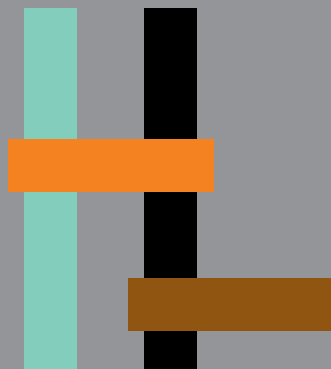




ERFARENHETER AV BRÄNNING OCH SLÄCKNING AV KINNEKULLEKALKSTEN

Jonny Eriksson



GÖTEBORGS UNIVERSITET

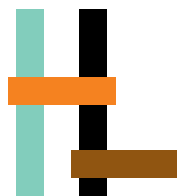
Hantverkslaboratoriet
Magasinsgatan 4
Box 77, SE-542 21 Mariestad
+46 (0)31 - 786 93 00
craftlab@conservation.gu.se
www.craftlab.gu.se

© Hantverkslaboratoriet 2012
Fotograf: Där inget annats anges Kristina Bergkvist och Jonny Eriksson
Redaktion: Linda Lindblad, Christina Persson
Grafisk form: Vera marknadskommunikation

ISBN: 978-91-979382-5-9

SAMVERKANDE PARTER

Grevillis Fond
Göteborgs universitet
John Hedins Stiftelse
Länsantikvarieföreningen
Mariestads kommun
Riksantikvarieämbetet
Statens Fastighetsverk
Svenska kyrkan
Sveriges Hembygdsförbund
Västarvet
Västra Götalandsregionen, Nämnden för Hemslöjdsfrågor



HANTVERKSLABORATORIET

ERFARENHETER AV BRÄNNING OCH SLÄCKNING AV KINNEKULLEKALKSTEN

Jonny Eriksson



GÖTEBORGS UNIVERSITET



FÖRORD

De första experimenten med att tillverka kalkbindemedel från Kinnekulle på ett traditionellt sätt gjordes för mer än tio år sedan. Det är många entusiaster som på olika sätt har medverkat i den process som har följt. Experter, lekmän, forskare, studenter, lärare, förvaltare, politiker. För Dacapo hantverksskola, som under loppet av dessa år har blivit en del av Institutionen för kulturvård på Göteborgs universitet, blev engagemanget i kalkbränningen på Kinnekulle startpunkten i ett omfattande utvecklingsarbete. Det har lett till ett intensivt arbete där många olika projekt har startats, forskningsarbeten har inletts och kontakter har knytits. Slutpunkten för utvecklingsarbetet har vi inte nått fram till, det pågår i allra högsta grad.

Men det är hög tid att sammanfatta de erfarenheter som har gjorts så här långt. Det är många som har varit inblandade i det arbete som har gjorts under 2000-talet. Utan insatser från alla studenter som inom sina kurser har medverkat vid bränningen och släckningen av kalksten hade arbetet varit mycket mödosamt. Det är några personer som särskilt har bidragit till att utvecklingen har gått framåt och att det nu kan sammanfattas i denna rapport.

Kristina Bergkvist, tidigare murstudent på Bygghantverksprogrammet, började 2010 arbetet med att sammanställa och sammanfatta det som gjorts genom särskilda projektmedel från Hantverkslaboratoriet. Murarlärare Anders Göransson, som också började sin bana som student på utbildningen, byggde tillsammans med Kristina och Knut Steffen Knutsen den första kalkugnen som examensarbete 2004 och har sedan som lärare varit mycket betydesfull i det fortsatta utvecklingsarbetet. Tomas Sandberg, också student och senare anställd, har likaså varit aktiv i processen. I den slutgiltiga bearbetningen av rapporten har Hantverkslaboratoriets kommunikatör Linda Lindblad envetet arbetat med texter och bilder.

Och till sist några sanna eldsjälar. Rune Larsson och Lars Hansson i Gillstads församlings kyrkoråd som tog kontakt med Dacapo 2002 när Gillstads kyrka var i behov av en putsrestaurering. Deras förfrågan var en förutsättning för att utvecklingsarbetet skulle ta fart. Lars Magnusson som redan på tidigt 1990-tal var med och startade Kinnekulle Kalkbrännare och som varit till ovärderlig hjälp i det snåriga arbetet med att återvinna försvunnen kunskap.

Ett stort tack till er alla!

Jonny Eriksson
Universitetslektor och hantverksdoktorand

Gunnar Almevik
Verksamhetsledare Hantverkslaboratoriet

Bild sid 4: Gillstad kyrka.



INNEHÅLL

- 5. Förord
- 8. Inledning
- 10. Begrepp och terminologi

KINNEKULLES KALKSTEN

- 17. Kinnekulles geologi
- 23. Historiska kalkbrott på Kinnekulle
- 24. Kinnekulle kalkbrännarförening

BRÄNNING AV KALKSTEN

- 29. Kalkugnen vid Läckö slott
- 31. Kalkugnen på Johannesberg, Mariestad
- 37. Kalkugnen på Leverstads industriområde, Mariestad
- 47. Efterbearbetning av den brända kalkstenen

SLÄCKNING AV BRÄND KALKSTEN

- 51. Släckning av bränd kalksten
- 55. Våtsläckning
- 61. Torrsläckning
- 65. Erfarenheter från släckningar
- 66. Förbättring av arbetsmiljö, utrustning och logistik

BILAGOR

- 72. Bilaga A: Putsundersökning av Gillsta kyrka
- 82. Bilaga B: Putsundersökning Väla kyrka
- 102. Bilaga C: Miljörapport från Kakeleds kalkbrott 2011
- 110. Bilaga D: Kalkugnen i Johannesberg
- 118. Bilaga E: Kalkugnen på Leverstads industriområde
- 122. Bilaga F: Protokoll och diagram från bränningar
- 128. Bilaga G: Kalkleveransdeklarationer

INLEDNING

Historiskt har kalkbindemedel brutits från lokala stenbrott. Bränningen har skett lokalt och släckningen har vanligtvis gjorts på byggarbetsplatsen. Putsbruket som skulle användas i byggandet var uteslutande platsblandat med sand som tagits lokalt. Under 1900-talets industrialiseringsprocess har kunskaperna om de lokalt framställda materialen och om metoderna för tillverkningen nästan helt försvunnit. Kalkbindemedlet och bruksblandningarna följer idag universella standarder som inte är anpassade för den unika byggnaden. De skillnader som finns på ett fabriksstillverkat bindemedel och ett lokalt framställt bindemedel förbises.

Vid institutionen för kulturvård på Göteborgs universitet har under 2000-talet ett utvecklingsarbete bedrivits för att ta fram ett kulturhistoriskt relevant kalkbindemedel för ett antal historiska byggnader. Det finns metoder att identifiera egenskaper i historisk kalkputs, men det finns ingen kvalitetssäkrad metod för att rekonstruera processen. Utvecklingsarbetet har genererat erfarenheter och innovationer kring analys av historisk puts, analys och val av lokal kalksten samt bränning och släckning av kalk. Universitetslektor Jonny Eriksson har varit ledare i detta forsknings- och utvecklingsarbete och är sedan 2009 antagen som doktorand och kommer att bearbeta resultaten vidare i en kommande licentiatavhandling.

I denna rapport sammanfattas det utvecklings- och forskningsarbete som skett. En väsentlig del av Hantverkslaboratoriets verksamhet är inriktad mot forskning och metodutveckling som gör det möjligt att utöva hantverk och bevara hantverkskvalitet i det moderna samhället. Rapporten är en produkt av det projekt som formades 2010 inom Hantverkslaboratoriet med syftet att dokumentera och säkra vunna kunskaper som gjorts inom institutionen. Målet med projektet var också att skapa en plattform för ett fortsatt utvecklingsarbete med en kvalitetssäkrad metod för tillverkning av lokal kalk och platsblandat bruk.

På institutionen fortsätter nu arbetet med utgångspunkt i den plattform som idag är en realitet. Sedan 2010 har många kontakter skapats med andra intressenter som jobbar med eller för en produktion av lokal kalk. Hantverkslaboratoriet stöttar särskilt de projekt som pågår i Jämtland och Skåne. Ett norsk-svenskt nätverk med lokala producenter bildades i mars 2010 i samband med en träff som initierats av Hantverkslaboratoriet.

DISPOSITON

I det inledande kapitlet förklaras de begrepp och den terminologi som förekommer i rapporten. Därefter följer en genomgång av Kinnekulles geologi, först enligt den gängse förklaringsmodellen inom geologin och sedan enligt de beskrivningar av Kinnekulles kalkbärande lager som kalkbrännare och stenhuggare lämnat efter sig. De som har brukat

berget på olika sätt har beskrivit dess sammansättning och karaktär mer ingående och differentierat än vad som är möjligt med geologiska termer. De använder benämningar på materialet som tar utgångspunkt dess egenskaper. Fler skikt i kalkstenslagren är också beskrivna i stentraditionen än i den rent geologiska beskrivningen.

I kapitlet som behandlar historiska kalkbrott på Kinnekulle beskrivs de stenbrott som varit aktuella för att rekonstruera kalkbindemedel för objekten Läckö slott, Gillstad kyrka och Väla kyrka. Därutöver berörs några av de stenbrott och platser som Jonny kommit i kontakt med i sin forskning.

I kapitlet bränning av kalksten och släckning av kalksten redovisas den metod, teknik och arbetsprocess som idag används inom institutionen för kulturvård för framställning av kalkbindemedel. Dessa metoder och processer har prövats fram under 2000-talets försöksverksamhet. Då det inte alltid från början varit klart vilken av faktorerna vid exempelvis bränningen som varit viktig för att få en jämn fördelning av värmen i ugnen så har dessa parametrar inte dokumenterats från första början.

I det avslutande kapitlet sammanfattas de förbättringsåtgärder som nu är aktuella att gå vidare med. Den ena delen berör logistiken på brännings- och släckningsstationen för att få en större effektivitet i arbetet. Den andra delen hanterar arbetsmiljön och miljöarbetet för bränningsstationen. Vad som behöver mätas och varför. Den sista frågan berör det fortsatta utvecklingsarbetet av kunskapsuppbyggnaden kring lokala kalkbindemedel.

Begrepp och terminologi

Här följer en sammanfattning av de viktigaste begreppen och termerna i rapporten.

KALKBRUK

Kalkbruk består av bindemedel, ballast och vatten. Bindemedlet framställs av kalksten genom att kalkstenen bränns och därefter släcks med vatten. Bindemedlet blandas sedan med ballast och vatten till mur och/eller putsbruk.

BALLAST

Ballast till bruk är oftast sand bestående av gnejs, granit, kalksten och kvarts men kan i vissa fall bestå av andra material t ex tegelkross. Ballasten sammansätts i olika fraktioner, vilket beskrivs med en sandkurva. Olika bruk kräver olika sandkurvor. Sandkurvan påverkar brukens arbetsbarhet, torktid, hållfasthet och sprickbenägenhet.

KALKSTEN

Kalksten är en bergart som brutits i ett flertal kalkbrott runt om i Sverige. Kalkstenens kemiska namn är kalciumkarbonat. Man skiljer kalkstenstyperna åt genom att benämna dem efter deras geologiska ålder; krita, kambrium, ordovicium och silur, samt om de är sedimentära eller metamorfa. Sedimentära bergarter har bildats genom att vittrat material bildat avlagringar på havsbotten. Metamorfa bergarter är bergarter som blivit omvandlade genom högt tryck och temperaturskillnader. Kalkstenens inre struktur kan vara kristallin eller amorf. En kristallin kalksten (t ex marmor) har en ordnad inre struktur och en regelbunden yttre form, en amorf kalksten har istället en oordnad inre struktur och en oregelbunden yttre form.

FÖRORENINGAR I KALKSTEN

Förutom kalciumkarbonat innehåller kalksten blandade lermineraler, vilka också kallas för föroreningar. Föroreningarna består av ämnen som kisel, aluminium och järn. Sammansättningen av föroreningarna och halterna av dessa beror på platsens geologi. Sammansättning kan variera inom ett och samma kalkbrott. Föroreningarna påverkar kalkens egenskaper när den används som råvara i ett bindemedel. En kalksten med en föroreningsmängd under 8 % räknas som icke hydraulisk och kallas lufthårdnande kalk med dagens definition. När kalken har en föroreningsmängd över 8 % räknas den som en hydraulisk kalk. (se förklaring för hydraulisk kalk och lufthårdnande kalk längre fram i detta kapitel)

BRÄND KALKSTEN

Vid bränning av kalksten, kalciumkarbonat (CaCO_3), drivs koldioxid (CO_2) ut ur stenen i form av gas. När koldioxiden drivits ur kalkstenen har den omvandlats till bränd kalksten, kalciumoxid (CaO). I samband med att koldioxiden avgår minskar kalkstenens vikt cirka fyrtio procent. Den brända kalkstenen blir kemiskt instabil och mycket reaktiv.

REAKTIVITET

Reaktiviteten i en bränd kalksten beskriver hur snabbt och lätt kalken har för att sönderdelas sig vid kontakt med vatten. Intensiteten på värmeutvecklingen som uppstår kan ses som ett mått på reaktiviteten.

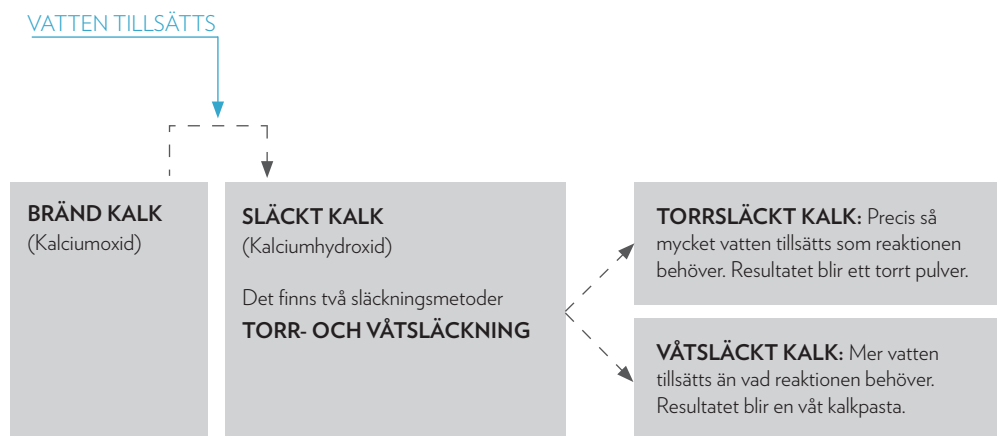
SLÄCKT KALKSTEN

Bränd kalksten måste släckas för att man ska få ett kalkbindemedel. Vid släckning av bränd kalksten suger den porösa stenen upp vatten. Vid kontakt med vatten sönderfaller den och bildar kalciumhydroxid ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) d v s släckt kalk. Reaktionen som uppstår är ofta kraftig (beroende på typ av kalksten och bränningstemperatur). Energi frigörs och värmeutveckling sker. Kalkstenen sönderfaller till ett torrt pulver eller en pasta, beroende på mängden tillsatt vatten. Kalkbindemedel är alltså bränd och sedan släckt kalksten i sönderfallen form.

SLÄCKNINGSMETODER

Våtsläckning, torrsläckning, jordsläckning och stukasläckning är benämningar på några olika släckningsmetoder. I denna rapport behandlas våtsläckning och torrsläckning. Vid våtsläckning används mer vatten än vad som går åt för att omvandla kalciumoxid (bränd kalk) till kalciumhydroxid (släckt kalk). Syftet med metoden är att kalken skall bilda en kalkpasta. Vid torrsläckning används endast den mängd vatten som går åt för att underhålla reaktionen som omvandlar kalciumoxid till kalciumhydroxid. Syftet med metoden är att kalciumhydroxiden skall bli ett torrt pulver. Torrsläckning används i huvudsak när hydraulisk kalk (hårdnar genom reaktion med vatten) skall släckas och lagras. Våtsläckning används i huvudsak när rent lufthårdnande kalk (hårdnar genom reaktion med luftens koldioxid) skall släckas och lagras.

Generell beskrivning av släckningsmetoder



KARBONATISERING

En bränd kalksten med lägre föroreningshalt än 8 % benämns lufthårdnande kalk. Karbonatisering är benämningen på den kemiska reaktion som sker när det lufthårdnande kalkbruket hårdnar. Den brända kalken med lägre lermineralhalt än 8% har bildat kalciumoxid under bränningsprocessen. När den brända kalkstenen släcks med vatten så bildas kalciumhydroxid. Reaktionskomponenten för att kalciumhydroxiden ska hårdna är luftens koldioxid. När vattnet i ett kalkbruk avgått så kan luften komma in i ytans mikroskopiska struktur och koldioxiden kan reagera med kalciumhydroxiden i bindemedlet och bilda kalciumkarbonat. Det innebär att bindemedlet karbonatiserar. Ett lufthårdnande kalkbruks förutsättningar för att hårdna påverkas därför av brukets möjlighet till uttorkning, dvs av temperatur och luftfuktighet. Hårdnandet står också i relation till putsunderlagets sugning, väderlek och ytans egenskaper och behandling. Hårdnandet kan därför pågå under lång tid, årtal eller tiotal år är inte ovanligt.

HYDRATISERING

När kalkstenen har en föroreningsmängd över 8 % räknas den som en hydraulisk kalk. Vid bränningen bildas kalciumoxid och reaktiva kalciumsilikater. Reaktionskomponenten som sätter igång hårdnandet av de reaktiva kalciumsilikaterna är vatten. Med andra ord innebär det att den hydrauliska delen av bindemedlet, kalciumsilikaterna, hydratiserar medan kalciumhydroxiden karbonatiserar. Beroende på mängden kalciumsilikater i kalkstenen kommer bindemedlet att hårdna mer eller mindre genom reaktion med vatten. Detta påverkar hur fort bruket hårdnar.

Ett hydrauliskt kalkbruks förutsättningar att hårdna skiljer sig något i förhållande till rent lufthårdnande kalk. En för snabb uttorkning kan avbryta kalciumsilikaternas reaktion med vattnet. Det gör att man behöver bevaka och eventuellt fukta putsytan med vatten under de först dygnet, allt efter väderleken och underlagets sugning (notera att för mycket vatten påverkar den lufthårdnade reaktion i bruket negativt) för att underhålla reaktionen.

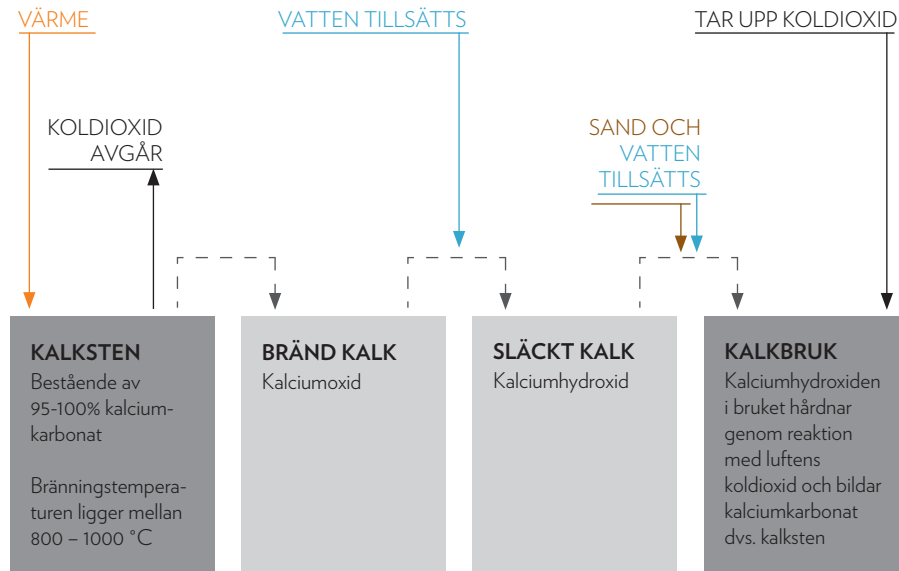
LUFTHÅRDNANDE KALKS HÅRDNANDE

Karbonatisering är benämningen på lufthårdnande kalks hårdnande dvs den kemiska process som gör ett bruk eller en puts hård. Lufthårdnande kalk är ett bindemedel som består av kalciumhydroxid. Reaktionskomponenten är luftens innehåll av koldioxid. Hårdnandet kan pågå under lång tid och är beroende av tillgången på koldioxid. Ett lufthårdnande kalkbruks förutsättningar för att hårdna styrs av uttorkning, temperatur och luftfuktighet, samt luftens möjlighet att tränga in i materialet. Hårdnandet står alltså i relation till underlagets sugning, väderlek samt ytans egenskaper och behandling.

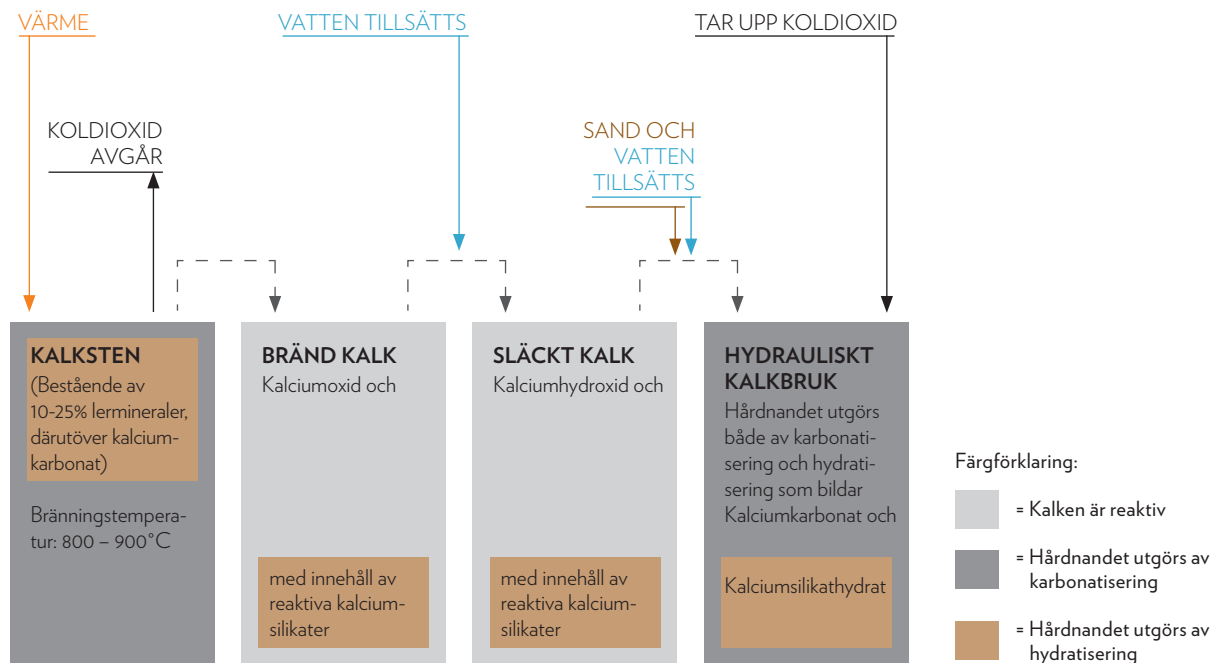
HYDRAULISKT KALKS HÅRDNANDE

Hydrauliskt kalkbruk eller puts hårdnar med två av varandra oberoende reaktioner, hydratisering och karbonatisering. Det är förekomsten av reaktiva kalciumsilikater och kalciumhydroxid som gör att det hydrauliska bindemedlet hårdnar genom två processer. Fördelningen mellan dessa komponenter varierar i bindemedlet beroende på råmaterialets innehåll av kalk och lermineraler.

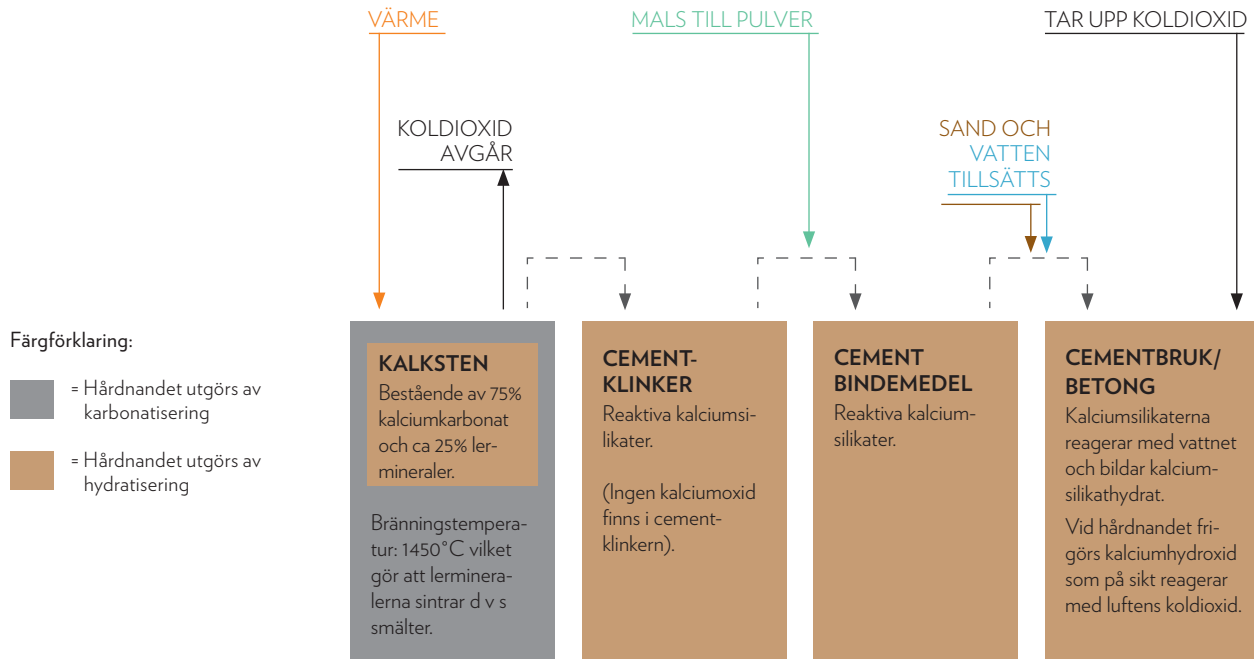
Generell beskrivning av lufthårdnande kalkbruks hårdnande



Generell beskrivning av hydrauliskt kalkbruks hårdnande



Generell beskrivning av cementtillverkning och dess hårdnande



FAKTA OM CEMENT

Det kan tyckas som om skillnaden mellan hydraulisk kalk och cement inte är så stor, speciellt inte när råmaterialet för det producerade bindemedlet kan vara exakt det samma, d v s kalksten med ca 20- 25 % lerinnehåll. Men framställningen och egenskaperna skiljer sig kraftigt åt. För att tillverka cement ska det finnas en bestämd balans mellan mängden lermineraler och mängden kalk. Lermineralerna måste uppgå till 20-25 %. Denna kalksten, eller blandningar av kalksten som tillsammans motsvarar den bestämda relationen mellan kalk och lera, upphettas till ca 1450 grader. Det gör att lermineralerna i kalken smälter ihop med kalken. Den brända kalkstenen kyls snabbt ner till ca 1000 grader med hjälp av luft. Det material som kommer ut ur ugnen har en form av små kulor med en diameter på ca 25 mm. Dessa kulor mals i en kvarn till ett fint pulver vilket utgör bindemedlet cement. När bruk blandas så reagerar cementbindemedlet med vattnet i bruket. Cement är ett rent hydratiserande bindemedel. Bindningstiden brukar anges till 28 dygn men huvuddelen av hårdnandet sker under de första 7 dygna. Cementens kemiska benämning är trikalciumpsilikat.

Skillnaden på kalkbindemedlets och cementens egenskaper kan övergripande beskrivas som att cement är ett ganska tätt och hårt material, medan hydraulisk kalk är ett öppet och betydligt mjukare och segare material.

Den typ av cement som beskrivs ovan blev vanlig under 1900-talet och behandlas inte vidare i den här rapporten.

KINNEKULLES KALKSTEN



KINNEKULLES KALKSTEN

Kinnekulles geologi

BESKRIVNING AV KINNEKULLES GEOLOGISKA LAGERFÖLJD

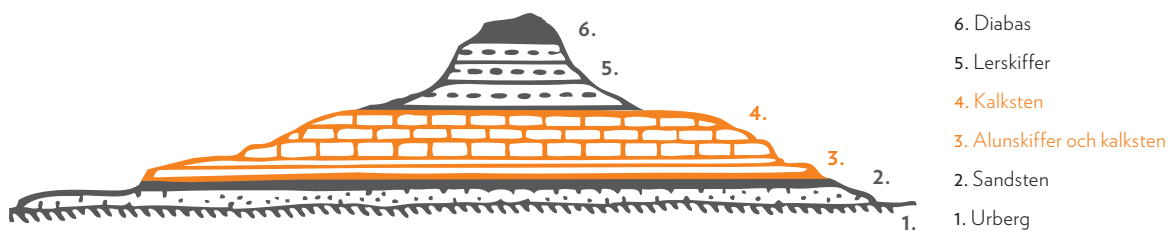
Kinnekulle är ett platåberg som mäter 306 meter över havet. Berget är till stor del uppbyggt av sedimentära bergarter som samlats på urberget. Lagerföljden täcks överst av den magmatiska bergarten diabas. Diabasen har skyddat de underliggande, mjukare lagren från att erodera bort. Lagerföljden indelas underifrån i urberg, sandsten, alunskeer, graptolitskeer, kalksten, lerskeer samt diabas. Avlagringsperioden för de kalkstensbärande lagren löper från den geologiska tidsåldern kambrium till tidsåldern silur. Perioden kallas kambrosilur och lagren bildades för 545 – 415 miljoner år sedan. Vattendjup, vattenströmmar, djurliv och vad som hände på land var sådant som påverkade sammansättningen på avsättningarna och därigenom stenarterna.

LAGREN UTIFRÅN GEOLOGINS DEFINITION AV BERGARTER

Urberg, sandsten och alunskeer

På urberget ligger först sandsten. Sandstenslagret är ca 35 meter tjockt. På sandstenen samlades lera, slam och rester från växter och djur som efterhand omvandlades till alunskeer. Alunskeerlagret är 21 meter tjockt på det tjockaste stället. I alunskeerlagret finns kalksten inlagrat i form av mer eller mindre sammanhållna lager. Kalkförekomsten är högre i den övre halvan av alunskeerlagret än den undre.

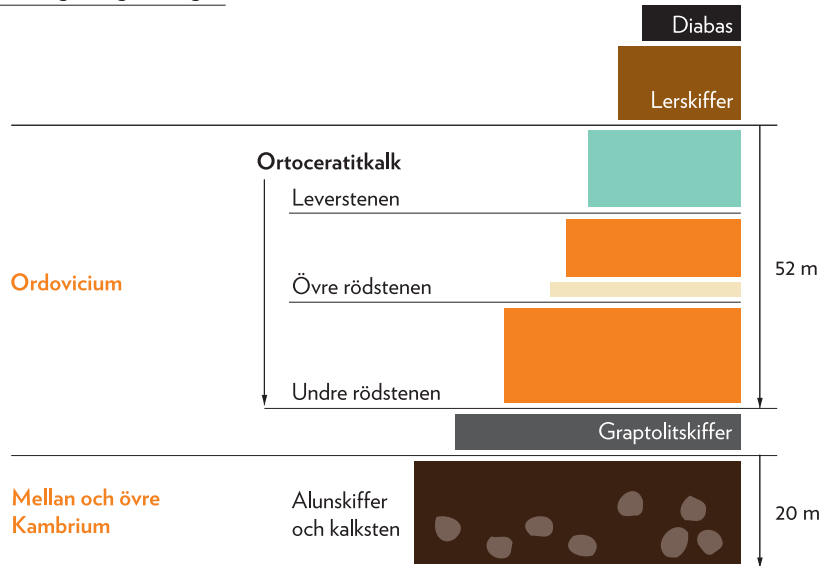
Kinnekulles geologiska lager



Graptolitskiffer, kalkstenslagren, lerskiffer och diabas

Kalkstenslagren vilar på ett lager graptolitskiffer vilken skiljer alunskifferlagret från kalkstenslagren. Ovanpå kalkstens lagren finns ytterligare ett lerskifferlager och överst finns en hätta av diabas

Kinnekulles geologiska lager



Kakeleds stenbrott. Nederst i bilden syns den rekonstruerade kalkugnen.

Övre rödstenslagret ►

Leverstenslagret ►

Undre rödstenslagret ►



BESKRIVNING AV DE KALKSTENSBÄRANDE LAGER I KAKELEDS KALKBROTT SOM ANVÄNTS FÖR FRAMSTÄLLNING AV BINDEMEDEL TILL BRUK

Den gängse sättet att definiera ett bergs geologi är att utgå från den geologiska tidsåldern på en bergart. Här följer en beskrivning som definierar stenarterna ur ett brukarperspektiv. Det är relaterat till olika grupperns nyttjande av berget, till exempel stenhuggare, kalkbrännare och bönder. Olika användningssätt har gett benämningar på stenen som utgår från deras egenskaper inom olika användningsområden i relation till nyttjandet av berget.

Alunskifferlagret

De svenska alunskifferlagret bildades under mellan- och övre kambrium samt undre ordovicium. Kinnekulles alunskifferlager är ca 21 m tjockt och en så kallad brännbar bergart på grund av att den innehåller olja. För att definieras som brännbar bergart skall innehållet av olja uppgå till minst 3 %. Alunskifferns innehåll av olja varierar, men är högre i den yngre delen av alunskiffern (övre kambrium). Förutom oljehaltigt alunskiffer innehåller denna avsättning inlagrade partier av kalksten.

Uppskattningsvis har det brutits kalk i alunskifferlagret under 200 år. Kalkstenen förekommer i mer eller mindre oregelbundet, sammanhållna lager av kalksten med återkommande avbrott och genom inlagrade stycken i form av linser. Den kalk som bröts i kalkbrottet benämndes efter sin lokalitet, sitt utseende och sin utbredning.

Det kan för ett otränat öga vara svårt att skilja de olika kalkstenarna i alunskifferlagret från varandra, speciellt när de är krossade. Men vid bränning framträder skillnaderna tydligare.

I Kakeleds kalkbrott på Kinnekulle bröt man kalk ur alunskifferlagret. I brytväggen finns följande benämningar på bergets material; *alunskiffer*, *orsten* och *linser*. Brytväggen har två huvuddelar. Den undre kallas *tjockaberget* eller *stora orstensbanken* och den övre benämns *påberget*. Över detta ligger ett lager *odlingssten*.

Tjockaberget – Stora orstensbanken

Längst ner i brottet finns tjockaberget (stora orstensbanken). Tjockaberget utgörs av en stor avsättning sammanhängande och oregelbundet bankad kalksten med återkommande avbrott som är inlagrad i skifferlagret. Bankad innebär att den sedimentära kalkstenen håller ihop i mer eller mindre homogena lager.

Brytningen av kalk i alunskifferlagret på Kinnekulle är i huvudsak lokaliserad till den övre delen av lagret, d v s stora orstensbanken upp till marknivån. Orstensbankens mängd av kalk och skifferns halt av olja är bakgrunden till begränsning i brytdjup. Oljan i skiffern utgjorde bränsle i kalkugnen varför halten av olja i skiffern var avgörande för lokaliseringen av kalkbrotten.

Tjockaberget är det lager som innehåller mest kalk. Formen är avrundad och oregelbunden utan tydlig bankning. Färgen är oftast svart eller gråsvart och impregnerad av kolhaltiga ämnen (olja) som när den sönderdelas ger ifrån sig en oangenäm doft som påminner om diesel och krut (den kolhaltiga kalkstenen innehåller inte så höga halter av olja att den

är brännbar). Kalken är hård och massiv utan tydliga klov. När en sten ur tjockaberget klyvs är brottytan mer orolig i strukturen än hos linserna eftersom stenen är metamorf. (Läs om linserna längre fram i det här kapitlet.)

Orsten – linser

Efter tjockaberget följer en avsättning med kalkstenslinser (orsten) och mindre bankar av tjockaberget. Orstenen brukar kallas för linser, då de har en jämn rundad ellipsform, likt en lins. Färgen är oftast svart eller gråsvart och även den här kalkstenen är impregnerad av kolhaltiga ämnen som när den sönderdelas ger ifrån sig en oangenäm doft. Linserna i orstensbanken får en mycket jämn och homogen brottyta när de kluvits. Orstenen är en metamorf kalksten.

Påberget

Ovan detta lager följer påberget. Påberget har en inlagrad kalksten som luktar och liknar både orstenen och tjockabergets sten mycket. Materialet är dock mindre hårt än i tjockaberget och innehåller mer skiffer. Kalkstenen i påberget utgörs i huvudsak av tunnare och mindre oregelbundna bankar av kalksten med återkommande avbrott.

Odlingssten

Alunskifferlagret avslutas med ett tunt, ca 10 cm tjockt, sammanhängande lager av kalksten. Flak av denna kalksten kommer upp vid plöjning av åkrarna och kallas vanligen för odlingssten. Denna kalksten är lätt att skilja från den kalksten som återfinns i alunskifferlagret på grund av sin lokalitet, färg och form. Den här stenen har troligen inte bränts till bindemedel, då förekomsten är så liten.

Kalkstenslagren

Den ordoviciska kalkstenen delas in i tre huvudlager och benämns utifrån färg och lokalitet; *undre-* respektive *övre rödstenslagret* samt *leverstenen*.

Undre och övre rödstenen

Undre rödstenslagret vilar på alunskifferlagret. Den undre rödstenen består av mer eller mindre väl bankad kalksten. Vissa delar är väldigt homogena medan andra är mindre sammansatta dvs inte bearbetningsbara. Här återfinns de flesta stenhuggeribrotten. Troligtvis har man bränt kalkstensresterna från stenhuggerierna. Det finns beskrivet av Linné och på historiska kartor att det har funnits kalkugnar i dessa kalkstenslager. Under 1900-talet har man bränt sten från rödstenslagren till cement.

Leverstenen

Leverstenen är en kalksten som ligger ovanpå rödstenen. Den kan särskiljas eftersom deras färg är olika. Benämningen leversten har nedtecknats av Linné. I forskningsarbetet med Kinnekulles kalkstenslager har den traditionella användningen av leverstenen ännu inte kartlagts.

Inventering kalkförekomst Kinnekulle



Under utvecklingsarbetet har många fältundersökningar utförts på Kinnekulle. Här syns bilder från några av dem. Gärdesgårdens sten består av plocksten från åkern. Variationer av stensorter i åkern avspeglar sig i gärdesgårdens stenmaterial.



Arbete pågår i Kakeleds stenbrott. Foto Lars Magnusson.



Historiska kalkbrott på Kinnekulle

På Kinnekulle har förädling av kalksten en 1000-årig historia. Det har brutits kalk för stenhuggeri, byggnadssten, jordförbättring samt för bränning till kalkbindemedel. På Kinnekulle bröts kalksten till en början småskaligt för både bruksframställning och för stenhuggeriändamål men med hjälp av järnväg och hamn utvecklades kalkindustrin i slutet av 1800-talet och en bit in på 1900-talet till en mer storskalig industri. Det fanns under denna tid ugnar och kalkbrott utmed hela bergskanten. De större ägorna, som exempelvis Blomberg och Råbäck, hade sina egna kalkbrott.

Kalken fraktades både som släckt och bränd kalk. Släckt kalk transporterades i huvudsak med båt. Transporterna skedde via Kinnekulles hamnar och på järnväg.

Fram till 1700-talets slut hade det brutits och bränts kalk för tillverkning av bruk i den ordoviciska lagerföljden. Dessa ugnars antas i huvudsak ha eldats med ved. Bakgrunden till att brytningen av kalk i alunskifferlagret på Kinnekulle började sammanfaller med den vedbrist som uppstod under 1700-talets senare hälft. Kinnekulle var vid den tiden ett landskap utan skog och bristen på ved gjorde att man sökte tillstånd att frakta ved från Värmland, men på denna begäran fick man avslag. Ett alternativ var att frakta kalken över Väneren för att bränna den i Värmland, men det blev för dyrt. En stor del av förtjänsten gick till spillo. Man började istället använda sig av alunskiffer som bränsle. Det var därför naturligt att använda den kalk som fanns inlagrad i alunskiffern. Att bränna med alunskiffer (oljeskiffer) var inget nytt. Alunskiffertraditionen fanns vid Halle- och Hunneberg där endast alunskifferkalken fanns att tillgå.

TRANSPORTER I KALKBROTTET

Kalken transporterades på landgångar med kärror mellan bergväggen och ugnen som låg i brottet. Allteftersom stenen bröts blev avståndet mellan bergväggen och ugnen större. När avståndet mellan bergväggen och ugnen blev för stort passade man under lågsäsong på att bygga en ny ugn intill bergväggen. En ugn användes ungefär tio gånger, därefter byggdes en ny.

HÄLLEKIS CEMENTFABRIKS KALKSTENSBROTT

År 1892 startade Hällekis cementfabrik. Råmaterialet för produktionen var ortoceratit-kalksten från undre och övre rödstenen. Produktionen var i början ganska liten, men ökade kraftigt under 1930-talet.

Den ökande användningen av cement som bindemedel, samt den ökande användningen av konstgödning inom jordbruket, var kanske den mest bidragande orsaken till att kalkbränningsnäringen konkurrerades ut. Detta skedde inte bara på Kinnekulle utan i stort sett överallt där kalkproduktion i fältugnar bedrevs. Den sista produktionsplatsen på Kinnekulle för bränning av kalk till puts- och murbruk var i fältugnarna på Stubbesgården, Husaby socken, 1962. Kalkbrännarens namn var Björk.



Sättning av kalkugn från en järnvägsvagn. Bilden har erhållits av Lars Magnusson.

Bild sid 22: Den rekonstruerade kalkugnen i Kakeleds kalkbrott som aldrig tändes. Bilden är från uppförandet 1994. Foto: Lars Magnusson.

Produktionen av cement vid Hällekis cementfabrik lades ner 1979. Den idag levande kunskapen om användningen av ortoceratitkalksten på Kinnekulle är huvudsakligen kopplad till stenhuggeri och cementproduktion.

KAKELEDS KALKBROTT

Kakeleds kalkbrott, som är beläget på sydvästra Kinnekulle, öppnades på 1890-talet och ägdes av Råbäcks egendom. De sista kalkbrännarna var Erik och Karl Lindvall som drev brottet från 1930- till 1950-talen. Brottet ligger i alunskifferlagret och är cirka sex meter högt.

Kinnekulle kalkbrännarförening

REKONSTRUKTION AV EN TRADITIONELL FÄLTUGN

På 1990-talet bildades föreningen Kinnekulle kalkbrännare. Föreningens syfte var att samla människor som var intresserade av att värna och bevara hantverket och traditionen att bränna kalk på Kinnekulle. 1994 började föreningen bygga en kopia av en kalkugn i Kakeleds kalkbrott. Handledare för detta arbete var Rune Magnusson (f.1919). Han hade haft kalkbränning som binäring till jordbruket och var far till Lars Magnusson, ordförande i Kinnekulle kalkbrännare. Sven Persson (f.1916) var även med och handledde arbetet med att rekonstruera kalkugnen. Ugnen byggdes upp ungefär till hälften. Den har aldrig eldats, eftersom föreningen inte fick tillstånd att tända den, och står därför kvar i Kakeleds kalkbrott.

UGNEN

Den traditionella kalkugnens form har upptecknats av Lars Magnusson efter Rune Magnussons och Sven Perssons beskrivning. Ugnen hade en långsmal form. Innermåtten

Två arbetare framför en kalkugn. Bilden har erhållits av Lars Magnusson.

Nybyggd kalkugn 1932, Lars Magnussons far Rune syns bakifrån på bilden. Bilden har erhållits av Lars Magnusson.





Hällekis cementfabriks
kalkstensbrott.
Foto: Jonny Eriksson.



Enbröstad fältugn från
Uddagården Billingen.
Bilden har tillhandahållits av
Lars Magnusson.

kunde vara mellan ca 6 x 10 meter och ugnens innerväggar upp till 4 m höga. Väggarna konstruerades av olika lager med alunskeer och jord som murades upp. Som yttersta lager skottades alunskeeraska (också kallat rödfyr) upp mot jorden.

Kortändarna på ugnen benämndes bröst. Mellan dessa fanns en öppning, ca 1,5 m bred, för in- och uttransport av material. Efter lastningen av ugnen tommurades öppningen igen. Ugnstypen fanns i två versioner; en enbröstad och en tvåbröstad. Den tvåbröstadade hade ingång från två håll.

Ugnen fylldes med kalksten och alunskeer varvade med varandra i olika tjocka lager för att uppnå så jämn värmefördelning som möjligt i ugnen. Man lade ett tjockare lager av alunskeer i botten och ett tunnare i toppen, med omvänd ordning för kalkstenen. Slutligen täcktes ugnen av ett ca 20 cm tjockt lager finkrossad alunskeeraska.

ARBETET

Arbetsstyrkan var oftast tre man, då det gav balans i arbete och effektivitet. Två man bröt krossade och transporterade fram material till den person som packade ugnen. Den man som packade ugnen ansvarade för att packningen gav bränningen bästa utbyte. Under den första bränningen brann även ugnens väggar och gav ett energitillskott som inte de efterkommande bränningarna hade. Inför andra bränningen utvärderades resultatet och packningen justerades. Vid urtagningen av andra bränningen utvärderades resultatet igen och ytterligare justeringar gjordes för att uppnå ett optimalt resultat.

TÄNDNINGEN

Tändningen av ugnen skedde genom två öppningar i nederkant av ena bröstet. I dessa öppningar eldades det med ved under ca en dag, till dess att alunskeer antändes. Alunskeer brann i hela ugnens höjd med en hastighet av ca 60 cm per dygn. Total brinntid för ugnen var ca 19-22 dygn. Efter ca 7 dagar togs en öppningen upp i det ena bröstet, varpå urlastningen startade. Därefter följde urlastningen i den takt som ugnen brann. Under urlastningen frånskildes alunskeeraskan från den brända kalken. Alunskeeraskan tippades på högar. Den brända kalkstenen transporterades vidare till järnväg och hamnar för försäljning. En ugn gav ca 80 kubik meter bränd kalk.



FAKTA OM RÖDFYR

Bränd alunskeer s k alunskeeraska ser ut som flagor av bränt lertegel. Alunskeeraskan brukar kallas för rödfyr. Det är alltså en slaggprodukt från kalktillverkningen då man använda alunskeeret som bränsle i kalkugnen. Rödfyren har traditionellt använts på flera olika sätt, till exempel som ballast i både bruk och i "tegelstenar" som man gjöt av kalkbruk. Rödfyren ger en karaktäristisk rosaröd färg åt bruket.

BRÄNNING AV KALKSTEN



BRÄNNING AV KALKSTEN

Kalkugnen vid Läckö slott

BAKGRUND

I samband med en utställning vid Läckö slott 1999 byggdes en kalkugn. I ugnen bedrevs experimentell framställning av kalk inför omputsningen av slottsfasaden. Bränningarna i kalkugnen gav många viktiga erfarenheter om att framställa kalkbindemedel ur alunskifferkalken från Kinnekulle. Lärare och elever på Hantverksskolan Dacapo fick möjlighet att delta vid dessa bränningar. Man fick också delta vid brytning av den kalksten som användes vid bränningarna. Ugnen revs 2006.

Kalkugnen byggdes på initiativ av Statens Fastighetsverk (SFV). Lars Magnusson i Kinnekulle kalkbrännarförening hade byggt och bränt kalk i en egen kalkugn på sin tomt i Västerplana. Kalkbindemedel från Magnussons ugn användes till de första provytorna på slottet. Ett samarbete mellan SFV, Ewa Malinowski från Göteborgs universitet och Lars Magnusson utvecklades och pågick under ett antal år. Med tiden kom ett stort intresse att visas för ugnen på Läckö och den blev en viktig drivkraft för arbetet med den lokalproducerade kalken från Kinnekulle.

LÄRDOMAR FRÅN KALKUGNEN VID LÄCKÖ SLOTT

Kalkugnen var en liten så kallad periodisk schaktugn, som eldas och släcks, och rymde cirka 200 liter kalksten. Ugnen hade ett avtagbart tak av stål och lastades ovanifrån. Väggarna och taket var inte försedda med någon isolering. Därför uppstod en mycket hög nedkylning i ugnen under bränningarna och det var svårt att få något drag i ugnen. Det medförde även att värmespridningen i ugnen blev svår att kontrollera. En förugn byggdes och resultatet förbättrades något, men man hade fortfarande problem med stora temperaturskillnader i olika delar av ugnen. Differenserna kunde uppgå till 700 grader. En förugn är en förbränningskammare framför bränningsschaktet, som motverkar att kallluft tar sig in i ugnen.

Bild sid 28: Läckö slott. Fotograf
Christina Persson.



Kalkugnen på Johannesberg, Mariestad

BAKGRUND

I samband med att projektet om putsen på Gillstads kyrka i Linköpings kommun startade 2004 uppstod ett behov av kunna bränna kalk småskaligt på dåvarande Dacapo hantverksskola. Fasaderna skulle undersökas och renoveras med ett kalkbruk som fungerade ihop med de äldre putslagren. Läs om Gillstadsprojektet i bilaga A.

Kalkugnen byggdes vårterminen 2004 som ett examensarbete av Anders Göransson, Knut Steffen Knutsen och Kristina Bergkvist som då var elever på mureriutbildningen. Den uppfördes på bygggården inom Johannesbergsområdet i Mariestad. I ugnen utfördes totalt ungefär 35 bränningar. Förutom kalk till Gillstad kyrka så brändes kalk till Läckö slott och Källstorps gårdskapell.

Inför byggandet av kalkugnen på Dacapo lades mycket arbete ner på att lösa de problem som hade identifierats vid bränningarna i ugnen på Läckö slott.



Kalkugnen på Johannesberg byggdes som ett examensarbete 2004.

TEKNISK INFORMATION

Diameter: Cirka 2 meter
Höjd: Cirka 2,70 meter exkl. skorsten
Kapacitet: Ugnen rymmer cirka 900 liter kalksten
Spill vid bränning: Vid bränning uppstår ca 15-20% spill bestående av exempelvis obränd kalksten, otillräckligt genombränd kalksten eller sten som bränt för hårt, d vs s dödbränd sten.

KALKUGNENS KONSTRUKTION

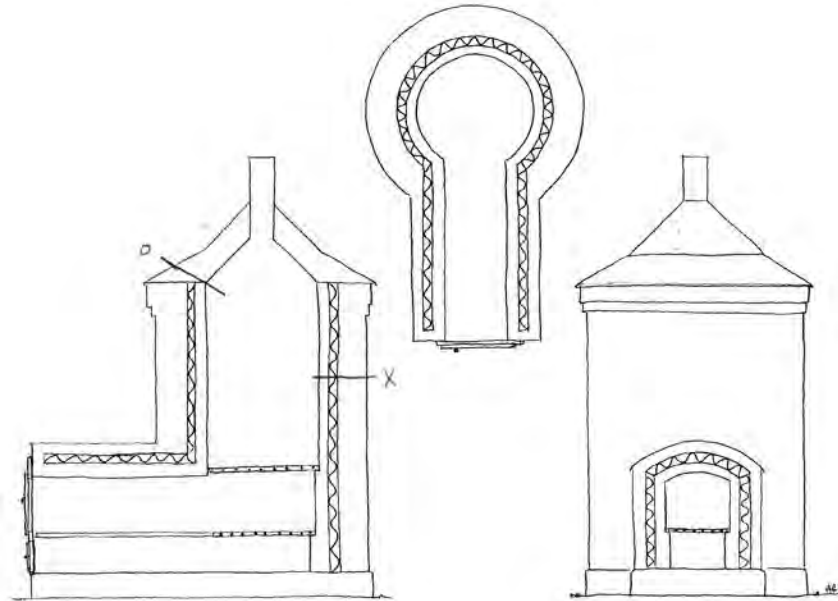
Ugnsbotten står på en gjuten platta med ett lager grus, isolertegel (moler) och eldfast tegel. Ugnen är rund, har en förugn och är uppmurad av tegel. Ugnsväggen består av fasadtegel, två olika typer av isolertegel, mineralull och eldfast tegel. Ugnen har ett löstagbart, isolerat tak av stål och kan därmed lastas ovanifrån. Kalkstenen vilar inne i ugnen på ett roster av gjutjärn. Förugnen har en passage mellan förugnen och den stora ugnen som gör att eldningskanalen smalnar av. Avsmalningen kallas en förträngning.

ARBETSMOMENT VID BRÄNNING AV UGNEN PÅ JOHANNESBERG

Packning

Principen vid packning är att lägga stora stenar i botten och mindre stenar högre upp i ugnen. Man behöver vid varje bränning ta hänsyn till vilken typ av kalksten som ska brännas. Till exempel kräver kalkstenen från *påberget* mycket värme och placeras därför där det blir varmast d.v.s i botten på ugnen. *Linserna* från alunskifferlagret placeras i stället högst upp i ugnen, där det inte blir lika varmt.

Bild sid 30. Den runda kalkugnen har ett löstagbart, isolerat tak av stål och lastas från ovasidan.



Bränning

Ugnen eldades med ved enligt följande princip. Veden staplades upp innanför luckorna så att den fyllde hela luckans öppning. Veden förvärmades på så sätt och antändes i förugnen. Även luften förvärmades och fördelades genom vedstapeln in i schaktet. Båda dessa förvärmningar gjorde att temperaturen blev högre och jämnare i hela ugnen och att snabba temperaturras i ugnsschaktet minskades vid vedinläggningen. Det var något man hade haft problem med i ugnen på Läckö. När veden lagts in i ugnen så fick den brinna ca 10-15 min varpå den skjutsades en bit längre in i förugnen och ny ved fylldes på i öppningen. Det glödande kolet sköts sedan successivt fram i förbrännningen så att den täckte ca 50 % av öppningen. På så vis eldades ugnen i flera steg och motverkade att tilluften kylde ugnen.

En bränning tar ca 75 timmar och värmutvecklingen i ugnen följs kontinuerligt via två mätsonder, en placerad i mitten av ugnen och en i toppen. Temperaturobservationerna ritas in som grafer i ett diagram. I diagrammet finns en tänkt ideal, temperaturkurva att förhålla sig till vid eldningen. Man ska helst ligga precis ovanför kurvan vilket kan vara svårt då det är ca 5-6 timmars fördröjning mellan vedinlägg och en observerbar temperaturökning i ugnen. Det är en av faktorerna som gör dokumentationen väldigt viktig.

Eldning

Eldningen genomgår ett antal faser. Den första är torkeldningen som pågår ca 3-4 timmar. Då avgår det ytbundna vattnet, dvs vattnet på ytan och i stenens öppna porer. Vid torkeldningen vill man komma upp till 100 grader men inte över 125 grader. Det innebär att man eldar ganska försiktigt då man inte vill ha en temperaturstegring under dessa timmar. Därefter börjar man elda för en något snabbare temperaturstigning. Under den här perio-

den avgår det bundna vatten som också finns i stenen. Om vattnet tvingas ut ur stenen för fort så kan stenen explodera, då vattnet i stenen expanderar för fort. Detta liknar Carl von Linné vid ett kanonskott. I värsta fall så kan en ugn rämna i detta skede.

När denna bränningsfas är över är ugnen uppe i ca 600-700 grader. Vid den temperaturen börjar koldioxiden i stenen avgå. Det ser man genom att mätsondernas temperaturkurvor efter 600 grader inte längre följer varandra som tidigare. Det beror på att koldioxidavgången skapar en dämpad temperaturstegring i ugnen.

Hur länge man ska fortsätta att elda beror på hur ugnen reagerar. När koldioxiden har avgått så ökar topptemperaturen och kurvorna börjar att följa varandra igen. När det sker är bränningen klar. Man slutar elda och låter ugnen kallna. Det är en fördröjning på värmeutvecklingen så här är det viktigt att vara observant på kurvorna och sluta att lägga in ved för ofta eller för mycket innan kurvorna har gått ihop. Man vill heller inte komma över en bränningstemperatur på ca 990 grader. Något som visat sig ha stor påverkan på bränningens längd är hur torr veden är.

När det brändes kalk på Johannesberg så var både lärare och elever från skolan med och brände ugnen. Då flera personer på så sätt fick inblick i processen uppstod många frågor som hjälpte till att utveckla bränningsförfarandet. Vid varje bränning fördes protokoll över temperaturkurvan som ritades in i ett diagram. Även en dokumentation av vedinmatningen fördes in i en tabell samt en dokumentation av hur stenstorleken vid packningen sett ut. Slutsatser drogs av resultaten efter varje bränning och med hjälp av detta justerades idealkurvan och packningen inför kommande bränningar.

Den här typen av dokumentation gjordes från den första bränningen i ugnen. Det var utifrån dessa utvärderingar som man kom fram till att ugnen var för hög i relation till diametern vilket gjorde att skorstenseffekten blev för stor och därmed temperaturdifferensen i ugnen.

Urlastning

Efter att kalkugnen fått svalna i några dygn lyftes taket av med hjälp av en lyftkran. Den brända kalkstenen lastades ur för hand och förpackades i plåtfat med tätslutande lock.

OBSERVATIONER

- Kalken blev ojämnt bränd. Vissa kalkstenar blev för hårt brända, medan andra inte blev genombrända.
- Spillet av kalksten var ganska stort, ca 15-20%. Det kom främst från den övre delen av ugnen.
- Det var svårt att få en jämn temperatur i ugnen. För att kunna bränna flera typer av kalksten så behövde en temperatur på max 1 000 grader hållas. Problemet var att det då inte gick att få upp tillräckligt hög temperatur på toppen och samtidigt ligga på omkring 900-1 000 grader i övriga ugnen. För att komma upp till 750 grader på toppen låg temperaturen på ungefär 1 050 grader i den övriga ugnen.



En kalksten som har bränts i ugnen på Johannesberg.

- Rostren blev uttjänta vid varje bränning. Det hände också att rostren smälte, då hade temperaturen varit uppe i ca 1200 grader som är smältgräns för materialet i rostren.

TROLIGA ORSAKER TILL DEN OJÄMNA BRÄNNINGEN

Förugnen

Jämfört med ugnen på Läckö så gjorde förträngningen i förugnen att temperaturvariationerna i ugnen minskade under vedinmatningen. Veden förbrändes bättre när temperaturen blev jämnare i hela förugnen. Åtgärden var dock inte tillräcklig.

Ugnens höjd

Ugnens relation mellan höjd och bredd gjorde det svårt att styra temperaturen. Ju högre en ugn blir, desto svårare blir det att upprätthålla samma temperatur i hela ugnen. Det förefaller som att kalkstenen över 1,40 meters höjd var svår att få genombränd utan att stenen samtidigt blev för hårt bränd i botten av kalkugnen.

Packningen

Packningen och storleken på stenarna påverkade värmefördelningen i ugnen. Genom att anpassa storleksfördelningen gick det att få en jämnare temperatur. Vid de första bränningarna som gjordes på Johannesberg uppstod en paradox. När ugnen packades strävade man efter att placera allt mindre stenar på toppen för att undvika det stora spill som uppstod när de inte blev genombrända. Det visade sig att när man provade med större stenar på toppen möjliggjordes ett högre värmeflöde i ugnen och temperaturen blev mycket jämnare. Förmodligen gav alla småstenar ett luftmotstånd för flödet av gaser genom ugnen, varför värme inte steg upp genom ugnen.

Man provade att lägga olika typer av isolering på toppen av kalkstenen för att komma tillrätta med värmefördelningen. Det visade sig bromsa värmeflödet för mycket. Olika placeringar av isoleringen gav olika resultat.

Längst ned i kalkugnen finns ett roster av gjutjärn.

Den övre delen av kalkugnens insida isolerades med isoleringsmatta.





SLUTSATSER

I ugnen bör värmespridningen vara så jämn som möjligt för att all kalksten ska bli genombränd. Efter mycket laborerande med packningen drogs slutsatsen att värmefördelningen i ugnen blev bättre när storleken på stenarna som lades på toppen ökades något.

Kalkugns proportioner var inte optimala. Ugnen bör inte vara över 1,40 meter hög i förhållande till den diameter ugnen har om man vill hålla 8-900 grader i hela ugnen. Diametern kan troligen ökas med bättre värmefördelning som resultat. Förugnen bör vara längre och ha en ännu smalare förträngning för att bränningen ska bli så effektiv som möjligt.

Storleksfördelningen av stenen i ugnen visas här ovan. Närmast rostret i botten finns större stenar, och sedan allt mindre stenar närmare ugnens topp. Genom att laborera med olika storlekar på småstenar på toppen så påverkade man värmespridningen i ugnen.

Siffrorna anger djupet från övre kanten på den öppna ugnen för att underlätta packningen. På så sätt har de olika lagrens tjocklek dokumenterats. X och O anger mätsondernas placering i djupled. X är placerad i ugnens bakkant och är borrad genom ugnens bakkvägg. O ligger över toppens framkant fastklämd med taket.

Man experimenterade med isoleringsmatta nära toppen. Den illustreras här som en streckpunktlinje.



Kalkugnen på Leverstads industriområde, Mariestad

BAKGRUND

På initiativ av Statens fastighetsverk byggdes en ny, större kalkugn under slutet av 2008 för bränningar av kalk till Läckö slott. Erfarenheterna från kalkbränningarna i kalkugnen på Johannesberg låg till grund för den nya ugnens utformning och framtagning av nya arbetsmetoder. Resultatet blev en bränningsstation med en ny ugn, placerad på kommunens område vid tekniska kontoret på Förrådsgatan i Mariestad.

BRÄNNINGSSTATIONEN

På bränningsstationen finns en arbetsbod, en gjuten betongplatta som kalkugnen är placerad på och en byggställning uppbyggd runt kalkugnen. Det finns också plats för upplag av kalksten och ved. Arbetsboden används som kontroll- och arbetsrum. Verktyg och annat material som tillhör ugnen finns också i boden. Byggställningen fungerar som en arbetsyta och som upplag för material. Ställningen är cirka 7 x 5 meter och ca 3 meter hög.

TEKNISK INFORMATION

Diameter:	Cirka 3 meter
Höjd:	Cirka 4,5 meter exkl. skorsten
Kapacitet:	Ugnen rymmer cirka 4,2 kubikmeter kalksten
Spill:	Ungefär 60-70 liter, d v s 1,5-2% av innehållet. Spillet består av obränd kalksten och otillräckligt genombränd kalksten.

KALKUGNENS KONSTRUKTION

När man skulle bygga den nya och större kalkugnen utreddes frågan om den skulle ha en kvadratisk grundform, vilket många traditionellt har haft enligt uppteckningar, eller om den skulle vara rund som sina föregångare. Utgångspunkten var att man skulle bygga så okomplicerat och till så låg kostnad som möjligt. Det skulle dessutom vara lätt att underhålla och byta delar på ugnen när de blev utslitna. Den beräknade skillnaden i kostnad var dock försumbar om man byggde ugnen kvadratisk eller rund. Därför kom också den nya ugnen att byggas rund, då formen har bättre värmespridningsegenskaper (se ritning i bilaga E).

Kalkugnen på Johannesberg har en förugn med en förbränningskammare. Den nya ugnen konstruerades med två förbränningskamrar. Det gör att man kan bränna mer ved och därmed få en större värmeavgivningsyta till den nya ugnens större diameter.

Ugnen är ca 3 meter i diameter och står på ett gjutet fundament. Väggarna är ca 2,7 meter höga och uppförda i eldfast tegel innanför en yttre form av stål. Taket består av

Bild sid 36. Den nya kalkugnen på Leverstads industriområde byggdes 2008.



Den yttre konstruktionen är av stål och innanmätet av tegel. Här syns även en av de tre mätsonderna.

Inför packningen har pallar med kalksten placerats på ställningen invid ugnen.

en isolerad stålhus. Även taket på denna ugn är avtagbart och den lastas således ovanifrån som sina föregångare. Det är en periodisk ugn, det vill säga, den lastas, bränns och lastas ur. Ugnen har en förugn med två brännkammare och ugnsluckor med tilluftsöppningar. Mellan kamrarna och brännzonen finns två förträngningar som är ca 50 cm långa, ca 25 cm breda och ca 30 cm höga. I ugnen ligger roster av värmehållfast stål som håller kalkstenen på plats under bränning. Ugnens är konstruerad och av Höganäs AB i samarbete med Jonny Eriksson. Ugnens yttre stålform och rostren är tillverkade av Svetsbolaget i Mariestad och den eldfasta infodringen av företaget Megamet AB med arbetsledare Dag Wibom.

ARBETSMOMENT VID BRÄNNING

Packning

Inför inlastningen i ugnen lyfts pallar med kalksten i de olika fraktionerna upp på ställningen. Vid packningen tas hänsyn till vilken typ av kalksten som ska brännas och vilka fraktioner kalkstenarna har. Ugnen packas för hand. De största stenarna läggs på rostren i botten och sedan fylls ugnen på med de mindre fraktionerna. Den största fraktionen är 35-45 cm och den minsta är 10-15 cm. När ugnen är packad läggs en isoleringsmatta av aluminiumsilikat ovanpå stenen och utmed ugnskanten. Isoleringen ligger på tegelstenar som har lagts ut på kalkstenarna på toppen i ugnen, så att luften kan cirkulera under. Detta är en förbättring som gjorts, för att få värmeflödet och värmefördelningen bättre i ugnen.

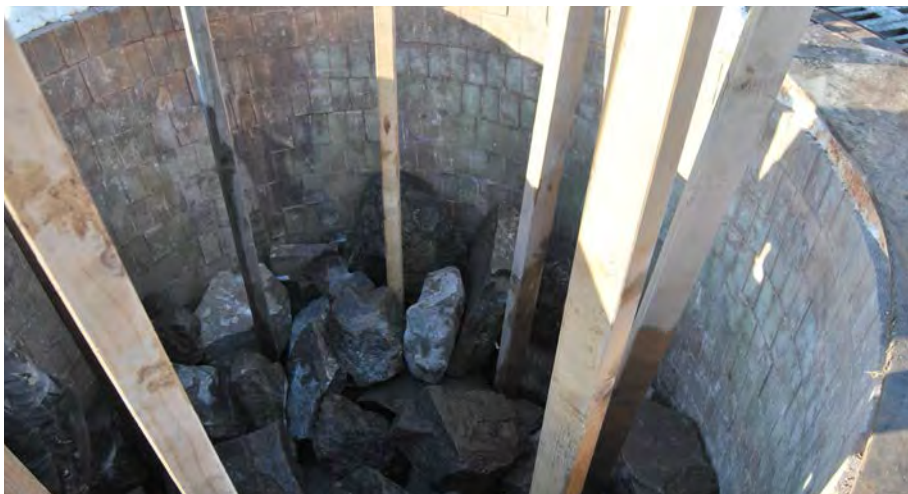




Schaktet i ugnen sett ovanifrån. I botten syns rostren som kalkstenen packas på.



Tegelstenar placeras emot eldstaden som en värmesköld för att inte få för hög värmebelastning just där.



Dragstockar av trä som brinner upp när ugnen blir varm placeras ut i ugnen under packningen. Hållrummen skapar sedan kanaler för att öka värmegenomströmning mellan stenarna.

Dragstockarna hjälper också till vid torkeldningen eftersom draget inte blir för stort från början i ugnen då dragstockarna ännu inte brunnit upp.

Här syns en mätsond som placeras i ugnen under packningen.



Olika kalkstenar har märkts med hjälp av en vinkelslip beroende på sort. På så sätt kan de sorteras efter bränningen.

När man bränner olika typer av kalksten tillsammans är det framförallt i undersökande syfte. Bränner man för bindemedelsproduktion bör man inte ha mer än en stensort i ugnen åt gången. På så sätt minskar man risken för att påverka kalkens egenskaper.





När packningen kommer upp mot toppen på ugnen så kapas dragstockarna och vinklas in mot mitten med kortare träbitar. På bilden nedan kan man ana dem.



Distanser av tegel läggs på de översta stenarna för att skapa luftströmmar under insoleringsmattan.



Mellan huven och ugnskanten läggs en isoleringsmatta som fungerar som packning under takhuven. Isolering sitter även fäst på undersidan av skorstenshuven.

Bränning

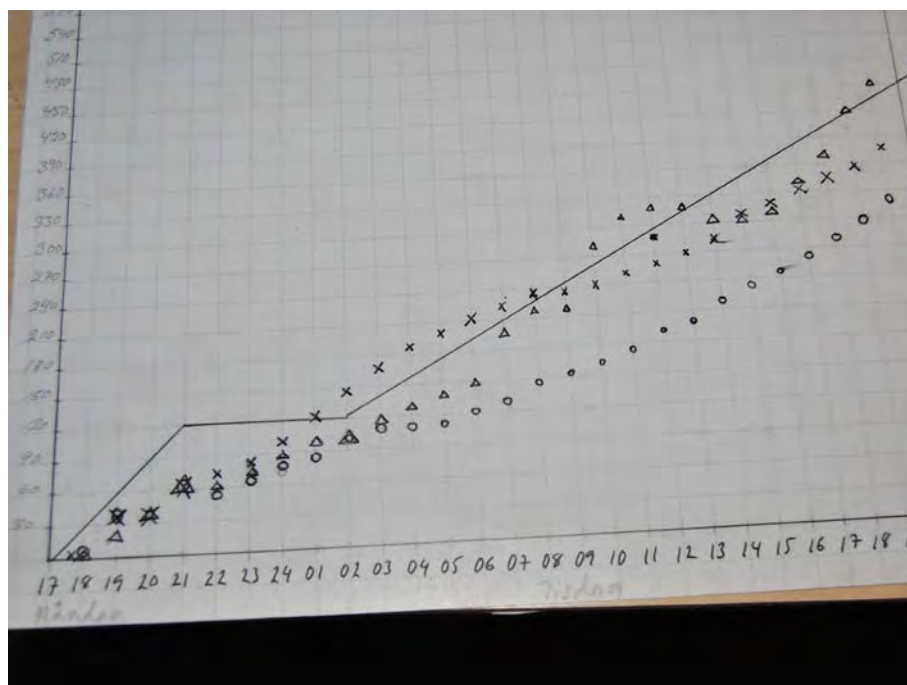
Veden staplas upp innanför luckorna till de två förugnarna så att den fyller hela luckans öppning och antänds. Luften förvärms samt fördelas jämt in i förugnen genom att den passerar den brinnande vedstapeln. Veden får brinna ca 10-15 min varpå den skjuts in i förugnen och ny ved fylls på i öppningen. Båda förugnarna matas på med ved samtidigt. Det glödande kolet skjuts successivt fram i förträngningen så den täcker ca 50 % av öppningen. På så sätt eldas ugnen i flera steg och tilluften kyler inte ugnen. Temperaturen blir som högst när gaserna når brännzonen i förträngningen i anslutning till ugnen. Innanför brännzonen ligger rostren med kalkstenen. Det är viktigt att avläsa temperaturen i ugnen och ladda med en vedmängd som underhåller elden och styr temperaturen i önskvärd riktning.

I ugnen finns 8 st dragstockar placerade, ungefär 40 centimeter från kanten med 40-50 centimeters mellanrum. De fungerar som värmefördelare i ugnen.

Ugnstemperaturen mäts med tre sonder. De är placerade i botten, mitten och på toppen av ugnen. Sönderna avläses med digitala instrument, vilka är placerade i arbetsboden. Mätvärdena antecknas kontinuerligt i ett diagram för att ha koll på temperaturstegringen. På så sätt kan man följa värmeutvecklingen i ugnen.

Under bränningen driver man temperaturen upp till max ca 960-970 grader i botten av ugnen. Det är då kärnan i de största stenarna kyler dem något från insidan, när de avger koldioxid. Hade det i botten legat mindre stenar så hade de blivit överhettade i den tem-

Mätvärden är noterade varje
heltimme från tre mätsonder.



peraturen. När ugnen eldas blir den först varmare på toppen än i botten. Förklaringen är att de stora stenarna inte har samma gemensamma yta som kan ta upp värme i jämförelse med småstenarna. Mycket av värmen passerar därmed förbi de stora stenarna och släpps iväg uppåt i ugnen. Efter halva bränningsprocessen blir det istället varmare i botten av ugnen, då de stora stenarna har hunnit värmas upp. Temperaturskillnaden mellan botten och toppen är som mest ca 150 grader. Därefter jämnas värmen ut till att ligga på ungefär på 50-70 graders skillnad.

Om ugnen packas helt full och bränningen går bra, så blir spillet av material ungefär 60-70 liter. Färg, vikt och utseende avslöjar spillet vid urlastningen. Det kan bestå av alunskiffer, obränd kalksten och otillräckligt genombränd kalksten. I den sista bränningen som utfördes 2010 var spillet endast 25 liter brända stenar. Förbättringen beror på att ugnen fått bli lite varmare, den har fått en liten knuff. Det gör man på slutet av temperaturstegringen, när större delen efter det att koldioxiden har avgått från stenen, d v s när man kommit upp i 750 grader. Att koldioxiden avgått indikeras av att vedåtgången minskar, något som sker under slutet av bränningen. Botten, mitten och toppenkurvan följer återigen varandra. Temperaturen hålls dock under 960 grader i botten av ugnen för att inte riskera att bränna kalkstenen för hårt, med minskad reaktivitet som följd.



I förugnarna staplas veden upp innanför luckorna där den får brinna 10-15 min innan den skjuts längre in i förugnen.

Den brända stenen i ugnen är klar för urlastning.



Den avsväljande ugnen kopplas till en sugfläkt som gör att urlastningen inte dammar för mycket.



Urlastning

Efter att kalkugnen fått svalna i några dygn lyfts skorstenshuven av med hjälp av en maskin. När ugnen öppnas ligger temperaturen strax under 300 grader. En sugande fläkt kopplas till förugnen. Detta minimerar kalkdammet i luften. Fläkten hjälper även till att kyla stenen då den suger ner svalluft genom kalken. Avsvalningen tar ca 20 min. Den brända kalkstenen plockas därefter ur för hand.

På ställningen står tunnor som den brända kalkstenen sorteras i. Därefter stjälpas den brända kalkstenen upp på ett arbetsbord och delas i mindre bitar innan den släpps ner via rännor till tunnor som är placerade på betongplattan nedanför ställningen.

OBSERVATIONER

- Förträngningen i förugnen är förmodligen för kort och för bred för att ge en optimal förbränning. Den bör förlängas något och smalnas av in mot ugnen för att få en effektivare förbränning.
- Luckorna med ventiler är idag av en enkel plåt vilket gör att uteluften sugas in i ugnen. Ugnens tilluft bör spridas för en förbättrad förvärmning. Därför bör luckorna förses med en perforerad plåt på insidan, så att luften fördelas långsammare in i förugnen och därmed kan värmas upp bättre.
- En förbättrad kunskap om hur isoleringsmattan på toppen ska placeras har gjort att värmen sprids bättre på toppen. Därigenom har man fått jämnare temperatur i hela ugnen, och bättre genombränd sten på toppen, vilket har minskat spillet avsevärt.

SLUTSATSER

Bränningsprocessen kan förbättras ytterligare med hjälp av en bättre konstruktion av förugnen och luckorna



Efterbearbetning av den brända kalkstenen

STENARNA HUGGS TILL MINDRE BITAR

Arbetet med att hugga kalkstenen till mindre bitar inför släckningen utförs på ett bord placerat uppe på ställningen bredvid kalkugnen. Bordet har en skiva av fyra millimeter tjock stålplåt och är 1,2 x 2,5 meter. Runt bordet finns en sarg av trä och en framskjutande del i vinkel med ett upptaget hål. I hålet sitter en ränna som leder ner till ett 100-liters plåtfat placerat under ställningen.

Stenarna delas med en liten murhammare som har en vassad bakände. Flera personer kan arbeta samtidigt med att dela kalkstenen. Den delade kalkstenen skjuts ner i rännan och fyller på plåtfatet som sedan försluts med plastfolie och en låsring. En bränning i kalkugnen ger ca 40 fat med delad kalksten färdig för släckning. Två personer fyller ca 40 st 100-litersfat på en arbetsdag. Arbetet fördelas bäst genom att en person lastar ur ugnen och en, eller flera, delar på stenarna. Ytterligare en person paketerar faten för vidare transport.

Under arbetet med den brända kalkstenen är det viktigt att använda bra skyddsutrustning då stenen och dammet är väldigt frätande. Tätslutande glasögon och mask med dammfilter är absolut nödvändigt.

UTVÄRDERINGAR

Löpande under utvecklingsarbetet sker utvärderingar av de förändringar som sker. Bland annat har dragstockarnas verkan och isoleringens betydelse på toppen av ugnen analyserats.



Exempel på brända stenar från bränningen.



När den brända stenen huggits till mindre fraktioner släpps den ner i plåtfat under ställningen.

Bild sid 46. Arbetsbord för sönderdelning av den brända kalkstenen. Arbetet utförs i direkt anslutning till kalkugnen.

SLÄCKNING AV BRÄND KALKSTEN



SLÄCKNING AV BRÄND KALKSTEN

BAKGRUND

Efter det att kalkstenen bränts så behöver den släckas för att kunna användas som bindemedel. Olika metoder för släckning har provats fram allt sedan den första kalkugnen byggdes på Johannesberg. Här följer två beskrivningar av släckningsmetoderna för kalksten från Kinnekulle. Metoderna har även prövats på andra kalker med bra resultat, bland annat på hårdbränd industrikalk från Köping samt hydraulisk kalksten från Jämtland och Västergötland. Släckningarna har utförts på Johannesbergsområdets murgård i Mariestad.

GRUNDPRINCIPERNA FÖR SLÄCKNING AV BRÄND KALK

Fyra huvudprinciper har identifierats som avgörande för att få en så effektiv och högkvalitativ släckningsmetod som möjligt. Den första principen är att det går åt mer energi att starta en kemisk reaktion än vad det går åt att upprätthålla den. Den andra är att den kemiska reaktionens intensitet står i relation till sönderdelningen av materialet. Den tredje är att kalkstenens porsystem ska fyllas med vatten i hela sitt tvärsnitt innan värmeutvecklingen blir för stor och den fjärde principen är att varje stens värmeutveckling får hjälp av intilliggande stens värmeutveckling. Utifrån dessa fyra förutsättningar har följande resonemang utvecklats och utgör grunden för ställningstagandet om hur kalk ska våt- och torrläckas. Metoden används på samtliga de projekt där Göteborgs Universitet har tillhandahållit bindemedel från hantverksutbildningen i Mariestad.

Våtsläckning

Vid våtsläckning läggs den brända kalkstenen i vatten som omsluter den brända kalken. Den kemiska reaktionen gör att vattnet hettas upp och börjar självcirkulera runt kalkstenen. Det medför att nytt kallare vatten transporteras fram till kalkstenens yta vilket kyler reaktionen och därmed motverkar värmeutvecklingen/reaktionens intensitet. Vid detta förfarande är alltså mängden vatten och dess temperatur avgörande för reaktionshastigheten vid släckningen.

För att få så liten kylning som möjligt används en avstämd mängd varmt vatten i släckningskaret. För att motverka att stens värmeutveckling hindrar vattnet från att tränga in i kalkstenens porsystem vid användning av varmvatten doppas först kalken i kallt vatten under så lång tid som åtgår för att väta kalkens porsystem med vatten i hela kalkstenens tvärsnitt. När detta är gjort slås kalken i ett kärl med varmt vatten. Doppningen förhindrar att torrkok uppstår, d.v.s. att sammanbakningar av osläckt kalk finns kvar när kalkreaktionen slutat.

När kalken reagerar med varmvattnet värmer reaktionen det ytterligare. Vid reaktionen sönderdelar kalken sig i allt mindre partiklar och blottar nya ytor som tidigare inte har varit i kontakt med vatten. Dessa reagerar på nytt när de kommer i kontakt med hetvattnet. Efter principen att var stens värmeutveckling skall få hjälp av intelligande stens värmeutveckling krävs att kalkstenen hålls väl samlad varför storleken på karet är viktigt i förhållande till hur stor sats som släcks. Karets storlek står även i relation till vattenmängden eftersom släckningsvattnet precis bör täcka kalkstenen. Vid släckning enligt denna metod uppnås en snabbt accelererande värmeutveckling/ reaktion vilket inte är fallet om vattnet tillsätts undan för undan eller om mängden vatten är för stor och för kall. Inte heller ska man röra i kalken då det har en kylande effekt.

Torrsläckning

Vid torrsläckning används precis så mycket vatten som krävs för att genom reaktionen omvandla kalciumoxid (bränd kalk) till kalciumhydroxid (släckt kalk). Resultatet är ett torrt pulver. Det går inte att säga exakt hur stor vattenmängd som behövs i relation till kalkstenens vikt. Följande experiment ligger till grund för ställningstagandet om hur torrsläckning bäst utförs. En jämförande studie gjordes genom att doppa två baskorgar som innehöll samma mängd bränd kalk under lika lång tid i ett kar med vatten. Stenen i den första korgen hälldes ut på ett såll i fria luften. Den andra baskorgen placerades i ett kärl med lock. Då uppnåddes två olika resultat. På sållet avgick värme och vattenånga upp i luften under reaktionen. Resultatet blev ett pulver blandat med stycken av kalk som inte var släckta. Vid släckningen i tunnan avgick inte värme och vattenånga initialt utan hölls inom kärlet och bildade en atmosfär av het vattenånga som motverkade en avkylning av reaktionen. Under reaktionen sönderdelar sig kalken i mindre partiklar och blottar nya ytor av kalken som inte reagerar direkt med vattnet. Dessa ytor reagerar nu med den heta ångan. Reaktionen underlättas av att kalkstenen hålls väl samlad i baskorgen efter samma princip som vid våtsläckningen.

Den stora skillnaden mellan dessa metoder är att vid släckningen på såll motverkar värmeutvecklingen släckningen eftersom den bidrar till att kalken fräntas sin reaktionskomponent vatten genom torkning då vattnet avgår till luften i form av vattenånga. Samma sak händer med den värmeenergi som utvecklas. Reaktionen kyls och sönderdelningen blir ofullständig. Vid släckning i slutet kärl återanvänds vattnet i form av het vattenånga och värmen hjälper till att underhålla reaktionen. Torrsläckning efter denna princip ger en snabb och accelererande reaktion/ värmeutveckling med en god sönderdelning av kalken. Genom att placera tyngder på locket ökas intensiteten ytterligare.

Stenens storlek och vattenupptagningsförmåga

Storleken på stenen och vatteninträngningen i stenen är avgörande för resultatet av släckningen. Är stenarna för stora så hinner inte vattnet sugas in i hela stenens tvärsnitt innan de delar av den brända kalkstenen som sugit åt sig vatten börjar reagera. Reaktionen motverkar vatteninträngningen, resultatet blir en osläckt kärna i mitten av stenen. Därför är det viktigt att stenarna som krossas vid urlastningen av ugnen får samma storlek.

Den brända kalkstenen innehåller en bestämd mängd energi (ungefär som ett batteri). Energimängden skall nyttjas maximalt vid släckningsförfarandet. Det gör att om man håller baskorgen för länge i doppningsfatets kalla vatten så kommer kalkstenen att reagera med



vattnet och en del av energin gå åt till att värma det kalla vattnet. Följden blir att reaktionen i släckningsfatet blir lägre med sämre sönderfall som resultat. Doppningen i kallvatten har därför endast till uppgift att fylla kalkstens porsystem med vatten, inte att släcka stenen. Nedan redovisade provningsmetod har till uppgift att ta reda på hur många sekunder stenen behöver doppas i kallvatten vid torr- respektive våtsläckning för att fylla porsystemet med vatten. Olika typer av kalksten tar upp vatten med olika hastighet. En hårdbränd kalksten tar exempelvis upp vatten långsammare än en lösbränd. Man bör prova sig fram till med vilken hastighet varje stensort tar upp vatten samt minska storleken om den är väldigt reaktiv.

Prov av stenens vattenupptagning vid torrsläckning och våtsläckning

Vid provtagning av kalksten som skall torrsläckas doppas kalkstenen ett antal sekunder i kallt vatten. Därefter delar man den för att se om den är genomfuktad. Om den inte är genomfuktad, så tar man en ny sten med samma storlek och doppar den ytterligare några sekunder. Därefter undersöks resultatet på samma sätt. Den tid som går åt för att fukta stenen in till sin kärna är den tid som skall förflyta vid doppningen. För att kompensera för olikheter i stenarnas storlek läggs ytterligare ca 5 sekunder på. Provtagning vid våtsläckning går till på samma sätt. Skillnaden är att vid torrsläckning bör stenarna vara något mindre, ca 4-5 cm än vid våtsläckning då de kan vara ca 5-7 cm. Vid våtsläckning så är det inte lika viktigt att all sten blir helt genomfuktad till kärnan då släckningen sker med ett överskott på vatten vilket gör att den har tillgång till vatten för sin reaktion. Men man får inte slarva eftersom dåligt fuktad sten kan ge upphov till sammanbakningar av osläckt kalk (torrkok).

Till vänster: Storleken på de brända stenarna är avgörande för släckningsresultatet.

Till höger: Vid släckningen av denna sten fanns en obränd kärna i mitten kvar.



Våtsläckning

BESKRIVNING AV ARBETSPLATSEN FÖR VÅTSLÄCKNING

Material och verktyg

Till släckningen behövs släckningsfat, vattentunnor, varmvatten, doppningskorgar, en bil med kran för att lyfta på och av taket, planblandare samt en sållningslåda.

Släckningstationen

Släckningsstationen består av två rader med 100-liters plåtfat med tillhörande lock, totalt 12 stycken i varje rad. Uppställningen av släckningsfaten i rader gör att släckningen kan utföras mer rationellt, t ex kan ett fyllas med vatten och kalksten under tiden som ett annat fat släcker sig. Faten är placerade på europallar. På utsidan av raderna står några vattenfyllda tunnor som den brända kalkstenen ska doppas i.

Plåtring i släckningsfaten

Vid det förberedande arbetet släpps en 50 cm hög plåtring ner i släckningsfaten. Ringen spänner ut sig mot fatens insida. Plåtringen gör det lättare att få ur den släckta kalken ur faten vid upparbetningen. När fatet vänds upp och ner så glider ringen och innehållet ur. I annat fall skulle kalken få grävas ur tunnan, vilket skulle vara mycket tidsödande och arbetskrävande.

Fat för hetvatten

Hett vatten till släckningen förvaras i flera plastfat, vilka tillsammans rymmer 1,3 kubikmeter vatten. I plastfaten finns doppvärmare med termostater installerade. De är inställda på 80° C och runt doppvärmarna sitter spirorör som gör att vattnet cirkulerar och håller en jämn temperatur. Plastfaten är isolerade på utsidan med betongtäckmatta för att värmen ska bibehållas.



Till vänster: Upparbetningsstationen med två 250-liters tvångsblandare. Framför dem syns sållet.

Till höger: Upparbetningsstationen med två 250-liters tvångsblandare sedd uppifrån ställningen.

Bild sid 54: Släckningsstationen med tunnor uppställda i två rader och med varmvattenfat på var sida.

Tyngder

På släckningsfatets lock läggs tyngder i form av några lättklinkerblock, ungefär 50 kg. Tyngden läggs på för att locken inte ska ramla av då övertryck uppstår i faten vid den kemiska reaktionen. Utan lock skulle dessutom värme gå till spillo och göra släckningsprocessen mindre effektiv. Locket gör också att kalk inte stänker ur fatet. En del ånga pyser dock ut mellan fatet och locket och ett dimmoln bildas. Locket får aldrig spännas fast, då ett kraftigt övertryck skulle uppstå som kan spränga fatet med kalk!

Upparbetningsstationen

Arbetsstationen för upparbetning av den släckta kalken är uppbyggd med två stycken 250-liters planblandare placerade bredvid varandra, jämte en byggställning. Blandarna är försedda med huvar och kan endast startas från marknivå. Uppe på ställningen är en arbetsplattform byggd med samma arbetsnivå som blandarnas ovankanter.

Sållet

Sållet är en trälåda med ett galler i botten. Det är placerat i anslutning till planblandarens tömningslucka och kan flyttas mellan de båda blandarna. Under sållet står ett 100-liters plåtfat i vilket det färdiga bindemedlet paketeras för fortsatt förvaring.

VÅTSLÄCKNING AV BRÄND KALK

Doppning

Korgarna fylls helt med bränd kalksten och doppas i en vattentunna under ca 25 sekunder, därefter får överskottsvattnet rinna av.

Släckningsprocessen

Plåtringen placeras i det första släckningsfatet och 18 liter, 80 gradigt vattnet, tappats upp just innan kalken läggs i, för att så lite värme som möjligt ska gå till spillo. Korgen med den doppade stenen töms ner i släckningsfatet. Kalkstenen ska precis bli täckt med vattnet. Så fort kalkstenen är tömd i släckningsfatet läggs locket med tyngder på.

Den kemiska reaktionen, släckningen, startar omgående när kalken töms ner i det heta vattnet. Den energi som bildas när stenen reagerar med vattnet genererar en stor värmeutveckling och skapar mycket ånga. Exakt hur varmt det blir i släckningsfatet är inte känt. Släckningen tar ungefär fem minuter.

Släckningen fortsätter sedan i de fat som finns uppställda och man varvar sidorna för att inte arbeta för nära de heta faten där släckning pågår.

Två släckningar utförs i varje fat. Den våtsläckta kalken från första släckningen styvnar till och bildar sprickor i ytan. Andra släckningen följer samma princip som den första men med skillnaden att det till andra släckningen går åt ca 22-24 liter varmt vatten. Att det går åt mer vatten beror på att den ojämna ytan suger in mer vattnet. Om vattenmängden inte är större så blir inte stenarna vid andra släckningen täckta med vatten.

När släckningen är klar ska kalken vara lätt våt, på gränsen till torr. Locket läggs på, denna gång låses låsringen. Den släckta kalken får stå i fatet och svalna, eventuella osläckta

delar får då tid på sig att släcka sig ordentligt. Det tar ungefär ett dygn innan fatet har svalnat helt. Båda släckningarna ger tillsammans ca 85 liter släckt kalk i varje fat. Efter diverse försök med olika storlekar och olika diametrar på släckningsfaten så har man kommit fram till att 100-liters fat fungerar bäst.

ARBETSGÅNG

Samtidigt som första släckningen utförs så förbereder en annan person för släckning i nästa fat. Hett vatten töms i ett släckningsfat på motsatt sida av de uppställda faten. Släckningen utförs växelvis mellan de två raderna med släckningsfat. På så vis blir det en jämn gång i arbetet och man behöver aldrig vara för nära de heta faten under en pågående släckningsprocess. Den tredje doppningen utförs i fatet bredvid den första doppningen och så vidare i ett zick-zack mönster. När locket har lagts på det fat som ska släckas lyfter

Övre raden: Den brända kalken skyfflas i korgar som doppas i ett vattenfat och får rinna av. I släckningsfaten placeras plåtringar i botten.

Undre raden: Varmvatten tappas upp och slutligen hålls den brända kalken i släckningsfaten. Därefter är släckningen igång och utvecklingen av vattenånga är kraftig.



man över lättklinkerblocken från fatet med den nyss utförda släckningen. När första släckning är utförd i alla fat börjar man om och gör ytterligare en släckning i varje fat.

UPPARBETNING AV DEN VÅTSLÄCKTA KALKEN I TVÅGSBLANDARNA

Alla avsvalnade fat med nysläckt kalk transporteras efter ca ett dygn till stationen för upparbetning. Ett fat rullas fram och vänds upp och ner, så att sidan med låsringen ligger neråt. Detta görs för hand. Därefter lyfts fatet upp med en kran och tas emot av en person på ställningen som ser till att placera fatet i lagom höjd, direkt över blandaren. Därefter lossas låsringen och locket. Plåtringen och kalken glider ur fatet och kalken kan skyfflas ner i blandaren.

Den släckta kalken upparbetas i planblandarna för att bli mer behändig att arbeta med och för att kunna sållas innan packning. Det går att köra fyra fat med kalk i en blandare åt gången. Vid upparbetningen blir kalken till en seg smet. Blandarna startas från marknivå och upparbetningen tar ca 30 minuter. Under tiden rengörs plåtringarna.

Sållning av kalksmeten

När kalken är upparbetad så tappas den ner i lådan med sållet, vilken är placerad under blandarens tömningslucka. "Skräpmaterial" måste sållas bort från den släckta kalken. Det är till exempel skiffer eller andra bergarter som saknar kalkstenens reaktiva förmåga. Vid sållningen används en vibratorstav vilken hjälper den sega smeten att lättare rinna genom sållet. Faten med det färdiga bindemedlet försluts och lastas för transport till arbetsplatsen.

Det är av stor vikt att inget osläckt material följer med i det färdiga bindemedlet. Osläckt kalk som släcker sig i efterhand ger skador i form av små kratrar i det putsade ytskiktet.

Om hårdbränd kalk, eller kalk med liten värmeutveckling vid släckningsförfarandet, används så skall kontroll av det släckta materialet utföras.

Efter två släckningar i ett fat så är fatet fyllt med våtsläckt kalk.





På uppärbetsningsstationen töms faten med släckt kalk direkt i tvångsblandarna.



Den tvångsblandade pastan sållas innan den packteras i plåtfat.



Torrsläckning

BESKRIVNING AV ARBETSPLATSEN FÖR TORRSLÄCKNING

Material och verktyg

Till släckningen behövs släckningsfat, vattentunnor, doppningskorgar, en tömningslåda samt en siktmaskin.

Släckningstationen

Släckningsstationen består av åtta stycken 100-liters plåtfat (släckningsfat) med tillhörande lock placerade på små träpallar i en rad med cirka 1,5 meters mellanrum. Vid sidan om dem står 3 st vattenfyllda tunnor. I släckningsfaten ligger en mineralullsisolering i botten och på toppen. Isoleringen gör att värmen i släckningsfatet bibehålls i möjligaste mån. På mineralullsskivan står två st vinkeljärn som korgen med kalk placeras på. De gör att luft kan cirkulera runt den brända kalkstenen i korgen och att vattnet kan drivas ut åt alla håll.

Arbetsstation för tömning av doppningskorgarna

Arbetsplatsen där den släckta kalken töms ur korgarna är placerad i anslutning till släckningsstationen. På en byggställning, med en arbetsplattform, finns en tömningslåda som är en trälåda med lock, cirka 1,5 x 1,0 meter. Botten på lådan är byggd som en tratt vilken leder kalkpulvret ner i siktmaskinen som står under ställningen. Lådan har plats för åtta korgar med släckt kalk. Korgarna placeras på träribbor i nedre delen av tömningslådan. I locket på lådan finns uppborrade hål där en visp kan stickas ner och vispa kalken ur korgarna. Korgarna måste vispas ur eftersom den släckta kalken komprimerats mot korgens insida vid släckningen. Mellan tömningslådan och sikten, där kalken går ner i siktmaskinen, sitter en reglerbar stös.

Sikten

Under tömningslådan står en separat siktmaskin. Den är av fabrikatet Mogensen och har en kapacitet på 1 500 kg per timme. Siktmaskinen är invändigt försedd med 1-millimeters nät som siktar kalken. Maskinen har två armar som fördelar det sorterade materialet



Släckningsstationen under pågående släckningsarbete.

Bild sid 60: Den släckta kalken töms ned i en låda och ner i siktmaskinen där kalken siktas.

vidare till fat som är placerade intill maskinen. I ett av faten fördelas obrända delar och i det andra töms den färdiga kalken. Båda faten är på 200-liter. Över fatet med den färdiga kalken sitter en uppspänd presenning som skydd för fukt.

TORRSLÄCKNING AV BRÄND KALK

Ett fat med bränd kalksten körs fram. Fatet tippas för hand på en presenning eller masoniteskiva på marken och kalken skyfflas ner i de korgar som ska doppas i vattentunnorna. Korgarna fylls knappt till hälften, då kalken vid torrsläckningen utvidgar sig till mer än sin dubbla volym.

ARBETSGÅNG

Första släckningen utförs i det släckningsfat som är placerat först i ena änden av raden. Nästa släckning utförs i fatet placerat först i nästa rad av släckningsfat. Tredje släckningen utförs i andra fatet, bredvid den första släckningen. När locket har lagts på fatet lyfter man över tyngderna i form av lättklinkerblocken från fatet med den nyss utförda släckningen. På så vis blir det en jämn gång i arbetet utan stopp eller väntetider och man behöver aldrig vara för nära faten under en pågående släckningsprocess. Åtta korgar med kalk släcks åt gången.

Doppning

En korg med bränd kalksten doppas i en tunna med kallvatten under 25 sek. Kalkstenen suger då upp vattnet i porerna och överskottsvatten rinner av. Korgen ställs sedan på vinkeljärnen i släckningsfatet, varpå släckningsprocessen startar omgående. På korgen läggs en isoleringsskiva av mineralull innan locket läggs på. Låsringen på locket får aldrig sättas på, då en del av ångtrycket måste få tränga ut. Den energi som bildas vid släckningen genererar en stor värmeutveckling i form av ånga. Hur varmt det blir i släckningsfatet är inte känt.

Det är viktigt att vattnet i dopptunnorna byts ofta då kalkslam annars lägger sig som en hinna kring stenarna och kan fördröja stenens upptagning av vattnet. Även släckningsfaten ska hållas rena och tömmas från kondenserat vatten.

Släckningsprocessen

Den kemiska reaktionen, släckningen, startar omgående när kalkstenen har doppats i vattentunnan och ställts ner i släckningsfatet. Släckningen tar ungefär fem minuter efter det man tagit bort locket och lagt på isoleringen. Det är en fördel om korgarna med den nysläckta kalken kan stå kvar i faten och svalna till dagen efter. Kalken utvidgar sig då till fullo i korgen, blir torr och avger mindre kondens i fatet där den slutligen ska förvaras.

Tömning

När åtta korgar med kalk är släckta och har kallnat, vilket oftast tar till dagen efter, så hissas de upp till tömningslådan. Korgarna placeras på träribborna i botten på lådan. Kalken har vid torrsläckningen komprimerats mot korgarnas perforerade sidor och är således svår att vicka ur. Detta gör att kalken i korgarna måste vispas ur med en maskin. Vispningen dammar väldigt mycket och urvispningen måste ske med locket på tömningslådan

stängt. I locket finns åtta hål där vispen, kopplad till en bormaskin, kan stickas ner. Vid vispningen faller kalken ur korgarna ner i den trattformade botten på lådan och fördelas via en reglerbar stös vidare ner i siktningsmaskinen. Vispningen tar cirka 2 min per korg. En del av det osläckta materialet blir kvar i korgarna som "skräpmaterial".

Siktning

Siktningsmaskinen startas samtidigt som urvispningen av korgarna börjar. Den är konstruerad så att det studsar ett antal kulor av hårt gummi mot nätet i maskinen. Kulorna har funktionen att hålla nätet rent så att det inte kittar igen. Det material som är för hårt och inte lyckas ta sig igenom nätet sorteras bort som skräp och fördelas i ett separat fat. Maskinen siktar kalken till ett fint pulver. Det färdiga kalkpulvret tappas i det 200-liters fat som det ska förvaras i. Fatet bör stå i några timmar utan lock för att så lite kondens som möjligt ska bildas i materialet och bli kvar i tunnan.

SLUTRESULTAT

Ett 100-liters fat med bränd, delad kalk räcker till ca åtta halvfylla korgar. Åtta korgar med släckt kalk ger ca 200-liter färdigt bindemedel. Faten med det färdiga bindemedlet transporteras från släckningsstationen till arbetsplatsen.

Övre raden: Den sönderdelade kalken från kalkugnen töms på en masonite och korgarna fylls till hälften med bränd kalk. Sedan doppas de halvfylla korgarna i en vattentunna under ca 25 sek.

Undre raden: Efter att korgen doppats i vatten så placeras den i ett släckningsfat med en isolering i botten. Innan locket läggs på placeras en isolering också på toppen av fatet.





Erfarenheter från släckningar

Undersökningar med svepelektronmikroskop har det visat att den våtsläckta kalken består av mycket små partiklar. Det har också visat sig att den torrsläckta kalken består av mindre partiklar än den våtsläckta kalken. Ytterligare undersökningar ska utföras.

Traditionellt har det vid våtsläckning använts betydligt mera vatten än vid släckningsutförandet som beskrivs här. Antingen har man använt en stor mängd vatten eller så har man rört i kalken som det beskrivs om 1950-talets maskinella släckare (Vicktor Berner Murbruk och putsbruk 1956).

Bakgrunden till att den släckningsmetodik som redovisats här bygger på den hypotes som presenterats tidigare. Det vill säga att att sönderdelningen av kalken är temperaturberoende. Genom att underlätta starten för reaktionen och upprätthålla en hög temperatur under hela släckning så erhålls mindre hydratpartiklar i det färdiga bindemedlet. De hydratpartiklar som bildas blir mindre och fler än vid en kallare och därmed långsammare släckningsmetod. Med en större yta på hydratpartikeln erhålls även en större reaktionsyta för luftens koldioxid i det färdiga putsbruket (alltså underlättas hårdnandet av det färdiga bruket). Vad vi i dag kan säga om dessa metoder för släckning är utifrån prover gjorda på kalksten från alunskifferlagret på Kinnekulle, hårdbränd industrikalk från Nordkalk i Köping och i någon mån utifrån hydraulisk kalk från Jämtland och andra lagerföljder i Kinnekulle.

Om materialet ger upphov till kalkblåsor på en putsad vägg har vi ännu inte sett några tecken på (d v s kalciumoxid som släckt sig på väggen efter att det används i bruk). När det gäller alunskifferkalken så har vi närmare 2000 kvm puts att relatera till. I fråga om de övriga putstyperna så har vi inte sett några fall av skador, trots att vi har släckt kalken samma dag som vi använt bruket (hydraulisk kalk i Jämtland, ca 50 kvm).

Om den hårdbrända industrikalken släcks under omrörning och med ett överskott av vatten vid släckningen så förekommer kalksprängningar i den färdiga putsen efter någon månad. Det sker inte när släckningen är utförd enligt den metod som beskrivits här.

Vid jämförelse med Kinnekulle kalk som släckts med ett överskott på kallt vatten så hårdnar det långsammare och spricker mer än det som släckts med varmt vatten (provet utfördes under omputsningen av tornet på Läckö). Generellt så ger släckningsförfarandet med varmt vatten ett betydligt fetare och smidigare bruk. Det finns också en tydlig skillnad i egenskaperna på den torrsläckta kalken och den våtsläckta kalken. Den torrsläckta har en betydligt snabbare hållfasthetsutveckling och ger mindre smidighet till bruket. Den har högre vidhäftning till granit och blir betydligt hårdare än den våtsläckta kalken. Vidare undersökningar är planerade. Med denna erfarenhetsbaserade kunskap hoppas vi vara bättre rustade att kunna besvara de frågor som finns runt släckningsförfarandet av kalk.



Den släckta kalken placeras i tömningslådan uppe på ställningen. När locket är stängt vispas kalken i korgarna ur via hål i lådans lock.



När kalken passerat urvispningen och sikten så har det blivit ett fint pulver.

Bild sid 64: Den släckta kalken placeras i tömningslådan uppe på ställningen.

Förbättring av arbetsmiljö, utrustning och logistik

Bränning och släckning av kalk är inne i en utvecklingsfas där förbättringar hela tiden utförs. Då efterfrågan av bindemedlet har ökat är det viktigt att ytterligare utveckla arbetsstationerna så att arbetsmiljön blir bra. Vissa förbättringar av utrustningen kan göra arbetet lättare och säkrare. Också en förbättrad logistik på arbetsplatsen är viktigt för det fortsatta arbetet.

FÖRBÄTTRING AV KALKBRÄNNINGSSTATIONEN

- En miljöbeskrivning av utsläppen vid kalkbränningsstationen bör utföras.
- Placeringen av kalkbränningsstationen på kommunens område diskuteras med anledning av den rök och röklukt som bildas vid bränningen. Det är okänt huruvida röken är skadlig. Den kan dock vara störande för omkringboende. En ny tomtmark längre från bebyggelse finns eventuellt tillgänglig om beslut av flyttning av ugnen sker.
- Ställningen vid sidan av ugnen bör byggas om. I nuläget är ställningen uppbyggd bredvid ugnen, vilket gör att ugnen nås enbart från två sidor. Ska man arbeta runt hela ugnen måste man kliva upp på ugnens kanter och arbeta därifrån, vilket betyder att den som arbetar där i princip kan ramla ner till marken, ett fall på cirka 3 meter. En ny ställning bör omsluta ugnen så att det går att arbeta kring alla sidor på ugnen.
- Ställningen ska vara försedd med ett heltäckande golv för att inte sten ska ramla ner på den som arbetar under ställningen. Luckor ska finnas i golvet där rännorna till tunnorna under ställningen går ner.
- Arbetsbordet där den brända kalkstenen delas ska vara placerat i mitten av arbetsytan uppe på ställningen. Det underlättar att kunna arbeta från alla sidor på bordet. Det ska vara försett med ett dammutsug då kalkdamm uppstår vid delningen av kalken. Bättre personlig skyddsutrustning i form av masker med dammfilter, samt skyddsglasögon ska också finnas på platsen.
- Utbytbara nät som reglerar fraktionerna ska finnas i hålen för rännorna.
- Hela ställningen inklusive ugnen ska vara försedd med ett tak. Taket ska kunna öppnas upp över ugnen och på sidorna. Väderskyddet håller stenarna torra innan de lastas i ugnen, ingen fukt kommer i kontakt med den brända kalkstenen, värmen från ugnen kan tas tillvara, det blir dessutom en bättre arbetsmiljö för de som arbetar på stationen.

- Betongplattan under ställningen bör utökas för att hanteringen med de kalkfyllda faten ska bli lättare.
- Lastningen av sten i ugnen bör underlättas. De största stenarna väger 50-70 kg. Stenarna lyfts från pallen och räcks över till den som står nere i ugnen och det omvända när stenen ska upp ur ugnen. Detta utförs i dag för hand. En lyftanordning där stroppar kan omsluta stenen som därefter hissas upp eller ner i ugnen är nödvändig.
- De digitala temperaturmätarna avläses i dag manuellt och ritas in i ett diagram. Avläsningsinstrumenten kan kopplas till en dator. En anslutning till dator vore ett bra komplement med avsikt på tabeller och diagram.
- Rostren i kalkugnen böjs av den höga temperaturen, vilket efter några bränningar gör dem svårhanterliga. Gjutna roster ska istället provas.

FÖRBÄTTRING AV SLÄCKNINGSSTATIONERNA

- I dag tippas den brända kalkstenen ut på en presenning på marken innan den skyfflas i korgarna. Kalken utsätts onödigt länge för luft och arbetsmomentet med tippningen är tungt. Den brända kalkstenen ska istället tippas upp på ett bord. Faten ska lyftas upp med en pallyftare till bordets höjd och placeras i en fatvändarkärra som står på bordsskivan. Faten vänds i fatvändaren och den brända kalkstenen kan tippas ut på bordet i passande mängd. Genom hål i bordsskivan fördelas kalken i korgarna som är placerade under bordet. Sexton korgar ryms under bordet. När fyra 100-litersfat med bränd kalksten har tippats ut på bordet kan sexton korgar till våtsläckningen fyllas samtidigt. Till torrsläckningen fylls sex korgar till hälften i varje omgång.
- Montering av tak vid släckningsstationen. Ett eller två permanenta tak ska monteras upp. Under taket ska våtsläckning eller torrsläckningsstationerna rymmas. Bordet där den brända kalkstenen fördelas i korgarna, 2 st bruksblandare, siktlådor, vattenbehållare, tömningslåda, siktmaskin och rullband ska också rymmas. Eventuellt placeras ett tak i vardera änden av arbetsplatsen med släckningsstationen emellan. Det är svårt att utföra själva släckningen under ett tak, då dimman blir för tät och skulle försvåra arbetet. Över släckningsfaten ska istället en tältduk rullas ut när släckningen är avslutad.
- Våtsläckningen ska utökas med fler släckningsfat, vattenbehållare för doppning samt vattenbehållare för varmvatten. Släckningsfaten ska vara placerade på europallar i fyra rader. Det ger möjlighet att gå både på utsidan av släckningsfaten och emellan. På vardera pallen ryms två släckningsfat. I vardera raden står 8 släckningsfat med en doppningsbehållare placerad i mitten på vardera raden. I ena änden av raderna med släckningsfat står tre behållare med uppvärmt vatten placerade. Behållarna står på pallar med pallkragar runt om och är placerade uppe på en ställning. Behållarna är av rostfritt stål och är isolerade med cellplast. Isoleringen ryms mellan pallkragarna och behållarna. Varje behållare rymmer 600 liter och ska via slangar med självtryck förse släckningsfaten med vatten. I släckningsfaten finns en mätsticka som reglerar vattennivån. Härmed försvinner lyften av vattenhinkar vid påfyllning i släckningsfaten samt

den väntetid som har varit vid påfyllningarna. Det blir också lättare att hålla en jämn temperatur på vattnet. Släckningsstationen får också en större kapacitet.

- De nuvarande doppningskorgarna till våtsläckningen är tillverkade av perforerad plåt med 6 millimeters hål. Nya korgar med 10 millimeters hål ska istället användas. Korgarna blir därmed lättare att lyfta. Hålen slammar inte heller igen lika fort.
- Det har visat sig att den färdiga våtsläckta kalken efter hand har hårdnat i faten och på så vis varit svår att hantera vid putsarbete ute på arbetsplatser. I nuläget släcks kalken i 18 liter vatten i första omgången och 24 liter vatten i andra omgången. Vattenmängden bör ökas något för att kalken ska bli smidigare att hantera då den ska tömmas ur faten på arbetsplatsen.
- Faten med den våtsläckta kalken har tidigare vänts för hand på marken och lyfts upp på plattformen med en kran från en lastbil, sedan har innehållet tömts ut i blandarna. I stället ska nu en pallyftare lyfta faten som är placerade på pallar, upp till plattformen. På plattformen ska en telfer finnas som lyfter och vänder faten. Kalken ska tippas ut på plattformen istället för över blandarna. Därifrån kan den enkelt skyfflas ner i blandarna.
- I nuläget finns två stycken 250-liters bruksblandare i anslutning till arbetsplattformen. Ett problem är att kalken kastas över kanten på blandarna då de startas samt att blandarnas kapacitet nätt och jämt räcker till. Antingen ska stationen vara försedd med fyra 250-liters blandare eller två 500-liters blandare. På blandarna ska sarger med öppningsbara luckor monteras. Detta hindrar att kalken kastas över kanterna vid bearbetningen. Blandarna kan därmed också fyllas helt. Start och stoppfunktionen till blandarna ska monteras uppe på plattformen. I nuläget är dessa placerade på maskinens ben, vilket innebär att maskinerna måste startas nedanför ställningen. Luckorna ska vara försedda med fotoceller som gör att blandarna inte kan köras när luckorna är öppna. Man måste således stänga luckan och gå därifrån för att starta maskinen. Detta gör att blandarna kan köras utan hvar. Man slipper då den tunga hanteringen det innebär varje gång de ska lyftas av och på. Man kan också köra lite material åt gången utan att behöva ta sig upp och ner från ställningen vid varje omstart. Detta gör att kalken kan mjukas upp lättare och blandarna slutligen kan fyllas fullt ut, utan risk för att maskinerna inte orkar dra runt.
- Lådan där den färdiga våtsläckta kalken sällas ska byggas om. Istället för att ha en låda som flyttas mellan tappningen på blandarna så ska den färdiga kalken från alla blandarna rinna ner i samma låda. Lådan ska vara försedd med ett nät för sällning i botten. Den färdiga sällade kalksmeten rinner därefter ner i en ränna och fördelas i 100-litersfat eller hinkar. Hinkarna ska vara av plast och rymma trettio kilo. De ska vara placerade på ett rullband som drivs manuellt.
- Släckningsfaten vid torrsläckningsstationen ska vara placerade på pallar i fyra rader. Det ger möjlighet att gå både på utsidan av släckningsfaten och emellan. På vardera pallen ryms två släckningsfat. I varje rad står tolv släckningsfat med en vattenbehållare för dopkning av kalkstenen placerad i mitten på raden. På första arbetsdagen arbetar en person med att släcka fyrtioåtta stycken korgar med kalk, vilka därefter får stå

kvar i släckningsfaten till dagen efter. När kalken får stå kvar i släckningsfaten avgår överskottsvattnet, detta gör att den färdiga kalken är helt torr när den slutligen töms på faten. Därmed är problemet med kondens i sikten och i faten undanröjt. Kalken får också möjlighet att vidga sig fullt ut, vilket maximerar släckningen. Dag två arbetar två personer varav den ena släcker ytterligare fyrtioåtta korgar med kalk och den andra arbetar med att tömma korgarna från föregående dags släckning.

- De sju lättklinkerblock som har lagts på släckningsfatets lock som mothåll under pågående släckning kan minskas till fyra för att minska antalet lyft.
- Den isolering som ligger i botten på torrsläckningsfaten blir vid släckningarna blöt och fyller därmed ingen funktion. Isoleringen ska istället läggas mellan pallan och släckningsfatet.
- I nuläget står tömningslådan uppe på en hög ställning med sikten placerad under. En annan utformning av tömningslådan gör att ställningen kan sänkas. Tömningslådan ska vara utformad som en konisk cylinder med en tratt och tillverkad i rostfritt stål. Den koniska formen gör att kalken rinner ner utan att fastna. Cylindern ska vara placerad i marknivå och vara ungefär en meter hög. I överkanten på cylindern ska det ligga en plåt med tolv hål som är anpassade efter storleken på korgarna. Korgarna med kalken ska placeras i hålen. Därefter läggs ett roterbart lock över cylindern, alternativt att cylindern är roterbar. När en korg har vispats ur roteras locket eller cylindern så att nästa korg kan vispas ur och så vidare. I locket finns ett hål med en gummibussning som är anpassat så att en visp kan stickas ner i korgen med kalk. Både plåten med hålen och locket ska med handtag kunna lyftas av vid rengöring. Tolv korgar åt gången ska kunna vispas ur. Alternativt ska en skakmaskin installeras i cylindern. Skakmaskinen ska göra så att korgarna töms utan att de behöver vispas ur. Detta arbetsmoment kan då uteslutas.
- Från nederdelen på tratten ska en skruv mata fram kalken till sikten som istället ska placeras bredvid ställningen. Från sikten fördelas den färdiga kalken på 200-litersfat eller i säckar. Två fat i taget fylls. Faten placeras på en europall för att underlätta transport då de ska bytas.
- Ställningen ska byggas runt om tömningslådan. På så vis blir det enkelt att röra sig på plattformen kring tömningslådan när arbetsmomenten ska utföras. Den ska sticka upp från ställningen fyrtio centimeter, vilket innebär att ställningen blir cirka sextio centimeter hög. Detta är en lagom arbetshöjd när korgarna ska vispas ur. Korgarna med den släckta kalken ska lyftas upp på ställningen med en batteridrivna pallyftare.
- Korgarna ska vara försedda med en sarg upptill och ha en öppningsbar botten. Sargen fungerar som upphängningsanordning då korgen lyfts ner i hålet i stålplattan i tömningslådan. Innan korgarna lyfts ner i tömningslådan ska de öppnas i botten. Kalken är efter släckningen så komprimerad att den stannar i korgen trots att botten har öppnats. Däremot blir urvispningen betydligt enklare att utföra. Urvispningen kan uteslutas om istället en skakmaskin installeras i tömningslådan. Momentet går snabbare och korgar och verktyg slits mindre. Arbetsmiljön blir också bättre då kalkdammet minskar i omfattning.

BILAGOR

Bilaga A:
GILLSTA KYRKA



PUTSUNDERSÖKNING GILLSTA KYRKA

Beskrivning av projektet

Gillsta kyrka är belägen i Lidköpings kommun, Örslösa församling, ca 1,5 mil sydväst om Lidköpings tätort. Kyrkan är uppförd under 1200-talets andra hälft och består av ett långhus, sakristia och torn. Långhuset är uppförd av marksten medan tornet och sakristian är av byggda av tegel år 1924. Fasaden är putsad och avfärgad i en bruten vit kulör.

Den putsundersökning som genomfördes 2004 hade initialt syftet att ta fram ett åtgärdsförslag för en konventionell putsrestaurering med på marknaden befintliga material och vedertagna metoder. Dessa metoder innebär ofta att all befintlig puts tas bort för att skapa enhetliga förutsättningar för det nya putslagret. Att skapa enhetliga förutsättningar genom att ta ner befintlig puts är ett argument som används i förhållande till kvalitetssäkring av arbetet som utförts.

Putsundersökningen visade att putsen på långhuset särskiljde sig från putsen på torn och sakristia. Den var betydligt mer bindemedelsrik och hårdare än på dessa fasader. Tornets och sakristians puts bedömdes vara samtida med tillbyggnationen av dessa byggnadsdelar, alltså från år 1924.

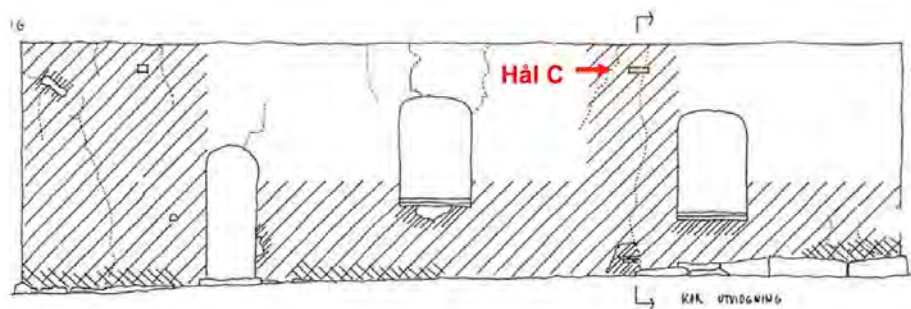
Åldern på långhusets puts var okänd, men känslan var att den var betydligt äldre. Beslut togs om att koncentrera den fortsatta undersökningen till långhusets södra sida för att avgränsa undersökningen till vad som bedömdes vara den äldsta putsen. Bakgrunden till denna förändring av syftet med putsundersökningen var att man vid en åtgärd ville kunna ta hänsyn till den befintliga putsen om det visade sig att den kunde bedömas som kulturhistoriskt värdefull. I förhållande till tornets och sakristians puts sågs ingen anledning att ta någon speciell hänsyn.

TILLSTÅND OCH SKADEBESKRIVNING

Långhusets puts hade en ojämn färg vilket bidrog till att det såg mer skadat ut än det egentligen var. Långhusets puts uppvisade vid undersökningen inga större skador, trots att i princip hela fasadputsen inte satt fast vid underlaget. Tillståndet kallas bom, men då det i det här fallet inte innebar att putsen ramlade ner så bedömdes detta faktum inte som en skada utan som ett tillstånd. Denna slutsats drogs efter att man konstaterat att det troligtvis varit bom på denna fasad i några hundra år.

De skador som fanns i putsen var i anslutning till mark och fönsterbänkar. Dessa områden har underhållits och reparerats med cementbruk genom åren, vilket inte varit bra för putsen. I övrigt fanns mindre sprickbildningar till följd av rörelser i stommen. En av dessa sprickor markerade gränsen till korets utbyggnad.

Förundersökning: Tillstånd och skadebesiktning



Enkelt skrafferade områden markerar bom. De vita fälten, som inte skrafferats, är inte undersökta eftersom det inte fanns ställning på dessa partier. Tätt skrafferade områden markerar skador.

Teckning: Peter Sjömar

BYGGNADSHISTORISKSAMMANSTÄLLNING

Tornet och sakristian uppfördes 1924. Skillnaden mellan långhusets och sakristians puts var påtaglig. Jämförelser gjordes genom att plocka en bit puts från långhuset och jämföra den okulärt med putsbitar från torn och sakristia. Då kunde skillnaderna definieras. Motsvarande metod ansågs vara gångbar även för de putser som kan kopplas till de förändringar som långhuset har genomgått.

För den fortsatta undersökningen av långhusets fasadputs behövde långhusets byggnadshistoria synliggöras d v s byggnadsdelarnas ålder. Genom arkivstudier kunde en sammanställning av kyrkans byggnadshistoria göras. I den byggnadshistoriska sammanställningen (se nästa sida) särskiljde sig långhusets södra vägg, genom att det här var flest förändringar gjorda över tid. Kyrkan uppfördes under 1200-talet, ursprungligen med långhus och kor som var indraget i förhållande till långhusets väggliv (figur A). När vapenhuset tillkommer är osäkert då det inte finns några uppgifter som anger detta. Men det är troligt att det har tillkommit i samband med att denna byggnadsdel introducerades på kyrkorna någon gång under 1400-talet. Att vapenhuset är uppfört före utvidgningen av koret vittnar det fotografi om som är taget 1924 när vapenhuset revs. På detta fotografi kan man se att där vapenhusets vind ansluter till långhusets vägg finns inte den puts som tillkom vid utvidgningen av koret 1673-1683.

Mellan åren 1673-83 utvidgades koret till samma bredd som långhuset. I samband med korets ombyggnad fick fönstren sin nuvarande storlek och form (Figur B). Fram till 1924 skedde inga större förändringar i stommen. 1924 fick kyrkan sitt nuvarande utseende då det gamla vapenhuset revs och nuvarande torn och sakristia tillkom (fig C).

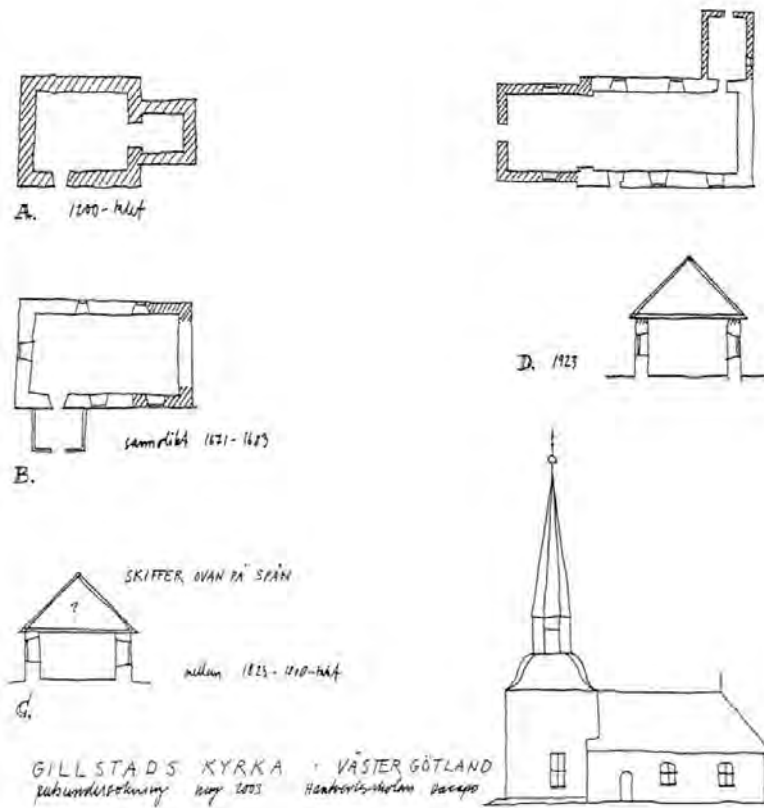
RESULTAT OCH SLUTSATS

UTFALL	Mindre skador men inga större nedfall trots bom
	Ombyggnader gav var provhåll skulle göras
	Putskronologi – bruk från 1200-talet och framåt
	De äldre bruken är mycket hårda
	Putspåslag på avfärgning och slamning
	Hårt bruk står fritt som en kappa

DIAGNOS	Historiskt intressant puts
	Bom är i detta fall ingen skada utan ett tillstånd

BEHANDLING	Lagning med kalkbruk som har liknande egenskaper som befintligt bruk
------------	--

Byggnadshistorisk sammanställning



Teckning: Peter Sjömar



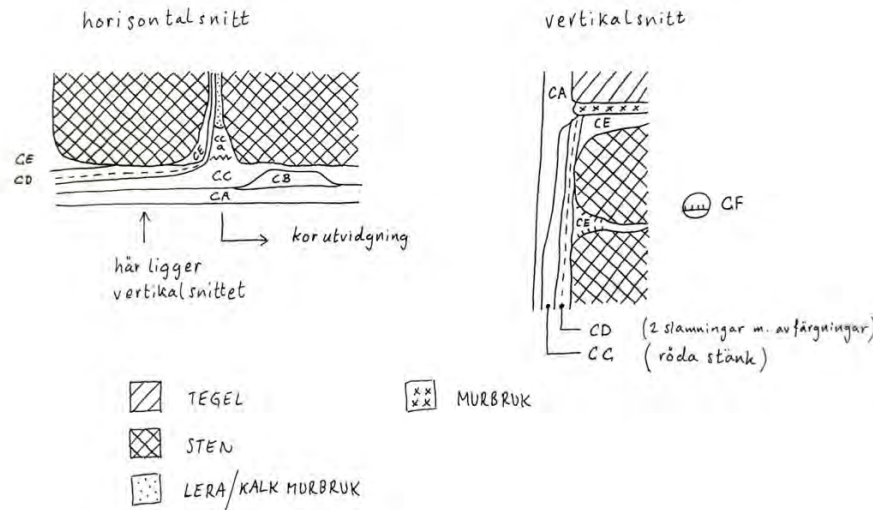
Långhusets södra fasad efter att vapenhuset hade rivits inför ombyggnationen 1924. Den del av långhusets fasad som har utgjort gavel till vapenhuset är ej putsad. Den har så kallad utstruken fog.

PUTSARKEOLOGISK UNDERSÖKNING

Undersökningen startade med att några referenshål gjordes. Två hål togs upp på långhusets södra vägg ca 50 cm från takfoten. Ett hål togs upp på långhusets östra vägg på samma avstånd från takfoten. Det yttre putslaget tillkom när tillbyggnaden av torn och sakristia gjordes 1924. Denna puts utgjorde det yttersta lagret på kyrkans alla byggnadsdelar. Denna puts är uppbyggd i ett påslag med varierande tjocklek. Putsytan är bearbetad med kalkkvast (slammad puts) Putslager CA.



Putsarkeologisk undersökning



Teckning: Anders Göransson

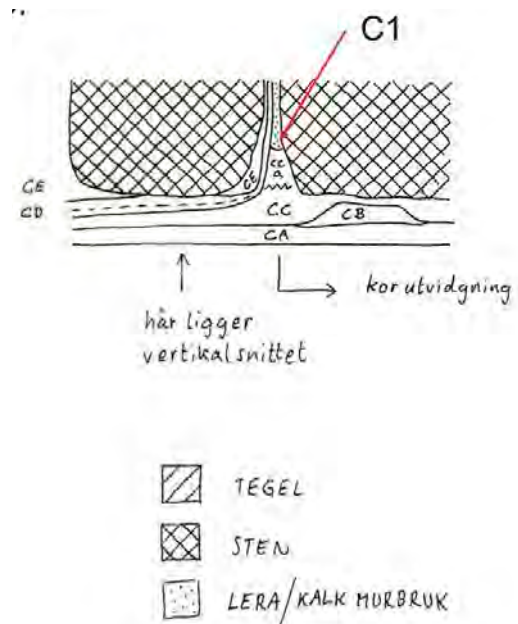
Provtagning

Vi skickade 5 putsprover från hål C.

- CA 1920-tal
- CC 1680-1880-tal
- CDa** 1200-1600-tal
- CE 1200-tal
- C1* 1671-1683

** Tjock slamma ca 1 mm, ingen ballast

* Murbruk av kalk, lera och sand



Teckning: Anders Göransson

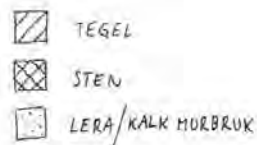
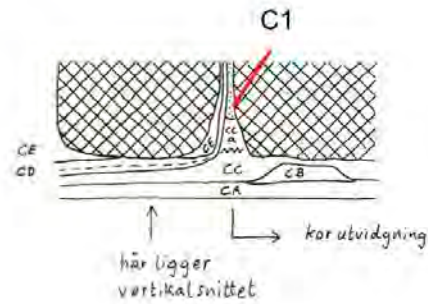
Provsvar

Utfall på putsproverna från Gillsta kyrka

- CA 1920-tal 4,95% lermineraler
- CC 1680-1880-tal 68% lermineraler
- CDa** 1200-1600-tal 21,3% lermineraler
- CE 1200-tal 21% lermineraler
- C1* 1671-1683 16,2% lermineraler

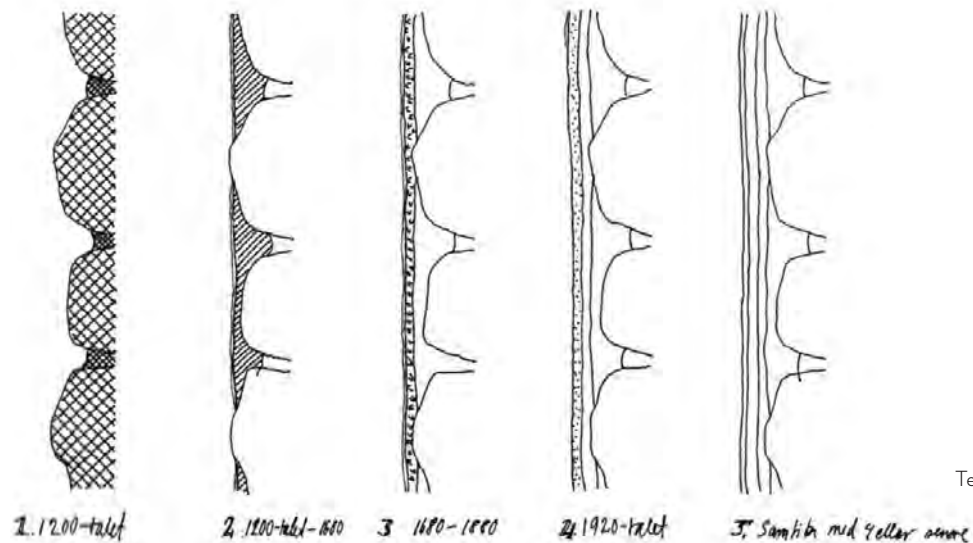
** Tjock slamma ca 1 mm tjock, ingen ballast

* En klump kalk i murbruk av kalk, lera och sand



Materialanalys:
Joakim Björnström
Teckning: Anders Göransson

Putskronologi



Teckning: Peter Sjömar

Provtagning

Följande prover togs ur alunsifferlagret.

1. Orsten, 5,1% lermineraler
2. Odlingssten, 1,9% lermineraler
3. Orstensbanken, 2,5% lermineraler



Nya provtagningar och materialanalyser

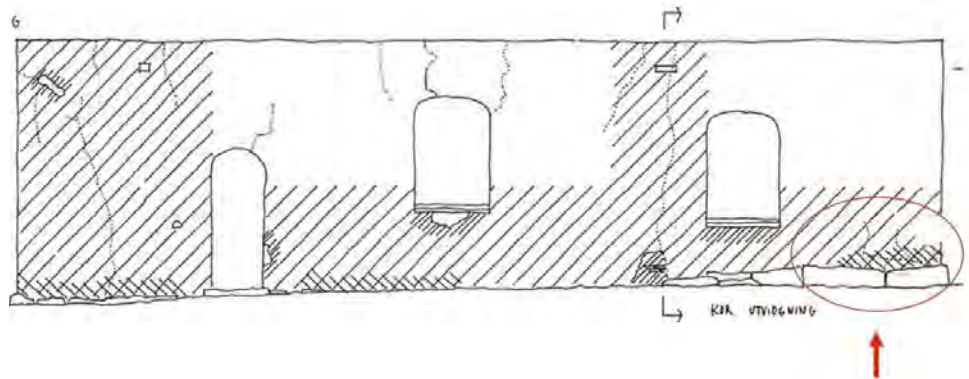
Provsvar från övre och undre rödstenslagret

Den övre kalkstenen innehåller 79% kalksten, 21% lermineraler
Att jämföra med prov CDa och CE som 2003 gav 21% lermineraler i putsprovet

Den undre kalkstenen innehåller 34% kalksten, 66% lermineraler
Att jämföra med prov CC som 2003 gav 68% lermineraler i putsprovet

Provytor

Teckning: Peter Sjömar



Upföljning: Putsning av långhus 2008



BILAGOR

Bilaga B:
VÄLA KYRKA

Putsundersökning Väla kyrka

Örslösa församling, Lidköpings kommun, Västra Götaland



INNEHÅLL:

- Byggnadshistorien
- Nulägesbeskrivning
- Kommentarer och analys av källmaterialet
- Nulägesbeskrivning av putsytornas materiel, utseende och skador
- Slutsats/analys Byggnadshistorien, Nulägesbeskrivningen och Putsarkeologisk undersökning
- Åtgärdsförslag/Motivering
- Arbetsbeskrivning
- Bilagor

Vänersborg 2009-08-01

Jonny Eriksson
Institutionen för kulturvård vid Göteborgs universitet

BYGGNADSHISTORIEN

Nedanstående utdrag är texter som berör murverket och den utvändiga putsen. För att se hela dokumentet samt de bilder som det hänvisas till i texten se angiven bilaga.

Citerad text i kursiv stil.

Källor:

Fischer Ernst Västergötland 1:3 Kållands härad 1922.

Arkitekt Adolf Niklasson förslag på restaurering från 1935 samt arbetsbeskrivning till restaurering från 1936. Konservator K. J. R. Johansson förslag till målning och konserverings arbeten av Väla kyrka 1935.

Riksantikvarieämbetets bebyggelseregister År 2003.

Vård och underhållsplan år 2007 utförd av Ateljé arkitekten i Skara.

Fischer Ernst kyrkor i Kållands härad 1922.

Se bilaga 1.

Kyrkobyggnaden

Väla kyrka vars plan framgår av fig. 386, är uppförd av gråsten och timmer. Det senare omfattar övre delen av västra muren från mitten till en sträcka in på norra muren. Den övriga delen av kyrkan, återstoden av den ursprungliga anläggningens långhus, är uppförd av gråsten. Förbandet tämligen dåligt. Norra muren är mycket ojämn. Västra gavelröset av bräder. På norra och södra långväggarnas ytterkanter ligger det gamla hammarbandet kvar till en längd av något mer än 11 meter från västra hörnen. Ytter murarna äro spritputsade. Fönstren stora, i sen tid utvidgade. Ännu 1829 funnos endast 3: ne större fönster samt ett mindre över främsta dörren och ett över läktaren. År 1740 uppbrots ett fönster å västra gaveln och året därpå ett i norr. Ingångar i sydöst och väster, den senare föreskrivande sig från 1800 talet, den fanns ej 1829. Koringången däremot samtida med en tillbyggnad 1688. Den ursprungliga portalen i sydväst, som ännu 1829 begagnades, igenmurades troligen, när den västra togs upp. Möjligen dölja sig under den nuvarande putsen rester av den ursprungliga medeltida portalen. Golvet i koret av kalkstenshällar bland vilka även ligger en liljesten (se s 396) I övrigt trägolv. Innerväggarna slätputsade. Å södra innerväggens mitt (se planen fig. 386) ses ett språng i muren, som uppstått vid kyrkans tillbyggnad år 1688. Taket utgöres av plant trätak av hela bräder med kraftig hålkäl utmed hela murkrönet. Dekoreras å 1829 av C. Kunkell med en målad sol med färger och bokstäverna IHS i skivan. Synes ännu genom senare gjord övermålning i gråvit oljefärg. Yttertaket, avsmalt åt öster, täckes med enkupigt tegel. Äldre taktäckningsmaterial ekspån. Takresningen ovanligt brant för att vara på en västergötakyrka. Takstolarna moderna, men inskränningar i de gamla hammarbanden visa, att takstolarna tidigare suttit dubbelt så tätt.

Den ursprungliga kyrkan.

Kyrkans ursprungliga utseende framgår av en teckning från 1671 i Peringskiölds Monumenta (fig 388). Enligt denna utgjordes kyrkan av ett rektangulärt långhus, vars nordöstra murhörn tydligt synes å norra väggen, samt av ett lägre och smalare, rakslutet kor av ovanlig längd. Ytter väggarna voro troligen putsade, om också teckningen från 1671 den naturliga stenen framträder å långhusets södra mur och korets sydvästra hörn. Fönstrens ursprungliga utseende är obekant. På 1600 talet voro de små rektangulära, placerade i söder ett å långhuset, ett å koret. I söder nära det sydvästra hörnet, hade även portalen sin plats. Dess utseende okänt. Invändigt tåktes kyrkan sannolikt av ett platt trätak.

Datering

Som kyrkan är uppförd av gråsten i tämligen oregelbundna förband, torde den var uppförd senare än de bättre byggda gråstenskyrkorna d.v.s mot slutet av 1200 talet. På en så sen datering synes även den oproportionella planen tyda med sitt förhållandevis stora kor en plangivning som aldrig förekommer i de äldre romanska kyrkorna.

Senare förändringar

Senare ovist när, i varje fall före 1671 tillbyggdes ett vapenhus av trä (se nedan). Vidare reparerades nordvästra murkrönet med dubbla timmerväggar. Av vad anledning detta skett kan icke uppgivas. Att denna reparation skett före 1688 års tillbyggnad framgår av de ännu kvarliggande hammarbanden, som åtminstone på norra väggen har tydligt sammanhang med stockarna under. År 1688 vidtas en omfattande förändring å kyrkan, i det att korpartiet raseras, och kyrkan utvidgas åt öster i bred med långhuset. Så måste nämligen den uppgift tydas som säger att kyrkan tillbyggdes 14 alnar på längden samt 3 ½ på bredden (räk. 1688 i B. I). Yttermurarna putsades. Vapenhuset framför portalen i söder tycktes ha fått kvarstå. Om det inres utseende efter denna omfattande ombyggnad veta vi intet. Under 1700 talet stod kyrkan i det stora helt orörd. Fönster upptogs 1740 i väster och 1741 i norr. Eljest företogs endast smärre reparationer för underhåll. Efter 1829 har däremot det gamla vapenhuset rivits och syd portalen igenmurats samt en ny port upptagits i väster och framför detta ett nytt vapen hus uppförts i trä.

Vapenhus

Vapenhuset är uppfört av bräder och vitmålat. Yttertaket täckes av svart, tjärad papp. I väster en port. Golvet kalkstenshällar. Vapenhuset rymmer en trappa till läktaren är ganska vanprydande och torde sannolikt vara uppfört på slutet av 1800 talet. Ett äldre vapenhus har funnits i söder. Det var uppfört av knutat, liggande timmer. Taket täcktes av handkluven ek spån, tidigast nämnt 1711 (prot.). I söder en rektangulär port. Detta vapenhus raserades på 1800, när det nya uppfördes.

Förslag och arbetsbeskrivning enligt Arkitekt Adolf Niklasson

Se bilaga 2.

Enligt Riksantikvarieämbetets bebyggelseregister utfördes en större renovering av kyrkan under åren 1938-1939 underledning av arkitekt Adolf Niklasson. Nedan följer Adolf Niklasson förslag på restaurering från 1935 samt arbetsbeskrivning till restaurering från 1936.

Förslag 1935

Väggar å långhuset lagas och kalkas.

Arbetsbeskrivning 1936

Trasig puts nedknackas, om stockväggarna i kyrkans nordvästra del behöva omputas, dubbel röras och spikas grov trådduk eller anbringas reveterings matta, varpå putsas.

Första påslaget göres med cementblandad kalkbruk, varefter putsas med kalkbruk lika den gamla putsen. Alla putsade ytor kalkavfärgas i gulvit ton

Förslag och arbetsbeskrivning enligt Konservator K, J, R Johansson 1935

Se bilaga 3.

Väggarna skrapade och lagade samt vattnivna av byggnadsentreprenören skola kalkas med dubbelstampad Helsingborgs kalk i tunna strykningar i den gamla varmt gråvita färgtonen som var bruklig i medeltida kyrkor.

Riksantikvarieämbetet bebyggelseregister År 2003.

Bilaga 4.

Uppgifterna från bebyggelse registret är i stort samstämmigt med Fisher Ernst fram till 1829 där går uppgifterna isär. *Under 1800talets första del revs vapenhuset i söder. Ett nytt vapenhus uppbbyggdes i väster och fönstren förstorades.*

Vård och underhållsplan år 2007 utförd av Ateljé Arkitekten

Se bilaga 5.

Långhusets fasader uppvisar färgbortfall och visst putssläpp särskilt på nederdelen. Det finns också områden med bomputs. Långhusets fasader har också en omfattande påväxt av rödalger särskilt på norra sidan. Även solbänkarna på norrsidan är bevuxna med rödalger. Observera att rödalger måste utrotas för att försvinna, det räcker inte att borsta bort dem från ytan. Ett exempel på bekämpningsmedel som kan användas är Boracol 10-2Bd. Förslag: framtagning av åtgärdsprogram (se rubriken Allmänna synpunkter).

KOMMENTARER OCH ANALYS AV KÄLLMATERIALET

Jonny Eriksson 2009.

Av källmaterialet framgår att kyrkan har putsats om i sin helhet vid ett tillfälle, 1688 när den stora ombyggnationen gjordes. Fisher nämner i sin beskrivning av kyrkobyggnaden 1922 att kyrkan är spritputsad och så är den även i dag. När spritputsen har tillkommit framgår inte. Enligt Fisher revs det gamla vapenhuset 1829 och ingången innanför murades igen. En ny ingång togs upp i väster och att det nya vapenhuset tillkom först i slutet av 1800 talet. Min tolkning, av detta är att förändringen begränsades till rivning av vapenhuset och att man öppnade upp för en ny ingång i väster där de upptagna fönstret från 1740 tidigare satt. Ändring bör endast ha medfört reparationer av putsen i anslutning till ingången samt där vapenhuset anslutit.

Enligt Riksantikvarieämbetets bebyggelseregister så revs vapenhuset i söder. under 1800talets första del ett nytt vapenhus uppbbyggdes i väster och fönstren förstorades. Rivningen av det gamla vapenhuset samt att den gamla ingången muras igen därtill förstoringen av fönstren och öppnande av en ny ingång i väster bör ha gett så stora ingrepp på putsen att en omputsning av kyrkans fasad borde varit befogad. Längre fram i bebyggelseregistrets sammanfattning så beskrivs vapenhuset vara uppfört mellan åren 1829 . Att fönstren förstorades tas inte upp. I bebyggelseregistret mellan åren 1688- 1988 finns inga uppgifter om omputsning, underhåll, eller målning exteriört.

Arkitekt Adolf Niklasson beskriver material, fabrikat, kulör samt utförande i de förslag och arbetsbeskrivningar som togs fram inför restaureringen 1938-39. Niklasson vill anpassa åtgärden så att det överrensstämmer med det befintliga utseendet, han skriver *”första påslaget göres med cementblandad kalkbruk varefter putsas med kalkbruk lika den gamla putsen”*. Min tolkning är att Niklasson vill efterlikna den gamla rappningen. Av åtgärdsförslag framgår att trasig puts nedknackas, hur mycket puts som knackades ner finns det inga uppgifter om. Det till ytan nämnda putsproblem som var störst låg i den norra och västra delen av fasaden som består av timmer.

Konservator K.J Johansson förslag att vattskura ytan hade inneburit att man frångått den rappade putsens textur och ersatt den med en slät puts. Detta ville han uppnå med material som inte har samma ursprung som putsen är uppbyggd med.

Vilket utseende kyrkan har haft före 1688 är svårt att säga något om. Fisher berör det i stycket *ursprungliga utseendet* och skriver att murarna sannolikt var putsade, även om Peringskiöld påvisar i sina teckningar att stenen är synlig på södra långhuset och dess sydvästra hörn. Peringskiöld avbildar även Gillstad kyrka (år 1671). Gillstad kyrka ligger några kilometer söder om Väla kyrka. Även på denna avbildning så är det sydvästra hörnet ritat som synlig sten. (se bild 1). Kan hända är det en konstnärlig



Bild 1

vinkling av kyrkans utseende likväl som att efter breddningen av koret och putsningen av Gillsta kyrka bemålades imitationer av hörnkedjor i rött.

Ombyggnaden av Gillsta kyrka utfördes mellan 1671-1683, alltså några år för ombyggnationen av Väla kyrka. När Fischer i sammanfattningen av Gillstads kyrkas konsthistoria beskriver den ursprungliga putsen på murarna, så beskrivs de som att de sannolikt var putsade. Längre fram i texten under rubriken *kyrkans ursprungliga utseende* ändrar han sig och beskriver att de ursprungliga murarna har synliga stenar med brett utstrukna fogar.

Argumentet hämtar han i den blottlagda mur som framträdde vid rivningen av vapenhuset 1924, där vinden som var stängd och anslöt till muren, uppvisar brett utstrukna fogar, där stenen oregelbundet framträder mellan fogarna. (se bild 2, 3). Det kan också vara så att den tunna puts som har legat på de mest utskjutande stenarna har fallit bort (se bild 4), i så fall har muren varit putsad. Det är troligt att Väla kyrka ursprungligen har haft någon av Gillsta kyrkas behandlingar då utseende, geografisk närhet, och byggnadsmaterial i stort överstämmer.



Fullständigt svar kan man få om man hittar tillräckligt stora ursprungliga ytor som varit skyddade och inte påverkats av några ombyggnationer. Varken i Riksantikvarieämbetets bebyggelseregister eller i vårdplanen upprättad av Ateljé Arkitek beskrivs de äldre bruken.

Foto :Bild 1, A. Roland 1912, Bild 2, R Hjort 1924, Teckning: Bild 4 Peter Sjömar



Bild 4

Beskrivning av stommen och möjliga historiska putslager

Det är troligt att det även finns partier på kyrkan som fortfarande har kvar puts som är tidigare än 1688. Putser före 1688 bör vara placerade på de ytor av kyrkan som minst har påverkats av restaureringar.

Jag har valt att markera kyrkans olika ytor enligt nedan:

Rödton, det ursprungliga långhuset 1200-1299.

Grönton, utbyggnaden 1688.

Blåton, timmerreparationen av stommen troligen före 1688.

På södra sidan återstår ca två tredje delar av det gamla långhuset. Flera förändringar är gjorda av stommen, så som förstöring av fönster, rivning av vapenhuset, samt att ingången murades igen. Av den anledningen är det troligast att puts före 1688 i finns mellan fönstret och den ursprungliga ingången (se bild 5).

Det är rimligt att anta att norra sidan av det ursprungliga långhuset, under timmerpåbyggnadens undre kant, fram till korets utbyggnad, samt västra sidan från sydvästra hörnet fram till vapenhuset är ytor som kan ha puts lager före 1688 kvar (se bild 6, 7).

Östra sidan är förutom fönsterförstöringen i stort sett orörd från 1688, samma sak är det för korets norra vägg fram till det gamla långhuset (se bild 8, 9).



Bild 5



Bild 6



Bild 7



Bild 9



Bild 8

NULÄGESBESKRIVNING AV PUTSYTORNAS MATERIAL OCH UTSEENDE

Begreppsförklaring:

Spritputs/ rappning

Definitionen av putstypen spritputs kommer först i slutet på 1800 talet *E.E Von Rothstein 1890* och beskriver att ballasten i putsbruket består av grovkornig sand eller grus, tidigare putser med liknande textur och utseende har benämnas som stänkrappning eller bara rappning, ballasten beskriv då som en grovkornig sand *Carl Stål 1856. Arvid Henström 1869*. Skillnaden kan verka språklig men spritputs med inslag av grus i sanden ger ett grövre tätare taggigare utseende (se bild 10), medan rappning ger ett mjukare och mindre taggigt utseende (se bild 11). Med utgångspunkt från dessa definitioner ser det ut som om kyrkan är rappad, det vill säga putsbruk baserat på grov sand som har slagits på utan vidare bearbetning.



Bild 10



Bild 11

Slammad puts

Slammad puts byggs upp genom att först stocka ut ett lager och därefter borsta ytan med en borste, beroende på hur mycket den utstockade ytan torkat framträder borstdragen mer eller tydligt (se bild 12).



Bild 12

Bom

Bom är en beskrivning av att putsen har släppt från underlaget, det ger ett ihålligt ljud när man drar med tex en huggmejsel över ytan och kan i vissa fall ge en indikation på putsens kvalité.

Södra fasaden

Södra fasaden är rappad med slätskurade smygar i fönsteröppningarna. Putsen upplevs stabil med bra sammanhållning (Ger motstånd när man gräver med kniv i den): Bindemedlet i ytputsen är troligen lufthårdnande kalk eventuellt svagt hydrauliskt. Fasaden är avfärgad i en vit kulör. Sydfasaden är i stort sett enhetlig i sin textur. Putsen avviker i textur från fönsterbänkarna och ner till marknivå, en höjd på ca 1,2 m samt det sydvästra hörnet från takfot ner till mark (se bild 13, rödbrun markering) med en bredd av ca 80 cm. Avvikelsen beror på återkommande reparationer.

Reparationernas textur kan delas in i två huvudgrupper, spritputs och slammad puts.

Bindemedlet i reparationerna är i huvudsak baserade på cement eller cement och kalk.

Fasaden uppvisar bom i stort sett i sin helhet från fönsterbänkarna och ner till mark. Från en höjd av ca 1,5m ovan mark uppträder bom endast fläckvis. Fasaden uppvisar inga stora sprickbildningar varför man kan anta att stommen är stabil. Mindre antydning på rörelse finns i sydvästra hörnet i anslutning till ett ankarjärn, samt ovan fönstret närmast koringången.

Färgen

Den yttre färgen är brutet vit och består av, ca två till tre lager färg, färgen ger med sig när man skrapar med nagel på den. Under den vita färgen en gul färg. Under den gula färgen en grå, något tjockare än vad normal kalkfärg bygger vid en behandling. Färgen upplevs lite seg och ej spröd som vanlig kalkfärg ofta är. Under den grå en röd kulör som förefaller vara en behandling som föregått den grå, någon sorts grund. Färgerna förefaller i huvudsak uppbyggda av lufthårdnande kalk, förutom den grå och röda. Den grå och röda kan eventuellt ha någon hydrauliskt verksam komponent samt innehålla någon typ av tillsats, t.ex. pigment eller fyllnadsmedel (se bild 14).



Bild 13

Norra fasaden

För att lättare göra beskrivningen begriplig delas beskrivningen in i kor och långhus

Kor

Norra fasadens kor är rappad med rappade fönstersmygar. Putsen upplevs stabil, kanske något mager (lätt att gräva i med kniv). Bindemedlet i putsen är troligen lufthårdnande kalk, eventuellt svagt hydrauliskt. Fasaden är avfärgad i en vit kulör. Koret är i stort sett enhetligt i sin textur med undantag från avvikelser i anslutning till takfoten och ca 60 cm ner på fasaden. Texturen i takfoten påminner om slevdragen puts med kanten på slevan. Utöver detta så finns avvikelser i anslutning till mark och det nordöstra hörnet (se bild 15, rödbrun markering). Avvikelsen beror på reparationer som skiljer sig från den enhetliga textur som fasaden har i övrigt (rappningen). Höjden på den avvikande ytan är ca 60cm räknat från marknivå och har en längd motsvarande korets längd, putsen kan beskrivas som cementbaserad spritputs. Reparationen i anslutning till stupröret sträcker sig från takfot till marknivå och har en bredd av ca 20 cm, ytan kan beskrivas som cementbaserad slättriven puts. Korets fasad uppvisar bom endast fläckvis 1m ovan mark, där under övervägande bom. Fasaden har inga stora sprickbildningar varför man kan anta att stommen är stabil. Mindre antydning till rörelse finns i skarven mellan kor och långhus (se bild 15, svart lodrätt streck).



Bild 14



Bild 15

Långhus

Det gamla långhuset har en kraftig utbuktning i fasaden. Långhusets stomme består av två tredje delar gråsten och en tredje del timmer(reparation 1671). Norrsidans långhus har ingen enhetlig textur. Fasadens färg är brutet vitt, som kyrkan i övrigt. Långhuset har en mångfald av texturer i fasaden, orsaken är användandet av olika putstyper vid de återkommande reparationerna. Cement eller cement och kalkbaserad sprit och slamad puts dominerar från

underkant timmerreparationen ner till marknivå (se bild 15, rödbrun markering). Putsen på den övre tredjedelen av fasaden är slät utan synliga spår av skurning eller borstdrag. På det nordvästra hörnets övre del, på den utskjutande delen av timmerknuten återkommer spritputsen. På några ställen av långhusets fasad har den yttre putsen flagnat av och där syns den underliggande putsen. Färgen på den underliggande putsen är ljust beige och påminner om läder (se bild16). Putsmaterialet är hårt men samtidigt segt när man gräver i det med kniv. Bindemedlet är troligen en höghydrauliskt kalk. Den underliggande putsen har flera lager av färg på ytan i samma kulör som putsen. Färglagren är ganska tjocka och det syns tydliga spår efter pensel/borst drag i färgen (se bild 17).

Bom förekommer övervägande från 1m över marknivå, där under minskande. Fasaden uppvisar inga stora sprickbildningar varför man kan anta att stommen är stabil. På det nordvästra hörnets övre del på den utskjutande delen av timmerknuten finns en spricka som troligen beror på naturliga rörelser hos timret. Insidan av timmerstommen uppvisar tecken på fukt och insekts angrep i anslutning till tidigare nämnda spricka (se bild 18).

Färgen

Beskrivningen avser färglagren på kor och långhus. Den yttre färgen är brutet vitt och består av ca: tre till fyra lager färg. Färgen ger med sig när man skrapar med nagel på den. Under den vita färgen en gul färg. Under den gula färgen en grå. Den grå är något tjockare än vad normal kalkfärg får vid en behandling, den upplevs något seg och ej spröd som vanlig kalkfärg ofta är. Under den grå ett ljust gulvitt färglager. Den ljusa gulvita färgen ger inte med sig när man skrapar med nagel på den (se bild 19). Bindemedlet i färgerna förutom den grå förefaller vara uppbyggd på lufthårdnande kalk. Bedömning av den grå färgen, se södra fasaden.

Östra fasaden

Fasaden och fönstersmygarna är rappade. Fasaden är avfärgad i en brutet vit kulör likt kyrkan i övrigt. Det är svårt att få en enhetlig bild av fasadens textur, då den är uppbruten av två fönster och en stor stentavla. På en höjd av ca: 2,3 m över markytan finns en skarv i putsen som uppkommit av att den undre putsen överlappar den övre (se bild 20, gul markering). Rappningen ovanför skarven har samma textur som rappningen på korets norra sida.

Den övre putsen ger ett intryck av att vara mager (mycket sand i förhållande till bindemedel) och porös när man gräver i den med kniv. Den undre putsen upplevs stabilare och är inte så lös och mager med samma provningsmetod. De återkommande reparationerna på fasadens nedre del är av samma typ och material som på syd och nord sidan (se bild 20, brunröd



Bild 16



Bild 17



Bild 18



Bild 19

markering). Det är övergripande bom på fasaden från fönsterbänkarna och ner till marknivå, där över fläckvis. Fasaden uppvisar endast några sprickor i fönstrens övre del samt den tidigare nämnda sprickan i det sydöstra hörnet. Där utöver inga större sprickbildningar som kan tyda på rörelser i stommen.

Färgen

Färgen och färglagren på putsen över skarven(2,3 m från marknivå) har samma kronologi som färgen på korets norra vägg. Se färg norra fasaden.

Färgen och färglagren på putsen under skarven(2,3 m från marknivå) har samma kronologi som färglagren på södra fasaden. Se färg södra fasaden.



Bild 20

Västra fasaden på högra sidan av vapenhuset

Västra fasaden har ingen enhetlig textur utan består i huvudsak av återkommande reparationer av spritputs och rappning. Bindemedlet i reparationerna består av cement eller cement och kalk. I de äldre rappningarna troligen låg hydraulisk kalk. Fasadens färg är brutet vitt som de övriga fasaderna (se bild 21). Fasaden uppvisar övergripande bom. Fasaden uppvisar inga sprickbildningar som kan tyda på några rörelser i stommen.



Bild 21

Färgen

Färglagrens kronologi är svårt att bestämma på grund av lagningarna. Det gick att finna två lager, det vita ytterst och ett underliggande gult. I anslutning till vapenhusets panelbräder ca: 1,8 m från marknivå finns ett litet hål i den yttre putsen, där syns en underliggande puts/rappning med ett ljus gulvit färglager (se bild 22). Avfärgningen består av ett färglager och är ganska stabil. Färgen ger inte med sig när man skrapar med nagel på den som en vanlig kalkavfärgning skulle ha gjort.



Bild 22

Västra fasaden på vänster sida

Västra fasadens övre del ca 1/3 av fasadens höjd består av timmer. Fasaden har en enhetlig textur av spritputs. Bindemedlet förefaller vara ren cement. Fasadens färg är vit. Fasaden är till största delen angripen av rödalger (se bild 23). Fasaden uppvisar ingen bom på stenyterna. Fasaden uppvisar sprickbildning i det västnordliga övre hörnet på timmerknutens yttre ände.

Timmerväggens insida uppvisar tecken på fukt och insektsangrep.



Bild 23

Färgen

Färgen är vit och har inga andra underliggande färglager. Bindemedlet i färgen är troligen cementbaserat

PUTSARKEOLOGISK UNDERSÖKNING

Putserna beskrivs utifrån upptagna hål, beskrivningen avser endast de underliggande putserna. För beskrivning av den yttre putsen, se nulägesbeskrivning av putsmaterialets utseende och material, Norra fasaden Kor

Hål A-0

På vänster sida av korets fönster har ett hål, A-0 tagits upp (se bild 24).

Under den yttre putsen, A-1, finns det två typer av putsrester. En liten rest A-2 samt tunna rester från en tidigare puts A-3.

Putsresterna sitter på gråstenen.

Putsen A-2 är liten så det är svårt att få någon uppfattning om dess textur. Den har en ljust gulvit färg, färgen är hårdare än normal kalkfärg. Putsmaterialet verkar ha ett normalt blandningsförhållande, ca 1:3 och upplevs inte speciellt hårt när man karvar i det med kniven. Eventuellt kan det vara en rest från en tidigare lagning, men kan lika väl ha samröre med putsen ovan takfot. Om så är fallet så kan det ha varit en heltäckande puts som föregåtts av rappningen. Det går inte att säga något mer om denna puts i nuläget, det är bättre att återkomma till detta när färgen har tagits bort. Putsresterna A-3 är knappt en halv millimeter tjocka och är med stor sannolikhet rester från originalputsen (ombyggnaden 1688), de har en gulbeige färg och har bra vidhäftning till gråstenen.



Hål C-0

Vid den andra ankarslutaren från fönstrets vänstra sida har ett hål C-0 tagits upp (se bild 25). Under den yttre putsen C-1 finns det en rest av puts C-2. Putsresten är 1-2 mm tjock har en gulbeige färg. Putsen innehåller nästan ingen ballast och upplevs hård när man karvar i den med kniven. Det är samma puts som i hål A-0 betecknas A-3 (originalputs).



Hål B-0

På höger sida om korets fönster har ett hål B-0 tagits upp (se bild 26).

Under den yttre putsen B-1 finns två begränsade ytor av tidigare putser. Putsyta B-2 och putsyta B-3. Putsyta B-2 är större och sträcker sig in i fönstersmygen utan att det finns antydan till skarvar. Putsen följer underlaget och upplevs vara ganska tunn, här och var skymtar underlaget fram (gråstenen). Putsens innehåller nästan ingen ballast och upplevs hård

och homogen när man karvar i den med kniven. Putsytan uppvisar tydliga verktygsspår. Putsen har en gulbeige färg. Det finns endast enstaka lager av färg på ytan, färglagret har samma färg som putsen och är ganska tjockt. Putsen är av samma typ som C-2 och A-3 och är originalputs från ombyggnationen 1688. Puts yta B-2 överlappar putsyta B-3 (se bild 27). Putsyta B-3 är uppbyggd av flera lager, närmast underlaget ett något tjockare ljus gulvitt lager B-4, de ovanpåliggande lagren är tunnare och har en gulbeige färg (se bild 28). De



tunnare lagren är varvade med avfärgningar, slammor. Orsaken till färgskillnaden på putslagren kan bero på att råmaterialet (kalkstenen) till bindemedlet i putsen kommer från olika kalkstenstyper.

SLUTSATS/ANALYS

Byggnadshistorien, Nulägesbeskrivning av putsytornas material och utseende, Putsarkeologisk undersökning

När kyrkan uppfördes 1200-1299 putsades det dåvarande långhuset och koret i sin helhet. Putsen hade en varierade tjocklek men följde i huvudsak underlagets konturer. Fasaden har underhållits genom återkommande putslagningar och avfärgningar som kan liknas med tjocka slammor. Råmaterialet (kalkstenen) för framställning av bindemedlet för underhåll och avfärgning har varierat, där av skillnaden i färg. Materialet i puts och slammor har i huvudsak utgjorts av bindemedel med hydrauliska egenskaper med liten eller inga inslag av sand eller annan ballast. Det är troligt att vid de återkommande underhållen har löst sittande puts och färg avlägsnats. Av den anledningen kan inte lagerföljden hos putsen användas som en exakt kronologi över i vilken ordning som omputsningar och avfärgningar har skett. Där i mot så ger det en uppfattning om den tidens arbetsmetoder och materialkunskap. Dessa arbetsmetoder och material har bidragit till kyrkans utseende och karaktär.



Vid ombyggnationen 1688 breddades koret till långhusets liv och kyrkan förlängdes något. Kyrkans utseende bibehölls i stort sett på grund av att arbetsmetoderna var de samma. En uppfattning om hur kyrkan har sett ut ser man på puts ytan B-2 i hål B-0 (se bild 26). I hål B-0 som är beläget precis över skarven mellan koret och det gamla långhuset kan man se att 1688

års puts (B-2) tonar ut i intet över 1200 tals putsen (se bild 27, 28). Det är troligt att endast tillbyggnaden putsades varpå hela byggnaden avfärgades med en tjock slamma för att ge ett enhetligt utseende. Putsarbetena vid ombyggnationen 1688 tillförde i stort sett inget till kyrkans utseende, där i mot är det en tydlig förändring hos råmaterialet för framställan av bindemedel. 1688 års puts är betydligt hårdare och har en mörkare färg än vad den underliggande delen av putsen har från 1200 talet (se bild 28, putsmarkering B-4). Under 1700 talet förändras inte stommen i någon större omfattning. Fisher nämner att ett fönster togs upp i väster 1740 och ett i norr 1741. I övrigt stod kyrkan orörd förutom smärre underhåll. Vilket fönster som togs upp i norr nämns inte, men det är troligt att det redan fanns ett fönster i det gamla långhuset, och att det var korets fönster som togs upp.

Den tydligaste skillnaden mellan de äldre och de yngre putserna är att putsens sammansättning och arbetsmetoder förändrats, och därmed dess utseende. Orsaken till förändringarna bör ses i ett vidare perspektiv och har sin grund i att tegel blir allt vanligare som byggnadsmaterial under 1700 talets andra hälft, för att under 1800 talets andra hälft vara det mest använda byggnadsmaterialet i våra städer.

Sammantaget så bygger detta upp en ny hantverkstradition och den gamla faller i glömska.

Från 1829 och fram till 1800 talets slut har kyrkan genomgått flera förändringar i stommen. Rivningen och flyttningen av vapenhuset samt fönsterförstörelsen. Dessa förändringar i kombination med nya stilideal bör ha varit upprinnelsen till kyrkans utseende i dag. Dateringen på dessa förändringar är osäker och där med också när putsen/putserna har kommit till.

Om det är så att vapenhuset revs 1829 och att fönstren förstörades samt att en port togs upp i väster så bör detta ha föranlett en omputsning av kyrkan, hur denna puts har sett ut vet jag inte. Men i håll A-0 finns en putsrest A-2 (se bild 24) som eventuellt kan kopplas till en yta under takfoten, möjligen så är det en rest från en tidigare heltäckande puts som funnits före den senare rappningen. Troligen tillkommen under 1800 talets slut i samband med att fönstren förstörades och ett nytt vapenhus uppfördes framför den befintliga västra ingången. Att rappningen tillkom före vapenhuset påvisas av att rappning går in bakom panelbrädan på vapenhuset (se bild 29). Den putsrest som ligger under rappningarna är troligen den ursprungliga eller tillkom 1688.

Av åtgärdsförslaget från Adolf Niklason framgår att trasig puts nerknackas, det är troligt att större delen av södra fasaden och halva östra fasaden knackades ner och putsades om vid renoveringen 1939. Detta antagande stöds av den nedan beskrivna färgkronologin.

I färglagren på södra och norra fasaden finns det skillnader, dels i färg samt i ordningsföljden. Ordningsföljen är samstämmig på de bägge putserna ner till det grå färglagret, därefter skiljer de sig åt, detta tyder på att det är två olika putser. Det är troligt att södra fasaden och östra fasadens nedre del putsades om vid renoveringen 1939. Från renoveringen 1939 och fram till i dag har kyrkan underhållits genom avfärgning och putsreparationer.



Foton /bild 5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,19,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29

Jonny Eriksson

Foto/bild 18 Nils Erik Andersson

ÅTGÄRDSFÖRSLAG

Motivering

Det är min bedömning att putsen på Väla kyrka har ett stort kulturhistoriskt och teknikhistoriskt värde som det är viktigt att ta hänsyn till vid renoveringen av putsen. Min uppfattning om hur dessa värden bäst bevaras är att man försöker behålla så mycket som möjligt av de ursprungliga putserna. Det är lätt att bli fördömande över den behandling som kyrkans puts har fått under i huvudsak de sista 70 åren. Det förefaller dock som om inställningen att reparera utan att ta bort för mycket av de äldre putserna har gjort att det är möjligt att beskriva hur kyrkan har sett ut under tidigare århundraden.

Putsen kan ses som ett källmaterial som kan ge information om ekonomi, byggnads och teknikhistoria, varför de bör bevaras och skyddas för framtiden. Putsens nuvarande textur fick kyrkan under 1800 talets slut helt i linje med rådande stilideal, enligt min bedömning influerat av de sena 1800 tals kyrkorna. Mitt förslag är att återgå till den slätare textur som kyrkan hade tidigare. Det medför att man inte behöver lägga ett nytt heltäckande lager av puts på de ytor som fortfarande har kvar sin ursprungliga textur. I dag så är dessa putser i huvudsak placerade på det gamla långhusets norra vägg. Korets norra vägg har av vad som syns i de hål som är upptagna förmodligen ränsats ganska väl från heltäckande putser. Om detta stämmer så kan man anta att det ser likadant ut på östra, södra och västra fasderna då dessa väderstreck är hårdare belastat. Väl representativa ytor från 1800 talets slut och från renoveringen 1939. bör sparas under den nya putsen på några ställen för att inte bryta putskronologin. Ytornas placering dokumenteras

ARBETSBESKRIVNING INFÖR FASADRENOVERINGEN .

Undersökningar och provytor

Väla kyrka har genom århundraden genomgått mindre reparationer och underhåll som inte finns dokumenterat. Det är svårt att få en uppfattning om reparationernas storlek, material och antal innan man har tagit bort färgen. För att inte påverka renovering med förseningar på grund av undersökningar och provytor så är det viktigt att arbetet med att ta bort färgen utförs i god tid före själva putsarbetena startar.

Följande åtgärder bör göras efter att färgen är borttagen:

- Analyser av de befintliga putsbruken
- Provytor av den tänkta ytputsen.
- Identifiering av vilka lagningar som bör tas bort samt vilka ytor som skall bevaras.

Återuppbyggnadsarbeten / omputsning

Befintliga färglager på långhusets fasader.

Befintlig färg utgörs av tjocka färgskikt. Den yttre färgen kan beskrivas som bruten vit kalkfärg. Färgen har applicerats med pensel. Färgen har grön algpåväxt mellan färglagren, detta gäller hela kyrkans yttre färglager. Ytlig algpåväxt, svart och röd i hela vänster sida av västfasaden, i övrigt återkommande i huvudsak från fönsterbänkarna och ner.

Borttagning av befintlig färg.

Färgborttagningen startar med återkommande vatten begjutning /blötläggning av fasaden. Efter blötläggningen fortsätter borttagningen med högtryckstvätt, trycket anpassas efter underlagets hållfasthet för att borttagningen skall vara så skonsam som möjligt. Högtryckstvättningen kompletteras med handskrapa och stålborstning. Skrapning, stålborstning och högtryckstvättning sker ner till närmsta hållbara skikt.

Behandling av algpåväxt

För att motverka återkommande algpåväxt behandlas den rengjorda fasaden med algmotverkande medel (Bental), leverantör Målar kalk. Medlet appliceras med roller och skall verka i 24 timmar, därefter sköljs fasaden med vatten en gång, sköljningen sker med vattenslang och finspridar munstycke.

Förarbeten av underlaget

Underlaget rengörs till fast underlag, lösa putsrester och lösa putsbitar avlägsnas från underlaget. Underlaget borstas med piassavakvast samt efterkommande högtryckstvättning med vatten. Bilning för att avlägsna puts sker i samråd med berörda myndigheter. Efter tvättning får fasaden stå och torka upp, innan grundningsskiktet påförs.

Materialbeskrivning: Grundningsbruket

Grundningen består av torrsläckt kalk och sand i en relation på 1:2. Kalkbindemedlet är framställt från kalksten tagen i alunskifferlagret som är bruten i Kakeles kalkbrott på Kinnekulle. Kalkstenen är sedan bränd i en kalkugn belägen vid Göteborgs universitet/Kulturvård Mariestad. Släckningen (omvandling från bränd till släckt kalk) är även utförd på nämnda utbildnings säte. Sanden är en fingjutsand benämnd som takpannesand och är levererad av Bender.

Arbetsbeskrivning: Grundning

Appliceringen av grundningen utförs genom att grundningsbruk borstas in i underlaget med en styvbortse till en tjocklek av 1-2 mm. Särskild omsorg läggs vid anslutning till befintlig puts. När underlaget består av natursten måste ytorna vara torra och dammfria, övriga sugande underlag kan förvattnas lätt vid behov. Restriktivt förhållnings sätt till förvattning gäller.

Materialbeskrivning: Utstockningsbruket

Utstockningen består av 1 del torrsläckt och 1 del våtsläckt kalk samt 5 delar sand (1:1:5). Den torrsläckta kalken och sanden är samma som beskrivs under material till grundning. Den våtsläckta är till skillnad från den torrsläckta släckt med ett överskott av vatten, i övrigt är råmaterialet det samma.

Arbetsbeskrivning: Utstockning

Underlagets ytor skall vara torra och rena. Underlaget och omgivande putsytor kan fuktas lätt om underlaget sugning tillåter det, restriktivt förhållningssätt till förvattning gäller. Särskild omsorg läggs vid anslutning till befintliga puts för att säkerställa vidhäftning mellan putserna. Tjocklek per påslag ca 10 mm. Utstockningen slås på och avjämnas med kanten på slevan för att erhålla en skrovlig yta, lämnas sedan att torka. Om utfyllnaden är djup så att flera utstockningar krävs ska dessa ges tid att torka allt från 3-4 dagar till upp mot en vecka beroende på påslagets tjocklek och utfyllnadens djup innan nästa påslag. Om utstockningen når färdig yta sker behandling enligt följande.

Utstockningen avjämnas med slevens kant var efter den jämnas till med t.ex. baksidan av sleven. särskild omsorg läggs vid att utstockningen ansluter kant i kant (livar) med omgivande putslager.

Efter att utstockningen har torkat/styvnat till/ satt sig skrapas ytan med kanten på sleven för att få bort den glättade ytan som uppkommer vid avjämning med baksidan på sleven. Denna arbetsoperation är nödvändig för att säkerställa bra fäste för nästkommande putslager . Beakta att ingen puts appliceras på glättad yta samt att putsskarven mellan nytt och gammalt skäggas av från bruksstänk och tunna överlappningar.

Materialbeskrivning av Ytputs/Slamma

Ytputsen/slamman består av 1 del torrsläckt kalk och 1 del våtsläckt kalk samt 3 delar sand (1:1:3). Den torrsläckta och den våtsläckta kalken är samma som tidigare beskrivits. Sanden levereras av Råda sand i Lidköping, den levereras torr på säck ca 25 kg.

Arbetsbeskrivning: Ytputs/slamma

Underlaget skall vara fast torrt och rent, övergångar mellan putsytor skäggas av med spackel. Slammans konsistens skall motsvara normal konsistens för grov puts. Slamman påförs med plafondpensel med kluvna borst, plafondpenseln fuktas och slås fri från fritt vatten var efter den stöpplas med borständarna i bruket. Slamman borstas in i underlaget med kryssstrykning till avsedd jämnhet och täckning. Eventuellt kan ytan först bearbetas lätt med snut och därefter torka innan slamman påförs. Beslut tas efter utvärdering av provytor.

Ytputsens funktion

- Att jämna ut putsunderlagets olika nivåer så att de ansluter till varandra utan skarpa kanter .
- Att jämna ut underlagets olika sugning och färg
- Att ge färgen ett gott fäste
- Att vara reversibel
- Att vara en bestämbar behandlings metod för fortsatt underhåll

Materialbeskrivning: Kalkfärgning

Bindemedlet till kalkfärgen består av våtsläckt kalk av tidigare beskriven sort .

Blandningsförhållandet mellan kalk och vatten är 25kg kalk på 125 liter vatten. Kalkfärgen tillverkas i ett större rent kärl t.ex. oljefat (200liter). Degen vispas upp med maskin och färgen fördelas på hinkar. Under målningsarbetets gång se noga till att färgen omröres väl.

Arbetsbeskrivning: Kalkavfärgning

Underlaget skäggas av från bruksrester, Underlaget kan förvattnas lätt om underlaget sugning tillåter det. Restriktivt förhållnings sätt till förvattning gäller. Avfärgning på underlag mättat på vatten får inte ske. Underlaget skall kunna ta åt sig färgen utan rinningar. Färgen påförs underlaget med plafondpensel med kluven borst. Strykningsmetoden är kryss eller halvmåne. Strykningen utförs våt i våt för att för att undvika torrskarvar. Anpassa strykningarna så att man inte går i sina gamla hjulspår, varje strykning skall överlappa underliggande skarv. Antalet strykningar är beroende av täckning och kan variera mellan 5-7 gånger, antalet strykningar per dag är en. Den färdiga ytan fixeras med klarvatten som påförs med ryggspruta.

Med restriktivt förhållningssätt avses att ingen generell bedömning för vattning får ske utan varje underlag och arbetsoperation bedöms utifrån sin situation.

Material och arbetsbeskrivning: Revetering av timmervägg

För att kunna beskriva åtgärden vad gäller material och arbetsbeskrivning för revetering av timmerväggarna på norra och västra sidan behöver jag veta mer om väggens tillstånd. Jag inkommer med komplettering av åtgärdsförslaget när ställning är rest och väggen är rensad från puts.

BILAGOR

Bilaga C: MILJÖRAPPORT FRÅN KAKELEDS KALKBROTT 2011

1. Verksamhetsbeskrivning

4 § 1. Kortfattad beskrivning av verksamheten samt en översiktlig beskrivning av verksamhetens huvudsakliga påverkan på miljön och människors hälsa. De förändringar som skett under året ska anges.

Allmänt råd: Det bör vara tillräckligt att beskrivningen av påverkan på miljön och människors hälsa görs genom att t.ex. ange att påverkan utgörs av utsläpp till luft, utsläpp till vatten, buller, lukt, avfall, påverkan genom produkter eller genom tillverkade produkter eller genom att produktionen kräver en stor insats av energi, råvaror eller omfattande transporter.

Verksamhetens målsättning är att bevara och lära sig kalkbränning enligt gamla metoder och att kunna använda producerad kalk i dess rätta sammanhang. Göteborgs universitet och Hantverkslaboratoriet har behov av lokal kalk för tillverkning mur- och putsbruk för forskningsändamål och pedagogisk verksamhet, samt affärsutveckling och projekt inom restaurering av kulturhistoriska byggnader.

2. Tillstånd

4 § 2. Datum och tillståndsgivande myndighet för gällande tillståndsbeslut enligt 9 kap. 6 § miljöbalken eller motsvarande i miljöskyddslagen samt en kort beskrivning av vad beslutet eller besluten avser.

Allmänt råd: Beslutsmeningen i beslutet om tillstånd kan t.ex. anges. Villkor för verksamheten bör endast redovisas under punkt 7.

Datum	Beslutsmyndighet	Beslutet avser
2007.06.07	Länsstyrelsen i Västra Götaland	Täkttillstånd Föreningen Kinnekulle Kalkbrännare
2010.10.08	Länsstyrelsen i Västra Götaland	Övertagande av täkttillstånd, Göteborgs universitet, Hantverkslaboratoriet

3. Anmälningssärenden beslutade under året

4 § 3. Datum och beslutande myndighet för eventuella andra beslut under året med anledning av anmälningsskyldiga ändringar enligt 21 § förordningen (1998:899) om miljöfarlig verksamhet och hälsoskydd samt en kort redovisning av vad beslutet eller besluten avser.

Datum	Beslutsmyndighet	Beslutet avser
2010.10.08	Länsstyrelsen i Västra Götaland	Övertagande av täkttillstånd, Göteborgs universitet, Hantverkslaboratoriet

4. Andra gällande beslut

4 § 4. Datum och beslutande myndighet för eventuella andra gällande beslut enligt miljöbalken samt en kort redovisning av vad beslutet eller besluten avser.

Kommentar: Kan t.ex. vara anmälningssärenden som är beslutade tidigare år och som fortfarande är aktuella, förelägganden mm.

Datum	Beslutsmyndighet	Beslutet avser
-------	------------------	----------------

5. Tillsynsmyndighet

4 § 5. Tillsynsmyndighet enligt miljöbalken.

Namn

Götene kommun, Miljö och hälsa

6. Tillståndsgiven och faktisk produktion

4 § 6. Tillståndsgiven och faktisk produktion eller annat mått på verksamhetens omfattning.

Tillståndsgiven mängd / Annat mått	Faktisk produktion/ Annan uppföljning
500 ton årligen, totalt 5000 ton	Inget uttag under 2010
Kommentar	
Ingen verksamhet har bedrivits 2010.	

7. Gällande villkor i tillstånd

4 § 7. Redovisning av de villkor som gäller för verksamheten samt hur vart och ett av dessa villkor har uppfyllts.

Villkor	Kommentar
1. Verksamhet enligt ansökan	
2. Material till kulturbyggnader	Hur materialet används ska följas upp
3. Brytning enligt täktplan	
4. Ingen krossning och bränning får ske på täktområdet	
5. Restprodukter skall läggas upp på anvisad plats	Särskilda villkor kring alunskiffer och rödfyrshögar mm
6. Markerade gränser under brytning	
7. Reglering av växtlighet	Bevara träd och buskar, men röja sly
8. God ordning. Ingen extern tippning.	
9. Täkt endast vardagar kl. 7-18	
10. Reduktion av buller	Riktvärden utomhus 50 db
11. Olägenhetsreducering vid sprängning	
12. Olägenhetsreducering vid sprängning	
13. Olägenhetsreducering av damm	
14. Ingen förvaring av petroleumprodukter	
15. Hantering av farligt avfall	
16. Instruktion för efterbehandling av mark	

17. Ingen återfyllning av externa massor	
18. Iordningsställande efter täktillståndets utgång	Maskiner och upplag skall avlägsnas
19. Iordningsställande efter täktillståndets utgång	Samråd. Trappstensformade skyddshyllor
20. Anmälan om slutbesiktning	

8. Naturvårdsverkets föreskrifter

4 § 8. Redovisning av de uppgifter som behövs för att kunna bedöma efterlevnaden av Naturvårdsverkets föreskrifter SNFS 1990:14, SNFS 1994:2, NFS 2001:11, NFS 2002:26 och NFS 2002:28. Där så är möjligt ska uppgifter redovisas i SMP:s emissionsdel.

Kommentar: Det som för närvarande är möjligt att lägga in i SMP:s emissionsdel är huvudsakligen uppgifter i enlighet med SNFS 1990:14 och SNFS 1994:2.

	Aktuell	Ej aktuell
Kontroll av utsläpp till vatten- och markrecipient från anläggningar för behandling av avloppsvatten från tätbebyggelse, SNFS 1990:14		X
Skydd för miljön, särskilt marken, när avloppsslam används i jordbruket, SNFS 1994:2		X
Begränsningar av flyktiga organiska föreningar förorsakade av användningen av organiska lösningsmedel i vissa verksamheter och anläggningar, NFS 2001:11		X
Utsläpp till luft av svaveldioxid, kväveoxider och stoft från förbränningsanläggningar med en installerad tillförd effekt på 50 MW eller mer, NFS 2002:26		X
Avfallsförbränning, NFS 2002:28.		X

Kommentarer av efterlevnaden av aktuella föreskrifter

Ingen verksamhet har bedrivits 2010. Övertagande av täktillstånd skedde 2010.10.08.

9. Sammanfattning av resultaten av mätningar, beräkningar eller andra undersökningar

4 § 9. En kommenterad sammanfattning av resultaten av mätningar, beräkningar eller andra undersökningar som utförts under året för att bedöma verksamhetens påverkan på miljön och människors hälsa. Där så är möjligt ska värden till följd av villkor redovisas i SMP:s emissionsdel.

Allmänt råd: Här bör redovisas de mätningar, beräkningar och andra undersökningar som följer av t.ex. villkor för verksamheten, föreläggande och de föreskrifter som inte omfattas av punkt 8 och kan gälla t.ex. utsläpp, energi och råvaruförbrukning, produktion av avfall samt transporter till och från anläggningen.

Kommentar: Det som för närvarande är möjligt att lägga in i SMP:s emissionsdel är villkorsparametrar som finns med i SMP:s parameterlista.

Ingen verksamhet har bedrivits 2010.

10. Åtgärder som vidtagits under året för att säkra drift och kontrollfunktioner

4 § 10. Redovisning av de betydande åtgärder som vidtagits under året för att säkra drift och kontrollfunktioner samt för att förbättra skötsel och underhåll av tekniska installationer.

Allmänt råd: Här bör redovisas de åtgärder som genomförts som en följd av verksamhetsutövarens egenkontrollansvar.

Ingen verksamhet har bedrivits 2010.

Hantverkslaboratoriet har startat upp ett arbete för att sammanställa information och erfarenheter av tillverkningsprocessen av kalkbindemedel till kulturhistoriska byggnader, från brytning, bränning, släckning och platsblandning. Utredningen utförs av Kristina Bergkvist och förväntas vara klar i april 2011.

11. Åtgärder som genomförts med anledning av eventuella driftstörningar, avbrott, olyckor mm

4 § 11. Redovisning av de betydande åtgärder som genomförts med anledning av eventuella driftstörningar, avbrott, olyckor eller liknande händelser som har inträffat under året och som medfört eller hade kunnat medföra olägenhet för miljön eller människors hälsa.

Allmänt råd: Här bör redovisas de åtgärder som genomförts som en följd av verksamhetsutövarens egenkontrollansvar.

Ingen verksamhet har bedrivits 2010.

12. Åtgärder som genomförts under året med syfte att minska verksamhetens förbrukning av råvaror och energi

4 § 12. Redovisning av de betydande åtgärder som genomförts under året med syfte att minska verksamhetens förbrukning av råvaror och energi.

Allmänt råd: Här bör redovisas de åtgärder som genomförts som en följd av verksamhetsutövarens egenkontrollansvar.

Ingen verksamhet har bedrivits 2010.

13. Ersättning av kemiska produkter mm

4 § 13. De kemiska produkter och biotekniska organismer som kan befaras medföra risker för miljön eller människors hälsa och som under året ersatts med sådana som kan antas vara mindre farliga.

Allmänt råd: Här bör redovisas de åtgärder som genomförts som en följd av verksamhetsutövarens egenkontrollansvar.

Ingen verksamhet har bedrivits 2010.

14. Avfall från verksamheten och avfallets miljöfarlighet.

4 § 14. Redovisning av de betydande åtgärder som genomförts under året i syfte att minska volymen avfall från verksamheten och avfallets miljöfarlighet.

Allmänt råd: Här bör redovisas de åtgärder som genomförts som en följd av verksamhetsutövarens egenkontrollansvar.

Ingen verksamhet har bedrivits 2010.

15. Åtgärder för att minska sådana risker som kan ge upphov till olägenheter för miljön eller människors hälsa

4 § 15. Redovisning av de betydande åtgärder som genomförts under året med syfte att minska sådana risker som kan ge upphov till olägenheter för miljön eller människors hälsa.

Allmänt råd Här bör redovisas de åtgärder som genomförts som en följd av verksamhetsutövarens egenkontrollansvar.

Ingen verksamhet har bedrivits 2010.

16. Miljöpåverkan vid användning och omhändertagande av de varor som verksamheten tillverkar

4 § 16 En sammanfattning av resultaten av de undersökningar som genomförts under året för att klarlägga miljöpåverkan vid användning och omhändertagande av de varor som verksamheten tillverkar samt vilka åtgärder detta eventuellt har resulterat i.

Allmänt råd: Här bör redovisas de åtgärder som genomförts som en följd av verksamhetsutövarens egenkontrollansvar.

Ingen verksamhet har bedrivits 2010.

Bilageförteckning

Lägg till de bilagor som är aktuella för verksamheten.

Bilaga 1. Dokumentsammanställning från Kalkbrännarföreningen

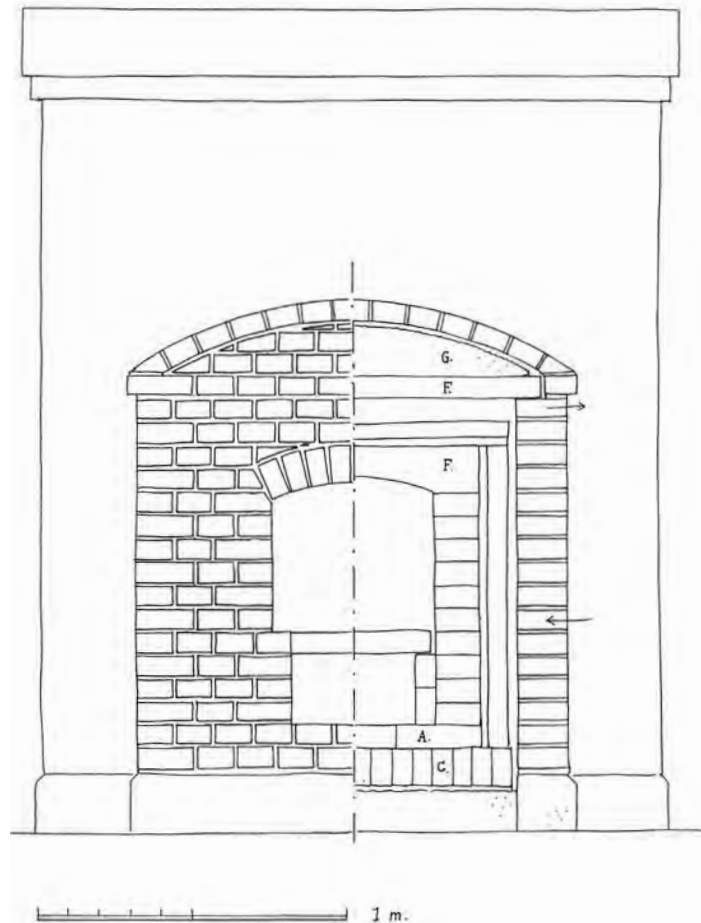
Bilaga 2. Situationsplan

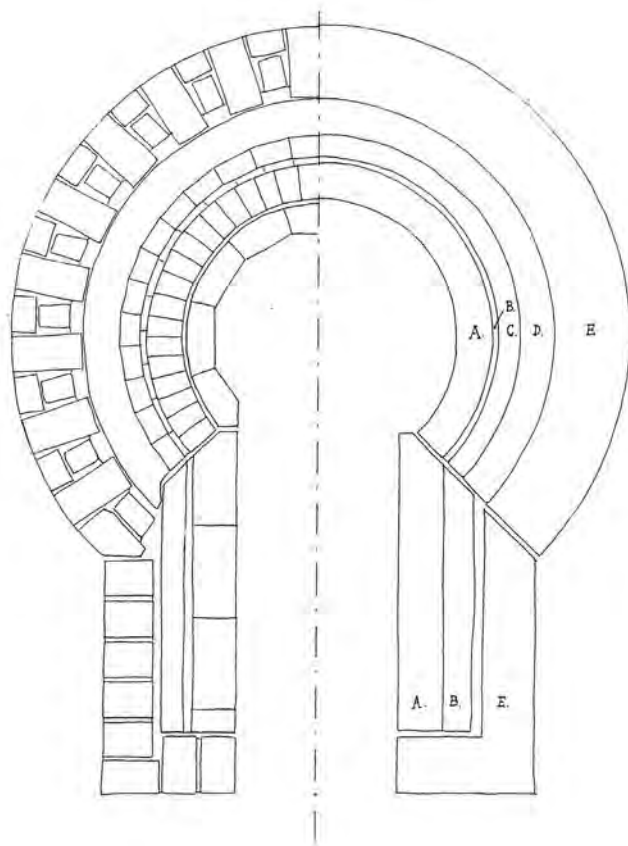
BILAGOR

Bilaga D:
KALKUGNEN JOHANNESBERG

UGNEN I JOHANNESBERG

Ritningar och uppförande

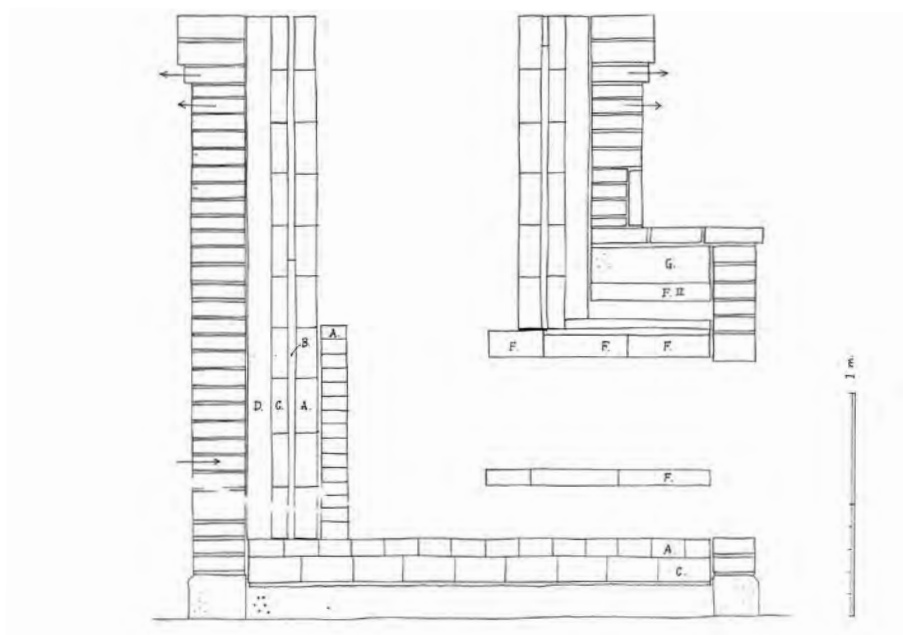




Teckenförklaringar

- A. Eldfast tegel
- B. Skamolex isoleringsskiva (tunn, hård isolerande skiva)
- C. Moler tegel (porös isoleringssten)
- D. Mineralull
- E. Rödtegel
- F. Eldfast gjutmassa
- G. Gjutmassa i lättklinker-cement

□ Lättklinker







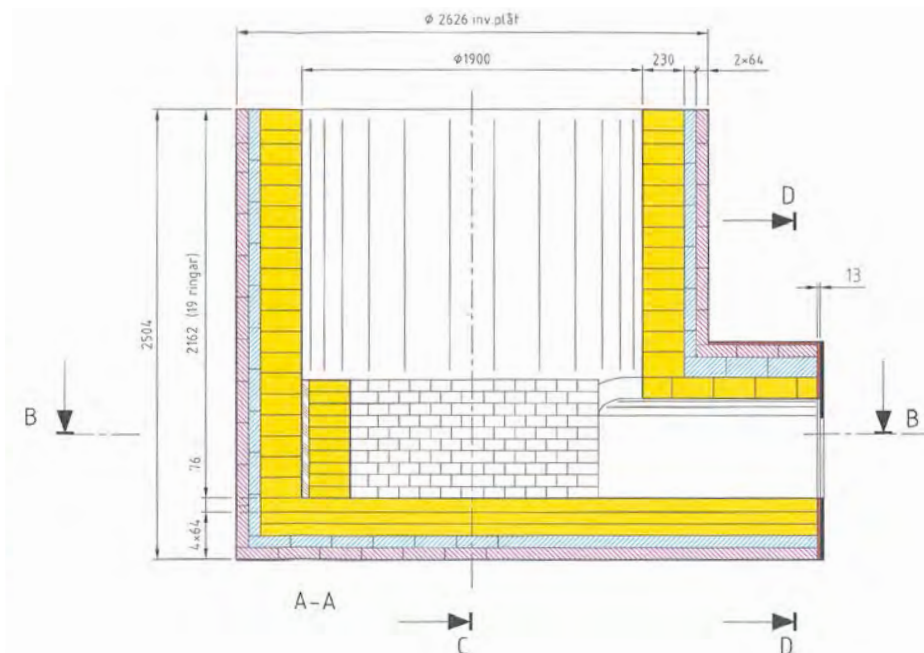
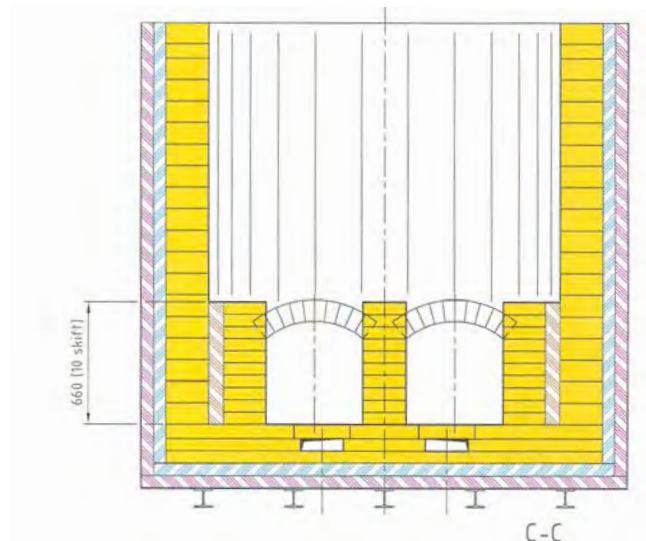


BILAGOR

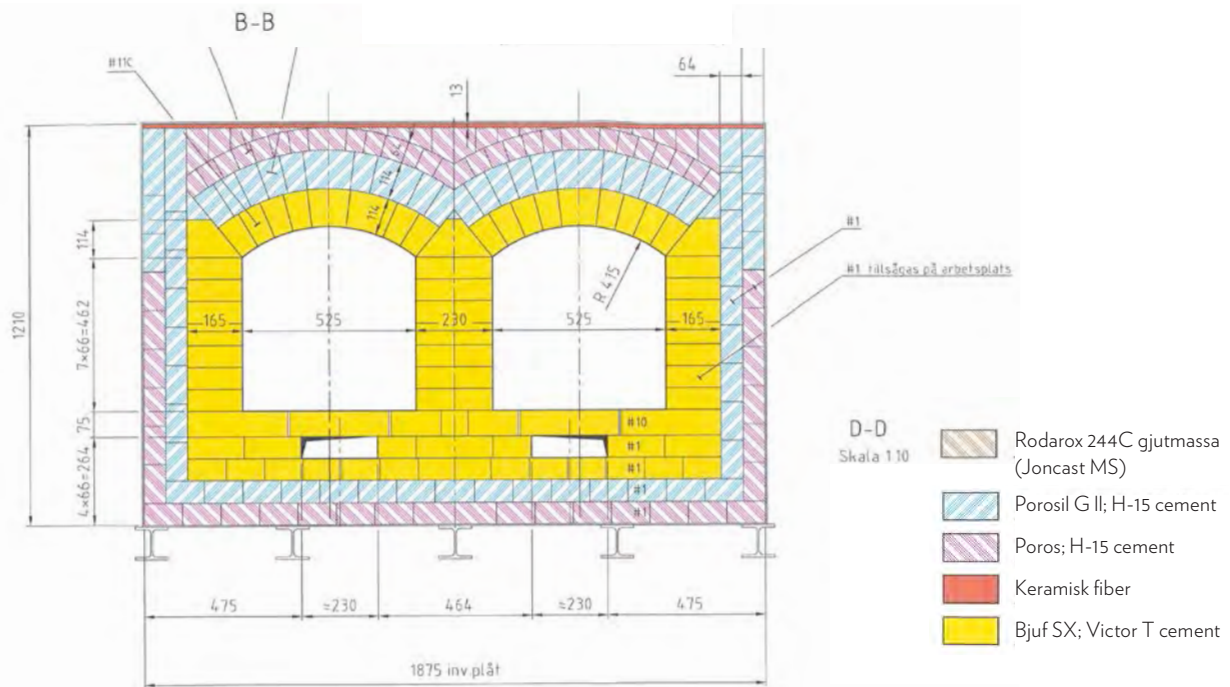
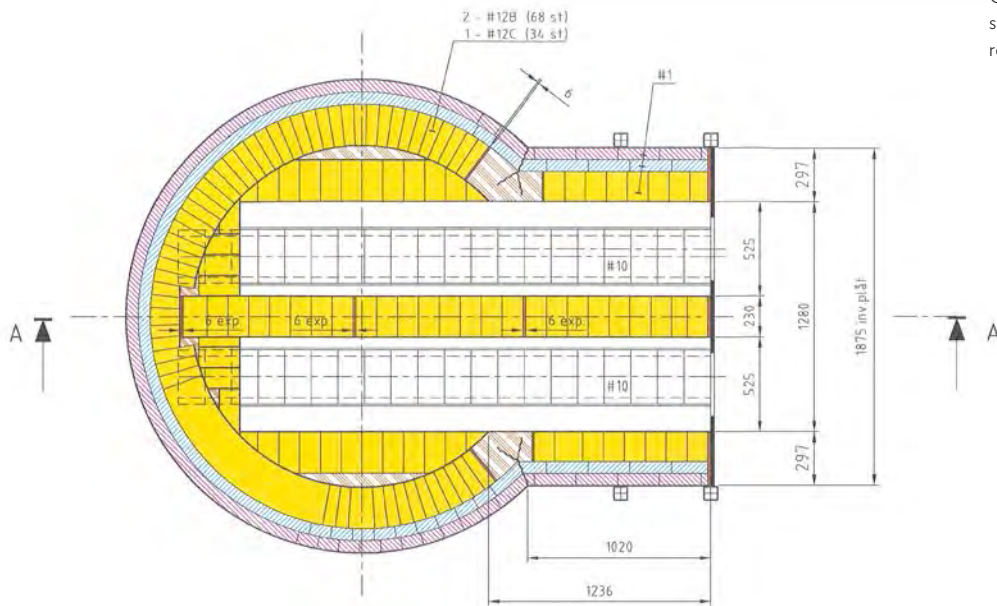
Bilaga E: KALKUGNEN LEVERSTADS INDUSTRIOMRÅDE

UGNEN PÅ LEVERSTADS INDUSTRIOMRÅDE

Konstruktionsritningar



OBS! Ritningarna är inte
skalenligt återgivna eller
relationsritningar.

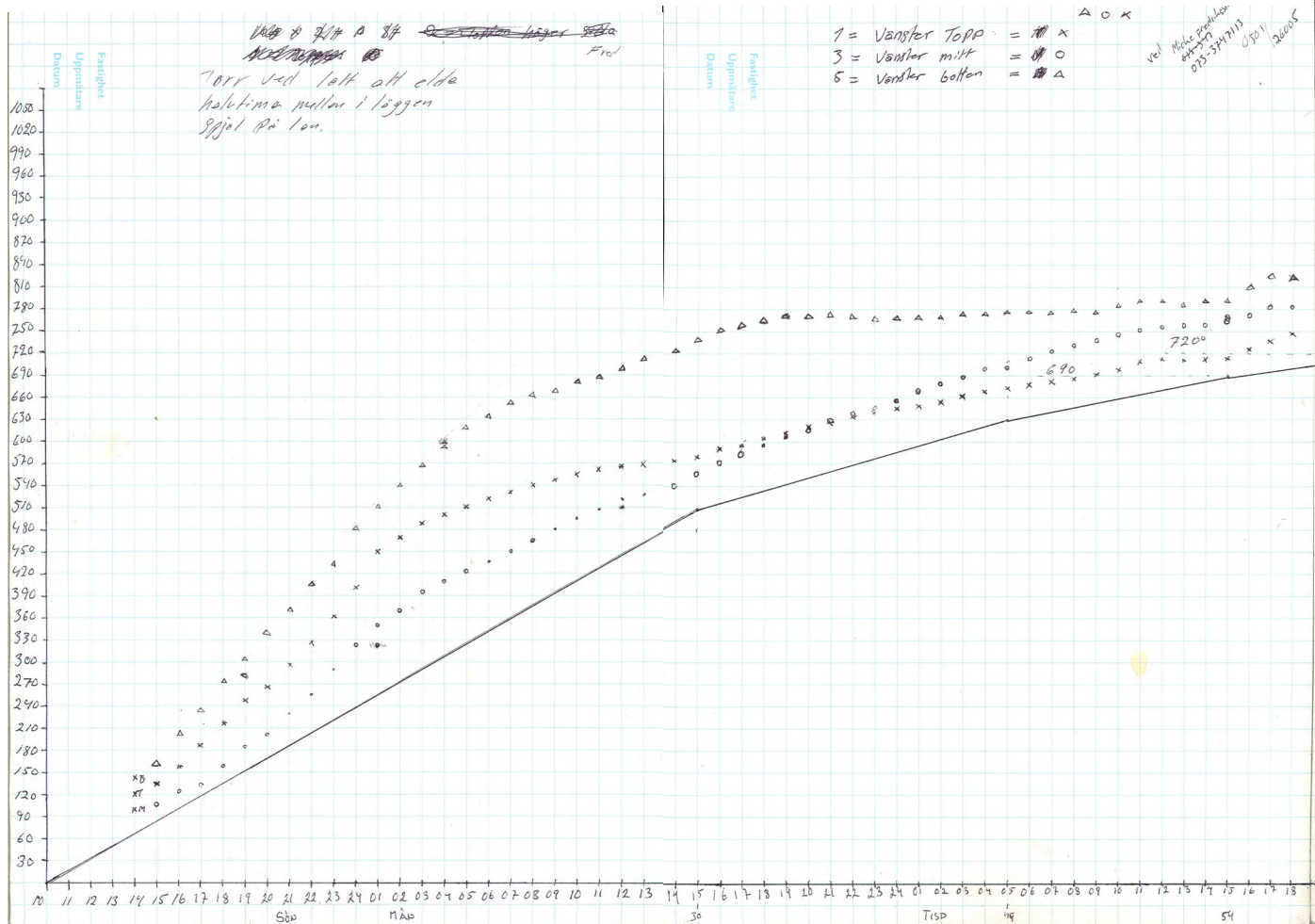


BILAGOR

Bilaga F: PROTOKOLL OCH DIAGRAM FRÅN BRÄNNINGAR

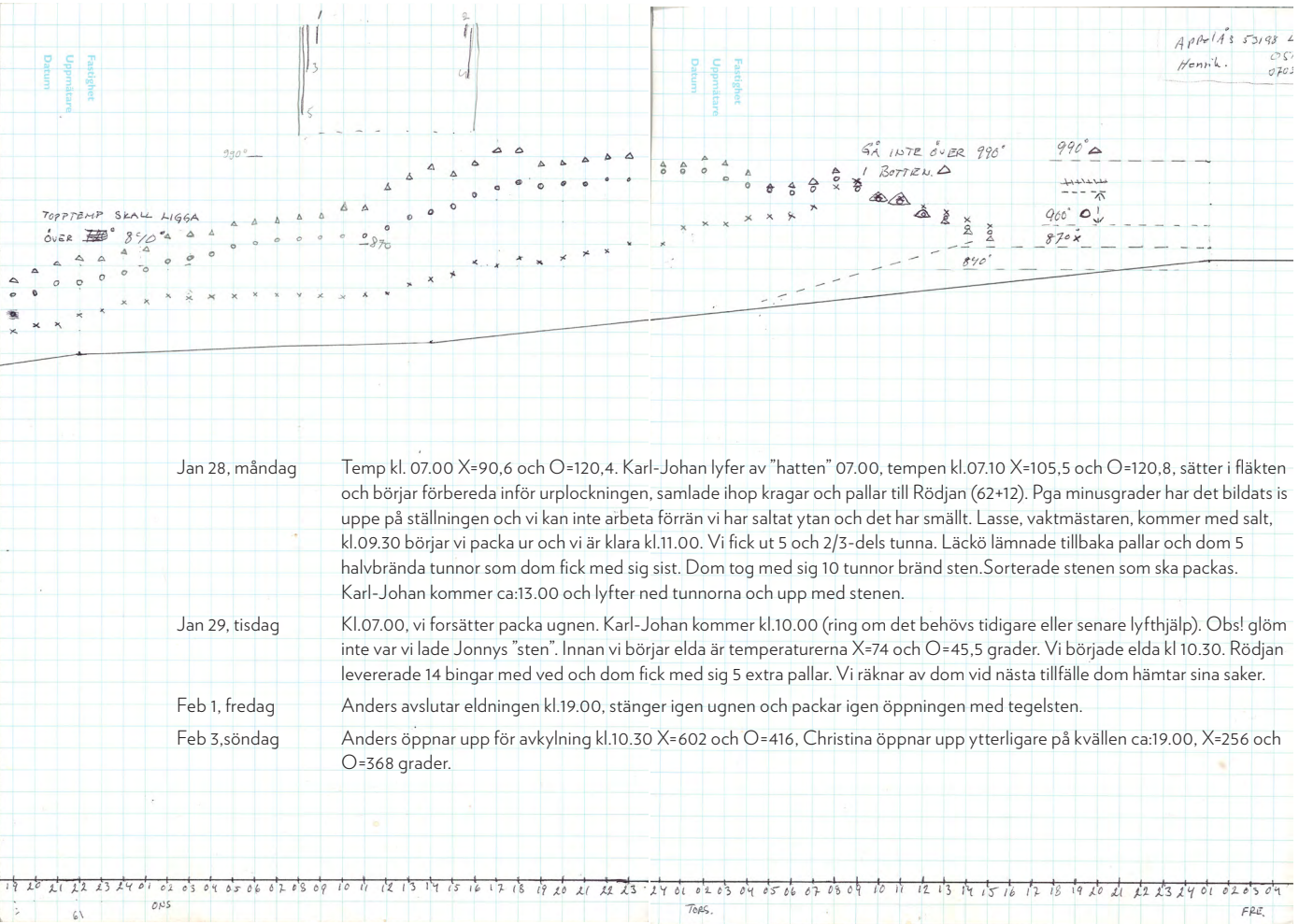
PROTOKOLL OCH DIAGRAM

Från bränningar



Personal och vaktpasstider under vecka 5

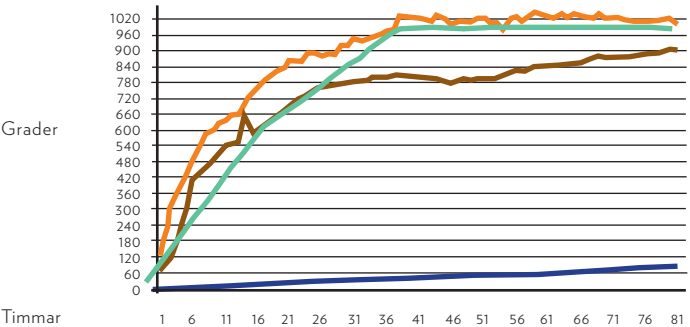
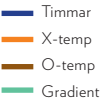
	Dagtid	Kvällstid	Nattetid	Morgontid	Summa
	07.00-18.00	18.00-23.00	23.00-03.00	03.00-07.00	
Jan 28, Måndag	A.F+C.O 22				
Jan 29, Tisdag	C.O+ A.F 22	O.G 5	A.S 4	E.O 4	
Jan 30, Onsdag	C.O + A.F 11	T.A 5	A.S 4	C.O 4	
Jan 31, Torsdag	C.O+ A.F 11	T.A 5	C.O 4	E.O 4	
Feb 1, Fredag	A.F 12	A.F 1			
Summa	78	16	12	12	118



- Jan 28, måndag Temp kl. 07.00 X=90,6 och O=120,4. Karl-Johan lyfer av "hatten" 07.00, tempen kl.07.10 X=105,5 och O=120,8, sätter i fläkten och börjar förbereda inför urplockningen, samlade ihop kragar och pallar till Rödjan (62+12). Pga minusgrader har det bildats is uppe på ställningen och vi kan inte arbeta förrän vi har saltat ytan och det har smält. Lasse, vaktmästaren, kommer med salt, kl.09.30 börjar vi packa ur och vi är klara kl.11.00. Vi fick ut 5 och 2/3-dels tunna. Läckö lämnade tillbaka pallar och dom 5 halvbrända tunnor som dom fick med sig sist. Dom tog med sig 10 tunnor bränd sten.Sorterade stenen som ska packas. Karl-Johan kommer ca:13.00 och lyfter ned tunnorna och upp med stenen.
- Jan 29, tisdag Kl.07.00, vi försätter packa ugnen. Karl-Johan kommer kl.10.00 (ring om det behövs tidigare eller senare lyfthjälp). Obs! glöm inte var vi lade Jonnys "sten". Innan vi börjar elda är temperaturerna X=74 och O=45,5 grader. Vi började elda kl 10.30. Rödjan levererade 14 bingar med ved och dom fick med sig 5 extra pallar. Vi räknar av dom vid nästa tillfälle dom hämtar sina saker.
- Feb 1, fredag Anders avslutar eldningen kl.19.00, stänger igen ugnen och packar igen öppningen med tegelsten.
- Feb 3,söndag Anders öppnar upp för avkylning kl.10.30 X=602 och O=416, Christina öppnar upp ytterligare på kvällen ca:19.00, X=256 och O=368 grader.

Bränningsschema vecka 5, 2008

Tid	Timmar	X-temp	O-temp	gradient	Personal	Tid	Timmar	X-temp	O-temp	gradient	Personal
11.00	1	121	67			04.00	41	1010	793		
12.00	2	219	94			05.00	42	1009	793		
13.00	3	350	149		A.F	06.00	43	1028	795		
14.00	4	391	213			07.00	44	1018	784		A.F
15.00	5	440	305		15.30-C.O	08.00	45	992	775		
16.00	6	490	409			09.00	46	1002	785		
17.00	7	532	430			10.00	47	1004	795		
18.00	8	579	461		O.G						
19.00	9	596	493			11.00	48	1000	790		
20.00	10	627	524			12.00	49	1017	795		
21.00	11	630	539			13.00	50	1020	794		
22.00	12	661	548			14.00	51	1001	793		
23.00	13	658	548		A.S	15.00	52	1003	795		C.O
24.00	14	697	653			16.00	53	980	805		
01.00	15	730	581			17.00	54	1013	813		
02.00	16	750	594			18.00	55	1023	821		T.A
03.00	17	781	611		E.O	19.00	56	1005	821		
04.00	18	795	632			20.00	57	1017	829		
05.00	19	820	650			21.00	58	1038	834		
06.00	20	830	666			22.00	59	1033	837		
07.00	21	856	690		A.F	23.00	60	1028	837		C.O
08.00	22	859	715			24.00	61	1023	839		
09.00	23	856	720			01.00	62	1034	842		
10.00	24	890	745			02.00	63	1020	844		
						03.00	64	1031	852		E.O
11.00	25	892	760			04.00	65	1022	852		
12.00	26	872	762			05.00	66	1019	862		
13.00	27	884	766			06.00	67	1018	868		
14.00	28	880	768			07.00	68	1029	876		A.F
15.00	29	915	771		C.O	08.00	69	1019	870		
16.00	30	915	773			09.00	70	1018	875		
17.00	31	946	775			10.00	71	1017	875		
18.00	32	932	783		T.A						
19.00	32	939	788			11.00	72	1008	875		
20.00	33	948	798			12.00	73	1007	876		
21.00	34	958	801			13.00	74	1002	880		
22.00	35	974	798			14.00	75	1004	885		
23.00	36	975	805		A.S	15.00	76	1003	885		
24.00	37	1024	805			16.00	77	1007	890		
01.00	38	1022	802			17.00	78	1008	895		
02.00	39	1023	798			18.00	79	1018	905		
03.00	40	1017	796		C.O	19.00	80	1002	902		



Exempel på bränningsprotokoll och hur iakttagelser antecknats

Kalkbränning 2009-11-30									
Namn _____									
Datum _____									
Klockslag _____									
struket, mät skottkavva									
Antalet stäm / km									
st	X Toppst. (1, 2)		Mitten st. (3)	O Mitten st. (6)		Δ Stäm (3, 6)	Vinkning vstäm		vidareut slags
13"	6	14	8	19	20				
14	19	31	20	28	26	1			
15	37	44	30	43	41	1			
16	59	60	49	57	90	1		4	
17	78	77	59	63	103	//		4	
17.30									2
18	92°	90°	67°	68°	118°	//		4	
19	123°	109°	94°	92°	156°	//		4	
20	176°	134°	144°	112°	266°			4	
21	225°	158°	168°	131°	269°			4	
21.20								2	
22	268°	188°	159°	145°	266°			2	
22.30								3 + hill of	
David	23	298°	215°	183°	151°	258°		3	
00.00	309°	244°	196°	151°	257°			5	
01.00	310°	267°	201°	151°	242°			6	
01.10	308°	284°	200°	150°	237°			2	
02.00	300°	284°	205°	150°	229°	1		2	
03.00	300°	293°	207°	153°	222°			2	
→ Carlie	04.00	302°	293°	206°	168°	217°		3	
	05.00	289°	284°	204°	167°	213°		4	
	06.00	275°	288°	204	173°	211°	1	5	
Tania & Donna	07.00	290	281	203	178	208°		5	
	08.00	287	280	203	180	214		4	

TID	X	O	BR	kommentar
11	703	441	AB	dybke "forladninger" som sjovs eller øst og ved ligger in, en var, 15-2 min.
12	722	448		(4-6 ved sjovs, var guld)
13	735	469		- stor glødbånd, kalkbænk.
14	753	484		
15	764	498	GIS	hørte en rymmer 264 blev oppe
16	812	507		
17	838	522	20	
18	857	534		
19	848	556		
20	852	556		
21	864	565		
22	874	577		den kl 21 eller var 10 min atvare om ordet i gløder for at forlader bja O-ting.
23	887	593		
24	890	617	50	
01	903	625		
02	912	640		
03	938	661		
04	924	682	20	
05	926	695		
06	938	695		
07	943	696		
08	960	709	LL	begyn lte "sord"
09	910	706		opvande spillet t. 5. c.
10	939	697	AB	gav vortel drø i brøder
11	978	723		india van 15-2 min vækte s-tenen
				115- vortel spillet til 4/2 hark, med vortel calde "forladninger"
12	1015	738		
13	1024	742	97	
14	1007	735		
15	999	738		

* blomme ut klabbarna

TID	X	O	Uppm	KOMMENTAR
16	998	763	AB	gavarna mlt långa (5-5 vedtag) var 15:e min, rör om ordentligt i glödbilden var 5:e min.
23	10052	790	05	
24	1023	801	05	Nacke temperen verkar
01	1041	805	05	bära utifrån bränsle, Minskad
02	1009	805	05	8 till 10 min Inkastning var
03	1007	803	05	20 min infrys.
04	1000	804	05	X-temperen försvarar ett bra, men kan bitarna, slapp i skadegård?
05	980	815	M.1	rör om var 10:e minut - eller vid ett sprut vid bränslet.
06	963	820	M.1	Det har väntat stann. x:t dalar betydligt, mer snö.
07	947	812		långt var 15:e, ny ved (burr)
08	961	811		rör om i glöden mellan var.
09	(947)	822		x-sonden brist, byttes till (ny)
10	(966)	832		
105	(977)	849		Vi bygger igen öppen!
1030	(973)	840		spjället öppet på längsta
1045	(970)	822		värliga (4 hack)

BILAGOR

Bilaga G:
KALKLEVERANS-
DEKLARATIONER

KALKLEVERANS- DEKLARATIONER

Exempel på leveranser till Läckö slott 2009

Läckö slott; fasadrestaurering
Kalkleveranser

Kalkleveransdeklaration 2009-02-11

Leverans datum bränd kalk:	Jag ringer när det går att hämta därefter styr Bakgården när materialet hämtas..
Mängd levererad bränd kalk: • Antal tunnor • Total vikt	8,5 tunnor
Stenbrott där stenen bryts	Kakele Kinnekulle
Var i stenbrottet hämtas stenen (plats / lagerföljd)	Från orstensbanken/ tjockaberget ner till marknivå. Viss inblandning av kalksten från de överliggande lagren förekommer.
Sten typ Egenskaper	Kristallin kalksten
Kalkstenens storlek (ca) Storst / minst	Ca 45 cm - 7cm
Bränningsstart (datum, tidpunkt)	2009-02-11 kl 17.00
Bränningen avslutad (datum, tidpunkt)	2009-02-16 kl 16.00
Högst temperatur uppnådd (datum, tidpunkt)	870 grader. 2009-02-16 kl 06.00
Uppmät bränningstemperatur (högst °C/ lägst °C; intill monitorer) Mätpunkter, deras placering (skiss bifogas)	870 grader i den undre sonden 790 grader i den övre. Start temperaturen ca 0 grader
Uttag av bränd kalksten ur kalkugnen (datum, tidpunkt)	2009-02-20. kl 08.00
Vikt märkt kalksten* • före bränning • efter bränning	
Anmärkning	
Anmärkning	

* Märkta "kontrollstenar" placerade intill temperaturmätinstrument. Märkning genom ritning


Datum och underskrift (leverantör)


Datum och underskrift (mottagare)

Skapad den 2009-09-09 19:08:08

Läckö slott; fasadrestaurering
Kalkleveranser

Kalkleveransdeklaration 2009-02-24

Leverans datum bränd kalk:	Jag ennmäler när det går att hämta kalkstenen därefter styr Bakgården när materialet hämtas.
Mängd levererad bränd kalk: • Antal tunnor • Total vikt	18
Stenbrott där stenen bryts	Kakele Kinnekulle
Var i stenbrottet hämtas stenen (plats / lagerföljd)	Från orstensbanken/ tjockaberget ner till marknivå. Viss inblandning av kalksten från de överliggande lagren förekommer.
Sten typ Egenskaper	Kristallin kalksten
Kalkstenens storlek (ca) Storst / minst	Ca 45 cm - 7cm
Bränningsstart (datum, tidpunkt)	2009-02-24 kl 17.00
Bränningen avslutad (datum, tidpunkt)	2009-03-01 kl 09.00
Högst temperatur uppnådd (datum, tidpunkt)	960 grader 2009-02-27 kl 22.00
Uppmät bränningstemperatur (högst °C/ lägst °C; intill monitorer) Mätpunkter, deras placering (skiss bifogas)	960 grader i undre sonden 870 i den övre sonden Starttemperaturen var ca 40 grader
Uttag av bränd kalksten ur kalkugnen (datum, tidpunkt)	2009-03-05 kl 08.00
Vikt märkt kalksten* • före bränning • efter bränning	
Anmärkning	
Anmärkning	

* Märkta "kontrollstenar" placerade intill temperaturmätinstrument. Märkning genom ritning


Datum och underskrift (leverantör)


Datum och underskrift (mottagare)

Skapad den 2009-09-09 19:26:00

Läckö slott; fasadrestaurering
Kalkleveranser
Uppföljning vid kalksläckning

Den brända stenen sönderdelas (datum)	2009-03-13
Den brända kalkstensens egenskaper (färg, struktur, tyngd)	Gulfärgad, Bra kvalitet Storlek 100mm - 300mm
Mängd bortslädd bränd sten	ca 10-15%
Typ brister (i förekommande fall)	
Släckning, tidpunkt (datum)	2009-03-13 - 2009-03-31
Släckningsmetod	Stuka
Reaktivitet vid släckning (enl standard)	Godkänd
Andra observationer	Stora brända stenar = Bra kvalitet
Anmärkningar	

091016

Datum och underskrift (ansvarig vid släckning)

Skapat den 2009-09-09 19:26:00

Läckö slott; fasadrestaurering
Kalkleveranser
Uppföljning vid kalksläckning

Den brända stenen sönderdelas (datum)	2009-03-23
Den brända kalkstensens egenskaper (färg, struktur, tyngd)	Gulfärgad med mycket skrot, Tunga kärnor
Mängd bortslädd bränd sten	ca 30% skrot
Typ brister (i förekommande fall)	Dålig kvalitet
Släckning, tidpunkt (datum)	2009-03-23
Släckningsmetod	Vätsläckt
Reaktivitet vid släckning (enl standard)	Dålig
Andra observationer	Mycet kalkskrot
Anmärkningar	Dålig bränd

091016

Datum och underskrift (ansvarig vid släckning)

Skapat den 2009-09-09 18:08:00

