) Hur bruk blandas och kalk släcks

Nycander och Bährner (1945) redogör inte för någon våtsläckningsmetod. Bährner (1956) redogör för våtsläckning i fabrik och på byggarbetsplatsen (fig. 18). Beskrivningen är i stort överensstämmande med Paulsson och Granholm (1953). Emellertid saknas i Paulsson och Granholm beskrivning att omrörning av

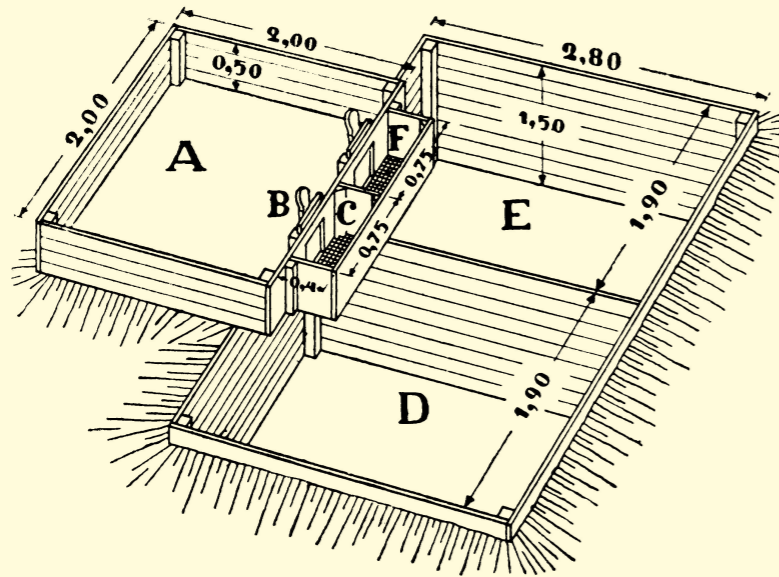


Fig. 18. Av bilden och tillhörande citat av Bährner (1956) framgår släckningsstationens funktion samt metodbeskrivningar och reflektioner över de moment som ingår i metoden: "Släckningsanordning på arbetsplatser för bränd kalk samt lämpligt anordnad kalkgrav. Själva släckningen sker i en trä lave (A). Vid släckningen placeras i ena ändan av laven ca 50 kg osläckt kalk per m² (ca 15-20 cm tjockt lager). Lämplig mängd vatten tillsätts varvid kalken under stark värmeutveckling sönderdelas. Under släckningen omröres kalken med raka eller kratta, tills kokning eller ångbildning upphört, varefter den då grötaktiga massan tillsätts ytterligare vatten, så den blir en homogen, tunnflytande välling. Genom lucka B får kalken nu efter att passerat sikt C rinna ner i jordgrave D eller E som är fordrad med bräder. Vad som kvarstannar på sikten, som har 1 mm maskor, borttages noga även event. rester i laven A, innan nästa sats släckes" (Bährner 1956).

kalken sker under släckningen på byggarbetsplatsen, men vid beskrivningen av släckning i fabrik framgår att så sker. Enligt Paulsson och Granholm utförs släckning i fabrik i princip på samma sätt som på byggarbetsplatsen. Uppgiften talar för att omrörning troligen även så sker på byggarbetsplatsen. Överensstämmande i Bährners metodbeskrivning för släckning av kalk i fabrik och på byggarbetsplatsens är att kalken successivt tillsätts vatten under kontinuerlig omrörning. Omrörningen bidrar till att kalkstycken exponeras för vatten (motverkar att kalken torrkokar). Genom att successivt tillsätta vattnet kontrolleras reaktionen och värmeutvecklingen, syftet är att temperaturen ska hållas strax under kokpunkten. Bährner menar att en för stark hetta är skadlig för kalken, av vilken orsak en allt för hög temperatur

är skadlig beskriver han inte. Bährner skriver att när värmeutvecklingen avtagit i båda de beskrivna exemplen tillsätts vatten tills dess att kalken får en vällingliknande och rinnande konsistens. Därefter silas kalken genom en sikt med masköppning på 1-2 mm. Kalken har nu ett stort vattenöverskott, och när detta vattenöverskott avgått har kalken en smörliknande konsistens.

Bährner (1956) och Paulsson och Granholm (1953) redogör våtsläckningen av kalk samt mängden vatten som åtgår skild från beskrivningen av hur mycket vatten som går åt vid bruksblandningen. Bährner menar att metoden för hur kalken släcks är av väsentlig betydelse för kalkens egenskaper. Enligt Bährner är det viktigt att kalken lagras en tid efter att den är släckt. Bährner skriver att brukets smidighet

ökar samt att osläckta korn i kalken släcks så inga skador uppstår i den färdiga putsen.

f) Hantverkarens roll

Litteraturstudien visar att under 1930 och 1940 talets början står bostadsproduktionen inför stora förändringar i den meningen att nya byggnadsmaterial introduceras för att höja produktionsstakten. Omställningen kantas av materialtekniska problem, med puts-skador som följd, bland annat beroende på att de traditionella kalkbruken inte fungerade tillsammans med de nya materialen och en snabbare byggnad takt. I relation till de materialtekniska problemen initieras forskning i syfte att kvalitetsäkra bruksdelmaterial kvantitativt. Ett resultat av denna forskning är att kalkbindemedlet blir renare.

I relation till sanden utförs ingående studier av sandens gradering. Studierna av sandens gradering resulterar i ett första försök till systematisering av blandningsförhållanden för olika bruk. Dessa undersökningar utförs av Bährner (1940) i samarbete med en erfaren murare på cement och betong laboratoriet i Limhamn och resulterar i *Putsutredningen 2* (1940) (Nycander och Bährner 1945). Det är högst troligt att dessa första studier innehåller en intervju av den icke namngivna muraren. Tillsammans studerades olika sammansättningar av bruk för olika sorters puts. Bährner fortsätter sitt arbete och inleder ett samarbete med Södersjukhusets byggkommitté som hade putsfrågan på sitt program vid uppförandet Södersjukhuset 1940 (Nycander och Bährner 1945). I förordet till *Modern Putsteknik* (1945) uttrycker Bährner i relation till samarbetet att det inte enbart går att arbeta laboriemässigt, i synnerhet inte på detta område.

Genom kontakt med Södersjukhusets byggnadskommitté inleder Bährner ett samarbete med Nycander och Leckström som under uppförandet av Södersjukhuset utför provputsningar på uppdrag av byggnadskommittén. De fortsatta utredningarna för Svenska cementföreningens regi handläggs därefter av Nycander och Leckström. Särskilt undersöks mjölsandens betydelse för ett kvalitativt gott bruk, vidare praktiska arbetsdetaljer vid utförande av putsarbete, studier av nya putsningsmetoder samt upprättande av arbetsbeskrivningar för olika putstyper. Arbetet resulterar i den första utgåvan av Handboken *Modern Putsteknik* (1945). Av förordet framgår att handboken är en direkt uppföljning av de problemställningar som presenteras i utredningen *Putsproblemet i Sverige* (1940). Nycander och Bährner (1945) skriver att under arbetet med handboken har materialtekniska problem framkommit vilket kräver vetenskapliga undersökningar samt noggranna fysikaliska och kemiska utredningar innan de kan anses teoretiskt lösta. De skriver att dessa frågor inte har gått att undersöka på grund av att man inte haft tillgång till utrustning eller utrymme. Nycander och Bährner skriver att målet ändå bedöms vara uppnått:

"att med praktiska synpunkter för ögonen teoretiskt klarlägga riktlinjerna för erhållandet av en kvalitativt god puts" (Bährner 1945).

Modern Putsteknik utkom i fyra upplagor mellan åren 1945 och 1955 med Nycander och Bährner som författare. *Handbok om Mur- och Putsbruk* utkom i fyra upplagor mellan åren 1956 och 1966, författare är Bährner. Handböckerna beskriver relationen mellan hantverkets utförande, brukets delmaterial och framställning. I *Hantverkets bok Mureri* (1953) är Nycander författare till kapitlet

”Puts- och murbruk”. I kapitlet “Arbetets utförande” är Byggmästare Engkvist författare.

I handböckerna *Modern Putsteknik* har murarinstruktör Leckström en framträdande roll då handböckerna är utformad i samråd med honom. Av förordet till *Modern Putsteknik* (1945) framgår att materialet sänts för granskning och kritik till ett 30-tal fackmän uti landet emellertid nämns inte deras profession. I inledningen till kapitel två (brev 2) i *Handbok om Mur och Putsbruk* (1956) ger Bährner uttryck för murens kunskap att framställa bruk. En kunskap han jämför med en bruksteknikers kunskap:

”För den vane bruksteknikern och den erfarne muraren är de uppgifter som vi lämnar säkert ”gamla bekanta” saker som han väl känner till men även för dem kan det var värdefullt att ha allt detta samlat på ett ställe” (Bährner 1956).

I *Handbok om Murbruk och Putsbruk* är Leckström samarbetspart med kursledningen. Av handböckerna att döma så har Nycander, Bährner och Leckströms haft stort inflytande på den kunskap som förmedlas under denna tid. Detta synliggörs i *Hantverkets bok Mureri* (1953) där kapitlet ”Puts och murbruk” omnämns i förordet som en motivering till revideringarna i 1953 års upplaga. Tillsammans har Bährner, Nycander och Leckström ingått i en organisation som arbetat tvärvetenskapligt med syftet att beskriva murhantverket och dess material.

3.3 Period 3: Byggnadsvårdslitteratur under 1900-talets slut och 2000-talets början

a) Definition av lufthårdnande kalk

I Rapporten *Kalkputs 2* av Hidemark och Holmströms (1984) framgår av Hidemark en beskrivning av var kalksten förekommer geografiskt i

Sverige. I rapporten beskrivs kalkförekomster från olika geologiska tidsåldrar samt att kalk förekommer i olika grad av metamorfos (sedimentär och kristallin). I beskrivningarna nämns områden med förekomst av såväl hydraulisk kalk som kalk med rent lufthårdnande egenskaper. Av rapporten framgår ett forskningsbehov om i vilken omfattning kalk från olika områden i Sverige har använts och en ökad kunskap skulle kunna bidra med information om kalkbrukets historiska teknikutveckling och spridning. Hidemark och Holmström pekar även på att en inventering av kända kalkugns lämningar skulle vara en väg att gå. I frågan om vilken kalksten som gav den bästa kalken belyses att det i äldre utländsk litteratur beskrivs hur man valde sten i relation till olika krav, exempelvis kalk för murbruk, putsbruk eller för bruk i sankta fuktiga miljöer.

Hidemark skriver att man överlag föredrog kalk av så stor renhetsgrad som möjligt fram till 1700-talets mitt utan inblandning av lerjord eller missfärgande salter. Holmström skriver att i Västergötland och Närke har hydraulisk kalk länge använts, vidare skriver han att lufthårdnande kalk har varit det dominerande bindemedlet fram till andra världskriget. Enligt Hidemark och Holmström vet vi väldigt lite om vilka spridningsområden Västgöta-, Östgöta och Närkekalkstenen haft. Av författarna förfaller det som om lufthårdnande kalk har varit det helt dominerande bindemedlet fram till andra världskriget. Av Holmströms formel (som förfaller vara en generalisering) framgår att bindemedlet lufthårdnande kalk består av ren kalciumhydroxid, då han inte definierar någon procentuell gräns för halten av lermineraller för lufthårdnande eller hydraulisk kalk. Enligt

Holmström är hydraulisk kalk ett slags melanting mellan kalk och cement och innehåller samma sorts klinkermineraller som cement och kan jämföras med kalkcement.

Balksten (2007) redogör i *Traditional lime mortar and plaster - Reconstruction with emphasis on durability* för olika bindemedels sammansättning och egenskaper. Där beskrivs med hänvisning till Kreüger (1920) att lufthårdnande kalk innehåller mer än 90 procent kalciumkarbonat, Hydraulisk kalk 70-90 procent kalciumkarbonat, 10-30 procent lera och cement 60-70 procent kalciumkarbonat, 30-40 procent lera. Subhydraulisk kalk med hänvisning till Lindqvist (2005) 90-95 procent kalciumkarbonat. Subhydraulisk kalk beskrivs vara kalk med något hydrauliska tendenser.

I *Restaurering och reparation med puts- och murbruk* av Konow (1997) skriver Konow med hänvisning till Strübel *et al* (1992) att rena kalkhydrat (kalciumhydroxid) har en mycket låg halt SiO₂ mellan 0 och 1,3 procent samt att portlandcementens SiO₂-halt är kring 18-20 procent. I hydrauliska kalker är halten SiO₂ mellan 6 och 12 procent. Enligt Konow är det känt att många kalkprov från historiska byggnader förutom luftkalk även har någon andel hydrauliskt bindemedel.

b) Blandningsförhållanden

I rapporten *Kalkputs 2* framgår av Hidemark och Holmström (1984) att de utgår från volymproportionering när de beskriver de moderna och historiska kalkbruken. Enligt Holmström är volymproportionering det vanligen använda på arbetsplatserna men att det borde göras efter vikt. Under rubriken sammanfattande karaktärisering av forskningsbehovet skriver Hidemark

(1984) att så magra blandningsförhållanden som i dag rekommenderas har aldrig tidigare förekommit. Om detta faktum vittnar nästan all äldre litteratur och gjorda putsanalyser. Vidare i rapporten ger Hidemark exempel på historiska och moderna blandningsförhållanden där moderna blandningar är magra och kan bestå av 1 del bindemedel på 4-5 delar sand. Medan de historiska är feta och vanligen i förhållandet 1 del kalk på 2-3 delar sand. Enligt Hidemark finns ett otal exempel på extremt bindemedelsrika kalkputser, 5-10 andelar kalk på 1 andel sand förkom från medeltiden fram till 1700-talet.

Enligt Holmström (1984) blandades sanden under 1800- och 1900-talet med utspädd kalkdeg dessa bruk var blöta, magra och lämpade sig att slå på. Holmström skriver att bruk av utspädd kalkdeg kan göras betydligt fetare, blandningar 1 kalk 2,5 sand har använts på vissa Gotlandkyrkor. Vidare skriver han; med gravsläkt eller stukasläkt kalk har man kunnat göra ännu fetare bruk, 1 del kalk på 1 del sand och 10 m 2 delar kalk på 1 del sand utan att bruket krymper för mycket. Som princip skriver Holmström att brukssammansättningen vid reparationer och omputsning ska vara överensstämmande med det befintliga bruket vid reparation. Vidare skriver Holmström att vid omputsning gäller i princip det samma men valfriheten är något större. Särskilt viktig är förhållningssättet, enligt Holmström, vid reparation och omputsning av kulturhistoriskt värdefulla byggnader. För att få rätt sammansättning skriver han att man genom analys kan bestämma sandsort, sandkurva samt bindemedelstyp och bindemedelshalt. Holmström skriver att identifieringen av sammansättningen inte ger någon garanti för att det nya bruket får samma tekniska egenskaper.

I denna fråga utvecklar han sitt resonemang under rubriken "Forskning och utveckling". Där påtalar Holmström att det är genant att vi inte kan beskriva vare sig den gamla eller den färdiga putsens egenskaper i tekniska termer och av den anledningen är det nödvändigt att utveckla provningsmetoder för detta.

Enligt Balksten (2007) är blandningsförhållandet mellan bindemedel och sand av stor betydelse både som färskt och hårdnat bruk. Mängden bindemedel ska vara stor nog att sammanbinda sandpartiklarna med varandra. Med hänvisning till Ekblad (1949) beskrivs att mängden bindemedel ska vara något större än sandens hålrumspocent för att bruket ska uppnå en tillräcklig smidighet. Med stöd av Sjöbladh och Engström (1750) skriver Balksten att det under lång tid varit känt att olika kalker fyller ut sanden olika mycket beroende på hur fet kalken är. Orsaken är emellertid inte beskriven. Balksten anser att detta innebär att någon bestämd blandningsförhållande inte är möjligt att ange utan att varje ny blandning av kalk och sand måste provas ut för att uppnå optimalt blandningsförhållande. Av Balkstens resultat av tunnslipsundersökningar framgår att olika sorters sand kan hålla olika mycket kalk beroende på sandens kornstorleksfördelning och hålrumsvolym samt att blandningsförhållandet måste justeras mot både den sand och kalk som är använd. Vidare framgår att bruket blir mer kompakt vid ett blandningsförhållande 1 del kalk på 1 en del sand än vid 1 del kalk på 3 delar sand.

Konows forskning syftar till att utveckla bruk för byggnadsvårdens behov. Bruken som ingår i undersökningen beskrivs vara finkorniga då de innehåller mycket fin ballast av kalk eller kvartsfyller (mindre än 0.074 mm). I huvudsak

är forskningen inriktat på sandens kornfördelning med fokus på den fina sandens betydelse. De flesta av bruken som ingår i studien har en maxkornstorlek av 3 mm men 2 mm förekommer i några bruk. Av de 21 kalk bruk som ingick i studien hade 19 av dessa blandningsförhållande 100 viktandelar bindemedel på 850 viktandelar torr sand. De två övriga innehöll 100 viktandelar kalk på 450 viktandelar torrsand. Tre bruk med blandningsförhållande 100 viktandelar på 850 viktandelar sand uppvisade en frostbeständighet som bedömdes god i en fyragradig skala (dålig, medelgod, god och mycket god). Åtta bruk bedömdes medelgod. De övriga var dåliga.

Två av de bruk som ingår i undersökningen användes sedan i fallstudier. Resultatet av dessa fallstudier visade att ett av bruken innehållande kalkstensfyller hade god arbetbarhet och vidhäftning, maxkornstorleken var 3 mm. Bruket uppnådde medelgod frostbeständighet. Bruket visade sig vara lämpligt att använda under milda klimatförhållanden och inomhus. Under extremt hårda klimatförhållanden i kombination med naturstensmurar visade sig bruket inte hålla. Det andra bruket som användes hade god frostbeständighet och en mycket bra arbetbarhet. Bruket innehöll fin ballast och mycket fyller, max kornstorleken var 2 mm. Konow skriver att varje gammal byggnad har olika förutsättningar varför speciella bruk behöver utvecklas för varje projekt. Konow ger generella rekommendationer som restaureringsbruk skall uppfylla, de berör estetiskt uttryck (färg och textur), tekniska egenskaper (frostbeständighet, skadliga ämnen samt vara reversibelt) och praktisk funktioner (arbetbarhet, konsistens).

c) Sandens grovlek i förhållande till luft-hårdnande kalk

I *Kalleputs 2* av Hidemark och Holmström (1984) framgår av Holmström att sandens maximala kornstorlek skall rättas efter putspåslaget tjocklek samt att sanden kornmax inte bör vara grövre än 3 mm för grovputs samt att det är fördelaktigt om en del av ballasten innehåller krossad dolomit. Putspåslagets tjocklek (dvs. 1 lager av flera i putsens totala tjocklek) rekommenderas uppgå till max 10 mm för att undvika krympsprickor. I relation till slätputs (ytputs) skriver Holmström (1984) att sandgraderingen i huvudsak står i relation till putstjocklek och önskat utseende. Av Holmström framgår att sanden till ytputs är finkorning och ibland mycket finkorning liksom badstrands sand.

Holmström skriver att analyser av äldre bruk visar att man oftast strävat efter att ha grövre skarpkantad sand i tjockare skikt, finkornigare i tunnare. Av Holmström framgår att sandkurvan numera anses vara mycket viktig. Han menar att bakgrunden är teorin om att sanden ska bilda ett kompakt skelett som binds samman av bindemedlet. Avsikten är att kornfördelningen skall vara så jämn att hålrummen i sanden skall vara så litet som möjligt. I motsats till denna teori beskrivs av Holmström att den medeltida muraren hade helt andra idéer om kalkbrukets proportionering och det välgarderade sandskelettet. Muraren gjorde en smet av kalk utdrygad med sand. Det var ofta mer kalk än sand. Holmström frågar sig hur medeltidsmuraren gick till väga och med vilka kriterier. Under kapitlet "Renoveringsmetoder" förs ett resonemang om gamla och modernare tiders sammansättning av bruk och putsutförande. Resonemanget blandas med rekommendationer om t.ex. sandens grov-

lek i förhållande till dess tjocklek. För utlagning och ilagning av underlaget beskrivs att den kan vara ganska grov; grovlek upp till 5 mm förekom förr- men påslagen bör inte vara tjockare än 3 gånger maximal kornstorlek, dock högst ca 10 mm, för att undvika krympsprickor. Enligt Holmström har putsens tjocklek betydelse för sluthårdnandet, flera tunna skikt som tillåts slut hårdna skulle ge ett säkrare resultat men tar lång tid att genomföra.

I förhållande till grovputs (utstockning) skriver Holmström att sanden kan vara grövre än 3 mm samt att det är fördelaktigt om en del av ballasten består av krossad dolomit, varför nämns inte. Enligt Holmström väljs ytputsens sandgradering i huvudsak efter ytputsens tjocklek och önskade utseende. Han skriver att sanden i slätputs (ytputs) ofta är ganska finkornig, ibland mycket finkornig som ren badstrandssand. Ska ytan kunna bearbetas med rivbräda får största kornstorleken vara högst en tredjedel av påslagets tjocklek. Utpräglat skarpkantad sand som krossad dolomit försvårar bearbetningen. Tillsats av dolomit för att höja karbonathalten i putsen och underlätta dess hårdnande bör därför göras med något mindre kornstorlek än natursanden. För att säkra ytputsens höga porositet rekommenderas tillsats av luftporbildare. Sammanfattningsvis ger Holmström råd och rekommendationer som utgår dels från nutida uppfattningar om hur bruk är sammansatta men också från material och tillsatser som normalt bara återfinns i fabriksframställda torrbruk. I en kontext av respekt för originalet verkar dessa råd främmande men förklaras av att Hidemark och Holmström som skriver att vi inte behärskar användningen av kalkbruk. I den situationen förefaller det som om Holmström i första hand väljer att sätta sin

tilltro till att använda de material som det finns kunskap om även om det ur ett historiskt perspektiv är främmande.

Balksten (2007) rekommenderar ingen grovlek på sanden i relation till kalk eller grovlek på sanden i relation till någon arbetsuppgift, arbetbarhet eller påslagets tjocklek. Inte heller Konow (1997) rekommenderar någon grovlek på sandens i relation till någon arbetsuppgift eller påslagets tjocklek. Konow utför sina undersökningar av ballastens inverkan på bruk genom att utgå från en standard ballastkurva som används i flera länder vid tillverkning av bruk. Ballasten som används har en kornfördelning mellan 0.074-3 mm i några fall 2 mm. Syftet att använda en standardkurva beskrivs av Konow vara att utveckla bruk som är användbara i verkligheten som förutom att ha en bra hållfasthet även ska vara lätta att arbeta med.

Av Konows undersökning framgår att grov sand ger lägre frostbeständighet. Konow använder en sand med korn max på 2- 3 mm d.v.s. samma grovlek som förekommer i hanböckerna under 1900-talets mitt. Skillnaden ligger i att Konow använder ballast fraktioner i sina försöksbruk som är mindre än 0.074 mm. Dessa fraktioner redovisas normalt inte i kornfördelningskurvor för putsbruk. De bruksblandningar som gav bäst frostbeständighet hade tillsatser av kvarts och kalkstens filler samt sand av kalksten. D.v.s. skillnaden ligger i sandens kornfördelning och material där Konow undersöker betydelsen av de allra finaste fraktionerna i ballasten. Enligt Konow beror den sämre frostbeständigheten i grova bruk på att det vid användning av normal eller grov sand lätt uppstår håligheter mellan kornen med ökad vatten sugning som följd. Konows forskning syftar till att finna fraktioner

som skall fylla dessa håligheter med fin ballast. Av försöken framgår att merparten av kalkputsproverna fick svag till medelgod frostbeständighet, endast bruken med filler visade god frostbeständighet.

d) Skador och arbetsutförande med avseende på brädriven lufthårdnande kalk.

Övergripande menar Holmström (1984) att den avgörande faktorn för kalkputsens beständighet är att putsen har rätt porstruktur men hur den ideala porstrukturen ser ut menar han att man inte vet. Av Holmström beskrivs att en hög halt av grova porer i allmänhet ger goda förutsättningar för en lämplig porstruktur samt att det underlättar kalkputsens karbonatisering. Vidare framgår av Holmström att det mesta tyder på att flertalet av de skadade putserna inte karbonatiserat ordentligt, och därmed fått onödigt låg hållfasthet. Bidragande orsak till skadorna är att dagens hantverkare och tekniker har en kunskapsbrist som innebär att kalkputsen kan bli felaktigt behandlad. Enligt Holmström är olämpligt härdningsklimat en vanlig orsak i Skåne på grund av att arbetet utförts för sent på året. På Gotland beskrivs att dålig sugning i underlaget varit en bidragande orsak.

I förhållande till ytputsens bearbetning skriver Holmström att då ytputsen blir mer intensivt bearbetad än vid stockning så innebär det att det blir en anrikning av bindemedel i putsytan. I cementhaltiga bruk är det en nackdel då man riskerar en hårdare och tätare skorpa på putsen. Holmström skriver att vid användning av luftkalk så är risken liten eftersom kalken själv svarar för stor del av porositeten. I detta avseende står Holmströms beskrivning i motsats till Nycander (1953) och Bährner (1956) som anser att den täta ythuden som bildas vid brädrivning

av kalkputs motverkar putsens karbonatisering, speciellt då finsand använd. (Ovan beskrivs av Holmström att sanden i ytputsen kan vara väldigt finkorning, inte heller i relation till finkornig sand beskrivs någon negativ inverkan av Holmström).

Skador på kalkputs som ett resultat av hantverkets metoder beskrivs av Balksten (2005, 2007). Av Balkstens undersökningar framgår att bearbetning av kalputsens yta inte får utföras för tidigt efter att den är applicerad på underlaget. Enligt Balksten medför för tidig bearbetning av putsen att det bildas en tät anrikning av kalk och fina ballastpartiklar på ytan likt ett skal. Tätt bakom detta skal bildas ett tomrum eller ett sammanhängande grovporöst skikt, bestående av lite eller inget bindemedel alls och sand. Balksten skriver att den porstruktur som bildas bakom det yttre skalet resulterar i att det yttre skalet på putsen fryser av. Av hennes beskrivning uppfattas att rätt tid för bearbetningen är när putsen har styvnat till och eventuella torksprickor blivit synliga. Fel tid för bearbetning är när putsen fortfarande är färsk, mjuk och sprickorna uppkommer efter att putsen är bearbetad. Genom att vänta tills putsen har satt sig och torksprickorna har uppkommit är det möjligt att tillföra högre kraft till bearbetningsverktyget och därigenom bearbeta ihop sprickorna och skapa en mer homogen puts.

Thorborg von Konow (1997) beskriver ingen koppling mellan skador och bearbetningen av kalkbruk. Med avseende på skador kopplade till frostbeständighet menar Konow att beständigheten är mycket svår att bestämma i laboratorium utan sitt underlag. Konow skriver att den metod som är använd i hennes undersökningar syftar till att ge ett relativt mått på brukets frost-

beständighet. Konow utarbetar en metod för bedömning av bruksprovernas frostbeständighet som är en kombination av tunnslipsanalys och hur stor vikt av provmaterialet som vittrar sönder vid nedfrysning. Den förlorade vikten representerar ett tal som anger frostindex. Frostindex jämförs sedan med tunnslipsanalysens bild av provets porstruktur. Den samlade informationen utgör grund för en helhetsbedömning i en femgradig skala där 1 är dåligt och 5 är bra. Med utgångspunkt i frostbeständighetsresultaten och frostindex formulerar Konow en skala för praktisk betydelse: dålig, medelgod, god och mycket god.

e) Hur bruk blandas och kalk släcks

Enligt Holmström (1984) utgick metoden att blanda kalkbruk före andra världskriget från en kalkvälling av viss konsistens. Till kalkvällingen tillsattes sand tills man fick en lämplig arbetbarhet. Holmström skriver att i gamla tider tillreds bruket genom piskning då kalken var i form av en deg. Brukspiskan såg ut ungefär som en smal ishockeyklubba där den nedre delen bestod av järn med ett rektangulärt tvärsnitt. Skaftet bestod av trä.

Verktyget är enligt Holmström perfekt att arbeta in sand i kalkdeg med utan att tillsätta extra vatten. Holmström skriver att det medeltida styva klistriga bruket skulle kunna ha blandats med bruksslagor, men samtida bilder visar dock att man haft bruksrakor, ett verktyg som ser ut ungefär som en bethacka. Enligt Holmström har bruksrakor åtminstone under 1800- och 1900-talet använts för blandning av kalkbruk gjord på kalkvälling, d.v.s. kalkbruk gjord på utspäd kalkdeg. Kalkbruk gjord på kalkvällning tillverkades genom att från en högre liggande släckningslave sila ner kalkvälling i en lägre lig-

gande lave där sand tillsätts. Denna metod att blanda bruk har enligt Holmström använts under 1800- och 1900-talet och ger relativt magra och lättflytande bruk som lämpar sig att slå på. Enligt Holmström kan bruk på outspädd kalkdeg göras betydligt fetare. Blandningsförhållandet 1 del kalk på 2,5 delar sand för våtsläckt kalkdeg har använts på vissa Gotlandkyrkor. Med gravsläckt eller stukasläckt kalkdeg har man kunnat göra ännu fetare bruk; 1 del kalk på 1 del sand och t.o.m. 2 delar kalk på 1 del sand utan att bruket krymper för mycket. Holmström skriver att kalk släcks som standard på Gotland med överskott på vatten i stora plåtkar. Vid släckningen tippas den brända kalkstenen i vattnet, faller sönder under värmeutveckling, rörs ut till en välling och silas ner i markgravar ca 2x2 m och 1,5 m djup. Marken består av sand och sidorna är brädklädda. I gravarna avgår ett överskott av vatten och kalkdegen får djupare torksprickor. Vattenhalten påverkas sedan inte nämnvärt av lagringstiden på 0,5-10 år. Enligt Holmström våtsläcktes hydraulisk kalk på samma sätt som luftkalk.

Enligt Balksten (2007) är i Skandinavien fyra släckningsmetoder traditionellt använda. Dessa är torrsläckning, stukasläckning, våtsläckning och jordsläckning. Enligt Balksten påverkas kalkpartiklarnas form och storlek av vilken släckningsmetod som används. I relation till våtsläckning med hänvisning till Elert *et al* (2002) framgår av Balksten (2005) att snabb släckning med hög initial temperatur ger små partiklar hos kalkpastan samt att snabb omrörning vid släckningen ger bättre pasta. Hög släckningstemperatur kan uppnås med att använda varmt vatten eller minska vattenmängden. I relation till vattenmängden är det viktigt att inte tillsätta för

mycket vatten från början vid våtsläckning då det kan resultera i att kalken dränks med ofullständig släckning och minskad plastisitet som följd.

Vidare skriver Balksten vid torrsläckning tillsätts exakt den mängd vatten som går åt för att erhålla kalken i pulverform. Stukasläckt kalk framställs genom att släcka den brända kalken inbäddad i sand. Balksten skriver att våtsläckning av kalk innebär att kalken släcks med ett överskott på vatten för att erhålla kalkdeg. Vidare vid jordsläckning placeras den brända kalken i en kalkgrav i marken. Kalken övertäcks sedan med jord. Kalkgraven är brädklädd eller skodd med sten på ett sätt som möjliggör att kalken släcks genom jordens fuktighet.

I relation till blandningsvattnets mängd skriver Balksten (2005, 2007) att vatten tillsätts bruket för att uppnå en bestämd konsistens och arbetbarhet. Att tillsätta för mycket vatten vid blandningen av bruket kan leda till kollapsade porsystem med låg frostbeständighet som följd. Balksten skriver att det vatten som tillsätts vid bruksblandningen inverkar på brukets torkhastighet, porstruktur och krympning. Enligt Balksten är den optimala mängden blandningsvatten inte beskriven i vetenskapliga termer men den beror på blandningsförhållandet mellan kalk och sand. Enligt Balksten är torrsläckning den vanligaste metoden att släcka hydraulisk kalk.

Konow redogör inte för någon släckningsmetod. Enligt Konow med hänvisning till Boyton (1980) beskrivs att både mängden och temperaturen på släckningsvattnet påverkar storleken på kalkens hydratpartiklar. Vidare att det inte finns någon klart definierad släckningsmetod tillgänglig. Av Konow med hänvisning till Boyton

(1980) framgår att ett flertal undersökningar har gjorts på detta område, men inte i samband med kalk som bindemedel för bruk. Enligt Konow påverkar det vatten som tillsätts vid bruksblandningen brukets uttorkning, porstruktur och sprickbildning. Vatten tillsätts i bruksblandningen för att göra bruket bearbetningsbart och för att aktivera bindemedlets härdning. Arbetar man med en våtsläckt kalk eller gravsläckt kalk, vilket legat en längre tid i en kalkgrav, ingår det behövliga vattnet redan i kalken. Ett putsbruk behöver mer vatten, det bör vara lösare i konsistensen än ett fogbruk.

f) Hantverkarens roll

Hidemark (1984) redogör för den aktuella forskningssituationen i rapporten *Kalkputs 2*. Enligt Hidemark är kalkbruk och hantverk ett eftersatt forskningsområde. Under rubriken "Hantverk" framgår att bristen på kunskap i äldre hantverks traditioner utgör en allvarlig brist i relation till underhåll av våra kulturhistoriska byggnader:

"kan vi inte återupprätta och förstå det hantverk som utgör grunden för den äldre bebyggelsens utformning kan vi inte heller klara det underhåll som byggnaderna framledes kräver" (1984).

Enligt Hidemark är den rådande kunskapsbristen resultatet av ett kunskapsbrott som uppstod strax efter andra världskriget. På frågan om hur vi ska återta den kunskap som gått förlorad skriver Hidemark att ämnet har en stor bredd men att initialt kan man försöka ringa in den kunskap som är bevarad och därigenom skapa en överblick inom ämnesfältet, parallellt kan forskningsuppgifter definieras. Enligt Hidemark sönderfaller ämnet i två delar. Den ena delen är knuten till materialfrågor, den andra är knuten till hantverket. Hidemark skriver att i relation

till den sammanlagda kunskapen i respektive del faller jämförelsen mycket ojämnt ut, snarare till materialsidans fördel genom sin nära anknytning till exakta vetenskaper. Av nedanstående citat framgår att Hidemark inte ser material och hantverk som två ämnesområden som är skilda från varandra utan intimt sammankopplade.

"Hur skulle då ett försök att komma åt kalkbrukets historiska utveckling, dess materialberoende och dess hantverkliga varianter kunna läggas upp? Målsättningen är i första hand att förstå hantverkstraditionens regionala och tidsmässiga förändringar och samtidigt se detta i relation till en skissartad materialgeografi" (Hidemark 1984).

Hidemark poängterar återkommande behovet av litteraturstudier i ämnesområdet. I relation till kunskapsbristen i det historiska hantverket återvänder Hidemark till behovet av kunskap om normativa riktlinjer eller som han uttrycker det de äldre anvisningarna:

"Äldre byggnadsteknisk litteratur som berör hantverk är sparsam, men samtidigt i många stycken outnyttjad för studier av rent teknisk karaktär. Även om byggnadshantverk ofta omger sig med solid tystnad då det gäller anvisningar till utomstående om tillvägagångssätt mm., finns tursamt nog, från och med renässansen en hel del rekommendationer om putsning och kalkbruk nedtecknade. Vidare Utöver ren material analys är detta kanske den enda tillgängliga källan för att nå kontakt med hantverksteknik i äldre tid" (1984).

Enligt Hidemark förmedlar den historiska litteraturen olika förhållningsätt. Den äldsta är vanligen normativ och återger ämnet så som författarna själv vill att läsaren skall göra. Hidemark skriver att denna information är tillrättalagd men återger rimligen samtida praxis. Att återge hur man vanligen brukar göra i rent deskriptiv

mening återges i litteraturen först under 1700- och 1800-talets början.

Under rubriken ”Sammanfattande karaktärisering av forskningsbehovet” framhåller Hidemark studier av äldre litteratur i ämnet. Detta för att få svar på frågor om tidigare generationers teknik att framställa och använda kalkbruk. Enligt Hidemark är dessa studier betydelsefulla och kan vara en källa till nya ledtrådar i tekniska analyser. På samma sätt kan tekniska analyser vara en hjälp att förklara en rad historiska tolkningsproblem. Enligt Hidemark handlar det i första hand om en kunskapsmässig växelverkan. Enligt Hidemark skulle studie av detta slag kunna utgöra ett första steg till en översikt inom ämnesområdet. I första hand skriver Hidemark att en sammanställning av tillgängliga litteraturkommentarer bör komma till stånd. Parallellt borde en geografisk analys av det forna materiallandskapet inklusive en översiktlig inventering av kända kalkugnar skisseras. Studien kan enligt Hidemark utföras som lagarbete där arkitekter, naturvetare, kulturhistoriker och arkeologer samarbetar för att tyda och tolka uppgifter från olika tider. Hidemark menar att utan en sammanställning av den historiska kunskapen i ämnesområdet är det mycket svårt att genom tekniska undersökningar förstå det historiska materialet och metoderna.

Under rubriken ”Forsknings- och utvecklingsbehov” redogör Holmström (1984) i rapporten *Kalkputs 2* för de viktigaste forskningsfrågorna i relation till kalkbruk. Holmström skriver att grundproblemet är att vi behöver kalkbruk för murning och putsning men att vi inte behärskar tekniken. Vidare skriver Holmström att resultatet varierar oacceptabelt och mycket blir ibland rent dåligt, även om flertalet arbeten fungerar

tillfredställande tillägger han att vi kan inte styra resultaten som vi skulle behöva. Ett annat problem förklaras, av Holmström, bestå i att vi inte kan beskriva den gamla och den nya putsens egenskaper i tekniska termer, klä dem i siffror. Holmström skriver att grunden för att komma vidare i ämnets forskningsfrågor är att nya provningsmetoder behöver utvecklas för att kunna beskriva såväl mekaniska samt de fukttekniska egenskaperna

Holmström formulerar sju angelägna forsknings- och utvecklingsuppgifter. Fem av dessa uppgifter formuleras utifrån en ingenjörsperspektiv då ansatsen i det fortsatta forskningsarbetet tar utgångspunkt i mekaniska, kemiska och fysikaliska undersökningar. Den sjätte avser utveckling av nya puts och murbruk för kulturminnesvården i det fall det behövs. Den sjunde avser utvecklingen av nya provningsmetoder för puts och fogbruk. I relation till tre av de formulerade forskningsfrågorna av mekanisk, kemisk och fysikalisk karaktär skriver Holmström att dessa givetvis behöver kopplas till hur praktiken på byggarbetsplatsen inverkar på materialet. Vidare skriver han att forsknings- och utvecklingsarbetet kommer att kräva att sakkunniga inom olika områden i Norden samarbetar. Holmström nämner i detta avseende tekniska forskare med ett komplement av teknikhistoriker och praktiskt verksamma.

Enligt Balksten (2007) har putshantverkarna i sitt dagliga arbete att ta hänsyn till förutsättningar som tillsammans bygger upp en komplexitet som det i dag är svårt att hitta vetenskapliga metoder för att undersöka. Balksten skriver att hantverkets inverkan på traditionella kalkbruk är bristfälligt beskrivet och är att ses som ett oexploaterat undersökningsområde. I relation

till praktisk kunskap och vetenskap skriver Balksten (2005) att varje problem kan studeras genom perception, observation och mätningar. Enligt Balksten är observationer mer styrda perceptioner som fokuserar på något specifikt när något studeras. Vidare mätningar är i sin tur även de observationer men mer hårt styrda efter särskilda regler. Balksten skriver att när vetenskap är grundad i mätningar så råder mindre tvivel om dess riktighet än vetenskap som är grundad på observationer. I relation till observationer och praktisk kunskap kontra teoretisk kunskap skriver Balksten att det är viktigt att tänka över vilken betydelse observationen har och hur det kan räknas likvärdigt med mätningar. Framförallt skriver Balksten att observationer fyller en värdefull roll som komplettering till mätningar. Av Balksten (2005) och studien *The influence of craftsmanship on the inner structures of lime plaster* Balksten och Klasén (2005) framgår hur hantverkliga observationer och ingenjörsvetenskapens analysmetoder kan samverka. Balksten skriver att erfarna hantverkare har kunskap om att olika arbetsmetoder vid bearbetning av kalkputsens yta påverkar kalkputsens beständighet. Av Balksten framgår att genom hantverkliga observationer och ingenjörsvetenskaplig analys kan en ökad förståelse nås om hantverkets bearbetningsmetoder, bedömningar och dess inverkan på kalkputsens beständighet.

Konow (1997) utvecklar inte hantverkets roll i sin avhandling. Konow framför kritik både till aktörer som utfört undersökningar i laboratorier och aktörerna på byggarbetsplatser. Någon specifik yrkesprofession pekas inte ut. I relation till laboratorieförsöken framgår kritik som berör bristande vetenskaplighet:

”Variablerna i försöksbetingelserna är för många och svåra att kontrollera. Råmaterialet till bruken är ofta bristfälligt beskrivna eller inte alls analyserade. Detta gör det mycket svårt att analysera eller kontrollera andras undersökningar” (Konow 1997).

I relation till kunskapen på byggarbetsplatsen skriver Konow:

”Diskussionen på byggsplatsen kring restaureringsbruk verkar än så länge stöda sig mera på myter och trosuppfattning, än på kunskap om brukets egenskaper av betydelse vid restaurering. Då kunskap saknas, är fältet fritt för nya idéer, nya försök och misstag” (Konow 1997).

3.4 Slutsats av den övergripande litteraturanalysen

Definitionen av lufthårdnande kalk

Av den valda litteraturen under 1800-talet framgår två kvalitativa huvuddefinitioner för kalk. Det är luftkalk efter sin lämpliga användning och egenskap att hårdna i luften (kalken kunde vara mager eller fet) och vattenkalk (hydraulisk kalk) efter sin lämpliga användning och sin förmåga att hårdna under vatten (e.g. Henström 1869 och Rothstein 1890). Parallellt med den kvalitativa definitionen introduceras kvantitativ definition som anger kalkens procentuella innehåll av kalciumkarbonat, kalciumhydroxid och lermineraler (Stål 1854). Stål använder i huvudsak den kvalitativa definitionen ren och ören kalk (mager och fet kalk) i sin löpande text. Henström och Rothstein använder både den kvalitativa och kvantitativa definitionen av kalk i sin löpande text. Av Henström och Rothstein framgår att lufthårdnande mager kalk är något hydrauliskt bindande men fortfarande benämns som lufthårdnande kalk. Emellertid finns en skillnad mellan författarna. När Rothstein an-

vänder den kvantitativa definitionen framgår att luft hårdnande kalk är fet med max 10 procent lermineraller och inte längre mager med något hydrauliska egenskaper. Medan Henström anger 15 procent med tillägget att kalken då är föga hydraulisk. I den kvalitativa definitionen återfinns ingen skillnad mellan författarna den vanliga luftkalken är fortfarande fet eller mager. För vatten kalk (hydraulisk kalk) anger Rothstein och Henström att kalken innehåller minst 20 procent lermineraller. Perioden markerar övergången från kvalitativ till kvantitativ definition av bindemedel. Av författarna Stål, Henström och Rothstein fås uppfattningen att omställningen till kvantitativ definition inte är helt bekväm för ingenjörerna. Detta framgår bl.a. av att empiriska provningars metoder och erfarenhet värderas högt (e.g. Rothstein 1890, Henström 1869):

”Alla föreslagna murbrukssatser kunna endast gälla för de kalksorter, med vilka man genom försök och erfarenhet blivit noga bekant” (Rothstein 1890).

Det framgår också av att de använder båda definitionerna samtidigt samt att definitionerna inte alltid är kompatibla med varandra. Att kvantitativ definition av kalkens halt av lermineraller inte alltid är ett mått på kalkens duglighet som vattenmurbruk framgår av Pasch (1824) och förfaller påverka Ståls osäkerhet i vilken definition som ska användas i hans ännu inte utgivna byggnadslära. Att det är fråga om en tvekan framgår dels av att Stål endast använder kvalitativ definition av kalk i sin löpande text samt att han uttrycker en tvekan om den kvantitativa metodens användbarhet när det gäller att bestämma kalkens egenskaper. Av författarna förefaller Stål i sin tid befinna sig vid övergången

till införandet av kvantitativ definition av kalk i byggnadsläroarna.

Omställningen under perioden från kvalitativ till kvantitativ definition av kalk kan ses som en ämnesterminologisk brytpunkt som i språk och kunskap om kalk kom att skilja hantverkare och ingenjörer åt. Tydligast framträder detta i metoderna för att definiera bruks egenskaper. Stål, Henströms och Rothstein redovisar kvalitativa metoder som syftar till att verifiera egenskaperna hos kalken eller det bruk som skall provas i det kommande användningsområdet. Provningmetoden avser att simulera verkligheten så som den är definitionen blir härigenom också rekommenderande. Stål och Rothsteins redovisar också metoder för att kvantitativt definiera kalken genom kemiska analyser. Metoden avser att bestämma kalkens mineral innehåll. Skillnaden mellan vad som uppnås med metoderna visar samtidigt hur brist på kunskap om kalkputs kan komma att uppstå eller utvecklas genom den avgränsning till sammanhanget som rena kemiska analyser kan bidra till.

Av Konow (1997) framgår distansen och de frågor det formulerar. Enligt Konow vet vi ännu för lite om korrelationen mellan brukets sammansättning och de egenskaper det får efter att det härdat och karboniserat i den gamla fogen eller som puts. Vilka egenskaper hos bruk som borde undersökas är man heller inte överens om. Vidare skriver hon, tyvärr ligger problemet och kunskapsbristen inte enbart här, utan man saknar dessutom metoder för att mäta relevanta egenskaper hos både original och restaureringsbruk.

Under 1900-talet mitt upphör den kvalitativa definitionen av luftkalk som fet och mager att användas i litteraturen. I dess ställe används

kvantitativ definition som beskriver kalkens procentuella halt av lermineraller. Enligt Paulsson och Granholm (1953) och Bährner (1956) är luft hårdnande kalk benämningen på bränd kalk med mindre än 10 procent i saltsyra ej lösliga sura beståndsdelar (lermineraller). Hydraulisk kalk är benämningen på kalk som innehåller mer än 10 procent i saltsyra ej lösliga sura beståndsdelar. Förändringen av definitionsgrund innebar ett paradigmskifte som påbörjades under 1800-talets andra hälft och slut. Parallellt med övergången till kvantitativ definition formuleras behov av en ökad kvalitetssäkring av bruks delmaterial och puts utförande.

Behovet att kvalitetsäkra bruks delmaterial innebar att fabriksframställd torrläckt kalk introducerades och förordades framför våtsläckt kalk. Argument för torrläckt kalk var bl.a. att den hade mycket hög finhetsgrad, hög halt av kalciumhydroxid (upp till 99 procent), gav mer exakta blandningsförhållande mellan sand och bindemedel samt var väl släckt. Renheten gjorde det möjligt att lättare proportionera bruk i enlighet med bestämmelserna om halten av kalciumhydroxid i bruket. Övergången var emellertid av flera skäl en utdragen process. En trolig orsak kan ha varit att den våtsläckta magra kalken gav ett mer beständigt bruk (Strömberg 1945, Paulsson och Granholm 1953, Paulsson 1936). Med dagens definition hade den magra kalken benämnts som subhydraulisk eller svagt hydraulisk kalk enligt Johansson (2006). Subhydraulisk kalk är kalk med något hydrauliska tendenser. Samtidigt med introduktionen av torrläckt kalk förordas och introduceras kalkcementbruk i allt större omfattning. Användningen av kalkcementbruk rekommenderades i stället för kalk-

bruk som bedömdes ha undermålig beständighet (e.g. Paulsson och Granholm 1953).

En vanligt förekommande förklaring till den nutida kunskapsbristen om kalk härleds till efterkrigstidens införande av cementhaltiga bruk (e.g. Hidemark och Holmström 1984, Balksten (2005). Förklaringen till kunskapsbristen beror av allt att döma inte enbart på införandet av cement och omställningen till detta nya bindemedel. En viktig och ej belyst orsak till kunskapsbristen står att finna i framställningen av renare kalk för att leva upp till kravet på att bruket procentuella innehåll av kalciumhydroxid (kvalitetssäkring). Av allt att döma försämrades beständigheten på kalkbruket i samband med införandet av den allt renare kalken. Användningen av cementen kan av det skälet också ses som en kompensation för avsaknad av hydrauliska egenskaper och därmed försämrade kvalitet med renare kalk.

Under 1960-talets början introducerades de första fabrikstillverkade torrbruket. Bruken levererades på säck, endast vatten behövde tillsättas vid blandningen på arbetsplatsen (Dührkop *et al* 1966). Införandet av torrläckt kalk och fabriksfärdiga torrbruk innebar att framställning av bindemedel och bruk inte längre utfördes av hantverkaren. Genom denna förändring förlorade hantverket kunskap om hur bruk och bindemedel framställs i relation till sitt användningsområde. Förändringen är en viktig och bakomliggande orsak till den nutida kunskapsbristen. En kunskapsbrist som berör samtliga professioner som arbetar med kulturminnesvård.

Hidemark och Holmström (1984) anger inga procentuella gränsvärden för halten av lermineraller i luft och hydraulisk kalk. Av Hidemark

och Holmström framgår att så väl fyndigheter av råmaterial för luft kalk som hydraulisk kalk finns på olika geografiska platser i landet. Hydraulisk kalk är enligt Holmström (1984) att jämföras med kalkcement, vidare skriver han att lufthårdnande kalk historisk har varit det helt dominerande bindemedlet fram till andra världskriget. Enligt Hidemark (1984) fördrog man kalk av så stor renhetsgrad som möjligt fram till 1700-talets mitt, utan lermineraller och missfärgande salter. Av Holmströms kemiska formel framgår att luftkalk är helt fri från lerinblandning som kan ge hydrauliska egenskaper till bruket. Hidemark och Holmströms förmedlar en bild av att ren kalk är det mest använda bindemedlet samt att hydraulisk kalk inte är kompatibel med kulturminnesvård då det är att jämföras med kalkcementbruk. Bilden står i kontrast till att författarna samtidigt skriver att någon speciell studie över kalkbrytning för byggnadsändamål i Sverige, under historisk tid och som representerar en större överblick, inte finns (e.g. Hidemark) samt att hydraulisk kalk har använts under lång tid i Västergötland, Östergötland samt Närke. Geografiska områden där brytning av kalk för bruksframställning bedrivits i modern och historisk tid är t.ex. Västergötland, Skåne, Östergötland och Öland enligt Johansson (2006), Naz Ahmed Shaikh *et al* (1990) och Lundegård (1971).

Av Balksten (2005, 2007) framgår att lufthårdnande kalk traditionellt definieras av att det innehåller mer än 90 procent kalciumkarbonat medan hydraulisk kalk innehåller 70-90 procent kalciumkarbonat samt att det nya begreppet (Lindqvist 2005) sub-hydraulisk kalk innebär 90-95 procent kalciumkarbonat. Konow (1997) skriver att rena kalkhydrat har en mycket låg halt

löslig SiO₂ mellan 0-1,3 procent. I hydrauliska kalkar är halten SiO₂ mellan 6 och 12 procent.

Resultat av delstudien

- Begreppet *lufthårdnande kalk* får en annan innebörd med införandet av kvantitativ definition än vad den tidigare hade med den kvalitativa definitionen. Av de samlade författarna framgår att den nutida definitionen av lufthårdnande kalk avser en kalk som innehåller mindre mängd ämnen som ger hydrauliska egenskaper än vad lufthårdnande kalk innehöll under 1800-talet och första delen av 1900-talet. Om man gör en tidsresa och frågar Henström (1869) hur mycket lermineraller som *lufthårdnande kalk* kan innehålla så svarar han upp till 15 procent på samma fråga svarar Bährner (1956) 10 procent. Om man istället frågar Johansson (2006) så svarar han 0-2 procent. En annan skillnad är att den kvalitativa definitionen även inrymde en rekommendation om i vilken situation bindemedlet var lämpligt att användas. Något som den kvantitativa inte gör.
- En viktig och ej tidigare belyst orsak till den nutida kunskapsbristen om kalk står att finna i att en allt renare kalk framställs under 1900-talets mitt för att leva upp till kravet på kvantitativ kvalitetsäkning. Det är högst relevant att denna förändring tillsammans med introducering av torrläckt kalken på arbetsplatsen och senare de färdiga torrbruket på säck bidrar till att en kunskapsbrist uppstår i hantverket om hur kalkbindemedel och kalkbruk framställs och används.

Blandningsförhållandena

För att ge läsaren en relation till blandningsproportioner i volym (bindemedel/ballast) och be-

greppen fet och mager blandning används här de av Johansson (2006) formulerade förhållandet. Mycket feta bruk är då blandningsförhållandet understiger 1 del kalk på 1 del sand, feta bruk då blandningsförhållandet är mellan 1 del kalk på 1 del sand till 1 del kalk på 2 delar sand, magert bruk då blandningsförhållandet är mellan 1 del kalk på 2 delar sand till 1 del kalk på 3 delar sand, mycket magert bruk då blandningsförhållandet överstiger 1 del kalk på 3 delar sand.

Stål (1854), Henström (1869), och Rothstein (1890) skriver att det inte går att ge några generella blandningsförhållanden. Blandningsförhållandet beror enligt författarna på hur mager eller fet kalken är samt sandens hålrumsvolym. Stål, Henström och Rothstein är samstämmiga i att kalken/bindemedlet ska vara så avstämd att kalken omsluter sanden och fyller ut sandens hålrum. Vidare att mindre och finare sand ska användas till magrare (hydraulisk kalk) och det omvända till fetare (renare kalk). Beskrivningen är väl överensstämmande med Balksten, Persson, Eriksson 2013 *Lime burning tradition in fields kilns – a case study of the Jämtland tradition in Sweden*. I studien ingick våtsläckt låghydraulisk och medelhydraulisk kalk. Av studien framgår bl.a. att bruken inte är möjliga att arbeta med vid magrare blandnings förhållanden än 1 del kalk på 1,5 delar sand, samt att dessa bruk inte ger upphov till krympsprikor i samma utsträckning som fet kalk. Sandens fukthalt är okänd så även dess fuktsvällning.

Stål (1854) anger i huvudsak blandningsförhållandet i relation till den osläckta kalken med motiveringen att vattnet inte skall räknas in i blandningsförhållandet. Henström anger både blandningsförhållande i relation till osläckt kalk och släckt kalk. Det gör inte Rothstein som skri-

ver att man endast kan mäta kalken så som deg men att kompensation för kalkens krympning bör göras. Rothstein skriver att man vanligen tar 1 del kalkdeg på 1,5- 3 delar sand allt efter sandens finhet och kalkens magra eller feta beskafenheter. För att bestämma sandens hålrumsvolym framgår av Henström och Rothstein att hålrumsvolymer kan bestämmas genom att hålla vatten på sanden. Mängden vatten som sanden kan ta upp motsvarar sandens hålrumsvolym. Förfarandet innebär att sanden vattenmättas. Genom metoden kompenseras för den fuktsvällning naturfuktig sand har. Genom att vattenmätta sanden så upphör fuktsvällningen och sanden återtar ungefär den volym som torr sand har (Hellström *et al* 1945)

Rothstein anger att hålrumsvolymer är ca 40 procent. Beroende på att kalken krymper något så menar Rothstein att blandningsförhållandet blir ca 1 del kalkdeg på 2 delar sand. Henström bör ha fått samma förhållande då han skriver att det är kalkgröt som ska fylla ut sandens hålrum. Detta är i så fall det magraste blandningsförhållande som Henström anger. Då han i övrigt enligt formeln och uppgifterna om volymökning för olika sorters bränd kalk anger 1 del kalk på 1 del sand till 1 del kalk på 1,5 delar sand för fet kalk.

Med ledning av Ståls tabell och en uppskattad volymökning av den släckta kalken på 1,5- 2 gånger så bör blandningsförhållandena bli ca: 1 del kalkdeg på 1,5 delar sand till 1 del kalk på 1,125 delar sand. Stål skriver att i allmänhet tillsätts för lite sand då det underlättar blandningen av bruket. Stål ger exempel på vanligen förekommande blandningsförhållanden för Ölands kalk (1 tunna på 1,5 tunna sand) och Gotlandskalk (1,25 tunna på 2 tunnor sand). Med ledning av Ståls tabell

och den antagna volymökningen så är det släckt kalk som avses i exemplet. Enligt Stål används i allmänhet för lite sand och kan utan vidare ökas till dubbla mängden. Med ledning av Stål och Henströms uppgifter så innehåller författarnas rekommenderade bruk från ca en halv till dubbel mängd bindemedel som de av Rothstein beskriva bruken (se tabell 1, sidan 43).

Nycander och Bährner (1945), Paulsson och Granholm (1953) samt Bährner (1956) förordar viktproportionering av bruket med motiveringen att det ger mer exakta blandningsförhållanden. Av författarna att döma får inte viktproportionering någon allmän tillämpning på arbetsplatsen. Nycander och Bährner är de författare som i handboken *Mordens putsteknik* (1945) tydligast strävar efter att implementera viktproportionering på arbetsplatsen. Av Nycander och Bährner framgår att de vill underlätta för användarna att använda viktproportionering genom att tillhandahålla beräkningsexempel och korrigeringstabeller som visar den naturfuktiga sandens torra volym, detta som en anpassning till volymproportionering som är den vanligen använda på arbetsplatsen. Av allt att döma får inte dessa tabeller och beräkningsexempel någon vidare användning i *Handbok om murbruk och putsbruk* (1956) samt i *Hantverkets bok Mureri* (1953).

Nycander och Bährner, Paulsson och Granholm samt Bährner förordar användning av torrläckt kalk framför användning av våtsläckt kalk med motiveringen att volymproportioneringen blir mer exakt. Argumentet är att halten av kalkhydrat kan variera i våtsläckt kalk (e.g. Nycander och Bährner 1945, Paulsson och Granholm 1953). Emellertid är uttalandet något motsägelsefullt då författarna samtidigt skriver att man kan utgå ifrån att halten av kalkhydrat är lika

stor i torrläckt som i våtsläckt kalk. Av allt att döma är även detta en anpassning till användningen av våtsläckt kalk och den vanligen använda volymproportioneringen på arbetsplatsen. Av Bährner, Paulsson och Granholm framgår att de givit efter för behovet av viktproportionering då de endast förmedlar volymproportionering i handböckerna. Detta trots att felmarginalen vid viktproportioneringen i huvudsak utgörs av den naturfuktiga sandens vikt av vatten som vid t.ex. 5 procent utgör det samma i felmarginal. Med denna bakgrund är förordandet av torrläckt kalk begripligt. Men mindre begripligt är att Paulsson och Granholm samt Bährner inte tydligare poängterar de felmarginaler som den naturfuktiga sandens fuktsvällning kan ge upphov till vid volymproportionering. I detta avseende förhåller sig den förmedlade informationen i handböckerna *Hantverkets bok Mureri* av Paulsson och Granholm (1953) och *Handbok om murbruk och putsbruk* av Bährner (1956) mindre exakt än vad som förmedlas i *Modern putsteknik* av Nycander och Bährner (1945), *Praktisk handbok i Landt-byggnadskonsten* av Henström (1869) och *Handledning i Allmänna byggnadsläran* av Rothstein (1890). Sandens fukthalt eller fuktsvällning redogörs inte för i relation till de blandningsförhållanden i volym som förmedlas i *Kalkputs, porstrukturens betydelse för beständigheten, Traditional lime mortar and plaster* av Balksten (2005, 2007), samt *Kalkputs 2* av Hidemark och Holmström (1984). Konow använder och presenterar blandningsförhållanden i viktproportioner torrt material.

Nycander och Bährner (1945) samt Paulsson och Granholm (1953) är de författare som under period 2 anger blandningsförhållanden för utvändigt brädriven kalkputs. Nycander och Bährner

anger blandningsförhållandet 1 del kalk på 5 delar naturfuktig sand. Paulsson och Granholm skriver att blandningsförhållandet varierar mellan 1 del kalk på 3-5 delar sand. Bährner skriver att mängden sand i bruket inrättas i huvudsak efter arbetbarheten och är vanligen 1 del kalk på 3-5 delar sand. Av allt att döma avser detta invändig puts då Bährner rekommenderar kalkcement bruk för utvändig puts. Enligt Nycander och Bährner samt Paulsson och Granholm är det eftersträvarvärt att blanda ett bruk med minsta möjliga mängd bindemedel. Enligt Nycander och Bährner samt Paulsson och Granholm regleras brukets smidighet i första hand genom att förbättra/reglera sandens kornfördelning eller genom att blanda bruket bättre. Först när dessa åtgärder är uttömda kan bindemedelshalten i bruket höjas.

Av Paulsson (1939) framgår att blandningsförhållandet för våtsläckt kalk vanligen är 1 del kalk på 3 delar sand. Kreüger (1920) anger blandningsförhållande på 1 del kalk på 3 delar sand. Enligt Kreüger undviks att använda fetare blandningar än 1 del kalk på 3 delar sand på grund av ökad krympning och magrare än 1 del kalk på 4 delar sand undviks på grund av den låga hållfastheten. Till puts används stundom 1 del kalk på 2.5 delar sand.

Hidemark och Holmström (1984) utgår från volymproportionering när de beskriver de moderna och historiska kalkbruken. Enligt Holmström är volymproportionering det vanligaste på arbetsplatserna men att det borde göras efter vikt. Under rubriken sammanfattande karaktärisering av forskningsbehovet skriver Hidemark (1984) att så liten andel bindemedel som bruken i dag innehåller har historiskt aldrig tidigare förekommit. Enligt Hidemark finns ett otal ex-

empel på extremt bindemedelsrika kalkputser, 5-10 delar kalk på 1 del sand förekom från medeltiden fram till 1700-talet. Men tillägger han att det vanligen rekommenderade förhållandet var 1 del kalk på 2-3 delar sand. Vidare skriver han att dagens standardbruk är magert med ett förhållande av 1 del kalk på 4-5 delar sand. Enligt Holmström (1984) blandades sanden under 1800- och 1900-talet med utspädd kalkdeg. Dessa bruk blev blöta, magra och lämpade sig att slå på. Enligt Holmström kan bruk av utspädd kalkdeg göras betydligt fetare, blandningar 1 del kalk 2.5 delar sand har använts på vissa Gotlandkyrkor. Vidare skriver han att med gravsläckt och stukasläckt kalk har man kunnat göra ännu fetare bruk, 1 del kalk på 1 del sand och t.o.m. 2 delar kalk på 1 del sand utan att bruket krymper för mycket.

Enligt Balksten (2005, 2007) har det under lång tid varit känt att kalken fyller ut sandens hålrum på olika sätt beroende på hur fet kalken är samt hur den är släckt. Emellertid är inte orsaken förklarad. Detta innebär att varje ny blandning av kalk och sand behöver provas ut för att optimera blandningsförhållandet, varför inget standardiserat blandningsförhållande kan ges. Av Balkstens resultat framgår att bruk med blandningsförhållandet 1 del kalk på 1 del sand blir mer kompakt än ett bruk med blandningsförhållandet 1 del kalk på 3 delar sand som blir poröst. Samt att bruket med blandningsförhållandet 1 del kalk på 1 del sand har ett överskott på bindemedel medan blandningsförhållande 1 del kalk på 2 delar sand och 1 del kalk på 3 delar sand har brist på bindemedel. Hur kalken fyller ut sandens hålrum undersöker Balksten. I undersökningen ingick sand med olika kornfördelning och maxkornstorlek. Av resultatet framgår

att kalken har svårare att fylla ut sandens hålrum i grov ej välgraderad sand än i fin ej välgraderad sand och fin mer välgraderad sand.

Konows forskning syftar till att utveckla bruk för byggnadsvårdens behov. I huvudsak är forskningen inriktad på sandens kornfördelning med fokus på den fina sandens betydelse. Blandningsförhållandena i Konows undersökningar anges i viktförhållande torr sand. Av de 21 kalk bruk som ingick i studien hade 19 blandningsförhållandet 100 viktandelar bindemedel på 850 viktandelar torr sand. De två övriga innehöll 100 viktandelar kalk på 450 viktandelar torrsand. Med en antagen densitet av 1.7 hos sanden uppskattas volymförhållandet för dessa bruk vara ca 1 del kalk på 5 delar sand och 1 del kalk på 2.6 delar sand. Tre bruk med blandningsförhållandet 100 viktandelar på 850 viktandelar sand uppvisar en frostbeständighet som bedömdes god i en fyrgradig skala (dålig, medelgod, god och mycket god). Åtta stycken bedömdes medel god. De övriga bedömdes dåliga.

Resultat av delstudien

- Rekommendationerna för bruken var upp till dubbelt så bindemedelsrika under 1800-talets första hälft än vad de var under 1800-talets slut och 1900-talets mitt. I byggnadsvårdslitteraturen återges generellt inte några rekommendationer för blandningsförhållanden. De rekommenderade blandningsförhållandena under 1800-talet var i relation till olika kalks feta eller magra egenskaper (mer eller mindre hydraulisk kalk). Motsvarande rekommendation återges inte i handböckerna under 1900-talet eller i byggnadsvårdslitteraturen.

- I relation till blandningsförhållandets inverkan på sprickbildning så berörs det i väldigt liten grad av samtliga författare med undantag för Holmström (1984). Särskilt förvånande är detta resultat i relation till beskrivningar av *feta bruk* under byggnadsvårdsperioden samt de feta bruk som beskrivs under 1800-talets första hälft.
- En förklaring till att bruken under 1800-talet med dagens mått kan betraktas som *feta bruk* (enligt Johansson (2006) definition) är att uppgift om sandens fuktsvällning och saknas. Blandningsförhållanden utan denna information är skenbart magrare än vad det är i torrt eller fuktmättat tillstånd. Henströms (1869) och Rothsteins (1890) förhållningsätt/metod för hur volymförhållandet bestäms kompenserar för sandens fuktsvällning d.v.s. volymförhållandet utgår från sand i vattenmättat tillstånd. Nycander och Bährner (1945) tar ställning till sandens fuktsvällning vid volymproportionering och förmedlar compensationstabeller och beräkningsexempel i kvalitetsäkrande syfte. De övriga författarna i denna studie förhåller sig inte till den stora felmarginal som sandens fuktsvällning kan ge upphov till när de uppger volymförhållande i sin text.
- I relation till ovanstående resultat och nedanstående exemplet på fuktsvällningens inverkan på volymproportionering vill jag uppmärksamma läsaren att litteraturen anger olika värden för sandens fuktsvällning. Enligt Dührkop (1966) kan sand vid en vattenhalt av 5 procent öka sin volym med 20-25 procent (i relation till torr sand), i särskilt ogynnsamma fall upp till 40 procent.

cent. Enligt Hellström (1945) kan fuktsvällningen uppgå till 30-40 procent beroende på sandens kornfördelning (se fig. 14). För sand ca: 0-3 mm framgår av Hellström att fuktsvällningen uppgår till ca 30 procent vid en fukthalt av ca 5 procent av sandens torra volym. Av Hellström framgår att ingen fraktion i denna sand representerar mer än 35 procent av sandens totala vikt. För en sand ca 0-2 mm uppgår fuktsvällningen till ca 40 procent vid samma fukthalt. I detta fall framgår av Hellström att fraktionen 0.125-0.25 mm representerar mer än 35 procent av sandens totala vikt. Genom att applicera det av Hellström uppgivna värdet för fuktsvällning för naturfuktig sand (30 procent) på blandningsförhållandet 1 del kalk på 5 delar sand som återges av Nycander och Bährner (1945), erhålls blandningsförhållandet 1 del kalk på 3.5 delar sand (korn max 3 mm) när sanden är i vattenmättat tillstånd. Med samma kornmax och fuktsvällning hos sanden erhålls i relation till blandningsförhållandet 1 del kalk på 2.5 delar sand (e.g. Kreüger 1920, Hökerberg *et al* 1939) i vattenmättat tillstånd 1 del kalk på 1.75 delar sand. Exemplet utgår från att ingen fraktion representerar mer än 35 procent av sandens totala vikt. Om vi tillåter oss att göra avsteg från denna moderna norm (Backland *et al* 1984) och som under 1800-talet ännu inte var uppfunnen så erhålls vid kornmax 2 mm och en fuktsvällning av 40 procent 1 del kalk på 1.5 delar sand d.v.s. överensstämmande med Stål (1854) och Henström (1869) rekommenderade blandningsförhållande och max kornstorlek för grov sand (ca 1.5 mm). Slutsatsen

blir med stöd av Hellström (1945) att om man tar hänsyn till fuktsvällningen när man anger blandningsförhållanden så blir nutida blandningsförhållanden samma som de *feta* blandningsförhållanden som anges under 1800-talet (e.g. Stål 1854, Henström 1869). Detta innebär att dagens jakt på ”*feta bruk*” uppnås genom blandningsförhållande 1 del kalk på 2.5 delar naturfuktig sand, under förutsättning att bruken ej spricker i sådan omfattning att de bedöms oanvändbara.

Sandens grovlek i förhållande till lufthårdnande kalk

För att ge en nutida referens till begreppen grov och fin sand i mm används Johansson (2006) och hans översättning. Mycket fin är ballast som är maximalt kornmax av 1 mm, fin då den är maximalt 2 mm, grov då den är maximalt 3 mm och mycket grov då den överstiger 3 mm.

Samstämmigt skriver Stål (1854), Henström (1869), Rothstein (1890) att grovleken på sanden dels beror på kalken och dels till vad bruket skall användas till. Samstämmigt rekommenderas av författarna att till fet luftkalk används mer och grövre sand och mindre och finare sand ju mer hydraulisk kalken är. I relation till putsens uppbyggnad rekommenderar författarna samstämmigt att sanden skall vara grov i de första påslaget och därefter finare. Max kornstorleken för grov respektive fin sand är enligt Stål och Henström för grov sand 1.5 mm, Stål fin sand 0.8 mm, Rothstein grov sand 2-3 mm och fin sand 1.3-1.9 mm. Av rekommendationerna att döma så ökar den rekommenderade sandgrovleken under 1800-talets slut. Någon relation mellan sandens maximala kornstorlek och putspåslagets tjocklek redovisas ej av författarna under

1800-talet. Enligt Henström bör putsens totala tjocklek var 6- 8 mm och skall aldrig överstiga 12 mm, (undantagsvis 18 mm för att utjämna en illa murad vägg), putsuppbyggnaden sker i 2-3 lager. Enligt Stål bör tjockleken helst inte vara mer än 12 mm, endast undantagsvis 16 mm, putsuppbyggnaden sker i tre lager. Rothstein skriver att putsen icke får överstiga 15 mm och att putsuppbyggnaden sker i två lager.

Av författarna i rapporten Putsproblemet i Sverige (Westlund och Gedda, Royen, Kreüger 1940) framgår att det finns en samlad uppfattning om att grov sand ger putsen en bättre beständighet än vid användning av fin sand. Av allt att döma får uppfattningen genomslag i de handböcker som följer. Av handböckerna framgår att betydligt grövre sand för utvändig brädriven kalkputs föreskrivs än vad som anges i Kungliga byggnadsstyrelsens (1937) bestämmelser som anger 2 mm som maxkornstorlek. Bestämmelserna är överensstämmande med Paulsson (1936) som rekommenderar 2 mm som max kornstorlek i brädriven kalkputs puts.

Någon studie som bekräftar att grov sand ger en högre beständighet presenteras inte. Nycander och Bährner (1945) samt Paulsson och Granholm (1953) anger en identisk kornfördelningskurva för utvändig lufthårdnande kalk med kornmax på 3 mm (fig. 16, fig. 17). Bährner (1956) anger ingen maxkornstorlek eller kornfördelningskurva specifikt för utvändig lufthårdnande kalkputs. Av Paulsson och Granholm framgår att sandens maxkornstorlek skall vara så stor som möjligt och helt begränsas av arbetbarheten. Paulsson och Granholm, Nycander och Bährner anger att påslagets tjocklek (d.v.s. 1 lager av flera i putsens totala tjocklek) kan uppgå till 3-5 gånger sandens maximala kornstorlek, d.v.s. upp

till 15 mm för en 3 mm sand. Enligt Bährner är en normal sammanlagd putstjocklek ca 17-20 mm. Enligt Paulsson och Granholm är ett normalt påslag (ett lager av flera i putsens uppbyggnad) 6-12 mm. Enligt Dührkop (1966) 10 mm. Enligt Paulsson (1936) bör alltid putsens totala tjocklek göras så tunn som möjlig och är vanligtvis 12-15 mm tjockt. Enligt Kungliga byggnadsstyrelsen (1937) är utvändig slätputs vanligen 15-20 mm.

Av författarna under period 2 och referenserna Paulsson (1936) och Kungliga byggnadsstyrelsen (1937) framgår att en grövre sand börjar rekommenderas under perioden (ökar i storlek från 2 till 3 mm) samt att putsens totala tjocklek ökar. Av Holmström (1984) framgår att sandens maximala kornstorlek skall rättas efter putspåslagets tjocklek samt att sandens kornmax inte bör vara grövre än 3 mm för grovputs. Putspåslagets tjocklek, dvs. ett lager av flera i putsens totala tjocklek, rekommenderas uppgå till max 10 mm för att undvika krympsprickor. I relation till slätputs (ytputs) skriver han att sandgraderingen i huvudsak står i relation till putstjocklek och önskat utseende. Av Holmström framgår att sanden till ytputs är finkornig och ibland mycket finkornig som badstrandssand.

Konow (1997) skriver inte om sandens grovlek i relation till putsens uppbyggnad, påslagets tjocklek eller arbetbarhet. Av Konows beskrivning av den sand som hon använder i laboratoriet och senare i fallstudierna framgår att det är en sand med kornmax på 3 mm och i något fall 2 mm. Enligt Konow är 3 mm sanden en vanligt förekommande sand till bruk i ett flertal länder. Balksten (2007) redovisar olika sorters sand från skilda platser i landet, bl.a. en lokal Gotländsk putssand med kornmax på 3 mm.

Balksten skriver inte om sandens grovlek i relation till putsens uppbyggnad, påslagets tjocklek eller arbetbarhet.

Resultat av delstudien

- Över perioderna urskiljer sig ett samband mellan en successivt ökande putstjocklek en lägre rekommenderad bindemedelshalt i bruken och användning av en allt grövre sand. Förändringen av putsens tjocklek, brukets bindemedelshalt och sandens grovlek följs åt. Med början under 1800-talets slut för att under 1900-talets mitt nå den lägsta bindemedelshalten i bruken, den grövsta sanden (ca 3 mm) och den största tjockleken på putsen. Förhållandena förfaller sedan i stort sett vara de samma under byggnadsvårdsperioden (e.g. Holmström 1984)
- Rothsteins (1890) rekommenderade maxkornstorlek (2-3 mm) är överensstämmande med det som rekommenderas eller beskrivs av författarna under 1900-talets mitt och fram till idag (period 2 och 3). Stål (1854) och Henström (1869) rekommenderar däremot en grovlek för grov sand på ca 1,5 mm. Vilket kan ställas i relation till Johansson (2006) där grov sand är 3 mm och fin sand är max 2 mm.
- I stort sett saknas rekommendationer och riktlinjer för hur sandens grovlek förhåller sig till arbetbarhet, putsuppbyggnad och påslagets tjocklek i byggnadsvårdslitteraturen samt i litteratur från 1800-talet. Under period 2, 1900-talets mitt, beskrivs dock dessa förhållanden i detalj (e.g. Paulsson och Granholm 1953, Bährner 1956).
- Stål (1854), Henström (1869) och Rothstein (1890) rekommenderar att sandens grovlek skall anpassas efter hur fet eller mager (hy-

draulisk) kalken är. Motsvarande rekommendation saknas helt i litteraturen från period 2 och 3. En trolig orsak till detta är att kalken under period 2 och 3 är standardiserad varför val av sandens grovlek och mängd inte behöver göras i relation till kalkens feta eller magra egenskaper.

- I förhållande till den rekommenderade tjockleken för puts under 1800-talets första hälft (Stål 1854, Henström 1869) så ökar den rekommenderade maxtjockleken för puts med upp emot 80 procent under period 2. Tydligast framträder skillnaden i rekommendationen för ett enskilt påslag där Stål och Henström rekommenderar en maxtjocklek för putsen som är uppbyggd i två till tre lager. Dessa tillsammans motsvarar av Paulsson och Granholm (1953) rekommenderat normalt påslag av 12 mm (ett lager). Holmström (1984) rekommenderar ett putspåslag om 10 mm som max. I övrigt under byggnadsvårdsperioden beskrivs eller rekommenderas ingen total tjocklek för puts.

Skador och arbetsutförande med avseende på brädriven lufthårdnande kalk

Av de samlade författarna som beskriver skador framträder i tid två olika orsaker till skador på puts. Under 1800-talet beskrivs i huvudsak skador i relation till att putsen gjorts för tjock. Under 1900-talets mitt och under byggnadsvårdsperioden i huvudsak i relation till bildande av en tät ythud vid brädrivning av putsen. Konow (1997) beskriver ingen koppling mellan skador och bearbetningen av kalkbruk, inte heller i relation till putsens tjocklek.

Av Balkstens (2005, 2007) undersökningar framgår att bearbetning av kalputsens yta inte får utföras för tidigt efter att den är applicerad på

underlaget. Enligt Balksten medför en för tidig bearbetning av putsen att det bildas en tät anrikning av kalk och fina ballastpartiklar på ytan, likt ett skal. Tätt bakom detta skal bildas ett tomrum eller ett sammanhängande grovporöst skikt, bestående av lite eller inget bindemedel alls och sand. Enligt Balksten bidrar den porstruktur som bildas bakom det yttre skalet vid för tidigt bearbetning till att det yttre skalet på kalkputsen fryser av. Av hennes beskrivning uppfattas att rätt tid för bearbetningen är när putsen har styvnat till och eventuella torksprickor blivit synliga. Fel tid för bearbetning är när putsen fortfarande är färsk, mjuk och sprickorna uppkommer efter att putsen är bearbetad. Skadebilden och orsaken till att den täta ythuden bildas överensstämmer väl med Paulsson (1936, 1939).

Nycander och Bährner (1945), Bährner (1956) samt Paulsson och Granholm (1953) är samstämmiga i att bearbetning av utvändig kalkputs med rivbräda motverkar putsens hårdnade och uttorkning genom att bilda en tät ythud på putsen. Särskilt negativt beskrivs detta av Bährner vara vid användning av fin sand och kalk. Av Bährner samt Nycander och Bährner framgår att om putsen brädrivs för tidigt så är det ”lätt” att tät ythud bildas. Enligt Nycander och Bährner kan sönderfrysning och sprickbildning härledas till den täta ythud som bildas. För att minska risken för ythud och underlätta hårdnandet föreskrivs av Bährner att sanden bör innehålla ca 10 procent korn över 2 mm eller att sandens maximala kornstorlek överskrider 3 mm. Henström är inte överensstämmande med Bährner, Nycander och Bährner samt Balksten då han varnar för att riva på en för torr puts men han utvecklar inte problemet varför det är svårt att dra några slutsatser av vad han menar.

Holmström (1984) skriver att den avgörande faktorn för kalkputsens beständighet är att putsen har rätt porstruktur, uppgiften är överensstämmande med Konow (1997), Balksten (2007). Enligt Holmström tyder det mesta på att de flesta skadade putserna inte karbonatiserat ordentligt och därmed fått onödigt låg hållfasthet. Särskilt olyckligt är det om hållfastheten är låg i nära anslutning till underlaget då putsen för eller senare faller ner. Enligt Holmström blir en slät yta lättare tät varför det är större risk att en puts med slät yta hårdnar långsammare än en grövre. I förhållande till ytputsens bearbetning skriver Holmström att då ytputsen blir mer intensivt bearbetad än vid stockning så innebär det att det blir en anrikning av bindemedel i putsytan. I cementhaltiga bruk är det en nackdel då man riskerar en hårdare och tätare skorpa på putsen men vid användning av luftkalk så är risken liten, eftersom kalken själv svarar för stor del av porositeten. Med avseende på hårdnandet och ytans täthet framgår i texten en motsägelse, å ena sidan finns en risk, å andra sidan är risken liten varför Holmströms uppgifter är svåra att förstå.

Författarna Nycander och Bährner, Bährner, Paulsson och Granholm samt Balksten är överens om att den täta ythuden ger upphov till skador. Emellertid finns en viktig skillnad. Balksten skriver att frostskanan är koncentrerad till strax innanför den täta ythuden samt att kalkfärgen har svårare att fästa utanpå en tät ytfilm. Bährner, Nycander och Bährner samt Paulsson och Granholm skriver att den täta ythuden motverkar karbonatiseringen av putsen, det gör inte Balksten. Enligt Bährner och Nycander och Bährner yttrar sig skadan genom sprickbildning och sönderfrysning

Stål (1854), Henström (1869), Rothstein (1890) och Holmström (1984) skriver att det finns ett tydligt samband mellan putsens tjocklek och putsnedfall. Enligt Holmström hårdnar en tunn puts fortare än en tjock, beroende på att putsen hårdnar från ytan och inåt. Enligt Balksten inverkar putsens tjocklek på hur fort bruket karbonatiserar. Enligt Konow hårdnar de yttre delarna av bruket först. Av Holmström framgår att orsaken till putsnedfallet är ofullständigt hårdnande i vidhäftningszonen till underlaget. Vidare skriver han att putsuppbbyggnad i flera tunna skikt som tillåts slut hårdna ger ett säkrare resultat men tar lång tid att genomföra.

Författarna Stål, Henströms och Rothstein är de författare i studien som genom normativa riktlinjer för putsens tjocklek och uppbyggnad tar ställning till putsens karbonatisering, även om de inte skriver att det är karbonatiseringen som är grundorsaken. Holmström beskriver problemet men han rekommenderar 10 mm som maxtjocklek för ett påslag, vilket utgör 80 procent av Stål och Henströms rekommenderade totala putstjocklek uppbyggd i två till tre lager. Att putspåslagen blir tjockare under period 2 kan förklaras av en ökad användning av kalkcement som ger ett hårdnade som inte är lika beroende av koldioxiden inträngning i putsen. Det förefaller som om Holmströms rekommenderade tjocklek för ett påslag är ett arv av 1900-talets handböcker, där 10-12 mm är normativa riktlinjer för påslagets tjocklek (e.g. Paulsson och Granholm 1953, Dührkop 1966). I relation till Balkstens rekommendation om att bearbeta putsen när den har styvnat till, så innebär det ett estetiskt ställningstagande. Det är ur praktiskt och funktionella skäl inte är möjligt att med en plan skurbräda uppnå ytjämnhet och planhet

när putsen styvnat så hårt att den inte är eftergivlig då större ytor skall skuras/brädrivas.

Resultat av delstudien

- Det finns två grundorsaker till att skador uppkommer på kalkputs, ofullständig karbonatisering och ofördelaktig porstruktur. Båda grundorsakerna kan härledas till hantverkets bedömning, dels i relation till putsens tjocklek och uppbyggnad och dels i relation till bildande av tät ythud vid bearbetning.
- Skador relaterat till hantverkets bedömningar varierar mellan perioderna. Under 1800-talet beskrivs skador i relation till putsens tjocklek men inte i relation till tät ythud. Under 1900-talets mitt beskrivs skador i huvudsak i relation till bildandet av tät ythud. Under byggnadsvårdsperioden påtalas båda dessa skadebilder. Anledningen till att tjockleken inte berörs i relation till skador under 1900-talets mitt är troligen att cementen kompenserar för det bristande hårdnandet genom hydratisering.

Hur bruk blandas och kalk våtsläcks

Nycander och Bährner (1945) redogör endast för tillverkning av bruk med bindemedel av puderkalk. Författarna motiverar och förordar användning av puderkalk med att det bl.a. ger en säkrare proportionering av bruket. Konow (1997) och Balksten (2005, 2007) omnämner våtsläckning men någon metodbeskrivning återges ej. Enligt Balksten är våtsläckning en traditionell metod i Skandinavien. Metoden innebär att kalken släcks med ett överskott på vatten för att erhålla kalkdeg. Enligt Balksten (2007) påverkar släckningsmetoden brukets arbetbarhet samt kalkpartiklarnas form och storlek. Med hänvis-

ning till Elert *et al* (2002) framgår av Balksten (2005) att vattnets temperatur, mängd, och när det tillsätts påverkar kalkens partikelstorlek och plasticitet samt huruvida kalken släcks fullkomligt. Emellertid är uppgifterna inte kopplade till någon metodbeskrivning. Enligt Konow finns ingen klart definierad släckningsmetod tillgänglig. Konow skriver att både mängden och temperaturen på släckningsvattnet påverkar storleken på kalkens hydratpartiklar.

Metodbeskrivningar för våtsläckning av kalk formuleras av författarna Stål (1854), Henström (1869), Rothstein (1890) Paulsson och Granholm (1953), Bährner (1956) Holmström (1984).

Av författarna framgår att det finns metodiska skillnader i hur våtsläckning utförs. Rothstein och Bährner är överensstämmande i metodbeskrivningen av våtsläckning med överskott av vatten. Metoden omfattar följande moment, här beskriva enligt Bährner. Kalken begjutes med vatten tills den börjar sjuda, under omrörning tillsätts ytterligare vatten kontinuerligt så att kokningen hålls under kontroll. När värmeutvecklingen upphört och kalken är grötaktig tillsätts ytterligare så mycket vatten att kalken blir tunnflytande. Därefter silas kalken genom sikt med 1-2 mm fri maskvidd ned i en lave för vidare lagring. Metodbeskrivningen är i stort överensstämmande med den tidigare analysen av Ståls metodbeskrivning för våtsläckning, det som saknas är omrörningen samt att han inte beskriver momenten i en följd, där av analysen (se sid 45 fjärde stycket) I stort sett överensstämmer Paulssons och Granholm metodbeskrivning med Rothstein och Bährner, emellertid framgår inte heller av Paulsson och Granholm att någon omrörning sker vid släckningen på byggarbetsplatsen, men att så görs vid släckning på fabrik. Att den släckta kalken har

konsistens av deg innan den späds ut framgår av Paulsson och Granholm men beskrivningen av konsistensen som en gröt saknas.

Det som håller samman författarna Stål, Rothstein, Paulsson och Granholm samt Bährners metodbeskrivningar och gör dem generellt jämförbara med varandra är att vattnet tillsätts successivt under släckningen samt att kalkens konsistens under processen går från att vara mer fast till rinnande genom utspädning med vatten innan lagring av den släckta kalken.

Henström återger inte den av Stål, Rothstein, Paulsson och Granholm samt Bährners beskrivna våtsläckningsmetod där kalken efter släckning späds till kalkvälling. I Henströms beskrivna släckningsmetod är vattenmängden avstämd. Mängden vatten stäms av i förhållande till kalksort och mängd kalk som ska släckas på ett sådant sätt att den bildar en kalkgröt som inte vidare späds till välling. Henström redovisar en metod för hur det utförs.

Enligt Bährner är det viktigt att kalken lagras en tid efter släckningen. Lagringen ökar smidigheten i det färdiga bruket samt motverkar eventuella skador på grund av osläckta partiklar i kalken. Normal lagringstid beskrivs av Paulsson och Granholm samt Bährner vara 7-14 dagar. Stål, Henström och Rothstein skriver att bra bindemedel för puts är kalk som syrsläckt. Enligt Stål, Rothstein och Henström är syrsläckt kalk benämningen för kalk som lagrats en längre tid (upp till flera år). Med avseende på metoden för syrsläckning framgår metodiska skillnader mellan författarna. Skillnaderna utgörs av att Stål och Rothstein benämner syrsläckt kalk, den kalk som efter släckning späds ut till kalkvälling för att sedan lagras i flera år. I Henströms metod

för syrsläckt kalk beskrivs inte att kalken späds ut till välling före lagringen.

Stål, Rothstein, Paulsson och Granholm samt Bährners beskrivning av våtsläckning skiljer tydligt från Holmströms metodbeskrivning. Det som skiljer Holmströms metodbeskrivning från de övriga författarna är att allt vatten tillsätts i stort överskott på en gång, kalken sönderdelas sig och rörs om till en välling. Kalken lagras sedan i markgravar och när överskottsvattnet avgått erhålls en kalkdeg. Själva släckningsmomentet där kalken först släcks med en mindre mängd vatten före utspädningen återges inte i Holmströms beskrivning varför Holmströms våtsläckningsmetod kan beskrivas representera ytterligare en variant av våtsläckning.

Metoden förefaller överensstämma med Stål när han skriver att den nybrända kalken läggs i en brädlave och begjutes med så mycket vatten att den liknar en tjock välling. Det som talar för att Stål är övergripande och inte redogör för momentet fullt ut är att han poängterar att inte för mycket eller för lite vatten får användas, någon sådan reflektion finns inte hos Holmström.

Avsaknaden av reflektioner bidrar till att Holmström förmedlar en övergripande och generell beskrivning av släckningsförfarandet.

Av Stål, Henström och Rothstein framgår betydelsen av rätt balans mellan för mycket och för lite vatten vid släckningen och att det inverkar på hur väl kalken släcker sig.

Av Ståls och Rothsteins beskrivningar av våtsläckningsförfarandet framgår att betydligt mer vatten används i släckningsmetoden än vad som är nödvändigt. Beskrivningen blir motsägelsefull i den bemärkelsen att de poängterar att användningen av för mycket vatten är negativt

för släckningsförfarandet då det dränker kalken. Det förklaras av att det vatten som tillsätts, utöver släckningsvattnet, görs efter att kalken är släckt i syfte att späda den släckta kalken så den blir tunnflytande för att sedan kunna silas. Genom utspädningen kommer kalken att innehålla en större mängd vatten än om den inte späds ut. Stål var medveten om att ett vattenöverskott i den släckta kalken inverkar negativt på det färdiga bruket. Av Stål och Henströms beskrivningar framgår att det finns ett samband mellan den våtsläckta kalkens innehåll av vatten, efter att den är släckt, och negativa egenskaper hos det färdiga bruket. De negativa egenskaperna beskrivs vara sprickbildning (Stål och Henström), att bruket torkar långsammare samt att kalken blir svårare att blanda med de övriga ämnena (Stål). Med avseende på torkhastighet så är det troligt att det kan ha inverkan på putsens estetiska uttryck i det fall arbetsmetoden för putsens yta behöver anpassas till en snabbare torkhastighet hos bruket.

Holmström redogör för ytterligare en variant av våtsläckning. Denna metod är tydligt kopplad till kalkbrukets blandning och utgick ifrån att sanden blandades med kalkvälling av en viss konsistens och inte kalkdeg. Enligt Holmström tillsattes sand till kalkvällingen tills man fick en lämplig arbetbarhet. Denna metod att blanda bruk har enligt Holmström använts under 1800- och 1900-talet och ger relativt magra och lättflytande bruk som lämpar sig att slå på. I relation till denna metod reflekterar och skriver Holmström att detta bruk krymper mer än bruk som är framställda med våtsläckt, gravsläckt och stukasläckt kalk.

Henströms beskrivning av vattenmängd vid släckning och bruksblandning är intimt sam-

mankopplade. Syftet är att inget mer vatten ska tillsättas vid blandningen av bruket än det vatten kalk innehåller efter släckningen. Henström skriver att det inte är nödvändigt då kalken innehåller det vatten som behövs. Även Stål delar denna uppfattning men att en viss mängd vatten kan behövas för att justera konsistensen. Rothstein skriver att vatten behöver tillsättas vid blandningen.

Att tillsätta för mycket vatten vid bruksberedningen beskrivs av Stål ge upphov till att bruket blir ömtåligt för frost, och av Henström att bruket spricker. Uppgifterna är överensstämmande med Konow (1997) Balksten (2007) som skriver att bruket uttorkning, sprickbildning och frostbeständighet påverkas. Rothstein skriver att mängden vatten inverkar men inte hur. Nylander och Bährner (1945), Paulsson och Granholm (1953) samt Bährner (1956) skriver inget om detta samband. Enligt Konow (1997) ingår det behövliga vattnet när våtsläckt kalk, eller gravsläckt kalk används. Enligt Balksten (2007) tillsätts vatten i bruket för att uppnå en bestämd konsistens och arbetbarhet. Våtsläckt och jordsläckt kalk innehåller en större del av det vatten som behövs i relation till konsistensen. Henström, Rothstein, Bährner, Paulsson och Granholm, samt Holmström skriver att både den feta, rent lufthårdnande, och den magra, något hydrauliska kalken, våtsläcks. Enligt Balksten (2007) framställs hydraulisk kalk vanligen genom torrsläckning.

Resultat av delstudien

- Av litteraturanalysen framgår i huvudsak att det förekommer tre metoder för att våtsläcka kalk. Den vanligast förekommande metoden bygger på att kalken först släcks och sedan späds med ytterligare mer vatten (e.g. Stål 1854, Rothstein 1890, Paulsson och Gran-

holm, Bährner 1956). Den andra metoden bygger på att allt vatten tillsätts i så stor mängd att kalken blir till en välling, direkt i samband med släckningen (e.g. Holmström 1984). Den tredje metoden bygger på att all kalk tillförs en på förhand avstämd mängd vatten i syfte att kalken skall ha en tjockare konsisten efter släckningen, någon utspädning av kalken sker ej (e.g. Henström 1869).

- Litteraturanalysen visar på ett tydligt samband mellan användning av för mycket vatten vid släckningen och brukets egenskaper (e.g. 1869, Stål 1854, Holmström 1984). De negativa egenskaper som beskrivs är att bruket torkar långsammare, spricker, samt är svårare att blanda med de övriga ämnena i bruket. Men någon tydlig koppling till någon specifik släckningsmetod finns inte. Holmström kopplar brukets egenskaper till en blandningsmetod som baseras på att sanden och kalken blandas med en kalkvälling i stället för på kalkdeg. Stål och Henström å andra sidan påtalar problemet i relation till två olika släckningsmetoder. Henström är den författare som tydligast redogör för släckningsmetoden, däremot brister Stål (1854) i sin metodbeskrivning. De övriga författarna som analyserats i denna studie påtalar inte sambandet mellan släckningsvattnets mängd och brukets torkhastighet, blandningsbenägenhet och sprickbildning. Av Balksten (2005) framgår med hänvisning till Elert (2002) att bindemedlets plasticitet påverkas av mängden vatten som används vid släckningen.
- Av författarna Stål (1854), Henström (1869), Konow (1997) och Balksten (2005, 2007) framgår att den mängd blandningsvatten

som tillsätts när bruket blandas har inverkar på brukets frostbeständighet, sprickbildning, uttorkning.

- Resultaten visar att metodbeskrivning med reflektioner över våtsläckningsmetodens olika moment och verkan i huvudsak förekommer i litteratur under 1800- och 1900-talets mitt (e.g. Henström 1869, Rothstein 1890, Bährner 1956). En metodbeskrivning för våtsläckning beskrivs under byggnadsvårdsperioden men det ges inga reflektioner i förhållande till metoden (e.g. Holmström 1984). Med hänvisning till Elert *et al* (2002) redogör Balksten (2005) för att vattnets temperatur och mängd, samt när det tillsätts påverkar kalkens partikelstorlek och plasticitet samt huruvida kalken släcks fullkomligt, dock saknas metodbeskrivning att relatera uppgifterna till.

Hantverkarens roll

Författarna Stål (1854), Henström (1869) och Rothstein (1890) redogör för brukets delmaterial, putsens uppbyggnad samt hantverkliga metoder för provning och framställning av bindemedel och bruk. Förmedlingen är i huvudsak kvalitativ och baserad på empiriskt kunskap. Den förmedlade kunskapen beskriver sammanhanget mellan metoder och material i relation till den belastning som putsen kommer att utsättas för. Kunskapen som återges är ett gemensamt och viktigt ämnesområde för hantverkare, ingenjörer och arkitekter. Det är högst rimligt att den kunskap som återges speglar samtida praxis för de metoder och materialsammansättningar som beskrivs. Det bekräftas av att de är utformade som läromedel för hus, lantmanbyggnad samt vattenbyggnadskonstruktion.

Som tidigare nämnts är den kunskap som återges av sammanhangsbunden natur. Genom

denna kunskap formas den terminologi som är nödvändig för att kommunicera, t.ex. i vägledning om vad som skall observeras vid t.ex. våtsläckning av kalk. Där termen ”dränkt” eller ”förbränd kalk” är uttryck som avser att göra läsaren uppmärksam på vattenmängdens inverkan på den släckta kalkens kvalitet. Ett annat exempel är Rothsteins anvisning om kalkens konsistens, ”gröt” efter släckningsmomentet och först därefter (e.g. Rothstein) utspädning till vällning. Metodbeskrivningarna utan dessa tydliga vägledande anvisningar innebär att de variabler, som utgör den hantverkliga kunskapen, suddats ut. Processen är kopplad till en tydlig metodbeskrivning tillsammans med anvisningar för volymbestämmning, sandgrovlek, anvisningar för putsens tjocklek och lager uppbyggnad förmedlar en sammanhangsbunden kunskap där anvisningarna har kvalitetssäkrande syfte. Av Stål, Henström och Rothsteins definition luftkalk framgår att definitionen avser både bindemedlets hårdnade och rekommenderade användningsområde. Även i definitionen framträder det sammanhangsbundna förhållningssättet.

Samtida med Stål under 1800-talets första hälft förändras den terminologiska grunden för definition av kalkbindemedel och ett paradigmskifte påbörjas. Bakgrunden är forsknings insatser om kalkbindemedel till vattenbyggnadskonstruktioner (Pasch 1824). Kvantitativ definition av kalk används fortsättningsvis under 1800-talet parallellt med den kvalitativa (e.g. Henström 1869 och Rothstein 1890). Huruvida denna nya definitionsgrund får genomslag i hantverket är osäkert. Paradigmskiftet innebar, ifråga om kommunikation mellan yrkesgrupper, början till två olika grunder för definition av material. Den kvalitativa är sammanhangsbunden och utgår från människans perception och erfarenhet, den kvantita-

tiva är skild från det sammanhangsbundna och människan genom matematiken. I denna mening kan den här av byggnadsvårdslitteraturen belysta kunskapsbristen om hantverkliga metoder och den tudelning i ämnesområdet som Hidemark (1984) identifierar relateras till det paradigmskifte som påbörjas under 1800-talet.

Under 1940-talet aktualiseras frågan om puts-hantverket och dess material genom rapporten putsproblemet i Sverige (1940). Rapporten kom att vara starten för forskning och efterföljande implementeringsarbete om bindemedel och putsutförande. Arbetet syftade till att kvalitets-säkra bruk för bostadsproduktionen (Nycander och Bährner 1945). Den bakomliggande orsaken är den allt snabbare byggnadstakten samt införande av nya byggnadsmaterial, en kombination som inte var kompatibel med de traditionella metoderna och materialen Kreüger (1940). Forskningen resulterar bl.a. i recept för olika sorters bruk baserade på torrläckt kalk, vilket senare leder till fabriksstillverkat torrbruk på säck under 1960 talet (Bährner 1940, Bährner 1956, Dührkop 1966). Fabriksstillverkningen får till följd att murhantverket skiljs från framställningen av bindemedel/bruk och möjligheten att upprätthålla den traderade sammanhangsbundna kunskapen som tidigare utvecklas i relation till hantverkets arbetsuppgifter.

För att få ingång i forskningsfrågorna rörande bruk och metoder initierar byggmaterial industrin och ingenjörer tvärvetenskapliga samarbeten med murare (Nycander och Bährner 1945). En av dessa murare var ”instruktören” Einar Leckström. I implementeringsarbetet som följer av forskningens nya rön har Leckström en betydelsefull roll under ca 20 år. Av författarna Nycander och Bährner framgår att handboken

Modern Putsteknik är författad i samråd med Leckström och ett 30 tal icke namngivna murare. I *Handbok om Mur och Putsbruk* är Leckström samarbetande part med kursledningen. Av forskningens tillvägagångssätt framgår att vägen att finna lösningen på problemet var att involvera och ta utgångspunkt i hantverket och dess kunskap om bruk och putsarbete. I handböckerna som skrivs under 1900-talet finns i relation till handböckerna under 1800-talet en påtaglig skillnad. Skillnaden är det framträdande kvantitativa förhållningssätt framför det kvalitativa vid definition av bruks delmaterial.

Av Nycander och Bährner (1955) framgår hur behovet av kvalitetssäkringen bidrar till allmänt giltiga bestämmelser för leverans av kalk och kalkbrukets procentuella innehåll av kalciumhydroxid. Behovet av kvalitetssäkringen medför att renare kalk rekommenderas i syfte att uppnå bestämbara halter av kalciumhydroxid i bruket. Släckning av byggnadskalk sker nu både i fabrik och på arbetsplatsen (e.g. Paulsson och Granholm 1953, Bährner 1956). Endast metoden för våtsläckning där kalken rörs ut till välling återges av Bährner, Paulsson och Granholm. Av Bährner, Paulsson och Granholms anvisningar framgår nu att balansen mellan för mycket eller för lite vatten inte längre påtalas. Tillkommit har emellertid en anvisning om att kalkens temperatur under släckningen skall hållas under kokpunkten. Detta regleras genom att tillsätta vatten, d.v.s. kyla reaktionen. Att för mycket vatten vid släckningen kan bidra till en sämre kvalitet påtalas inte längre (e.g. Stål 1854, Henström 1869).

I förmedlingen saknas nu delar av de olika variablernas inverkan, i detta fall vattnets mängd, som tidigare förmedlats som en viktig kunskap i relation till våtsläckning. Av skillnaden mellan

period 1 och period 2, sett i relation till metodernas bundenhet till kalkmaterialets variation framgår att en standardisering av kalken, bruket och metoden för släckning äger rum under period 2. Det kvantitativa förhållningssättet medverkar till att metodisk och materiel kunskapsbrist senare uppstår i ämnet. Kunskapsbristen identifieras av Hidemark och Holmström (1984). Av Hidemark framgår att otillräcklig kunskap i äldre hantverkstradition utgör en allvarlig brist i relation till underhåll av våra kulturhistoriska byggnader.

Hidemark, Holmström, Balksten och Konow ger uttryck för att det saknas kunskap om hantverkliga metoder samt att tekniska analyser inte kan överbrygga denna kunskapsbrist.

Under rubriken ”hantverk” skriver Hidemark:

”Förr pressades och trycktes bruket fast mot underlaget, segt klistrigt och pastalikt till konsistensen. Fjärran från vår egen tids blöta, vattenrika putsbruk som slås, kastas eller sprutas på. Vad betyder detta för kvalitén? Åter står vi svarslösa” (1984).

Enligt Hidemark överges arbetsmetoden och det klistriga pastaliknande bruket under 1700-talet. Vidare skriver Hidemark;

”Det är särskilt viktigt att studera denna traditionsbrytning. Den rymmer sannolikt många konsekvenser av teknisk eller arbetesekonomisk art. Kanske hänger den nya tekniken samman med en motsvarande förändring av kalkbrukens vatteninnehåll” (1984).

Under rubriken ”forsknings- och utvecklingsbehov” skriver Holmström att grundproblemet är att vi behöver kalkbruk för murning och putsning men att vi inte behärskar tekniken. Under rubriken ”dimensionering av fasad puts” skriver Holmström:

”Med ett visst utgångsmaterial kan man på ett hus med viss klimatbelastning få olika resultat genom att utföra arbetet på olika sätt. Det gäller allt ifrån framställningen av bindemedlet, hanteringen av detta, hanteringen av sanden, blandning en av detta, blandningen av bruket, putsningsmetodikerna och slutligen putsens efterbehandling. Vi vet ytterst lite om äldre tiders arbetsutförande. Hantverkstraditionen är bruten vad gäller kalkputs” (1984).

Under rubriken ”tillredning och putsning för och nu” skriver Holmström att ”släckningsmetoderna långt tillbaka i tiden är tämligen okända” (1984).

Konow pekar återkommande på forskningsproblematiken om bruk i relation till analysteknik. Av Konow framgår de tekniska analysernas distans/otillräcklighet till de äldre generationers hantverkliga metoder att framställa bindemedel och bruk:

”Trots god analysteknik är det inte möjligt att få exakta besked om brukets ursprungliga samansättning eller hur kalken behandlades innan det blandades i bruket” (1997).

Enligt Balksten (2005) har putshantverkarna i sitt dagliga arbete att ta hänsyn till förutsättningar som tillsammans bygger upp en komplexitet som det i dag är svårt att hitta vetenskapliga metoder för att undersöka.

Konow utvecklar inte hantverkets roll i sin avhandling. Konow framför kritik både till aktörer som utfört undersökningar i laboratorier och aktörerna på byggarbetsplatser. Någon specifik yrkesprofession pekas inte ut. I relation till laboratorieförsök framgår kritik som berör bristande vetenskaplighet. I relation till den diskussion som förs på byggarbetsplatsen skriver Konow att den bygger mer på myter och trosuppfattning än på kunskap om bruks egenskaper av betydelse vid restaurering.

Hantverkarens roll i den fortsatta forskningen

Av Hidemark framgår att en kunskapsmässig balans behöver uppnås då det är mycket svårt att genom tekniska undersökningar förstå det historiska materialet och metoderna. En möjlig väg att nå denna balans i ämnet är litteraturstudier av äldre generationers teknik att framställa och använda kalk, en sammanställning av materiallandskapet samt en översiktlig inventering av kända kalkugnar. Enligt Hidemark kan dessa studier bidra med ledtrådar i tekniska analyser. På samma sätt skriver Hidemark att tekniska analyser kan vara en hjälp att förklara en rad historiska tolkningsproblem men att det i allra högsta grad är en fråga om växelverkan. Enligt Hidemark kan studien utföras som ett lagarbete där arkitekter, naturvetare, kulturhistoriker och arkeologer samarbetar. Något förvånande är att hantverkare inte omnämns i lagarbetet då hantverkare kan ha perspektiv på informationen som inte är nåbar för andra professioner.

Under rubriken "forsknings- och utvecklingsbehov" redogör Holmström (1984) i rapporten *Kalkputs 2* för de viktigaste forskningsfrågorna i relation till kalkbruk. Holmström skriver att grundproblemet är att vi behöver kalkbruk för murning och putsning men att vi inte behärskar tekniken. Resultatet varierar oacceptabelt och mycket blir ibland rent dåligt, även om flertalet arbeten fungerar tillfredställande men Holmström tillägger att vi inte kan styra resultaten som vi skulle behöva. Föra att komma vidare i ämnets forskningsfrågor framgår av Holmström att det fortsatta forskningsarbetet tar utgångspunkt i mekaniska, kemiska och fysikaliska undersökningar. Enligt Holmström finns ett behov av att kunna beskriva den gamla och nya putsen i tekniska termer. Grunden för att detta ska vara möjligt menar Holmström är att nya prov-

ningsmetoder utvecklas för att kunna beskriva de mekaniska och fukttekniska egenskaperna hos putsen. I förhållande till de sju angelägna forskning- och utvecklingsuppgifter som Holmström beskriver är det tydligt att hantverkaren har en underordnad roll eller rättare sagt är ett komplement. Av Hidemark och Holmström och den beskrivna forskningsinriktningen och kunskapsämnets indelning förstås att kunskapsbristen om kalk kan angripas separat skild från hantverkets utövande. Forskningens upplägg är i direkt motsats till forskningsinriktningen under 1940- och 50-talet som involverar och utgick från hantverket i sin praktik.

Av den valda byggnadsvårdslitteraturen framgår att det ur ett historiskt perspektiv saknas kunskap om hantverkliga metoder och samverkan mellan material och metoder. I likhet med andra professioner så inrymmer murhantverket kunskap som för utomstående är svårare att skapa sig en förståelse om. Av Balksten och Klasén (2005) och studien *The influence of craftsmanship on the inner structures of lime plaster* framgår hur hantverklig erfarenhet kan ringa in ett beständighetsproblem som i kombination med ingenjörsvetenskapliga analysmetoder kan påvisa och tydliggöra hur hantverket kan inverka på kalkbrukets beständighet i en specifik del av putsningsprocessen som för en icke fackman är dold, då problemet uppstår i relation till tid och brukets tillstyvnande – ett tillstånd som därtill kan variera kraftigt beroende på bl.a. underlag, putsens tjocklek samt ballastens innehåll och storlek. Av Balksten (2009) framgår ett vidare utvecklat forskningssamarbete med omnämnda hantverkare, detta med anknytning till avhandlingsarbetet 2005, 2007. Av Konow (2014) framgår också ett vidare utvecklat samarbete med omnämnd hantverkare. Sammantaget ger det en bild av att ett trendbrott är på väg att ske där

hantverkare och ingenjörer är på väg att mötas i det gemensamma behovet av kunskap i ämnesområdet. På samma sätt som för ingenjören är det viktigt att hantverket ges möjlighet att ta fram ny kunskap genom de förutsättningar som formuleras av hantverkets praktik. I linje med det trendbrott som kan skönjas har Göteborgs universitet, institutionen för kulturvård, under de senaste åren bedrivit forskarutbildning med hantverklig inriktning. Utbildningen har resulterat i ett flertal publicerade arbeten: *The invisible tools of a timber framer: a survey of principles, situations and procedures for marking* (Lassen, Ulrik Hjort 2014), *Trädgårdsmästarens förökningsmetoder: schema och katalog över förökningsdelar vid vegetativ förökning av fleråriga örtartade växter* (Westerlund, Tina 2013) och *Ramverksdörr: en studie i bänksnickeri* (Karlsson, Tomas 2013). Genom Hantverkslaboratoriet, Göteborgs universitet, har ett stort antal publikationer givits ut där olika yrkeshantverkare bidrar med reflektioner, observationer och erfarenhet (se Almevik, Gunnar, Höglund, Sara och Winblad, Anna 2014).

Resultat av delstudien

- Under 1800-talet så förmedlas hantverkets terminologi, material och metoder kvalitativt. Under period 1 påbörjas ett paradigmskifte (kvalitativt övergår till kvantitativt förhållningssätt) i relation till att definiera material.
- Handböcker och byggindustriell litteratur under 1800- och 1900-talets mitt bygger på hantverklig kunskap som hantverkare bidragit med att producera. Emellertid omnämns vanligen inte hantverkarens namn eller yrkestillhörighet. Ett exempel på avidentifiering är att Leckström omnämns som "instruktör" i handböckerna *Modern putste-*

knik och *Handbok om murbruk och putsbruk*. Men vad han är instruktör i omnämns inte.

- Under byggnadsvårperioden (period 3) så är det ingenjörer och arkitekter som kan kopplas till byggnadsvården. Ingenjören Holmström är tydligt materialinriktad medan arkitekten Hidemark förstår hantverkets betydelse och påpekar att materialets nära anknytning till naturvetenskapliga metoder har ett övertag gentemot hantverkliga frågeställningar. Som en konsekvens utformas en forskningsinriktning som är direkt kopplad till naturvetenskapliga metoder men skild ifrån hantverket. Emellertid påbörjas med Balksten (2005, 2007) och senare Konow (2014) en förändring av forskningens ansats där hantverkaren har en mer framträdande roll.
- Literaturanalysen visar att under 1800-talet utgör hantverkarens kunskap ett gemensamt och viktigt ämnesområde för hantverkare, ingenjörer och arkitekter. Det är högst rimligt att den kunskap som återges speglar samtida praxis för de metoder och materialsammansättningar som beskrivs. Det bekräftas av att de är utformade som läromedel för hus, lantmanbyggnad samt vattenbyggnadskonstruktion. Literaturanalysen visar också att hantverkarna haft en betydelsefull roll i forskning om bruk under 1900-talets mitt samt i utformningen av de handböcker som forskningen resulterar i.

Kapitel 4
Fördjupad litteraturanalys
- våtsläckning av kalk i ett historiskt och nutida perspektiv

4.1 Inledning

Våtsläckning av kalk är en av flera metoder som historiskt har använts för att framställa bindemedel för byggnadsändamål. Våtsläckt kalk är med stöd av att vara ett autentiskt material vid putsrestaureringar fortfarande ett viktigt material för kulturminnesvården. Jämförande studier av våtsläckningsförfarandet och dess inverkan på bruk och färdig puts har inte gjorts i modern tid. En ökad kunskap om våtsläckt kalk kan bidra till att minska de skador som fortfarande är förknippade med kalkputs. Enligt Hidemark och Holmström (1984) saknas kunskap om historiska släckningsmetoder och på vilket sätt det påverkar bruket. Enligt Konow (1997) saknar vi bland annat klart definierade metodbeskrivningar av släckningsmetoder.

I den övergripande litteraturanalysen återges flera olika metoder att våtsläcka kalk. Av de oli-

ka metoderna framgår skillnader i hur mycket vatten som tillsätts och hur vattnet tillsätts. Av Stål (1854), Henström (1869), Holmström (1984), Konow (1997) och Balksten 2005, 2007) framgår att släckningsvattnets mängd och temperatur har stor inverkan på kalken och brukets egenskaper så som t.ex. sprickbenägenhet, arbetbarhet mm. Av de metodbeskrivningar som förmedlas under de 3 perioderna framgår att de i flera fall är fragmentariskt återgivna eller att metoden endast benämns. I flera fall saknas reflektioner i relation till metodens uppbyggnad. Särskilt framträdande är detta under period 3 (byggnadsvårdsperioden). Detta medför att den påverkan av vattnets mängd och temperatur som förmedlas under period 3 står utan relation till de olika arbetsmoment som metoden är uppbyggd av. I handböckerna un-

der 1800-talet (period 1) återges reflektioner om hur för mycket eller för lite vatten påverkar kalkens släckning samt hur släckningsvattnets mängd påverkar kalken och brukets egenskaper. Under period 2 saknas motsvarande information. Emellertid återges under period 2 information om att kalkens temperatur vid släckningen skall hållas under kokpunkten genom att tillsätta vatten för att kyla reaktionen. Motsvarande information återges inte under period 1 och 3. Den samlade informationen under de tre perioderna ger varierande men också ofullständig information om metoder och metodernas uppbyggnad samt hur vattnet inverkar på metoderna. Den varierande och ofullständiga informationen tillsammans med uppgifterna om att vattnet har stor inverkan på kalkens egenskaper utgör bakgrund till den fördjupade studien i våtsläckning.

I detta kapitel analyseras släckningsmetoder i ett historiskt och nutida perspektiv. Analysen av litteratur är avgränsad till att studera olika författares beskrivningar av hur kalk släcks och hur släckningsförfarandet inverkar på det färdiga bruket. I huvudsak är det våtsläckning som studeras. En ny metod för våtsläckning som utvecklats vid Göteborgs universitet (Eriksson-metoden) presenteras och jämförs med äldre metoder. Syftet med den fördjupade litteraturanalysen är att belysa, analysera och diskutera våtsläckningsmetodens inverkan på bruket och den färdiga putsens egenskaper. Avsnittet innehåller följande delsyften:

1. Belysa olika författares principer, metoder och antaganden om våtsläckningsmetodens inverkan på bindemedlet och det färdiga brukets egenskaper.

2. Analysera dessa författares principer/metoder/antaganden genom att jämföra mot egna empiriska erfarenheter av våtsläckning.
3. Påvisa och diskutera hur olika våtsläckningsmetoder kan inverka på bruk och den färdiga putsens egenskaper.

De författare vars syfte varit att återge släckningsmetoder som tillämpas på byggarbetsplatsen är inplacerade under rubriken "Litteratur som beskriver släckningsmetoder i praktiken", de författare som beskriver laboratorieundersökningar är inplacerade under rubriken "Forskning baserad på laboratorieundersökningar".

Syftet med denna indelning är dels att i sammanställningen av den litteratur som beskriver släckning i verkligheten kunna identifiera skillnader och likheter i de beskrivna våtsläckningsmetoderna, dels att utvärdera huruvida den metod som beskrivs av Bährner (1956) i *Handbok om Murbruk och Putsbruk* kan bedömas representera en traditionell metod. Verifiering av Bährners metod bottenar i behovet av en representativ metod för våtsläckning med överskott på vatten i den jämförande fallstudien.

4.2 Litteratur som beskriver släckningsmetoder i praktiken

Av de samlade författarnas beskrivningar framgår skillnader i beskrivningen av släckningsförfarandet. Den huvudsakliga skillnaden ligger i hur mycket vatten som används vid släckningen och vilken funktion det tillsatta vattnet har. Skillnaden är så markant att det är fråga om två olika våtsläckningsmetoder som beskrivs. I den metod som är mest förekommande i de tidigare återgiva beskrivningarna (kapitel 3) tillsätts så mycket vatten att kalken blir rinnande

(e.g. Bährner 1956, Paulsson och Granholm 1953). Försättningsvis benämns denna metod som den traditionella metoden. I den andra metoden resulterar släckningen i en kalk med en fastare konsistens samt att mängden vatten som används är avstämd i förväg (Henström 1869) denna metod benämns fortsättningsvis som våtsläckning med avstämd mängd vatten.

Den traditionella metoden

Den traditionella metoden innehåller fyra huvudsakliga arbetsmoment som direkt följer på varandra. Dessa är:

1. Vatten tillsätts till kalken successivt under släckningen under kontinuerlig omrörning.
2. Den släckta kalken har först en fastare konsistens som sedan späds med vatten i sådan mängd att kalken blir rinnande (tunn välling).
3. Den utspädda kalken passerar sedan en sil.
4. Den silade kalken överförs till en annan lave och förvaras där sedan en kortare eller längre tid för att säkerställa att kalken är helt släckt. I laven sjunker kalken till botten och bildar en deg.

Författarna Sjöblad (1750), Rothstein (1890), Karlsson (1907) och Bährner (1956) beskriver dessa fyra arbetsmoment och är väl överensstämmande i sina beskrivningar (metoden beskriv av Bährner fig. 18). Ståls (1854) metodbeskrivning överensstämmer inte helt med alla de fyra arbetsmomenten. Vicat (1837) är övergripande och fragmentarisk i sin beskrivning. Henström (1869) å andra sidan beskriver inte den traditionella metoden.

Avvikelse i Stål och Vicats beskrivning av den traditionella metoden

Stål beskriver de fyra arbetsmomenten, men i beskrivningen förkommer ingen information om hur vattnet tillsätts eller om någon omrörning av kalken sker i det första momentet, d.v.s. släckningsmomentet. Det är tydligt att Stål ser utspädning, silning och lagring av den släckta kalken som en ytterligare beredning av släckt kalk, oavsett om det är torr- eller våtsläckt kalk som används. Av Ståls beskrivning framgår att släckningen även kan utföras i direkt anslutning till arbetsmomenten utspädning, silning och lagring.

Av skillnaderna i Ståls beskrivning framgår att det finns två metoder att våtsläcka kalk. Dels den traditionella, samt en metod där den våtsläckta kalken ej späds ut och silas. Stål beskriver inte vilken konsistens den släckta kalken har innan den späds ut. Men av momentet utspädning förstås kalken innan haft en styvare konsistens.

I Vicats beskrivning av den traditionella metoden framgår att kalken kastas i en ordentligt tilltagen mängd vatten, d.v.s. allt vatten tillsätts på en gång. Resultatet är enligt Vicat en kalkpasta som sedan späds ut till en mjölkliknande konsistens. I Vicats beskrivning förkommer inga uppgifter om att kalken rörs om under släckningen, någon silning av kalkmjölken beskrivs inte. Det går heller inte att få någon uppfattning om huruvida utspädningen sker i direkt följd efter släckningen.

Inverkan av mängden vatten vid släckning

Av Hökeberg (1939) framgår att om för mycket vatten vid våtsläckning tillsätts med en gång "dränks" kalken och den sönderdelas och släcks ej fullständigt. Enligt Hökeberg beror detta på

att kalken kyls så mycket att den erforderliga temperaturen ej uppnås. Av detta skäl skriver Hökeberg att ungefär 2/3 av vattnet tillsätts först till kalken, därefter undan för undan. Om kalken inte släcks helt och det finns osläckta korn kvar i kalkpastan kan de osläckta kornen sedan expandera och ge upphov till skador i den färdiga putsen (e.g. Paulsson 1936, Holmström 1984). Nedanstående författare beskriver bristande sönderdelning eller att kalken ”dränks” som en effekt av att för mycket vatten är använd vid släckningen.

”Vattnet måste dock tillsättas så småningom eljest blir värmen otillräcklig och kalken sönderdelas ej, blir dränkt” (Valfrid Karlsson 1907).

”Tillsätts åter för mycket vatten så kan kalken ej erhålla den värmegrad som är nödvändig för dess fullständiga släckning och bliver då delvis osläckt eller dränkt”. När kalken likasom kokar omröres massan väl, kalkstyckena sönderslås med kalkrakan och mera vatten tillsättes småningom till dess att den släckta kalken bildar en vit tjockflytande välling” (Rothstein 1890).

”För mycket vatten har åter den olägenheten att kalken, så att säga, dränks, emedan det förmyckna vattnet hindrar den erforderliga värmeutvecklingen” (Henström 1869).

Som anledning till att kalken inte släcks helt beskrivs av Hagerman (1946) att vattenbrist kan uppstå i kombination med hög temperatur. Ofullständigt släckt kalk på grund av vattenbrist kan ge upphov till samma skador som när för mycket vatten används. Av nedanstående författare framgår att för lite vatten vid släckningen inverkar på kalkens släckning. De ord som används är *sönderdelning*, *upplösas* samt *sönderfaller*. Med stöd av Hagerman (1946) samt textens sammanhang bedöms de använda *orden* relatera till att kalken inte släcks fullkomligt.

”Har man från början tillsatt för lite vatten så stiger hettan betydligt varigenom kalkdelarna sammanbakar sig och icke upplösas, eller kalken bliver förbränd” (Rothstein 1890).

”För lite vatten är mycket skadligt, emedan kalken genom den allt för starka hettan bokar sig tillsammans i små stycken liknande grus” (Henström 1869).

”Rik kalk, när den tillsätts mycket vatten, kan ibland släckas till torrhet i vissa delar av behållaren där vattnet endast når in i en liten mängd. Om vi plötsligt ytterligare tillsätter vatten till de delar som är släckt till torrhet, förorsakar det ett vässande ljud liknande glödande järn i vatten, och vad som är anmärkningsvärt är att kalken sönderfaller mycket ofullständigt och fortsätter så att vara” (Vicat 1837, egen översättning).

”Tages för lite därav, så upplöses inte kalken tillräckligt, och om man hastar med murbrukets beredning, kan lätt hända, att det flera timmar efter förbrukningen blir varmt, sväller och fördärvar muren” (Stål 1854).

Följande författare skriver att för mycket vatten vid släckningen kan ha negativ inverkan på det färdiga bruket. I denna beskrivning finns inget orsakssammanhang till att kalken skulle vara ofullständigt släckt.

”ett överskott sväller ut kalken som förblir ljus, porös, spröd och krymper inte proportionellt vid torkningen. Putsbruk blandad med tunn eller styv kalk visar ett tydligt exempel på detta faktum” (Vicat 1837, egen översättning).

”Genom för mycket vatten dränkes kalken, blir svår att blanda med de övriga ämnena, och murbruket torkar mycket långsamt” (Stål 1854).

Ingen av författarna beskriver någon negativ påverkan på bruket som följd av att för lite vatten är använd vid släckningen då kalken är ordentligt släckt. Författarna Vicat, Stål, Henström,

Rothstein och Karlsson skriver att användningen av för mycket vatten vid släckningen inverkar negativt på kalkens släckning. I Vicats fall att vattenbrist har uppstått i vissa delar av den brända kalken. I Rothsteins och Karlssons fall så blir beskrivningen något motsägelsefull då dessa bägge författare beskriver den traditionella våtsläckningen där mycket vatten används i processen. Men det förklaras av att en del av vattnet tillsätts efter att släckningen är utförd i det andra steget där det tillsatta vattnet har till uppgift att ge kalken en rinnande konsistens. Bährner och Sjöbladskriver ingen negativ effekt på den släckta kalken eller det färdiga bruket av att för mycket eller för lite vatten är använd vid släckningen.

Bährner skriver att för hög temperatur vid släckningen är skadlig för kalken, men i vilket hänseende hettan är skadlig skriver han inte. Uppgiften om temperaturens skadliga inverkan förklaras av Ståls, Vicats, Henströms och Rothsteins som skriver att kalken blir ofullständigt släckt av för hög hetta på grund av att för lite vatten är använd eller att vattenbrist uppstår vid släckningen. Enligt Bährner bör temperaturen under släckningen hållas strax under kokpunkten. Detta görs enligt Bährner genom att vatten tillsätts successivt under kontinuerlig omrörning. Syftet med omrörningen förklaras vara att underlätta för vattnet att komma i kontakt med den osläckta kalken. Beskrivningen av omrörningen är väl överensstämmande med Sjöbladsk, Rothstein och Karlssons beskrivning av släckningsförfarandet vid den traditionella metoden. Av Vicat framgår att reaktionen avstannar när vattenbrist uppstått samt att det sedan är svårt att starta reaktionen igen genom att tillsätta mer vatten.

Våtsläckning med avstämd mängd vatten

Våtsläckning med avstämd mängd vatten skiljer sig i förhållande till den traditionella metoden på så vis att vattenmängden är avstämd på ett sådant sätt att den släckta kalken först bildar en tjockare koncistens deg, gröt eller pasta, att den släckta kalken sedan inte späds till rinnande konsistens och silas samt att kalken av författarna att döma inte rörs under släckningen. Denna släckningsmetod beskrivs av Vicat och Henström. Av Vicat framgår hur vattnet tillsätts:

”När vi vill framställa en släckt kalk av god kvalitet t.ex. för kalkmålning av väggar skall vi till en början använda en tillräckligt stor mängd vatten för att undvika nödvändigheten av att fylla på vatten när kalken bubblar eller snarare skall vattnet tillsättas försiktig runt de torra styckena som av sig själv kommer att ta upp vattnet” (Vicat 1837, egen översättning).

Enligt Vicat ska en på förhand avstämd mängd vatten användas för att inte senare behöva tillsätta ytterligare vatten. Vidare framgår av Vicat att inte mer vatten skall tillsättas kalken än vad som krävs för att omvandla kalken till styv pasta. Enligt Vicat så har mängden vatten som används vid släckningen stor inverkan på kalkpastans hårdhet. Vicat poängterar återkommande betydelsen av att kalkpastan ska ha en styv konsistens efter att kalken är släckt. Enligt Vicat ger den utspädning som förekommer i den traditionella metoden upphov till att bindemedlet tappar en stor del av sina bindande egenskaper samt att bruk baserad på kalk som släckts med den traditionella metoden krymper mer. Vidare skriver Vicat att när för mycket vatten är använt vid släckningen, blir det färdiga bruket ljus i sin färg, porös och spröd. Vicat skriver att bruk som blandas på tunn och styv kalk påvisar hur kalkpastans styvhet inverkar på brukets egenskaper.

Enligt Stål inverkar användandet av för mycket vatten vid släckningen av kalken till att murbrukets ämnen blir svåra att blanda med varandra samt att bruket torkar långsammare.

Inverkan på brukets kvalitet av den mängd vatten som tillsätts vid blandningen.

Vid blandning av bruk skriver Stål att sedan kalken är släckt ska minsta möjliga vatten tillsättas vid murbruksberedningen. Av mera vatten blir murbruket sämre, torkar långsammare, bibehåller sig sämre i vatten och blir ömtåligare för frost. Av Henström framgår att mer vatten än vad som finns i kalkpastan ej behöver tillsättas vid blandningen av bruket. Att tillsätta vatten vid blandningen av bruket bidrar till att bruket spricker mer. Av Henströms metodbeskrivning för våtsläckning av lufthårdnande kalk (metod 1) framgår att den mängd vatten och kalk som ska släckas ska vara avstämd mot varandra i vikt. Samt att allt vatten tillsätts på en gång. För att ta reda på viktförhållandet redogör Henström för en metod. Resultatet av metoden visar på vikten vatten som ska användas i förhållande till vikten kalk. Den beskrivna metoden ger ingen information om konsistensen på den kalkpasta som sedan är släckt genom denna avstämning. Av Henströms beskrivning framgår att allt vatten tillförs det kar vari släckningen kommer att ske, därefter hålls kalken i vattnet. Det omvända du-ger ej enligt Henström, varför nämner han inte. Vicat skriver att mer vatten än vad som är nödvändigt för att släcka kalken till en styv pasta inte skall tillsättas. Vidare skriver Vicat att det alltid finns möjlighet att tillsätta vatten om så behövs vid användningen av bruket.

Avvikelse i Henströms beskrivning i förhållande till Vicats beskrivning av våtsläckning med avstämd mängd vatten.

Vicats skriver inget om att kalken/kalkdegen ska omröras under släckningen. Av Vicats beskrivning att döma så rörs inte kalken under släckningen varför det är högst troligt att någon omrörning inte sker. Av Henströms beskrivning framgår att kalken: ”få kvarbliva till dess hettan avtagit, vilket kan dröja från 6-48 timmar, allt efter kalkens egenskaper” (Henström 1869). Av Henström framgår ingen uppgift om att kalken omrörs undersläckningen. Det som talar för att någon omrörning inte ska ske under släckningen tar stöd i Henströms beskrivning av våtsläckning av hydraulisk kalk (metod 4). I inledningen till metod 4 hänvisar Henström till metod 1 (våtsläckning av lufthårdnande kalk):

“En till kalkmängden passande mängd vatten (se under första metoden) slås uti ett kärl och kalkmjölet därefter på en gång uti, var-efter massan starkt och hastigt omröres varje kvartstimma under en timmas tid. Emellan omrörningarna betäckes kärlet med bastmat-tor. Här efter lämnas massan i ro 6-48 timmar, allt efter kalkens (se under första metoden) beskaffenhet” (Henström 1869).

Därefter kompletteras metod 4 med de moment som skiljer metoderna åt. Kompletteringen innehåller bland annat omrörning av kalken under släckningen. Om det hade varit av betydelse för släckningsförfarandet vid metod 1 så är det högst troligt att Henström inte uteslutit omrörning i sin beskrivning när beskrivning av omrörning förkommer i metod 4.

4.3 Analys av litteratur som beskriver undersökningar av släckning i laboratorium.

Den traditionella metoden

För att efterlikna de förhållanden som råder i praktiken (Sverige) konstruerar Hagerman (1946) en laboratoriesläckare för sina studier av släckningsrester i kalk (osläckta korn). Hagermans metodbeskrivning för släckning av kalk på byggarbetsplatsen är fragmentarisk det som framgår är att kalken släcks under omrörning samt att den släckta kalkvällingen silas. Följande metodbeskrivning av Hagerman avser kalksläckning i fabrik:

”Vid fabrik ifylles vanligtvis styckekalk i ett cylindriskt släckningskärl, var efter vatten i stort överskott tillsättes, och massan omröres. Sedan kalk och vatten nått kokningstemperatur och ångbildning pågått i en timmes tid, avtappas kalkvällingen från släckningsapparaten och uppsamlas efter fränsilning av grövre partiklar i lagringsbasänger, i vilka sedan kalkdegen, oegentligt benämnd syrkalk, under loppet av några dagar avsätter sig.” (Hagerman 1946).

Beskrivning är inte överensstämmande med de övriga författarnas beskrivning av den traditionella metoden.¹ Skillnaden ligger i att allt vatten tillsätts kalken med stort överskott på en gång samt att det saknas uppgifter om att kalken rörs om i metodbeskrivningen, emellertid framgår av Hagerman att så sker i andra delar av hans text. Hagerman beskriver alltså inte släckningsmomentet där kalken blir till deg och först därefter späds ut till en tunn välling. I relation till snabb, normal och långsamt släckande kalk redogör Hagerman för hur våtsläckning utförs i USA. Hagerman skriver att när den snabbt släckande kalken skall våtsläckas tillsätts kalken vattnet

samt att det måste tillses att ångbildning ej äger rum vid eventuell ångbildning tillsätts mera vatten. För den normalt släckande kalken tillförs vattnet till kalken, till en början så mycket att den når upp till kalk högens halva höjd. Vid begynnande ångbildning genomhackas kalken. Ytterligare vatten tillsätts under hand i små portioner, tills degen erhåller en lämplig konsistens. För långsamt släckande kalk tillsätts endast så mycket vatten att den blir genomfuktad. Små vattenmängder tillsätts under hand, sedan reaktionen kommit i gång utan att nämnvärd avkylning äger rum. I beskrivningen av de första och sista metoderna från USA återges ingen information om att kalken rörs under släckningen. I de beskrivna metoderna från USA återges inte i något fall att kalken späds till rinnande konsistens. Av Hagermans uppgifter framgår att metoderna att släcka kalk i Sverige och i USA skiljer sig tydligt åt, framför allt i relation till den mängd vatten som används och hur vattnet tillsätts samt att den släckta kalken är i form av deg och inte vidare späds med vatten som i Sverige.

Temperaturens betydelse samt släckning genom inverkan av vattenånga

Under rubriken ”Allmänna frågor beträffande släckning av kalk” skriver Hagerman att det svåraste problem som släckningsmetoden har att bemästra är att säkerställa att vattnet når in i den brända kalkens innersta delar. Hagerman skriver att problemet består i att temperaturen vid släckningen blir hög, vilket lätt kan medföra att vattenbrist uppstår, då vattnet stöts ut ur kalkstyckenas inre delar i form av ånga innan hydratbildning hunnit uppstå. Hagerman skriver att detta är ett problem vid torrsläckning, men vid våtsläckning

1. Metoden är väl överensstämmande med Holmström (1984) och metodbeskrivningen för Våtsläckning av kalk på Gotland.

är det ett mindre problem speciellt då omrörning kan ske och vatten finns i överskott. Av Hagerman framgår att det bildade hydratet vid släckningen i sig motverkar vatteninträngningen:

”Sedan hydratbildningen ägt rum i grövre porer och i styckenas yttre områden, är införandet av vatten betydligt svårare än i de helt osläckta kalkstyckena. I styckenas inre delar beror detta på den begynnande volymutvidgningen, som äger rum när oxiden överförs till hydrat och som ej alltid hinner kompenseras av sprickbildning i styckena. Runt kring styckena bildas däremot ett mycket uppsvällt ”dunskikt” av poröst hydrat, vilket i detta tillstånd endast är obetydligt vattensugande. För att på nytt få in vatten i halvsläckta och genom överhettning torras tycken tillgripas sådan förfaringsätt som mekanisk omrörning eller släckning med vatten ånga under övertryck” (Hagerman 1946).

Hagerman skriver att torrsläckningsmetoden i allmänhet bör inrättas så att en effektiv första inträngning av vatten sker i kalkstyckena, detta för att motverka att vattenbortstötning sker från kalkstyckenas inre delar samt att förbättra inträngningen av vatten eller ånga genom ett eventuellt bildat poröst hölje av delvis släckt kalk. Hagerman beskriver ett antal faktorer som i viss mån är reglerbara för att höja eller sänka släckningstemperaturen allt efter behovet. Av Hagerman att döma så avser tillämpningen av dessa faktorer i huvudsak att gälla för torrsläckning.

1. Uppvärmning respektive avkylning av ingredienserna före sammanslagning.
2. Isolering (ev. uppvärmning) respektive bortförande av reaktionsvärme. Skalan i vilken släckningen utförs är av stor betydelse.
3. Sparsam respektive riklig tillsättning av vatten vid släckningens början. Avvägning av lämplig total vattenmängd.

4. Kvarhållande av vattenånga under övertryck.
5. Måttligt finkornig och lämpligen graderad respektive tämligen grovkornig kalk.
6. Mekanisk omblandning.
7. Snabbt respektive långsamt sugande por-system hos kalken kan i vis mån regleras genom bränningen.

I relation till lämplig temperatur vid släckning skriver Hagerman att erfarenheter från praktiken och laboratoriesläckningar har visat att ett gynnsamt utbyte av släckningen erhålls först inom temperaturområdet 50-100 C° för de svenska kalksorterna. Hagerman skriver att en rimlig förklaring till temperaturområdet är att vattenmolekylerna inte förmå intränga i finstrukturen under en för kalksorten karakteristisk temperaturgräns. I relation till gynnsam temperatur för kalkens släckning framgår av Hagerman att självsläckt eller halvsläckt kalk hämmar en effektiv släckning genom att kalken inte når in i det för kalken gynnsamma temperaturområdet.

Hagermans studier av torrsläckning visar på att ångbildningen bidrar till en snabbare temperaturstegring. Med utgångspunkt från temperaturstegringen förfaller det enligt Hagerman finnas ett vagt samband mellan den utvecklade reaktionsvärmens och graden av omedelbar släckning. En av flera möjligheter att höja temperaturen är enligt Hagerman genom kvarhållande av vattenånga under övertryck (faktor 4). Metoden är enligt Hagerman också användbar för att förbättra inträngningen av vattenånga i delvis osläckta korn.

Våtsläckning med avstämd mängd vatten

Enligt Hagerman så är möjligheterna till variation av släckningsmetoden ej så stora vid våtsläckning som vid torrsläckning. Kort och övergripande skriver Hagerman att:

”kalken kan sättas till vattnet eller vattenmängden tillsätts kalken mer eller mindre långsamt i släckningskärlet, så att släckningsförloppet får utveckla sig på bästa möjliga sätt” (1946).

Uttalandet om möjligheten till variation av våtsläckningsmetoden samt att allt vatten i Hagermans metodbeskrivning tillsätts i stort överskott ger tillsammans en något generaliserande och motsägelsefull information. Detta sett dels i relation till Hagermans redogörelse för olika våtsläckningsmetoder från USA samt att de faktorer som beskrivs vara tillämpliga vid torrsläckning i lika stor utsträckning är tillämpliga vid våtsläckning med den skillnaden att vattenmängden stäms av så att slutprodukten är våt. Exempelvis så framgår av faktor 3 att mängden vatten kan avstämmas på förhand samt att temperaturen (faktor 1) på det ingående materialet kan regleras innan de förs samman.

Kalkdegens innehåll av vatten och dess påverkan på bruket

Hagerman skriver att ett mycket viktigt kriterium vid släckning är den kornfinhet till vilket den släckta kalkens nedbringas. Av detta skäl utgör släckningsresternas kornstorlek och mängd en central plats i Hagermans studier. Av Hagermans studier av släckningsresternas mängd och kornstorlek framgår att våtsläckning är den metod som ger den finaste kornstorleken och den minsta släckningsresten mätt på en sikt av 0,3 mm. I studien ingick två metoder för torrsläckning och en metod för våtsläckning. Enligt

Hagerman finns en tydlig koppling mellan vattenhalten i kalkdegen och negativa egenskaper i bruket som degen är gjord av. Dessa negativa egenskaper består av att bruket blir mer poröst och krymper mer. Egenskaperna blir mer utmärkande i bruk baserade på ren kalk då de ofta är finkorniga och kan av den anledningen hålla mer vatten. Hagerman beskriver ingen variation av våtsläckningsmetoden för att förändra kalkdegens vattenhalt. Samtidigt är han medveten om att kalkdeg med högt vatteninnehåll ger bruk med kvalitativt sämre egenskaper. Hagerman koncentrerar det metodiska arbetet till torrsläckningens problematik med släckningsrester. Av allt att döma beror det på att våtsläckning ger mindre osläckta korn och mindre mängd släckningsrester.

4.4 Slutsats av den fördjupade litteraturanalysen.

Våtsläckning med avstämd mängd vatten beskrivs av Vicat (1837) och Henström (1869). Metoden skiljer sig på ett flertal punkter från den traditionella våtsläckningsmetoden. Skillnaden utgörs av att den släckta kalken inte späds till en lösare konsistens för att sedan silas, vattenmängden som skall användas är på förhand avstämd så att kalken bildar en gröt eller pasta, allt vatten tillsätts på en gång (Henström) eller mycket sakta i takt med att kalken suger upp det tillsatta vattnet (Vicat), samt att kalken inte rörs om under släckningen. Avstämning av mängden vatten bör innebära dels att vattenhalten i den släckta kalken blir mindre dels att reaktionen och värmeutvecklingen blir mer intensiv än om ett överskott på vatten hade använts allt beroende på mängden vatten och kalkens reaktivitet. Enligt Bährners (1956) redogörelse för den i tra-

ditionella våtsläckningsmetoden tillsätts vattnet under släckningen undan för undan. Syftet är att kyla kalken/reaktionen så att den håller sig strax under kokpunkten.

Av beskrivningarna framgår två helt olika metoder och synsätt på metodens verkan i relation till den temperatur som utvecklas vid släckningen. Av Bährners redogörelse för den traditionella släckningen framgår att släckningens temperatur ska hållas strax under kalkens kokpunkt. Någon beskrivning om att kalken inte får koka under släckningen förkommer inte i 1800-talets handböcker. Att kalken kokar vid släckningen beskrivs av Rothstein (1890). Enligt Hagerman (1946) är faran med för hög temperatur att utstötning av vattnet sker ur den brända kalkstenens porer med ofullständig släckning som följd. Problemet relaterar Hagerman i huvudsak till torrsläckning och i mindre grad till våtsläckning, speciellt om omrörning sker under släckningen. Enligt Hagerman är möjligheterna till variation av våtsläckningsmetoden inte lika stora som vid torrsläckning. Uttalandet är något motsägelsefullt då flera av de faktorer Hagerman beskriver är användbara för att höja eller sänka släckningstemperaturen även vid våtsläckning. En av dessa åtgärder (faktor 3) avstämning av mängden vatten är väl överensstämmande med Vicats och Henströms beskrivning av metoden för våtsläckning med avstämd mängd vatten.

Sett till de båda metoderna tycks de olika metoderna ha fördelar och nackdelar med avseende på att vattenbrist kan uppstå med ofullständig släckning som följd. I fallet med den traditionella metoden så motverkas att vattenbrist uppstår genom stort vatten överskott och omrörning. I fallet med våtsläckning med avstämd mängd vatten så bör denna risk ha varit större när vat-

tenmängden är mindre och någon omrörning ej sker av författarna att döma. Emellertid är en jämförelse av metoder svår att göra beroende på att de metodbeskrivningar som finns om våtsläckning med avstämd mängd vatten inte är överensstämmande. Därtill så är det i Vicats fall svårt att få någon uppfattning om hur mycket vatten som sätts till. Det samma gäller för den av Hagerman återgivna metoden (från USA) vid släckning av långsamt släckande kalk.

Författarna Sjöbladh (1750), Rothstein (1890), Karlsson (1907) och Bährner (1956) är de författare som tydligast redogör för den traditionella våtsläckningsmetoden. Henström (1869) beskriver ej denna metod. Överensstämmelsen verifierar att Bährner återger en 200-årig tradition av våtsläckning. Det förfaller som om att även Stål (1854) och Vicat (1837) beskriver den traditionella våtsläckningsmetoden, men saknar delar i beskrivningen. Bedömningen att Stål och Vicat beskriver den traditionella metoden bygger på författarnas beskrivning att den släckta kalken först har en styvare konsistens som sedan med vatten späds till rinnande konsistens. Hagermans (1946) metodbeskrivning för hur släckning på arbetsplatsen utförs är övergripande och fragmentarisk. Av metodbeskrivningen från fabrik framgår att den skiljer sig från den traditionella då kalken inte först släcks till en fastare konsistens. Metoden kan ses som en variant av den traditionella då kalken i likhet med den har en rinnande konsistens innan den lagras.

Av de samlade författarnas information framträder tre metoder, dels den traditionella och en variant av den samma som beskrivs av Hagerman (1946) och Holmström (1984), samt våtsläckning med avstämd mängd vatten. Av Hagermans uppgifter framgår att det finns tyd-

liga metodiska skillnader mellan hur kalken våtsläcks i Sverige och i USA. Tydligast framträder skillnaden i att kalken efter släckning inte späds till rinnande konsistens. I detta avseende är de återgiva beskrivningarna från USA väl överensstämmande med Henström men också Stål i det fall den släckta kalken inte ytterligare späds ut. Av Henströms metodbeskrivning framgår att vattenmängden ska avstämmas mot kalkmängden. Enligt Vicat ska den mängd vatten som går åt för att bilda en styv pasta tillsättas försiktigt, nästan omärkligt. Denna beskrivning av Vicat är väl överensstämmande med Hagermans redogörelse av hur långsamt släckande kalk släcks i USA. Av Hagermans uppgifter framgår att vattnet tillsätts i relation till att kalken skall bilda en deg eller att kalken blir genomfuktad. Av metodbeskrivningarna från USA återgivna av Hagerman framgår att våtsläckningsmetoden förändras i relation till kalkens reaktivitet. I huvudsak avspeglar det sig i mängden och hur vattnet tillsätts. I de övriga handböckerna och referenser från 1900-talet som ingår i detta arbete framgår inga metodbeskrivningar för våtsläckning där kalken endast släcks till deg utan vidare utspädning. Inte heller i den litteratur som här presenteras under byggnadsvårdsperioden.

Intrycket är att det i huvudsak är den traditionella metoden som förmedlas (e.g. Bährner 1956, Paulsson och Granholm 1953, Paulsson 1936). Vad det beror på kan det finnas olik skäl till. En trolig och rimlig förklaring är att med utökade möjligheter till transport så blir den kalk som framställs inte lika tydligt kopplad till den lokala tillgången och dess varierande egenskaper (fet och mager kalk) i olika delar av landet, varför en mer likartad kalk och metod används/förmedlas. Av det efterfrågade kvalitetsäkringsbehovet

att döma en allt renare kalk (e.g. Nycander och Bährner 1945). En annan orsak kan vara ökad förbrukning vilket ställer krav på en snabbare omloppstid vid släckningen på arbetsplatsen. I detta avseende finns det logistiska fördelar med att kalken är rinnande då samma släckningsstation kan förse flera lagringsbassänger genom att låta kalken rinna till dessa (e.g. Bährner 1956)

Enligt Hagerman inverkar en hög vattenhalt i kalkdegen till att bruket blir poröst och krymper mycket. Av Vicat och Stål framgår att kalk släckt med för mycket vatten har negativ inverkan på det färdiga brukets egenskaper. Enligt Vicat krymper bruket mer, får sämre bindande förmåga samt blir sprött och poröst. Av Vicat framgår att finns en tydlig koppling mellan kalkpastans hårdhet och brukets egenskaper där en lös pasta ger upphov till de negativa egenskaperna. Enligt Stål torkar bruket långsammare och är svårare att blanda med de övriga murbruksämnena. Vicat är den författare som riktar direkt kritik till användningen av den traditionella metoden på grund av att för mycket vatten används vid släckningsförfarandet. Enligt Vicat ska inte mer vatten tillsättas kalken än vad som krävs för att omvandla kalken till styv pasta. Någon negativ inverkan på det färdiga bruket på grund av att för mycket är använt framgår ej av Sjöbladh, Henströms, Rothstein, Karlsson och Bährner.

Med avseende på att brukets kvalitet blir sämre av att tillsätta vatten vid bruksblandningen så blir, enligt Stål, bruket ömtåligt för frost, torkar långsammare och är svårare att blanda med de övriga ämnena. Enligt Henström spricker bruket när det torkar och avråder bestämt från att tillsätta vatten vid bruksblandningen. Han skriver att det vatten som finns i kalken tillsam-

mans med intensiv bearbetning är tillräckligt. Stål beskriver vattenöverskottets negativa inverkan vid blandning av bruket och vid släckningen, Henström enbart i anslutning till blandningen av bruket. Henström öppnar genom sin beskrivning för att det finns en koppling mellan för mycket vatten i den släckta kalken och ett kvalitativt sämre bruk. Stål uttrycker detta, men inte Henström. Vicat poängterar i huvudsak kalkpastans styvhet i relation vattenmängden och dess inverkan på brukets kvalitet. Om det visar sig att det behövs tillsättas vatten skriver Vicat så går det att göra vid blandningen. Hagerman skriver att en abnormt hög vattenhalt i bruket bidrar till att bruket krymper mycket och blir poröst.

Sett i relation till vattenmängden som används i de olika metoderna och de författare som beskriver kalkens vattenmängd och dess negativa inverkan på bruket framgår av de två ovanstående litteraturstudierna att en högre kvalitet på bruket kan uppnås genom att släcka med avstämd/min-dre mängd vatten. Att vattenmängden i kalk och bruk påverkar brukets egenskaper framgår även av Holmström (1984), Balksten (2005, 2007) och Konow (1997).

Varför vattenmängdens inverkan på bruket inte har uppmärksammats vid användningen av den traditionella metoden kan det finnas olika förklaringar till. En möjlig och trolig förklaring är att påverkan av kvalitet överskuggas av behovet av stora volymer och accepteras då cement får en ökad användning i bruk under 1900-talet som kompenserar kalkens bristande kvalitet. En annan och trolig orsak kan vara att när traditioner bryts och sedan återupptas efter en kortare tid, så är det lätt att traditioner som det finns kunskap om får en central roll och överskuggar kunskap som är svår att nå.

Av den ovanstående litteraturen framgår att variationer i kalkens reaktivitet varit ett faktum som hantverkaren har haft att ta ställning till. Hantverkaren har genom olika metoder sökt skapa gynnsamma förutsättningar för reaktionen vid släckningen. Syftet har varit att uppnå en väl genomsläckt kalk. Av Vicat, och Henström framgår metoder för torr och våtsläckning där värmen och ångan som alstras tas om hand och ingår som en del av metoden. Henström (1869) skriver att vid våtsläckning av hydraulisk kalk övertäcks släckningskärlet med bastmattor för att hindra vattenångan att avgå. Vicat (1837) skriver att vattenånga har en positiv effekt på kalkens släckning, uppgiften är väl överensstämmande med Hagerman. Vicat exemplifierar ångans positiva inverkan och redogör för en torrsläckningsmetod där kalken placeras i en tunna för att värmen och ångan som bildas skall koncentreras runt den osläckta kalken. Metoden beskrivs som en bättre metod i relation till torrsläckning i fria luften där resultatet, enligt Vicat, ofta är att delar av kalken inte släcks helt. Metoden Vicat beskriver är väl överensstämmande med en metod återgiven av Pasch:

”Två år efter att Lorient gjort sin metod bekant, utkom mo de la Faye’s undersökningar. Han trodde orsaken till romerska murbrukens hårdhet ligga i sättet att släcka kalken, vilken han sa sig åter ha upptäckt, och som skulle bestå där i att man fyllde en korg med sönderlagen osläckt kalk, och höll den sänkt i vatten, till dess att vattnet börjar koka ovanpå. Korgen borde då tagas ur vattnet, och kalken, sedan det överflödiga vattnet avrunnit, uttömmas i tunnor. Sedan kalken i tunnor släkt sig och sönderfallit, var den färdig att användas” (Pasch 1824).²

Enligt Hagerman så kan problemet med vatteninträngning, i ett eventuellt bildat och för vatten ogenomträngligt poröst hölje runt delvis osläckt

kalk, lösas genom att vattnet tillförs genom ånga. Hagerman redogör för en jämförande studie i fält där torrsläckning med övertäckning och torrsläckning utan övertäckning jämfördes. Övertäckningens funktion är enligt Hagerman att bibehålla ångan så länge som möjligt. Bäst resultat med avseende på sönderdelning uppvisade släckningen med övertäckning.

Av de samlade författarna som ingår i denna studie så är släckning där ångan ingår som en aktiv del i metoden i huvudsak i relation till torrsläckning. Henström är den enda av författarna som återger en tydlig metodbeskrivning för våtsläckning med avstämd mängd vatten samt att ånga kan ingå som en aktiv del i en metod för våtsläckning. Av författarna Vicat, Henström och Hagerman framgår att användning av den genererade ångan som en aktiv del vid våtsläckning med avstämd mängd vatten kan vara en framkomlig väg att motverka att kalken inte släcks helt på grund av att vattenbrist uppstår.

Av denna studie framgår tydligt att metoderna och vatten mängden vid släckning och bruksberedning har direkt påverkan på bindemedlet/brukets egenskaper. Studien visar också att det inte finns någon enhetlig eller traditionell metod för hur släckning med avstämd mängd vatten utförs. Sett ur ett instruktivt och vägledande perspektiv bygger de fåtal olika återgivna metoderna upp en kunskapsmässig distans till de metoder som återges. En väg att överbrygga den uppkomna distansen synes vara att närma sig de litterära uppgifterna genom att praktisera kalksläckning och bruks tillverkning för att erhålla ett hantverkligt perspektiv på de av författarna återgiva metoderna.

2. En variant av denna metod är använd för att framställa torrsläckt kalk till de olika putsprojekten i Västra Götaland. Se "Empiriska försök och erfarenheter".

Med avseende på det svaga underlaget så är frågan, om hur de gjorde, relevant? Finns det något som skall observeras i metodens utformning som inte är återgivet som kan motverka att överhettning och vattenbrist uppstår? Därtill så kommer inverkan av kalkens bränning och kalkens växlande reaktivitet vilket kan avspeglats i de metoder som förmedlas. Rimligt är att en metod har en marginal till att det skall uppstå skador som följd av osläckta korn. I fallet med ren kalk så är lagring ett alternativ men för svagt hydraulisk kalk blir det genast svårare då den inte har samma förutsättningar för lagring.

Empiriskt arbete och resultaten från denna studie ligger till grund för utvecklingen av metoden för torrsläckning som presenteras i kapitel 5.5 samt för metoden att våtsläcka med avstämd mängd vatten som presenteras i kapitel 5.6. I Kapitlen framgår att utvecklingen tagit utgångspunkt i den information som förmedlas av Pasch, Vicat, Henström och Hagerman. Våtsläckningsmetoden har emellertid ingen tydlig likhet med de våtsläckningsmetoder som beskrivs av författarna då den i stora delar har influerats av författarnas problemställningar i relation till torrsläckning. Torrsläckningsmetoden har emellertid stora likheter med den av Pasch och Vicat beskrivna torrsläckningsmetoden.

Empiriska försök och erfarenheter av råvara för kalkframställning, ugnskonstruktion och våtsläckning vid Göteborgs Universitet

5.1 Inledning

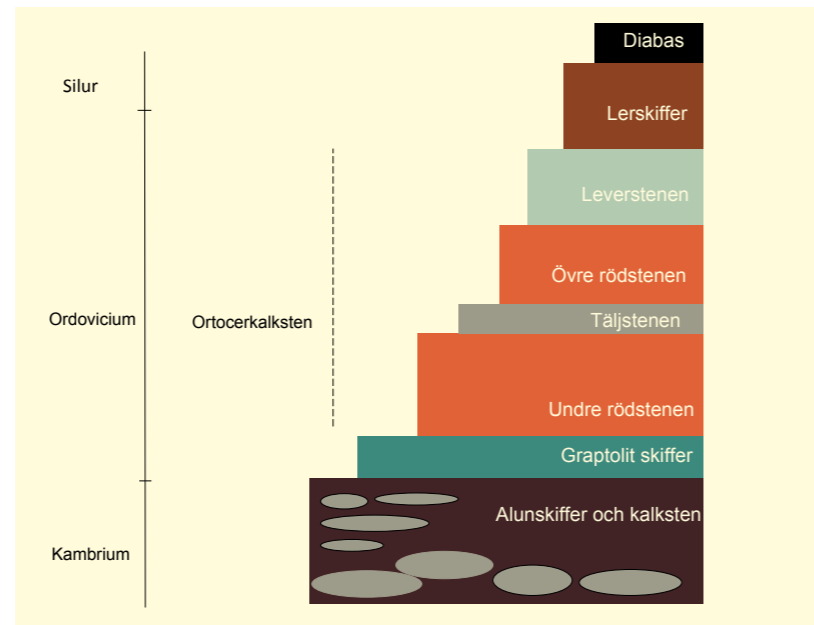
I detta kapitel är syftet att belysa empiriska försök och erfarenheter av att tillverka kalkbinde-medel. Det som beskrivs är ugnskonstruktion, bränning av kalk, torrsläckning och våtsläckning vid Göteborgs Universitet. En ny metod för släckning (Erikssonmetoden) jämförs med Bährners beskrivning av den traditionella metoden (Bährnermetoden).

Den experimentugn som byggdes i anslutning till forskning om kalk inför omputsningen av Läckö slott var av schaktugnstyp, som bränsle användes ved. Huruvida denna ugnstyp har någon historisk förankring på Kinnekulle är osäkert då det inte finns några uppgifter eller lämningar av någon sådan ugnskonstruktion att studera på Kinnekulle. Den kalkugn (ugn A fig. 22) som uppfördes i Gillstadprojektet var i sin konstruktion influerad av kalkugnen

vid Läckö slott. Inför byggnationen av ugn A 2004 (se fig. 22) och ugn B 2008 (se fig. 27) så var det just frågor om ugnskonstruktioner och bränningstemperaturer som utgjorde de centrala frågeställningarna. När det gäller släckningsmetoder så koncentrerades de empiriska studierna till hur olika släckningsförfaranden kan inverka på släckningstemperaturen och dess inverkan på kalkens släckning. Släckningsstudierna koncentrerades till i huvudsak metoder för torr- och våtsläckning.

Vid tillverkning av kalk genomgår kalkstenen två från varandra skilda processer, bränning och släckning. Valet av råmaterial tillsammans med bränningstemperaturen inverkar på hur reaktiv kalken blir. Vid hårt bränd kalk blir reaktiviteten låg med liten värmeutveckling som följd (e.g. Hagerman 1946, Strömberg och Silic

Fig. 19. Kinnekulles kalkstensbärande lager. Den huvudsakliga lagerföljden för de kalkstensbärande lagren på Kinnekulle löper från de geologiska tidsperioderna mellan kambrium till undre delen av övre ordovicium (kambrium 540- 490 miljoner år, ordovicium 490- 443 miljoner år) (Holmer 2002). De kalkstensbärande lagren kan indelas i två huvudgrupper, kalk ur alunskifferlagret och ortocerkalksten. Enligt Holm (1901) urskiljs med hänsyn till färg, läge eller användbarhet för stenhuggeri traditionellt fyra lagergrupper inom ortocerkalkstenen: det är undre röststenen, täljstenen, övre röststenen samt leverstenen. Kinnekulles avsättning av alunskiffer bildades under mellan övre kambrium samt den understa delen av ordovicium (Lundegårdh 1971). Avsättning är ca 22 meter tjockt (Holm 1901).



1990). I kalksten förkommer i varierande mängd orenheter i form av kiseldioxid, aluminiumoxid, järnoxid. Dessa ämnen benämns som hydrauliska komponenter (Johansson 2004). Under inflytande av temperaturen påverkar orenheterna kalkens reaktivitet (Chandra 2003). Vanligen påverkas reaktiviteten i renare kalkar i mindre grad av hög temperatur än kalk med större mängd orenheter. Kalkens reaktivitet står i relation till hur mycket vatten som kan användas vid släckningen. Mindre reaktiv kalk behöver mindre mängden vatten och tvärt om vid högre. Reaktivitet kan därför sägas ha en direkt påverkan på släckningsmetodens utformning. (e.g. Henström 1869, Rothstein 1890). Påverkan på kalkens reaktivitet har också ugnens konstruktion genom sin temperaturfördelning. Temperaturfördelning har betydelse för hur stor del av den totala mängden bränd kalk som kan komma att bli obränd, ej fullständigt genombränd, genombränd, överbränd och i värsta fall dödbränd. I de fall bränningstemperaturen för

en viss kalk blir för hög kan det ge upphov till skador som visar sig först på den färdigputsade väggen (se fig. 13).

I samband med bränning av kalk i de två ugnarna har dokumentation av temperaturen i ugnen under bränning gjorts. Genom mätningarna har temperaturfördelning och temperaturstegringen under bränningen kunnat studeras. Syftet har varit att få kunskap att styra bränningen till att kalken blir genombränd men ej ofullständigt bränd, hård bränd eller dödbränd. Temperaturmätningen har även varit ett verktyg för att kunna utvärdera de konstruktiva förändringar som gjorts på ugnarna, så som val av storlek på den kalksten som ska brännas m.m. Syftet har varit att åstadkomma en ugn som möjliggör en bränning vid en jämn och låg temperatur så att den brända kalken vid släckningsförfarandet blir enhetligt med avseende på kalkens reaktivitet. Då mängden vatten som går åt står i relation till kalkens reaktivitet har studierna av



Fig. 20. Västergötland, Kinnekulle, Kakeled kalkbrott. Brytväggens höjd är ca sex meter. I brytväggen finns följande benämningar på bergets material; alunskiffer, orsten och linser. Brytväggen kan i höjd indelas i två sektioner, den övre och undre. Mängden kalk är som störst i den undre som benämns Tjockaberget eller stora Orstensbanken. Den övre benämns På-berget.



Fig. 21. Västergötland, Kinnekulle, Hönsäters kalkbrott 1901. Kalkugnen sedd från ingången under tömning. Ugnens sidoväggar består av kallmurade alunskifferblock och är synliga i förgrunden. I bakgrunden framträder de omväxlande lagren av kalksten och alunskiffer (Holm 1901). Fotograf G. Holm och O. Kjellström.

ugnskonstruktioner och temperaturmätning betydelse för relevansen i den jämförande studien av sprickbildning (se kapitel 5.7 samt metodbeskrivningen av Erikssonmetoden kapitel 5.6).

5.2 Kalk från alunskifferlagret på Kinnekulle

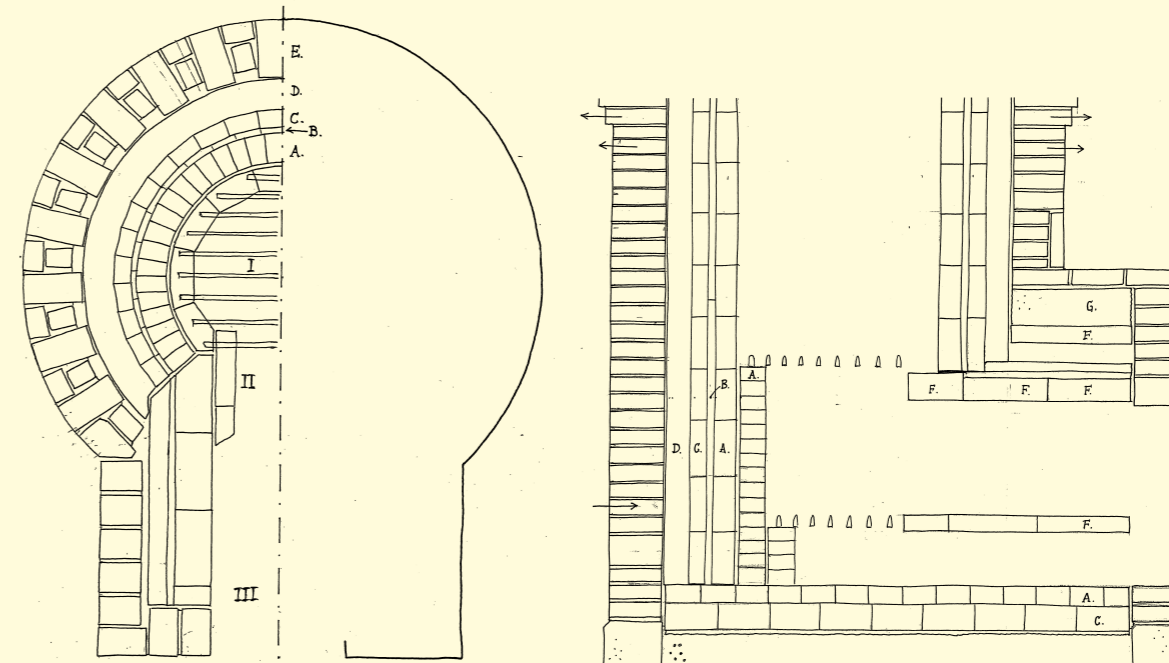
Kalken i de tidigare beskrivna projekten och i denna undersökning är bruten i Kakeled gamla dagbrott. Brottet är beläget på sydvästra Kinnekulle och anlades ursprungligen på 1890-talet. Ägare är Hellekis säteri AB. Alunskifferlagret är ca 22 m, i lagret finns inlagrade partier av kalksten (Holm 1901) (fig. 19). Kalkstenen är kristallin och innehåller ca 7-8 viktprocent kiseldioxid, aluminiumoxid, järnoxid (Lindkvist 2005).

Alunskiffern innehåller olja och har traditionellt används som bränsle i kalkugnar på Kinnekulle (Lars Magnusson 2011, Holm 1901). Enligt

Lundegårdh (1971) ska halten av olja minst uppgå till 3 procent i alunskiffer för att definieras som brännbar bergart. Enligt Holm bröts nästan utslutande kalken i de övre eller mellersta delarna av avsättningen/lagret. Holm skriver att det beror på att halten av olja i skiffern är högre i dessa delar samt att mängden alunskiffern (bränslet) som erhöles vid kalkbrytningen motsvarade bränslebehovet vid kalkbränningen (fig. 20).

Den traditionella ugnskonstruktionen som haft stor utbredning på Kinnekulle bygger på att kalksten och alunskiffer bryts för att sedan lastas in i ugnen och varvas i olika tjocka lager (fig. 21). Enligt (Holm 1901) har alunskiffer använd som bränsle i kalkugnar på ett flertal platser i Västra Götaland men också på andra platser i landet. Exakt när alunskiffer började användas som bränsle i kalkugnar på Kinnekulle är okänt men det är troligt att övergången sammanfaller

Fig. 22, 23, 24. Mariestad, bygggården. Ugnen är placerad på en gjuten betongplatta, är rund och har en förugn med luckor i stål. Ugnen har ett löstagbart, isolerat tak av stål. Ugnen lastas och töms ovanifrån (fig. 22). Ugnsväggen består ytterst av fasadtegel, tre olika typer av isolering samt eldfast tegel (fig. 23, 24). Kalkstenen vilar i botten av ugnen på ett rooster av gjutjärn (I, fig. 23). Förugnen har en förträngning mellan förugnen och ugnsutrymmet som kalken är placerad i som gör att eldningskanalen smalnar av (II, fig. 23). Innanför luckorna placeras veden (III, fig. 23). Skissteking utförd av Anders Göransson.



Teckenförklaring
 A. Eldfast tegel
 B. Isolering (skamolex)
 C. Isolering (Moler tegel)
 D. Isolering (Mineral ull)
 E. Fasad tegel
 F. Eldfast gjutmassa
 G. Lättklinker och cement
 I. Roster som kalken är placerad på
 II. Förträngning
 III. Eldstad

med energibristen under 1700-talets andra hälft. Enligt Holm (1901) med stöd av Kalm (1742) bröts kalk ur alunskifferlagret som sedan brändes med ved nedanför Kinnekulle där tillgången på skog var större. Hur länge kalk är bruten ur alunskifferlagret är okänt. Av Johansson (2006) framgår att bränning av ortoceratit kalk förefaller ha varit vanligt förekommande före 1700-talet men att det under sista hälften av 1700-talet på allvar blev vanligt att bränna alunskifferkalken p.g.a. möjligheten att använda skiffern som bränsle i ugnarna. Enligt Johansson (2006) kunde ortoceratitkalksten även brännas med alunskiffer, detta var vanligare på Billingen och i Falbygden än på Kinnekulle.

5.3 Utveckling av ugnskonstruktioner för bränning av kalk

Ugn A

Som examensarbete i bygghantverksutbildningen vid DaCapo hantverksskola (numera Göteborgs Universitet) byggdes en kalkugn 2004 där kalk till Gillstad kyrka skulle brännas. Ugnen byggdes

av Kristina Bergkvist, Knut Steffen Knutsen och Anders Göransson. Handledare var Jonny Eriksson (fig. 22, 23, 24). Vid eldning i ugnen uppdagades problem med ugnens temperaturfördelning. Problemet visade sig genom att kalken blev obränd i toppen och överbränd i botten av ugnen. Samma ojämnheter i temperatur iaktogs vid bränning i experimentugnen vid Läckö slott. Nedan redogörs för de erfarenheter, åtgärder och reflektioner i anslutning till att försöka lösa problemet.

Ugnens konstruktion

Diameter: Yttre diameter ca 200 mm, inre diameter 900 mm.

Ugnens höjd: Cirka 2700 mm.

Schaktets höjd: Cirka 1700 mm (höjden på utrymmet som kalkstenen är placerad i).

Kapacitet: Cirka 1000 liter kalksten.

Spill vid bränning: Vid bränningen uppstår ca 15-20 procent spill bestående av obränd kalksten, otillräckligt genombränd kalksten samt kalk som bränts för hårt med låg reaktivitet som följd.

Arbetsmoment och observationer vid bränning i ugn A

Ugnen eldades med ved enligt följande princip:

1. Veden staplas upp innanför luckorna så att den fyller hela luckans öppning.
2. Veden brinner i ca 10-15 minuter varpå den skjuts en bit in i ugnen och ny ved placeras innanför luckan.
3. Vid nästa vedinlägg skjuts det glödande kol som bildats fram till förträngningen och täcker halva förträngningens öppning.

Eldningsmetoden bidrar till att temperaturen blir jämnare. Förträngningen av öppningen mellan förugnen och utrymmet under rostret som kalken vilar på var en åtgärd som den färdiga ugnen kompletterades med. Genom att göra öppningen mellan förugn och utrymmet under kalken mindre så blev temperaturen i ugnen något jämnare och temperaturfallet något mindre vid vedinlägg. Förugnen bedömdes vara för liten. En större förugn skulle kunna rymma

mer ved och en större glödbädd som skulle verka temperaturutjämnande.

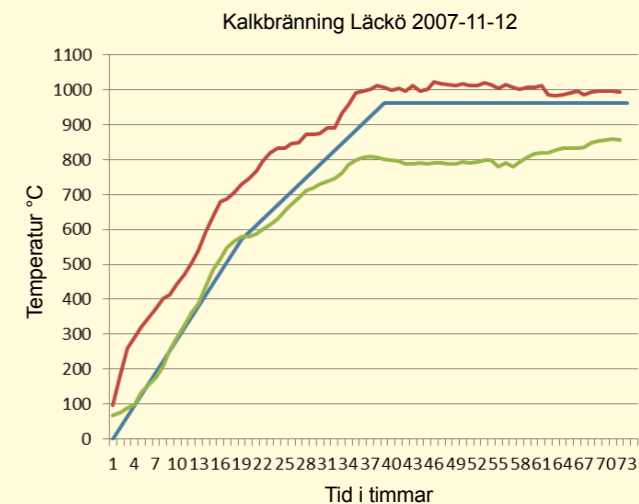
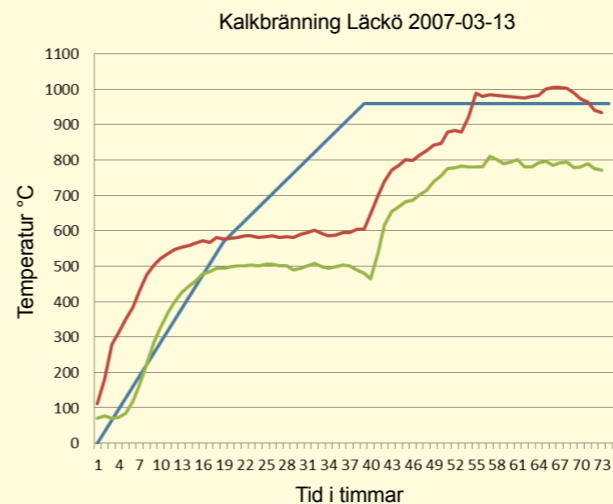
Principen vid packningen var att lägga stora stenar i botten och mindre stenar högre upp i ugnen. I syfte att skapa en bättre temperaturfördelning i ugnen studerades packningens inverkan. Vid dessa studier uppdagades en paradox, genom att placera allt mindre stenar på toppen var tanken att dessa stenar genom sin storlek skulle vara lättare att bränna igenom. Det visade sig dock ha en negativ inverkan på genombränningen (fig. 25) I botten var temperaturen fortfarande för hög vilket visade sig genom att dessa stenar var mer svårsläckta då reaktionen startade senare och utvecklade sig långsammare.

För att motverka att stenen i botten blev för hårt bränd valdes att använda stora stenar i botten. Syftet var att koldioxidavgången skulle pågå under längre tid och verka kylande. Effekten av denna åtgärd var emellertid svårbedömd beroende på att de temperatursonder som vi



Fig. 25. Av bilden framgår kalkstens storleksfördelning i ugnens höjdd. Markeringen O och X i bilden markerar tempsondens placering. Den dubbelsträckade linjen från markeringen "toppen" ner till markeringen 600 visar isolering. Att tilläggsisolera ugnens övre del var en första åtgärd i syfte att få upp temperaturen på toppen. Den andra åtgärden var att byta ut gruset och småstenen i toppen av ugnen. Storleken på materialet ändrades till knytävsstora stenar motsvarande de som ligger vid markeringen 300-600. Gruset och småstenen bedömdes verka som ett lock och bromsa flödet av heta gaser genom ugnen. Genom åtgärderna blev temperaturfördelningen något bättre och kassationen något lägre.

Fig. 26 a, b. Gradient (blå), mittentemperaturen (röd) och topptemperaturen (grön). Gradienten visar den temperaturökning bränningen är tänkt att följa. Efter att ugnens topp kompletterats med isolering samt att gruset och småstenen bytts ut mot knytävsstora stenar gick det fortare att få temperaturen att stiga på toppen under eldningen. Gruset bedömdes hindra flödet i ugnen genom att täppa till utrymmet mellan de underligande grövre stenarna. Se skillnaden mellan diagrammen a och b i temperaturökning för topp- och mittentemperaturen. Genom att kalkstenen i toppen snabbare kom upp i temperatur gjorde bränningstiden att kalken nu bättre brändes igenom.



använde inte klarade de temperaturer som utvecklades i botten av ugnen. De temperatursonder som användes klarade temperaturer på ca 1200°C under en begränsad tid. Temperatursondernas hållbarhet bedömdes påverkas av, dels temperaturen, men också av den atmosfär som bildas under bränningen. Effekten gjorde sig påmind redan vid 1000°C. Två sonder var placerade i ugnen och registrerade temperaturen kontinuerligt, en på toppen och en i mitten av ugnen (ca 900 mm under toppen). För att nå en temperatur över 800°C på toppen behövde temperaturen i mitten av ugnen drivas upp till ca 1020°C. Temperaturen och sannolikt atmosfären gjorde att den sond som var placerad i mitten gick sönder och fick bytas ut upp till ett par gånger under en och samma bränning. Temperaturen i botten av ugnen har uppskattats vara ca 1250°C eller högre. Uppskattningen bygger på gjutjärns smältningstemperatur. De rooster som kalkstenen vilar på i botten av ugnen är av gjutjärn och uppvisade skador på grund av smältning.

Vid eldningen uppvisade ugnen stora skillnader i temperaturens fördelning mellan toppen och botten. Temperaturen blev hög i botten och låg i toppen av ugnen. Den ojämna temperaturfördelningen gav upphov till att ca 15-20 procent av den kalk som brändes blev otillräckligt genombränd eller överbränd. Vid eldning i ugn B har det visat sig att temperaturen i toppen behöver uppgå till ca 840-850°C för att genombränna kalken. Dessa temperaturer var svåra att nå i ugn A. För att bränna igenom kalken i toppen och inte dödbränna kalken i botten genom för hård bränning provades med olika lång bränningstid. Längre bränningstid gav ett något bättre resultat men blev mer kostsamt (fig. 26a, 26b). Även om genombränningen generellt blev bättre efter åtgärderna så kunde resultaten skifta från gång till gång. Ugnens relation mellan höjd och bredd föreföll vara en av orsakerna till den ojämna temperaturen. Den kalksten som befann sig mellan 1400 mm och 1700 mm var återkommande svår att få genombränd trots att temperaturen var över 1000°C i mitten av ugnen.

Ugn B

På initiativ av Statens fastighetsverk byggdes en ny större kalkugn under hösten 2008- vintern 2009 för bränning av kalk till Läckö slott (fig. 27). I anslutning till ugnen är en arbetsbod placerad. Arbetsboden används som kontrollrum. I arbetsboden avläses och dokumenteras ugnens temperatur under bränningen.

Ugnens konstruktion utgick från erfarenheterna från den tidigare ugnens funktion och konstruktion. Ugnen är konstruerad i samarbete med Höganäs AB i Bjuv, Thorbjörn Högnäs, som ritat ugnens invändiga eldfasta infodring. Svetsbolaget AB i Mariestad, Ingemar Beiron, som ritat de ritningar som ugnens yttre stålform och övriga delar i stål är tillverkade efter. Göteborgs Universitet, Jonny Eriksson som ritat ett första underlag till ugnens konstruktion. Den eldfasta infodringen är utförd av Megamet AB med Dag Wibom som arbetsledare. Dag Wibom har vidare gjort justeringar i ritningsunderlaget i samband med murningsarbetet. Murningsar-

betet visar prov på mycket hög yrkesskicklighet och är utfört av murarna Bosse Andersson och Rolf Åkerlund.

Ugnens konstruktion

Diameter: Yttre diameter ca 3000 mm, inre diameter 1900 mm.

Ugnens höjd: Total höjd ca 4500 mm inklusive huv, skorsten och betong fundament. Ugnens höjd exklusive huv, skorsten, bärbalkar och betongfundament, ca 2504 mm (se bilaga 1).

Schaktets höjd: Utrymmet där kalkstenen och rostren är placerade har en höjd av ca 1500 mm. Rostrens höjd 100 mm.

Kapacitet: Ugnen ca 4.0 m³ kalksten.

Kassation: Ca 0,5-2procent av den inlagda mängden. Spillet består i huvudsak av otillräckligt bränd kalksten och skiffer som kommit med av misstag.

Ugnen är som sin föregångare en periodisk schaktugn. Ugnen är placerad på ett betongfundament.



Fig. 27. Mariestad, Förrådsgatan 4. Ugnen är placerad på kommunens område vid tekniska kontoret. Anton Eriksson är i färd med att tända ugnen.



Fig. 28. I bild syns ugnens kabinettt/yttre form som sedan infodras med eldfast material (se bilaga 1). Kabinettet är placerat på gjutna balkar. Mellan balkarna finns ett luftat utrymme för att undersidan av ugnen skall ventileras och kylas.



Fig. 29. Ugnen lastas och lossas genom att huvan är möjlig att lyfta av. Huvans insida är försedd med eldfast isolering. I bild Tomas Sandberg och Christina Oskarsson i färd med att sätta huvan på plats.

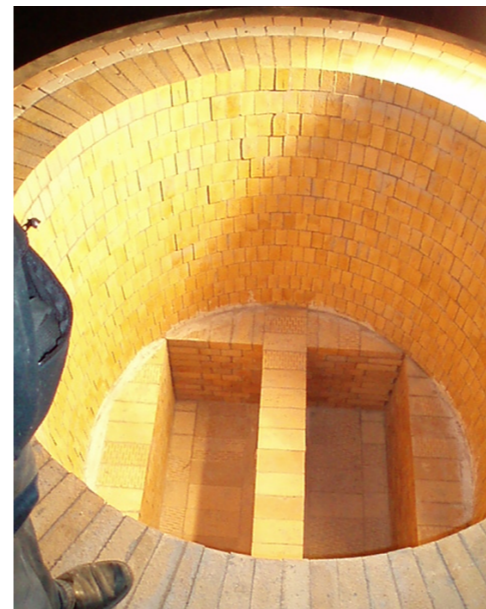


Fig. 30, 31. I ugnens botten syns murverket som rostrett kommer att placeras på samt det utrymme där värmen från förugnen leds in under rostrett. I fig. 31 är rostrett placerat på murverket.



Fundamentet är konstruerat så att ugnens undersida är ventilerad för att inte bygga upp för höga temperaturer i ugnens botten. Murningen är utförd innanför en yttre form av stål (fig. 28). Närmast stålet är två lager av isoleringstegel murat, därefter det inre lagret bestående av eldfast tegel (Ugnens mått och material innanför den yttre formen framgår av bilaga 1). På utsidan av den yttre formen av stål är ett klimatskal av rödfärgad plåt monterat. Ugnen är försedd med en avtagbar huv med skorsten utförd i stål (fig. 29). Cirka 660 mm ovanför ugnens botten placeras vid bränning ett demonterbart rooster i varmhållfast stål som kalken vilar på under bränningen (fig. 30, 31).

Ugnen är konstruerad med två förugnar varvid veden förbränns. Mellan förugnen och utrymmet under kalkstenen är en demonterbar förträngning placerad som är ca 50 cm lång (för-

trängningen framgår inte av ritningen i bilaga 1). Förträngningen har ett öppningsmått mellan förugnen och utrymmet under kalkstenen med en bredd av ca 30 cm och en höjd av ca 35 cm (fig. 32). Förugnens front och luckor är tillverkade i tjock stålplåt och hela fronten är demonterbar för underhåll. För att reglera draget i ugnen är dragventiler placerade i luckorna till förugnen samt ett från marken reglerbart spjäll i skorstenens topp.

Ugn A's relation mellan höjd (1700 mm) och diameter (900 mm) bedömdes bidra till de stora skillnaderna i temperatur mellan botten och toppen av ugnen. I ugn B är måttförhållandena på det utrymmet som kalken packas i det omvända, d.v.s. den är bredare (1900 mm) än vad den är hög (1400 mm). Ugn B's höjd är baserad på att kalkstenen i den tidigare ugnen

blev genombränd upp till en höjd av 1400 mm men svårligen ovan denna höjd. När bottenytan på ugn B ökades behövde också den värmeavgivande ytan ökas. Den stora bottenytan ligger till grund för att ugnen konstruerades med två förugnar. Konstruktionsprincipen går att studera på lämningar av obrända fältugnar i Jämtland (fig. 33).

Dokumentation av temperaturen och temperatursonderna

Under bränning i ugn A och i ugn B har fortlöpande dokumentation utförts. Informationen har legat till grund för ugn B's konstruktion och justeringar. Noteringar har utförts av vedförbrukning och temperaturrens förändring under bränningen. Genom överensstämmelse från tidigare mätningar och resultat av ett flertal bränningar är det möjligt att förutse den nöd-

vändiga temperaturökningen under bränningen. Informationen har formulerat en temperaturgradient. Gradienten är inritad i ett diagram och anger hur mycket temperaturen bör ökas vid en viss tidpunkt och styr på detta sätt mängden ved som åtgår och tiden mellan inläggen. Genom gradienten är det möjligt att förutse bränningens resultat med god säkerhet, d.v.s. att kalken genombränts vid en jämn temperatur utan att överbrännas.

Under bränningen drivs temperaturen i botten till ca 960- 980°C. I toppen skall temperaturen inte understiga 850°C. Att kalkstenen är genombränd på toppen går att avläsa genom den temperaturstegringen som sker i bränningens slutskede. Som ett resultat av att mindre ved tillförs i bränningens slutskede framgår att botten- och mitten temperaturen faller medan temperatu-



Fig. 32. I bildens bakgrund syns förträngningen som är placerad mellan förugnen och utrymmet under rostrett/kalkstenen. I förträngningen placeras den glöd som inte brunnit ut så att det täcker förträngningens halva höjd. Genom förminskningen ökar hastigheten på flödet av heta gaser i förträngningen. Den ökade hastigheten ger upphov till en blästereffekt som får glöden att förbrännas fortare.



Fig. 33. Ås, Krokoms kommun, Jämtland. Bilden visar en fyripipig kalkugn. Ugnen uppfördes under 1800-talets slut men tändes aldrig och är i dag en fornlämning. I förgrunden i marknivå syns fyra öppningar. Under bränningen eldades det i alla de fyra öppningarna samtidigt. Ugnskonstruktionen ger en stor värmeavgivningsyta i förhållande till ugnens höjd.



Fig. 34. I samband med packningen byggs de konstruktioner som tempgivarna är placerade i. Konstruktionen benämns "hus" och bildar ett litet utrymme var temperatursonderna är placerad. Temperatursonden registrerar på det viset den temperaturen som huset värms till. I den del av huset som är vänd in emot ugnen och den ilastade kalkstenen finns en liten öppning (se vit pil). Framför öppningen placeras en kalksten så att den täcker hålet. Syftet är att den temperatur som kalkstenen är uppvärmd till ska tillsammans med temperaturen på husets väggar utgöra mätvärdet. Genom konstruktionen minskar risken att mätsonden värms lokalt genom sticklågor och heta gaser som mellan stenarna har en högre temperatur än vad stenen är uppvärmd till.



Fig. 35. I bild har packningen av ugnen påbörjats av Mark Dowling. I samband med att de stora stenarna i botten placeras ut sätts dragstockarna på plats. I ugnen placeras åtta stycken dragstockar jämnt fördelade i en cirkel med ett avstånd av ca 400 mm från varandra och ugnsväggen. De stora stenarna i botten ställs något glest och om möjligt på högkant för att inte skapa ett lock som förbränningsgaserna har svårt att passera. Övergripande gäller denna regel även för de något mindre fraktionerna medan det för den minsta fraktionen på toppen har mindre betydelse.

ren på toppen ökar (se diagram, fig. 42). Detta bedöms ske när koldioxid inte längre avgår från kalkstenen i toppen. Fasbytet ger upphov till energiförlust när koldioxid avgången upphör avläses det som att temperaturen i toppen ökar.

Vid koldioxidavgång åtgår mer ved för att kompensera för det temperatur fall som uppstår (energiförlust). Fasbytet är tydligt avläsningsbart på mätinstrumenten vid temperaturer mellan 600-800°C då den huvudsakliga koldioxidavgången sker mellan dessa temperaturer. I förhållande till mängden ved som går åt för att höja temperaturen har iakttagits att vedens fukthalt har stor inverkan. Fuktig ved gör det svårt att höja temperaturen och förlänger hela bränningen. Särskilt märkbar blir vedens fukthalt i samband med att koldioxiden avgår. Vid våtsläckning har skillnad i reaktivitet observerats mellan de stenar som är placerade i botten och de stenar som

är placerade i toppen. Skillnaden har varit iakttagbar genom ångavgångens intensitet när två fat släckts vid samma tillfälle. Skillnaden är liten och skulle inte vara möjlig att notera om släckningen utfördes vid olika tillfälle. Den iakttagbara skillnaden visar på att 100-120°C skillnad i bränningstemperatur inverkar på kalkens reaktivitet även vid bränningstemperaturer lägre än 1000°C (uppmätt temperatur).

Erfarenheten av att temperatursonderna brann upp vid bränning i den tidigare ugnen (ugn, A) låg till grund för att förse temperaturgivarna som placeras i botten och mitten av ugnen med ett mer beständigt skyddshölje i keramik. Emellertid är dessa höljen ganska sköra varför de nu är utbytta till höljen i krom legerat stål. Mittemot varandra mot ugnens vägg byggs två konstruktioner av tegel upp. I dessa konstruktioner är vanligen 3 temperaturgivare

placerade, 2 på den ena sida av ugnen och 1 på den andra sidan. I höjddled är (sidan med 2 givare) givarna placerade i, mitten och botten. Den med 1 givare är placerad i mitten av ugnen. På toppen är 2 givare placerade, en på var sida mitt för varandra ca 100 mm under den ilastade kalkstenens övre yta. Givarna på toppen är placerade på en horisontalt liggande flat kalksten, ovanpå placeras ytterligare en flat kalksten så givarna kommer att hamna mellan kalkstenarna. Givarna är ca 3 mm tjocka med ett hölje av krom legerat stål. Placeringen syftar till att stenens temperatur skall registreras och inte i för stor grad påverkas av sticklågor och heta gaser som kan ha en högre temperatur än stenen. Att ett hus inte byggs runt givarna i toppen beror på att en sådan konstruktion till sin massa är större än den kalksten sin bränns i toppen. Detta har bedömts kunna innebära

att den avlästa temperaturen är lägre än den egentliga. Konstruktionerna syftar till att temperaturmätningen utförs under likvärdiga förutsättningar vid varje mätning (fig. 34). Detta för att mätningar och resultat av bränningen skall vara möjliga att utvärdera.

Packning, dragstockar, isolering av ugnens topp och eldningen

Kalkstenens olika fraktioner och placeringen i höjddled är desamma som i ugn A efter förändringen. Ugnen packas med kalksten ovan rostrett till en höjd av 1400 mm. Vid packningen tas hänsyn till kalkstens storlek. De största stenarna läggs i botten och sedan fylls ugnen på med allt mindre storlekar av sten. De största fraktionerna är 35-45 cm och de mindre på toppen 10-15 cm (fig. 35). Efter att ugnen är fylld lyfts huven på plats och eldningen kan börja.

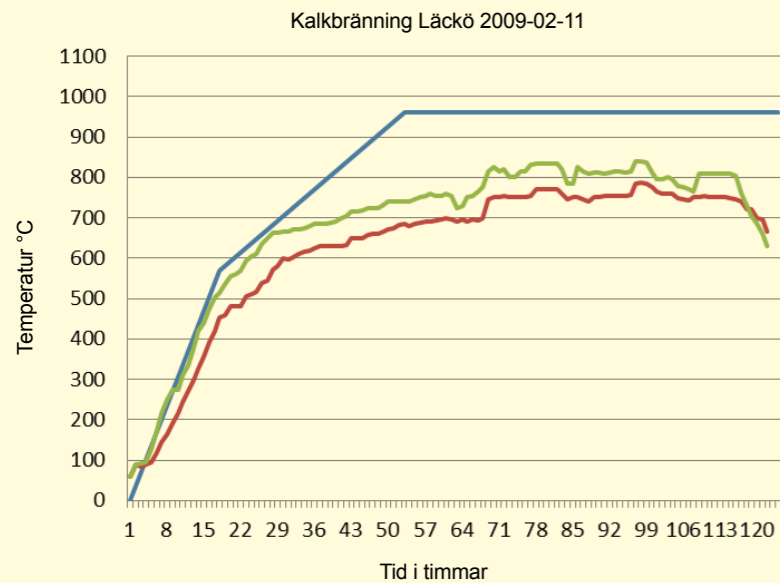


Fig. 36. Gradient (blå), topptemperaturen (röd) och botten temperaturen (grön). Under eldningen var det svårt att få upp temperaturen i botten och i toppen. Tydligt märkbart blev det vid koldioxidavgång. Av kurvan framgår att den börjar göra sig märkbar vid dryga 600 °C och fortsätter fram till timme 64. Därefter stiger temperaturen något. Den ökade temperaturen driver på avgången av koldioxid och en ny temperatursänkning inträffar vid timme 85. Koldioxidavgången är märkbar fram till timme 99 och därefter inträffar ånyo en temperatursänkning på grund av koldioxidavgången. Trots den långa bränningstiden så gick det inte att få upp temperaturen.



Fig. 37. Tegelstenarna placeras med distans till varandra. Mot centrum placeras två tegelstenar på höjden och en direkt på kalkstenen mot ugnsväggen.

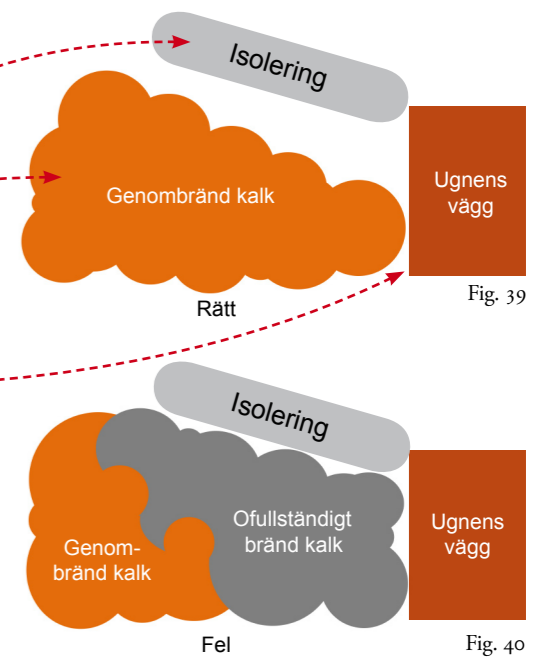
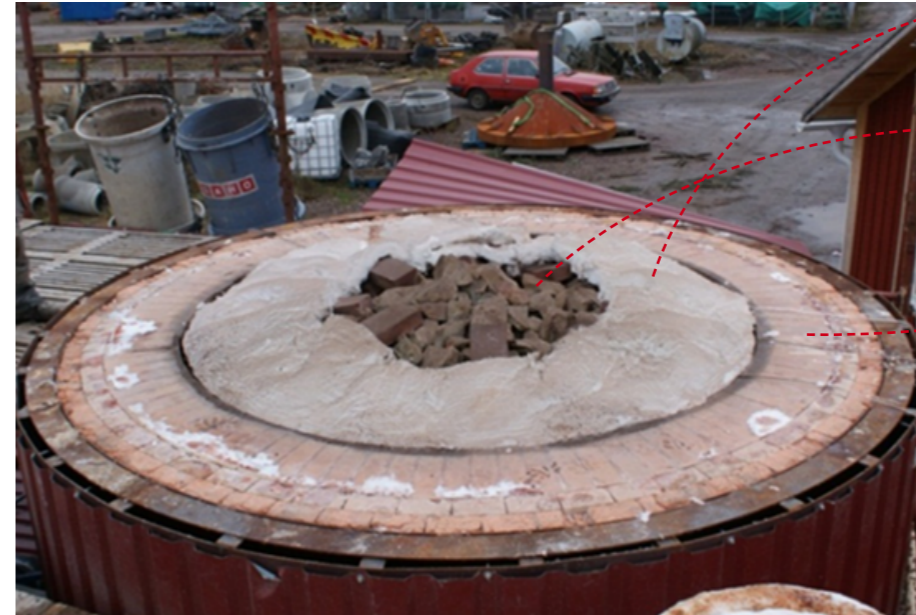


Fig. 38, 39, 40. Isoleringen placeras på tegelstenarna (fig. 38). Isoleringen är så pass styv att den inte sjunker ner mellan tegelstenarna. Syftet är att skapa ett utrymme för gaserna att passera i mellan kalkstenen och isoleringens undersida (fig. 39). I de första försöken som gjordes placerades isoleringen direkt på kalkstenen det visade sig inte fungera. Det som hände var att kalken inte blev genombränd under täcket, ut efter sidan på ugnen och en bit ner efter ugnsväggen (fig. 40). Isoleringens täthet hindrade gaserna att stig under täcket i likhet med gruset i ugn A.

I samband med packningen av ugnen monteras dragstockar av trä med dimensionen 45×75 mm. Dragstockarnas funktion är att jämnt fördela värmen i ugnen. Under torkeldningen som föregår själva bränningen brinner dragstockarna upp och efterlämnar kanaler som löper från rostrett i botten av ugnen och utmynnar vid toppen av den ilastade kalkstenen. Torkeldningen syftar till att driva ur den fukt som finns i ugnen. I samband med första bränningen (2009-02-11) noterades att det var svårt att få upp temperaturen i ugnen samt att kalken enbart var genombränd i anslutning till dragstockarna som i denna första bränning var mer centriskt placerade ugnen. Temperaturmätningen gav av detta skäl inte relevant data för att bedöma kalkens bränningsgrad. Kassationen uppgick till ca 60 procent (fig. 36). Genom att kalkstenen i huvudsak blev genombränd endast i mitten av ugnen

så var temperaturen där högre än den uppmätta, vilket pekade på att temperaturfördelningen i ugnen inte var bra.

Orsaken bedömdes bero dels på dragstockarnas centriska placering samt att värmeförlusterna i toppen var stora beroende på ytans storlek. För att åtgärda problemet ändrades placeringen av dragstockarna (se fig. 35). För att minska värmeförlusterna i toppen av ugnen försågs ugnen med ett täcke av eldfast isolering (50 mm aluminiumsilikat). Isoleringen ligger på tegelstenar som är glest utplacerade ovanpå kalksten. Genom utplaceringen av tegelstenarna skapas ett fritt utrymme mellan kalkstenen och isoleringen (fig. 37, 38, 39, 40). Genom åtgärderna uppnåddes en jämn fördelning och högre temperatur på toppen. Efter sjätte bränningen var kassationen ca 2 procent. Temperaturförloppet i ugn B vid den senaste utförda bränningen 2012-

03-04 framgår av (fig. 41). Vid denna bränning var kassationen ca 0,5 procent mot tidigare ca 2 procent beroende på att topptemperaturen ökades från 850-950 °C. Ökningen sker utan att botten temperaturen stiger, detta beroende på att ugnen endast underhålls eldas. Emellertid skulle underhållselddning påbörjats tidigare, när topptemperaturen var 840-850 °C. Förfarandet hade då inneburit en långsammare temperaturstegring av topptemperaturen och en i tid mer utdragen underhållselddning. Då hade en lägre bränningstemperatur i toppen uppnåtts.

Veden staplas upp innanför luckorna till de två förugnarna så att den fyller hela luckans öppning och antänds. Veden får brinna ca 10-15 minuter varpå den skjuts in i förugnen och ny ved fylls på. Båda förugnarna matas med ved samtidigt. Vid det tredje vedinlägget skjuts den glödande kol som bildats av det första inlägget fram så att det

täcker ca 50 procent av förbränningens öppning. Fortsättningsvis sker detta vid varje vedinlägg. I det fall det bildas mycket glödande kol så skjuts det in och förbi förbränningen och kan på detta sätt bilda en ca 2 m lång och 5 cm tjock bädd av glödande kol. Denna bädd bränns successivt upp varpå ytterligare kol kan tillföras. På detta sätt förbränns veden i olika steg. I arbetsboden övervakas att temperaturen är lika hög på höger och vänster sida. Vid ojämn temperatur på någon sida ökas alternativt minskas eldningen i den närliggande förugnen. Temperaturen följs kontinuerligt och noteras varje hel timma i diagrammet.

5.4 Litterära källor som beskriver temperaturens inverkan på kalken vid bränning

Observationerna av temperaturens fördelning i den första ugnen samt temperaturens inverkan på kalkstenen är väl överensstämmande med litteraturens beskrivningar.

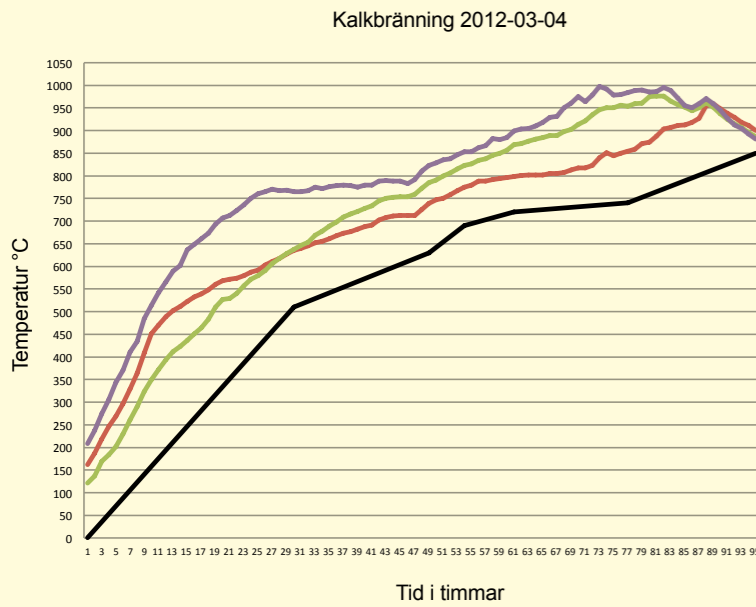


Fig. 41. Gradient (svart), topptemperaturen (röd), mittentemperaturen (grön), bottentemperaturen (blå). Mätningen påbörjas efter ca 5 timmars torkeldning. Förutom de nämnda åtgärderna (dragstockarna, isoleringen) så används en gradient med en annan utformning. Gradienten syftar till att vara vägledande och kompensera för den koldioxidavgång som sker i ugnen vid olika temperaturer. Vid 750° (bottentemp.) planar temperaturstegringen ut på grund av koldioxidavgång. Ett exempel på gradientens funktion ses från 40 timmen där temperaturstegringen för mitten- och topptemperaturen planar ut vid 700- 750 °C på motsvarande sätt på grund av koldioxidavgång. Gradienten kompenserar för temperaturfallet genom att ange att temperaturen skall stiga under ca 5 timmar var på ugnen eldas mer intensivt.

- De samlade åtgärderna resulterade i att:
- Den uppmätta temperaturen ger relevant information vid bedömningen av att kalkens bränningsgrad. D.v.s. obränd, genombränd, överbränd.
 - Det är betydligt lättare att påverka topptemperaturen vilket framgår av att topptemperaturen är högre än mittentemperaturen fram till 25:e timmen. I detta avseende är effekten av isoleringen på toppen tydlig.
 - Bränningstiden förkortades med ca 1 dygn.
 - Temperaturen gick nu att påverka vid koldioxidavgången genom att öka vedmängden.

"Den praktiskt tillämpbara bränningstemperaturen är ca 800°C. För att uppnå denna temperatur i mitten av kalkstenen behövs en omgivande temperatur av ca 1000°C eller en lång bränningstid" (Chandra 2003).

"Till kalkens skadliga beståndsdelar räknas all ofullständigt bränd kalk, dit hör först och främst i olika stadier överbränd kalcium- och magnesiumoxid. Vid överbränning förändras kristallstrukturen på så sätt att vatteninträngningen vid kalkens släckning förhindras. Särskilt besvärlig synes en kortfristig stark överhettning vara. Resultatet härav blir en glaserings på ytan av smärre kalkpartiklar, vilka inuti äro tämligen normalt brända. Glaseringen på dessa kalkpartiklar skadas vid bearbetning och eftersläckning sker under hand i det hårdnande bruket. I samband med eftersläckningen sker volymutvidgning, åstadkommande spänningar och sprickor i bruket" (Hagermark 1946).

Skadebilden som uppstår framgår av fig. 13.

"Beträffande bränningstemperaturen äro dessa i de flesta fall osäkra, beroende på svårigheten att bestämma såväl genomsnittstemperaturen som extrema temperaturer i visst avsnitt av brännzonen. Dessa förhållanden gälla framför allt fältugnen men även ringugnen och schaktugnen... I schaktugnen kan ställvis för hög temperatur uppkomma på grund av sticklågor" (Hagermark 1946).

Hagerman (1946) redogör för bränningstemperaturens inverkan på kristallstrukturen med stöd av Azbe (1939) (*Fundamental mechanics of calcination and hydration of lime and methods*) mjukbränd, överbränd och dödbränd kalk samt hur dessa tillstånd inverkar på kalkens förmåga att släcka sig vid tillförsel av vatten (fig. 42). Vidare skriver Hagerman, med stöd av en Finsk studie, att de vanliga som råsten vid finska kalkindustrier undersökta kalkstenstyperna visade samtliga vid den använda sten storleken, 4-7 mm en

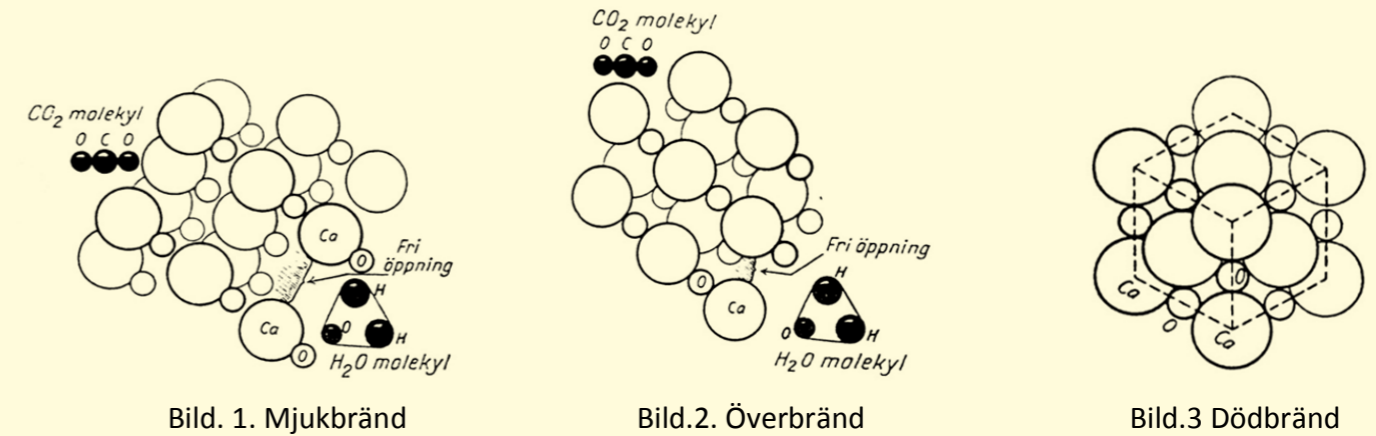


Fig. 42. "Vid dissociation av kalciumkarbonat kvarstår att börja med en kalcium och en syreatom i ungefär det romboeriska läget, och denna relikstruktur lämnar fri passage för molekyler av koldioxiden och vattnets storlek bild 1. Azbe har vidare rekonstruerat ett övergångstillstånd, motsvarande överbränd kalk, vid vilket atomerna i den ovannämnda relikta strukturen ha ryckt samman och nu äro belägna så att Co²-molekyler visserligen kunna fritt passera, men H₂O molekyler endast med svårighet kunna hitta in bild 2. Enär förhållandena många gånger är sådana att rekarbonatisering inträffar i yt-zonen kunna tilloppskanalerna hos sådan hårdbränd kalk bliva fullständigt stängda för vatten molekyler. Det sista stadiet visar dödbräning Bild 3. Koldioxid och vatten kunna här endast reagera med kristallytan och icke ens detta är alltid möjligt, enär en glaserings av ytan uppstår på grund av slaggbildning med kalkens föroreningar. Så när andra komponenter uppträda sjunker nämligen smältpunkten på kalciumoxiden, vilket annars ligger mycket högt ca 2500°C" (Hagerman 1946).

högsta halt av aktiv kalk vid en bränningstemperatur av 1000°C, vare sig bränningstiden var 1 eller 2 timmar. Vid temperaturer över 1000°C sjunker halten aktiv kalk kontinuerligt.

Slutsats

Genom omkonstruktionen av ugnen, ovanstående beskrivna observationer, dokumentation och tillkommande justeringar har följande resultat uppnåtts i relation till ugn A och B.

1. Bränningens resultat kan förutses då temperatur mätningen lämnar relevant information i relation till kalkens grad av genombränning.
2. Jämnare temperaturfördelning och lägre maximal bränningstemperatur (Bottentemperatur).

3. Temperaturen på toppen kan uppgå till ca 850°C utan att det blir för hög temperatur i botten av ugnen (ca 960-980°C).
4. Temperaturmätning kan utföras i hela ugnen.
5. Kassationen är betydligt lägre: ca 0,5-2 procent mot ca 15-20 i den tidigare ugn A.

5.5 Beskrivning av empiriska försök av torrsläckning

Inledning

I detta kapitel redogörs för en torrsläckningsmetod där ånga och övertryck används. Den huvudsakliga mängden av det kalkbindemedel som tillverkats till de olika putsprojekten i Västra Götaland är våtsläckt kalk. Parallellt har torrsläckt kalk tillverkats, dock i mindre mängd. Den torrsläckta kalken uppvisar andra

egenskaper än den våtsläckta. Den huvudsakliga skillnaden ligger i att den torrsläckta kalken hårdnar fortare och blir hårdare än den våtsläckta. Av detta skäl så har torrsläckt kalk används i grundningsskikten på de projekt där natursten utgjort underlag för putsen. Skillnaden i hårdnande är markant, vad detta beror på är ännu inte undersökt.

Generellt används två metoder vid släckning av kalk, torr och våtsläckning. Beroende på om kalken ska torr eller våtsläckas tillsätts olika mycket vatten. I det första fallet erhålls ett torrt pulver i det andra en våt deg. Båda dessa metoder förefaller av Sjöbladh (1750), Henström (1869), Paulsson och Granholm (1953), Balksten (2005) varit använda parallellt under de senaste 250 åren. Att använda övertryck vid släckning har enligt Hagerman (1946) använts i Nordamerika vid fabriksframställning av bindemedel baserad på dolomitisk kalk som han skriver är svårsläckt. Förfaringsättet att släcka kalken i ett kärl har tydliga likheter med de av Pasch (1824), Vicat (1837) återgivna metoderna att torrsläcka kalk. Av författarnas uppgifter att döma används inte något lock i de återgiva metoderna.

Av följande framgår den använda metodens funktion i relation till Hagermans förslag på åtgärder ämnade för torrsläckning. Genom inneslutning och samanhållning av kalkstyckena koncentreras värmen och ångan till ett begränsat område runt den kalksten som släcks. Ångan och övertrycket bygger upp en atmosfär som bidrar till att penetrera kalkens inre delar för att uppnå en väl genomsläckt kalk. Av metodbeskrivningen och dess funktion framgår att den förhåller sig till Hagermans beskrivna åtgärder/faktorer. Faktor 1:

avkylning av delkomponenterna före sammanslagning. Faktor 2: skalan i vilket släckningen utförs. I detta fall att små kvantiteter kalk släcks åt gången (i viss mån förekommer isolering. Om dess funktion se fig. 45). Faktor 3: allt vatten tillsätts på en gång. Faktor 4: kvarhållande av vattenånga under övertryck. Faktor 5: sönderdelningar av kalken i mindre bitar. Hagerman skriver måttligt finkornig och lämpligt graderad, men några mått på fraktionen anges inte. Faktor 7: snabbt respektive långsamt sugande porsystem regleras genom bränningen.

Beskrivning av torrsläckningsförfarandet som är använt

Den använda torrsläckningsmetoden innehåller följande huvudsakliga moment: Den brända kalken slås sönder i mindre stycken, placeras i en med hål perforerad korg, som sedan sänks ner i vatten en tid, varefter korgen tas upp och överförs till ett kärl med lock. I det slutna kärlet släcks sedan kalken i korgen under övertryck och bildar ett pulver.

Kalken som skall släckas är krossad och har en storlek av ca 50 mm. Denna åtgärd utförs vid torrsläckning och våtsläckning i de metoder som här nedan presenteras. Vidare förklaras åtgärden under kapitel 5.6 "Huvudprinciper som ligger till grund för Erikssonmetoden".

Släckningen inleds med att allt vatten tillsätts på en gång. Detta görs genom att en perforerad korg till hälften fylld med kalk doppas i kallt vatten under ca 25-30 sekunder (fig. 43). Därefter lyfts kalken upp och överskottsvattnet får rinna ur korgen innan den placeras i släckningsfatet. Släckningsfatet utgörs av ett 95-liter lockningsfat i plåt (fig. 44). Doppnings-



Fig. 43. Vattnet tillsätts kalken genom att en till hälften fylld perforerad korg med kalksten (ca 9-10 kg) doppas i kallt vatten under 25-30 sekunder. Därefter lyfts kalken upp och överskottsvattnet får rinna ur korgen innan den placeras i släckningsfatet. Korgens perforerade hål är ca 10 mm. Tidigare har korgar med 6 mm hål används men de är tyngre samt att hålen fort blir igentäppta av kalkslam. I bild Tomas Sandberg.



Fig. 44. I botten på fatet ligger en markskiva av mineralull. På markskivan är två vinkeljärn placerade. Vinkeljärnens uppgift är att korgen skall stå med ett fritt utrymme till botten, då ånga strömmar ur hålen i släckningskorgens botten. Samt att det kondenserade vatten som ansamlas i botten vid släckningen inte skall tas upp av den släckta kalken. Isoleringsskivan i botten av fatet var tänkt att minska avkylningen och kondensationen av ångan som alstras vid släckningen. Emellertid är funktionen tveksam varför den inte längre används.



Fig. 45. Korgen placeras på vinkeljärnen med fritt utrymme till fatets sidor. Markskivan placeras uppe på släckningskorgen och motverkar att kalken blir blöt av det kondensvatten som bildas på lockets undersida vid släckningen.

korgen placeras på vinkeljärnen och därefter läggs en markskiva av mineralull på toppen av doppningskorgen samt ett lock av plåt (fig. 45). Observera att locket ej får spännas fast med lockringen då släckningstunnan exploderar av det övertryck som uppstår. På locket placeras tyngder i form av lättklinker block. Släckningen tar ca 5 min och utvecklar under tiden en stor mängd ånga.

Efter att släckningen är över tas tyngder och lock bort (fig. 46, 47). Utvidgningen tyder på att släckningen fortsätter en tid efter det att ångbildningen avtagit. Genom att lämna korgarna kvar i faten tills dagen efter utnyttjas den värme som finns i kalken till att driva ur den fukt som finns kvar. Med lagringen ges kalken

möjlighet att ytterligare släcka sig. Detta underlättar siktningen då den är mer pulverartad samt innehåller mindre vatten som annars ger upphov till kondens i sikten och lagringsfat.

Kalken siktas för att fränkilja eventuella bergarter som inte är kalk och eventuella korn som inte är släckta. Siktningen består av två moment; tömning och siktning. Vid tömningen placeras korgarna i en låda med lock (fig. 48, 49). Efter att korgarna är tömda siktas kalken (fig. 50). Det siktade pulvret är i sin finhet att jämföra med vetemjöl.



Fig. 46, 47. Under släckningen expanderar den brända kalken till ca den dubbla volymen. Direkt efter släckningen håller mindre stycken av den torrsläckta kalken samman (fig. 46). Kalken fortsätter att sönderdelas och utvidga sig en tid efter att själva släckningsförfarandet är avslutat. Det är därför en fördel om korgarna med den nysläckta kalken lämnas kvar i faten med isoleringsskivan kvar tills dagen efter (fig. 47).



Fig. 48. Vid tömningen placeras åtta doppningskorgar (ca 220 l) med den släckta kalken i en behållare av plywood. Behållarens botten består av träribbor. Släckningskorgarna placeras på träribborna. På grund av att kalken dammar kraftigt är behållaren försedd med ett lock. I locket på behållaren finns åtta stycken hål. Doppningskorgarna är placerade direkt under dessa hål. I bild Tomas Sandberg.



Fig. 49. Genom hålen i behållarens lock sticks en visp kopplad till en bormaskin ner. Under vispningen slungas kalken ur korgen och faller ner i den trattformade botten av lådan. Varje korg tar ca 1-2 minuter att tömma. På vispens axel finns ett löst monterat lock som förhindrar att kalken dammar ut ur lådans hål under vispningen. I bild Kristina Bergkvist.



Fig. 50. Tömningslåda och sikt. Siktmaskinen är så konstruerad så att det material som är för grovt sorteras bort som skräp och fördelas till ett separat fat (ej synligt i bild, placerat bakom sikten). Endast det material som är tillräckligt fint passerar sikten och fördelas till det fat som det sedan förvaras i (det svarta fatet i bildens förgrund). Siktdukens masköppning är 1 mm. Tömningslåda och sikt är sammankopplade med ett reglerbart spjäll (vit pil). Med spjället regleras så att mängden kalk som tillförs sikten inte blir för stor på en gång. I fråga om förbättringar så är det tömningslådan och dess moment samt frammatningen av kalk som är de delar av tillverkningen som är i behov av utveckling. I bakgrunden Kristina Bergkvist och Tomas Sandberg.

Litterära källor i relation till släckningsmetodens utformning.

Hagerman (1946) utarbetar provningsmetoder för torrsläckning av kalk och utför sina studier av torrsläckningsförloppet i ett kärl med lock utan övertryck. Enligt Hagerman påverkas kalkens reaktivitet av kalkens mineralsammansättning och den temperatur som kalken är bränd vid. Mindre reaktiv kalk ger mindre intensiv värmeutveckling och långsammare släckning och det omvända för mer reaktiv. Vidare framgår att en hög bränningstemperatur inverkar negativt på kalkens egenskap att kapillärt ta upp det vatten som är nödvändigt för att kalken skall släckas helt. Av hans undersökningar framgår att det finns ett vagt samband mellan omedelbar släckning och reaktionsvärmen som utvecklas. Av hans reflektioner i anslutning till temperaturmätning vid släckning framgår:

”Vanligtvis påverkas kurvans förlopp (temperaturkurvan) blott obetydligt av den begynnande ångbildningen, som iakttagas redan under 100°C, beroende på att temperaturen kring termometerkulan ej kommit så långt som i massans yt-zon. Det är emellertid märkligt att temperaturstegringen strax över 100°C ofta är nära nog lika snabb som under 100°C. Detta tyder på att den begynnande ångbildningen starkt främjar reaktionshastigheten” (Hagerman 1946).

I diskussionskapitlet till en studie som utfördes 1990 på nuvarande Nordkalks fabrik i Köping med syfte att förbättra torrsläckningsförfarandet skriver Strömvall och Silic (1990):

”Vattnet fungerar både som reaktant och kylmedel för den värme som frigörs vid reaktionen. Underskott på vatten är i alla lägen negativt och orsakar överhettning av produkten med partikelagglomering och nedgång i BET-

area (partikels yta) som följd. Därför är det viktigt vid släckning av lösbränd kalk (som reagerar snabbt) att allt vatten tillsätts på en gång. Däremot är risken liten att kalken inte ska bli fullständigt släckt. Vattnet går i första hand åt till reaktionen och i andra hand till kylning. Kalkens reaktivitet har betydelse eftersom en snabbreaktion skapar många små partiklar. Vid långsam reaktion med hårdbränd kalk hinner partiklarna tillväxa och agglomera”.

Av Vicat framgår att kalken vid torrsläckning i kärl sönderdelas till en valnötsstorlek av Pasch att kalken sönderslås. Verkan av att sönderdela kalken i mindre stycken diskuteras av Hagerman (1946). Hagerman gör gällande att det viktigaste kriteriet för en god släckning är att tillse att vatten når in i kalkstenens innersta delar för att motverka att vattenbrist uppstår. Av Hagerman framgår att kriteriet tydligt är att kopplat till kalkens styckestorlek. Hagerman skriver att

möjligheten till inträngning av vatten är beroende av styckestorlek, sprickor och kalkstyckets inre uppbyggnad särskilt dess poregenskaper.

Förstudier och litteraturens relation till metodens utformning

I den här ovan beskrivna torrsläckningsmetoden används så låg temperatur som möjligt på vattnet och kalken. Metoden förhåller sig i detta avseende till Hagermans beskrivna åtgärd: ”faktor 1, uppvärmning respektive avkylning av ingredienserna för sammanslagning” (Hagerman 1946). Syftet är att möjliggöra för kalkens porsystem att kapillärt ta upp och genomfukta kalkstycket innan temperaturen i kalkstycket blir för hög. Erfarenheten (undertecknad) har visat att temperaturen på vanligt kranvatten fungerar bra. Under förutsättning att det vatten som kalken doppas i kontinuerlig fylls på med nytt kallt vatten samt att kalken förvaras



Fig. 51 a, b, c. Mariestad, Johannesbergsparken, Byggården. Fyra olika metoder användes. Genom släckningen på såll (fig. 51.a) placerades kalken fritt från underlaget. Värmen och ångan som bildades kunde fritt avgå. Vid släckning i stuka (fig. 51 b) placerades kalken i en grop formad av sand, kalken övertäcktes därefter med sand så kalken var helt omsluten. Vid släckning i isolerad tunna (fig. 51 c) var tunnan (ca 80 l) isolerad i botten, på sidorna samt övertäckt med löst liggande isolering. Vid släckningen passerar en del värme och ånga genom isoleringen.

Fig. 51 d, e. Vid släckningen i isolerad tunna med lock var tunnan isolerad runt om (fig. 51 d). I locket finns en öppning i vilken en tygtrasa pressades in. Efter släckningen undersöktes den släckta kalken med avseende på hur väl kalken var släckt. Vid släckning på såll uppvisade kalken tydliga rester av kalk som inte släckts (fig. 51 e) Även i stukan återfanns hårda bitar av kalk som inte var släckta men i betydligt mindre grad. I de isolerade tunnorna återfanns inga synliga rester som kunde bedömas vara osläckta.

på en skuggig eller kall plats. I relation till kalkens reaktivitet och den temperaturökning som sker när kalken tillförs vatten så finns ett tydligt samband mellan kalkstyckets storlek, porernas transporthastighet och den tid som måste förflyta till det att kalkstycket är genomfuktade. Att tidsperspektivet spelar in förstås av Hagermans arbete även om han inte direkt uttrycker det.

Inför tillverkningen av kalk till Gillstad kyrka utfördes en serie försök med olika släckningsmetoder. Syftet var att studera om det finns ett samband mellan släckningsmetoden, temperaturen och sönderdelningen. Den släckta kalken undersöktes sedan okulärt för att se om det fanns korn som inte var fullständigt släckta. Till försöket användes 5 kg kalk. Kalken som ingick i försöket togs ur ugnen på samma nivå och var genombränd. Den exakta temperaturen är inte känd men uppskattas från sitt läge i ugnen vara ca 900°C. Släckningen utfördes som torrsläckning med kalk från alunskifferlagret. Vattnet tillfördes kalken genom att sänka ned kalken i

kallt vatten under ca 30 sekunder tills dess att den var genomfuktad med vatten.

Fyra olika metoder användes (fig. 51 a, b, c, d, e). De olika metoderna genererade olika hög temperatur vid släckningen (fig. 52). Av temperaturmätningen framgick skillnader i temperatur och temperaturstegring mellan metoderna men också under hur lång tid som reaktionen varade. Genom försöket blev det tydligt att det genom små och enkla medel går att påverka reaktionen i stor utsträckning. Försöket visar att temperaturen ökar snabbt som ett resultat av en mer intensiv reaktion om ångan hålls kvar i släckningskärlet vid isolerande övertäckning än om den fritt kan avgå. Vid släckningen med övertryck framgick av den snabba temperaturstegringen att reaktionens intensitet i än större grad gynnas än med endast isolerande övertäckning. I försöket med släckning på såll bestod släckningsresterna av osläckt kalk och bedömdes bero på att vatten brist uppstod varpå reaktionen och temperaturökningen avstannade. Resultatet

visar dels hur känslig släckningsprocessen är och dels hur betydelsefull släckningsmetoden är.

Slutsats

Resultatet av förstudien (släckning med övertäckning) är analogt med Hagerman (1946) och hans fallstudier av torrsläckning med övertäckning. Resultatet av släckning på såll är överensstämmande med Vicat (1837) och Hagerman (1946) samt författarna Stål (1854), Henström (1869), samt Rothstein (1890) när de skriver att kalken inte släcks helt när för lite vatten används eller att vattenbrist uppstår. Erfarenheten (undertecknad) av att torrsläcka kalk med den ovan beskrivna metoden visar på att kalken släcks helt och har inte gett upphov till några skador på de projekt den är använda på (e.g. Läckö slott, Gillstad kyrka, bogårdsmuren vid Oviken kyrka, Holmestads kyrka). I de siktresten som sikten sorterar bort som överkorn har ingen eftersläckning observerats vid begjutning med vatten. I huvudsak består dessa rester av andra mineraler än kalk, emellertid förekommer mjuka klumpar

av släckt kalk som klumpat sig samman genom inflytande av kondenserat vatten. Det släckta materialet lagras vanligen från några veckor till några månader. Ingen expansion av kalken i det lagrade fatet har iakttagits. I den siktade kalken har ingen eftersläckning observerats i bruk som tillverkats direkt efter att kalken kommit ur sikten. Vid släckningen av kalk ur alunskifferlagret har iakttagits att en skillnad i bränningstemperatur på 100°C märkbart påverkat släckningens intensitet och ångbildning. Kalken som är använd i den beskrivna torrsläckningsmetoden är bränd vid en så låg temperatur som av erfarenhet har bedöms vara praktiskt möjligt (variera mellan ca 850°C-980°C). Målet är att en reaktiv kalk och ett snabbsugande porsystem skall bildas. Syftet med metodens utformning och målet för bränningstemperaturen är alltså att uppnå en snabb reaktion vid släckningen.

Den ovan beskrivna förstudien talar för att släckningen bör ske snabbt för att uppnå en så stor grad av genomsläckning som möjligt. Resultatet

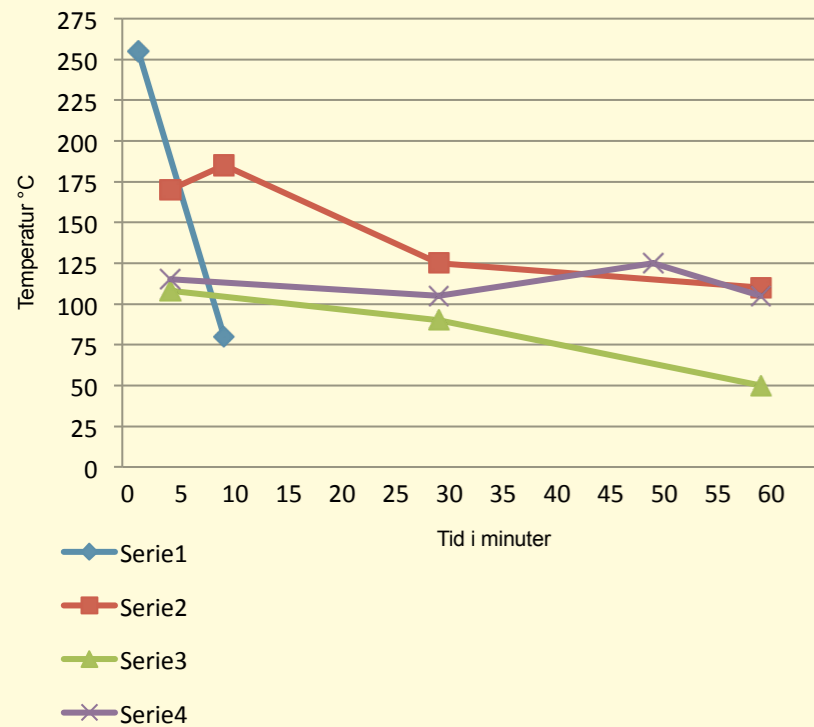


Fig. 52. Serie 3: vid släckning på säll (fig. 51 a) når temperaturen strax över 100°C och faller konstant fram till trettionde minuten. Därefter går temperaturfallet snabbare. Detta tolkas som att reaktionen avstannat. Förloppet tolkas som att reaktionen kyls konstant genom att värmen och ångan som alstras avgår. Serie 4: vid släckning i stuka (fig. 51 b) ligger temperaturen konstant över 100°C men stiger något efter 30 minuter. Förändringen tros bero på att sanden som kalken är inpackad i under släckningen torkar och är därefter mer isolerande. Att sanden har torkat är synbart när stukkan öppnas. Temperaturen faller tydligt efter 50 minuter vilket tolkas som att den huvudsakliga reaktionen har upphört men att en viss eftersläkning fortfarande sker. Serie 2: vid släckning i isolerad tunna (fig. 51 c) stiger temperaturen och når ca 185°C efter 10 minuter. Därefter sjunker temperaturen snabbt till ca 125°C. Temperaturförloppet tolkas som att reaktionen sker snabbt och att den tydligt fallande temperaturen är ett tecken på att den huvudsakliga reaktionen har upphört. Från den trettionde minuten faller temperaturen svagt. Förloppet tolkas bero på att tunnan är isolerad och håller kvar värmen i tunnan. Detta i kombination med en mindre grad av eftersläkning. Serie 1: vid släckning i isolerad tunna med lock (fig. 51 d) stiger temperaturen mycket snabbt upp till ca 250°C och faller där efter fort. Förloppet tolkas bero på att tunnan är isolerad samt att ett övertryck byggs upp när ångan möter motstånd när den skall passera öppningen i locket med trasan. Släckningsens förlopp är mer momentant. Det snabba temperaturfallet bedöms bero på tunnans större storlek och det momentana släckningsförloppet. Inne i tunnan observerades kondens på tunnans insida.

tet bedöms vara analogt med Hagerman (1946) när han skriver att det finns ett vagt samband mellan omedelbar släckning och den reaktionsvärme som utvecklas samt Strömvall och Silic (1990) när de skriver att en snabb reaktion skapar många små partiklar.

Emellertid innebär det att värmen som alstras av reaktionen blir intensiv. Detta talar för allt vatten skall tillsättas på en gång då portionsvis tillsättning av vatten innebär att reaktionen hinner starta, den begynnande värmen kan då hindra att det ytterligare tillsatta vattnet tränger in i kalken (e.g. Hagerman 1946, Strömvall och Silic 1990). Vattenångan som bildas ska bygga upp en vattenmättad och varm atmosfär runt kalken. Detta för att motverka uttorkning av vatten, underhålla reaktionen samt penetrera de delar av kalken där delvis vatten brist kan uppstått. Förfarandet förutsätter att allt vatten tillsätts

och genomfuktas kalken innan kalken genom reaktionen hunnit bli varm. För att, i relation till tid, skapa en marginal bör vattnet och kalkens temperatur helst understiga 10°C. Tiden som åtgår för att genomfukta stenen är beroende på kalkens poregenskaper och den hastighet vattnet kapillärt kan transporteras in till kalkstyckets kärna. Genomfuktningen och tiden måste kontrolleras för den aktuella kalken och utgör vägledning för hur tjocka kalkstyckena skall vara. Vilken temperatur som uppnås i släckningsfatet med den ovan beskrivna torrsläckningsmetoden är ännu inte undersökt, inte heller partiklarnas storlek eller yta. Undersökningar av kalkens vidhäftning eller tryckhållfasthet är heller inte utfört.

Vicat (1837), Henströms (1869) och Hagerman (1946) är de författare som ger uttryck för en medveten användning av ångbildning som aktiv

del i en släckningsmetods utformning. Genom Vicat och Henström förstås att metoden har en historisk användning. Henström är den enda av författarna som redogör för en våtsläckningsmetod där ånga ingår som en aktiv del i metoden de övriga redogör för torrsläckning. Hagerman, Henström, och Vicat reser frågan om det är nödvändigt att använda övertryck vid torrsläckning då de inte redogör för någon metod där det används. Hagerman är den författare som beskriver övertryck som en åtgärd men han använder inte det i sina försök.

Något entydigt svar på denna fråga är svår att ge och kopplar tillbaka till förutsättningarna som formas av bränningen och kalkens egenskaper. I de flesta fall så är det kanske fullt tillräckligt att lägga en bastmatta eller brädlock över för att säkerställa en god släckning. Frågetecknen formulerar behovet av ytterligare forskning om historiska släckningsmetoders verkan i relation till material och det förväntade resultatet och är en angelägen fråga ur flera perspektiv. Ur ett antikvariskt och teknikhistoriskt perspektiv är släckningsmetodens autenticitet viktig. I producent- och brukarledet är marginaler i relation till beständighet och eventuella skador som kan uppkomma en viktig fråga.

5.6 Beskrivning av empiriska försök för våtsläckning – Erikssonmetoden.

Inledning

I detta kapitel presenteras arbetet med att ta fram en våtsläckningsmetod vars syfte har varit att kalken skall släckas med så lite vatten som möjligt. Bakgrunden är empirisk erfarenhet av att framställa bindemedel för användning i putsbruk och resultatet av den fördjupade litteraturstudien som visar på att vattenmängden

som används vid våtsläckning inverkar på brukets egenskaper.

Ett resultat av den fördjupade studien i släckningsmetoder var bekräftandet av våtsläckning med överskott av vatten som en traditionell metod. Någon överensstämmande metod för våtsläckning med avstämd mängd vatten återgavs inte av författarna i den fördjupade litteraturstudien. En jämförande studie av två traditionella metoder är därför svår att göra. I relation till våtsläckning framgick av studien att en brist på vatten kan leda till att kalken inte släcks helt. I detta hänseende framgår av Hagerman (1946) att problemet har två grundorsaker, otillräcklig vatteninträngning i kalken på grund av hydrattbildning runt kalkstyckena och vattenutstötning på grund av ångbildning. Av Hagerman och Bährner (1956) och den traditionella metodens utformning framgår att dessa problem löses, dels genom tillsättande av vatten (kyla reaktionen) för att reaktionen skall fortgå vid en temperatur under vattnets kokpunkt, dels att kalken omrörs för att öka kontakten mellan kalciumhydroxid och vatten (inträngningsproblemet).

Strömvall och Silic (1990) visar att ett snabbt släckningsförlopp genererar små partiklar. Av Hagerman att ett vagt samband finns mellan den reaktionsvärme som utvecklas och omedelbar släckning. Källorna tillsammans med förstudien (torrsläckning) talar för att en snabb reaktion genererar en väl genomsläckt kalk emellertid i relation till torrsläckning. Vid utveckling av Erikssonmetoden så har uppgifter från Hagerman samt Strömvall och Silic tillsammans med empiriska försök (se förstudier nedan) bedömts vara applicerbara även på våtsläckning. Motsatsen till en snabb reaktion är då ett utdraget släck-



Fig. 53. Kalkstenen som skall våtsläckas doppas i ett antal sekunder i kallt vatten. Därefter delas kalkstenen med en kniv och hammare för att okulärt se om kalkstenen är genomfuktad. Tvärsnittet på kalkstens tunnaste sida bör ej överstiga 50 mm.



Fig. 54. Inom det vitstreckade området i stenens mitt syns ett område i stenens kärna som är ljusare. Tiden som kalken har hållits under vatten har i detta fall varit för kort då kalken inte är genomfuktad. Om den inte är genomfuktad tas en ny sten av samma storlek och doppas ytterligare ett antal sekunder. Därefter undersöks resultatet på samma sätt.



Fig. 55. Av bilden framgår att den yttre delen av stenen som blivit genomfuktad sönderdelar sig medan den inre kärnan av stenen som ej blivit genomfuktad lämnar en hård kärna av osläckt kalk.



Fig. 56. När kalkstenen hålls en längre tid under vattnet och hela stenens tvärsnitt blivit genomfuktad sönderdelar sig kalken och efterlämnar inga kärnor av kalk. Genom att lätt trycka och röra i kalken undersöks om kalken innehåller några hårda osläckta delar. Resultatet skall bli ett pulver.

ningsförlopp. Det sker när reaktionen kyls med successivt tillsättande av vatten vilket kan resultera i att kalken dränks när för mycket vatten används (e.g. Henström 1869, Rothstein 1890). Med avseende på att vattenbrist kan uppstå så är det att jämföra med att kalken kan bli för bränd eller att den inte upplöses (e.g. Stål 1854, Henström, Rothstein). Oavsett metod (torr eller våtsläckning) förefaller balansen mellan för mycket och för lite vatten ett grundläggande kriterium för att kalken skall släckas helt. När det gäller våtsläckning där syftet skall vara att använda så liten mängd vatten som möjligt föreligger en risk att vattenbrist kan uppstå men också praktiskt problem med avseende på att utföra arbetsuppgifter som t.ex. svårighet att omröra en fast kalkpasta, därtill under intensiv ångbildning. Själva

förutsättningen är då att någon omrörning inte kan ske vilket ytterligare spär på problemet.

Huvudprinciper som ligger till grund för Erikssonmetoden

Den kalk som framställts med den nedan beskrivna Erikssonmetoden har använts på ett flertal byggnader i Västra Götaland. Bindemedlet som framställts har i huvudsak använts till putsbruk och kalkfärg.

För att få så liten kylning och snabb reaktion som möjligt används en avstämd mängd varmt vatten (80°C) i släckningskärlet. Allt vatten tillsätts med en gång. Fatets storlek och den använda mängden bränd kalk och vatten står i relation till varandra. I den meningen att släckningsvattnet ska täcka den brända kalken samt

att släckningen resulterar i att kalken är fuktig men ej flytande i hela sitt tvärsnitt.

Avstämningen av den vattenmängd som hålls i karet möjliggörs genom att den brända kalkens porer fylls med vatten genom att först doppa kalken i kallt vatten. Genom doppningen uppnås att släckningsvattnet behåller sin nivå i släckningsfatet. Om kalken inte doppas först så sjunker vattennivån i fatet genom att kalken suger upp en del av släckningsvattnet varpå en del av den brända kalken befinner sig över vattenytan i kärlet. Den kalk som befinner sig över vattenytan torrsläcks varpå resultatet blir en blandning av torrsläckt och våtsläckt kalk.

Vid användningen av varmt vatten så är risken att vattenbrist skall uppstå större än om kallt vatten används då reaktionen/värmeutvecklingen

startar så snabbt att stenens inre porsystem inte har hunnit fyllas med vatten. Genom att först doppa kalken i kallt vatten ges tid för kalken att genomfuktas innan den blir för varm varför risken för vattenbrist minskar.

Beskrivning av släckningsmetoden

Bestämning av hur lång tid kalken ska doppas

För att ta reda på hur lång tid kalken ska doppas för att genomfuktas med vatten utförs ett prov (fig. 53, 54, 55, 56). För att kompensera för olikheter i stenens sugförmåga och bränningsgrad läggs ytterligare ca 5 sekunder på den uppmätta tiden. Vid urlastningen av ugnen krossas den brända stenen till en bestämd storlek. Erfarenheten av släckning av alunskifferkalk har visat att tvärsnittet på stenens tunnaste del ej bör överstiga 50 mm. Vid denna storlek och vid en bränningstemperatur av ca



Fig. 57. Byggården Mariestad. Uppställningen av släckningsfaten i rader gör att släckningen kan utföras mer rationellt, t.ex. kan ett fat fyllas med varmt vatten och kalksten under tiden som släckningsprocessen pågår i ett annat fat i motsatt rad.



Fig. 58. I samband med att den brända kalkstenen lastas ur ugnen huggs den upp i ca 5 cm stora bitar. Därefter förpackas och lagras kalken i lockringsfat. Fatens lock är förseglade med vattenfast tejp. Kalken kan på detta vis lagras i minst ett års tid under förutsättning att ingen fukt eller luft kommer in i fatet.



Fig. 59. Ett 220 liters fat räcker till att fylla 8 doppningskorgar. Fatet är emellertid tunga att hantera för hand varför 95-litersfat har använts under senare tid. Doppningskorgarna är tillverkade i perforerad plåt (10 mm hål) med måtten 300 mm i diameter och höjden 400 mm (28 L).



Fig. 60, 61. I det förberedande arbetet sätts plåtsvep i alla de uppställda faten (fig. 60). Svepen är öppna och valsade till en större radie än fatet. Effekten blir att svepet spänner mot fatets insida (se röd pil i figur 61). Om svepet inte spänner mot uppstår ett mellanrum mellan fatets insida och svepet. Under släckningen fylls mellanrummet med kalk och försvårar tömningen. Svepen är tillverkade i 0,7 mm svartplåt. Höjden är 500 mm och svepets plåtkanter överlappar varandra med ca 50 mm.

850–980°C behöver kalken doppas i ca 25 sekunder för att all sten ska vara genomfuktad.

Släckningsstationen

Släckningsstationen består av två utlagda rader av Europa-pallar. På pallarna är 95- alternativt 113-liters lockringsfat (95- och 113-litersfaten har samma diameter men 113-litersfatet är något högre) i plåt med tillhörande lock placerade. Totalt 12 stycken i varje rad (fig. 57). Samma fat utgör släckningskärl och förpackning för den släckta kalken vid leverans. I anslutning till släckningsstationen är lockringsfat med bränd kalksten utplacerade.

På marken framför faten med den brända kalken finns ett arbetsplan anlagd i form av Europa-pal-

lar med en plywood skiva ovanpå. Den brända kalken tippas ut på skivan varefter kalken skottas ner i de perforerade doppningskorgarna som rymmer 28 liter kalk. Den krossade kalkens vikt är ca 19,5 kg (fig. 58, 59).

Plåtsvep i släckningsfaten

Vid det förberedande arbetet placeras ett plåtsvep i släckningsfaten. Svepet gör det lättare att få ur den släckta kalken ur faten vid upparbetningen av kalken (fig. 60, 61).

Fat för varmvatten

Varmt vatten till släckningen värms och förvaras i flera plastfat, vilka tillsammans rymmer 1,2 m³ vatten. I vart och ett av plastfaten finns en doppvärmare (1500 W) med termostat installe-

rad. Termostaterna är inställda på 80°C. Doppvärmarnas element är placerade i rör, en konstruktion som gör att vattnet cirkulerar detta för att utjämna jämna temperatur i fatet. Fatet är isolerade på utsidan med betongtäckmattor och sedan inbyggda i en isolerad låda. Fatet med vatten är placerade i ett intilliggande hus och pumpas fram till släckningsstationen (fig. 62, 63).

Perforerade doppningskorgar

Strax innan kalken hålls i släckningsfatet innehållande det varma släckningsvattnet sänks kalken ner i en tunna med kallt vatten. När kalken doppas i vattnet är kalken placerad i en perforerad korg (doppningskorg). Perforeringen har

till uppgift att snabbt leda in och ut vattnet ur korgen när kalken sänks ner och lyfts ur vattnet (fig. 64, 65).

Tyngder

På släckningsfatens lock placeras tyngder under släckningen i form av lättklinkerblock, den sammanlagda vikten av blocken uppgår till ca 50 kg. Tyngden läggs på locket för att släckningen ska starta snabbare, bli mer intensiv samt motverka att den värme och ånga som alstras under släckningen fritt avgår ut ur fatet. Tyngderna tillsammans med locket bidrar även till att hindra kalk och vätska att stänka ut ur fatet under den häftiga kokning som uppstår under den mest intensiva delen av släckningsfasen. Under ca 5 minuter utvecklas så



Fig. 62, 63. Vattnet pumpas fram och mäts upp i en graderad hink (fig. 62). Vattnet håller en temperatur av ca 80 °C. . Vattnet hålls ner i släckningsfatet (fig. 63).

Fig. 64. På utsidan av de bägge raderna av släckningsfat står plåtfat med kallt vatten utplacerade (fig. 64). Vid doppningen sjunker vattennivån i fatet och blir några grader varmare för var gång kalken doppas. Av den orsaken är det av betydelse att faten kontinuerligt tillförs nytt kallt vatten även om nivån skulle räcka till för att doppa ner hela korgen ytterligare en gång.



Fig. 65. Korgarna med bränd kalksten doppas i kallvattentunnan under ca 25-30 sekunder varefter korgarna lyfts upp. Under några sekunder får överskottsvattnet rinna av innan kalken hålls ner i släckningsfatet där det varma vattnet strax innan hålls i.

Fig. 66, 67. Tyngderna flyttas över från det intilliggande färdigsläckta fatet till det fat där släckningsprocessen strax skall börja. Under den mest intensiva delen av släckningen skapas ett övertryck av vattenånga som överstiger den kraft som håller locket stängt (ca 50 kg) varpå vattenångan rusar ut ur fatet. När trycket sjunker stängs locket igen var på nytt tryck byggs upp. Inte sällan sker repetitionen så snabbt att ett tuffande ljud likt ett ånglok uppstår. Locket får aldrig spännas fast med de medföljande lockringarna då övertrycket skulle bli så högt att tunnan exploderar.

mycket värme och ånga att det är riskfyllt att vara i släckningsfatets närhet (fig. 66, 67).

Släckningsförfarandet och den andra släckningen i samma fat

Plåtsvepen placeras i det första släckningsfatet och 18-20 liter 80-gradigt vatten tappas upp just innan kalken töms i. Därefter läggs locket på och tyngderna placeras på locket. Genom tyngdernas inverkan skapas ett övertryck i fatet. Hur stort övertryck som råder i kärlet är ännu okänt. Den energi som frigörs när den brända stenen och vattnet reagerar med varandra genererar mycket värme och ånga. Temperaturen i släckningsfatet under släckningen är inte undersökt i denna metod.

Samtidigt som släckningsprocessen fortgår i den första raden av de uppställda faten förbereds nästa släckning i raden av tomma fat på motsatt sida. Släckningen utförs växelvis mellan de bägge raderna. På så vis uppnås en jämn arbetsgång och arbetet behöver aldrig utföras nära den heta ångan under den pågående släckningen. Två släckningar utförs i samma fat, släckning nummer två utförs bredvid det fat där den första släckningen gjordes. När locket lagts på lyfts tyngderna över till det fat som ska släckas från det intilliggande fatet där släckningen är utförd den första gången. Släckningen fortsätter parallellt i bägge rader tills att två släckningar är utförda i alla de uppställda faten.

När kalken från den första släckningen styvnat till i faten och börjat bilda sprickor i tytan, påbörjas den andra släckningen. Den andra släckningen följer samma princip som den första med den skillnaden att vid den andra släckningen åtgår ca 22-24 liter vatten i stället för ca 18-20 liter (fig. 68, 69).

Vattenmängden ökas som kompensation för det vatten som försvinner ner i underliggande och tidigare släckta kalkens sprickor. Om vattenmängden inte ökas blir resultatet att vattnet inte täcker kalken vid den andra släckningen. Resultatet blir då att en del av den övre kalken vid den andra släckningen blir torrläckt. I de

fall kalken är väldigt reaktiv kan mängden kalk som släcks vid andra släckningen behöva minskas. Orsaken är att utrymmet i kärlet blir för litet varpå en del av släckningsvattnet stänker ut ur fatet (fig. 70, 71).

Någon negativ inverkan på bruket har inte uppmärksamats av att mindre delar blivit torrläckt. Under släckningen trycks vattnet upp och ut mot fatets kanter. Det begränsade utrymmet som släckningen genomförs i medverkar till att det hela tiden finns vatten och het ånga runt om kalken. Koncentrationen och omfördelningen av vatten undersläckningen ger upphov till att den släckta kalken



Fig. 68, 69. Andra släckningen utförs i samma kärl ovanpå ytan av den tidigare släckta kalken som efter ca 15 minuter är styv och fast (fig. 68). Vid andra släckningen hålls mer vatten i släckningskärl än vad som användes vid första släckningen beroende på att det rinner ner vatten i sprickorna som uppkommit i kalken samt att kalken under ytan innehåller grova porer (fig. 69).



Fig. 70. Förlust av vatten genom att kalken varit väldigt reaktiv förekommer och resulterar i att en del av kalkens övre del blir torrsläckt. I kalkpastans sprickor syns ljus torrsläckt kalk.

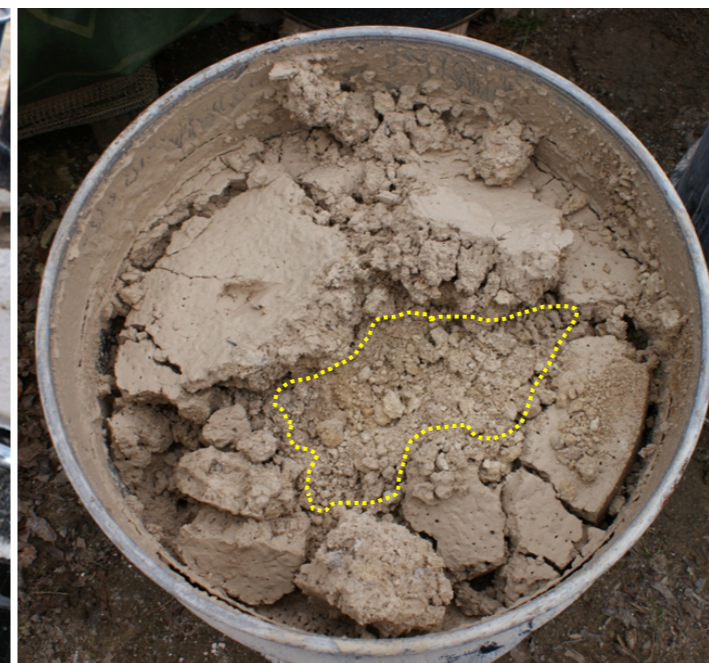


Fig. 71. Den torrsläckta kalken blir efter en stund genomfuktig genom inverkan av ånga och den intilliggande fuktiga kalken. Varför delar av kalken (se innanför markering) vid andra släckningen är smulig med låg halt av vatten. Mängden vatten och kalk justeras i förhållande till om kalken visar tecken på att bli torrsläckt.



Första släckningen.
Gul streckad linje markerar den inre kärnan.

Andra släckningen.
Gul streckad linje markerar den inre kärnan.

Fig. 72. Bilden visar den släckta kalken sedan den tömts ur släckningsfatet. Den rödstreckade linjen markerar gränsen mellan första och andra släckningen. Gul streckad linje markerar den inre kärnan av släckningen. Kärnan håller ihop, är fast och grovporig, kalken runt kärnan är fast och mer homogen. Kärnan i den andra släckningen är smulig och fuktig och håller inte ihop. Runt kärnan är kalken fast och mer homogen.

uppvisar skillnader i homogenitet efter släckningen (fig. 72).

För att motverka att vattnet stänker ur fatet har 113-liters fat provats med gott resultat. Faten har samma diameter som 95-litersfaten men är något högre. Båda släckningarna ger tillsammans ca 85 liter kalk i varje fat. Två personer släcker på detta vis upp till 24 fat (ca 2 m³) kalk på en dag. Den släckta kalken får stå och svalna med locket låst av lockringen. Det tar cirka ett dygn innan fatet har svalnat helt. Därefter flyttas faten över till sällningsstationen.

Sällningsstationen och sällningsförfarandet

Arbetsstationen för sällning av den släckta kalken utgörs av två stycken 250-liters planblandare

placerade bredvid varandra och i direkt anslutning till en byggställning. Fatet som ska sällas lyfts upp och hänger strax ovan arbetsplattformen eller blandaren med locket vänt ner (fig. 73, 74). Varje blandare fylls med fem fat släckt kalk. Genom bearbetningen i planblandarna görs kalken flytande utan att vatten tillsätts. Syftet är att kunna avskilja eventuella kärnor av obränd kalk samt bergarter som inte är kalk, t.ex. skiffer.

Bearbetningen fortgår tills att kalken har antagit en tjockflytande konsistens vilket tar ca 30-40 minuter. I anslutning till planblandarens tömningslucka är en trälåda på ben placerad (fig. 75, 76). Under sållet är ett av de tidigare använda faten placerat. När fatet är fullt sätts lock och

låsring på och kan sen transporteras till byggarbetsplatsen (fig. 77, 78).

Litterära källor i relation till släckningsmetodens utformning.

I litteraturen som valts ut i detta arbete finns beskrivningar av släckningsmetoder som i vissa delar har likheter med den våtsläckningsmetod som utarbetats vid Göteborgs Universitet. I huvudsak återfinns likheter i de torrsläckningsmetoder som beskrivits. Dessa analyser och beskrivningar har utgjort stöd för Erikssonmetodens utveckling. Stöd har också tagits i Hagermans undersökningar under 1930-talets slut och 1940-talets början samt i Strömwall och Silics studier vid Nordkalks fabrik i Köping 1990. Studien utfördes som ett

led i att förbättra produktionen vid nuvarande Nordkalks fabrik i Köping 1990.

Pasch (1824), Vicat (1937), Henström (1869), Hagerman (1946), Strömwall och Silic (1990). Vicat, Stål (1854), Henström, Holmström (1984), Konow (1997) och Balksten (2005, 2007) har genom sina reflektioner och uppgifter om vattenmängdens inverkan i bruk och vid släckning bidragit till forskningens inriktning.

Förstudier och litteraturens relation till Erikssonmetodens utformning

Under 2007-2008 utfördes prov för att utvärdera olika åtgärders användbarhet i en metod för våtsläckning med avstämd mängd vatten. Metoden kom sedermera att benämnas Erikssonmeto-



Fig. 73. Ovanpå ställningen finns ett plan av plywood med sargar byggd. Planet ansluter i samma höjd som blandarnas ovankanter. På planet kan kalken sönderdelas i mindre bitar. Kalk som ramlar ut när locket tas av kan samlas ihop och skottas ner i blandarna.



Fig. 74. Fatet hänger med locket ner. Lockringen och locket tas av från fatet varpå svepet och innehållet glider ut ur fatet. Utan svepet skulle det vara tvunget att gräva ut kalken, ett förfarande som är betydligt mer tidskrävande och arbetsamt. Blandarna är försedda med avtagbara huvar och startas från marknivå. I bild Tomas Sandberg.



Fig. 75. Den upparbetade kalken tappas ur planblandaren ner i lådan. Lådan står på ben och kan flyttas mellan blandarna. I lådans botten är ett såll monterat. Sållet har en fri maskvidd på 6 mm. För att underlätta och öka hastigheten vid sållningen av den tjockflytande kalken är en vibbrostav placerad i lådans botten över sållet.



Fig. 76. I bild syns på sållet rester av andra bergarter, i huvudsak skiffer (den röda pilen). Kärnor av obränd kalk förekommer också.



Fig. 77. Stående under sållet är det tomma fatet som släckningen utfördes i. Kalken är efter upparbetning tjockflytande med tixotropa egenskaper. I anslutning till sållets överkant är en vibbrostav placerad. Användningen av vibbrostaven är nödvändigt och gör kalken mer lättflytande. Detta för att kalken skall kunna passera sållet.



Fig. 78. Kalken är färdig att levereras. Fatet har använts i hela tillverkningsprocessen och återanvänds nu som förpackning vid leverans.

den. De olika stegen i metoden som användes vid släckningsprovet är de samma som i dag används. Skillnaden utgörs av fatets storlek samt att fatet inte är isolerat. Släckningsprovet utfördes i helisolerade fat med lock och tyngder ovanpå (79, 80).

Kalken var väl släckt, fuktig, fast och något smulig (fuktig jord) i sin konsistens. Kalken användes sedan på Gillstad kyrka. Släckningsförfarandet visade på att det var möjligt att våtsläcka med en avstämd mängd vatten, utan omrörning och vid en hög temperatur. I släckningsmetoden ingår fem av de åtgärder (faktorer) som Hagerman skriver är tillämpbara för att variera metoden vid torr släckning. I relation till faktor 1 ingår i metoden en kombination av avkylning och uppvärmning då både kallt och

varmt vatten ingår i metoden. Av Hagermans faktorer ingår i metoden:

1. Uppvärmning respektive avkylning av ingredienserna före sammanslagning.
2. Isolering av släckningskärlet.
3. Avvägning av total vattenmängd.
4. Kvarhållande av vattenånga under övertryck.
5. Lämplig gradering av kalken.

Slutsats av erfarenheter

Ovanstående litterära källor, resultatet av förstudien och erfarenhet av att tillverka våtsläckt kalk som bindemedel i putsbruk utgör grunden för de ställningstaganden som format den våt-

släckningsmetod som ovan är beskriven. Motsvarande förfaringssätt vid våtsläckning är inte beskrivet av någon av de i denna studie presenterade författare.

Erikssonmetoden skiljer sig på flertalet punkter från den traditionella metoden i den meningen att betydligt mindre vatten används, vattnet som tillsätts kalken är en kombination av kallt och varmt vatten, allt vatten tillsätts kalken på en gång i två på varandra följande moment och kalken rörs inte om. Fem förutsättningar har identifierats som inverkat på släckningsmetodens utformning:

1. Hastigheten (tiden) med vilket vattnet tränger in och genomfuktat kalkstycket mäts var efter kalkstycket storlek eller tiden regleras beroende på hur reaktiv kalken är.

2. Kalkstenen doppas först i kallt vatten för att förse den brända kalkens inre porsystem med vatten. Direkt där efter slås kalken ner i en avstämd mängd varmt vatten (80°C).
3. Genom att hålla kalkstenen väl samlad under reaktionen med vatten (släckningen) koncentreras värmen till kalciumoxiden (den brända kalkstenen).
4. Släckningen sker under övertryck
5. Mängden vatten är avstämd så att kalken efter släckningen ska innehålla så lite vatten som möjligt utan att torrsläckas.

De fem förutsättningarna syftar till att släckningen ska resultera i en kalkdeg med så lågt vatteninnehåll som möjligt. Att kalken ska släckas snabbt för att god utsläckning av kalken skall ske.



Fig. 79 och 80. Släckningen utfördes i en låda bestående av pallar och pallkragar. Lådans botten och sida var isolerade med 50 mm mineralull (markskiva). I lådan placerades släckningskärlet bestående av ett itukapat oljefat (ca 80 L). Fatet är isolerat med 30 mm mineralull. Vid släckningen fylldes fatet med ca 25 L 80°C vatten. Där efter doppades 28 L kalk (ca 19,5 kg) under 30 sekunder i kallt vatten innan den hälldes i släckningsfatet. Därefter sattes locket på fatet och täcktes med 50 mm mineralull. På isoleringen och locket placerades tyngder i form av lättklinkerblock (ca 60 kg). Efter att ångbildningen avtagit och det var säkert att öppna fatet mättes temperaturen i kalkpastan i fatet till 153-155°C (fig. 80).

Temperaturerna som uppnåddes var betydligt högre än de temperaturer som uppnås vid normal våtsläckning (traditionella metoden). Som enligt Hagerman (1946) uppgår till mellan 80°C till strax under kokpunkten, och är väl överensstämmande med Bährner (1956). Av Paulsson och Granholm (1953) framgår att temperaturen skall hållas så att kalken sjuder d.v.s. runt kokpunkten. Enligt Hagerman är möjligheten till att variera metoden vid våtsläckning inte så stora. Emellertid så framgår av förstudien att flertalet av de åtgärder som Hagerman föreslår i relation till torrsläckning också användbara vid våtsläckning vilket också framgår av Henströms våtsläckningsmetoder där ånga utgör en aktiv del i metoden. Av Vicat (1837) och Henström

förfaller heller inte omrörning alltid vara nödvändig och är analogt med författarens erfarenheter av Erikssonmetoden. Vid andra släckningen i samma fat är det vanligt förekommande att en del av den övre och mittersta delen av kalken torrsläcks. Denna del fuktas upp och släcks genom inverkan av övertrycket och ångan. Med avseende på att vattenbrist kan uppstå i denna del visar sig fördelarna med att använda övertryck och ånga. Motsvarande sker normalt inte i första släckningen. Inga putsskador har iakttagits på grund av osläckta korn av kalk på någon av de byggnader där bruk baserad på Erikssonmetoden och alunskifferkalk är använd (e.g. Gillstad kyrka, Väla kyrka, Läckö slott, Källstorps gårdskapell). Inte håller i det fall kalk från

Näversjöberg och Marieby kalkbrott (Jämtland) har används samma eller påföljande dag (provtytor på bogårdsmuren vid Ovikens kyrka). Hur släckningsförfarandet påverkar partiklarnas sammanlagda yta eller storlek är inte undersökt och är något som vidare studier för utvisa.

Erfarenheter i relation till upparbetning av kalk.

I samband med putsningen av undervisningslokalerna för murutbildningen i Mariestad vid Göteborgs universitet (2012) togs momentet med upparbetning och filtreringen bort ur släckningsförfarandet. Anledningen är tidigare observationer av förändringar av kalkens egenskaper som kommer av att kalken upparbetas. Förändringen ger sig till känna genom att en del av det vatten som är bundet till kalkdegen några dagar efter upparbetning separerar från kalkpastan och lägger sig ovanpå kalken. Denna separation uppstår inte i kalken om den lämnas i släckningsfatet orörd, vare sig på ytan eller i kalkens inre porösa struktur. Exakt vad som händer i samband med upparbetningen är inte klarlagt, men en trolig orsak till separationen kan vara att bindemedelspartiklarna klumpar ihop sig med en minskad sammanlagd yta som följd.

Vid omputsningen av Källstorps Gårdskapell (2007-2009) strävades efter att hålla ett blandningsförhållande mellan sand och bindemedel på 1 del kalk och 2,5 delar sand. Detta blandningsförhållande var svårt att upprätthålla på grund av sprickbildning varpå blandningsförhållandet höjdes till 1 del kalk på 3 delar sand. Kalken var av den upparbetade typen. Vid putsningen av murutbildningens undervisningslokaler (2012) användes kalk från alunskifferlagret som inte var upparbetad och silad. Initialt provades ett blandningsförhållande på 80 liter kalk på 160 liter naturfuktig sand (1:2) detta höjdes på grund

av sprickbildning till 80 liter kalk och 190 liter naturfuktig sand (ca 1:2.4) vilket fungerade väl. I relation till den upparbetade kalken som användes på Källstorps gårdskapell så gick det att sänka andelen sand med ca 0.6 volymandelar genom att använda icke upparbetad kalk. I jämförelsen har inte tagits hänsyn till eventuella skillnader i sandens volym beroende på sandens fukthalt och packningsgrad. I förhållande till kalkdegens innehåll av vatten och bindemedel så bedöms fukthalten vara den samma i de bägge fallen. På grund av att förutsättningarna vid de olika observationerna av sprickbildning inte är helt identiska är det svårt att avgöra hur stor skillnad i sprickbenägenhet det är mellan upparbetad och icke upparbetad kalk. Och är något som vidare studier får utvisa.

Vid användningen av bruk med kalk som inte är upparbetad har observerats att kalken fäster hårdare vid verktyget och lämnar en tydlig tunn rest av kalk på slevan som vid rengöring är lite svårare att skölja av än normalt. Egenskapen gör att något högre kraft behöver användas vid påslag vilket är analogt med erfarenhet av putsprover på bogårdsmuren, Ovikens kyrka (Jämtland) men då med kalk från Näversjöberg och Marieby stenbrott (Balksten *et al* 2013). Egenskapen är ur arbets-synpunkt inte helt optimalt då verktygen behöver rengöras lite oftare än normalt. Vid blandningen med sand i planblandaren så förfaller det som om kalken har lättare att blanda sig med sanden samt tar åt sig det vatten som tillsätts snabbare än vid användning av kalk som är upparbetad. Erfarenheten är överensstämmande med Ståls (1854) uppgifter om hur vattenmängden inverkar på brukets blandningsförmåga.

Uppgifter om krympning/sprickbenägenhet i relation till upparbetning av kalk återges inte i den litteratur som ingår i detta arbete. Detta oavsett

vilken släckningsmetod som beskrivs. Inte heller återfinns, oavsett släckningsmetod, att någon uppärbetning sker efter att kalken är släckt.

Torkhastighet och initialt tillstyvnande av bruket.

Initial sättning eller tillstyvnande av bruket är en egenskap som inverkar på hur lång tid hantverkaren har att bearbeta det påslagna bruket. Torkhastigheten och tiden för initialt tillstyvnande har kommenterats av hantverkare vid omputsningen av tornet på Gillstad kyrka (Bengt Johansson och Kristna Bergkvist, anställda vid Kennet Johanssons byggnads firma AB) och Läckö slott (Mats Larsson, anställd vid Byggnadshyttan på Gotland). Kalken som används i dessa projekt är kalk ur alunskifferlagret. Egenskaperna har gjort sig tydliga även vid putsarbeten av andra projekt som Källstorps gårdskapell och Väla kyrka. Den initiala sättningen och torkhastigheten är i relation till våtsläckt kalk på marknaden snabb och inverkar på hur stora ytor som kan slås på åt gången för att hinna bearbeta putsen innan den inte längre är bearbetningsbar. Egenskapen har inneburit förändringar i putsens bearbetning och uppbyggnad, något som inte berörs i denna del av arbetet. Erfarenheten av torkhastigheten är väl överensstämmande med Ståls uppgifter om mängden släckningsvatten och dess inverkan på putsens torkhastighet. Kalken i dessa projekt har varit uppärbetad.

Observationer vid släckning av annan kalk än alunskiffer kalken

I hantverksutbildningen vid Göteborgs universitet ingår att släcka kalk i utbildningens olika kurser. Kalk har också släckts till de olika byggnadsprojekt som är uppförda i trädgårdsutbild-

ningens anläggningar i Johannesbergsparken, Mariestad. Den kalk som är använd i Hantverkarutbildningen vid Göteborg universitet är en industribränd ren kalk från Nordkalk i Köping. I början släcktes kalken i tunnor under kontinuerlig omrörning av kalken. Värmeutvecklingen regleras genom att successivt tillsätta vatten så att kalkmassan knappt kokade detta för att möjliggöra att man skall kunna stå vid sidan av tunnan och röra i kalken under släckningen. Släckningsförfarandet är överensstämmande med den av Bährner beskrivna metoden (1956) men utan att kalken späds till en tunnflytande välling. Metoden är sedan cirka fyra år inte längre använd i utbildningen. Den metod som använts är Erikssonmetoden men utan att kalken uppärbetas. Vid användning av putsbruk blandat med kalk från de olika metoderna har det observerats att det är skillnader i torkhastighet. Kalken som är släckt enligt Erikssonmetoden torkar fortare. Vid tunna påslag med bruk av de båda kalkerna har det okulärt iakttagits att torkhastigheten är snabbare i det bruk som är framställt med Eriksson metoden. Iakttagelsen är baserad på att ytan vittorkar snabbare (ytan torkar och vitnar).

Putsens krympning

I anslutning till utprovning av olika bruk att använda vid restaureringen av Visby ringmur (2013-03-14) jämfördes olika bruk där bindemedlet framställdes med olika släckningsmetoder. Proverna utfördes i Byggnadshyttan På Gotland, verksamhetslokaler. Kalken i försöken var bränd av Byggnadshyttan kalk AB i en vedeldad ugn belägen i Hejnum två mil nordost om Visby. Provet avsåg murbruk och genomfördes

genom att mura kalkstensblock i olika dimensioner på varandra.

De bruk som provades och jämfördes var framställda genom stuksläckning med blandningsförhållandena 2 delar kalk på en 1 del sand samt ett bruk med 1 del kalk på 1 del sand. Vidare provades bruk med jordsläckt kalk med blandningsförhållandet 1 del kalk på 1 del sand. Bruk blandat med kalk släckt med Erikssonmetoden provades också. Blandningsförhållandet i detta bruk var 1 del kalk på 1 del sand. Kalken var inte uppärbetad. Av provet framgick att murbruk tillverkat av kalk som släckts med Erikssonmetoden var det bruk som uppvisade minst krympsprickor. I sammanhanget ska poängteras att en osäkerhet finns mellan de jämförda volymförhållandena. Som kan variera beroende på sandens fuktsvällning och kalkens innehåll av vatten var av det senare kan variera mellan olika släckningsmetoder.

5.7 Jämförande studie av putsytor baserade på våtsläckt icke uppärbetad kalk enligt Erikssonmetoden och våtsläckt kalk enligt Bährners beskrivning av den traditionella metoden

Syftet med den jämförande studien är att tydliggöra eventuella skillnader i putsbrukets egenskaper som kan kopplas till metoden för hur kalken är släckt. I huvudsak avses att okulärt undersöka skillnader i brukens krympeegenskaper. De resultat som presenteras avser att klargöra skillnader i uppkomst av sprickbildning mellan de bruk som jämförs. Brukens sprickbildning jämförs med brukens vikt av torrt bindemedel och vikten av naturfuktig sand. Brukets krympeegenskaper ger sig vanligen till känna initialt genom sprickbildning under det att putsbruket styvnar till genom att vattnet sugts upp i underlaget och avgår till

luften (initialt tillstyvnande eller att bruket sätter sig). Bruken i de jämförda putsytorna är; applicerade på samma underlag, till samma tjocklek, bearbetas likvärdigt, blandas under lika lång tid, innehåller samma sand och appliceras på underlaget genom att handslå på bruket. Materialbeskrivning se kapitel 1.4 sid 13 och 14. Putsproverna utfördes i Mariestad i murhusets övningshall.

Provväggen, provytornas utförande och storlek

Underlagets stomme är lättbetong som grundats med kalkbruk till en tjocklek av 5 mm och avjämnats till planhet. Provernas tjocklek bestämdes genom att använda 8 mm rundstål som bruket sedan stockas av mot för att uppnå jämn tjocklek. Rundstålen fixerades med hjälp av bruk. En liten mängd bruk hamnar mellan rundjärnet och underlaget, mängden bruk motsvarar där ca 1 mm. Putsens tjocklek blir därför ca 9 mm. Putsytorna storlek är 600 mm breda och 750 mm höga.

Putskuken

Bindemedlen i putsproven som jämförs är våtsläckt kalk med avstämd mängd vatten enligt Erikssonmetoden och våtsläckt kalk med överskott av vatten (den traditionella metoden) här beskriven som Bährnermetoden. Som utgångspunkt för att bestämma blandningsproportionerna i vikt bestämdes vikten av 4 liter kalkdeg släckt enligt Bährnermetoden. Kalkdegen vispades för att erhålla en lösare konsistens, detta för att undvika att luftfickor uppstod vid mätningen av kalkens volym. Luftfickor/hålrum kan uppkomma på grund av kalkens styvhet när det placeras i mätkärlet. För att bestämma vikten sand vägdes vikten av 10 liter naturfuk-



Fig. 81, 82. Vid ett blandningsförhållande på 5744 g kalkdeg på 14 800 g naturfuktig sand uppvisar ingen av putsytorna några krympsprickor.

tig sand. Detta gav ett volymförhållande på 1 del kalk på 2,5 delar naturfuktig sand. Vid blandningen av bruket i den jämförande studien användes inte volymförhållande vid viktproportionering. De båda brukens blandningsproportioner i vikt är 5744 g kalkdeg på 14800 g naturfuktig sand.

Resultatet av jämförelsen mellan dessa bruk

Två putsytor appliceras bredvid varandra på underlaget. Den ena ytan med bruk baseras på kalkdeg från Erikssonmetoden och den andra med bruk baserat på kalkdeg från Bährnermetoden. För att erhålla likvärdig koncistens på bruket var det nödvändigt att vid blandningen tillsätta ca 5 dl vatten i det bruk som var baserat på Erikssonmetoden. I bruket med kalk framställt med Bährnermetoden tillsattes inget vatten då det hade en koncistens som var ändamålsenlig att slå på bruket med.

Efter det att de båda putsytorna torkat och stelnat till jämförs de med varandra. Ingen av de båda provytorna uppvisar någon tendens till sprickbildning (fig. 81, 82). Bruket med kalk släckt med Bährnermetoden upplevs något magrare vilket också bekräftas av att putsytans färg är något gråare än bruket med Erikssonmetoden som har en mer gulbeige färgton. Vid torkning av kalkdegen från de olika släckningsmetoderna framgår att halten torrt bindemedel är 425 g högre i den kalk som släckts med Erikssonmetoden än i den kalk som släckts med Bährnermetoden. Den torra bindemedelsvikten i bruket baserat på kalk av Erikssonmetoden är 2975 g. I bruket baserat på kalk av Bährnermetoden är bindemedlets vikt 2550 g torrt bindemedel. För att jämföra de båda bruket med utgångspunkt i att de skall innehålla samma bindemedelshalt torrt bindemedel utfördes ytterligare en provyta av bruk baserat på kalkdeg av Bährnermetoden.



Fig. 83, 84. Bruket baserat på kalk släckt med Erikssonmetoden uppvisar inga torksprickor i putsens yta. På putsytan tillverkad med bruk baserat på kalk släckt med Bährner metoden (traditionella metoden) syns ett flertal kraftiga torksprickor i putsytan.

Ny provyta med kalk från Bährnermetoden

För att erhålla samma mängd torrt bindemedel som i bruket tillverkat av kalk med Erikssonmetoden ökades mängden kalkdeg med 966 g i det nya bruk som tillverkades med kalk av Bährnermetoden. Det nya brukets blandningsförhållande i vikt är då 6710 g kalkdeg på 14 800 g naturfuktig sand. Bruket blandades och applicerades på samma sätt och på samma underlag i anslutning till de andra provytorna. Brukets koncistens var tydligt blötare än vid den första provytan med kalk från Bährnermetoden och bedöms bero på vattenmängden i den tillförda kalkdegen.

Resultat av jämförelsen med den nya provytan

Efter det att putsytan torkat och stelnat till jämförs den med provytan baserad på kalk från Erikssonmetoden. Den nya provytan uppvisar en mängd tydliga torksprickor (fig. 83, 84). Krymp-

ningen i bruket baserat på kalk med Bährnermetoden är så kraftig att bruket i anslutningen till de större sprickorna släpper från underlaget. Sprickbildningens bedömdes oacceptabel. Av skillnaden framgår att bruk baserat på kalk med Erikssonmetoden kan göras mer bindemedelsrikt utan att det uppkommer krympsprickor som det gör med Bährnermetoden (traditionella metoden).

6.1 Inledning

I den här presenterade licentiatuppsatsen studeras bruk av kalk och sand med fokus på hantverkliga arbetsmetoder, brukets delmaterial samt framställning av bindemedel till bruk. Metoderna som används är litteraturanalyser samt empiriska studier. Syftet är att ur ett hantverkligt perspektiv undersöka och synliggöra följande fyra frågeställningar:

- Vilka faktorer har bidragit till att bygga upp kunskap, respektive vilka faktorer har bidragit till att kunskap gått förlorad?
- Hur har hantverkarnas kunskap värderats historiskt och i nutid, samt vilken roll har hantverkarna haft i tidigare forskning om bruk för byggnadsvård och byggnadsindustri?

- Vad finns det för skillnader och eventuella likheter mellan historiska och moderna bruk och metoder?
- Hur inverkar hantverkliga metoder på brukets egenskaper?

Nedan sammanfattas de viktigaste resultaten och slutsatserna från denna licentiatuppsats i relation till ovanstående syfte. I kapitel 6.2–6.5 redovisas resultaten från den övergripande och fördjupade litteraturstudien. I kapitel 6.6 resultaten från de empiriska studierna

6.2 Faktorer som har bidragit till att bygga upp kunskap eller som har bidragit till att kunskap förlorats samt hur hantverkarnas kunskap har värderats i handböcker och forskning.

Litteraturanalysen visar tydligt att hantverkets kunskap är hårt knutet till de metoder och material som används i den dagliga arbetssituationen. Resultaten visar också att fram till mitten av 1900-talet framställde hantverkaren själv bindemedel och bruk och fick då en daglig återkoppling till de metoder och material som användes. Detta framgår i de handböcker och byggteknisk litteratur som publicerats under 1800- och 1900-talet. Av den samlade och förmedlade informationen i handböckerna under 1800- och 1900-talet framgår en komplex kunskap om material och metoder. Med kunskapen formuleras ämnesområdets terminologi.

Kunskapen som förmedlas i handböcker under 1800-talet har ett utpräglat kvalitativt förhållningsätt. Olika metoder att släcka kalk återges detaljerat, till metodbeskrivningarna förmedlas anvisningar om vad som skall observeras vid exempelvis släckning av kalk, så som t.ex. vattenmängdens inverkan vid släckning. Vid beskrivning av brukets delmaterial återges hur sandens mängd och grovlek förhåller sig till kalkens egenskap att vara mer eller mindre hydraulisk. I relation till användningen av bruket förmedlas riktlinjer för bl.a. blandningsförhållanden för olika sorters kalk, putstjocklek och antal lager som putsen är uppbyggd av samt lämplig sandgrovlek till grundningsskikt mm. På samma sätt framgår omfånget av den hantverkliga kunskapen i handböcker under 1900-talet.

Av handböckerna under 1900-talet framgår att material (kalk och sand) i större utsträckning

förmedlas kvantitativt. Definitionen av kalk utgår nu i större grad från sin kemiska benämning och formel, samtidigt och i motsats till handböckerna under 1800-talet bedöms kalkens kvalitet efter hur ren den är från hydrauliska komponenter (lera). Ren kalk värderas som en god egenskap. Samtidigt med den förändrade definitionen blir återgivningen av olika metoder att släcka kalk färre.

Under 1900-talets mitt introduceras torrsläckt kalk och därefter konkurrerar den torrsläckta kalken ut användningen av våtsläckt kalk. Den torrsläckta kalkens fördelar beskrivs vara att proportioneringen av bruket blir mer exakt och är i linje med ett uttalat behov av kvalitetskrav av brukets halt av kalciumhydroxid. Vid beskrivning av sand redovisas och bedöms sandens efter sin kornfördelning grundad i en teori om hur sandens olika korn förhåller sig till varandra. Förändringen bidrar till att renare och mer standardiserad kalk används, brukens sammansättning standardiseras och förmedlas som blandningsanvisningar. Den kvantitativa förmedlingen av materien innebär en förändring av terminologin i förhållande till det tidigare kvalitativa. I det kvantitativa förhållningssättet skiljs materialet i större utsträckning från dess lämpliga användning och perceptuella egenskaper, vilket tidigare utgjorde byggstenen i den kvalitativa definitionen.

Resultatet av litteraturstudien visar att paradigmskiftet påbörjas och kan härledas till Paschs (1824) arbete. Pasch arbete syftade till att genom kemiska analyser bedöma en kalkarts lämplighet att användas till bindemedel i vattenbyggnadskonstruktioner. Vid definition av byggnadskalk får inte det kvantitativa förhållningsättet någon utökad användning förrän un-

der 1900-talets mitt. Förhållningsättet aktualiseras i samband med att ingenjörsvetenskapliga metoder används för att beskriva brukets delmaterial. Genom standardisering och ingenjörsvetenskapliga metoder uppnås ett mer typiserat förhållningsätt och bruks sammansättning förmedlas som recept (e.g. Bährner 1940, Nycander och Bährner 1945).

Detta nås genom en avgränsning till den komplexitet som formas av den kedja av beslut och bedömning som kan relateras till råmaterialets (sand och kalk) skiftande egenskaper. Det är i detta avseende som handböckerna under 1900-talet tydligast skiljer från handböckerna under 1800-talet där metoden och sammansättningen av bruket i stor utsträckning anpassas till råmaterialets egenskaper.

Typiseringen innebar en avgränsning till en framställningsmetod för kalk (torrsläckning), fastställande av brukets halt av kalciumhydroxid (så ren som möjligt), sandens kornfördelning, sandens kornmax i relation till putspåslagets tjocklek och arbetbarhet. Vidare regleras brukets styrka genom två bestämbara variabler d.v.s. relationen mellan kalk och cement. Styrande för dessa variabler är underlagets egenskaper, styrka och sugning. Genom standardisering av metoder och material uppnås möjlighet till överblick av generellt gällande riktlinjer som kan uttryckas som praxis (e.g. Bährner 1940, Nycander och Bährner 1945, Bährner 1956). Genom typiseringen underlättas förutsättningen att studera och utveckla kunskap om bruks delmaterial i relation till sin användning och belastning. Typiseringen kan därför sägas vara grund till den tu-delning i ämnesområdet kalkbruk som senare identifieras av Hidemark och Holmström (1984). Den byggnadsvårdlite-

ratur som här är samlad har likheter men också olikheter med den process som under 1900-talets mitt leder fram till typiseringen av brukets delmaterial. I likhet med handböckerna under 1900-talet framgår ett typiserat förhållningsätt till råmaterialet kalk. Detta framgår av att forskningsinriktningen haft ett tydligt fokus på ren luftkalk med geografisk koncentration till Gotland (e.g. Hidemark och Holmström 1984, Balksten 2005, 2007, Kjellberg och Lisinski 1998). Av Konow (1997) framgår att hon använder ren luftkalk och kalkcement i sina provserier. Under senare år har emellertid svagt hydraulisk kalk uppmärksamats alltmer bl.a. genom Johansson (2004, 2006).

I byggnadsvårdslitteraturen till skillnad från och handböcker under 1800- och 1900-talet förmedlas generellt inte några normativa riktlinjer eller praxis för; maximal putstjocklek, lageruppbyggnad (antal lager), lämplig grovlek på sand till grundningsskikt och ytputs, blandningsförhållande kalk sand (1800- och 1900-tal), sandens kornfördelning, sandens kornmax i relation till putspåslagets tjocklek och arbetbarhet (1900-tal).

Av den samlade byggnadsvårdslitteraturen att döma har typiseringens fördelar att genom normativa riktlinjer eller praxis nå överblick inte fått något genomslag i litteraturen. Behovet av riktlinjer eller anvisningar framhålls av Hidemark (1984). Av Holmström (1984) framgår en resonemang om historiska och nutida anvisningar consensus av diskussionen är anvisningar som direkt är att relatera till typiseringen av bruk under 1900-talets mitt.

Handböckerna under 1800-talet återger murhantverkets terminologi, metoder och material. Murhantverket är ett gemensamt ämnesområde för hantverkare, ingenjörer, arkitekter och

lantbyggnadsmästare (e.g. Stål 1854, Henström 1869, Rothstein 1890). Det framgår av att handböckerna används som läromedel vid undervisning av dessa yrkesgrupper. Emellertid är det endast Henström (1869) som ger uttryck för att hantverkarnas kunskap är betydelsefull för konstruktören/ingenjören.

Under 1900-talets mitt behövde bruk och arbetsmetoder förändras för att motsvara en allt snabbare byggnadstakt samt vara mer kompatibla med de nya byggmaterialen som introducerades. För att ta fram nya metoder och sammansättning av bruk bedrevs forskning i nära samarbete med murare, såväl på arbetsplatsen som i laboratoriet. I implementeringen som följde hade firmor (av allt att döma murarfirmor) en betydelsefull roll som kritisk granskare (Nycander och Bährner 1945). En framträdande roll i forskningen och implementeringen hade också murarinstruktör Leckström som i aktivt samarbete med ingenjör Nycander utförde provputsningar på Södersjukhuset i Stockholm.

Leckströms samarbete med Nycander och senare ingenjör Bährner resulterar i handböckerna, *Modern Putsteknik* (1945-1955). I *Handbok om Murbruk och Putsbruk* (1956-1966) utgör Leckström samarbetande part med kursledningen. Det är dock intressant att notera att trots, det för tiden rådande intresset för titlar, så nämns aldrig Leckströms profession som murare. Detta innebär att även om hantverkarens roll är tydlig i handböckerna under 1900-talet mitt så döljs murarens identitet som kunskapsbärare av samtliga författare. Inte heller de 30-tal murarfirmor som är delaktiga och kritisk granskare nämns vid namn i handböcker från 1900-talet. Emellertid framgår av Bährner (1956) att han har stort förtroende för murhantverkarens kompe-

tens vad gällande kunskaper om bruk som han jämför med en bruksteknikers kunskap.

Ett av syftena med forskning om bruk under 1900-talets mitt var att kvalitetssäkra och standardisera brukets delmaterial genom att väga och mäta (e.g. Nycander och Bährner 1945). Som en följd av kvalitetsäkringen introduceras torrläckt kalk och kornfördelningskurvor formuleras för olika sorts bruk vilket under 1960-talet resulterade i fabriksstillverkade torrbruk (Dührkop 1966). Därmed skiljs hantverket definitivt från tillverkning av bruk och den dagliga återkopplingen mellan metoder, material och situation upphör. Det innebär att den sammanhangsbundna kunskapen om material och metoders samverkan marginaliseras och en kunskapsbrist uppstår.

Kunskapsbristen med avseende på kalk som bindemedel för puts och murbruk aktualiserades av kulturminnesvården under 1960-talet och framhålls som ett prioriterat forskningsområde (Hidemark och Holmström 1984). Litteraturanalysen visar dock att det på en generell nivå finns en indelning i ämnesområdet där forskning om hantverkets metoder är skild från materialet (e.g. Hidemark och Holmström 1984, Balksten 2005). Detta är i direkt motsats till forskningsinriktningen under 1900-talets mitt där forskningen i huvudsak utgick ifrån samarbete med hantverkare (Nycander och Bährner 1945). Balksten (2005, 2007) poängterar att hantverkets metoders inverkan på kalkbrukets egenskaper och är ett oexploaterat forskningsområde. Balksten undersöker bland annat hantverkets inverkan på kalkputsens egenskaper och samarbetar med ett flertal hantverkare i sina studier, däribland Klasén. Övriga hantverkare presenteras i Balksten 2009. Av Konow 2014 framgår ett mer utvecklat samarbete

med hantverkare. Sammantaget ger det en bild av att den kommande forskningsinriktningen i större utsträckning tar utgångspunkt i hantverkets praktik. En förutsättning för ett sådant utvecklat samarbete är dock att hantverkare ges möjlighet att utveckla kunskap och frågeställning i relation till metoder och material med utgångspunkt från den egna praktiken.

Slutsatser

- Resultatet av den övergripande litteraturanalysen visar att handböckerna under 1800- och 1900-talet återger hantverkets kunskap om brukets delmaterial, framställningsmetoder för bindemedel och putsarbetets utförande. Kunskapen utgör ett gemensamt ämnesområde för Murare, Arkitekter och Ingenjörer. Det verifieras av att handböckerna används som läromedel för dessa yrkesgrupper.
- Litteraturanalysen visar på grundläggande skillnader i hur bruk definieras under 1800- och 1900-talet. Under 1800-talet definieras bruket efter sin verifierade egenskap att hårdna och vara beständig i en viss situation (kvalitativ definition). Halten hydrauliska komponenter i kalken är inte den enda grunden för definitionen ("*Den vanliga luftkalken kan vara både mager och fet*" Rothstein 1890). Verifieringen grundas i erfarenhet och praktiska försök som simulerar den situation som bruket kommer att belastas i. Under 1900-talet utgår definitionen av kalken enbart efter sin halt av hydrauliska komponenter (kvantitativ definition).
- Paradigmskiftet som påbörjas under 1800-talet blir tydligt framträdande under 1900-talets mitt och innebär en successiv övergång från kvalitativ till kvantitativ de-

inition av bruk. Den kvantitativa definitionen innebär ett mer typiserat förhållningssätt till delmaterial i bruk. Detta nås genom standardisering av metoder och material. Typiseringen innebär en avgränsning till den komplexitet som formas av den kedja av beslut och bedömning som kan relateras till samverkan mellan metoder och material. Det är i detta avseende som handböckerna under 1900-talet tydligast skiljer från handböckerna under 1800-talet där det kvalitativa förhållningssättet tar utgångspunkt i olika råmaterials egenskaper och inrättar metoderna därefter. I likhet med 1900-talets handböcker framgår av byggnadsvårdslitteraturen ett mer typiserat förhållningssätt till råmaterialet kalk. Emellertid inte i relation till att genom normativa riktlinjer och praxis skapa förutsättning för en kunskaplig överblick av bruk och metoders samverkan i olika situationer.

- Litteraturanalysen visar att typiseringen resulterar i fabriksfärdiga torrbruk. Därmed skiljs hantverket definitivt från tillverkning av bruk och den dagliga återkopplingen mellan metoder, material och situation upphör varpå en kunskapsbrist uppstår. Kunskapsbristen aktualiserades av kulturminnesvården i slutet av 1960-talet och definierades som ett prioriterat forskningsområde men litteraturanalysen visar tydligt att det på en generell nivå är forskning om hantverkets metoder skild från materialet under byggnadsvårdperioden. Detta är i direkt motsats till 1900-talets mitt då forskningen om material i huvudsak utgick ifrån samarbete med hantverkarens arbete i praktiken. Under 1900-talets slut och i ämnes-

området kalkbruk framgår av den samlade byggnadsvårdslitteraturen en tu-delning där kunskapen om bruk tydligt är knuten till ingenjörprofession. Kunskap om arbetesutförande är knutet till hantverkarna eller de praktiskt verksamma. Forskningsfrågorna är tydligt kemiskt och fysikaliskt inriktade samtidigt lyfts bristen på kunskap om hantverkliga metoder fram som ett oexploaterat forskningsområde. Av Balksten (2009) och Konow (2014) framgår att en återgång och ett mer utvecklat samarbete med hantverkare har inletts.

- En generell slutsats från litteraturanalysen är att även om hantverkarens roll i vissa historiska perioder har varit tydlig och värderats i litteraturen så oidentifieras nästan alltid hantverkaren genom att hantverkarens namn eller yrkestillhörighet inte anges.

6.3 Bruks delmaterial – förändring över tid

Resultaten från litteraturanalysen visar på grundläggande skillnader i terminologin om kalkbindemedel mellan 1800- och 1900-talet. Terminologin under 1800-talet utgår ifrån perception och erfarenhet av materialen. I huvudsak förekommer två kvalitativa definitioner av kalk. Den vanliga *luftkalken* hårdnar och används till byggnader som står i luften kalken kunde vara både fet och mager. *Vattenkalk* (hydraulisk kalk) används och hårdnar under vatten och beskrivs vara mager eller oren. Med införandet av den kvantitativa definitionen under 1800-talets slut förändras definitionsgrunden till att utgå ifrån kemiska analyser av råmaterialets innehåll skild från människans erfarenhet och perception. Kalk som tidigare benämndes som *den vanliga feta och magra luft hårdnande kalken* över-

gick nu till att benämnas som *något hydraulisk kalk* (Rothstein 1890). Under 1900-talets mitt benämns *luftkalk* den kalk som håller max 10 procent lermineraller medan kalk med mer än 10 procent benämns *hydraulisk kalk*. Ett led i att kvalitetsäkra bruk var att bestämma halten av kalciumhydroxid. Av Kungliga byggnadsstyrelsen 1937 framgår att putsbruk baserat på kalk skall hålla lägst 9 och högst 13 procent kalciumhydroxid av sandens torra vikt.

Av författarna och referenserna under 1900-talets mitt framgår att normen initialt inte fick någon egentlig betydelse för vilken kalk som användes. Den vanliga luftkalken som kunde vara fet och mager (något hydraulisk) fortsatte att våtsläckas och användes på samma sätt som den renare luftkalken fram till 1940-50 talet. Den magra kalken uppskattades för sin goda kvalitet till puts (e.g. Paulsson och Granholm 1953, Strömberg 1945). Det som kom att innebära en förändring av användningen av den magra luft hårdnande kalken var behovet av kvantitativa normer (kvalitetssäkring) för hur mycket ren kalciumhydroxid ett putsbruk skall innehålla.

En möjlighet att leva upp till byggnadsstyrelsens normer var framställning av torrsläckt kalk som började introduceras i början av 1940. Den torrsläckta kalken framhölls som ett ”kvalitativt” bättre bindemedel på grund av sin renhet och att proportioneringen underlättades. En slutsats som kan dras av litteraturanalysen är att 1800-talets magra luftkalk, med en högre andel av bindemedlet som hårdnar genom hydratisering, förefaller ge ett snabbare och säkrare hårdnade än den nutida luftkalken som enligt sin definition hårdnar genom karbonatisering och därmed är mer beroende av sommarhalvårets temperatur och luftfuktighet.

Normativa riktlinjer eller praxis

Litteraturanalysen visar på skillnader mellan perioderna i det att normativa riktlinjer eller praxis förmedlas med avseende på brukets sammansättning. Under byggnadsvårdsperioden anges i generellt inga riktlinjer eller rekommendationer för brukets sammansättning med avseende på; sandens grovlek, kornfördelning, blandningsförhållanden, putsens tjocklek, putslagrens tjocklek, putsens uppbyggnad (antal lager) och arbetbarhet (Konow 1997, Balksten 2005, 2007, Kjellberg och Lisinski (1998).

I handböckerna under 1800- och 1900-talets mitt anges riktlinjer, i handböckerna, under 1900-talet mer omfattande (e.g. Stål 1854, Rothstein 1890, Paulsson och Granholm 1953, Bährner 1956). Avsaknaden av riktlinjer i byggnadsvårdslitteraturen kan förklaras av att forskningsinriktningen har ett tydligt kemiskt och fysikaliskt fokus. Inriktningen förefaller samtidigt bidra till en distansering till hur delmaterialen förhåller sig till den praktiska användningen av bruket och putsens uppbyggnad.

I litteratur som publicerats under 1800-talet framgår det att till fet kalk används mer och grövre sand än till mager kalk. Det magraste blandningsförhållande Stål (1854) och Henström (1869) anger (1 del kalk på 2 delar sand) är ca 33 procent fetare än det magraste blandningsförhållandet som Rothstein (1890) anger (1k: 3s). Detta innebär att de magraste bruken under 1800-talet är 1.5–2.5 gånger så feta som de magraste bruken (1k: 5s) under 1900-talets mitt (e.g. Nycander och Bährner 1945) och Paulsson och Granholm 1953). Nycander och Bährner (1945) och Paulsson och Granholm (1953) är de författare som under period 2 anger blandningsförhållanden för utvändigt brädriven kalkputs.

Enligt Stål (1854) och Henström (1869) är grov sand ca 1.5 mm, denna sand är hälften så grov som den grova sand (ca 3 mm) som rekommenderas i handböckerna under 1900-talets mitt (e.g. Nycander och Bährner 1945, 1950, 1955, Paulsson och Granholm 1953). Sandens grovlek (3 mm) är överensstämmande med de uppgifter om sands grovlek som förekommer i byggnadsvårdslitteraturen (e.g. Holmström (1984), Konows (1997), Balksten (2007).

Den av Stål (1854) och Henström (1869) rekommenderade totala putstjockleken är max 12 mm (två till tre lager puts). Rothstein (1890) rekommenderar max 15 mm (Rothstein 1856, 12 mm). Enligt Bährner (1956) är en normal sammanlagd putstjocklek ca 17-20 mm. Enligt Paulsson och Granholm är ett normalt påslag (ett lager av flera i putsens uppbyggnad) 6-12 mm. Enligt Dührkop (1966) 10 mm. Enligt Paulsson (1936) bör alltid putsens totala tjocklek göras så tunn som möjlig och är vanligtvis 12-15 mm tjockt. Enligt Kungliga byggnadsstyrelsen (1937) är utvändig slätputs vanligen 15-20 mm.

Den rekommenderade totala tjockleken på putsens alla lager under 1800-talets första hälft motsvarar ett normalt påslag (ett lager) under 1900-talets mitt (Paulsson och Granholm 1953) och är 2 mm tjockare än vad Holmström (1984) uppger vara ett lagars maximala tjocklek (10 mm) för att inte krympsprickor skal uppstå. Av Holmströms rekommendera tjocklek är väl överensstämmande med Andersson (1990) *Serponit putshandbok 90*. Putshandboken avser att vara uppslagsbok och mall för beskrivningstexter vid putsarbeten och vänder sig till murare, arkitekter och konstruktörer m.fl.

Slutsatser

- Av de samlade författarna framgår att den nutida definitionen av lufthårdnande kalk avser en kalk som innehåller mindre mängd ämnen som ger hydrauliska egenskaper än vad lufthårdnande kalk kunde innehålla under 1800-talet och en stor del av 1900-talet. Om man gör en tidsresa och frågar Henström (1869) hur mycket lermineraller som lufthårdnande kalk innehåller så svarar han upp till 15 procent på samma fråga svarar Bährner (1956) 10 procent. Om man istället frågar Johansson (2006) så svarar han 0-2 procent. En annan skillnad är att den kvalitativa definitionen även inrymde en rekommendation om i vilken situation bindemedlet var lämpligt att användas. Något som den kvantitativa inte gör.
- Med utgångspunkt från de normativa riktlinjer som finns under 1800-talet, 1900-talets mitt samt uppgifterna under byggnadsvårdsperioden kan utvecklingen över perioderna generellt beskrivas vara att: bruket blir allt mindre bindemedelsrikt, sanden blir grövre och putstjockleken ökar.
- Litteraturstudien visar på att det i stor utsträckning saknas anvisningar eller normativa riktlinjer under byggnadsvårdsperioden för; blandningsförhållanden, putsens maximala tjocklek, putslagrens antal och tjocklek samt sandens grovlek och korfördelning. De som finns är att relatera till nutida anvisning och bruk. I fråga om sandens kornfördelning och putslagrens tjocklek så saknas det också i handböckerna under 1800-talet. Emellertid är det möjligt av uppgifterna om sandens grovlek och total putstjocklek dra slutsatsen att det var tunna lager ca 4-6

mm som användes. I handböckerna under 1900-talets mitt är det möjligt att genom anvisningarna skapa sig en detaljerad överblick av bruks proportionering, sammansättning och putsens uppbyggnad.

6.4 Metoder för blandning, släckning och bearbetning – förändring över tid samt inverkan på brukets egenskaper?

Metod för bestämning av blandningsproportioner i volym.

Av Hellström (1945), Dührkop (1966) framgår att sand förändrar sin volym i relation till sandens fukthalt. Av Dührkop framgår att om sanden vattenhalt ökar från 0-5 procent kan dess volym samtidigt öka med 20-25 procent i ogynnsamma fall upp till 40 procent. Dührkop skriver att detta är orsaken till att uppmätning i volym alltid är en osäker metod. Av Hellström (1945) framgår att den lufttorra sanden kan öka sin volym med 30-40 procent vid en fuktighetshalt av 4-5 procent. Samstämmig skriver författarna att fin sand sväller mer än grov. Vidare skriver han att torr sand och vattenmättad sand intar ungefär samma volym.

Av Henström (1869) och Rothstein (1856, 1875, 1890) framgår att volymförhållandet kalk och sand bestäms i relation till sandens hålrumsvolym. Hålrumsvolymer kan bestämmas genom att slå vatten på sanden för att sedan mäta hur mycket vatten som ryms i sandens hålrum. Förfarandet innebär att sanden vattenmätas. Med ledning av uppgifterna så anger Henström och Rothstein volymförhållandet i relation till vattenmätta sand. Av Paulsson och Granholm (1953) samt Bährner (1956), Nycander och Bährner (1945, 1950, 1955) framgår att de volymförhållanden som presenteras i handböckerna är

i relation till naturfuktig sand. Med hänsyn till sandens fuktsvällning i syfte att fastsätta volymförhållandet mellan kalk och sand förmedlar Nycander och Bährner (1945, 1950, 1955) kompensationsstabeller och beräknings-exempel. Paulsson och Granholm (1953) samt Bährner (1956) uppger inga metoder eller kompensationsstabeller för fastställande av volymförhållande. Emellertid framgår av Paulsson och Granholm att sandens volym varierar mycket starkt med variationer i sandens fuktighet varför viktproportionering blir betydligt mer exakt än volymproportionering. Konow (1997) använder torr sand och viktproportionering i sina försök. Av Holmström (1984) och Balksten 2005, 2007 framgår inte huruvida sanden som ingår de uppgivna volymförhållandena är torr eller naturfuktig vid blandningstillfället. Inte håller sandens eventuella fuktsvällning. Förmedlingen av metoder att fastställa naturfuktig sands volym förfaller upphöra i samband med att torrsläckt kalk allt mer kommer till användning på arbetsplatsen.

Slutsatser

- Resultatet av den övergripande litteraturanalysen och referenserna visar på två metoder att fastsätta volymförhållande på. Henström (1869) och Rothstein (1856, 1875, 1890), Nycander och Bährner (1945, 1950, 1955) beskriva metoder för att bestämma volymförhållanden kalk och sand visar på ett mer exakt förhållnings sätt i relation till de uppgivna volymmåtten än de övriga författarna i studien. En generell slutsats är att användning av mer exakta metoder för proportionering av bruk kan underlätta förståelsen för orsak och verkan när skador på puts uppkommer. I förläng-

ningen kan detta utgöra underlag att formulera normativa riktlinjer eller praxis.

Våtsläckningsmetoder

Av de samlade författarnas i den övergripande och fördjupande litteraturstudien framträder två huvudsakliga metoder att våtsläcka kalk. Den vanligast beskrivna är den traditionella metoden *Våtsläckning med överskott av vatten*. Kalken har efter att den är släckt först en tjockare koncistens (gröt eller deg) den släckta kalken späds sedan till en rinnande koncistens för att kunna silas. Resultat från jämförelsen av historiska metodbeskrivningar av *våtsläckning med överskott av vatten* (Sjöblad 1750, Vicat 1837, Stål 1854 Rothstein 1890, Karlsson 1907 och Bährner 1956) visar att den metod som beskrivs av Bährner (1956) har använts under de 200 år som den fördjupade litteraturstudien omfattar. En variant av den traditionella metoden beskrivs av Hagerman (1946) och Holmström (1984). Att det är en variant framgår av metodbeskrivningen att döma att kalken efter släckningen inte har en tjockare koncistens.

Den andra metoden är *våtsläckning med avstämd mängd vatten*. I denna metod späds inte kalken efter släckning till välling koncistens. Denna metod förekommer i mindre utsträckning i litteraturen (e.g. Vicat 1837, Henström, 1869, Hagerman 1946). Av Stål (1854) framgår att kalk våtsläcks utan att den späds ut till en rinnande välling men någon metodbeskrivning återges ej. En tydlig metod för våtsläckning med avstämd mängd vatten med tillhörande observationer om vad som bör observeras återges endast av Henström (1869).

I den övergripande och fördjupade litteraturstudien framgår av Vicat (1837), Stål (1854), Henström (1869), Rothstein(1890), Karlsson (1907)

att tillsätande av för mycket eller för lite vatten vid släckningen kan resultera i att kalken inte släcks helt (kalken blir dränkt eller förbränd). Överensstämmande uppgifter förkommer också under 1900-talets första hälft (e.g. Hökeberg 1939). Vattenmängdens inverkan på kalkens kvalitet belyses inte i de hanböcker som här är samlade under 1900-talets mitt. Av Hagerman (1946) framgår att vattenbrist resulterar i att kalken inte släcks. Hagerman skriver att vattenbrist kan uppstå även när överskott på vatten används beroende på att hydratet som bildas runt kalken inte är vattengenomsläppligt. Av Hagerman framgår att omrörning i kombination med vattenöverskott är en metod att motverka detta.

Våtsläckning med överskott av vatten omnämns som metod av Balksten (2005, 2007). Av Balksten (2005) med hänvisning till Elert *et al* (2002) framgår att det är viktigt att inte addera allt för mycket vatten från början vid våtsläckning då det kan leda till att; kalken inte släcks ordentligt (dränks), minskad plasticitet i kalkpastan. Vidare att vattnets temperatur, mängd, och när det tillsätts påverkar kalkens partikelstorlek. Emellertid saknas en metodbeskrivning som beskriver momenten.

Konow (1997) återger ingen metodbeskrivning för våtsläckning. Hon skriver att bristen på metodbeskrivningar för släckning av kalk är ett vetenskapligt problem i relation till den forskning som är gjord i ämnet.

En variant av våtsläckning med överskott på vatten beskrivs fragmentariskt av Holmström (1984) i motsats till den traditionella tillförs allt vatten till kalken i släckningsmomentet i stort överskott så att kalken efter släckning har rinnande konsistens (välling). Reflektioner över vattenmängden inverkan på kalken kvalitet saknas någon mo-

tivering till förfaringsättet återges inte. Samma metod återges i *Gotlands kalk* av Lisinski *et al* (1987). Metodbeskrivningen är mer omfattande men även här saknas motivering och reflektioner över mängden vatten som tillsätts. Metoden som beskrivs av Holmström (1984) och Lisinski *et al* (1987) är väl överensstämmande med den metod som av Hagerman (1946) beskrivs vara använd vid våtsläckning i fabrik.

Av litteraturen framgår att kalk släckt med för mycket vatten har negativ inverkan på det färdiga brukets egenskaper. Enligt Vicat (1837) krymper bruket mer, får sämre bindande förmåga samt blir sprött och poröst. Enligt Stål (1854) torkar bruket långsammare och är svårare att blanda med de övriga murbruksämnen. Uppgifterna om att bruket blir mer poröst och krymper mer verifieras av Hagerman (1946). Med anledning av vattenmängden är Vicat den enda av författarna som riktar en direkt kritik till att använda metoden att våtsläcka med överskott av vatten.

Ett sätt att ge bruket önskad konsistens/arbetbarhet är att tillsätta vatten vid blandningen av bruket men flera författare hävdar att mängden vatten som tillsätts vid bruksblandningen inverkar på brukets kvalitet (e.g. Stål 1854, Henström 1869, Konow 1997, Balksten 2005, 2007). Enligt Stål torkar bruket långsammare och blir ömtåligare för frost, enligt Henström spricker bruket mer och enligt Konow och Balksten inverkar det tillsatta vattnet vid blandningen på brukets torkhastighet, porstruktur och krympning.

Slutsatser

- Den övergripande litteraturanalysen visar att våtsläckning av kalk är en traditionell och vanlig metod bland flera. Den fördjupade litteraturstudien visar att våtsläckning

med överskott av vatten är den oftast förekommande metoden fram till 1900-talets mitt. En jämförelse av de historiska metodbeskrivningarna verifierar att Bährners beskrivna metod för våtsläckning representerar en traditionell metod att våtsläcka kalk med överskott av vatten. Den våtsläckningsmetod som förmedlas i byggnadsvårdslitteraturen (Holmström 1984, Lisinski *et al* (1987) skiljer sig från den traditionella våtsläckningsmetoden genom att ett stort vattenöverskott tillsätts på en gång. Metoden är överensstämmelse med den släckningsmetod Hagerman (1946) beskriver vara använd vid släckning i fabrik. Studien visar också att det inte finns någon enhetlig eller traditionell metod för hur släckning med avstämd mängd vatten utförs.

- Av den övergripande och fördjupade litteraturstudien framgår tydligt att metoderna och vattenmängden vid släckning och bruksberedning har direkt påverkan på bindemedlet/brukets egenskaper. Av de samlade författarnas uppgifter framgår att användning av för mycket vatten vid våtsläckningen bidrar till; att kalken blir ofullständigt släckt, bruket blir poröst och sprött, bruket får sämre bindande förmåga, svårare att blanda med de övriga delmaterialen, torkar långsammare, ökad benägenhet att spricka. Litteraturanalysen visar att våtsläckning av kalk med tjock konsistensen (deg, gröt) efter släckning utan vidare utspädning i huvudsak förkommer under 1800-talet (Vicat 1837, Stål 1854, Henström 1869) undantaget utgörs av Hagerman (1946) och återgivningen av de metoder som används i USA. Vattenmängdens

inverkan på brukets egenskaper berörs inte i handböckerna under 1900-talets mitt. Av de samlade referenserna och författarnas uppgifter om olika metoder att våtsläcka kalk utfaller användningen av de olika metoderna olika över perioderna (fig. 85). Av den använda mängden vatten i de olika perioderna förfaller det av Hagerman (1946) som om allt mer vatten används vid släckningsmomentet i fabrik vid våtsläckning med överskott på vatten. Av allt att döma är detta ett resultat av att släckningen mekaniserades under 1900-talet. Metoden att våtsläcka under byggnadsvårdperioden är väl överensstämmande med det mekaniserade förfarandet som beskrivs av Hagerman.

- En generell slutsats av de samlade författarnas reflektioner om vattenmängdens inverkan är att våtsläckningsmetoden skall inrättas så att minsta möjliga mängd vatten används vid släckningen. Detta för att uppnå så goda egenskaper som möjligt på den släckta kalken.

Skador kopplade till arbetsmetoder

Skador eller risk för skador i samband med brädriven lufthårdnande kalk beskrivs av flera författare under de tre tidsperioderna (e.g. Henström 1869, Nycander och Bährner 1945, Paulsson och Granholm 1953, Bährner 1956, Westlund och Gedda 1940, Balksten 2005, 2007). Av författarna framgår två skadebilder:

1. Putsen faller ner beroende på bristande karbonisering i en för tjock utförd puts.
2. Det yttre putsskiktet fryser av beroende på att bearbetningen utförts vid fel tidpunkt.

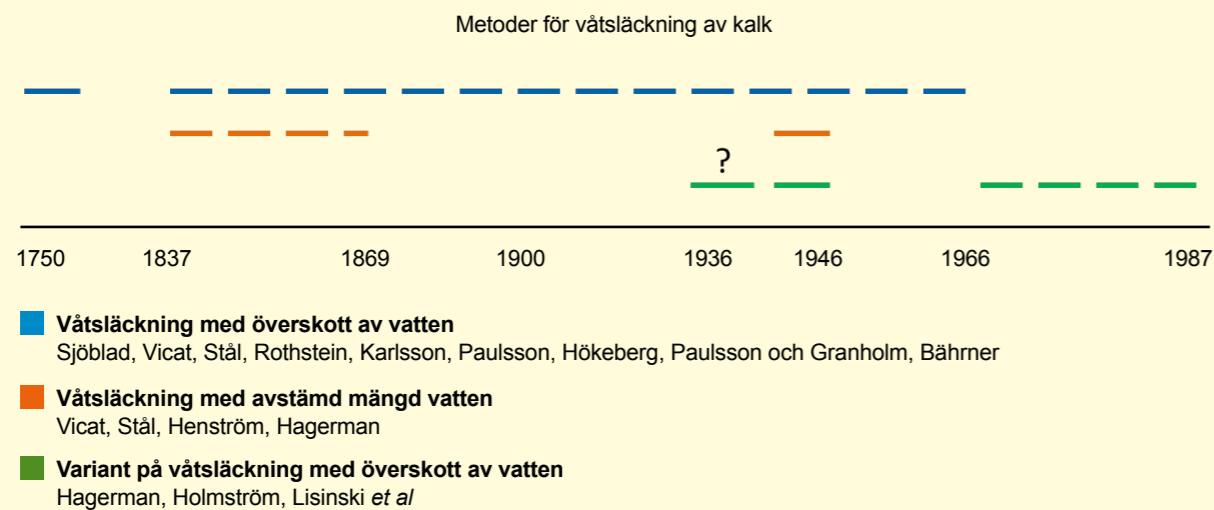


Fig. 85. Bilden är baserad på författarna i den fördjupade litteraturanalysen och kompletterad med källorna Rothstein (1856, 1875), Paulsson (1936), Hökeberg (1939), Paulsson och Granholm (1953), Bährner (1963, 1966) samt Lisinski *et al* (1987). Av Hagerman (1946), Holmström (1984) och Lisinski *et al* (1987) framgår en variant av våtsläckning med överskott på vatten. Av Lisinski *et al* framgår att den beskrivna metoden är använd sedan 1968. Metoden innebär att kalken inte först släcks med en mindre mängd vatten för att först bilda en gröt eller deg. I stället tillsätts allt vatten till kalken i stort överskott direkt. Resultatet är en kalkvälling som sedan silas. Metoden är överensstämmande med Hagermans beskrivning om hur kalk våtsläcks i fabrik. Av Paulsson (1936, 1939) samt av Paulsson och Granholm (1953) framgår att kalk i fabrik släcks i stora behållare under kontinuerlig omrörning men det framkommer inte om kalken först släcks till deg eller inte.

Putsnedfall beroende på att putsen gjorts för tjock beskrivs av flera författare (Stål (1854), Henström, Rothstein (1856, 1875, 1890). Generellt är de rekommenderade putstjocklekarna under 1800-talet tunnare än de rekommenderade tjocklekarna under 1900-talets mitt. Enligt Rothstein (1890) och Holmström (1984) beror putsnedfall på att putsen inte karbonatiserar (hårdnar) i tillräcklig stor utsträckning på grund av putsens tjocklek.

Otillräcklig karbonatisering av putsen beskrivs även av Nycander och Bährner (1945), Paulsson och Granholm (1953) och Bährner (1956). Enligt Bährner är orsaken att en tät ythud bildas vid brändrivning av kalkputs. Bährner skriver att risken för bildande av tät ythud kan minskas genom att välja en sand med tillräcklig mängd grova korn. Detta för att ytan skall bli mer repig (grov). Enligt Bährner bidrar dessa repor till att putsen lättare karbonatiserar.

Av Nycander och Bährner (1945) och Bährner (1956) framgår att om putsen brändrivs för tidigt så är det "lätt" att tät ythud bildas, även sönderfrysning och sprickbildning härleds av dessa författare till den täta ythud som bildas. Enligt Balksten (2005, 2007) uppstår vid bearbetning av kalkputs ett yttre hårt kalk-skal under vilken en frostkänslig porstruktur bildas om putsen bearbetas för tidigt, dvs. innan putsen styvnat till och fortfarande är fuktig/mjuk. Skadan yttrar sig genom att ytan fryser av.

Balkstens beskrivning är överensstämmande med Paulsson (1936, 1939) beskrivning av skador i samband med brändrivning av kalkputs. Enligt Paulsson är det viktigt att brändrivningen utförs vid rätt fuktighetshalt för att ytan skall bli hård och hållbar, hur denna fukthalt kan identifieras beskrivs dock inte av Paulsson (1936, 1939). Henström skriver att en vårdslös

och ihållande rivning av finputs på för torrt bruk bidrar till skador. Uppgiften är i kontrast till de övriga författarnas uppgifter. Av litteraturanalysen framgår en logisk åtgärd, men också en anvisning om att kalkputs inte skall utföras tjockare än 12 mm. I relation till bearbetningen är det lite svårare. En möjlighet att undvika skador är att använda andra bearbetningsmetoder t.ex. rivputs eller stockad puts. Emellertid så är brändrivning kanske den vanligaste bearbetningsformen på våra kulturbyggnader och kan av antikvariska skäl inte alltid undvikas.

Slutsatser

- Av litteraturstudien framgår att olika orsaker till skador uppmärksammas av författarna under de olika perioderna. Under 1800-talet poängteras tjockleken på putsen som orsak till putsskador medan brändrivning inte framhålls som orsak till skador. Under 1900-talet och byggnadsvårdsperioden påtalas brändrivning och putstjockleken som grundläggande orsak till att skador uppstår. En vidare forskningsfråga med avseende på skador vid brändrivning formuleras av skillnaderna i rekommendationerna av putsens sammansättning mellan perioderna och de beskrivna släckningsmetoderna. D.v.s. finns det ett samband mellan släckningsmetodens inverkan på bruket, förändringen av brukets sammansättning och en ökad risk för att bildande av frostkänsligt kalkskal.

6.5 Resultat från empiriska studier och metodutveckling

En förutsättning för de empiriska studierna och utvecklingen av Erikssonmetoden har varit tillgång till en ugn att bränna kalk i. Detta är bak-

grunden till det utvecklingsarbete om kalkugnar som presenteras i kapitel 5. Syfte och mål med utveckling av ugnen är att kalken är bränd vid en så låg temperatur som av erfarenhet har bedöms vara praktiskt möjligt (variera mellan ca 850°C-980°C). Målet är att en reaktiv kalk och ett snabbsugande porsystem skall bildas. Syftet med metodens utformning och målet för brändrivningstemperaturen är alltså att uppnå en snabb reaktion vid släckningen.

Av litteraturen framgår att kalk släckt med för mycket vatten har negativ inverkan på brukets egenskaper. I litteratur från 1800- och 1900-talet förmedlas tre metoder som innebär våtsläckning med avstämd mängd vatten, vilket tillsammans med empiriska erfarenheter och litterära studier i nutid är utgångspunkten för utvecklandet av Erikssonmetoden.

Vid släckning med Erikssonmetoden används en mindre mängd vatten än vid den traditionella metoden. Den putsyta som baseras på Erikssonmetoden har inte samma benägenhet att spricka som putsytan baserad på den traditionella metoden. Erikssonmetoden överensstämmer med Vicat (1837) och Ståls (1854) uppgifter om hur vattenmängden vid släckning inverkar på brukets egenskap att spricka. Vicat relaterar benägenheten att spricka i direkt relation till metoden att släcka med överskott av vatten. Resultatet från Erikssonmetoden är också överensstämmande med Hagerman (1946) och hans redogörelse för hur vattenhalten i kalkdegen förhåller sig till brukets krympning.

Det volymförhållande (1 del kalk på 2,5 delar sand) som formulerade utgångspunkten för viktandelen kalkdeg och naturfuktig sand i den ovanstående jämförande studien är ett relativt mått, dels beroende på att kalkdegens

innehåll av vatten och bindemedel som kan variera, dels beroende på sandens fuktsvällning som påverkas av sandens kornfördelning och fukthalt. Emellertid underlättas en jämförelse av proportionerna i volym om jämförelsen utgår från ett bestämt volymförhållande, vilket är fallet när volymförhållandet anges i relation till vattendränkt sand (e.g. Henström, Rothstein). Den naturfuktiga sand som är använd i den jämförande studien intar i vattendränkt tillstånd ca 30 procent mindre volym. Med utgångspunkt från blandningsförhållandet 1 del kalk på 2,5 delar naturfuktig sand fås i vattendränkt tillstånd ett blandningsförhållande på 1 del kalk på 1,75 delar sand. Dessa blandningsförhållandet är jämförbara med Stål och Henström (se tabell 1, sid. 43). Intressant är att notera att Henström (1869), Rothstein (1856, 1875, 1890) samt Nycander och Bährner (1945, 1950, 1955) genom sina metoder och tabeller tar ställning till sandens fuktsvällning i relation till volymproportionering. I den övriga litteratur som ingår i denna licentiatuppsats saknas redovisning för fuktsvällningens inverkan på de uppgivna volymproportionerna. Det förfaller som om dagens frågeställningar om hur de feta kalkbruken framställdes är en fråga om vilken metod som är använd för att bestämma det förmedlade volymförhållandet.

Slutsatser

- Metodutvecklingen av ugnskonstruktion resulterade i en ugn (ugn B) som har en jämn temperaturfördelning, lägre maximal bränningsstemperatur samt möjliggör att bränningsresultatet kan förutses i relation till kalkens grad av genombränning. Utvecklingen av ugn B har möjliggjort framställning av kalk med likvärdiga egenskaper

från bränning till bränning. I relation till denna bestämbara egenskap (reaktivitet) har Erikssonmetoden utvecklats.

- Resultat från den empiriska studien av släckningsmetodernas inverkan på brukets benägenhet att spricka visar tydligt att bruk baserad på kalk med Erikssonmetoden krymper mindre än Bährnermetoden i den mening att putsen inte uppvisar någon sprickbildning på de studerade putsytorna. Bruket som tagits fram med Bährnermetoden uppvisade så kraftig och omfattande sprickbildning att brukets blandningsförhållande var otjänligt att använda. Slutsatsen är alltså att en metod med avstämd mängd vatten är att föredra.
- Sprickbildning är vanligen en anledning till att minska bindemedelshalten i bruket (e.g. Kreüger 1920, Paulsson 1936) detta är också en nutida allmän uppfattning. Trots att en hög bindemedelsmängd används i bruket med Erikssonmetoden så uppvisar putsytan inga torksprickor, vilket i sin tur visar att val av metod kan vara avgörande.
- Den jämförande empiriska studien och litteraturstudien visar tillsammans hur missvisande volymförhållande kan vara när fuktsvällning och bindemedelshalt i bruket är okänt. Författarna Henström (1869), Rothstein (1890), Nycander och Bährner (1945, 1950, 1955) tar hänsyn till sandens fuktsvällning i de volymförhållanden de uppger, vilket inte är fallet i de övriga handböckerna under 1900-talets mitt och i byggnadsvårdslitteraturen.

6.6 Framtida forskningsbehov

Framtida forskningsbehov kan identifieras enligt följande:

- Normativa riktlinjer behöver utarbetas för puts på olika underlag med avseende på arbetsmetoder, släckningsmetoder, puts-uppbyggnad och delmaterials proportioner. Detta för att relevanta jämförelser mellan olika bruk skall vara möjligt att göra. Detta kan i ett första skede utföras som provtytor.
- I arbetet med framställning av kalk har observerats att upparbetning av den släckta kalken ger upphov till vattenseparation vilket inte sker i det fall kalken inte har upparbetats. Vidare att den upparbetade kalken har visat en större benägenhet att spricka. Exemplet är typiskt för den kunskap om material som går förlorad i samband med förändringar av bindemedel och som trycks tillbaka av andra skäl som logistik, ökade volymer och mekanisering. Ytterligare forskning om hur upparbetning av den släckta kalkdegen eventuellt kan inverka på brukets egenskap att spricka behövs.
- Vid användningen av kalk som framställts med Erikssonmetoden har observerats att kalken/bruket har benägenhet att starkt häfta vid verktyget och lämna en på verktyget mer svår rengjord kalkfilm. Med avseende på Erikssonmetodens lägre benägenhet till att spricka är egenskapen intressant att vidare studera i relation till bindemedel och sands vidhäftning till varandra.
- Forskning om våtsläckt sub- och låghydraulisk kalk och dess skillnader i relation till våtsläckt ren kalk.
- Det behövs jämförande studier av beständighet hos puts som innehåller kalk som släckts med olika våtsläckningsmetoder. Där ingår även frågeställningar om lagringsmöjligheter, blandningsförhållanden, delmaterialens sammansättning och arbetsmetoder.
- Studier av historiska bearbetningsmetoder behövs för att utvärdera samverkan mellan arbetsmetoder och brukets egenskaper.
- Det behöver undersökas om det finns ett samband mellan släckningsmetoden, förändringen av brukets sammansättning och en ökad risk för att bildande av frostkänsligt kalkskal.

Allmänna bestämmelser angående materialier och arbete vid Kungl. Byggnadsstyrelsens husbyggnadsarbeten : fastställda av Kungl. Byggnadsstyrelsen den 26 juli 1937-1948-9, oförändrad upplaga. Trollhättan.

Andersson, Morgan, Jönsson, Lennart & Wargsjö, Lars-Erik (red.) (1990). *SERPONIT putsåndbok 90*.

Backland *et al* (1984). *Handboken Bygg*. M, Material, produkter och arbetsteknik. Stockholm: Liber Förlag.

Balksten, Kristin (2005). *Kalkputs: porstrukturens betydelse för beständighet*. Licentiatavhandling. Göteborg: Chalmers tekniska högskola.

Balksten, Kristin (2007). *Traditional lime mortar and plaster: reconstruction with emphasis on durability*. Doktorsavhandling. Göteborg: Chalmers tekniska högskola.

Balksten (2009). "Norrlanda, Othem och Fardhem kyrkor: utvärdering av putsarbeten på tornen". Bygg-

nadsbyttan på Gotland 2007-2008. Sid. 91-112. Visby: Byggnadsbyttan på Gotland. ISBN 91-974679-3-6.

Balksten, K., Klasén, K. (2005). *The influence of craftsmanship on the inner structures of lime plasters*. Proceedings of the International RILEM Workshop Repair Mortars for Historic Masonry. Delft, Holland 2005.

Balksten, K., Persson, C., Eriksson, J. (2013). *Lime burning tradition in field kilns - a case study of the Jämtland tradition in Sweden*. 3rd Historic Mortars Conference HMC-2013, Glasgow, Scotland.

Bilde, Tage (1940). *Cement och betong*. Stockholm: Bonnier.

Björk, Cecilia, Reppen, Laila & Kallstenius, Per (1983). *Så byggdes husen 1880-1980: arkitektur, konstruktion och material i våra flerbostadshus under 100 år*. Stockholm: Statens råd för byggnadsforskning.

Bährner, Viktor (1940). *Putsutredningen: Rapport 2: Något om kronkalk och kronbastard samt sand för mur- och putsbruksändamål*. Stockholm.

Bährner, Viktor (1956). *Murbruk och putsbruk: praktisk handbok för murbruk och putsbruk*. Malmö: Svenska Cementföreningen.

Chandra, Satish (2003). *History of architecture and ancient building materials in India, part 1 & 2* (in single volume). New Delhi: Tech Books International.

Dührkop, Henry (1966). *Bruk - murning - putsning*. Stockholm: Svensk byggtjänst.

Eriksson, Jonny (2012). *Erfarenheter av bränning och släckning av Kinnekullekalksten*. Mariestad: Hantverkslaboratoriet, Göteborgs universitet.

Eriksson, Axel (1932). *Murtegel och tegelmurverk ur byggnadsteknisk synpunkt*. Stockholm

Gedda, Sten & Westlund, Georg (red.) (1940). *Putsutredningen: Rapport 1: Putsproblemet i Sverige*. Stockholm.

Hagerman, Tor H. (1946). *Svenska kalksorter: råmaterial, tillverkning samt provning för byggnadsändamål*. Stockholm: Generalstab:s lit. anst.

Hellström, Bo, Paulsson, Hjalmar & Eriksson, Axel (red.) (1945). *Betong*. Stockholm: Natur och Kultur.

Henström, Arvid (1869). *Praktisk handbok i landtbyggnadskonsten: innefattande läran om byggnadsmaterialierna, byggnadsmaterialiernas bearbetning och sammanfogning, byggnadsdelarnes form, dimensioner och styrka*. Örebro: Beijer.

Hidemark, Ove (1972). *Skoklosters slott: en restaurering*. Skokloster.

Hidemark, Ove & Holmström, Ingmar (red.) (1984). *Kalkputs. 2, Historia och teknik: redovisning av kunskaper och forskningsbehov*. Stockholm: Riksantikvarieämbetet.

Hinderson, Gerhard (1958). *Kalk- och kalkcementbruk: Invändig puts på betong*. Stockholm.

Holm, Gerhard & Munthe, Henrik (red.) (1901). *Kinnekulle: dess geologi och den tekniska användningen af dess bergarter*. Stockholm.

Västergötland, Exkursionsguide för fältkurs till Västergötland av Lars Holmer i historisk geologi och paleontologi för Geovetenskap. www.palaeontology.geo.uu.se/Mainpages/kursmaterial.html

Hökerberg, Otar (red.) (1936-1939). *Husbyggnad*. Stockholm.

Johansson, Sölve (2004). *Hydrauliskt kalkbruk: kunskaps- och forskningsläge: tillgången på kalksten med hydrauliska komponenter, naturligt cement och hydrauliska tillsatsmaterial för byggande i Sverige från medeltid till nutid*. Lic.-avh. Göteborg: Univ., 2004.

Johansson, Sölve (2006). *Hydrauliskt kalkbruk: produktion och användning i Sverige vid byggande från medeltid till nutid*. Diss. Göteborg: Chalmers tekniska högskola, 2006.

Karlsson, Tomas (2013). *Ramverksdörr: en studie i bänksnickeri*. Göteborg: Institutionen för kulturvård, Göteborgs universitet.

Karlson, Valfrid (1907). *Lärobok i husbyggnadskonstruktioner: närmast avsedd för de tekniska elementarskolorna. 2, Murar- och stenhuggararbeten*. Stockholm: Norstedt.

Kjellberg, Henrik & Lisinski, Jan (1998). *Kalkputsarbeten 1980-1990: inventering av utförande och projektstyrning. 1.* [uppl.] Stockholm: Riksantikvarieämbetet.

Konow, Thorborg von (1997). *Restaurering och reparation med puts- och murbruk*. Diss. Åbo: Åbo akademi.

Kreüger, Henrik (red.) (1920). *De tekniska vetenskaperna: bibliotek för teknisk vetenskap och dess tillämpning på svensk industri och byggnadskonst*. Avd. byggnadskonst, Bd 1, Byggnadsmaterialier. Stockholm: Bonnier.

Kreüger, Henrik (1940). *Diskussionsinlägg, Gedda, Sten & Westlund, Georg (red.) (1940). Puts-*

utredningen: Rapport 1: Putsproblemet i Sverige. Stockholm.

Lassen, Ulrik Hjort (2014). *The invisible tools of a timber framer* [Elektronisk resurs]: a survey of principles, situations and procedures for marking. Diss. Göteborg: Göteborgs universitet, 2014.

Larsson, Ulf (2009). *Antikvarisk slutbesiktning av renoveringen av f.d. gårdskyrka/magasin på Källstorp på fastighet på fastigheten Källstorp 1:30, Örslösa socken, Lidköpings kommun, Västergötland*. Västergötlands Museum, Skara.

Lindqvist, Jan Erik, (2005-12-08). *Rapport, beteckning F512550. Petrografisk analys av kalksten från Kakeled. Storlek på silikatkorren hur är de fördelade med avseende på hydraulisitet*. SP Sveriges Provning- och Forskningsinstitut, Borås.

Lisinski, Jan *et al* (1987). *Gotlandskalk: beskrivning av traditionell kalktillverkning i Hejnum-Djupqvior*. Stockholm: Riksantikvarieämbetet.

Lundegårdh, Per H. (1971). *Nyttosten i Sverige*. Stockholm: Almqvist & Wiksell.

Murverkshandboken MUR 90. (1991). Helsingborg: Sveriges tegelindustriförening, STIF.

Nycander, Sven & Bährner, Viktor (1945). *Modern putsteknik: med särskild hänsyn tagen till användning av puderkalk och cement*. 1:a uppl. Stockholm: Svenska Cementföreningen.

Nycander, Sven & Bährner, Viktor (1950). *Modern putsteknik med särskild hänsyn tagen till användningen av puderkalk och cement*. 2. uppl. Malmö: Svenska cementfören.

Nycander, Sven & Bährner, Viktor (1955). *Modern putsteknik: med särskild hänsyn tagen till användningen av puderkalk och cement*. 4. uppl. Malmö: Svenska cementföreningen

Pasch, Gustav Erik (1824). "Berättelse om de vid Motala station anställde Murbruks-försök, inlämnad till Göta Canals Direktion år 1818 och 1822". Jernkontorets annaler. Stockholm 1824.

Paulsson, Gregor (red.) (1936). *Hantverkets bok. 4: Mureri*. Stockholm: Lindfors.

Paulsson, Gregor (red.) (1939). *Hantverkets bok: Mureri. 2., rev. o. utök. uppl.* Stockholm: Lindfors.

Paulsson, Gregor & Granholm, Hjalmar (red.) (1953). *Hantverkets bok*. [4], Mureri. 3., omarb. uppl. Stockholm: Lindfors.

Persson, Christina (2012). *Jämtländsk byggnadskalk - redovisning av projekt 2010-2011*. Rapport Jamtli 2012. ISSN 1654-2045.

Rothstein, E. E. von (2003[1890]). *Allmänna byggnadsläran*. Faksimilutgåva. Kristianstad: Accent.

Rothstein, E. E. von (1875). *Handledning i allmänna byggnadsläran med hufvudsakligt afseende på husbyggnadskonsten samt kostnadsförslagers uppgörande. 2. öfversedda, tillökta och delvis omarb. uppl.* Stockholm: Beijer.

Rothstein, E. E. von (1856). *Handledning i allmänna byggnadsläran praktiska del med hufvudsakligt afseende på byggnadskonsten samt kostnadsförslagers uppgörande*. Stockholm: J. F. Meyer.

Royen, Nils (1940). *Diskussionsinlägg. Gedda, Sten och Westlund, Georg (red.) (1940) Putsutredningen: Rapport 1: Putsproblemet i Sverige*. Stockholm.

Sandström Malinowski, Ewa (1988). *Renovering och restaurering av putsade fasader: studier av murade hus i Göteborg*. Göteborg: Chalmers tekniska högskola.

Sandström Malinowski, Ewa (1992). *Puts på gamla hus*. Stockholm: Statens råd för byggnadsforskning.

Sandström Malinowski, Ewa (red.) (2000) *Kalk & hantverk för byggnadsvård och nybyggnad*. Stockholm: Riksantikvarieämbetets förl.

Sjöblad, C.G., Engeström, J (1750). *Beskrifning, huru kalk skal tilredas ifrån thes första Bränning och*

til then warder færdig til sitt bruk. Original ur Calle Brobäck's Gotlandicasamling, Maj 2007.

Strömberg, C. A (red) (1945). *Svensk teknisk uppslagsbok för teknisk orientering och tekniskt-ekonomiska beräkningar, band 2.* Nordisk rotogravyr Stockholm.

Strömberg, P., Silic, N. (1990). Torrsläckning av kalk. Rapport TMP 9003, 9004 Nordkalks fabrik, Köping.

Shaikh, Naz Ahmed (1990). *Kalksten och dolomit i Sverige. D. 3, Södra Sverige.* Uppsala: SGU.

Stål, Carl (1854) *Utkast till allmän byggnadslära.* Falun: Åkerblomska Boktryckeriet

Strömberg *et al* (1990) *Tegelbruk.* (1987) Stockholm: Riksantikvarieämbetet.

Vicat, L. J. (1997 [1837]) *Mortars and cements.* Shaftesbury: Donhead.

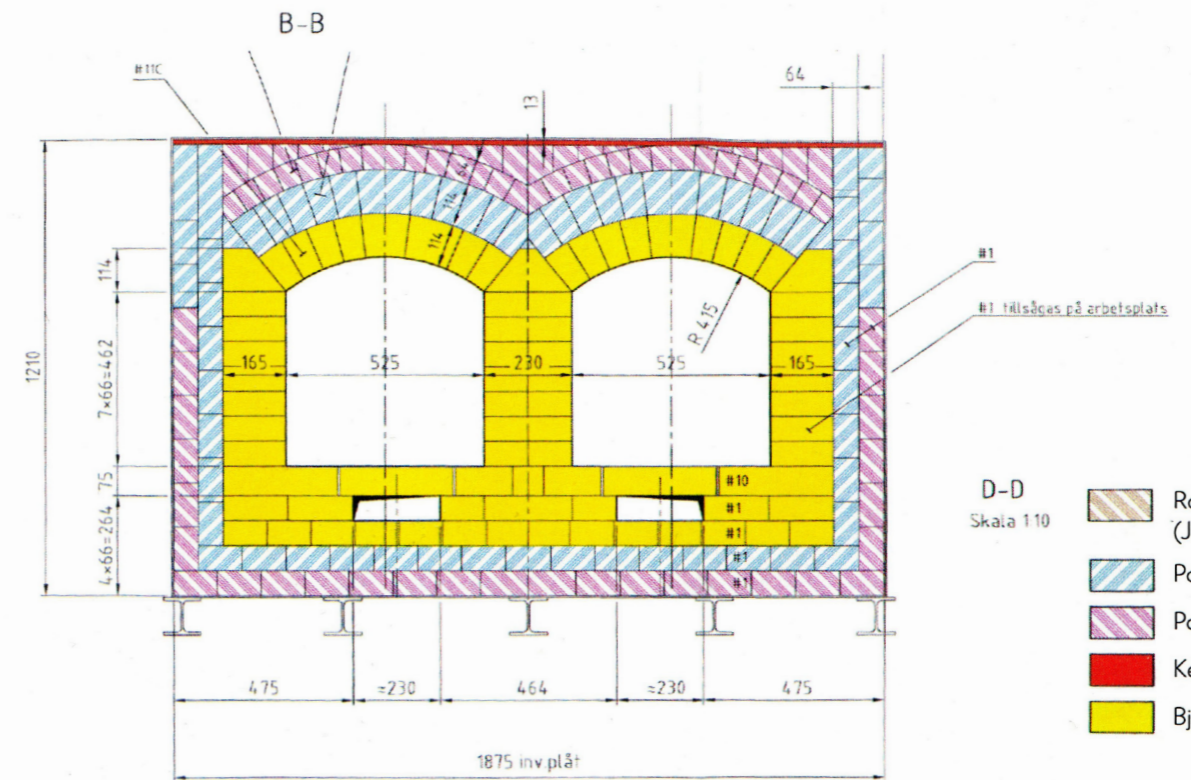
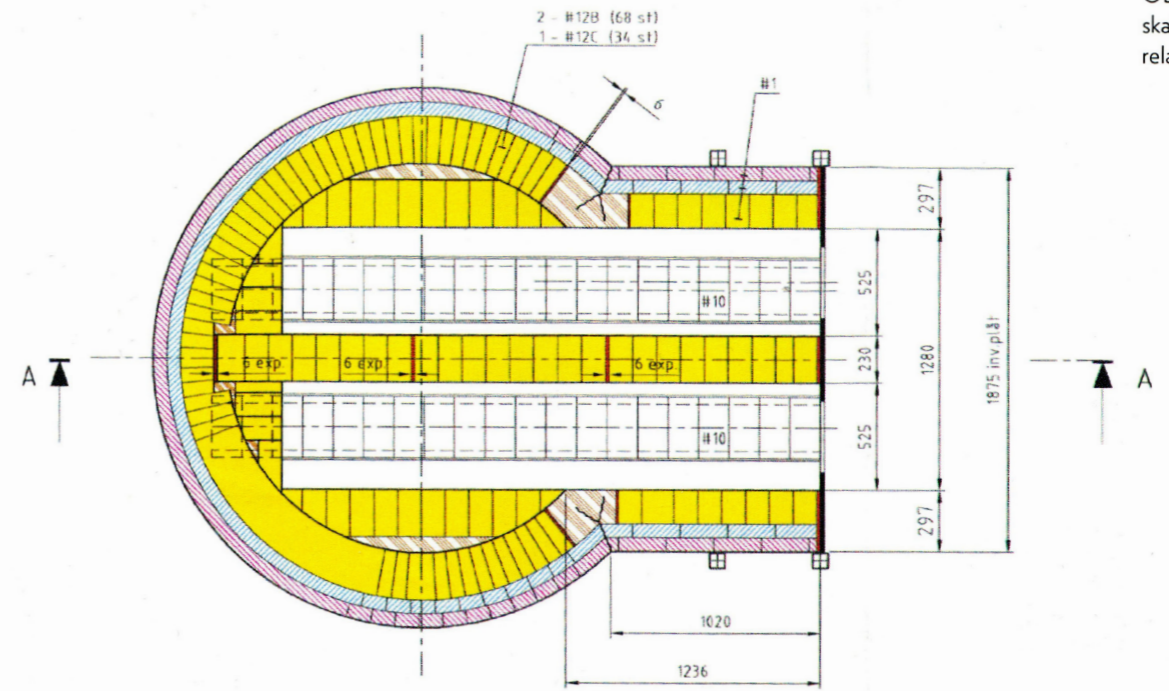
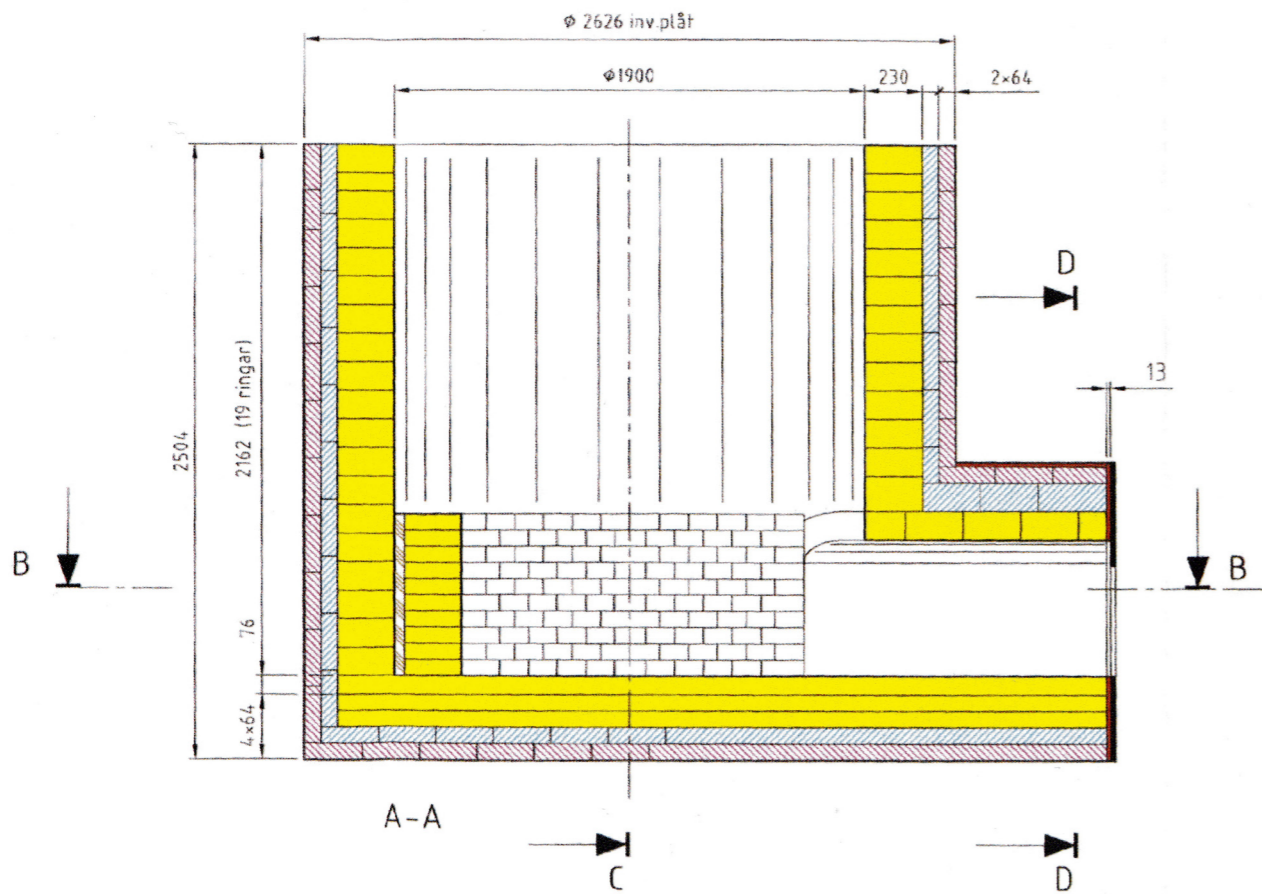
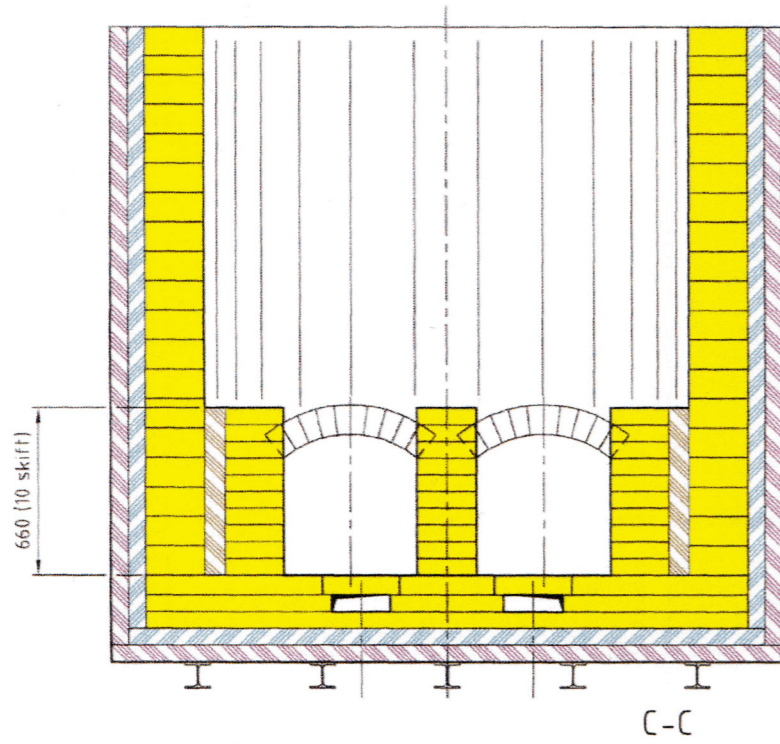
Westerlund, Tina (2013). *Trädgårdsmästarens förökningsmetoder: schema och katalog över förökningsdelar vid vegetativ förökning av fleråriga örtartade växter : licentiatuppsats i kulturvård.* Licentiatavhandling Göteborg : Göteborgs universitet, 2013.

Wilck, Klaus (1991) *Cement teknologi.* Stockholm: Cementsa.






Muntliga källor

Sandström, Lars Sveriges byggindustrier 2013-04-15 Telefonkontakt.

Mangnusson Lars, ordförande i Kinnekulle kalkbrännarens förening, handledning vid kalkbränning och brytning av kalk.



OBS! Ritningarna är inte skalenligt återgivna eller relationsritningar.

-  Rodarox 244C gjutmassa (Joncast MS)
-  Porosil G II; H-15 cement
-  Poros; H-15 cement
-  Keramisk fiber
-  Bjuf SX; Victor T cement

ACTA UNIVERSITATIS GOTHOBURGENSIS

Previous publications

1. Frantisek Makes. Enzymatic consolidation of the portrait of Rudolf II as "Vertumnus" by Giuseppe Arcimboldo with a new multi-enzyme preparation isolated from Antarctic krill (*Euphausia superba*). 1988. ISBN 91-7346-205-5.
2. Frantisek Makes. Enzymatic examination of the authenticity of a painting attributed to Rembrandt. Krill enzymes as diagnostic tool for identification of "The repentant Magdalene". 1992. ISBN 91-7346-254-3.
3. Frantisek Makes. Investigation, restoration and conservation of Matthaeus Merian portraits. Göteborg 1996. ISBN 91-7346-290-X.
4. Lagerqvist, Bosse. The Conservation Information System. Photogrammetry as a base for designing documentation in conservation and cultural resources management. Göteborg 1996. ISBN 91-7346-302-7.
5. Johnsen, Jesper Stub. Conservation Management and Archival Survival of Photographic Collections. Göteborg 1997. ISBN 91-7346-318-3.
6. Williams, Stephen L. Destructive preservation, A review of the effect of standard preservation practices on the future use of natural history collections. Göteborg 1999. ISBN 91-7346-358-2.
7. Freccero, Agneta. Fayum Portraits. Documentation and Scientific Analyses of Mummy Portraits Belonging to Nationalmuseum in Stockholm. Göteborg 2001. ISBN 91-7346-382-5.
8. Jensen, Ole Ingolf. Så målade prins Eugen. Undersökning av pigment, måleriteknik och konstnärligt uttryck baserat på naturvetenskapliga metoder. Göteborg 2001. ISBN 91-7346-402-3.
9. Freccero, Agneta. Encausto and ganosis. Beeswax as Paint and Coating during the Roman Era and its Applicability in Modern Art, Craft and Conservation. Göteborg 2002. ISBN 91-7346-414-7.
10. Fröysaker, Tine. The church paintings of Gottfried Hendtzschel in Norway – past and future conservation. Part I & II. Göteborg 2003. ISBN 91-7346-455-4.
11. Brunskog, Maria. Japanning in Sweden 1680s - 1790s. Characteristics and preservation of orientalized coatings on wooden substrates. Göteborg 2004. ISBN 91-7346-475-9.
12. Egenberg, Inger Marie. Tarring maintenance of Norwegian medieval stave churches. Characterisation of pine tar during kiln-production, experimental coating procedures and weathering. Göteborg 2003. ISBN 91-7346-483-X.
13. Waller, Robert R. Cultural Property risk analysis model. Development and Application to Preventive Conservation at the Canadian Museum of Nature. Göteborg 2003. ISBN 91-7346-475-9.
14. Johansson, Erica. Shaker Architectural Materials and Craftsmanship. The Second Meetinghouse at Mount Lebanon, New York, USA. Göteborg 2005. ISBN 91-7346-533-X.
15. Hökerberg, Håkan. Att fånga det karaktäristiska i stadens bebyggelse. SAVE-metoden som underlag för bevarande- planering. Göteborg 2005. ISBN 91-7346-542-9.
16. Makes, Frantisek. Novel enzymatic technologies to safeguard cultural heritage. Göteborg 2006. 95 p. ISBN 91-7346-557-7.
17. Krus, Anna. Kulturarv - Funktion -Ekonomi. Tre perspektiv på byggnader och deras värden. Göteborg 2006. ISBN 91-7346-566-6.

18. Roos, Britta. Värdeproduktion i kulturvårdande projekt. Fönsterrenoveringen vid Stockholms slott. En fallstudie. Göteborg 2006. ISBN 91-7346-567-4.
19. Myrin, Malin. Conservation of Gotland sandstone. Overview of present conditions. Evaluation of methods. Göteborg 2006. ISBN 91-7346-568-2.
20. Johansson, Sölve. Hydrauliskt kalkbruk. Produktion och användning i Sverige vid byggande från medeltid till nutid. Göteborg 2007. ISBN 978-91-7346-569-4.
21. Thornberg Knutsson, Agneta. Byggnadsminnen - principer och praktik. Den offentliga kulturmiljövårdens byggnadsminnesverksamhet. Beskrivning och utvärdering. Göteborg 2007. ISBN 978-91-7346-592-2.
22. Erika Johansson. House Master School. Career Model for Education and Training in Integrated and Sustainable Conservation of Built Environments. Göteborg 2008. ISBN 978-91-7346-628-8.
23. Meiling, Pär. Documentation and Maintenance Planning Model - DoMaP. A response to the need of conservation and long-term maintenance of facades of modern multi-apartment buildings. Based on case studies in Göteborg in Sweden. Göteborg 2010. ISBN 978-91-7346-639-4.
24. Gustafsson, Christer. The Halland Model. A trading zone for building conservation in concert with labour market policy and the construction industry, aiming at regional sustainable development. Göteborg 2011. ISBN 978-91-7346-668-4
25. Nilsson, Johanna. In Search of Scientific Methods for Conservation of Historic Silk Costumes. Göteborg 2010. 45 s., papers I-III ISBN 978-91-7346-685-1
26. Håfors, Birgitta. Conservation of the wood of the Swedish Warship Vasa of A.D.1628. Evaluation of polyethylene glycol conservation programmes. Göteborg 2010. 546 p.; 1 CD. ISBN 978-91-7346-687-5
27. Almevik, Gunnar. Byggnaden som kunskapskälla. Göteborg 2012. ISBN 978-91-7346-714-8
28. Westin, Jonathan. Negotiating 'culture', assembling a past. The visual, the non-visual and the voice of the silent actant. Göteborg 2012. ISBN 978-91-7346-726-1
29. Nyström, Ingalill. Bonadsmåleri under lupp. Spektroskopiska analyser av färg och teknik i sydsvenska bonadsmålningar 1700-1870. Göteborg 2012. ISBN 978-91-7346-731-5.
30. Strang, Thomas. Studies in pest control for cultural property. Göteborg 2012. ISBN 978-91-7346-734-6
31. Nilsson, Nina. Färgbilden som redskap vid växtkomposition. Göteborg 2012. ISBN 978-91-7346-750-6
32. Hjort Lassen, Ulrik. The invisible tools of a timber framer. A survey of principles, situations and procedures for marking. Göteborg 2014. ISBN 978-91-7346-785-8
33. Hamrén, Karin. Den utsatta konsten. Att förvalta konst i offentlig miljö – etik, lagstiftning och värdeförändring. Göteborg 2014. ISBN 978-91-7346-815-2