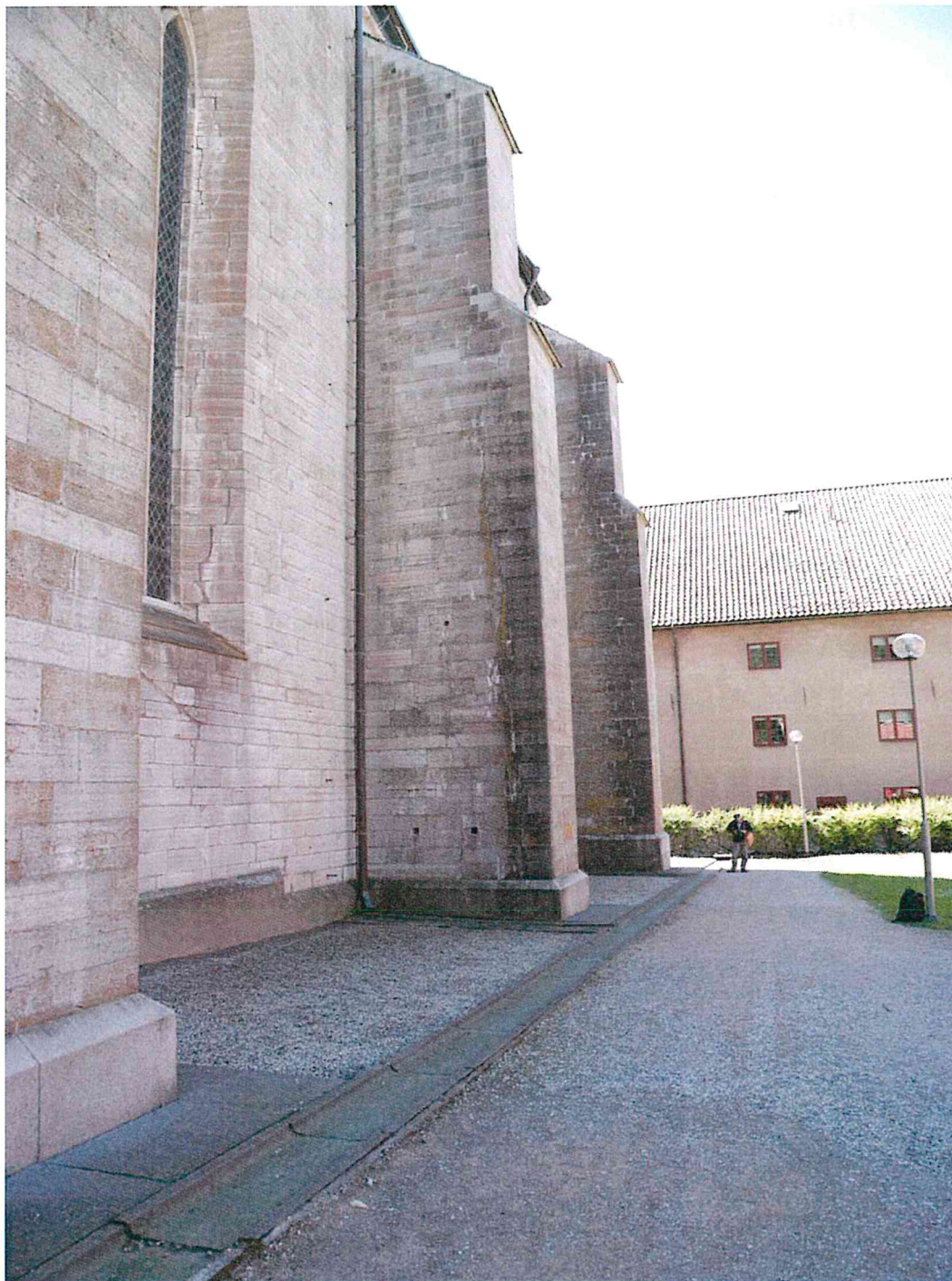




Vadstena klosterkyrka
Jämförelse av kontrefor N4 och åtgärdad kontrefor N5
Rapport 2012-12-29

Krister Berggren
Krister Berggren Byggkonsult AB

Förord

Utredningen är finansierad av Linköpings stift med stiftsantikvarie Gunnar Nordanskog som handläggare.

Planering, undersökningar och dokumentation är utförda av Per Rydberg, Arkitektkontor à la Rydberg AB och Krister Berggren, Krister Berggren Byggkonsult AB, med Anita Löfgren Ek, Östergötlands museum, som antikvarisk medverkande.

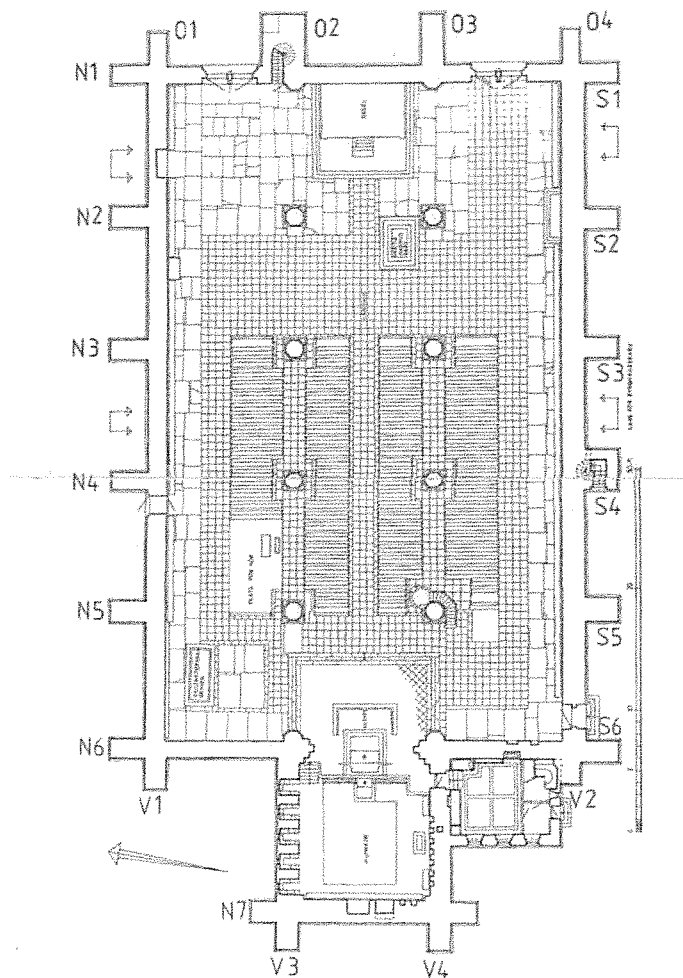
Uttagning av provkroppar med tillhörande stenarbeten har utförts av Närkesten AB med Stefan Aronsson som arbetschef.

Grundundersökningen vid kontrefor S1 har utförts av Hylanders Geo-byrå AB i Norrköping med Johan Hylander som ansvarig.

För övriga mätningar och analyser samt rapport har Krister Berggren ansvarat.

Numrering av kontreforer

I rapporten används följande numrering av kontreforer.



Historik

Kyrkan är uppförd med murar av sten och valv av tegel. Taket är numera belagt med skiffer. Valven och taket vill trycka ut de höga väggarna. Väggarna stabiliseras av kraftiga kontreforer. Väggarna och kontreforer har skal av Borghamnskalksten. Kärnan består till större delen av natursten och bruk, men det finns inslag av tegel i kärnan, åtminstone i en tidigare undersökt kontrefor. Kyrkan har sedan länge problem med sprickor i vissa av kontreforeernas skal. Sprickorna är i huvudsak vertikala och finns både på kontreforeernas sidor och i framkant. Man kan på många ställen se att skalerna är utskjutna vid sprickorna, vilket kan tyda på att kärnan tryckt ut och spräckt skalerna. Detta tillsammans med att det på många ställen rinner vatten ur fogarna efter regn, indikerar att sprickorna kan ha sin orsak i att kärnan fryser sönder och trycker ut skalet. Men detta är än så länge bara en hypotes.

Vatten kan tillföras kärnan på flera sätt. Grundvattenytan står åtminstone bitvis bara någon dryg meter under markytan. Vatten kan tänkas sugas upp kapillärt i kärnan från grundvatten eller annat markvatten. Vatten kan vid slagregn sugas in kapillärt via fogarna. Eftersom avdunstningen från de smala fogarna är mycket långsammare än insugningen kan man anta att vatten anrikas i kärnan tills den är kapillärt mättad. Men eftersom fritt vatten rinner ut efter regn kan kapillär insugning inte vara hela problemet. Fritt vatten kan vid slagregn pressas in via otäta fogar. Kontreforeerna är täckta med blyplåt. Blyplåt drabbas ofta av utmattningsprickor, vilket leder till läckage. De på flera kontreforer kraftiga kalkutfällningarna närmaste metern under krönen tyder på att det finns läckage i avtäckningen på flera kontreforer.

Vid undersökningar 1994 konstaterades att fuktkvoten i tegelstenar högst upp i en kontrefor på norra sidan (kontrefor N5) låg mycket nära kapillär mättnad, det vill säga på den nivå där tegel kan tänkas frysa sönder. Då startades ett försök med att torka ut kärnan i kontreforen genom att borra två vertikala ventilationshål med diameter ca 100 mm genom kontreforen och ventilerade bort fukten. I dessa kanaler installerades värmekabel för att öka luftflödet och ventilationsluftens fuktupptagningsförmåga. På övre delen av kontreforen gjordes nya fogar med en kapillärbrytande luftspalt innanför det synliga fogbruket. Fogen försågs med hål mot uteluften för tryckutjämning, ventilation och dränering. Resultatet av dessa åtgärder har inte kunnat följas upp hittills. Det har vi nu gjort och redovisar i denna rapport.

Den mest skadade kontreforen finns på sydsidan vid det sydöstra hörnet (kontrefor S1). Den största sprickan finns på västra sidan. Sprickan har mätts sedan mitten av 90-talet. Under den första tioårsperioden skedde ingen tillväxt, men därefter har sprickbredden tillväxt med ca 2 mm. Det sydöstra ribbvalvet i kyrkan är det enda valvet som har några sprickor av betydelse. Sprickorna visar att den södra ytterväggen har tippat ut mot söder. Den östra väggen har sprickor som visar att väggens södra del också följt med åt söder i sin övre del. Denna rörelse kan bero på att kontreforens yttre del satt sig i förhållande till muren eller att kontreforen eller dess grundkonstruktion deformerats. Den aktuella kontreforen har åtminstone delvis murats om på slutet av 1800-talet. Denna kontrefor vill vi undersöka ytterligare och samtidigt åtgärda sprickorna.

Syfte med undersökningen

Huvudsyftet med den nu genomförda undersökningen har varit att klarlägga om åtgärderna på kontrefor N5 haft avsedd effekt och samtidigt konstatera om

kontreforerna är tillräckligt blöta för att orsaka frysskador på beklädnadsstenen. Under projektets gång har det dykt upp en ny hypotes om att det skulle kunna vara rostande järnkramlor som orsakat sprickorna.

Tillvägagångssätt

Den åtgärdade kontreforen (N5) har jämförts med kontreforen närmast öster om den åtgärdade (N4). Ställning byggdes runt båda kontreforerna och försågs med väderskydd. Samma provtagningar utfördes parallellt på båda med ett undantag. Beklädnadssten togs bort på kontreforens öst och västsida högt upp i skift 50 över sockel. En beklädnadssten togs bort på en mellannivå i skift 20-23 på båda sidor av båda kontreforerna. På enbart kontrefor N5 togs en beklädnadssten bort i skift 1 på östra sidan. Provtagning utfördes på kärnan på ett par olika djup vid varje borttagen skalsten. Vid varje provtagningsställe togs prov av sten, bruk och tegel. Uttagna prover inspekterades med avseende på synliga frostsador. Aktuell fuktkvot och mättnadsfuktkvot mättes med gravimetrisk metod (noggrann vägning). Kapillära mättnadsgraden i procent beräknades som aktuell fuktkvot dividerat med mättnadsfuktkvot gånger 100. Resultaten analyserades för att se om någon effekt av de tidigare vidtagna åtgärderna kan påvisas. Skadorna lagades och ny sten monterades i skalet. Kröntäckningarna inspekterades och åtgärdades.

Under större delen av entreprenadtiden mättes uttorkningen genom att mäta luftflödet i kanalen och fukttinnehåll vid inlopp och utlopp till en av de vertikala kanalerna med datalogger.

Kontreforerna undersöktes med metalldetektor för att se om det fanns något samband mellan metallförekomst och sprickor. Även från marken åtkomliga delar av andra kontreforer undersöktes. Kontreforerna märktes med kryss där metalldetektorn indikerade metallförekomst.

En utskjuten sten på sydsidan av kontrefor 02, där vi misstänkte att den kan ha skjutits ut av rostande järn, demonterades. En beklädnadssten i skift 3 på västra sidan av kontrefor S1, där metalldetektorn indikerat metall i anslutning till en spricka, togs bort.

Härutöver har en grundundersökning utförts vid kontrefor S1 i syfte att finna orsaker till sprickorna i sydöstra valvet.

Analys av resultat

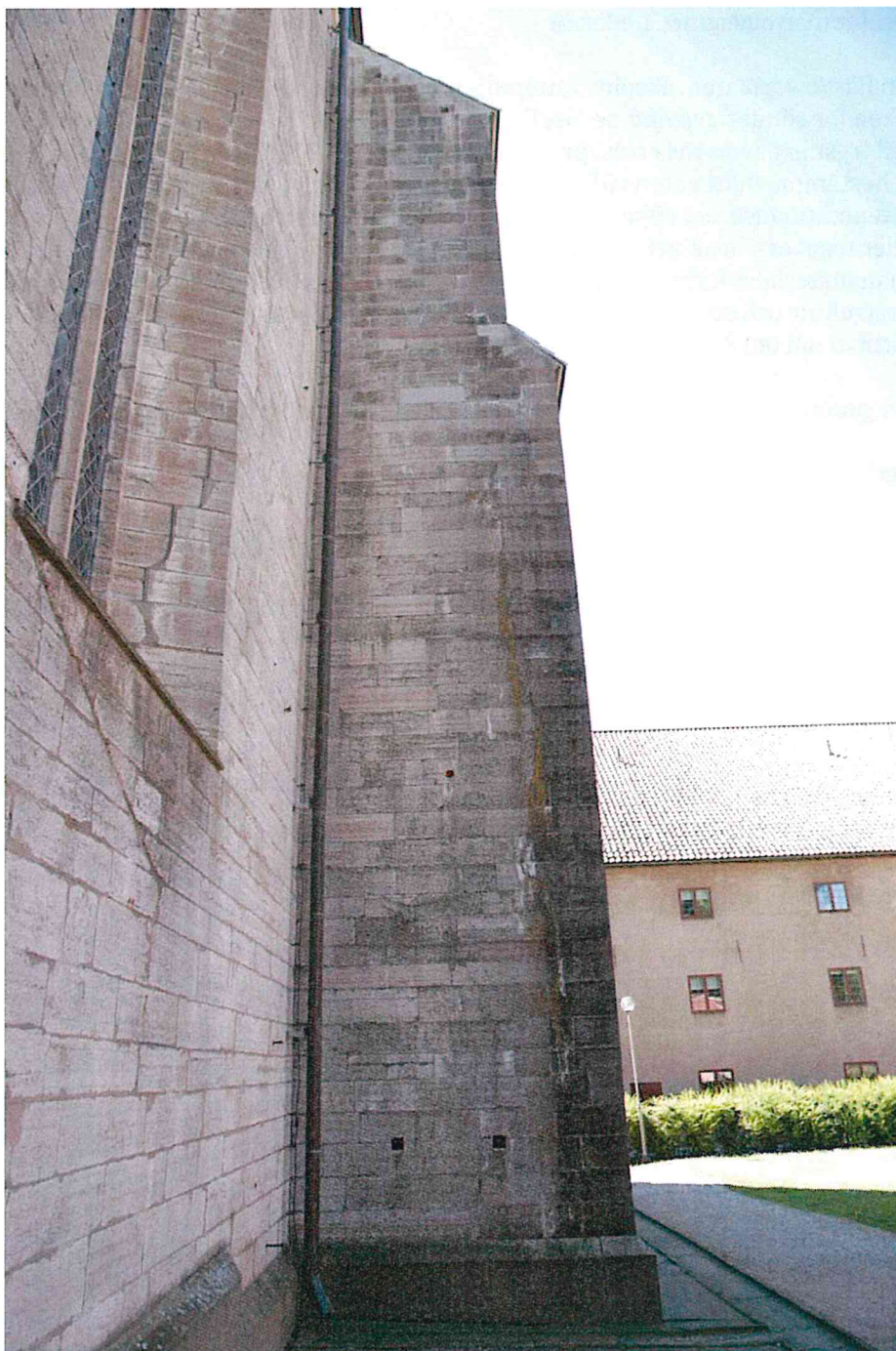
Kontreforens uppbyggnad

De aktuella kontreforerna är ungefär 1,8 m breda och 3,0 m djupa i nedre delen. På nivån ca 10,5 m över mark trappas djupet ner till ca 2,5 m. Den totala höjden är ca 16,5 m över mark. Dessa måttuppgifter är skalmätta ur A Hildebrands uppmättningsritningar från 1986.

Kontreforerna är byggda med skal av Borghamnskalksten. Skalens djup (tjocklek) varierar mellan ungefär 25 och 40 cm. Skalen är i fasad och yttre del av kantsidor släthuggna med bredmejsel eller någon form av yxa. Övriga sidor är bara grovt tillyxade. Skalstenen smalnar av inåt. Den triangulära spalt som bildas i inre del av stötfog och delvis även i liggfogar är utfylld med tegelbitar och bruk, huvudsakligen kalkcementbruk. Kärnan består i huvudsak av kalksten och kalkcementbruk, med vissa inslag av tegel och sandsten. Kalkcementbruket bedöms ha en styrka ungefär motsvarande dagens kalkcementbruk C (KC 2:1:12 i volymdelar). Skalet har visat sig

vara kramlat med järnkramlor. Vi vet inte på vilket sätt och hur omfattande kramlingen är. Men på kontrefor S1 påträffades en horisontell sträckkramla, typ hakkramla, mellan två skalstenar i liggfogen över det kramlade skiftet. Undersökningen med metalldetektor tyder på en relativt omfattande kramling, men inte i varje stötfog..

Ett relativt stort antal stenar i skalet är lågerhuggna. Man kan ana att dessa är yngre. Det har tolkats som att de är utbytta 1890 eller senare. Även våra ersättningsstenar har räfflats maskinellt för att likna lågerhuggna.



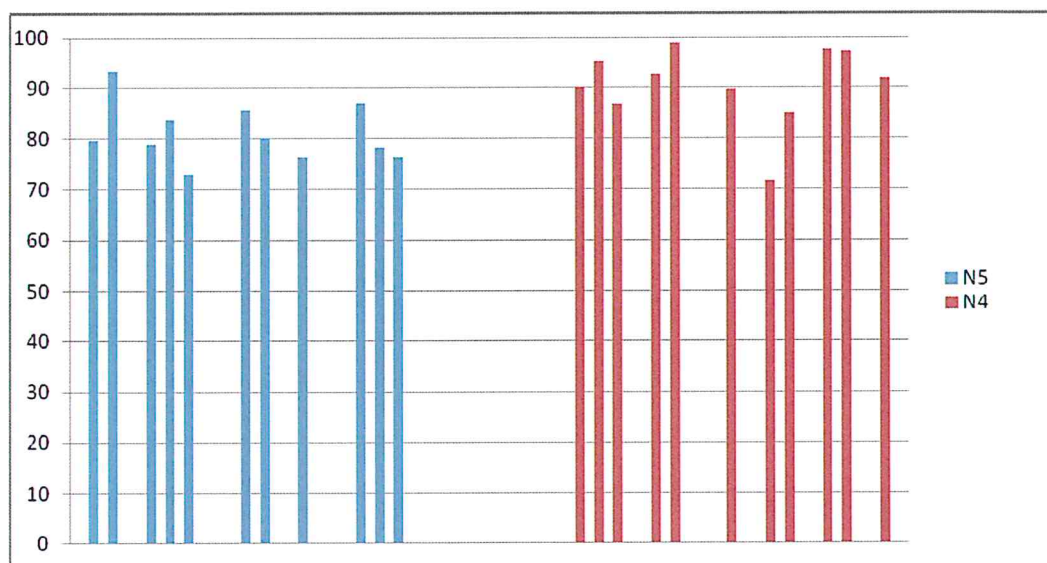
Kontrefor N5 sedd från öster. Notera inloppshålen till ventilationskanalerna i tredje skift och utloppshålen längst upp.

Jämförelse N4 och N5

Genomsnittlig KMG för tegel och bruksprover var:

N4	81 %
N5	91 %

Skillnaden är så stor att den är svår att förklara på annat sätt än att åtgärderna som utfördes 1994 har haft effekt. Men uttorkningen har inte alls gått så långt som vi beräknade då. Enlig beräkningarna från 90-talet skulle fuktkvoten nu vara nere i det hygroskopiska området, vilket torde röra sig om KMG av storleksordningen maximalt 20-30 %. Uttorkningen har alltså inte alls gått i den takt vi beräknade. Det kan bero på att avdunstningsytan i de borrade kanalerna är en bråkdel av den vi räknade med genom att en stor del av mantelytan består av tät ogenomtränglig kalksten. Det kan också vara så att vatten hela tiden tillförs utifrån genom fogarna i en takt som nästan kompenserar uttorkningen.



Kapillär mätnadsgrad i uttagna prover fördelat på kontrefor N5 och N4.

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

N4	12,8 %
N5	11,6 %

Det beror på att mätnadsfuktkvoterna är genomsnittligt högre i N5. Vi utgår från att kapillära mätnadsgraden är ett bättre mått på fuktsituationen i kontreforerna.

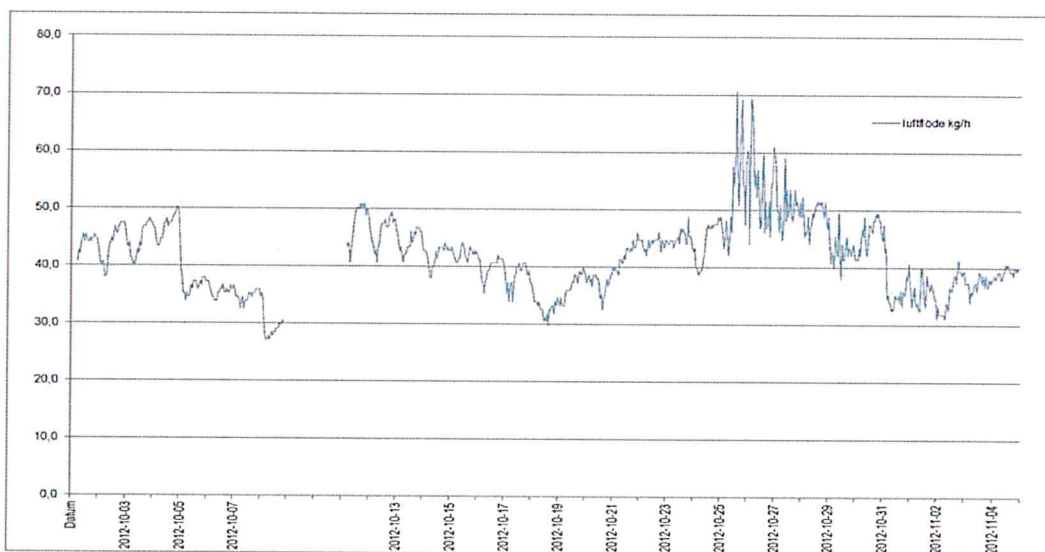
Pågående uttorkning

Genom att mäta luftflödet i de uppborrade ventilationskanalerna i kontrefor N5 samt fuktinnehållat i in och utströmmande luft, får man ett mått på hur mycket fukt som ventileras bort från kontreforen via luftkanalerna. Man kan konstatera att skillnaden mellan ut- och ingående lufts fuktinnehåll är mycket liten och ligger inom mätmetodens felmarginal. Under första mätperioden som pågick i knappt 8 dygn uppmättes en

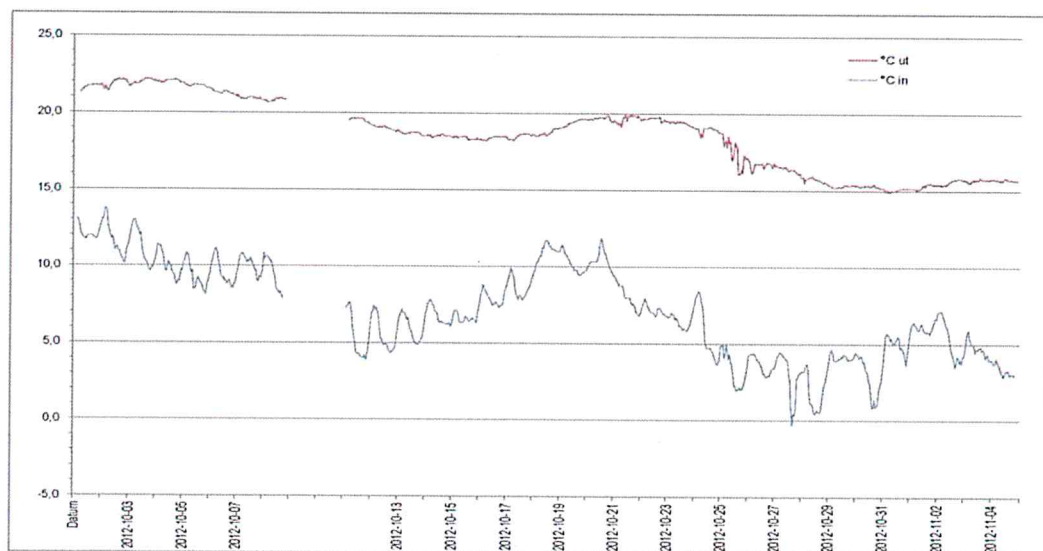
uppfuktning av kontreforen på 473 g vatten. Under den andra mätperioden, som pågick i knappt 26 dygn, skedde en uttorkning på 891 g vatten. Till saken hör att fukt- och temperaturloggrarna i in- och utlopp bytte plats mellan de två mätperioderna. Ett litet mätfel i loggrarna kan möjligen förklara varför en uppfuktning skedde under första delen av perioden. Men det kan också bero på att utetemperaturen och därmed fuktnivån i uteluften var högre under första perioden.

Troligen sker det en mycket liten uttorkning genom ventilationen. Att den är så liten trots att det finns mycket fukt kvar i kontreforen kan bero på att en stor del av kanalväggen består av tät kalksten. Bara en mindre andel utgörs av bruk och tegel genom vilken uttorkningen kan ske.

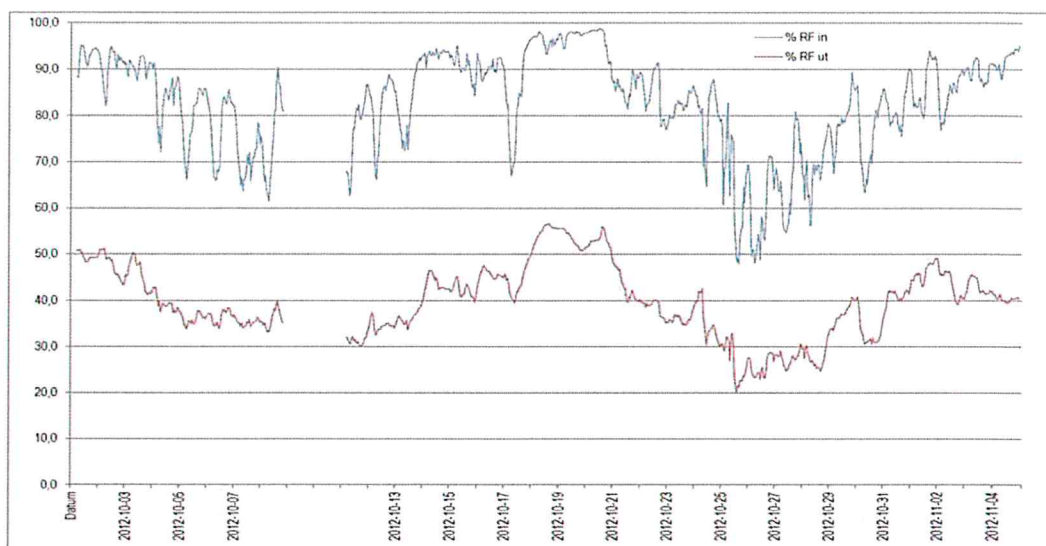
Installationen av värmekablar i de båda borrarade kanalerna bidrar effektivt till den möjliga uttorkningen på två sätt, dels höjer den temperaturen i kanalen med totalt ca 10 °C mellan ut- och inlopp, det vill säga i genomsnitt med ca 5 °C, vilket ger en skorstenseffekt, dels ökar den luftens fuktupptagningsförmåga och därmed avdunstningen genom temperaturhöjningen.



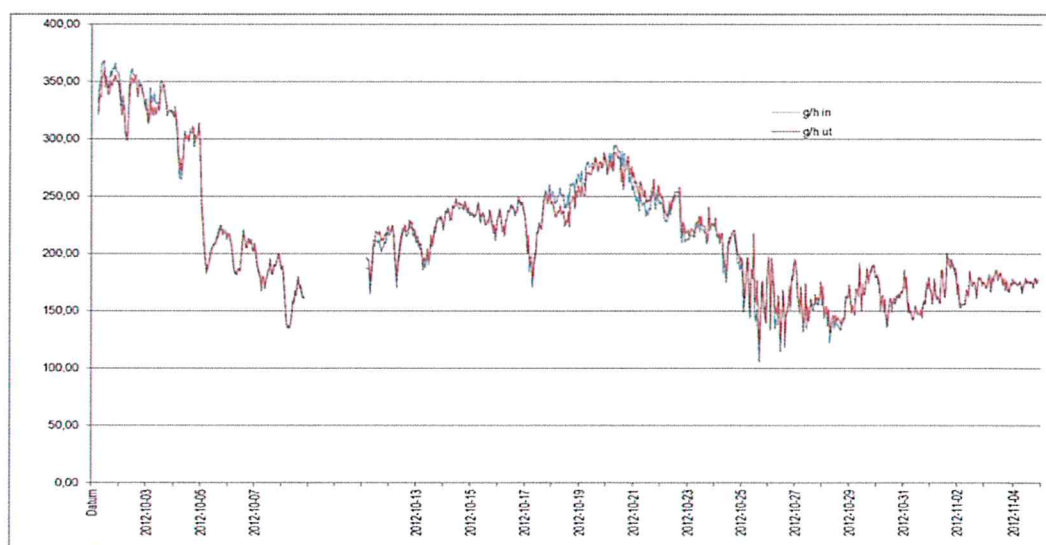
Luftflöde genom de två borrarade kanalerna i N5.



Temperatur vid inlopp och utlopp till borrarad kanal. Temperaturhöjningen är ca 10°C.



Relativ fuktighet vid in- och utlopp. RF sjunker med cirka 40 %-enheter på vägen genom kanalen på grund av uppvärmningen.



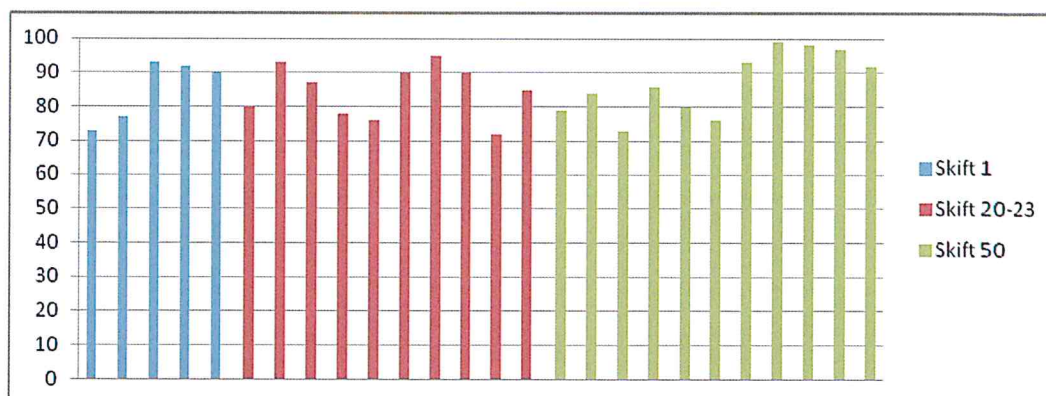
In- och utgående fukt i ventilationskanalerna. Skillnaden är mycket liten.

Effekt av kapillärbrytande fog

Mätningar på uttagna prover kan inte påvisa att de kapillärbrutna fogarna som finns på övre del av kontreför 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 %
Skift 20-23	85 %
Skift 1	85 %

Det skulle möjligen kunna tyda på att vi tidigare överskattat effekten av fukttilförsel utifrån via fogarna.



Kapillär mättnadsgrad på olika nivåer. Skift 1 ligger under kanalernas inlopp.

Fuktförhållanden beroende på provtagningsdjup

Provtagningen är utförd på olika djup vid provtagningsställena. Provtagningsdjupen mätt från fasad varierar mellan 21 cm och 49 cm.

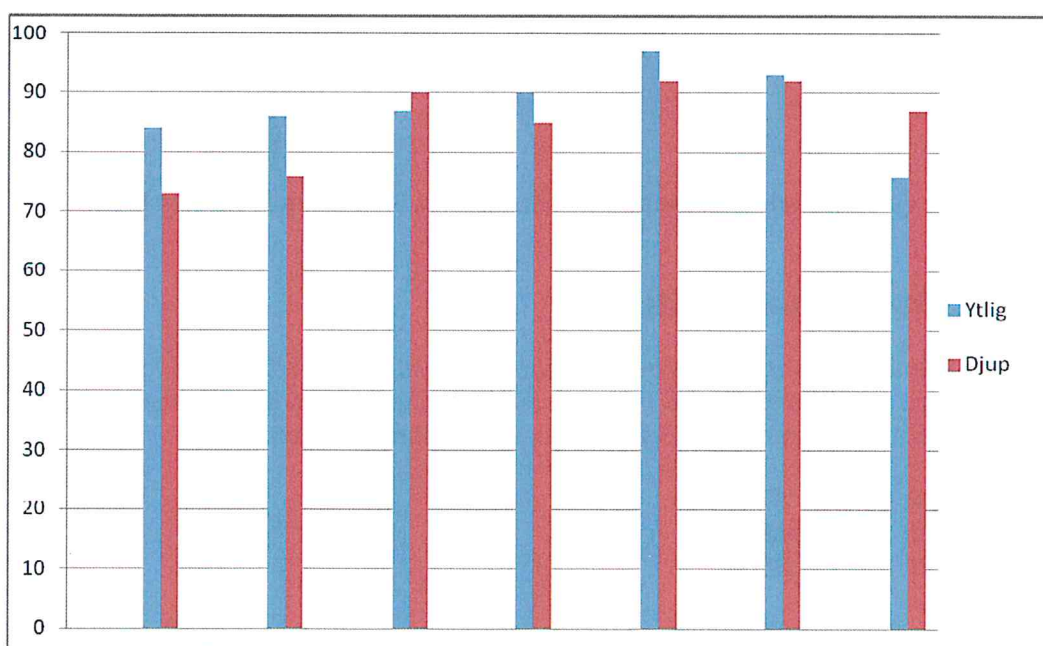
En jämförelse mellan grund och djup provtagning vid varje ställe visar en liten skillnad i kapillär mättnadsgrad, där det ytliga provet är något fuktigare.

För båda kontreförerna:

Ytlig	87 %
Djup	84 %

För kontreför N5:

Ytlig	82 %
Djup	79 %

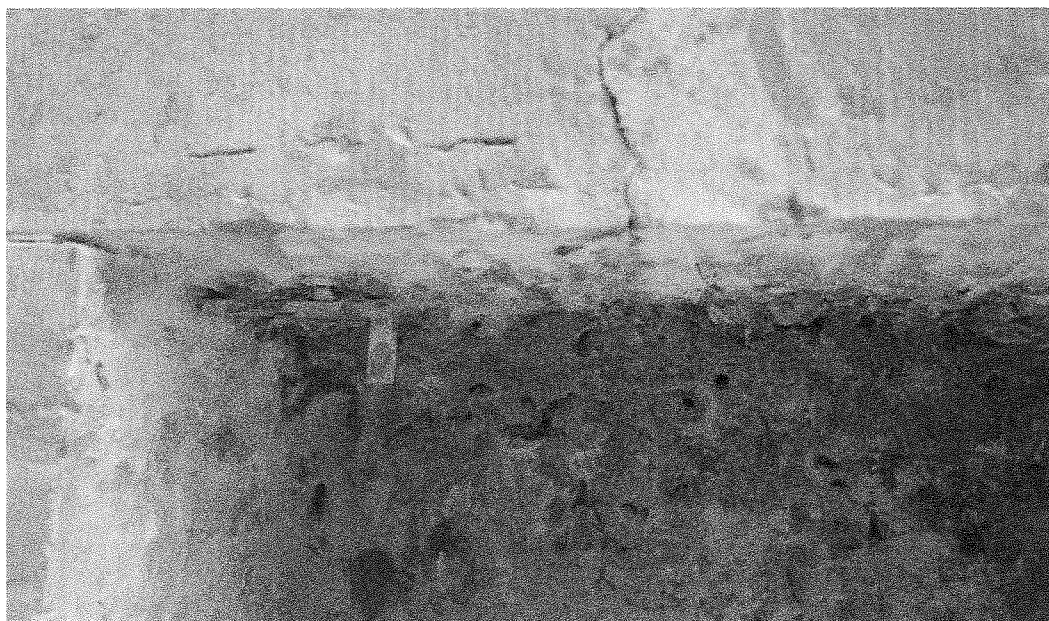
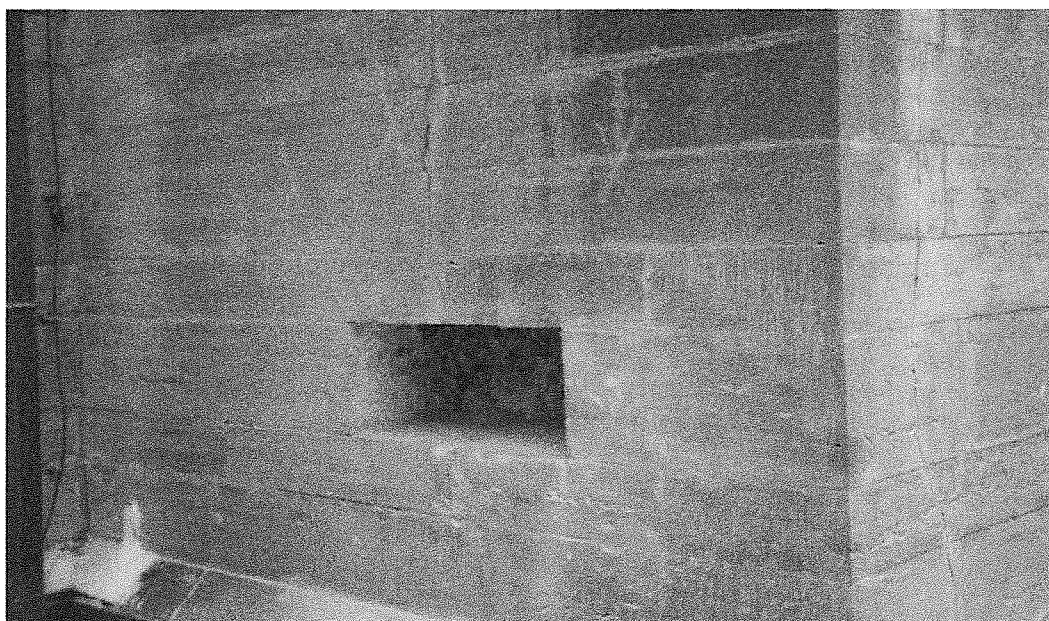
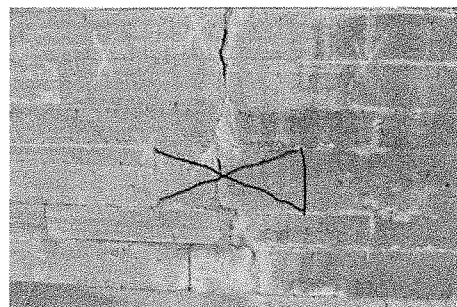


Kapillär mättnadsgrad är genomsnittligt något högre för de ytliga proven.

Rostsprängning

På många ställen har metallförekomst detekterats. Relativt ofta detekterades metall i närheten av fogarna (vita kryss på fotot).

Ett detekterat metallföremål frilades genom borthuggning av en del av en beklädnadssten (svart kryss) på västsidan av kontrefor S1. Det visade sig vara en hakkrampa av järn. Men just denna kramla var inte inbörad i direkt anslutning till sprickan. Det är därför inte troligt att just denna kramla kan ha orsakat sprickan. Men förekomsten av järnkramlor har därmed verifierats.



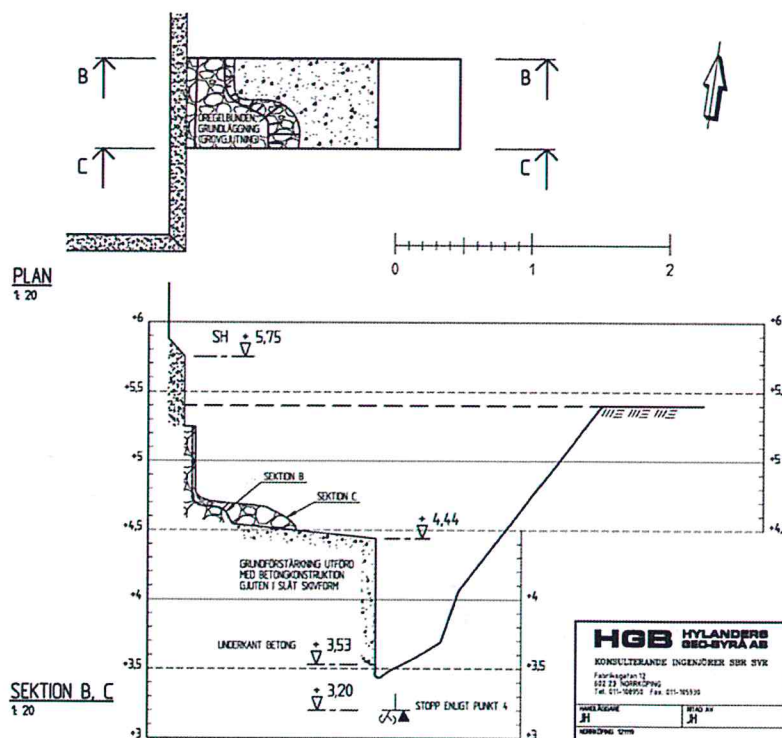


Den rostiga järnkramlan syns i urbilningens överkant.

Den utskjutna stenen vid kontrefor O2 var en dåligt utförd lagning. Stenbiten har plockats ner så att den inte riskerar att falla och skada någon.

Grundläggning kontrefor S1

En grundundersökning har utförts vid kontrefor S1. Den redovisas separat i sin helhet. Den visar att det inte finns något som tyder på att nu pågående rörelser beror på dålig grundläggning i dagsläget. Kontreforen har grundförstärkts genom pågjutning och eventuellt undergjutning med betong. Genom att betong påträffades även vid provgrop, som utfördes på 90-talet, på norra sidan kan man inte utesluta att pågjutning utförts runt hela kyrkan.





Provgrop vid kontreför S1.

Resultat, tänkbara orsaker till sprickorna och åtgärder

De borrade ventilationskanalerna i N5 har medfört en uttorkning. Men den har inte alls varit så stor som vi räknar med. Det beror troligen på att mantelytan på de borrade kanalerna till stor del består av tät kalksten som förhindrar avdunstning.

Inte i något prov har sönderfrysning av material konstaterats. Inte något prov, bortsett från kalksten, har varit kapillärt mättat. Även om man inte kan bortse från möjligheten, är det tveksamt om sprickorna i N4 och N5 kan ha orsakats av frysning som vi tidigare trott. Sönderfrysning kan sannolikt ske i närheten av uppkomna sprickor där det kan pressas in vatten.

Genomförda undersökningar har lett till en ny hypotes om att det skulle vara rostande järn i form av kramlor eller stag som skulle kunna vara orsak till sprickorna. Om denna hypotes skulle kunna bekräftas skulle åtgärdandet kunna bli mycket billigare än om hela kontreforerna skulle göras om på ett sätt som skyddar mot framtida sönderfrysning.

Fortsatta undersökningar

Under början av nästa år utförs noggranna arkivstudier för att skaffa bättre kunskap om vad som hänt historiskt med kyrkan.

Innan ytterligare platsundersökningar utförs, föreslås ett seminarium med inbjudna deltagare som kan förväntas ha kunskaper och synpunkter inom området. Resultatet av detta seminarium kan komma att påverka uppläggningsen av det fortsatta arbetet.

Hypotesen om att det är rostande järn som orsakat sprickorna utreds med utgångspunkt från kontrefor S1. Då studeras även om det skett sönderfrysningar i områden där det trängt in fritt vatten.

Skador på Klosterkyrkan i Vadstena

Frost som tänkbar skadeorsak

Göran Fagerlund

1. Bakgrund

Sprickbildning har uppkommit hos kontreforter (strävpelare) som är sammanmurade med ytterväggarna hos Klosterkyrkan i Vadstena. Sprickorna kan antingen bero på rent mekanisk överbelastning eller ha rent fysikalisk orsak, t.ex. frost. Alternativt beror de på en kombination av dessa orsaker. I denna PM diskuteras möjligheten att sprickbildningen orsakas av frysning.

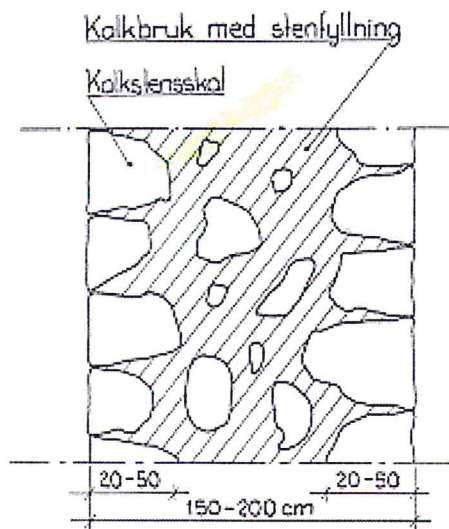
2. Tidigare undersökning

Sprickbildning i strävpelarna har även noterats tidigare. En stor undersökning genomfördes i början av 1970-talet. Även den gången utgjordes sprickbildningen främst av vertikala sprickor men även horisontella sprickor i yttre delar av strävpelarna noterades. En omfattande undersökning genomfördes och redovisades i en rapport (1). Den viktigaste observationen var att murverket innehöll en stor mängd vatten vilket ansågs bero på att snabb insugning av regnvatten skedde genom sprickorna och i fogarna. Avdunstningen var däremot starkt förhindrad genom det täta yttre stenskalet och de tunna fogarna. På detta sätt kunde fukt ackumuleras i murverket. Att vatteninnehållet var mycket högt visades av att vatten tidvis rann ur trasiga fogar. Man mätte fuktinnehållet i murverket med olika metoder. En metod var bestämning av den *kapillära vattenmättnadsgraden* på olika djup från väggytan. Totala vatteninnehållet i provet jämförs då med det vatteninnehåll som uppnås vid kapillärsugning från en fri vattenyta. Den kapillära vattenmättnadsgraden är förhållandet mellan dessa båda värden. Kapillära vattenmättnadsgrader upp till 0,98 uppmättes, dvs. murverket var så gott som helt vattenmättat.

Någon närmare analys av mekanismen bakom sprickbildningen gjordes inte. Indirekt ansåg man uppenbarligen att om man kunde förhindra fortsatt insugning av vatten skulle skadeutvecklingen upphöra. Man vidtog därför åtgärder för att dels försöka förhindra fortsatt fuktackumulering dels försöka torka ur murverket.

3. Murverkets uppbyggnad

Enligt rapport (1) är murverket uppbyggt enligt figuren nedan. Fogarna är mycket tunna i ytan och vidgas inåt. Om stentjocklekens medelvärde antas vara av storleksordningen 30 cm kommer tjockleken på fyllningen att variera mellan ca 90 cm och ca 140 cm.



Porositeten hos fyllningen varierade mellan 40% och 65% med ett medelvärde av ca 50%.

4. Frost som skadeorsak

En möjlig orsak till sprickbildningen är inverkan av frysning. Det finns två möjliga frys-skademekanismer.

1. Frysning av vatten in situ i porerna ger skadlig expansion av fyllningen och hållfasthetsförlust hos denna.
2. Islinsbildning; transport av ofruset vatten från murverkets inre till iskroppar (islinser) gör att dessa gradvis tillväxer och därmed spränger sönder murverket. Mekanismen är analog med den som ger tjälbildning och tjälskott i marken.

4.1 Frysning in situ

När vatten som är helt inestängt i en stel (icke deformierbar) vattenfylld behållare fryser uppstår mycket höga tryck som verkar mot behållarens väggar. Vid frystemperaturen -5°C är trycket ca 60 MPa (600 atm) och vid -20°C ca 200 MPa (2000 atm). Om enbart ca 90% av behållarens volym är vattenfylld uppstår inga tryck eftersom vattnets expansion vid frysning kan tas om hand i den luftfyllda delen av behållaren.

I fallet Vadstena klosterkyrka kan murverket betraktas som en mer eller mindre vattenfylld behållare vars väggar utgörs av de båda stenskalen. Om fyllningen är helt vattenmättad kommer den att expandera vid frysning eftersom hållfastheten hos murverket (behållaren) är för låg för att förhindra expansionen. Följaktligen kommer stenskalet att utsättas för så stora krafter att det kan förväntas spricka.

Man kan göra en "pessimistisk" beräkning av vilken expansion hos strävpelarna som är *maximalt möjlig*. Förutsättningar är:

1. Fyllningen antas ha en porositet av 50%, dvs $0,5 \text{ m}^3$ porer/ m^3 fyllning
2. Fyllningens tjocklek antas vara 1,4 m
3. Fyllningen antas vara fullständigt vattenmättad, dvs. vattenhalten är $0,5 \text{ m}^3 \text{ vatten} / \text{m}^3 \text{ fyllning}$
4. Allt vatten i fyllningen antas vara frysbar vid de aktuella frystemperaturerna
5. Beräkningen genomförs för 1 m^2 area av strävpelaren
6. Tjockleken hos strävpelaren antas vara 2 m

Total vattenhalt är $W = 1 \cdot 0,5 \cdot 1,4 = 0,7 \text{ m}^3 / \text{m}^2$

Vattnet expanderar 10% vid frysning. Total expansion vinkelrätt mot strävpelarens yta är då $\Delta = 0,10 \cdot 0,7 = 0,07 \text{ m} = 7 \text{ cm}$

I värsta fall kan alltså ökningen av pelarens tjocklek bli ca 7 cm. dvs. ca 3,5% om pelarens tjocklek är 2 m. Denna expansion överstiger kraftigt murverkets dragtöjningsförmåga och är därför tillräcklig för att ge omfattande sprickbildning.

I verkligheten är troligen inte fyllningen helt vattenmättad vilket minskar expansionen. Vid en total vattenhalt understigande ca 85 à 90% av vattenhalten vid fullständig vattenmättnad, dvs ca $0,85 \cdot 0,7$ à $0,9 \cdot 0,7 \approx 0,6 \text{ m}^3 / \text{m}^3$, blir troligen expansionen så låg att den inte kan ge skador.

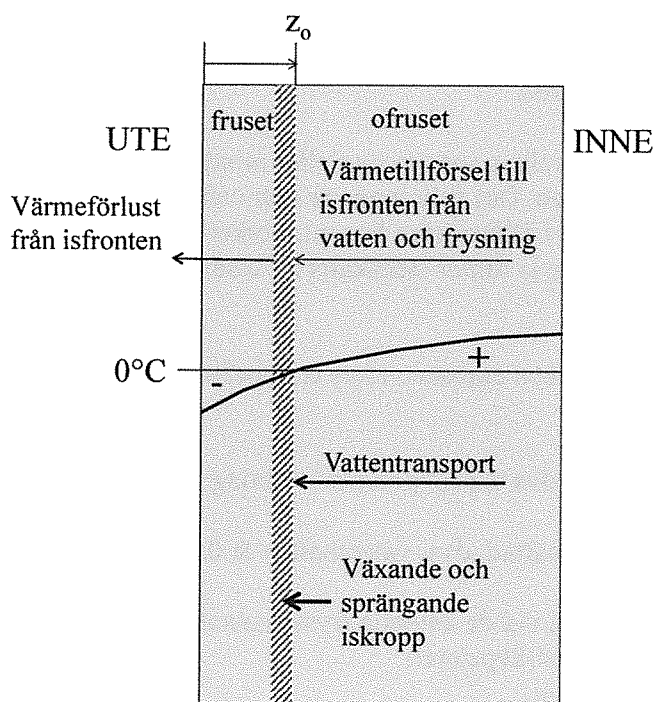
Troligen kommer inte den inre delen av strävpelaren att frysa, vilket minskar mängden fruset vatten, och därmed minskar också frysexpansionen.

Frysning vid hög fuktnivå medför sannolikt även att kalkbrukets hållfasthet minskar på grund av inre sprickbildning. Expansion av strävpelaren kan därför åtföljas av en hållfasthetsnedgång i pelarens inre. Hur stor denna effekt har varit kan kontrolleras genom hållfasthetsprovning av uttagna prover hos fryspåverkad och icke fryspåverkad fyllning. En kraftig hållfasthetsnedgång bör påverka murverkets bärförmåga och stabilitet.

Risken för frostsador kan bedömas genom att prover som tas ur murverket frysprovas vid representativ fuktnivå, t.ex. vid kapillärmättnad. Expansion och hållfasthetsnedgång mäts.

4.2 Islinsbildning

Under vissa betingelser kan lokala isкроppar (islinsar) tillväxa inne i en konstruktion eller i mark. Mekanismen visas i figuren nedan. Konstruktionen antas vara ett murverk med mycket hög fuktnivå och begränsad hållfasthet.



Vintertid uppstår en temperaturprofil över murverket. På ett visst djup z_0 från ytterytan är temperaturen densamma som frystemperaturen hos vattnet (0°C). På djup in till z_0 är allt porvatten fruset. På större djup än z_0 är temperaturen högre än vattnets fryspunkt och vattnet är ofruset. Energinivån hos isen är lägre än energiinnehållet hos det ofrusna vattnet. Skillnaden i energiinnehåll ger en drivkraft för vattentransport ut mot frysfronten. Denna kommer att ligga stilla och isen tillväxa i tjocklek så länge värmetillförseln till isfronten orsakad av vattentransporten och av värme som frigörs när det transporterade vattnet fryser är lika hög som värmeförlusten ut mot ytan.

Den växande isen i frysfronten verkar sprängande. Istillväxten kan bara stoppas av två mekanismer:

1. Isen utsätts för tillräckligt högt tryck. I aktuellt fall kan detta ske om murverkets draghållfasthet är tillräckligt hög.
2. Den ofrusna inre delen av murverket har torkat ur genom vattentransporten mot isfronten.

Den första mekanismen är osannolik i det aktuella fallet eftersom man kan förvänta att kalkbrukets hållfasthet är alldeles för låg för att kunna förhindra istillväxt.

Den andra mekanismen gäller. Rätt stor istillväxt kan dock ske innan den stoppar eftersom vatteninnehållet i murverket är högt. Expansionen kan dock inte bli högre än 10% av det frusna vattnets volym. Den maximalt möjliga isbildningen beror alltså på hur mycket vatten som finns i ofrusen del av murverket. I fallet Klosterkyrkan kan en istillväxtfront som uppkommer i en strävpelare även hämta vatten från murverk vid sidan om pelaren.

Man kan inte heller utesluta att en islin som uppstått i en strävpelare kan dra till sig vatten från grunden och då växa. Detta fall motsvarar tjälbildning i mark.

Islinsbildning gynnas av en stor temperaturskillnad mellan pelarens (murverkets) kalla och varma partier. En höjd innetemperatur i kyrkan gynnar alltså bildningen av islinser förutsatt att vatteninnehållet i murverket förblir högt.

Förekomst av islinsbildning kan möjligen detekteras genom att temperaturprofilen mäts över några strävpelare under en vintersäsong. Jämförelse görs med en förväntad temperaturprofil när ingen islinsbildning sker.

5. Fortsatt skadeutveckling

Den fortsatta skadeutvecklingen beror på hur vatteninnehållet i murverket utvecklas med tiden. Om vatteninnehållet inte ökar, eller om det skulle minska, är en fortsatt ökad skadenivå mindre sannolik. Om vatteninnehållet ökar, vilket det möjligen gör eftersom murverket har sprickor, kan man inte utesluta att skadeomfattningen ökar med tiden.

Resonemanget förutsätter naturligtvis att det är frost som skapat skadorna.

Referens

- (1) Kenneth Sandin: Fukt- och Temperaturundersökning i Vadstena Klosterkyrka. Institutionen för byggnadsteknik. LTH. Rapport 50, 1974.

VADSTENA KLOSTERKYRKA

MÄTNING AV SPRICKA PÅ VÄSTSIDAN AV DEN ÖSTRA HÖRNKONTREFOREN MOT SÖDER (S1)

Per Rydberg 2013-07-25

Kommentar: Mätning har skett med skjutmått mellan utsida av mässingsskruvar fästade i plastplugg.

Ökningen av C är förbryllande.

Ökningen av A och B bekräftas av att springa uppstått på ställe där sprickan fyllts med bruk.



Datum	Utetemperatur	A	B	C
<u>1993</u>				
19/1	0	120,3	122,9	98,8
30/1	-6	120,3	123,0	98,8 efter 1 veckas kyla
1/12		120,3	122,9	98,8
<u>1994</u>				
10/1	-5	120,3	122,9	98,7
8/3	+5	120,5	123,0	98,8 efter kall vinterperiod
25/4	+15	120,3	122,9	98,8
7/6	+17	120,4	122,9	98,8
25/8	+15	120,4	123,0	98,8
<u>1995</u>				
25/9	+15	120,4	122,9	98,8
<u>1996</u>				
21/3	0	120,4	122,9	98,8
14/5	+18	120,4	122,9	98,8
21/9	+8	120,5	123,0	98,8
<u>1997</u>				
6/10	0	120,5	123,0	98,8
<u>1998</u>				
17/8	+17	120,6	123,0	98,8
<u>2000</u>				
6/10	+15	120,6	123,0	98,8
<u>2004</u>				
9/12	+10	121,7	124,0	
<u>2005</u>				
24/8	+20	121,9	124,1	99,7
<u>2008</u>				
7/3	+9	122,0	124,4	99,7
<u>2011</u>				
19/1	-3	122,0	124,4	99,7
6/2	+3	122,2	124,2	99,7
<u>2012</u>				
13/2	+2	122,5	124,8	99,7
<u>2013</u>				
25/7	+20	122,3	124,6	99,7

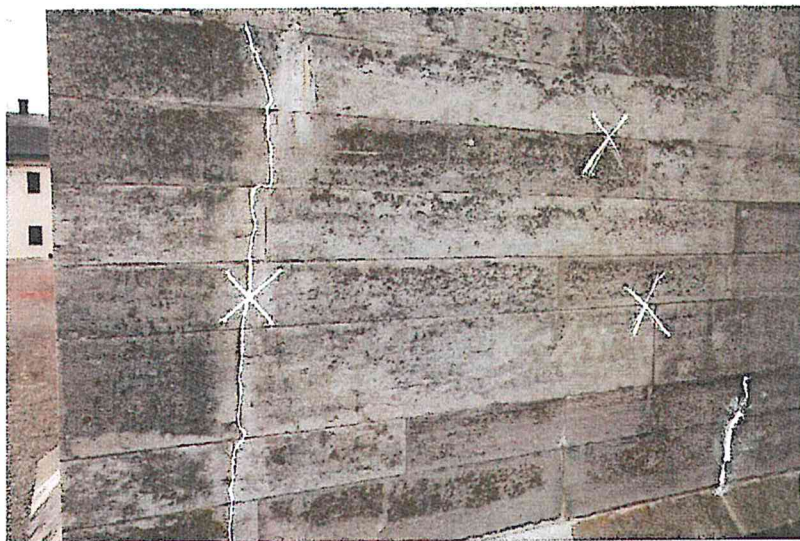
VADSTENA KLOSTERKYRKA

Sprickor och utslag med metaldetektor

Sprickorna som är sående har markerats med vitt, liksom ställen där metaldetektor givit utslag, markerade med kryss.

1 (2).

Kontrefor S1



Östra sidan

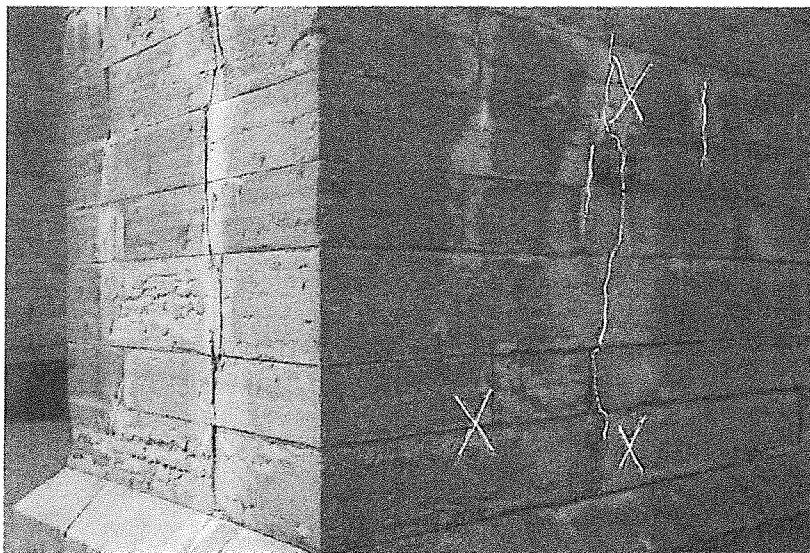


Västra och södra sidan (till höger)

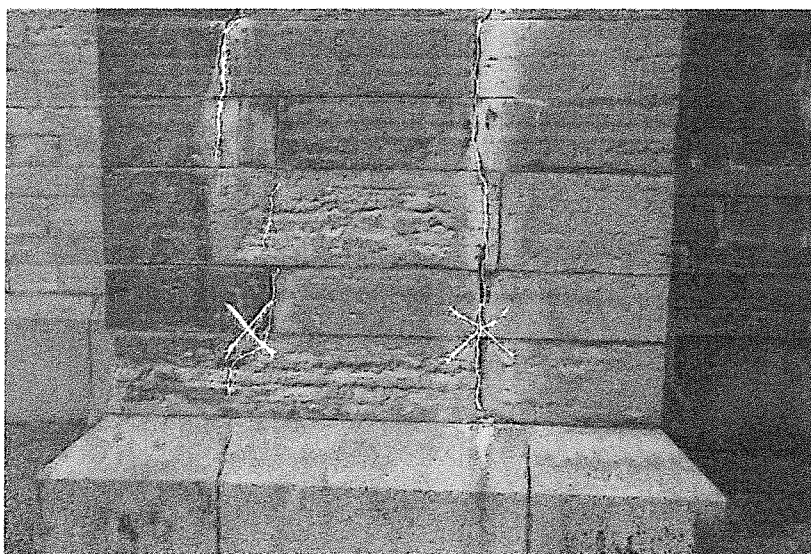


Västra sidan.

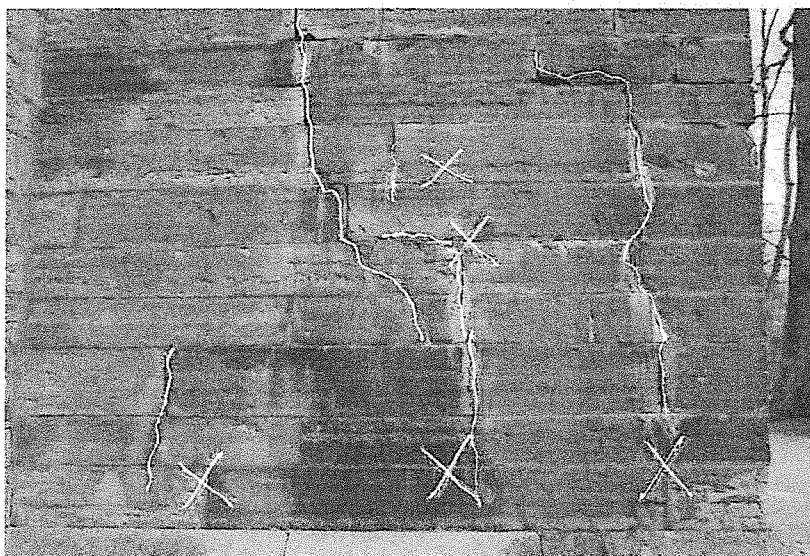
Kontrefor O1



Norra och östra sidan (till vänster)



Östra sidan



Södra sidan

VADSTENA KLOSTERKYRKA

Per Rydberg 2012-10-16

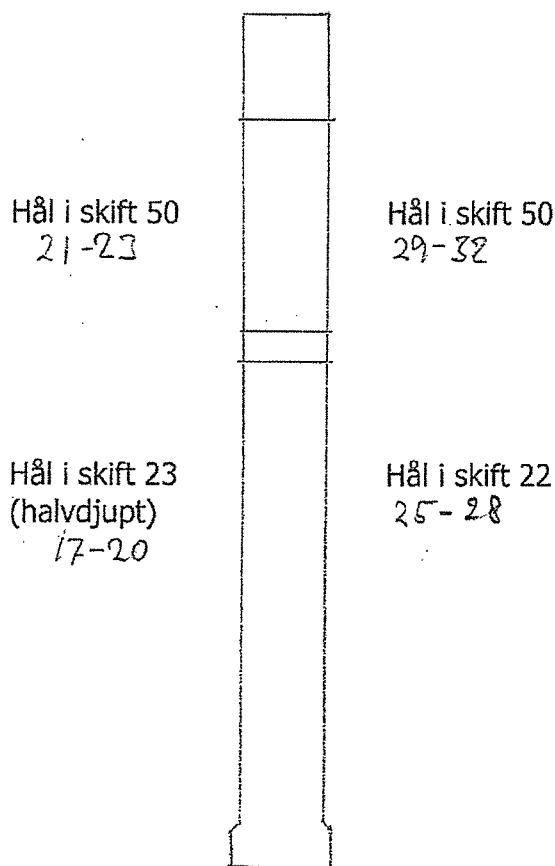
Provtagningshål i strävpelare på norrfasaden.

Pelarna nedan sedda framifrån (mot kyrkan)

På pelarnas öst-och västsidor har hål tagits på två nivåer. På pelare N5 har ett hål dessutom huggits upp alldeles över granitsockeln, på östsidan. Hålen är så djupa att skikten alldeles under skalstenen kommit fram. Ett undantag, där hålen gjorts djupare är i pelare N5 i det nedersta hålet vid sockeln och det översta mot öster (*)

ÖSTER N4 VÄSTER

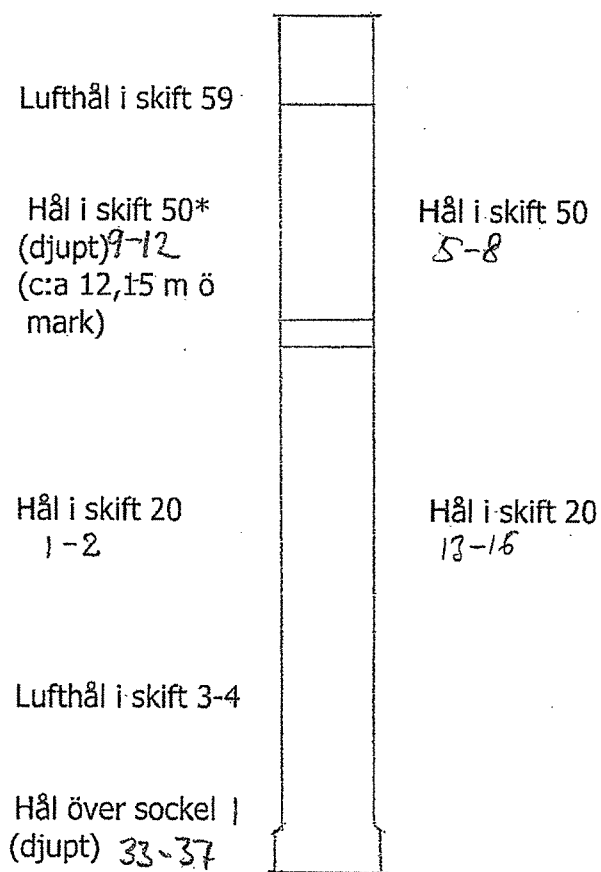
Stenskiift nr 58 är det profilerade skift som bildar "takfot" för det övre blytäckta taket



ÖSTER N5 VÄSTER

Pelaren är omfogad i sin övre del t o m underkant av skift 32.

Lufthål till de borrade "skorstenarna" mynnar mellan skift 3-4 och i skift 59, som har sin underkant c:a 14,5 m ö mark och är det profilerade skift som bildar "takfot" för det övre blytäckta taket.



[illegible]

nr	material	vid uttag	torrt	mättat	fuktkvot	m fuktkvot	m grad	bet	djup	N5	N4	ytlig	djup
25	bruk	70,97	65,56	71,60	8,3	9,2	90	N4/v/22	35		90	90	
26	sten	103,45	103,05	103,41	0,4	0,3	111	N4/v/22	42				
27	tegel	44,01	39,56	45,76	11,2	15,7	72	N4/v/22	45		72		
28	bruk	35,5	32,95	35,95	7,7	9,1	85	N4/v/22	45		85		85
29	tegel	99,92	86,6	100,23	15,4	15,7	98	N4/v/50	29		98		
30	bruk	51,15	44,83	51,33	14,1	14,5	97	N4/v/50	26		97	97	
31	sten	57,38	57,17	57,38	0,4	0,4	100	N4/v/50	30				
32	bruk	23,9	20,09	24,24	19,0	20,7	92	N4/v/50	35		92		92
33	bruk	53,99	50,15	55,42	7,7	10,5	73	N5/o/1	39				
34	sten	160,03	159	160,34	0,6	0,8	77	N5/o/1	38				
35	bruk	43,73	36,77	44,29	18,9	20,5	93	N5/o/1	30				
36	bruk	29,9	25,55	30,30	17,0	18,6	92	N5/o/1	48				
37	tegel	44,37	38,51	45,02	15,2	16,9	90	N5/o/1	49				
										81	91	91	89

N 4754

1(4)

Projekt: KLOSTERKYRKAN, VADSTENA KOMMUN.

GEOTEKNISK UNDERSÖKNING.

Beställare:

**Linköpings stift
Att. Gunnar Nordanskog
Box 1367
581 13 LINKÖPING**

Beställarens kontaktperson:

Krister Berggren, Krister Berggren Byggkonsult AB

Uppdrag:

N 4754

Handläggare:

Johan Hylander

Datum:

2012-11-22

PM GEOTEKNIK.

KLOSTERKYRKAN, VADSTENA KOMMUN. GEOTEKNISK UNDERSÖKNING.

UPPDRAG.

I sydöstra hörnet av Klosterkyrkan i Vadstena har Hylanders Geo-Byrå AB enligt uppdrag utfört geoteknisk undersökning. Orsaken är de sprickbildningar som förekommer i kontrefor S1, med läge enligt bilaga 2, och som befaras ha uppkommit genom sättningar under densamma. Förutom sprickbildningar i kontreforen förekommer invändiga sprickor i kyrkans takvalv i anslutning till aktuell kontrefor i kyrkans sydöstra del.

Enligt uppgift är kyrkan uppförd på 1400-talet och en grundförstärkning av denna har utförts omkring sekelskiftet år 1800/1900. Grundförstärkningens läge har dock ej kunnat konstateras i tillgängliga handlingar. Vidare har aktuell kontrefor S1 enligt uppgift murats om men med okänt datum.

UTFÖRDA UNDERSÖKNINGAR. REDOVISNING.

Fältarbetet utfördes i mitten av november 2012 och omfattade 7 punkter vikt- och slagsondering, 1 punkt provtagning med skruvprovtagare, en maskingrävd provgrop samt avvägnings- och karteringarbeten. Avvägningarna anslöts till en angiven markhöjd utanför kontrefor S1 på nivån +5,4. Uppmätning av 0,35 m upp till ytterkant sockel medför att angivna höjduppgifter utgår från sockelhöjden på nivån +5,75. Det lokala höjdsystemet ligger 88,661 m över rikets nollplan i RH70.

Undersökningarna på platsen har utförts i samråd med beställaren och borrhålsplaceringarna har bl.a. valts med hänsyn till befintliga kablar och ledningar i mark.

De upptagna jordproverna har undersökts på HGB:s laboratorium. Jordartsbenämning har utförts på de störda proverna och på vissa prov har även vattenkvotsbestämning utförts med resultat enligt bilaga 1. Övriga undersökningsresultat har sammanställts på ritningar G1-G3 enligt innehållsförteckningen.

**Klosterkyrkan, Vadstena kommun.
PM geoteknik.**

GEOTEKNISKA FÖRHÅLLANDEN.

Söder om kontrefor S1 har sonderingsstopp erhållits på nivån +4,45 vid punkt 1 och 1A som ligger 1,17 m resp. 1,42 m utanför kontreforens liv (1,05 m resp. 1,30 m utanför kontreforens sockel), se ritning G2. Punkten 1B och 1 C som ligger 1,54 m resp. 1,60 m utanför kontreforens liv visar båda att jorden är fast lagrad till ca 1 m djup och därunder löst – mycket löst lagrad (återfylld jord, se nedan) ned till 1,8 m djup. Under 2,0 m djup, motsvarande nivån +3,35, i de båda punkterna är jorden mycket fast lagrad i sin helhet ned till sonderingsstopp på nivån +3,0. Punkt 2 vars läge valts med hänsyn till säkerhetsavstånd från befintliga ledningar och kablar visar med sonderingen och provtagningen att jorden överst är utfylld ned till minst 0,3 m djup med främst torrskorpelera. Sondering och provtagning visar att fyllning sannolikt även förekommer ned till 0,9 m djup med varierande siltig lera och lermorän, se bilaga 1. På jorden från 0,5-1,0 m djup har vattenkvoten uppmäts till 10 %. Därunder är jorden mycket fast lagrad i sin helhet till sonderingsstopp på 1,5 m djup motsvarande nivån +4,0.

Sonderingen vid punkt 3 som tagits 1,08 m utanför kontreforens liv har stoppat på nivån +4,45.

Vid punkt 4, som ligger 1,67 m utanför kontreforens liv motsvarande 15 cm utanför betongkonstruktionen enligt nedan, visar sonderingen att jorden är mycket fast lagrad under nivån +3,5 och ned till sonderingsstopp på nivån +3,2.

GRUNDVATTEN.

Både provtagningshålet och provgropen var torra intill aktuella provtagningsdjup dvs. 1,0 m resp. 2,0 m.

PROVGROP - GRUNDLÄGGNING ETC.

Grundkonstruktionen har karterats i en provgrop och framgår enligt ritning G3. Provgropen framgår även på fotografi i bilaga 3. Provgropen med läge enligt planritning G1 visar att en grundförstärkning har utförts. Grundförstärkningen har utförts med en pågjuten betongkonstruktion intill och utanför ursprunglig grundläggning. Betongens ytor är tämligen släta och gjutningen har sannolikt utförts med skivform. Ingen gjutskarv förekom på betongen inom provgropen. Betongkonstruktionen är utförd intill 1,5 m från kontreforens liv och underkant på betongen har uppmäts till nivån +3,53. Under grundläggningsnivån bestod jorden av sandmorän. Ursprunglig grundläggning har varierande bredd och är ingjuten i betongen varför ursprunglig grundläggningsnivå ej kunnat verifieras. Enligt en tillhandahållen ritning (Byggnadsstyrelsen 759 51 013 08 - Rörledningar) redovisas en grundläggningsnivå - med okänt planläge - på ca 1,9 m djup under sockeln, vilket då skulle motsvara nivån +3,85.

N 4754

4(4)

**Klosterkyrkan, Vadstena kommun.
PM geoteknik.**

Sonderingspunkt 1, 1A, 1B och 3 med dess stoppnivåer enligt ovan visar att grundförstärkningen med största sannolikhet är utförd på samma sätt runt hela den aktuella kontreforen.

SAMMANFATTNING.

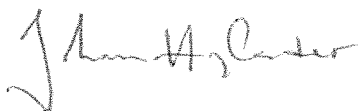
Grundförstärkning av kontreforen har utförts i ett tidigare skede. Datum för detta har inte kunnat konstateras men sannolikt senare än sekelskiftet år 1800/1900 med anledning av den släta gjutningen. Orsaken till den ursprungliga sättningen är okänd.

Eventuellt har sättningar erhållits i samband med grundförstärkningen beroende på omlagringar i jordgrunden vid blottläggning av ursprunglig grundkonstruktion. Vidare kan eftersättningar utbildats då smärre deformationer utvecklas vid lastomlagringar innan den nya konstruktionen bär full last. Inga gjutskarvar påträffades och således finns heller inget belägg för att grundförstärkningen utförts i nischer (etapper) för att minimera eftersättningar.

De sprickbildningar som utvecklats på kontreforen kan sannolikt ha utökats p.g.a. fuktvandringar i sprickorna och att armeringen i kontreforen därmed har korroderat och spjälkat konstruktionen eventuellt kombinerat med frostsprängning.

Undersökningen visar tämligen tydligt att grundförstärkningen utförts runt hela den aktuella kontreforen. Vidare visar utförda sonderingar vid punkt 1B, 1C och 4 i kombination med utförd provgrop att inga tillkommande sättningar är att förväntas.

Norrköping 2012-11-22
Hylanders Geo-Byrå AB



Johan Hylander

Innehåll:

Text	sid 1-4
Jordprovsprotokoll	bilaga 1
Plan över Klosterkyrkan, skala ca 1:220	bilaga 2
Provgrop – foto	bilaga 3
Beteckningssystem, SGF	blad 1-13

Ritningar:

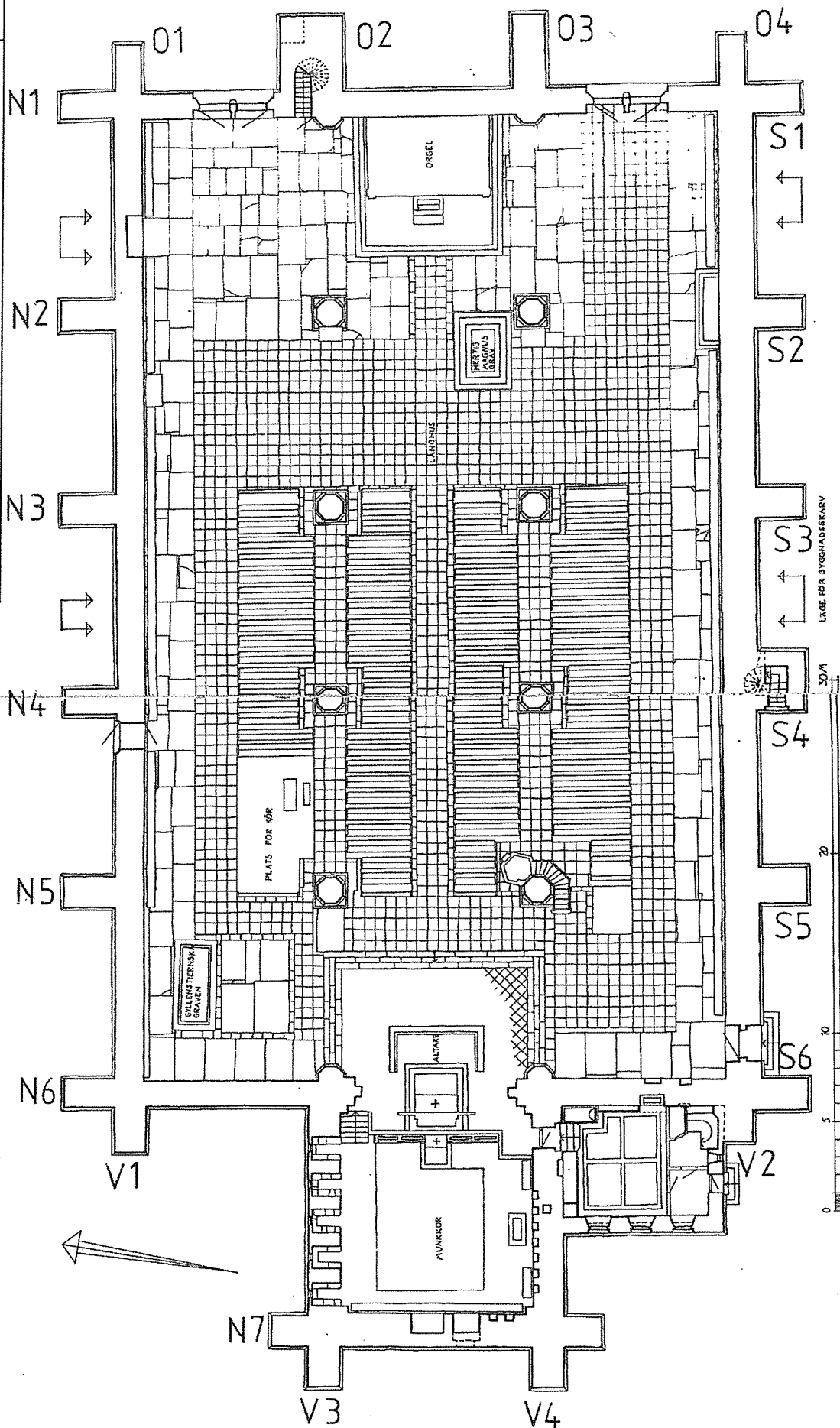
Plan, skala 1:50	4754-G1
Sektion A, punkt 3 och 4 - skala H 1:100, L 1:20	G2
Provgrop - skala 1:20	G3

Jordprovsanalys

Projekt				Klosterkyrkan, Vadstena kommun.	
Uppdragsnummer		Uppdragsgivare		Bilaga	1
4754		Linköpings stift		Godkänd	JH
Provtagningsdatum		Provtagningsredskap		Undersökningsdatum	
121116		Skr, Pg		121117	

Sektion/ Borrhål	Benämning (okulär jordartsklassificering enl. SGF 1981)	Vatten kvot w [%]	Kon- flyt- gräns w _L [%]	Övriga under- sök- ningar μ 1)	Anm
Djup (m)					
Punkt 2.	Provtagningshålet torrt intill 1,0 m djup.				
0-0,15	Fyllning. Mörkbrun lerig siltig mulljord, rottrådar				
0,15-0,3	Fyllning. Brun och mörkbrun siltig torrsorpelera, 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				

1) Korrigering enl. SGF-INFO nr 3



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

N 4754 Klosterkyrkan, Vadstena kommun.

Bilaga 3

Provgrop.



Svenska Geotekniska Föreningen (SGF)
Byggnadsgeologiska Sällskapet (BGS)

Beteckningssystem

för geotekniska utredningar

Sondering

- Undersökningspunkt (grundsymbol) utan attribut vid sondering samt enkel sondering utan redovisning av sonderingsmotstånd (t ex sticksondering eller slagsondering utan registrering av sonderingsmotstånd)
- Statisk sondering med redovisning av sonderingsmotstånd i jord (t ex vikt- och trycksondering)
- ▼ CPT-sondering
- Dynamisk sondering med redovisning av sonderingsmotstånd i jord (t ex hejarsondering)

Tillägg för djup- och bergbestämning

- Sondering avslutad utan att stopp erhållits
- Sondering till förmodad fast botten, d v s sonden kan inte med normalt förfarande utan svårighet drivas ned ytterligare
- Sondering till förmodat berg
- Sondering mindre än 3 m i förmodat berg
- Sondering minst 3 m i förmodat berg
- Sondering minst 3 m i förmodat berg samt analys av borrhålsax
- Kärnbormning minst 3 m i förmodat berg
- Lutande borrhål genom jord ned i förmodat berg. Planprojicerat läge redovisas samt bergnivå och borrhålsslut. Lutning och längd kan anges.

Provtagning



Störd provtagning

(vanligen med kann-, skruv- eller spadprovtagare, provtagningspets eller specialprovtagare, t ex ballastprovtagare)



Ostörd provtagning

(vanligen med kolvprovtagare av standardtyp eller kärnprovtagare)



Provgrop. Större provgrop redovisas skalenligt.



T, P, C

Ytlig provtagning i berg/knackprov.

Utförda analyser och mätningar på prover kan anges med bokstavsförkortningar enligt följande:

T = annan teknisk analys

P = petrografisk analys, tunnslipsanalys

C = kemisk analys

In situförsök



Vingsförsök (Vb)



Dilatometerförsök (DMT)



Pressometerförsök (PMT)



Annan undersökning (metod anges med förkortning)

Hydrogelogiska undersökningar

	Vattennivå bestämd, t ex i provtagningshål
	Grundvattennivå bestämd vid korttidsobservation i öppet system
	Grundvattennivå bestämd vid långtidsobservation i öppet system
	Avslutad observation
	Porttrycksmätning
	Provpumpning eller infiltrationsförsök
	Vattenförlustmätning i berg
	Brunn (grävd, sprängd eller borrarad)

Redovisning i sektion

Avslutning av sondering

Exemplen nedan redovisas med tillhörande plansymbol.



Sonderingen avslutad
utan att stopp erhållits
(kod 90)



Block eller berg (kod
93)



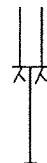
Sonden kan ej
neddrivas
ytterligare enligt för
metoden normalt
förfarande (kod 91)



Stopp mot förmodat
berg
(kod 94)



Stopp mot sten eller
block (kod 92)



Jord-bergsondering.

Sondering i förmodat
berg (kod 95). Vid 3 m
eller längre borrhälsdjup i
berg redovisas undre
plansymbol annars
övre

Viktsondering

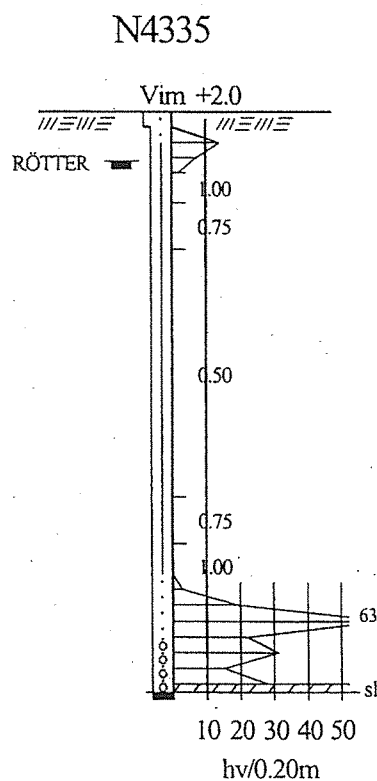
Grundsymbol i plan: 

(kod HM=01)

Neddrivningsmotståndet registreras som belastning i kN utan eller med samtidig vridning.

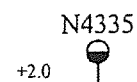
Motståndet vid självsjunkning anges med belastning i kN för markerade intervall. Vid vridning av sonden avsätts antal halvvarv (hv/0,2 m) vid intervallets undre gräns. Skrafferat intervall och "sl" anger att sonden drivits ned med slag.

Tecken till vänster om stapeln anger stopp mot lokala hinder, nederst sten, block eller berg, överst annat hinder (t ex virke). Sonderingsförsök har utförts till angivna nivåer. Bedömda jordarter i samband med sonderingen kan anges i borrhstapeln.



Vim använd metod
+2,0 utgångsnivå för sondering
N4335 hålets identitet (samma som i plan)
0,50 belastning i kN
63 exempel på de fall då antalet halvvarv ej ryms inom angiven skala.

Plansymbol i exemplet:

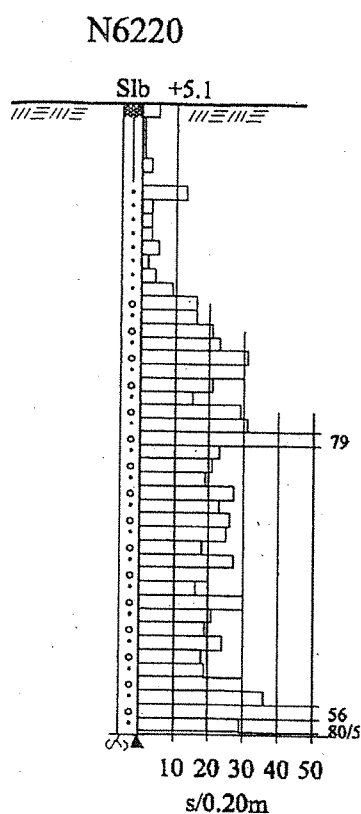


Slagsondering med registrering

Grundsymbol i plan:



(kod HM=10)



Motstånd anges som tid för neddrivning per djupintervall (sek/0,2 m) och redovisas i stapeldiagram.

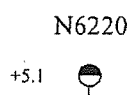
Jordarter, bedömda i samband med sondering, kan anges i borrhälsprofilen.

Siffrorna till höger om diagram för neddrivningsmotståndet anger antal sek/0,2 m neddrivning i de fall de överskrider angiven skala.

80/5 innebär att 80 sekunder erfordrats för att driva sonden 5 cm (innan stopp erhöles).

Maskintyp och stångdiameter bör anges.

Plansymbol i exemplet:

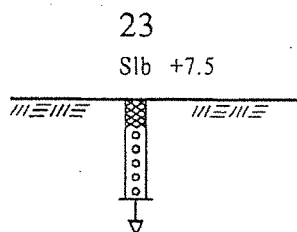


Slagsondering utan registrering

Grundsymbol i plan:



(kod HM=11)



Provtagning av jord

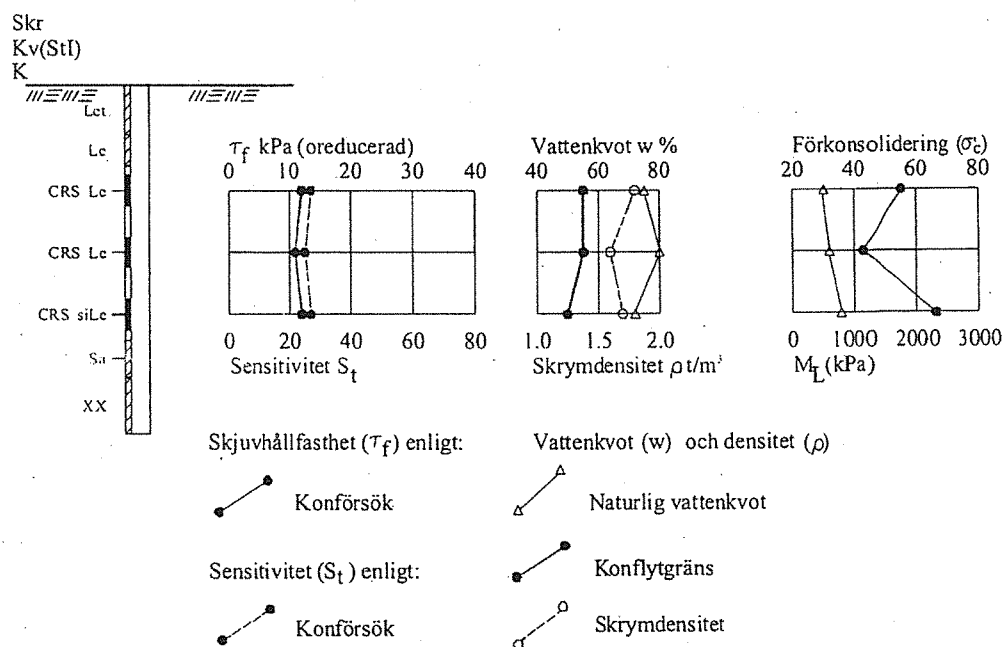
Störd provtagning, grundsymbol i plan:
(kod HM = 26, 27, 31, 32, 33, 34)



Ostörd provtagning, grundsymbol i plan:
(kod HM = 25, 28, 29, 30)



Provtagning redovisas med en 1 mm bred stapel till vänster om sonderingsstapel. Horisontellt streck anger att prov undersökts på laboratorium. Jordart anges med förkortning till vänster om redovisningsstapel. xx anger förlorat prov. I diagrammen redovisas okorrigerad skjuvhållfasthet (τ_f) och sensitivitet (S_t), vattenkvoter (naturlig w_N , flytgräns w_L) och skrymdensitet (ρ). Förkonsolideringstryck (σ'_c) och kompressionsmodul M_L , bestämda vid kompressionsförsök, i detta fall CRS-försök.



Plansymbol i exemplet:



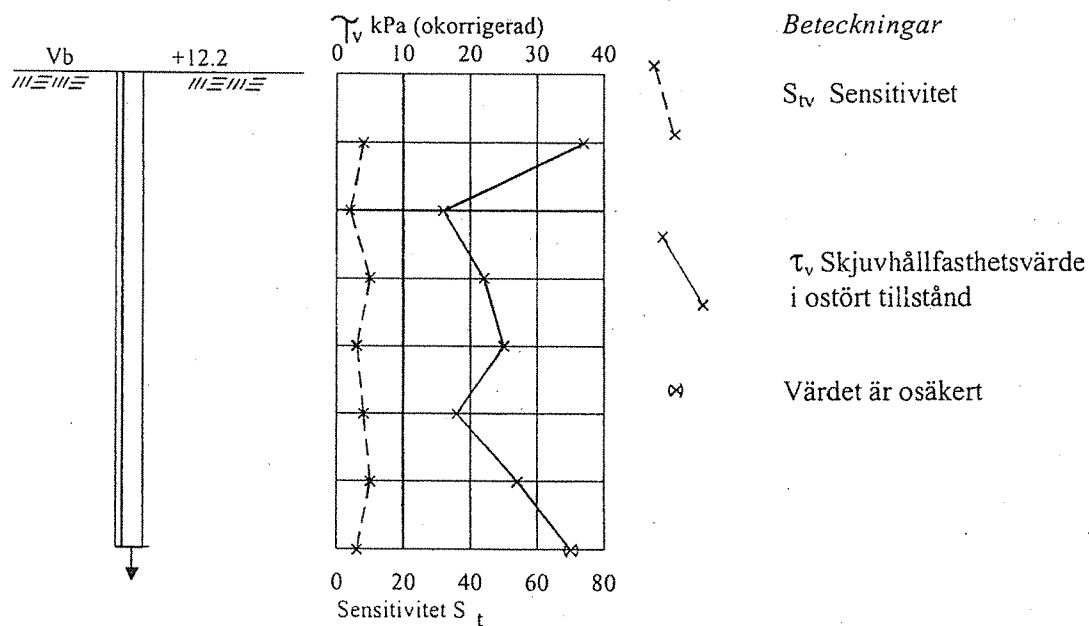
Redovisning i sektion

Vingförsök

Grundsymbol i plan: 

(kod HM=13)

Vid vingförsök bestäms, på olika nivåer i jorden, dels det okorrigerade skjuvhållfasthetsvärdet τ_v i ostört tillstånd, dels skjuvhållfasthetsvärdet τ_{Rv} efter omrörning. Kvoten mellan skjuvhållfasthetsvärdet i ostört respektive stört tillstånd definieras som sensitiviteten S_t . Värdena på τ_v och S_t redovisas i diagram, ofta tillsammans med resultaten från rutinundersökning av ostörda jordprover tagna med provtagare.



Plansymbol i exemplet: +12.2 

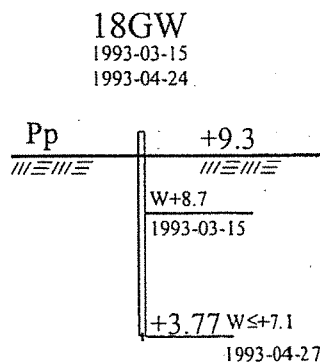
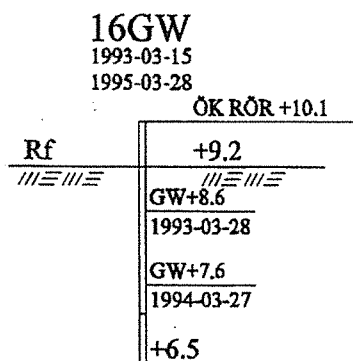
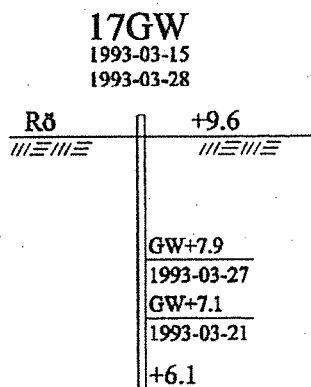
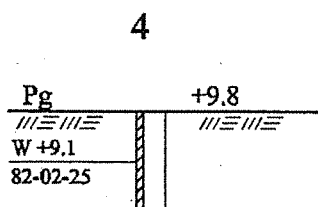
Hydrogeologiska undersökningar

Grundvattenrör och porttryckspets redovisas med 1 mm bred stapel. Filterspets visas med verklig längd av filtret. Porttrycksspets anges med 1 mm fylld stapel. Rörspets, filter- eller porttrycksmätarens nivå anges. Övanför observationsröret anges observationsperiod.

Vatten-, grundvatten- samt porttrycksnivåer anges utefter observationsröret med ett horisontellt streck tillsammans med datum för observationen. De högsta och lägsta observationsnivåerna redovisas enligt:

GW	grundvattenyta eller nivå
W	andra vattennivåer och porttryck
Rö	öppet rör
Rf	filterspets
Pp	porttrycksmätare

Uppmätts inget vatten i röret anges "torrt", alternativt "< nivå"



Bilaga 1 Förkortningar

Bilaga 1

Förkortningar

Sondering

CPT	Cone Penetration Test
Hf	hejarsondering (t ex HfA)
Jb-1, Jb-2, Jb-3	jord-bergsondering
Slb	slagsondering
Sti	sticksondering
Tr	trycksondering
TrP	porttrycksondering
TrS	spetsstrycksondering
Vi	viktsondering
Vim	viktsondering, maskinell vridning

Provning in situ

DMT	dilatometerförsök
Kb	kämborring
PMT	pressometerförsök
Pp	porttryckmätning
Vb	vingförsök

Provtagare

Fo	folieprovtagare
Grundvattenprovtagning i öppet rör:	
Ba	- hämtare
Gl	- gas lyft (blåsning, mammutpump m fl)
MI	- mekanisk (centrifugal, bladder m fl)
SI	- sugpump
Hsa	hollowstem auger
Js	jalusiprovtagare
K	kannprovtagare
Kr	kärnprovtagare
Kv	kolvprovtagare
Ps	provtagningsspets
Sgs el Plp	porluftprovtagning
cSgs	kontinuerlig porluftprovtagning
Skr	skruvprovtagare
Sp	spadprovtagare

Bilaga 1 Förkortningar

Berg och jord

Huvudord		Tilläggsord		Skikt/lager
B	berg			
Bl	blockjord	bl	blockig	
Br	rösberg			
Dy	dy	dy	dyig	<u>dy</u> dyskikt
Cs	Misstänkt förorenad jord enligt rutinbedömning i fält	cs	lokalt förekommande föroreningar	<u>cs</u> föroreningar finns som tunnare skikt
F	yllning			
Gy	gyttja	gy	gyttjig	<u>gy</u> gyttjeskikt
Gy/Le	kontakt, gyttja överst, lera underst	()	något, t ex(sa)= något sandig	() tunnare skikt
Gr	grus	gr	grusig	<u>gr</u> grusskikt
J	jord			
Le	lera	le	lerig	<u>le</u> lerskikt
Mn	morän			
BlMn	block- och stenmorän			
StMn	stenmorän			
GrMn	grusmorän			
SaMn	sandmorän			
SiMn	siltmorän			
LeMn	lermorän (moränlera)			
Mu	mulljord (mylla, matjord)	mu	mullhaltig	<u>mu</u> mullskikt
Sa	sand	sa	sandig	<u>sa</u> sandskikt
Si	silt	si	siltig	<u>si</u> siltskikt
Sk	skaljord	sk	med skal	<u>sk</u> skalskikt
Skgr	skalgrus			
Sksa	skalsand			
St	stenjord	st	stenig	<u>st</u> stenskikt
Su	sulfidjord	su	sulfidjordshaltig	<u>su</u> sulfidjordsskikt
SuLe	sulfidlera			
SuSi	sulfidsilt			
T	torv			<u>t</u> torvskikt
Tl	lågformultnad torv (tidigare benämnd filttorv)			
Tm	mellantorv			
Th	högformultnad torv (tidigare benämnd dytorv)			
Vx	växtdelar (trärester)	vx	med växtdelar	<u>vx</u> växtdelskikt
t	(efter huvudord) torrskorpa, t ex Let och Sit = torrskorpa av lera resp silt	v	varvig, t ex vLe = varvig lera (beteckningen varvig bör förbehållas glaciala avlagringar)	

Tilläggsord är placerade före huvudord och så, att den kvantitativt större fraktionen står efter den mindre. Skiktangivelsen står efter huvudordet. Exempel : sisaLe si = siltig, sandig lera med siltskikt. Mineraljordarterna kan indelas i grupperna fin-, mellan- och grov-, resp f, m, och g, t ex Saf = finsand.

ENTRÉDÖRR

SYDÖSTRA HÖRNET AV KLOSTERKYRKAN

KONTREFOR 04

KONTREFOR S1



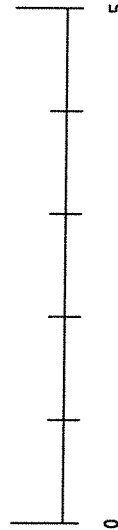
YTERKANT SÖKKEL +5.75, SE TEXT

+5.4

3
+5.34

1
+5.38
1A
+5.38
1B
+5.38
1C

PLAN
H 1:50



2
+5.45

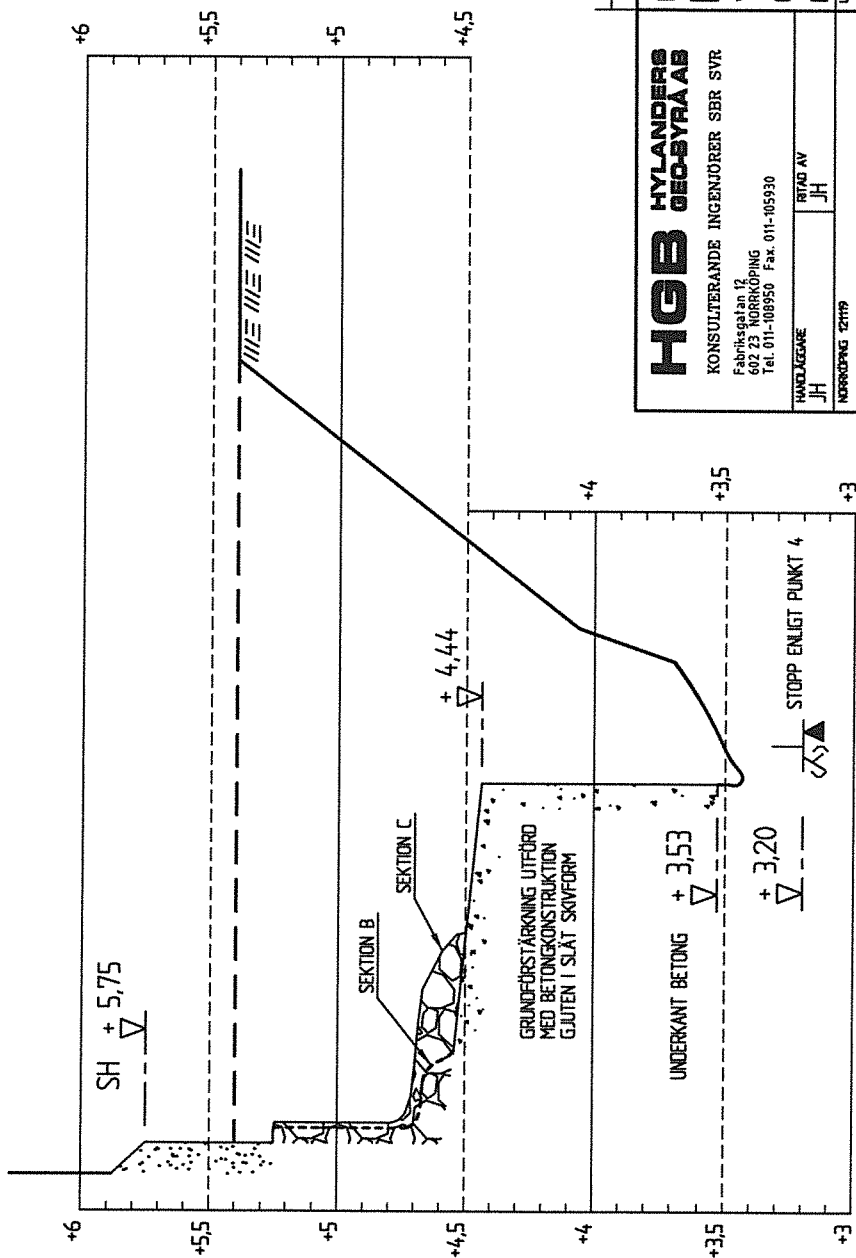


BET	ANT	ÄNDRINGEN AVSER	SEN	DATUM
HOB HYLANDERS GEOBYRÅ AB KONSULTERANDE INGENJÖRER SBR SVR Fabriksgatan 12 602 23 NORRKÖPING Tel. 011-108950 Fax. 011-105930				
HANDLÄGGARE JH		RITAD AV JH		
NORRKÖPING 121179		SKALA 1:50		ÄNDR
PLAN		UPPRÅG		
4754		RITINGSNUMMER		G1

LINKÖPINGS STIFT
KLOSTERKYRKAN,
VADSTENA KOMMUN.
GEOTEKNISK UNDERSÖKNING



PLAN
1. 20



SEKTION B, C
1: 20

HOB HYLANDERS GEOBYRÅ AB KONSULTERANDE INGENJÖRER SBR SVR Fabriksgränd 12 602 23 NORRKÖPING Tel. 011-108950 Fax. 011-105930		BET ANT 4754		ANDRÅKEN ANSVR 63		DATUM	
HANDLIGGARE JH		BETALD AV JH		PROVGRÖP SKALA 1:20		RITNINGSGRUPP 63	
NORRKÖPING 12119		UPPRÄG 4754		ANDR		63	

