Vadstena klosterkyrka
Seminarium 2013-08-20
Minnesanteckningar

Närvarande

Lars-Olof Nilsson, LTH
Karin Lundgren,CTH
Bo Westerberg, BW Konsult
Mikael Traung, MT Restaurering
Per Rydberg, Rydberg Arkitektkontor
Stefan Aronsson, Närkesten
Bo Johansson, Församlingen
KG Lindqvist, Församlingen
Göran Åström, Församlingen
Jan Eriksson, Länsstyrelsen
Eva Nyström, Länsstyrelsen
Anita Löfgren Ek, Länsmuseet
Krister Berggren, KB Byggkonsult
Niclas Fredriksson, Stiftet (sista timmen)

Bakgrund
Seminariet hade arrangerats för att söka förklaringar till sprickorna i kyrkans strävpelare och diskutera lämpliga åtgärder för att bemästra problemet.

Tänkbara orsaker till sprickor i kontreforer

Smala fogar
Skalens smala fogar bidrar till känsligheten genom att fogarna har små möjligheter att ta upp rörelser. Sprickorna finns framför allt i de kontreforer som har sågade eller hyvlade ligg- och stötytor och smala fogar. Kontreforer med äldre kvadrar med tuktade klovytor och huggna stötytor har betydligt färre sprickor.

Fukt och frost
Vi vet att kontreforerna tidvis efter regn innehåller fritt vatten som sedan rinner ut ur fogarna. Det är tänkbart att vatten kan bli kvarstående i vissa fickor innanför skalet. Vattnet kan frysa, trycka ut och spräcka skalet. Även vatten i bruk och tegel kan resultera i frostskador i skalet, eventuellt utan att dessa material fryser sönder enligt Nilsson.

Temperaturrörelser
Temperaturvariationer i tid och rum skulle möjligen kunna medföra spänningar som ger sprickor i kalkstenen. Genom stenens sprödhet är det inte osannolikt att sprickan propagerar direkt genom stenen. Denna mekanism bör analyseras för att se om den är rimlig. Den skulle kunna förklara varför sprickorna huvudsakligen finns på sydsidan.

Mindre troliga eller otänkbara orsaker

Rostande järnkramlor
Med tanke på kramlornas utformning borde rost snarare ge lokala skador eller utspjälkningar av sten enligt Karin Lundgren.

Spjälkning av laster
Resultanten alla laster hamnar så långt in från kontreforens ytterkant att spjälkning knappast kan vara aktuell enligt utredning av Westerberg.

Tjällyftning
Bedöms inte vara aktuell.

Uppsugning av grundvatten
Rydberg redovisade att grundvattenytans nivå varierar från ca 1 m till mer än 2 m under markytan på olika ställen under kyrkan. Berggren anser inte att kapillärt uppsuget grundvatten är av avgörande betydelse, dels på grund av att den kapillära stighöjden i kärnan knappas kan vara 15 m, dels på grund av att uppmätt kapillär mättnadsgrad är högre i de övre delarna än i de undre i de undersökta strävpelarna.

Förslag på arbeten med kontrefor S1

Byt spräckta stenar
Välj tjockare fogar
Håll ny stens längd begränsad
Foga om hela kontreforen med kapillärbruten och dränerad fog
Kontrollera och byt vid behov blytäckningar
Dokumentera kärnan i samband med stenbytet (urlakning, uppbyggnad, kramlor, fukt m m)

Om dessa principer rådde enighet. Det bör vara antikvariskt och ekonomiskt bästa lösning och bör provas.

Det diskuterades även ett alternativ framfört av Nilsson som går ut på att ta bort hela kärnan, men det är tveksamt ur statisk synpunkt enligt Westerberg. Det är naturligtvis också högst tveksamt ur antikvarisk synpunkt. Om man skulle demontera och bygga om en hel kontrefor rekommenderas försiktighet eftersom man inte kan bortse från möjligheten att kontreforerna faktiskt behövs för ytterväggens stabilisering.

Nyström anser det vara viktigt att övergå till kalkbaserat fogbruk, förslagsvis ett NHL-bruk för att förbättra uttorkningen.

Fortsatt övervakning

Nilsson anser att sprickmätningarna bör utökas. Temperaturer registreras fortlöpande i någon kontrefor. Rörelsernas koppling till klimatet undersöks. Det bör utredas om man kan övergå till ett automatiskt mätsystem. Inga avvikande meningar framfördes.

Framtida åtgärder

Kyrkan bedöms enligt Rydberg vara i bättre skick i dag än inför tidigare reparationer med kortare reparationsintervall, t ex på 1880-talet. Påståenden om att cementfogen är den stora boven stämmer troligen inte alls. Man bör överväga om man över huvud taget ska vidta några generella reparationsåtgärder i dagsläget eftersom skadeutvecklingen är långsam.

Utförda fuktmätningar

Mötet ansåg det anmärkningsvärt att åtgärderna på kontrefor N5 med bl a borrning av "ventilationsskorstenar" inte fått större effekt på fukttillståndet. En förklaring kan vara att det tillförs fukt utifrån genom fogarna, men inte ens där fogarna utförts kapillärbrutna kunde någon större förbättring märkas. Berggren ifrågasatte om man ska fortsätta med uppvärmningen som kostar i storleksordningen 8000 kronor per år.

Fuktmätningar i väggar och kontreforer har utförts i huvudsak vid två tillfällen, dels 1973 av Sandin i väggar och i en kontrefor (N5), dels nu under hösten 2013 av Berggren, som gjort ett stort antal mätningar i N4 och N5 för att utvärdera effekterna av åtgärder för att erhålla en uttorkning som gjorts i N5. Berggren har dessutom mätt i tegelbitar högst upp i N5 i samband med att kanalerna borrades på 1990-talet. Man har kommit fram till samstämmiga resultat när det gäller kapillär mättnadsgrad i porösa material i kärnan. Mättnadsgraden ligger i storleksordningen 90 % och 10 % lägre i den åtgärdade kontreforen N5.

Men när det gäller fuktkvot och totalt fuktinnehåll skiljer mätningarna ungefär en faktor 3 där Sandin står för de höga värdena. Berggren anser att detta är märkligt och har svårt att tro att bruket kan innehålla så mycket vatten med tanke på det kompakta och ensartade bruk man fått ut på olika djup ur kontrefor N4 och N5.

Nilsson anser inte att det är det minsta konstigt genom att materialet man mätt i kan variera mycket och hänvisar till att Sandin faktiskt har mätt upp dessa höga värden. Någon fullständig samsyn om dessa avvikelser uppnåddes inte under mötet.

Övrigt

Flera av mötesdeltagarna förvånades över att det uppstått två parallella sprickor på många ställen. En spricka borde räcka för att skapa tillräcklig rörelsemån.

Kalkutfällningarna på strävpelarnas fasad ansågs av flera vara till största delen ett estetiskt problem.

Vadstena 2013-08-26

Per Rydberg och Krister Berggren

Bilagor:

Åhörarkopior av de förberedda inläggen.

Vadstena klosterkyrka
Seminarium 2013-08-20
Inledning

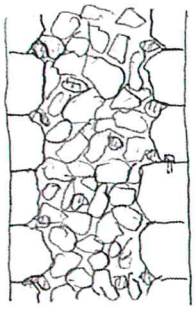
Krister Berggren

Vadstena klosterkyrka

Lars-Olov Nilsson LTH och eget företag (fukt, frysning)
Göran Fagerlund LTH och eget företag (frysning, sten)
Bo Westerberg tidigare KTH, nu BW Konsult (statik, spjälkning)
Karin Lundgren CTH (rostsprängning, konstruktion)
Stefan Aronsson Närkesten (stenentreprenad)
Lars-Åke Aronsson Närkesten (stenentreprenad)
Mikael Traung MT Restaurering (murverkskonsult)
Bo Johansson Församlingen (ord fastighetsutskott)
KG Lindqvist Församlingen (ledam fastighetsutskott)
Göran Åström Församlingen (fastighetsansvarig)
Gunnar Nordanskog Stiftet (antikvarie)
Niclas Fredriksson Stiftet (antikvarie)
Jan Eriksson Länsstyrelsen (länsantikvarie)
Eva Nyström Länsstyrelsen (antikvarie)
Anita Löfgren Ek Länsmuseet (antikvarie)
Per Rydberg a´la Rydberg Arkitekter (arkitekt)
Krister Berggren KB Byggkonsult (byggnadskonstruktion)

Problemet

Återkommande murverksproblem, främst sprickor i kontreforernas skal, men även kalkutfällningar.
Fogarna är det som upptar rörelser. Kalkstenen är stum.
De tunna fogarna i skalen gör att murverket inte kan ta upp töjningsrörelser utan att spricka.



Några hypoteser

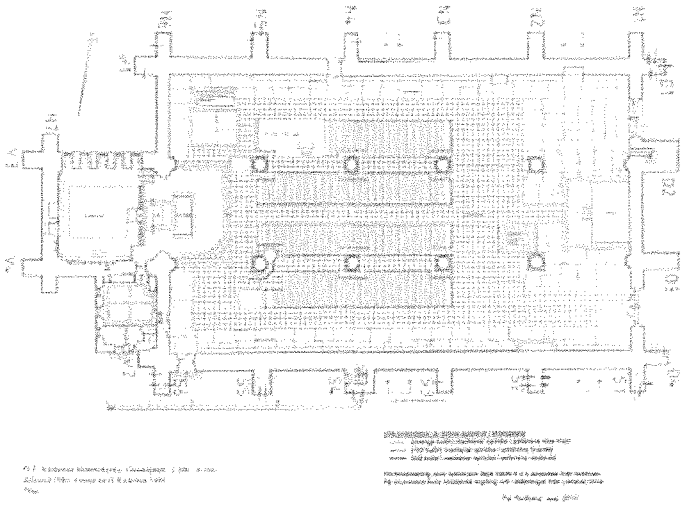
Fukt och sönderfrysning
Rostsprängning orsakad av järnkramlor
Spjälkning av överbelastning
Temperaturrörelser
Tjällyftning

Kombinerat med konstruktionens känslighet

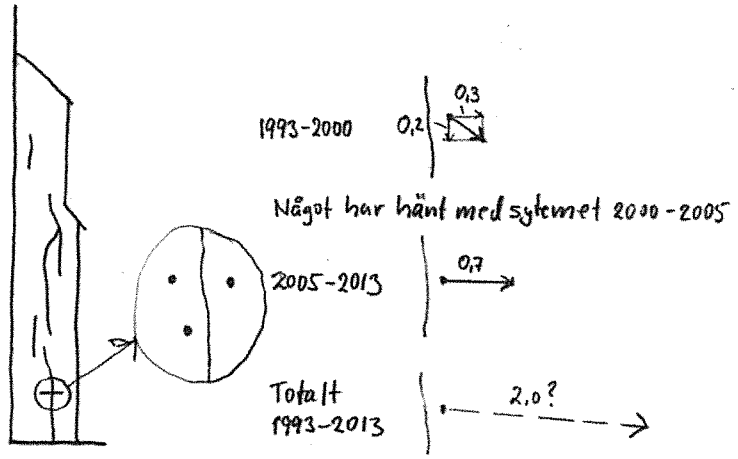
Fuktmätningar

Min tolkning: Sandins rapport från 1973 visar (delvis) på 3 gånger mera fukt i väggarna än vad vi mätt nu.
?
Skadeutvecklingen har kanske upphört eller avklingat efter att takavvattningen gjordes om i början på 1980-talet.
?

Kan koncentrationen av sprickor mot söder antyda att det rör sig om sprickor av temperaturrörelser?



Sprickmätningar i kontrefor S1 1993-2013



Syfte med seminariet

Fastställa orsaken till sprickorna eller åtminstone öka förståelsen för varför kontreforerna spricker

Initiera lämpliga undersökningar i samband med att kontrefor S1 åtgärdas partiellt

Föreslå relevanta åtgärder för att förebygga framtida skador

SEMINARIUM, VADSTENA KLOSTERKYRKA 20 aug 2013 1(12)

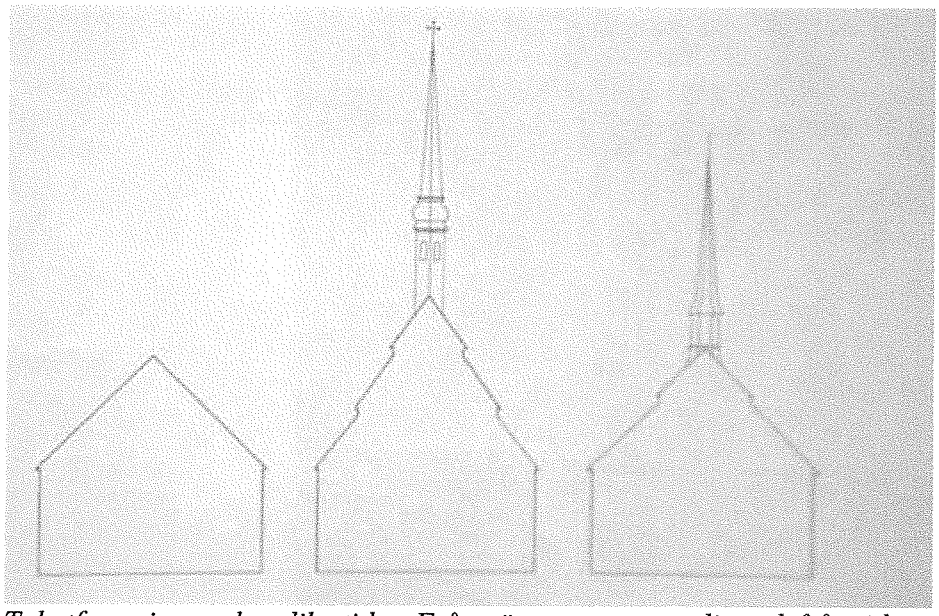
Reparations- och ombyggnadshistorik

Bilder från presentation / Per Rydberg

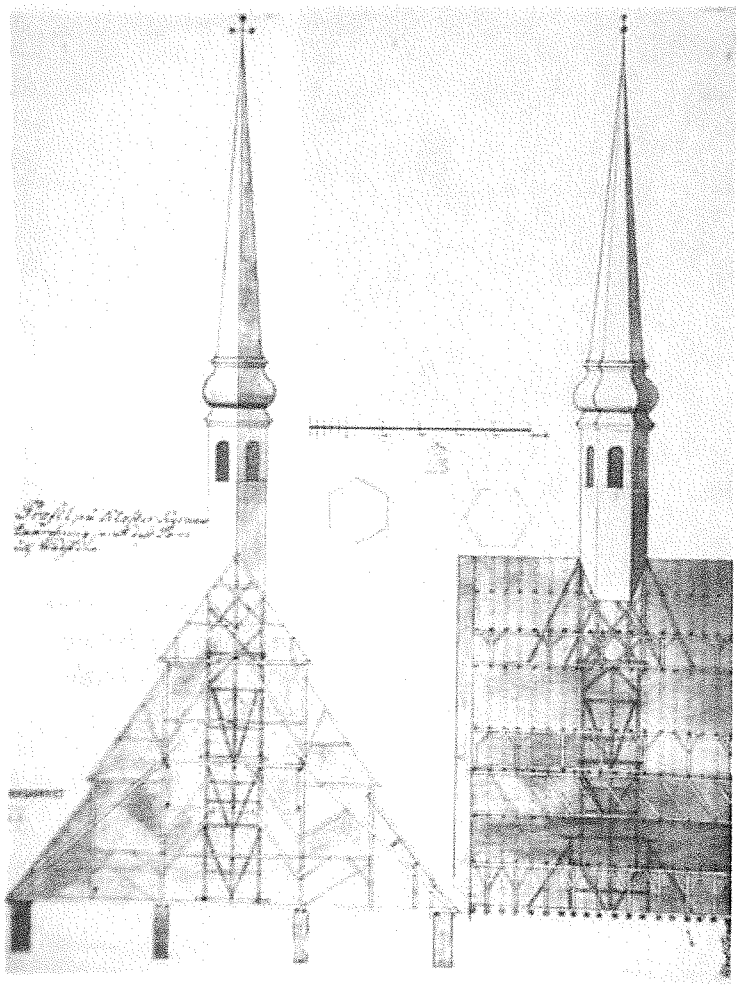
Överblick. Hallkyrka med ett enda enhetligt tak ovanför valven. Golvet har förändrats flera gånger. Vattennivån i marken är hög, vilket bl a syns i hertig Magnus grav till vänster.

Väster om kyrkan ligger rester av medeltida bebyggelse på låg nivå, vilket indikerar att grundvattnet under kyrkan, på ett markant sätt faller ner mot sjön. Nivåskillnaden mellan marken i öster om kyrkan och sjön är drygt 5 meter.

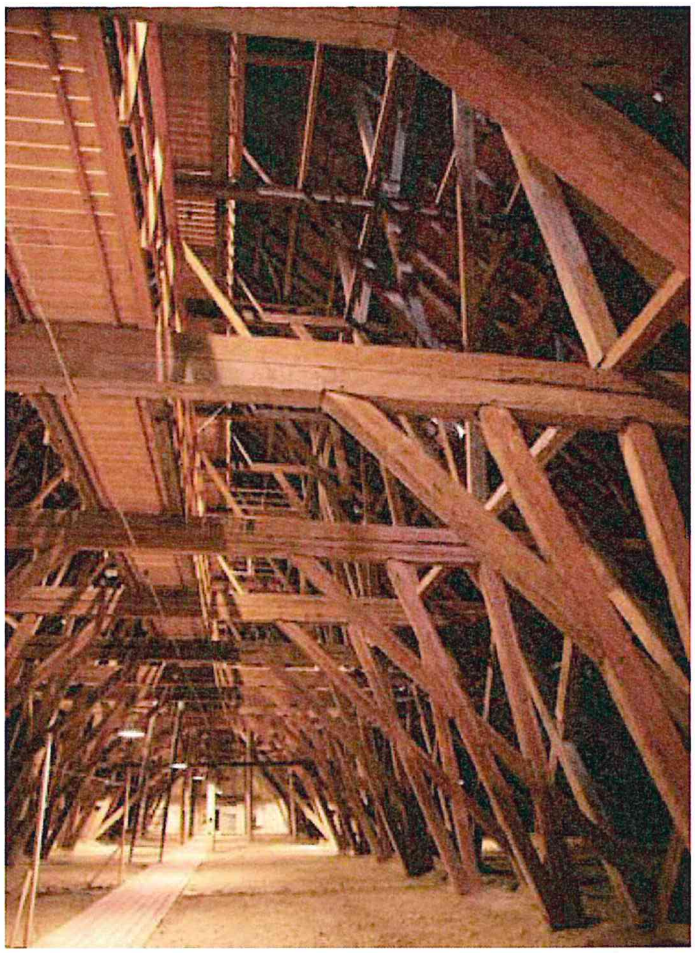
Grunden i provgrop mot norr, vid strävpelare N2.(foto 1993, PR). Nederst anas fritt vatten. Ovanför syns överdelen av en gråstensmur, därpå två kalkstensskift. Mot dessa har betong gjutits mot brädform vilket utförts som fundament för granitsockel monterad på 1890-talet. Pågjutning mot strävpelaren till vänster på bilden är låg, snarats en fogning.



Takutformning under olika tider. Från vänster: ursprungligt tak från tiden omkring år 1430. Mitten: år 1455-c:a 1780. Till höger efter c:a 1780 med övre fallet påbyggt på 1890-talet.

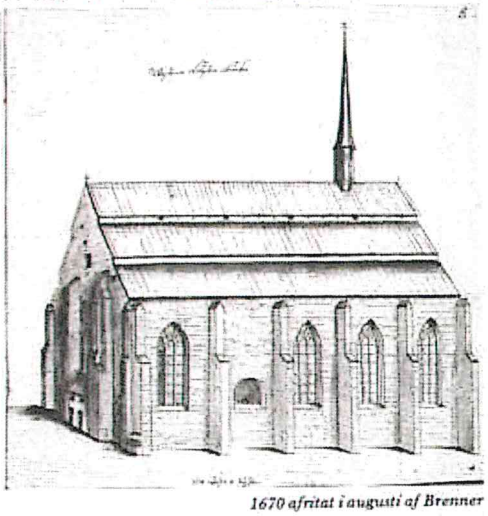


Uppmätning c:a 1770. En jämförelse med fotografierna nedan visar att ombyggnaden till dagens tak innebar en radikal förändring.



Dagens takkonstruktion

Wastena Kloster Kiörka



1670 afritat i augusti af Brenner

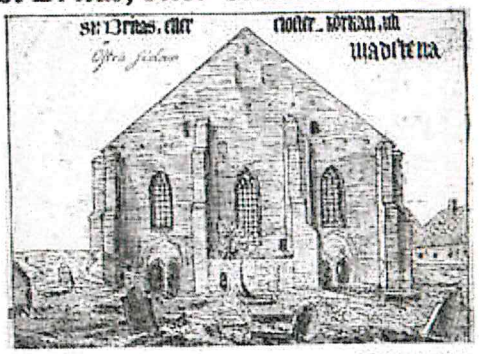
Uppbyggnaden av Vadstena Klosterkyrka tog lång tid. Först ett stycke in på 1400-talet var den färdig. Omkring 1460 var ett klocktorn uppfört på taket i väster. Om detta skrev C. Fr. Brooeman år 1760 bl.a.:

– Uti Tornet hänga tvänne sköna Klockor.

År 1781 nedtogs tornet. En av de nämnda kyrkklockorna är numera placerad i rådhustornet. År 1896 uppfördes ånyo ett torn (takryttare), men där finns inga klockor.

I kyrkan förvaras ett stort antal berömda, kyrkliga klenoder, varav ett par, de märkligaste, må nämnas: Birgitta- och Maria-altarskåpen från åren 1459 respektive 1521.

St Britas, eller Closter-Körkan



Östra sidan

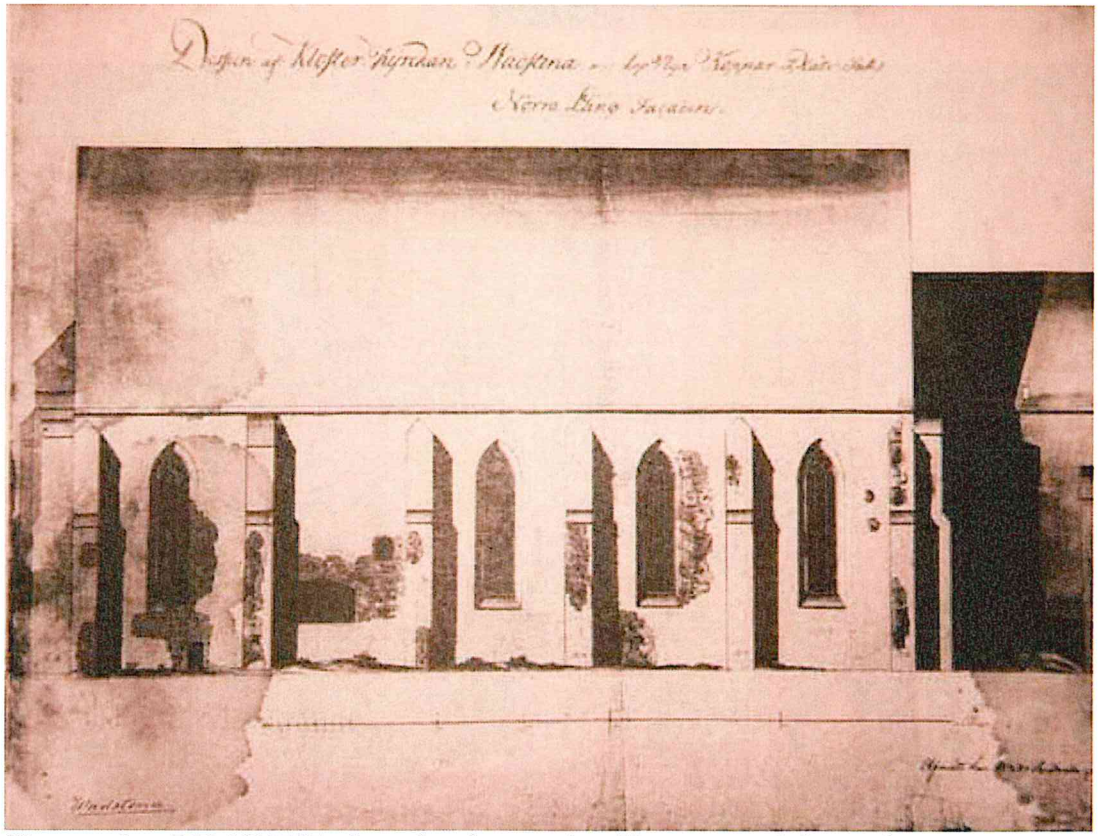
Kocks teckning

Wadstena Closter-Kyrka

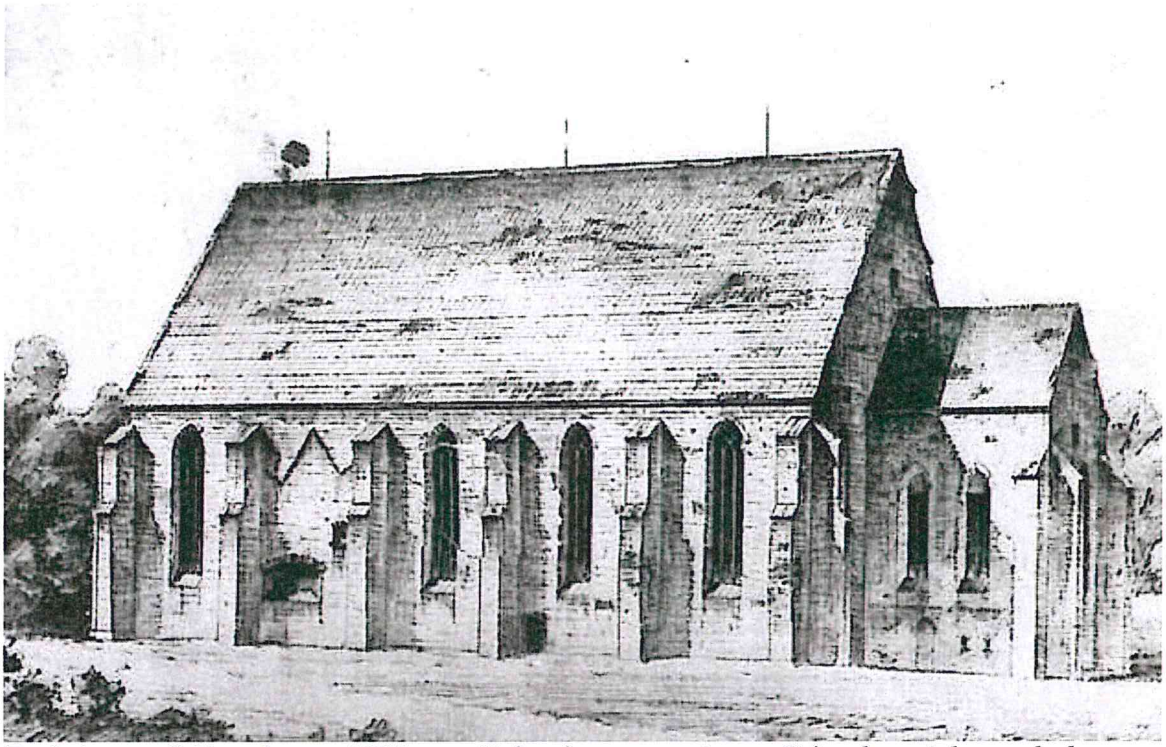
Wadstena Closter-Kyrka aftagen på Sydöstra sidan. 1806.

På nedre kanten står: Kyrkan 90 alnar lång och 54 alnar bred.

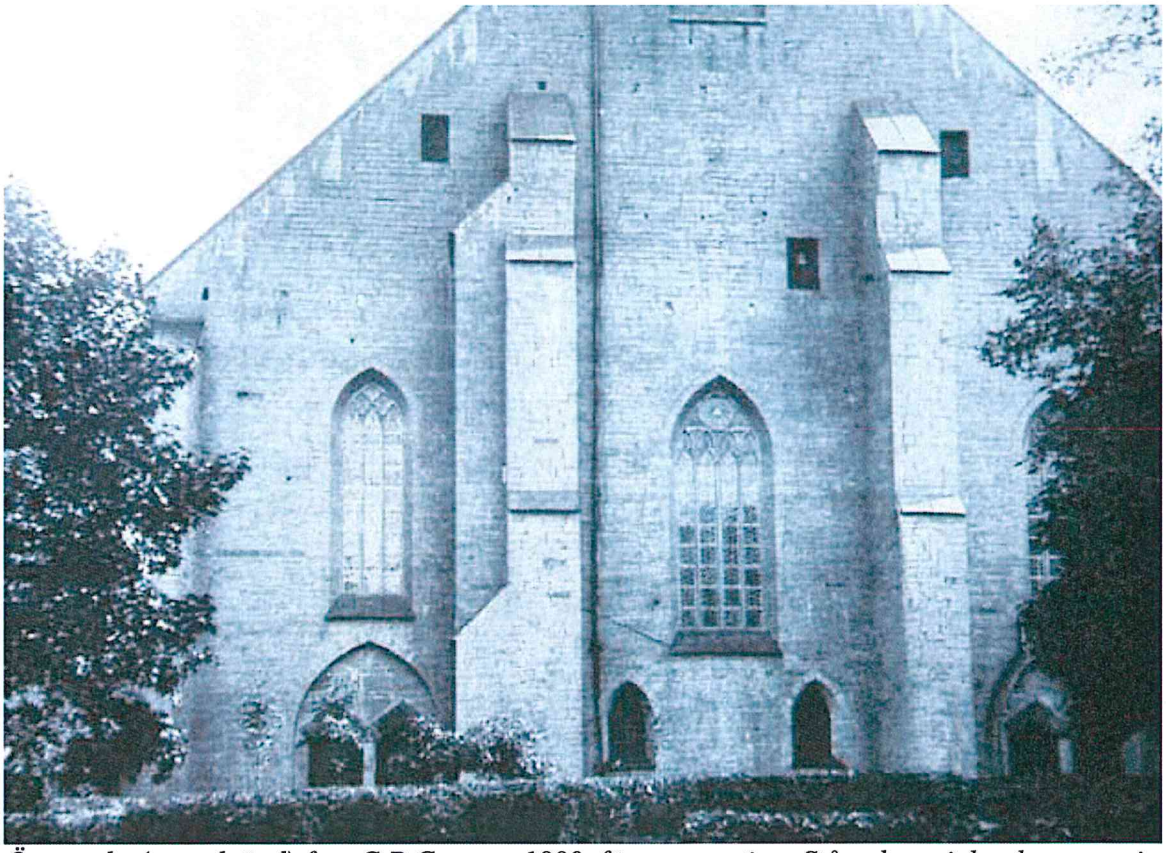
Gamla avbildningar. Till höger syns förfallet under början av 1800-talet.



Uppmätning J Wulff 1787 efter takombyggnaden. Väggarna och kontreforerna uppvisar stora skador. Det verkar rimligt att tolka skadornas utseende som att strävpelarna (även då) hade stående sprickor, motsvarande dagens. Reparation utfördes 1805-10.



Teckning av C Grundström 1881, c:a 60 år efter reparationen. Stående sprickor tycks ha återkommit i strävpelarna. Spåntak i dåligt skick.

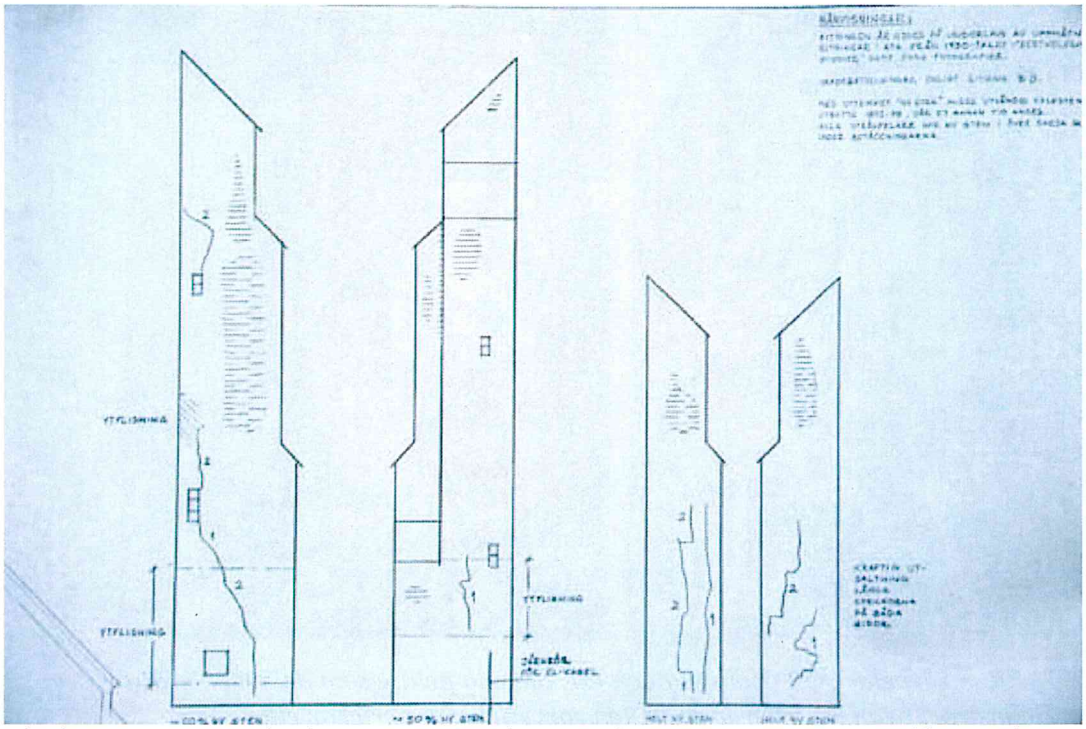


Östgaveln (spegelvänd) foto C P Curman 1889, före reparation. Stående sprickor kan anas i strävpelarna.

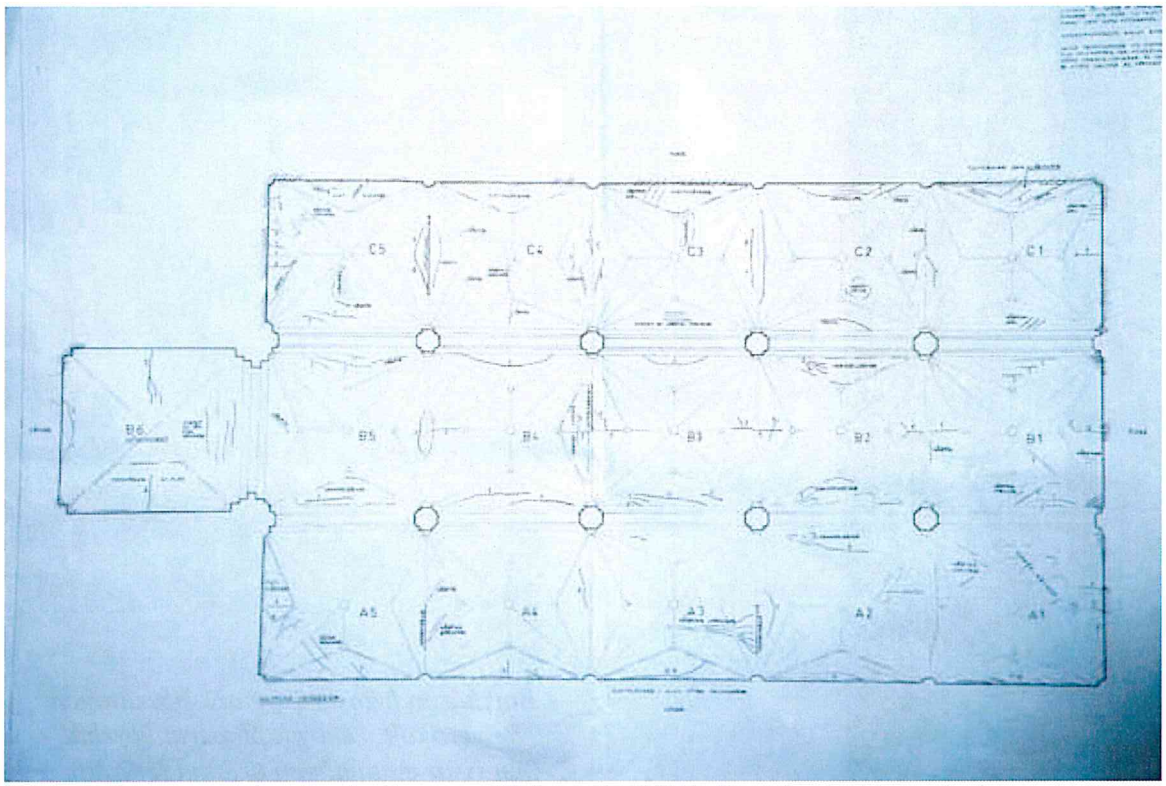
Grund under strävpelare S1 med stort betongfundament från 1890-talets restaurering. Två pelare fick ny grund, 8 st murades om och 3 reparerades.

Foto S Curman 1905 efter 1890-talets reparation. Ljus sten är nyhuggen men ommurningen hade större omfattning än så eftersom även gammal sten brukades. Bilden belyser omfattningen av reparationen som då behövdes, redan c:a 80 år efter den föregående.

Borrkärna från strävpelare N5, uttagen från vertikalt, centralt placerat borrhål. Den visar en tämligen ordnad (murad) kärna med blandning av tegel- och kalksten.



Skadeinventering utförd av Ingemar Holmström år1971. Strävpelare 02 (den med vindstrappa på östgaveln) och 01 (östra hörnet, som visas på foto nedan).



Inventering av sprickor i valv, Ingemar Holmström 1971. Det rör sig i huvudsak om "krackeleringar" och "hårfina sprickor". Taket har reparerats efter inventeringen.

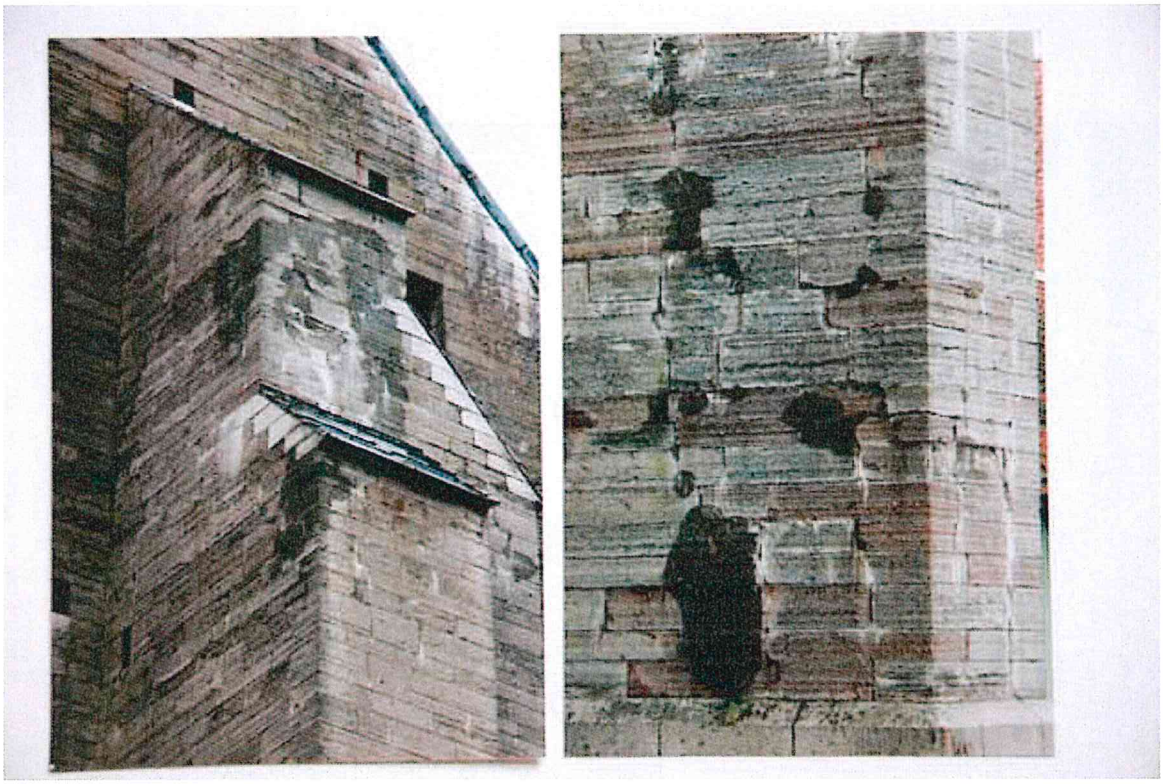
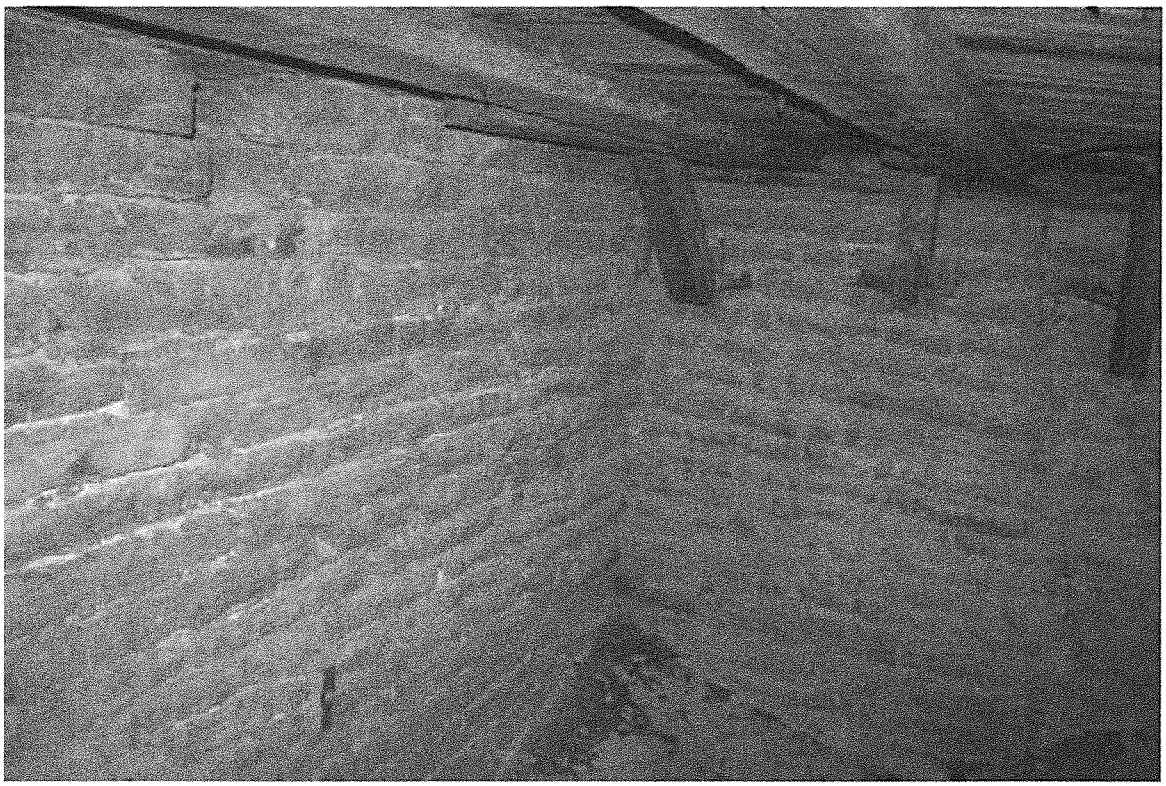


Foto 1992, PR. Strävpelare O2 (Vänster) och O1. Samma pelare som dokumenteras av Ingemar Holmström ovan. Fläckarna är vatten som rinner ur sprickor efter regn.

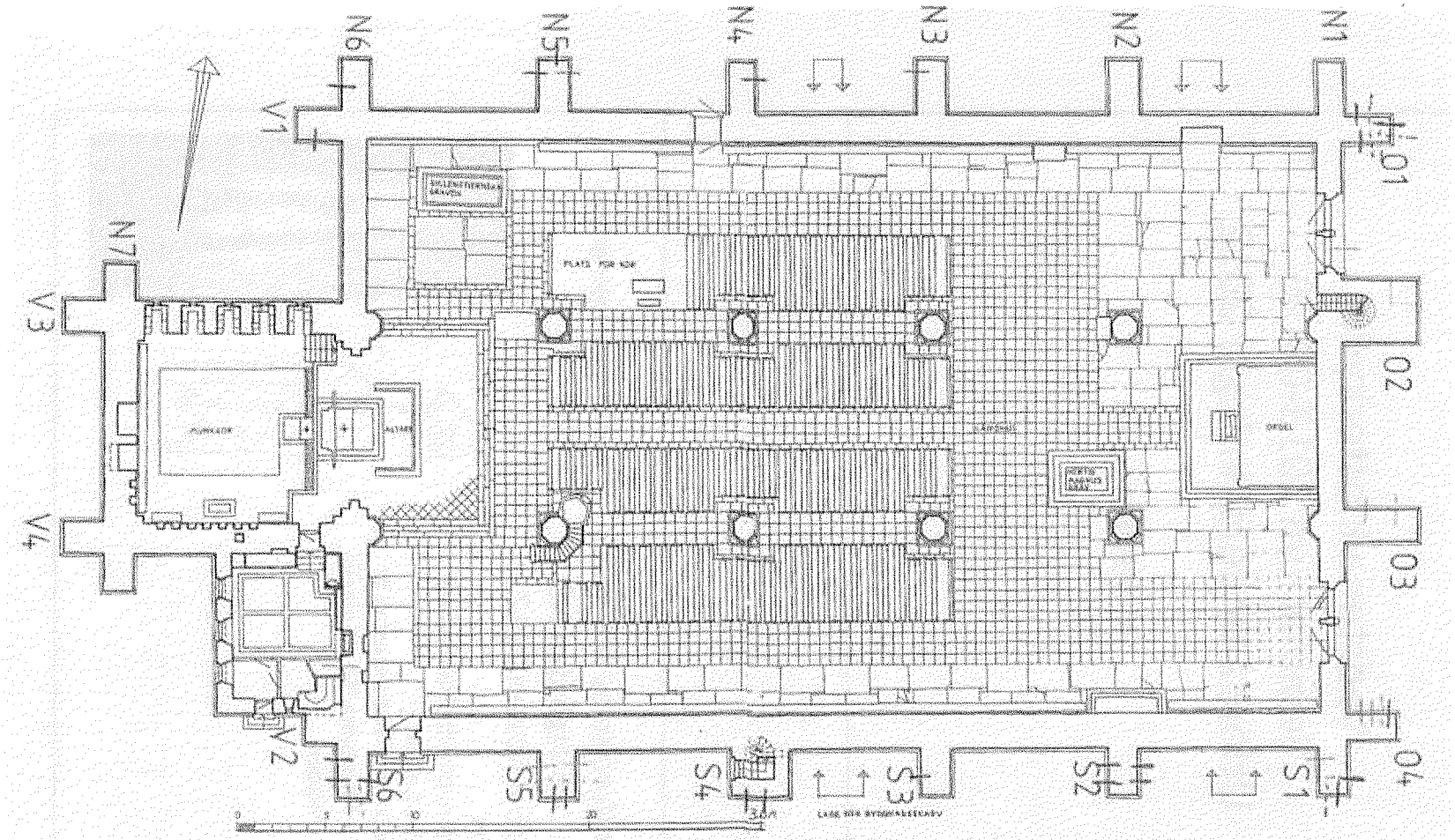
Strävpelare O1 (samma som ovan) fotograferad 20 år senare (2012, PR). Kryss ritade med krita visar var metalldetektor givit utslag för metallförekomst.

Kyrkorummets sydöstra hörn med valvspriskor (2013). Vid fönstret till vänster finns sprickor i riktning mot fasaden och på ett ställe bortfallen puts. Över fönstret till höger finns spricka parallell med väggen. Sprickorna har ökat under den senaste 20-årsperioden.

Valvet i kyrkans sydöstra hörn sett uppifrån. Äldre lagningar i avvikande kulör kan anas och, till höger möjligen järnförstärkningar i lagningen (vilket finns belagt i arkiv.)



Kyrkvindens sydöstra hörn. Järnklamror, trol från 1890-talet hjälper till att hålla ihop murverket i östväggen. Betydligt flera finns högre upp ovanför golvet som isolerades med mineralull år 1969.



Dokumentation av större sprickor i strävpelare
(orange kulör) markerar spricka i pelarens hela höjd
(röd kulör) markerar spricka i pelarens överdel
(blå kulör) markerar spricka i pelarens nederdel

Prickmarkering visar sprickans läge nertill d v s avvikelse från lodlinjen.
På murverket finns bristande fogning och utfällningar från (utlakat) bruk.

Per Rydberg , aug. 2013

Pl I. Vadstena klosterkyrka. Grundplan, 1:300. A Hildebrand 1986, komplav G Redelius 1989.
Plan.

Vadstena klosterkyrka
Seminarium 2013-08-20
Utförda undersökningar 2012

Krister Berggren

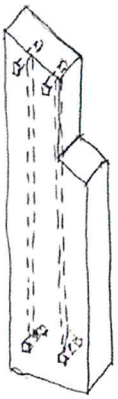
Jämförelse av kontrefor N4 och åtgärdad N5
Utfört hösten 2012

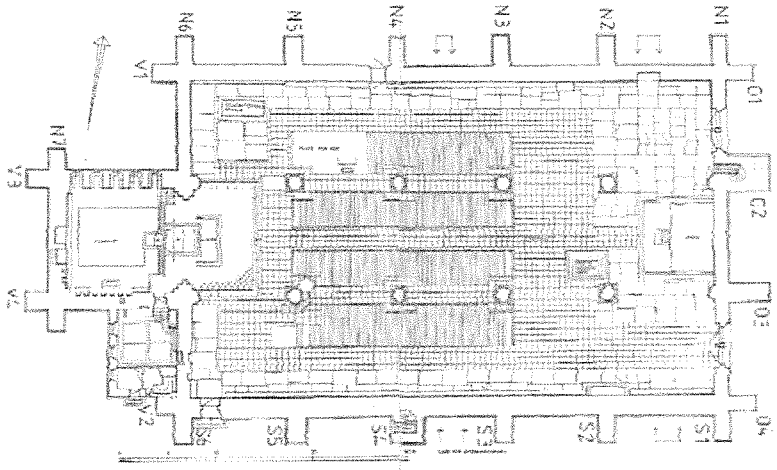
Syfte

Avgöra om åtgärderna haft avsedd effekt

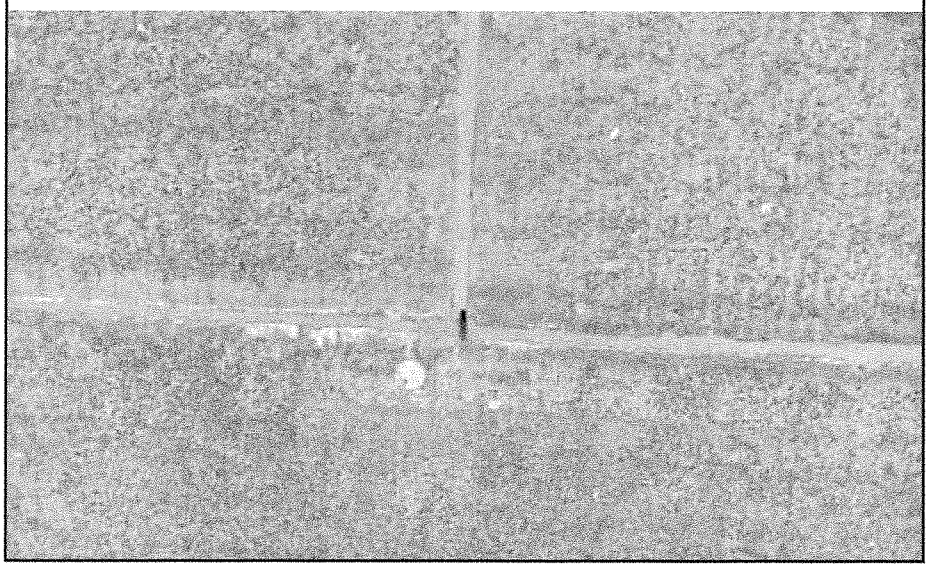
Avgöra om kontreforerna är tillräckligt blöta för att orsaka frostskador

Ventilationskanaler genom kontrefor N5:

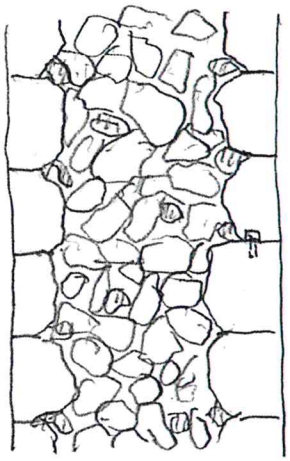




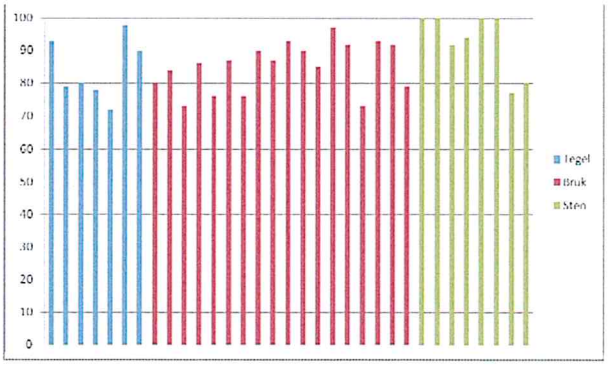
Kapillärbrutna fogar i övre del av N5:



Murars och kontreforers uppbyggnad



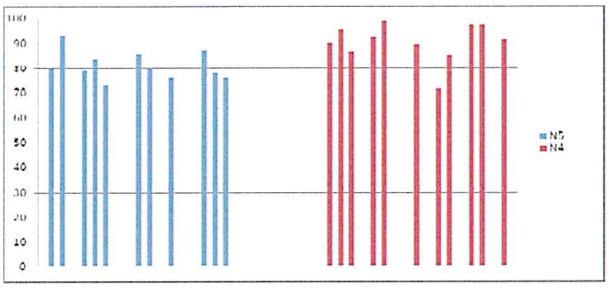
Kapillär mättnadsgrad i uttagna prover fördelat på olika material.



Teglets mättnadsfuktkvot var i genomsnitt 15,0 % (12,2-16,9).

Brukets mättnadsfuktvot var i genomsnitt 14,4 % (9,1-20,7)

Kalkstenens mättnadsfuktkvot var i genomsnitt 0,6 % (0,4-0,8)



Genomsnittlig KMG för tegel och bruksprover var:

N4 81 %

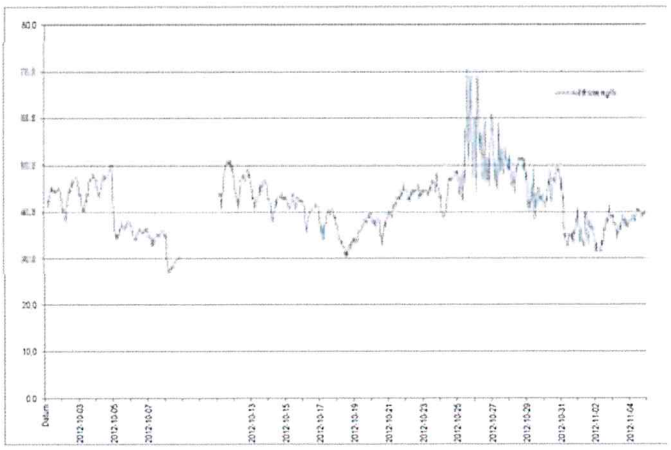
N5 91 %

Om man däremot väljer att jämföra fuktkvoter ur uttagna prover fån de två kontreforerna blir skillnaden mindre.

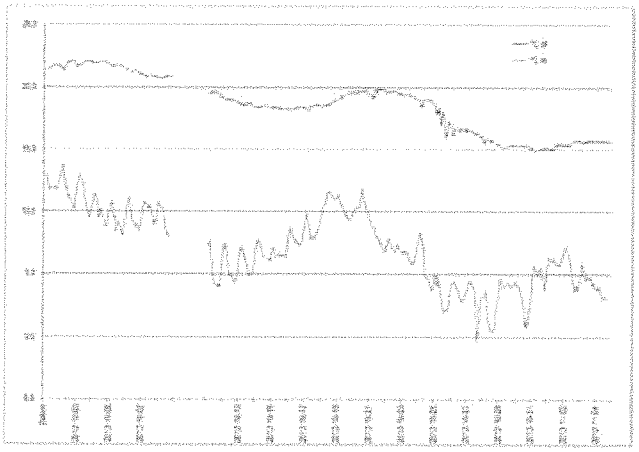
N4 12,8 %

N5 11,6 %

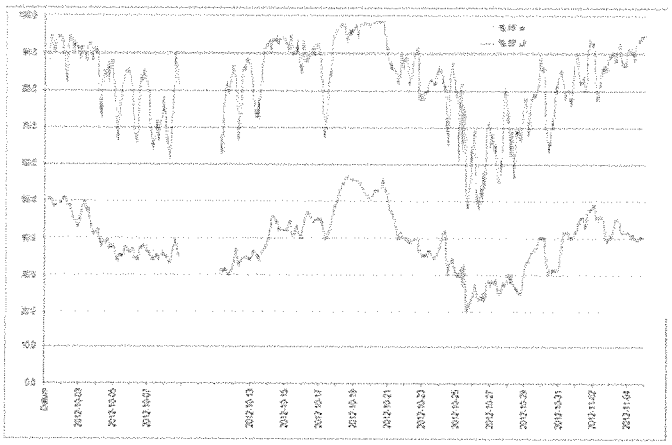
Luftflöde genom de två kanalerna. Hastigheten låg mellan 0,4 och 1 m/s.



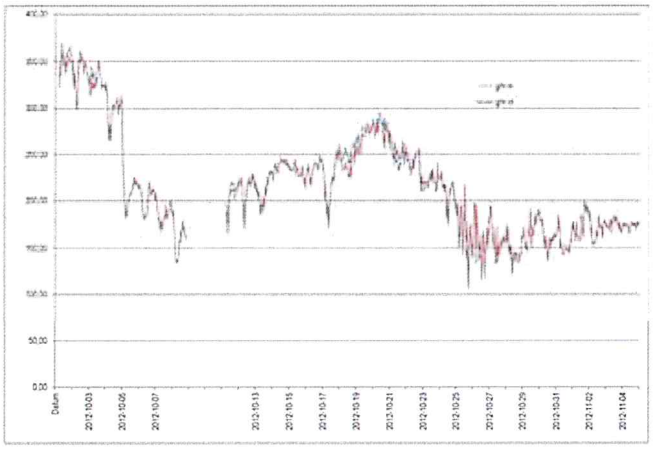
Temperatur ut och in



RF in och ut



Fukt in och ut. I stort sett lika mycket ut som in. Ingen uttorkning sker.



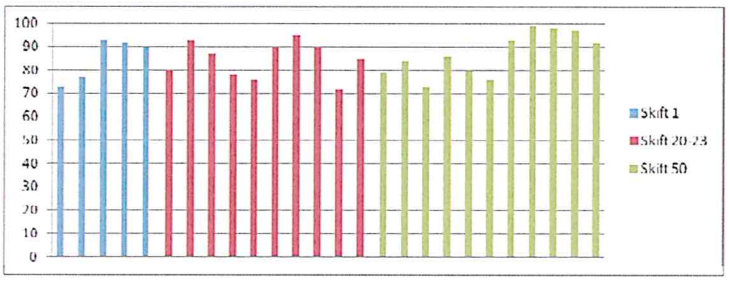
Effekt av kapillärbrytande fog som finns i övre del, bl a skift 50

Mätningar på uttagna prover kan inte påvisa att de kapillärbrutna fogarna som finns på övre del av kontrefor N5 (vid skift 50) haft någon effekt. Kapillär mättnadsgrad är till och med något högre vid skift 50 än vid de lägre nivåerna.

Skift 50	87 % KMG
Skift 20-23	85 %
Skift 1	85 %

Men det är svårt att dra säkra slutsatser om detta eftersom fukttillståndet ligger över kritisk fuktkvot vilket kan leda till snabba utjämningar.

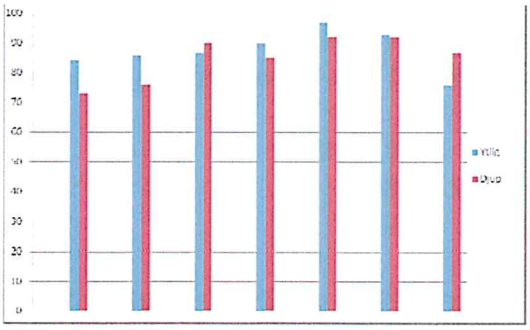
KMG på olika nivåer
Skift 1 ligger under kanalernas inlopp



KMG på olika djup från ytan

För båda kontreforerna:
Ytlig 87 %
Djup 84 %

För kontrefor N5:
Ytlig 82 %
Djup 79 %



Järnkramlor
Metall har "på vissa ställen" detekterats nära sprickor

Geoteknisk undersökning vid S1

Sektion/ Borrhål Djup (m)	Benämning (visuell jordartsklassificering enl. SGF 1981)	Vatten kvot w [%]	Kon-flyt-gräns w_L [%]	Övriga under-sok-ningar	Anm
				ω 1)	
Punkt 2	Provtagningshålet torrt intill 1,0 m djup.				
0-0,15	Fyllning. Mörkbrun leng siltig mulljord, roträdar				
0,15-0,3	Fyllning. Brun och mörkbrun siltig torrskorpelera, sand- och gruskorn, enstaka tegelrester				
0,3-0,5	Fyllning? Brun fast något grusig något sandig siltig lera	12			
0,5-0,8	Fyllning? Brun lermorän	10			
0,8-1,0 stopp	Fyllning? Brun lermorän, tegelrest = nedrasad i provtagningshålet?	10			
Provgrop	Provtagningshålet torrt intill 2,1 m djup.				
0-0,02	Singel				
0,02-0,1	Gråbrun grusig sand				
0,1-1,65	Brun något grusig mellansand				
1,65-1,9	Gråbrun grusig sand				
1,9-2,0	Gråbrun sandmorän				

Vadstena Klosterkyrka

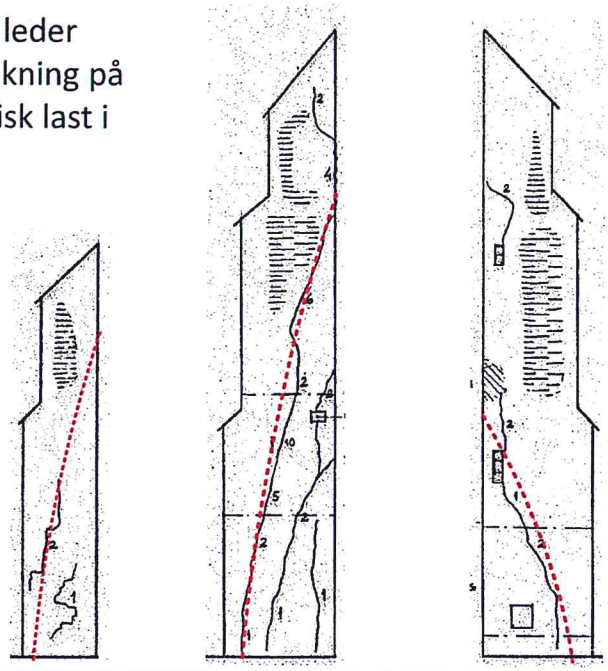
Krafter i kontreforter

Bo Westerberg, augusti 2013

Sprickbilder som leder tankarna till spjälkning på grund av excentrisk last i konsontrefort

Trycklinjer i kontrefort som skulle kunna orsaka dessa sprickor

Är dessa trycklinjer troliga eller ens möjliga?



Tvärsektion med krafter på kontrefort

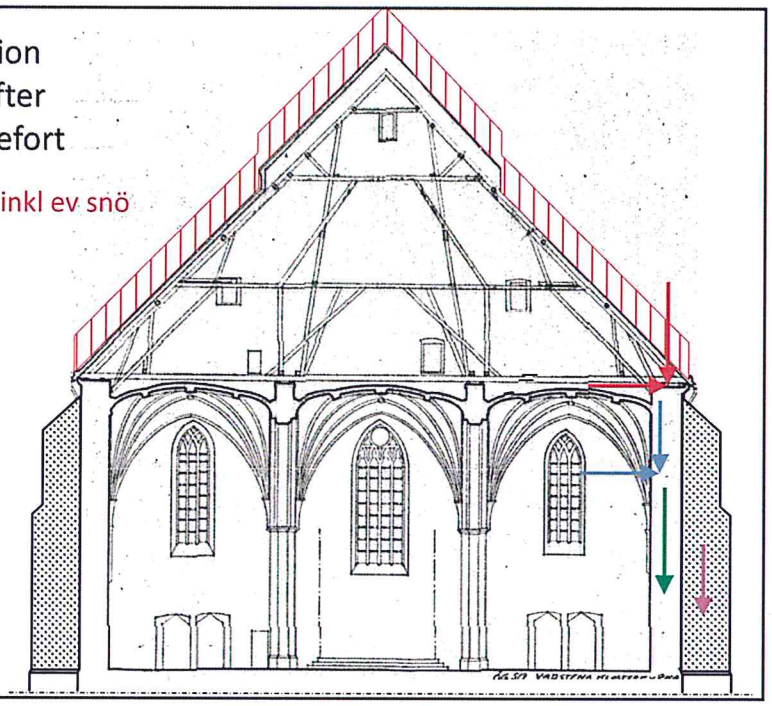
V_{tak}, H_{tak}, inkl ev snö

V_{valv}, H_{valv}

$V_{vägg}$

$V_{kontrefort}$

Det finns stora osäker-heter vid beräkning av dessa krafter



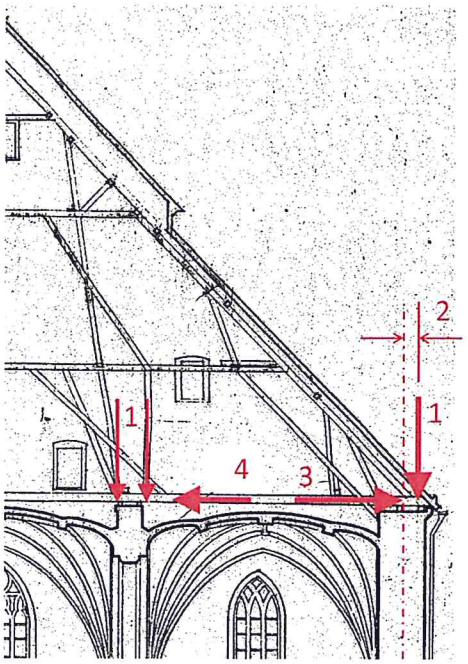
Krafter från tak

1. Hur stor andel av taklasten landar på innerpelare resp yttervägg?

2. Med vilken excentricitet landar taklasten på ytterväggen?

3. Hur stor blir horisontalkraften från takstolarna?

4. Hur stor andel av denna horisontal-kraft tas av dragband i takstolar ?

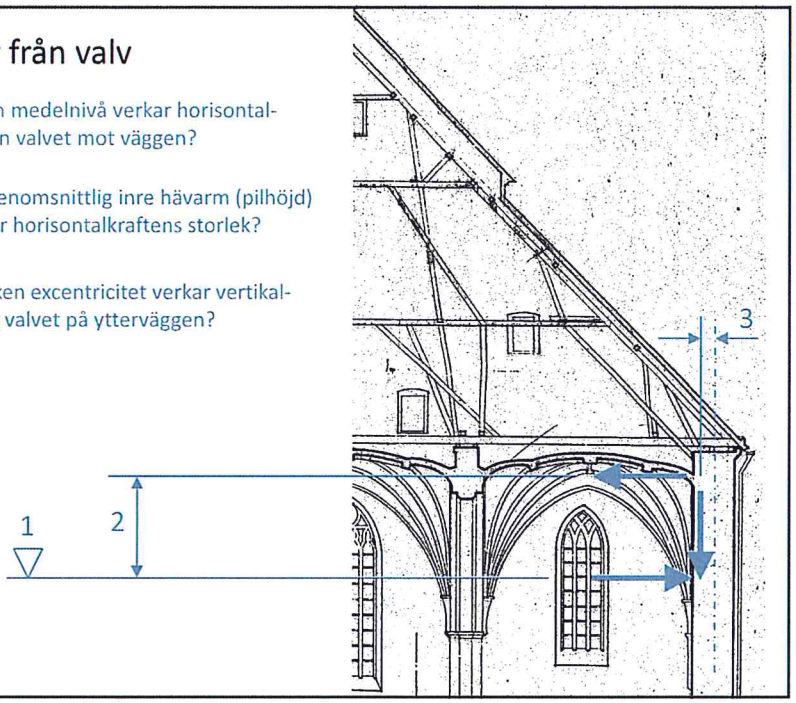


Krafter från valv

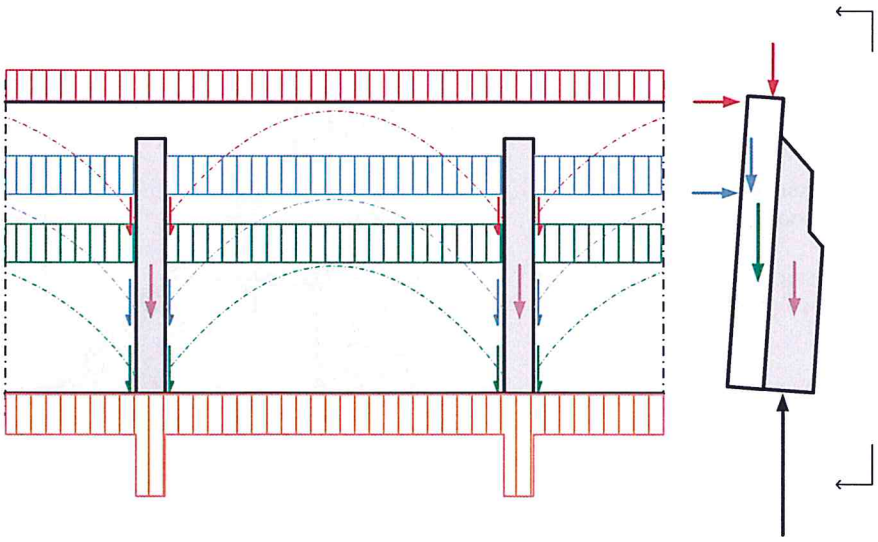
1. På vilken medelnivå verkar horisontal-kraften från valvet mot väggen?

2. Vilken genomsnittlig inre hävarm (pilhöjd) bestämmer horisontalkraftens storlek?

3. Med vilken excentricitet verkar vertikal-lasten från valvet på ytterväggen?



Överföring av vertikallast från vägg till kontrefort



Genomförda beräkningar

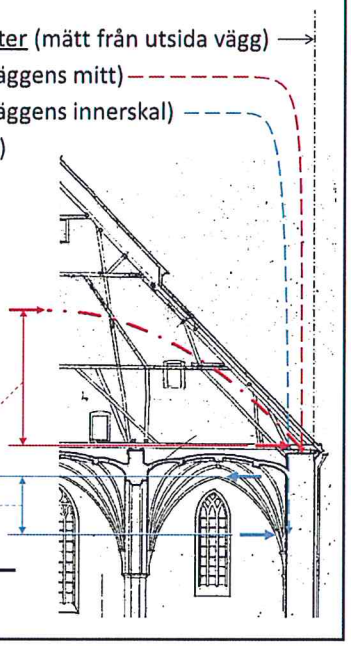
Grundvärden på laster och motsvarande excentriciteter (mätt från utsida vägg) ⟶

Tak	2,56	kN/m²	e_{tak} = -1,05 m (väggens mitt)
Valv	5,56	kN/m²	e_{valv} = -1,98 m (väggens innerskal)
Vägg	48,0	kN/m²	(m² vert. ytenhet)
Kontrefort	1800	kN	(total vikt)

Övriga förutsättningar

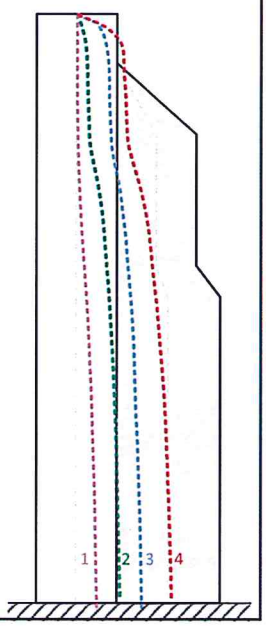
Andel taklast på yttervägg, %	33	resp	100
Andel vägglast på kontrefort, %	60	resp	100
Snölast, kN/m²	0	resp	0,8
Ekvivalent pilhöjd i takkonstr., m	8,85	resp	17,7
Medelnivå för valvets hjässa, m	16,0 m		
Valvets medelpilhöjd, m	3,0	resp	5,0

Sammanlagt 2^5 = 32 beräkningar



Exempel på beräknade trycklinjer

	1	2	3	4
Pilhöjd för valv, m	5,0	3,0	3,0	3,0
Snölast, kN/m²	0	0,8	0,8	0,8
Andel av taklast på yttervägg, %	100	100	33	33
Ekvivalent pilhöjd i takkonstr, m	∞	17,7	8,85	8,85
Andel av vägglast på kontrefort, %	100	100	100	60



Slutsatser

Spjälkning på grund av att kontreforten belastas nära gränsen till stjälpning är inte en trolig orsak till sprickor

Trycklinje 4 är överhuvudtaget inte möjlig, då kraften hamnar utanför tvärsnittet.

(Det gäller generellt kombinationer med stor horisontalkraft och liten vertikalkraft från tak.)

Vadstena Klosterkyrka – några observationer/kommentarer

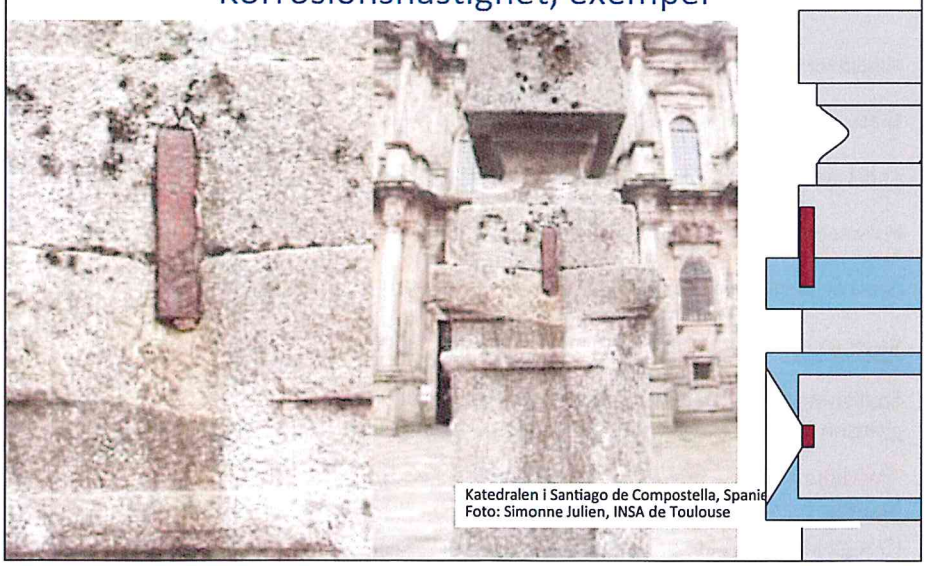
- seminarium i Vadstena 2013-08-20

Lars-Olof Nilsson

Moistenginst AB

www.moistenginst.se

Korrosionshastighet, exempel



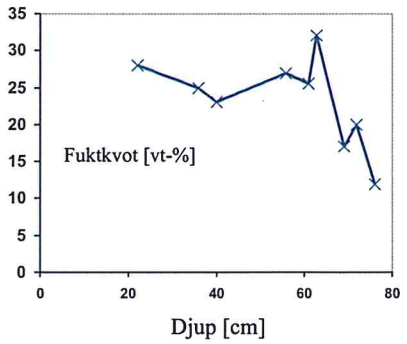
Katedralen i Santiago de Compostella, Spanien
Foto: Simonne Julien, INSA de Toulouse

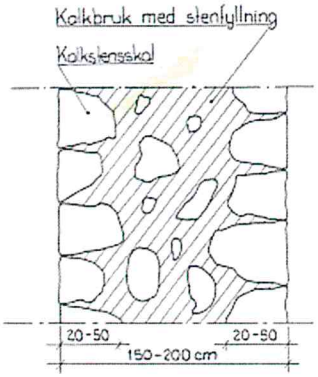
Vadstena Klosterkyrka – några observationer/kommentarer

1. Det <u>är</u> blött inne i strävpelarna!
   - Sandin (1974) och (Berggren (1993) mäter höga KMG-värden (ännu större vintertid(?))
   - Det sägs rinna vatten ur sprickorna i samband med regn. Då stannar fritt vatten i fickor.
   - Det syns att det runnit vatten ur sprickorna (kalkutfällningar & rinningsmärken)
   - Det är slagregn som orsakar detta! (Sandin (1974) (slagregn ger vattenfilm som rinner; tränger in i fogar/sprickor)

Fuktkvot & KMG på "bruk".

Vadstena Klosterkyrka



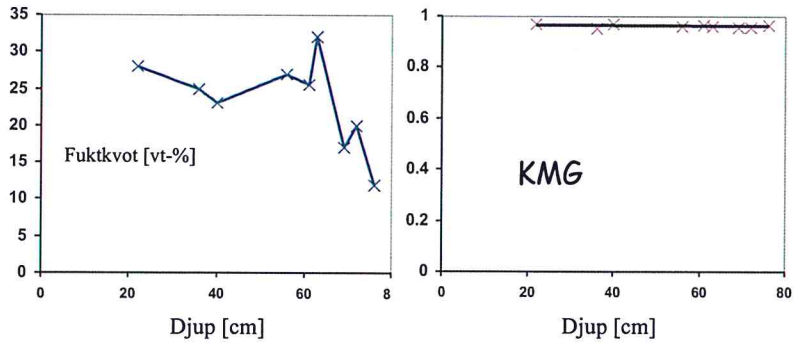


Sandin (1974)

4

Fuktkvot & KMG på "bruk".

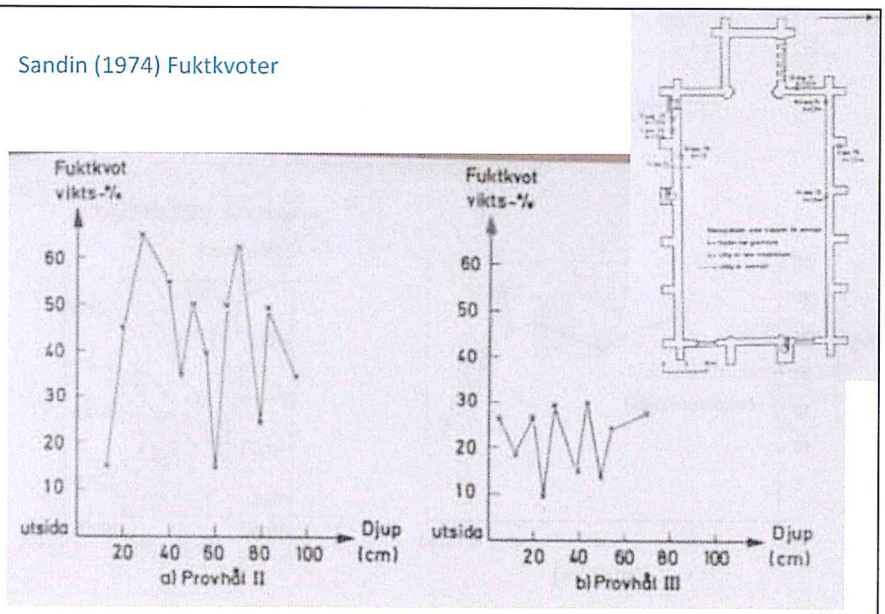
Vadstena Klosterkyrka



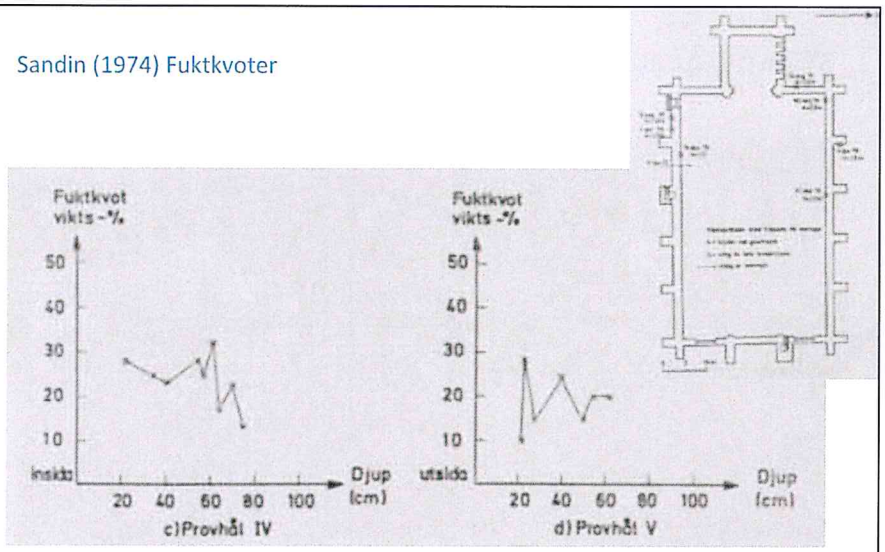
Sandin (1974)

5

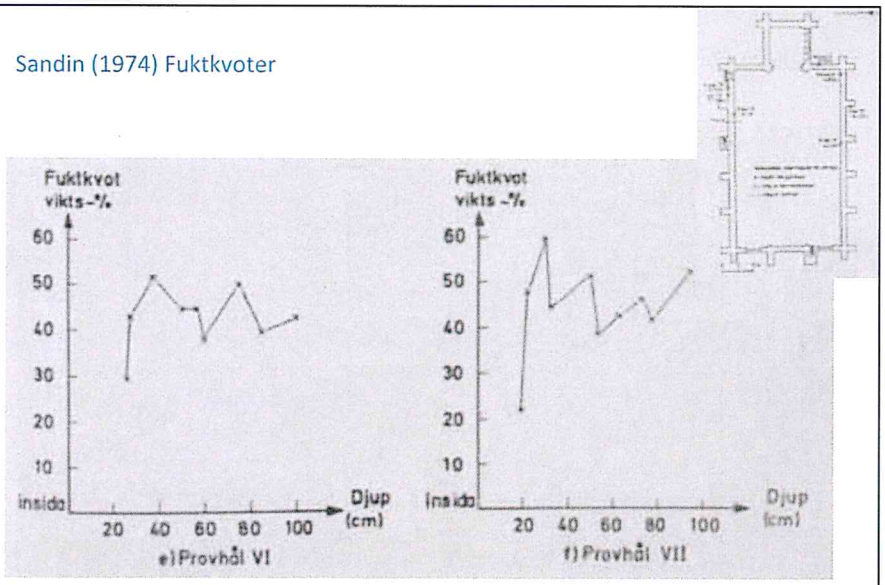
Sandin (1974) Fuktkvoter



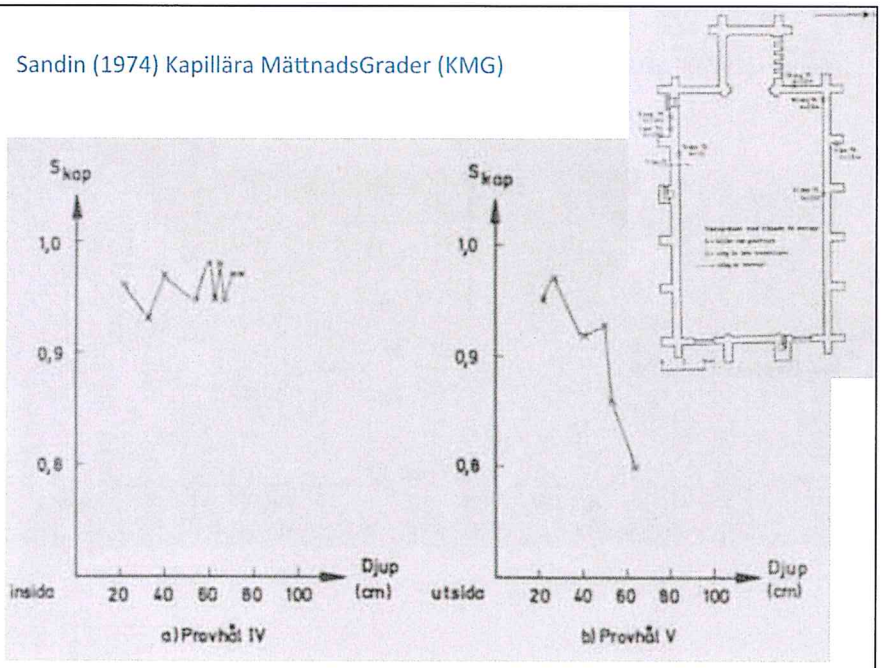
Sandin (1974) Fuktkvoter



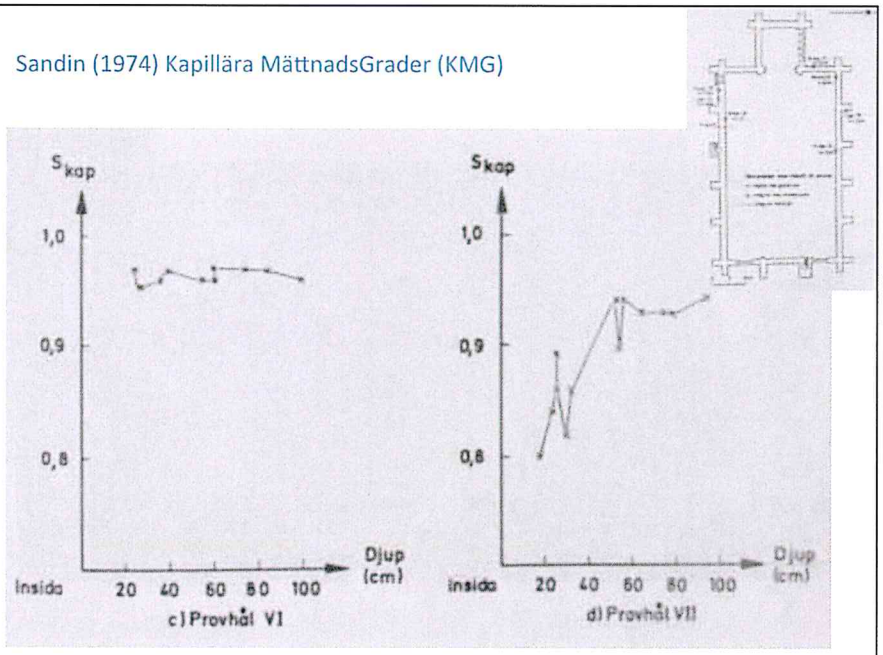
Sandin (1974) Fuktkvoter



Sandin (1974) Kapillära MättnadsGrader (KMG)



Sandin (1974) Kapillära MättnadsGrader (KMG)



Sandin (1974):

Vid regn har observerats att vattenfilm utbildas på praktiskt taget alla strävpelarna, oberoende av vindriktning och vindstyrka. På väggarna utbildas däremot vattenfilm först vid ett riktigt slagregn. Måttliga slagregn ger vattenfilm enbart på övre delen av väggen medan kraftiga slagregn ger vattenfilm på hela väggytan. Även väggytor på läsidan blir blöta i överkanten, dock utan att någon riktig vattenfilm bildas.

Vid små vindstyrkor och duggregn bildas i allmänhet vattenfilm enbart på strävpelarna medan väggarna endast blir fuktiga. På väggarnas övre delar och intill strävpelarna kan dock vattenfilm bildas även vid duggregn.

Blöta väggar och strävpelare kan förekomma även då någon nederbörd ej fallit. Under dygn med kalla nätter

Sandin (1974):

Den troliga skademekanismen är följande:

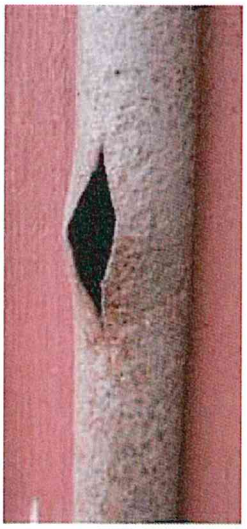
1. Slagregn och markfukt har ansamlats i murverket. Detta kan ha skett mycket sakta och möjligen enbart på vissa ställen.
2. Denna fukt har medfört saltutslag och i kombination med kyla även frostsprängningar.
3. På 1890-talet reparerades kyrkan p g a dessa skador. Hela kyrkan omfogades med cementbruk.
4. Cementbruket medförde att avdunstningsmöjligheterna försämrades, varför förhållandena snabbt försämrades och hela murverket fick ett större fuktinnehåll.
5. Frostsprängningarna har gjort att förloppet ytterligare accelererats.

Vadstena Klosterkyrka – några observationer/kommentarer, forts.

2. Vatten i strävpelarna expanderar 10 % vid frost! Fagerlund (2013): upp till 7 cm expansion är möjlig!
   - När och var finns detta vatten? I fyllnadsbruket, men också i kanaler/sprickor/springor inne i fyllningen. En del rinner ut, men en del står kvar.
   - När detta vatten fryser behöver inte bruket frostskadas; det kanske inte är tillräckligt mättat. Det kan förklara observationen av Berggren(1993) att bruket inte var frostskadat.

Vadstena Klosterkyrka – några observationer/kommentarer, forts.

3. Vatten i strävpelarna expanderar 10 % vid frost! Det kan inte skalen stå emot!
   - Det blir enorma tryck! Fagerlund (2013)

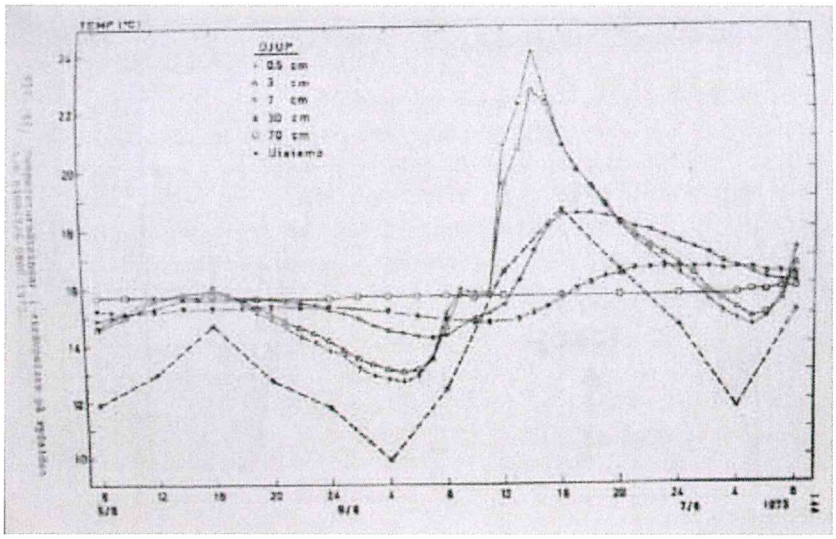


Frostspricka i vattenfyllt stålrör

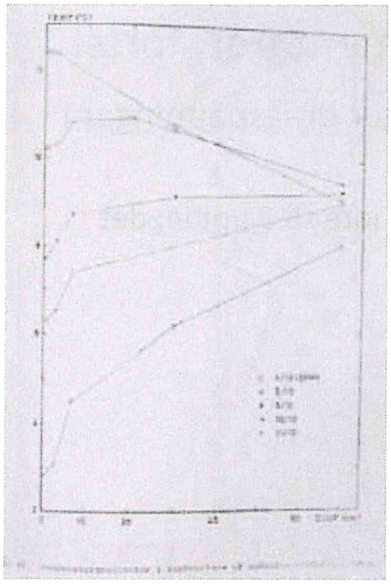
Vadstena Klosterkyrka – några observationer/kommentarer, forts.

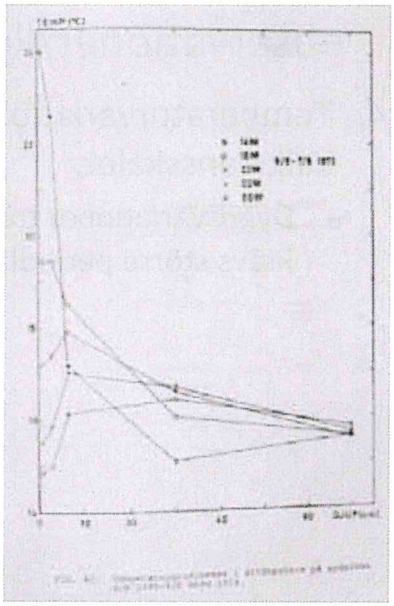
4. Temperaturvariationer ger dragspänningar i kalkstensskalet.
   - Dygnsvariationer tränger inte så djupt in; det krävs större periodlängd.

Sandin (1974) Temperaturvariationer



Sandin (1974) Temperaturvariationer





Sandin (1974):

8.3 Åtgärder för att förhindra fuktansamling från slagregn

Dessa åtgärder kan göras på två principiellt skilda sätt. Antingen kan slagregnet hindras från att träffa fasaden, eller kan slagregnet hindras från att sugas in i murverket om det träffar ytan. Även mellanting mellan dessa åtgärder finns naturligtvis, exempelvis tillåta en viss vattenuppsugning men samtidigt åstadkomma goda avdunstningsmöjligheter.

Åtgärder för att minska slagregnsbelastningen på väggen är riktiga taksprång, avtäckningar över strävpelare och på fönsterbänkar samt framför allt hängrännor och stuprör runt hela byggnaden.

Vadstena Klosterkyrka – åtgärdsalternativ

- Fortsätt, och utöka, sprickmätningarna.
  Börjar det accelerera?
- Bedöm strävpelarnas kondition m a p stabilitet.
  Är det stor säkerhetsmarginal eller räcker det att någon spricka växer?
- Bedöm effekten av temperaturvariationer.
  Klimatvariationer under åren + temperaturprofiler i strävpelarna
- Undvik frostsprängning i strävpelarna:
  1. Skydda mot slagregn, eller
  2. Hindra slagregn att rinna in i fogarna, eller
  3. Håll temperaturen över 0°C
  4. ... om man ska göra något alls!