

Restaurering av korrosionsskadade murverksbalkar genom återförankring



Ilya Kruglyak & Markus Olsson

Institutionen för Bygg- och Miljöteknologi
Lunds Tekniska Högskola
Lunds Universitet, 2007

Institutionen för bygg- och miljöteknologi
Lunds Tekniska Högskola
Box 118
221 00 LUND

Department of Building and Environmental Technology
Lund Institute of Technology
Box 118
S-221 00 LUND
Sweden

Restaurering av korrosionsskadade murverksbalkar genom återförankring

Restoration of corrosion damaged masonry beams by
reattachment

Ilya Kruglyak och Markus Olsson

Lund, 2007

Rapport TVBK-5147
ISSN: 0349-4969
ISRN: LUTVDG/TVBK-07/5147+49p

Examensarbete
Handledare: Johan Jönsson och Miklós Molnár
Januari 2007

Förord

Det har varit mycket lärorikt att få utveckla egen utrustning och en metod som kan tillämpas i praktiken. Vårt arbete skulle inte ha varit lika givande om vi inte fått stöd från Akademiska Hus och personligen från Mikael Persson. Samtidigt fick vi stor hjälp med tillverkning av utrustningen från konstruktionstekniks labbansvarige Per-Olof Rosenkvist. Hans Gustavsson från Hagilab har bidragit med fogfräs, fogspruta och bruk.

Båda våra handledare Johan Jönsson och Miklós Molnár har hjälpt till och stött oss under arbetets gång, därför vill vi tacka dem.

Lund, januari 2006

Ilya Kruglyak och Markus Olsson

Sammanfattning

På senare tid har sprickor uppkommit pga. korroderande armering i fogarna ovanför öppningarna i tegelfasader. Det största problemet med sprickorna är att de leder till försämrat utseende hos fasaden. De andra problemen är att i nedersta tegelskiftet kan tegelstenarna lossna och falla ned och att vatten får möjlighet att tränga in i konstruktionen. Den vanligaste reparationsmetoden är att ersätta skadat murverk med spännarmerade skift, men metoden förändrar ofta fasadens utseende.

I detta examensarbete utvecklas och praktiskt testas en metod som bygger på återförankring av tegelskift med skruvar utan plugg. Metoden innebär att skadad armering tas bort och för öppningar med bredden mindre än två meter ersätts den inte med ny armering. Verkningssättet övergår från balk- till valvverkan. Utnyttjande av valvverkan kräver att tillräckligt sidostöd finns i närheten av gaveln och att avståndet i höjddled mellan öppningar är tillräckligt stort.

För att det skulle vara möjligt att genomföra reparationsarbetet utvecklades ett stämpsysteem, för att hålla det nedersta tegelskiftet under nedplockning av armeringen. Rostfria skruvar med försänkta spår på huvudet användes för att göra renoveringen mindre synligt. Utrustningen som behövdes var fogfräs, tigersåg, bormaskin och fogspruta av typ Hagilab.

Metoden fungerade bra under det praktiska testet och därför har det tagits fram en detaljerad arbetsgång, vilken kan användas i det praktiska byggandet.

Summary

In the period between 1940s and 1970s the widespread practice in Sweden was to use non-stainless steel reinforcement in masonry walls. In many cases cracks started to appear in joints above openings in these walls because of corrosion of the reinforcement. The largest problem is that the appearance of damaged buildings deteriorates and there is a risk of bricks falling down and rain water penetrating into the construction. A typical solution to this problem is to replace the lowest row of bricks with pre-stressed masonry beams, but this method often changes the facade's appearance.

In this thesis we present a new method that has been developed and practically tested. It is based on reattachment of bricks with screws without dowels. During renovation the damaged reinforcement is removed and is not replaced if the width of the opening is less than two meters. In this case the masonry above the opening starts to function as a vault rather than as a beam. This requires that there should be enough horizontal support in the vicinity of a corner of the building and that the distance between openings in the horizontal direction is large enough.

In order to be able to implement this technique, a prop construction was developed that should secure the lowest bricks from falling down during removal of the reinforcement. Screws chosen for the test were long stainless flat-head socket screws to make the renovation less obtrusive.

The method worked smoothly during the testing and a practical step-by-step manual has been compiled.

Innehållsförteckning

1 Inledning	1
1.1 Bakgrund.....	1
1.2 Syfte	2
1.3 Metod och genomförande	2
1.4 Avgränsningar.....	2
2 Teknisk beskrivning.....	3
2.1 Problembeskrivning	3
2.1.1 Karbonatisering och kloridinträngning	3
2.1.2 Korrosion	4
2.1.3 Väggtyp.....	5
2.2 Reparationsmetoder	5
2.2.1 Omfogning	5
2.2.2 Halvlagning.....	5
2.2.3 Byte av tegelskift	6
2.3 Vår reparationsmetod.....	6
2.3.1 Verknings sätt	7
2.3.2 Begränsningar	8
2.3.3 Murverk sprucket i en fog.....	8
2.3.4 Murverk sprucket i flera fogar	9
3 Utrustning och material.....	11
3.1 Standardutrustning	11
3.2 Stämpsystem	11
3.2.1 Fogbräckan.....	12
3.2.2 Skruvlimmad träbalk.....	13
3.2.3 Kilar och träreglar	13
3.2.4 Förborrad planka	13
3.3 Slagborr.....	14
3.4 Skruv och bricka	14
3.4.1 Skruvegenskaper	14
3.4.2 Vald skruv	15
3.5 Fogfräs	16
3.6 Tigersåg och krok	16
3.7 Fogspruta.....	17
3.8 Bruket.....	18
3.8.1 Egenskaper	18
3.8.2 Tillredning.....	19
4 Fallstudie.....	21
4.1 Testning.....	21
4.1.1 Förtestning	21
4.1.2 Testobjektet.....	21
4.2 Arbetsgång	22

4.2.1 Montage av fogbräcka och stämp	22
4.2.2 Återförankring	24
4.2.3 Fogfräsning och utrensning av armeringsjärn.....	25
4.2.4 Fogning	27
4.2.5 Efterarbete	28
5 Resultat och diskussion	29
5.1 Testobjekt.....	29
5.2 Utrustning	29
5.2.1 Skruv	29
5.2.2 Fogbräckan.....	29
5.2.3 Stämmsystemet	29
5.2.4 Tigersåg.....	30
5.2.5 Fogning	30
5.3 Ekonomi	30
5.4 Estetik	30
6 Slutsatser och framtida arbete	31
6.1 För- och nackdelar	31
6.2 Framtida arbete	31
6.3 Spridning av metoden	31
7 Källor	33
7.1 Skriftliga referenser	33
7.2 Muntliga referenser	33
7.3 Övriga referenser	34
8 Bilagor.....	35
Bilaga 1	35
Bilaga 2	37
Bilaga 3	40

1 Inledning

1.1 Bakgrund

I tegelmurverk som innehåller icke rostskyddad armering uppkommer ofta sprickor ovanför öppningar vilket leder till att vatten lättare tränger in i konstruktionen. När vatten läcker in i väggen har det konstaterats att fönster och dörrar kan börja ruttna och betongen bakom teglet skadas genom att betongens armering börjar rosta¹. Vidare kan detta ge frostsador i teglet.

Sprickorna uppkommer pga. att mellan 1940- och 70-talet har man lagt icke rostskyddad armering i murverk ovanför öppningar². I början uppstod inte problemet för att armeringen var skyddad från rostangrepp av omgivande bruk. När bruket börjar karbonatisera förlorar det sin rostskyddande verkan varpå armeringen rostar och expanderar i volym. När detta inträffar trycks bruket ur murverket och sprickor uppkommer, se figur 1. Problemet med sprickor har funnits under flera decennier och därför har några olika renoveringsmetoder tagits fram.



Figur 1. Korroderande armering har pressat ned tegelskiftet samtidigt som murbruket har pressats ut.

Specialbeställd tegelbalk är en av de lösningar som anses vara långsiktig och är en metod som bygger på att ta loss de gamla tegelstenarna från de understa tegelskiften ovanför öppningen och tillverka armerade tegelbalkar utifrån dessa, för att senare montera denna balk på samma plats som teglet fanns innan renoveringen. Fördelen med metoden är att renoveringsarbetet inte förändrar fasadens ursprungliga utseende, men den är tidskrävande, dyr och oftast svår genomförbar, för att tegelstenarna ofta går sönder vid urtagning.

¹ www.hagilab.se

² Gustavsson, 2005

Den prefabricerade tegelbalksmetoden fungerar på samma sätt som den föregående metoden med skillnad att nytt tegel används. Fördelen med metoden är att den är mindre tidskrävande jämfört med föregående. Den största nackdelen är att det är svårt att tillverka tegelbalkar som har samma utseende som resten av byggnaden.

Istället för tegelbalkar kan balkar av andra material användas. Metoden liknar den med prefabricerade tegelbalkar och innebär att teglet plockas bort och ersätts med balk av stål, trä, betong eller en kombination av dessa material. Vid sådan renovering ändras fasadens utseende drastiskt vilket ofta inte är önskvärt ur arkitektonisk synpunkt. Fördelen med dessa balkar är att de kan prefabriceras.

Sammanfattningsvis kan man säga att nackdelen med de befintliga lösningarna är att de antingen är dyra och svåra att genomföra eller att de ändrar fasadens utseende. I detta examensarbete utvecklas en metod som bygger på återförankring av de ursprungliga tegelstenarna i skadade balken, vilket gör att fasadens utseende inte förändras. Kostnaden för metoden bedöms också vara låg och arbetsmässigt lätt att genomföra.

1.2 Syfte

Examensarbetet syftar till att klarlägga mekaniskt funktionssätt hos murverk lagat med återförankring och utveckla och praktiskt testa en tekniskt, ekonomiskt och gestaltningsmässigt godtagbar restaureringsmetod.

1.3 Metod och genomförande

I ett tidigare examensarbete³ togs ett förslag fram på hur tegelmur ska repareras ovanför öppningar om spricka i fogen uppkommer på grund av armeringskorrosion. I detta examensarbete bestämdes vilken utrustning som behövdes för att genomföra reparationen och en del av utrustningen specialtillverkades i Konstruktionstekniks laboratorium på LTH. Därefter kontrollerades förslaget genom renovering två fönsteröppningar i en tegelfasad på Kem centrum LTH. Sist dokumenterades och analyserades provningen.

1.4 Avgränsningar

Arbetet behandlar inte borttagning av långsgående armering mellan öppningarna och tar ingen hänsyn till rörelsearmering.

³ Horvath och Pilav, 2006

2 Teknisk beskrivning

2.1 Problembeskrivning

Under 1940 – talet började användning av armering i tegelkonstruktioner, bl a har man lagt armering mellan tegelskift över öppningar för att undvika deformation i form av nedböjningar. Armeringen som bäddades in i bruket var inte rostfri och den enda risken som nämndes med detta var att om bruket inte omgav järnet fullständigt och järnet kom i kontakt med vatten då började det korrodera.⁴

Korrosion som uppstår i syrerik miljö kallas för ”röd rost”. Den har större porositet än den ursprungliga armeringen och därför sker volymökning som har sprängande verkan, dvs. den trycker ut fogmassan ur fogen, nedersta tegelskiftet lossnar och fogen spricker. Problemet med uppkomst av sprickor är inte enbart att balkens bärförmåga försämras och fasaden förfulas, utan att fukt också kommer att tränga in i konstruktionen bakom murverk vilket leder till inre skador. Ett typiskt exempel på detta är att armering i betongkonstruktioner bakom skalmur börjar rosta, ett annat exempel är att fönsterkarmen börjar ruttna⁵.

2.1.1 Karbonatisering och kloridinträngning

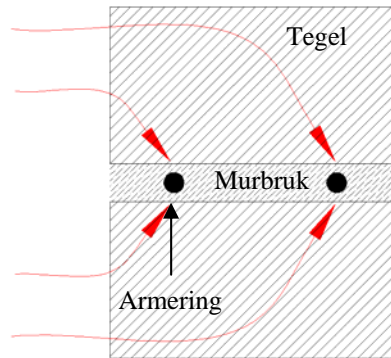
Vid nybyggnation är armeringsjärnen skyddade från korrosion av det omgivande murbruket så länge det har en basisk miljö. Skyddet upphör när murbruket vid armeringen är karbonatiserat eller om klorider har transporterats in till armeringen.

Karbonatiseringen är en reaktion mellan kalciumhydroxid i murbruket och koldioxid från luft och när reaktionen inträffar sjunker pH-värdet och miljön runt armeringen blir sur. Hastigheten på karbonatiseringens inträngning styrs dels av halten kalciumhydroxid i bruket men också av fukthalten i murbruket, ju mer kalciumhydroxid som finns desto mer koldioxid kan bindas och karbonatiseringen sker långsammare⁶. Om murbruket har hög fukthalt kan inte koldioxiden transportera sig till armeringen och karbonatiseringen avstannar.

⁴ Granholm, 1943

⁵ www.hagilab.se

⁶ Fagerlund, 1992



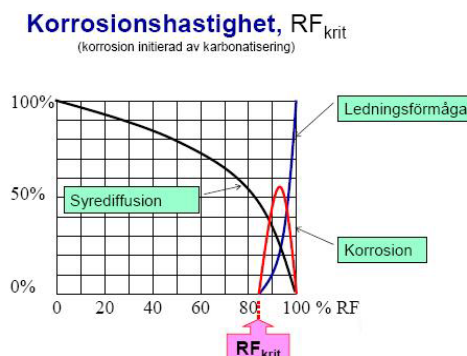
Figur 2. Koldioxidens genvägar genom teglet till armeringen.

Om armeringen är omgiven av ett tjockt lager murbruk, tar det långt tid innan fronten för karbonatiseringen når armeringen, men när armeringen lades i murbruket gjordes inte någon försänkning i teglet och det ledde till att bruklagret blev tunt mellan teglet och armeringen. Teglet är ett grovporöst material och luften kan lätt tränga in till det tunna murbruksskiktet mellan armering och tegelsten, enligt figur 2, vilket leder till att bruket vid armeringen blir snabbare karbonatiserat än vad man hade räknat med.

Kloridintränging är en diffusionsprocess vilket innebär att vatten innehållande hög koncentration klorider tränger in i konstruktionen och når armeringen. Klorider kan inte överföras med luft utan endast med vatten vilket gör att det tar lång tid innan kloridhalten vid armeringen når den koncentrationsnivå som skulle leda till korrosion, speciellt om murverket inte står i förbindelse med havet eller om tölsalter inte kan rinna in från exempelvis en vägbana.

2.1.2 Korrosion

När miljön runt armeringen är sur kan korrosion inträffa, om miljön är syrerik och samtidigt fuktig. Korrosionshastighet beror på förhållandet mellan syrehalt och relativ fuktighet. För hög relativ fuktighet hindrar syret från diffundera och reagera med järnet och för låg fuktighet räcker inte för att leda joner mellan anod och katod, se figur 3.



Figur 3. Korrosionshastighet⁷.

⁷ Nilsson, 2006

I figur 3 visar den röda linjen korrosionshastighet och den når maximum när den blåa linjen, som visar ledningsförmåga, och den svarta linjen, som visar syrediffusion, möts. Figuren visar också att korrosion kan inträffa bara om den relativa fuktigheten ligger mellan 85 och 100 % och syrehalten mellan 45 och 0 %.

En annan korrosionsprocess inträffar när miljön vid armeringen ha hög kloridhalt. I detta fall reagerar järnjonerna med kloridjonerna och skapar järnklorid som i syrerik miljö övergår till järnoxid och korrosion inträffar.⁸

2.1.3 Väggtyp

Problemet med inbyggd korroderande armering uppstår i två vanliga väggtyper av tegel. Dessa väggar har olika funktion för byggnaden: Bärande väggar utgör fullständigt klimatskydd och bär inte bara egentyngd utan all vindlast och övriga laster. Icke bärande väggar kallas för skalmur. Deras funktion är att skydda den bärande konstruktionen bakom från fukt och verka som klimatskärm och fasad. Skalmurens skydd mot slagregn fungerar enligt läskappersprincipen vilket innebär att väggen absorberar vattnet och avger det under torra perioder⁹. Till skillnad från bärande väggar tar skalmur bara egentyngd, vindlasten förs däremot över till den bärande konstruktionen. Tjocklek på skalmur är lika med en halv tegelsten och i Sverige är det oftast 120 mm.

2.2 Reparationsmetoder

För att åtgärda problemet med den korroderande armeringen finns några olika reparationsmetoder av varierande kvalitet.

2.2.1 Omfogning

Det enklaste sättet att dölja skador är att enbart rensa en bit av den yttersta delen av fogen och ersätta den med nytt bruk. Metoden kan inte anses vara en seriös renoveringsmetod, därför att den inte löser problemet långsiktigt utan endast tillfälligt döljer det, och armeringen kommer att fortsätta korrodera och nya sprickor uppstår. Lösningen kan användas för kortsiktig reparation och tillfälligt skydd mot fuktinträngning till inre delar av konstruktionen.

2.2.2 Halvlagning

Halvlagning innebär att man tar bort den yttersta delen av fogen och det första armeringsjärnet och ersätter det med ny armering och fogbruk. Denna lösning är något bättre än omfogning, för att det tar längre tid innan ny spricka uppkommer, men den löser fortfarande inte problemet långsiktigt. Det innersta armeringsjärnet kommer att fortsätta korrodera och expandera i volym och som följd kommer en spricka att uppstå och man blir tvungen att renovera igen.

⁸ Nilsson, 2006

⁹ Nevander, 2001

2.2.3 Byte av tegelskift

I denna metod tas det nedersta tegelskiftet bort och ersätts med en förtillverkad balk. Balken kan vara spänn- eller slakarmerad tegelbalk, betong-, stål- eller träbalk. En annan lösning är att återanvända stenarna från det nedplockade tegelskiftet och skapa en armerad balk genom att fräsa upp en ränna i ovankant på stenarna och gjuta in ett armeringsjärn. Den typen av balk kan också antingen vara spänn- eller slakarmerade. Problemet med återanvänt tegel är att stenarna ibland sitter så hårt fast att de skadas vid nerplockning. Oftast förloras mellan 10 till 20 % av teglet¹⁰.

Utseende och intryck av reparation är subjektiv och därför kan det vara svårt att säga om en förändrad fasad förstör eller förstärker utseendet, men när man restaurerar byggnader är det oftast att föredra att inte ändra en byggnads utseende. Det är därför värt att eftersträva en metod som inte förändrar kulören på teglet eller fogarna. Figur 4 är ett typexempel på reparationsmetod som förändrar utseendet. De flesta metoder som beskrivs i stycket ovanför förändrar fasadens utseende. Den enda metod som knappt förändrar utseendet är specialtillverkade tegelbalkar av återanvänt tegel och den är praktiskt svår att genomföra.



Figur 4. Tegelbalk med kulör som är avvikande från originaltegel¹¹.

2.3 Vår reparationsmetod

När armeringen i fogen börjar rosta och spricka uppkommer ska renoveringen påbörjas. 1994 testades en renoveringsmetod kallad ankarstångsbalken¹². Metoden innebär att rostfri plattstång sätts under nedersta tegelskiftet och förankras med hjälp av vertikalt placerade rostfria ankarstänger inuti ovanliggande tegel.

Renoveringsmetod som utvecklats i vårt examensarbete är delvis baserad på ankarstångsbalken. Likheten är att i metoderna rensas den korroderande armeringen bort och befintliga teglet återförankras vertikalt. Skillnaderna är att i vår metod används inte plattstången och istället för limförankrade stänger används försänkta skruvar vilket gör renoveringen mindre synlig.

¹⁰ Molnár, 2006

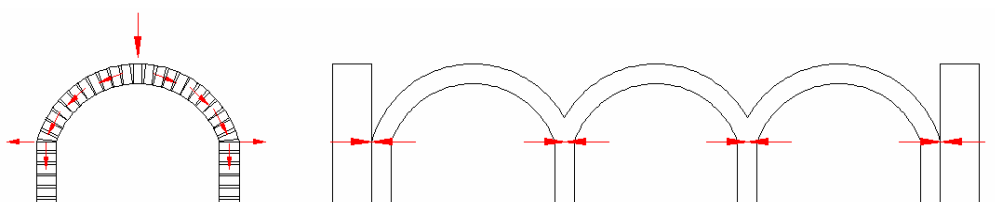
¹¹ www.hagilab.se

¹² Hervall och Jerling, 1994

2.3.1 Verkningsätt

Öppningar i murverk kan överbyggas med två typer av murverkskonstruktioner, där den ena är oarmerad och den andra är armerad. I sin del delas den oarmerade gruppen in i rakt eller ryskt valv och bågformigt valv.

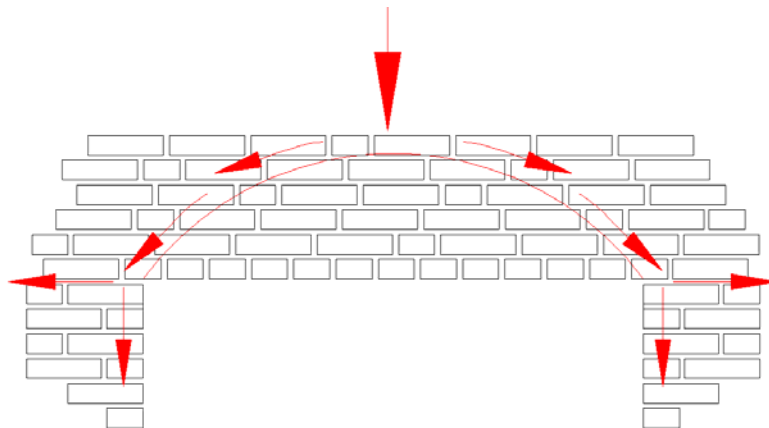
Bågformiga valv används i konstruktioner från romartiden. Lasten som appliceras i mitten av bågen ger upphov till krafter som följer bågen och vid punkten där bågen övergår till pelare delas krafterna in i två komponenter: vertikala och horisontella, se figur 5a. I system med flera bågar bredvid varandra tar de horisontella krafterna ut varandra, men i de yttersta bågarna krävs att pelarna är så stora att de kan ta upp både horisontella och vertikala krafter, se figur 5b.



Figur 5a och b. Skiss över murat valv och skiss över pelare som motverkar bågsystemets horisontella krafter.

Oarmerade raka valv verkar funktionsmässigt på samma sätt som bågformiga valv med skillnaden att murverk fyller ut området under valvet och gör öppningen rak i ovankant. De nedåtriktade krafterna ovanför öppningar i rakt valv följer den tänkta bågen, se figur 6. För att ett rakt oarmerat valv ska fungera måste den tänkta bågen ha vissa proportioner. Höjden på den tänkta bågen ska vara mindre än sju tiondelar av öppningsbredden därför att detta är gränsen mellan valvverkan och verkningsättet för en oarmerad skiva. Den tänkta bågen måste ha en höjd större än en fjärdedel av öppningsbredden som är gränsen för balkverkan. Den övre gränsen för öppningsbredden är i Sverige satt till två meter¹³. Bågen är bara teoretisk och markerar vilken väg kraften väljer i murverket vilket innebär att det murverk som befinner sig under bågen är helt opåverkat av belastningen ovanifrån.

¹³ MUR 90, 1990



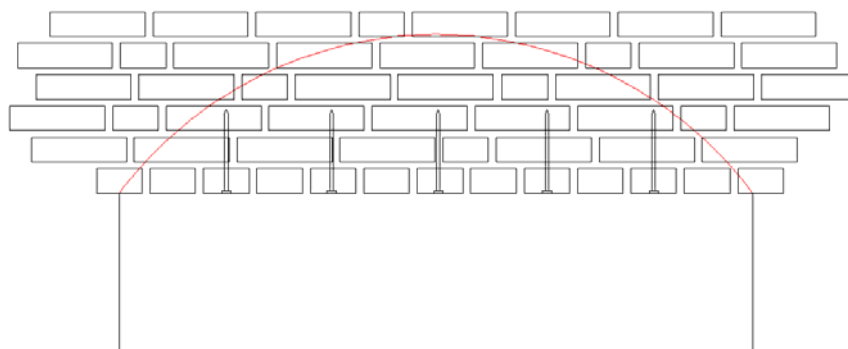
Figur 6. Tänkta bågen och kraftöverföring ovanför rakt valv.

2.3.2 Begränsningar

Renovering med vår metod kan, med tanke på tidigare kommentarer, bara användas på murverk ovanför öppningar med bredden mindre eller lika med två meter. Denna begränsning kommer pga. att armeringen tas bort i samband med renoveringen och balkverkan inte längre kan användas. En annan begränsning utgörs av kravet på tillräckligt sidostöd. Sidostödet mot gaveln bör enligt Mur90 kontrolleras med avseende på stjälpning och skjuvbrott. Egentyngder och eventuella vertikala laster verkar stabiliserande i detta sammanhang.

2.3.3 Murverk sprucket i en fog

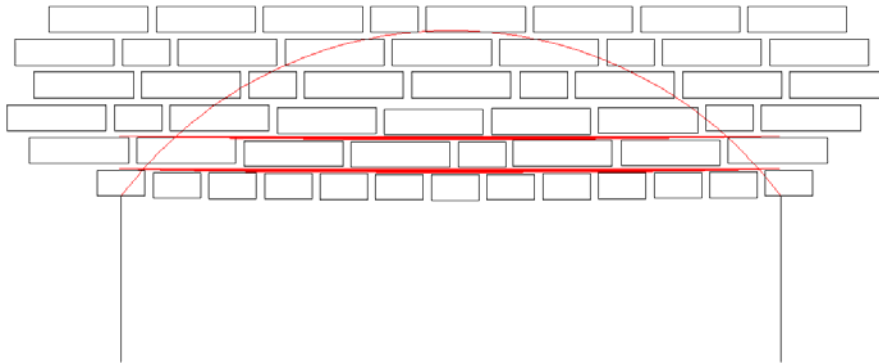
Om bara den nedersta liggfogen (den horisontella fogen) spricker och resten av murverket under den tänkta bågen är intakt och hålls samman med resterande konstruktion, då behöver bara den nedersta delen renoveras. I detta fall ska skruvarna sättas vertikalt in i teglet och hålla det nedersta tegelskiftet på plats och om så behövs spänna upp det om det har börjat hänga ner, se figur 7. För att erhålla tillräcklig förankring bör återförankringen ske i minst två oskadade tegelskift.



Figur 7. Renovering vid spricka i nedersta liggfogen.

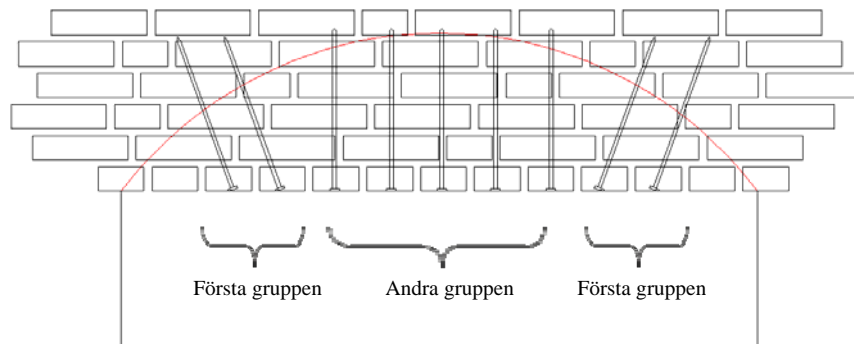
2.3.4 Murverk sprucket i flera fogar

Sprickor i murverket ovanför öppningar behöver inte enbart uppkomma i nedersta liggfogen utan kan också uppkomma i andra liggfogen. De uppkommer t ex på grund av korrosion av rörelsearmering eller från ojämna sättningar under väggen, se figur 8.



Figur 8. Murverksbalk med skador i flera fogar.

I detta fall ska skruvarna vara tillräckligt långa för att förankring ska kunna ske i oskadat murverk. Skruvarna delas in i två grupper beroende på vilken funktion de uppfyller. Första gruppen placeras nära öppningshörnen och har till uppgift att fästa murverk under tryckbågen till ovanliggande murverk. Andra gruppen håller stenar under tryckbågen tillsammans så att det skapas en monolit, se figur 9.



Figur 9. Renovering med skruvar av två olika grupper.

Antal skruv som skall användas för att hålla upp det understa tegelskiftet beror på hur intakt stötfogen (den vertikala fogen) är mellan tegelstenarna. Om fogen är förstörd och inte kan hålla stenarna på plats behöver varje sten fästas med skruv i ovanliggande tegelskift, annars bedömer vi att det räcker det med en skruv i varannan tegelsten. Vid bestämning av skruvplacering ska man ta hänsyn till stötfogen i andra tegelskiftet, för att undvika bristfällig förankring.

3 Utrustning och material

Den utrustning som används i samband med renoveringsarbetet är antingen egentillverkad eller lånad. Stämmsystemet och stämjärnen är egentillverkade, medan övrig utrustning som slagborr, fogfräs, tigersåg och fogspruta är lånad. Fullständig lista över all utrustning som användes finns i bilaga 1.

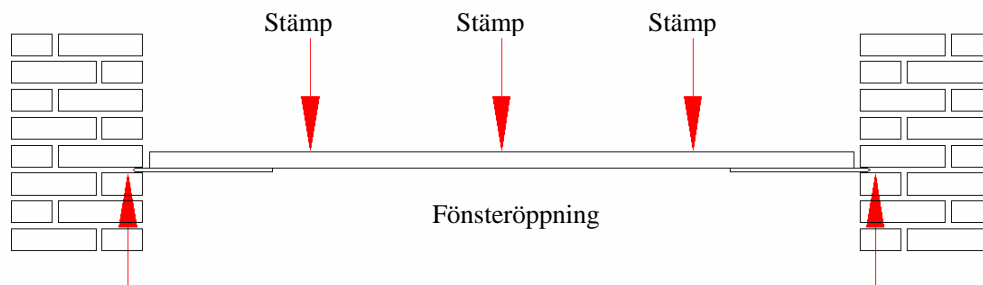
3.1 Standardutrustning

Småverktyg som behövs är ficklampa för att få bra insyn i den rensade fogen, hammare för att slå på både kilar och stämjärn och lednyckel för att justera stoppskruven.

Skyddsutrustningen består av ögonskydd, hörselskydd, handskar och munskydd vilka är viktiga för olika arbetsuppgifter. Munskyddet används vid fogrensning och under blandning av bruket.

3.2 Stämmsystem

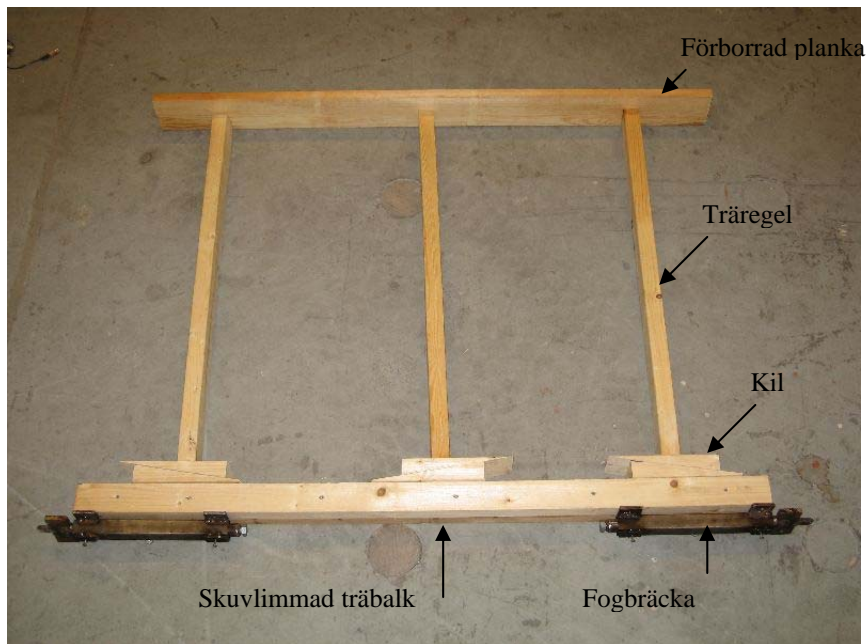
För att nedersta tegelskiftet inte ska rasa vid renoveringen ska stämp användas. I de flesta fall kan stämning ske mot fönsterbleck, men risken finns att detta blir skadat. Problemet kan undvikas om lasten leds till upplag i öppningens sidoväggar¹⁴. För att göra detta kan en så kallad fogbräcka användas. Den är ett specialtillverkat redskap som kan fästas i väggen och fungera som upplag för en balk som i sin tur blir upplag för en eller flera stämp, se figur 10.



Figur 10. Krafternas verkan i stämmsystemet.

Hela systemet kallas för Stämmsystem och är uppbyggt av två fogbräckor, skruvlimmad träbalk (två träreglar fästa i varandra), kilar, tre vertikalt uppställda träreglar och förborrad plank, se figur 11 och beskrivning av varje del för sig i följande avsnitt.

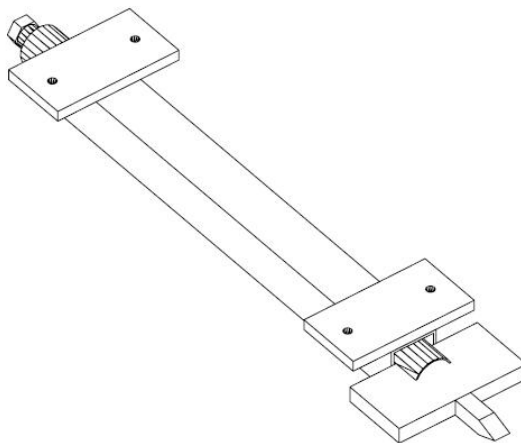
¹⁴ Horvath och Pilav, 2006



Figur 11. Stämpsystemet.

3.2.1 Fogbräckan

Fogbräckan, se figur 12, är tillverkad av stål och består av en yttre och en inre del. Den inre delen består av ett runt rör med en platta och vass spets för att kunna tränga in i fogen mellan tegelstenarna och vila på teglet, se figur 13. Spetsen är kvadratisk och tillsammans med plattan är de mindre eller lika tjocka som höjden på liggfogen. Det inre röret har även en M16 skruv och cylindermutter fastsvetsad i motsatta änden för att underlätta montering, dvs. om fogbräckan behövas slås in i väggen ska skruven ta upp kraften och jämnt fördela den till röret så att det inte deformeras.

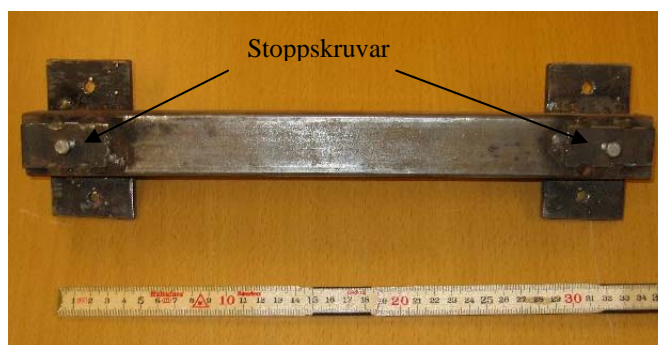


Figur 12. Översiktsskiss av fogbräckan.



Figur 13. Inre del av Fogbräckan.

Den yttre delen består av fyrkantsrör, stoppskruvar och fästplattor, se figur 14. Fyrkantsröret används både för att lättare kunna fästa den skruvlimmade träbalken till fogbräckan och för att kunna tilta upplaget om tegelstenar på vilka fogbräckan vilar är sneda. Stoppskruvar monteras för att fogbräckans två skilda delar ska bli till en enhet. Fullständig ritning på fogbräckan finns i bilaga 3.



Figur 14. Yttre del av fogbräckan med stoppskruvarna synliga (bräckan är uppochner vänd).

3.2.2 Skruvlimmad träbalk

Balken är tillverkad av två 45x70 mm träreglar som är skruvlimmade för att verka som en enhetlig balk. När längden på balken ska bestämmas måste hänsyn tas till att i fuktiga miljöer suger trä vatten och expandera i bredd och längd. Om man inte gör det och tillverkar balken så att den passar precis i öppningen kan det vara svårt att ta ut den från öppningen.

3.2.3 Kilar och träreglar

Det används tre träreglar (45x70 mm) och två kilar till varje regel. Kilarna är sågade så att kontaktrycket på kilen kommer att verka parallellt med fiberriktningen, vilket ger bättre hållfasthet. Kilarnas uppgift är att justera trycket mot reglarna så att de sitter fast och håller den förborrade plankan i rätt höjd.

3.2.4 Förborrad plank

Plankan (28 x 120 mm) är på var sin sida några centimeter kortare än öppningens bredd för att lätt kunna passa in. Plankan förborras och hålen i plankan är placerade

på de positioner där skruvarna ska förankras i teglet. Skruvarna ska försänkas och därför ska hålen vara tillräckligt stora för att få plats med försänkingsborren enligt kapitel 3.3. I vårt fall har hål borrats med 24 mm i diameter.

3.3 Slagborr

När skruvarna ska förankra understa tegelskiftet ska hålen förborras med slagborr. Borrlängden beror på vilken skruvlängd som ska användas. I vårt fall användes bormaskin med SDS-plus fäste, vardagligt kallat för Hilti-fäste, och borr med $\varnothing 14$ samt $\varnothing 6$ mm med längd 200 respektive 400 mm. Bormaskinen i figur 15 utrustad med $\varnothing 14$ mm borr, som i fortsättningen kommer att kallas försänkingsborr, kan användas också vid rensning av stöt- och liggfog om inte fogfräsen når in samt för att göra hål för fogbräckan.



Figur 15. Bormaskin och borr.

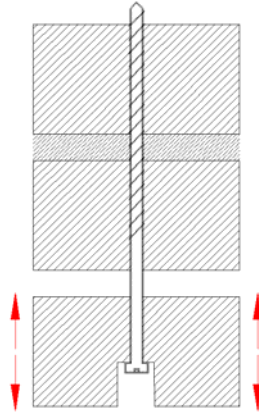
3.4 Skruv och bricka

3.4.1 Skruvegenskaper

Det finns olika skruvar på marknaden som skulle kunna passa till återförankringen. I ett tidigare examensarbete¹⁵ utvärderades olika skruvar och deras funktion, med hänsyn till förankring i murverk. I rapporten har fyra olika skruvar jämförts: helgängad skruv, slagankare med helgängad stång, BI-FIX och SFS-spike. BI-FIX är en helgängad stång med stora gängor och SFS-spike ser ut som en vanlig spik fast med en buckla på slutet som gör att spiken deformeras och fäster sig i teglet. Genom provning har Horvath och Pilav kommit fram till att slagankare med helgängad stång och SFS-spike inte kan användas i hål- och gittertegel. Nackdelen med helgängad skruv och BI-FIX är att de saknar justeringsmöjlighet, dvs. att vid monteringen fixeras det understa tegelskiftet med ovanliggande skift och det blir omöjligt att minska höjden på liggfogen mellan skiften. I slutsatsen rekommenderas gängad skruv

¹⁵ Horvath och Pilav, 2006

som saknar gängor de närmaste 70 mm från skruvens huvud, för att möjliggöra justeringen enligt figur 16.¹⁶



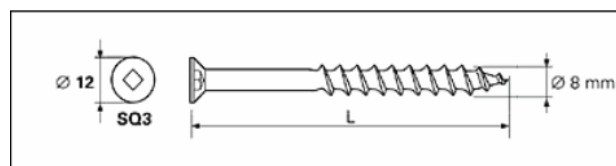
Figur 16. Skruv som är justerbar eftersom gängor saknas närmast skruvskallen.

För att ha nödvändigt skydd mot korrosion ska skruvar av rostfritt stål användas. Rostfritt stål är en legering mellan krom och stål som har stor beständighet mot korrosion¹⁷. Det finns även andra sätt att skydda stål mot korrosion genom t ex förzinkning eller andra ytbehandlingar. De är inte tillämpbara i detta fall av den orsaken att teglet och murbruket kommer att repa bort beläggningen när skruven monteras och korrosion kan angripa skruven.

Skruv som ska användas för återförankring ska också tillåta försänkning av skruvhuvudet i teglet för att dölja det och göra reparationen mindre synlig. För att skruvhuvudet inte ska förstöra teglet vid försänkning ska huvudet vara plant på undersidan.

3.4.2 Vald skruv

För att få de egenskaper som beskrevs i avsnitt 3.4.1 används en 190 mm lång, rostfri och justerbar skruv från SFSintec, se figur 17. Skruven som vi har använt har möjlighet att försänkas pga. sitt försänkta spår i huvudet, men saknar plan undersida på skruvhuvudet vilket leder till att en rostfri bricka måste träs på skruven.



Figur 17. Skruv som används vid återförankring av understa tegelskiftet.¹⁸

¹⁶ Horvath och Pilav, 2006

¹⁷ Nilsson, 2006

¹⁸ www.sfsintec.biz

3.5 Fogfräs

Fogfräsen är av märket Arbortech AS160 är utrustad med två par tandbestyckade blad som rör sig fram och tillbaka¹⁹, se figur 18. De korta och breda bladen är bäst att använda vid början av fogrensningen. De andra bladen ska användas för att nå djupt in i liggfogen samt för att rensa stötfogen. Maskinen används för att avlägsna fogen fram till det korroderade armeringsjärnet och kan fräsa upp till 12 cm in i väggen vilket är optimalt för en halv stens skalmursvägg.



Figur 18. Fogfräs.

3.6 Tigersåg och krok

Tigersågen fungerar på samma sätt som en vanlig handsåg och är utrustad med ett 28 cm långt sågblad för kapning av bistålsarmering, se figur 19. Sågbladet är inte optimalt för vanliga armeringsjärn men går ändå att använda.



Figur 19. Tigersåg.

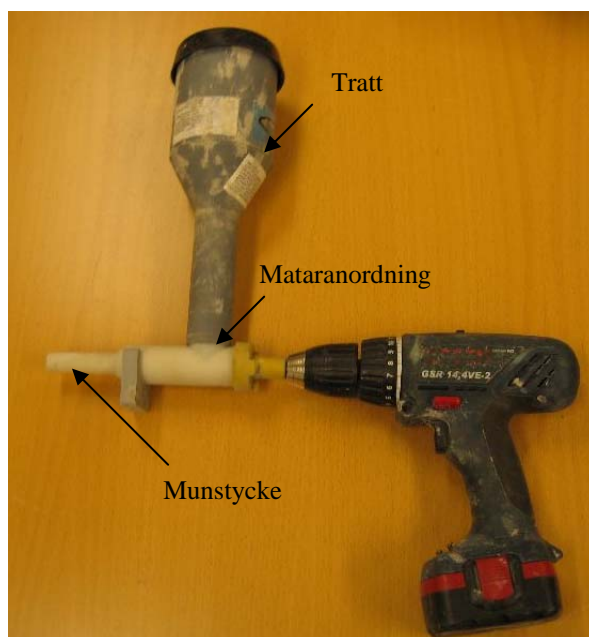
Kroken är tillverkad av stål och är ungefär 6 mm i diameter och används för att få grepp och dra ut armeringen, se figur 20.

¹⁹ www.arbortech.com.au/view/



Figur 20. Krok.

3.7 Fogspruta



Figur 21. Fogspruta av typen Hagilab.

Fogsprutan av typen Hagilab består av tratt, mataranordning och munstycke kopplat till en bormaskin enligt figur 21. Bruket blandas och fylls på i tratten och i botten på tratten sitter en matarskruv som pressar bruket fram till ett munstycke. Det finns ett munstycke för tunnfogsbruk och ett för vanliga bruk. Munstycket för vanlig fogning är bara en förlängning av fogsprutan och det är anpassat för att rymmas inne i fogen, se figur 22



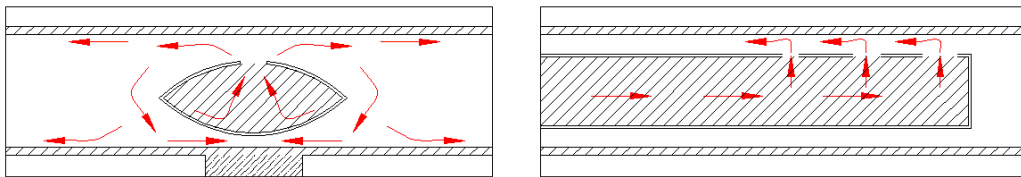
Figur 22. Munstycke för vanlig fogning.

Specialmunstycket för tunnfogbruket, kallad ”anknäbb”, är konstruerat av ett tillplattat plaströr med tre borrarade hål i olika dimensioner och en plugg i slutet av munstycket, se figur 23.



Figur 23. Specialmunstycke för tunnfogning.

Hålen med olika dimensioner ska hållas riktade upp när fogen sprutas in. Genom dem trycks bruket för primning (prima betyder att skapa tunn yta med goda vidhäftningsegenskaper för senare bruk) uppåt mot överliggande stenar och plattas till, så att det blir tunn lager av detta bruk. Eftersom munstycket ligger tätt mot både den övre och undre delen av fogen kommer även ett tunt lager bildas på underkanten när fogmassan rinner ner och fördelar sig som i figurerna 24a och 24b.



Figur 24a och 24b. Tunnfogbrukets munstycke sett framifrån och från sidan, enligt Hagilab.

3.8 Bruket

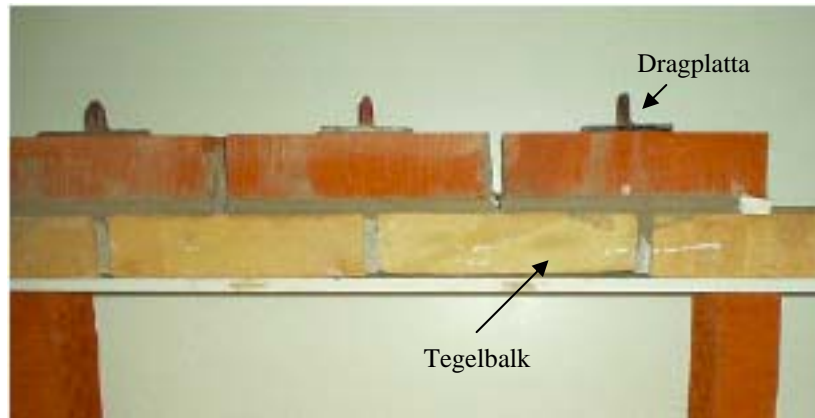
3.8.1 Egenskaper

Bruket som användes fanns i två olika utförande, det ena är ett pumpbart bruk som bara behöver blandas med vatten och det andra kräver tillsats av primer för att erhålla en lösare konsistens. Vid primning användes ett mera lättflytande tunnfogbruk avsett för murning av lättbetong. Instruktionerna på hur olika bruk ska blandas finns i bilaga 2.

Fogningsmetoden som användes i vårt projekt har provats av fogsprutans tillverkare HAGILAB. På deras hemsida finns en kort beskrivning på hur hållfasthetstester på bruket genomfördes²⁰. Vid testen hade man en tegelbalk och över den lades tre tegelstenar med distanser, så att mellanrummet mellan tegelstenar och balken blev ungefär 15 mm, dvs. lika tjock som en vanlig fog i murverket, se figur 25. Testen genomfördes inomhus med medeldygnstemperaturen 16°C. Både balkens och teglets kontaktyta grundades med ett tunnfogbruk och sedan fylldes mellanrummen med ett bruk av kvalitet B. Till ovanliggande tegelstenar klistrades dragplattor. När dragprov utfördes kunde man dra slutsatsen att teglet gått sönder innan fogen brast. Det bevisar

²⁰ www.hagilab.se

att fogen kommer att klara de påfrestningar som kommer att uppstå i muren efter renoveringen.



Figur 25. Dragprov från Hagilab²¹.

3.8.2 Tillredning

Vid tillredning av bruk blandas vatten med det cementbaserade pulvret. Det görs i en spann eller i en annan lämplig behållare. Varje typ av bruk som blandas har sina egna förhållanden mellan brukspulver och vatten och instruktionerna ska därför följas noggrant för att få rätt konsistens. Blandningen sker med bormaskin utrustad med visp, se figur 26.



Figur 26. Visp.

²¹ www.hagilab.se

4 Fallstudie

För att testa metoden genomfördes en fallstudie på två öppningar i en befintlig vägg. För att förbereda sig för det gjordes försök i laboratorium.

4.1 Testning

4.1.1 Förtestning

Innan huvudtestningen påbörjas har nästan alla moment testats för att ge oss den erfarenhet som behövs då nya maskiner och arbetsmetoder används. Olika blandningar av fogmassan har testats för att ge den bästa konsistensen, och fogsprutan har utrustats med längre munstycken för att nå in genom det bärande murverkets rensade fog. Fogfräsen har testats på en tidigare murad provkropp som användes i ett tidigare examensarbete²². Slagborrens funktion och skruvarnas grepp mot teglet testades på vanliga gitterstenar. De arbetsmoment som inte kunnat testas innan det skarpa testet är utrensningen av fog utanför fogfräsens räckvidd och kapning av armeringsjärn med tigersåg.

4.1.2 Testobjektet

Metodtestning har utförts på en av ytterväggarna på Kemicentrum LTH. Väggen är belägen i söderriktning i den väst- östgående delen av Kemicentrum.

Väggens utformning

- En och en halv stens tjocklek.
- Håltegel.
- Byggnadshöjd – ca 3 m.
- Minsta stötfog – ca 8 mm.
- Öppningarna var 1,6 m breda och 1,8 m höga.
- Öppningarna var belägna i mitten av huset.
- Avståndet från öppningarna till taket (balkhöjd) var ungefär 1 m.

Utifrån det praktiska arbete som utförts på Kemicentrum utarbetades en arbetsgång som presenteras i kapitel 4.2.

²² Hansson och Hanzén, 2006

4.2 Arbetsgång

Innan det praktiska renoveringsarbetet kan påbörjas ska arbetsställningen monteras och el dras fram.

4.2.1 Montage av fogbräcka och stämp

Det är lättare att genomföra montaget om fogen fräses bort ungefär 10 – 15 mm och ett 50 mm djupt hål med $\varnothing 14$ mm borrhorrar där bräckan skall sitta, se figur 27a och 27b. Efter fräsning och borrarning ska det vara möjligt att placera den inre delen av fogbräckan i fogen.



Figur 27a och 27b. Fogfräsning och förborring för att installera fogbräcka.

Om så behövs, kan hammare användas för att slå in fogbräckan, se figur 28. När hammare används ska M16 skruven, som sitter på inre delen av fogbräcka, vara i helt inskruvat läge. Även om fogbräckan inte kommer att sitta helt styvt och horisontellt, kommer den att uppfylla sin funktion om 10 – 15 mm av plattan på fogbräckans inre del vilar på teglet.



Figur 28. Installering av inre delen av fogbräcka.

Det yttre röret ska sedan träs på och stoppskruvarna kan spännas, för att fogbräckans olika delar inte ska glida isär och för att få en horisontell yta för den skruvlimmade träbalken.



Figur 29. Fogbräcka i väggen.

När båda fogbräckorna är monterade på varsin sida öppningen, se figur 29, kan träbalken monteras fast på bräckorna med träskruvar med diametern 6 mm, se figur 30.



Figur 30. Installering av den skruvlimmade balken.

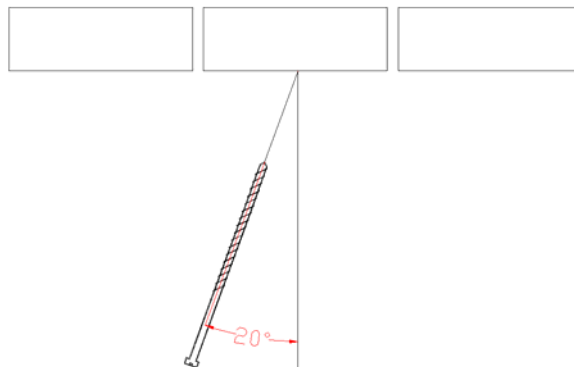
Efter att balken har monterats ska träreglarna placeras stående på balken och den förborrade plankan läggs ovanpå reglarna. Detta moment är lättast att genomföra för två personer om en håller plankan och träregeln på plats och den andra bankar ihop kilarna under regeln med en hammare. Med kilarna kan trycket justeras så att plankan håller upp tegelskiftet.

4.2.2 Återförankring

När återförankringen ska göras är första steget att göra hålen för skruvarna. I detta fall ska hålen vara 250 mm djupa och vara gjorda med borrhålets diameter $\varnothing 6$ mm, se figur 31. Borrhålen ska ha en ungefärlig lutning på 20° från en ortogonal linje enligt figur 32²³. Om reparation genomförs på bärande tegelvägg ska även hålet göras med lutning in i tegelväggen eftersom skruven annars kommer att fästas i fogen, som finns inne i väggen. Hålen skall vara placerade mitt i de tegelstenar som är till för återförankringen. Exakt vilka stenar det är kan skifta beroende på hur stor öppningen är eller var sprickorna finns.



Figur 31. Förborring för skruv.



Figur 32. Hålen ska borraras med lutning 20° .

²³ Horvath och Pilav, 2006

Den yttre delen av hålet ska göras bredare med $\varnothing 14$ mm borrar, för att skapa en försänkning till skruvhuvudet, se figur 33.



Figur 33. Försänkingsborrning för skruv.

När hålen är gjorda kan skruvarna monteras utan någon plugg. De ska skruvas tills de tar emot teglet med huvudet och ska inte spännas mera vid detta arbetsmoment, se figur 34.



Figur 34. Installering av skruv.

4.2.3 Fogfräsning och utrensning av armeringsjärn

I fogen finns antingen två eller tre armeringsjärn och fogfräsen klarar inte att ta sig genom dem, därför måste stötfogarna i andra tegelskiftet och i understa liggfogen fräsas bort innan armeringsjärnen kan kapas med tigersågen.



Figur 35. Fräsning av liggfog med det breda bladparet.

Fogfräsen har två olika par sågblad som är lämpliga för att såga i murbruk med. Det ena paret sågblad är brett och böjt och passar bäst till att ta bort den yttre delen av fogen, se figur 35, medan det andra paret är rakt och smalt och lämpar sig bäst för att såga djupare in i fogen och stötfogen, se figur 36.



Figur 36. Fräsning av stötfog med det smala bladparet.

Efter att man har frilagt armeringen ska man kapa den med tigersåg i yttersta stötfogen på var sida av öppningen. När armeringen är kapad kan den dras ut med kroken, enligt kap 3.6, men på grund av att skruvar kan vara i vägen för de inre armeringsjärnen, ska armeringen i dessa fall böjas utåt och sedan föras i sidled mot stötfogen och böjas igen och så vidare tills att hela armeringsjärnet är uttaget.

Ett problem uppstår om renovering görs på tjock tegelmur och fogfräsen inte når till det sista armeringsjärnet. Borren och stämjärnet används då för att rensa den resterande fogen. Det ska först borras raka hål i fogen så nära varandra som möjligt, sedan ska det borras snett och sist kan stämjärnet användas, se figur 37. Ett annat problem kan uppkomma om stötfogen är väldigt smal och fogfräsen inte kan användas utan att skada teglet. I detta fall måste smalare stämjärn användas.



Figur 37. Användning av stämjärn.

4.2.4 Fogning

Innan fogningen kan ske måste fogarna rensas från damm och fogrester. Rensningen sker lättast med en smal fogslev och utblåset från en borrmaskin men även en smal borste kan användas. Efter rensningen maskeras under- och ovanliggande tegel med tejp och byggplast för att teglet inte skall smutsas ned under fogarbetet. Fogmassan ska blandas enligt instruktionerna i bilaga 2 om bruk från Hagilab används och vara så lättflytande att den kan sprutas med fogsprutan. Om massan är för fast bildas torrpluggar i munstycket och maskinen kan gå sönder²⁴.

Fogningen måste göras med färskt bruk och det är därför bra att försöka uppskatta hur mycket bruk som behövs vid varje fogning. Rutinen är att först veta tegelstenarna med en vattenspruta och sedan spruta in tunnfogsbuket med specialmunstycket för tunnfogningen, se kapitel 3.8. Efter tunnfogningen kan det vanliga bruket blandas och laddas i fogsprutan. Först sprutas bruk några cm in i fogen och sedan trycks bruket in med en fogslev för att ge bra packning. Proceduren att foga och packa med fogslev upprepas tills fogmassan når cirka tre centimeter in från kanten. Fogsprutan finns i figur 38.



Figur 38. Fogning med fogspruta.

²⁴ www.hagilab.se

Sist ska fogbruk med samma nyans och typ som hos övrigt murverk användas. För att få en enhetlig yta på alla fogar ska den först fogstrykas och sedan borstas. Det är bra att eftervattna fogen en gång om den inte utsätts för regn. Detta moment har inte genomförts pga att vi saknar den praktiska erfarenheten.

4.2.5 Efterarbete

Stämpsytet kan monterat bort direkt efter att fogningen är gjord om skruvarna är så pass spända att det understa tegelskiftet ligger på jämnt fogavstånd från ovanliggande tegel, annars kan man spänna upp skruvarna. Oftast är det flera fönster som ska renoveras samtidigt och då behöver stämpsytet flyttas så att nästa fönsteröppning kan påörjas. I de fogar där urspärning gjordes för fogbräcka måste nytt bruk med rätt kulör användas för att reparera och återställa fogen till sitt ursprungliga skick. Samma sak gäller för hålen där skruvarna sitter.

5 Resultat och diskussion

5.1 Testobjekt

Syftet med detta arbete var att utarbeta och praktiskt testa en ny lagningsmetod på en tegelvägg med sprickor ovanför öppningar. Metoden har testats ovanför två fönsteröppningar. Väggen med fönstren var en och en halv sten tjock bärande tegelvägg av håltegel. Även om metoden är användbar på både skalmur och bärande tegelvägg är det svårare att lösa problem med sprickor på den sistnämnda, för att armeringen ligger längre in i konstruktionen.

5.2 Utrustning

5.2.1 Skruv

Skruvarna som användes i renoveringsmetoden har fyra uppgifter. Den första är att hålla teglet på plats under renoveringen och inte tillåta det att röra på sig och förstöra fogen. Den andra är att skruvarna ska justera teglet i vertikalled om nedersta skiftet hänger ner. Tredje är att på grund av att skruvar används kan man ta bort stämpan innan bruket har härdat och nått full hållfasthet. Sist ska skruvarna hålla ihop de stenarna som finns i andra och tredje tegelskiftet om murverket är skadat i flera liggfogar och fästa dem till det ovanliggande teglet.

Under praktisk testning av metoden uppstod problem med montering av skruvar. Först har vi försökt montera skruvarna med 20° lutning i väggens plan, men även om förborringen gick bra, fastnade skruven och det var omöjligt att skruva in den de sista 3-4 cm. Först trodde vi att skruvarna hade fastnat på grund av att vi stötte på armeringen med skruvens gängor, som har större diameter än borren, men när fogen hade rensats såg vi att armering inte var i närheten av skruvarna. Även nu när arbetet är färdigt har vi ingen förklaring till varför skruvarna har fastnat. För att undvika detta problem förborrades nya hål med 20° lutning i väggens djup.

5.2.2 Fogbräcken

Fogbräcken är utvecklad och tillverkad i konstruktionstekniks laboratorium. Delarna består av stål och har benägenhet att rosta. Under de tre veckor som stämpan var monterad utomhus har bräcken redan blivit angripen av rost. Om rost får angripa bräcken under längre tid finns risk att de två delarna i bräcken fastnar i varandra och detta försvårar montaget. Det finns också en risk att bräcken kommer att försvagas av rosten och stämpan kan kollapsa. Lösningen på problemet kanske är att rostskydda fogbräcken eller välja ett material som är mindre benäget att rosta men ändå lika hållfast som stål.

5.2.3 Stämmsystemet

I stämmsystemet fungerar inte den skruvlimmade balken speciellt bra med avseende på montaget mellan fogbräcken och balken. Det skulle kanske vara bättre att istället

använda en I-balk av stål. En stålbalk kan användas många fler gånger än en balk av trä eftersom träet inte tillåter att skruvar skruvas in och ut för många gånger i samma hål. Samtidigt om man använder I-balk undviks tillverkning av skruvlimmad balk och det kommer att spara tid. Även montaget mellan balk och fogbräcka kommer att förenklas om man använder bult med mutter istället för skruvar. Problemet med att använda I-balk är att den bara fungerar på en öppningsbredd, dvs. nya balkar behöver tillverkas om det finns flera olika öppningsbredder i samma fasad. Detta problem uppstår också med den skruvlimmade träbalken, men det går snabbare att tillverka den på plats.

5.2.4 Tigersåg

Bladet till tigersågen slits snabbt eftersom det är konstruerat för att kapa bistålsarmering. Kapning av armering kräver ett blad med mindre tänder som bladet i en bågsåg för metall.

5.2.5 Fogning

För att dölja hålen till skruvarna i underkant på det understa tegelskiftet vore det bra att använda ett bruk av samma kulör som teglet. Detta har inte testats, men borde vara möjligt.

5.3 Ekonomi

Tiden som det har tagit oss att reparera en öppning kan omräknas för en person och den blir ungefär två arbetsdagar. Om flera öppningar stämpas samtidigt, en långslöpande byggställning monteras och två fogsprutor används, en för tunnogsbruk och en för vanligt bruk, kommer arbetstiden att minska. Om reparation görs på en tjock vägg bör en större modell av fogfräsen med längre blad användas för att minska arbetstiden. Yrkesarbetare kan tänkas utföra arbetet mycket snabbare.

5.4 Estetik

Genom att undvika utbyte av tegelstenar och låta deras placering i väggen vara oförändrad har vi lyckats att störa fasadens utseende minimalt. Det enda som antagligen kommer att förändras är kulören på de renoverade fogarna, som ska väljas med färg så lik den gamla som möjligt.

6 Slutsatser och framtida arbete

6.1 För- och nackdelar

Den vanligaste metoden i dagsläget då det gäller att lösa problem med korroderande armering är den med spännarmerade tegelskift. För att visa fördelarna med att använda återförankring enligt detta examensarbetet genomfördes en jämförelse mellan de båda metoderna, se tabell 1.

	Återförankring med skruvar			Spännarmerade tegelskift
Utrustning	Fogfräs, tigersåg, bormaskin, fogspruta	-	+	Fogfräs, tigersåg
Arbetsätt	Kan genomföras av en person, förutom installering av stämp som kräver två personer	+	-	Behövs två personer för att lyfta upp, installera tegelskift och stämp
Ekonomi	Arbetskostnad + Materialkostnad: kostnad för rostfria skruvar: ex. öppningsbredd 1,6 m 5 skruv x 13 kr = 65 kr/öppning ²⁵	+	-	Arbetskostnad + Materialkostnad: kostnad för transport och inköp av tegelskift: ex. öppningsbredd 1,6 m 1 skift x 360 kr = 360 kr/öppning ²⁶
Estetik	Oförändrad tegelkulör	+	-	Varierande tegelkulör
	Oförändrad tegelstorlek	+	-	Varierande tegelstorlek
	Oförändrad fogtjocklek	+	-	Varierande fogtjocklek
	Varierande fogkulör	-	-	Varierande fogkulör

Tabell 1. Jämförelsetabell.

6.2 Framtida arbete

I denna rapport behandlades inte möjligheten att rensa bort rörelsearmering över öppningar som ofta ligger i liggfogen ovanför den uttagna balkarmeringen. Det kan vara effektivt att rensa bort den korroderande rörelsearmeringen samtidigt som urtagning av balkarmeringen sker. En utredning behöver göras på om rörelsearmeringen skall bytas ut eller helt plockas bort.

6.3 Spridning av metoden

För att informera entreprenörer och fastighetsägare om den nya metoden ska ett utdrag av detta examensarbete göras. Det ska innehålla begränsningar för metoden,

²⁵ Bengtsson, 2006

²⁶ Martinsson, 2006

arbetsgång och en jämförelse med den dominerande metoden på marknaden där för- och nackdelar spaltas upp. Detta utdrag ska sedan distribueras bland entreprenörer och olika projektledare.

7 Källor

7.1 Skriftliga referenser

Fagerlund, G. (1992). *Betongkonstruktioners beständighet, en översikt*. Danderyd: Cementa, ISBN:91-87334-00-3

Granholm, H. (1943). *Armerade tegelkonstruktioner*. 2:a upplagan. Göteborg: Chalmers Tekniska Högskola.

Gustavsson, T. (2005). *Restaurering av murade fasader med korrosionsskador*. Bygg & Teknik 2/05

Hansson, A., Hanzén, S. (2006). *Alternativa sätt att överbrygga öppningar i skalmur av tegel*. Lund: Avdelning för Konstruktionsteknik, Lund Tekniska Högskola. Rapport TVBK-5136

Hervall, A., Jergling, A. (1994). *Ankarstångsbalken: Reparation av skadade armerade tegelbalkar*. FoU – Väst Rapport 9402

Hervall, A., Jergling, A. (1996). *Reparationsmetoder för murverksskador på byggnader uppförda 1950-90: Förstudie*. FoU – Väst Rapport 9605

Horvath, A., Pilav, A. (2006). *Utvärdering av nytt reparationssystem för tegelbalkar*. Lund: Avdelning för Konstruktionsteknik, Lund Tekniska Högskola. Rapport TVBK-5140

Johansson, L., Trädgårdh, J. (2001). *Ökande skador på fasader*. Bygg & Teknik 8/01

Murma byggmaterial och Svensk Leca (1993). *Armerat murverk: Beräkningsregler och råd för armerat murverk av tegel*. 2:a upplagan.

Nevander, L.E. (1956). *Armerade tegelkonstruktioner*. Tegel 3/56.

Nevander, L.E., Elmarsson, B. (1994). *Fukthandbok, praktik och teori*. 2:a upplagan. Stockholm: Svensk Byggtjänst, ISBN:91-7332-716-6

Sveriges tegelindustriförening, STIF (1990). *Murverkshandboken MUR 90, Häfte 4C Dimensionering – balkar, valv mm*. Linköping

7.2 Muntliga referenser

Bengtsson, Jan-Inge, *SFS-intec AB, Västerås*, den 21 december 2006

Gustavsson, Hans, *Hagilab, Lund*, den 16 oktober 2006

Jönsson, Johan, *Avdelningen för Konstruktionsteknik, Lunds tekniska högskola*, den 17 oktober 2006

Martinsson, Niklas, *Tegelmäster, Bara*, den 19 december 2006

Molnár, Miklós, *Avdelningen för Konstruktionsteknik, Lunds tekniska högskola*, den 7 december 2006

Nilsson, Lars-Olof, *Avdelningen för byggnadsmaterial, Lunds tekniska högskola*, den 29 november 2006

Persson, Mikael, *Akademiska hus, Lund*, den 11 september 2006

Rosenkvist, Per-Olof, *Avdelningen för Konstruktionsteknik, Lunds tekniska högskola*, den 29 november 2006

Svensson, Fredrik, *Hyrman, Lund*, den 25 september 2006

7.3 Övriga referenser

<http://www.arbortech.com.au/view/fitting-our-tools/asupport.html> besökt den 26 november 2006

<http://www.av.se/teman/restaurang/risker/ergonomi/arbetshojd.aspx> besökt den 28 november 2006

<http://www.hagilab.se/> besökt den 26 november 2006

www.sfsintec.biz/Internet/SFS08.nsf/PageID/IGR_S_2 besökt den 6 november 2006

8 Bilagor

Bilaga 1

Komihåglista	
Stämpsystem:	Fogbräckor
	Limskruvad balk
	Kilar
	Reglar
	Planka
	Skrubar
	Stort träborr
	Handslägga
	Fast nyckel till stoppskruv
	Bits
	Vanlig bormaskin
Borning:	Hitachi bormaskin
	Långt borr till skruv
	Försänkingsborr
	Skrubar med brickor
	Torxbit till bormaskin
	Bithållare
	Batteridriven bormaskin
	Vanlig bormaskin
	Tång
Fogrensning:	Fogfräsare
	Tigersåg
	Långa blad till tigersåg
	Krok
	Stämjärn
	Handslägga
	Hitachi bormaskin
	Långt rensborr
	Ficklampa
	Flaskborste
	Vanlig handborste
Fogning:	Fogspruta
	Ficklampa
	Munstycken till fogspr.
	Långt spik
	Vattenkanna
	Spann
	Sprutflaska

	Mätglas
	Visp för att blanda fog
	Tunnfogsbruk
	Vanligt fogbruk
	Tunn planka
	Fogslev
	Batteridrivna borrar
	Vanliga borrar

Bilaga 2

MURBRUK MELLANGRÅTT: EXV.

B-BRUK PUTS OCH MURBRUK TORRBRUK

MURBRUK LJUSGRÅTT: EXV.

C-BRUK PUTS OCH MURBRUK TORRBRUK

VID BLANDNING MED VIDHÄFTARE: BLANDA VÄTSKEDELEN SÅ ATT DEN

BESTÅR AV CA: 4 % VIDHÄFTARE OCH RESTEN VATTEN.

MAN KAN ÄVEN ANVENDA ENDAST VATTEN, SPECIELLT VID FETARE BRUK

SÅSOM C-BRUK, ELLER FLYTANDE BRUK, SÅSOM EXPANDERBRUK, ELLER

TUNNFOGSBRUK.

BLANDNING AV MURBRUK B, SAMT PUTS OCH MURBRUK C:

BEREDNING: BLANDA VÄTSKEDELEN, HÅLL I TORRBRUKET, BLANDA I 2

MINUTER, LÅT VILA I 5 MINUTER, BLANDA I 1 MINUT.

TILLFÖR VÄTSKA TILL TORRBRUKET TILLS LÄMPLIG KONSISTENS

ERHÅLLITS. BRUKET ÄR LÄMPLIGT FÖR SPRUTAN, DÅ DEN LÅNGSAMT

ROTERTANDE BLANDARVISPEN DRAS UPP UR BRUKET I BLANDNINGSKÄRLET,

OCH ATT DET DÅ BILDAS EN 2-4 CM SKÅLFÖRMAD FÖRDJUPNING I BRUKETS

YTA.

FÖR BLANDNINGARNAS LÄMPLIGHET TILL DE AVSEDDA ARBETENA, SVARAR ANVÄNDAREN.

KONTROLLERA ATT DET FÄRDIGA RESULTATET BLIR DET FÖR VARJE TILLFÄLLE ÖNSKADE.

- Bruken kan färgsättas, tala med leverantören.
- Tillsats av frostskyddsmedel ger ett smidigare bruk.
- Använd helst en omrörare. Som alternativ kan man använda en visp och en bormaskin. Det är mycket viktigt att bruket omröres noga. Detta gör bruket smidigt, och lämpligt för sprutan.
- Bruket har vanligtvis bra konsistens då det tränger ut ur pipen då sprutan försiktigt stötes mot ett fast underlag, men inte annars rinner ut av sig självt utan att skruven roterar.
- Vid sprutning, håll ej pipen så att materialströmmen i för hög grad hindras av mottryck. Då riskerar man att vattnet går före tungmaterialet, och man får en torrplugg och stopp i sprutan. I viss mån, och för god utfyllnad, skall dock pipen hållas inne i bruket vid sprutning.

- Pluggar i bruket orsakade av att vattnet har tryckts bort, måste rensas bort.
- Tag bort det löstagbara munstycket och rensa det, samt rensa den fasta pipen.
- Driftsstörningar orsakade av luftfickor kan ofta avlägsnas genom att upprepat stöta sprutan mot ett fast underlag. Om locket är påsatt, kan man banka på det så att pluggen trycks ut. Sämre funktion, men ej helt stopp, kan bero på att en torrplugg delvis har bildats, kanske beroende på att man för några sekunder har stoppat flödet genom att ha täppt till pipen. Den måste rensas bort. Om man försöker köra bort den, brukar den förvärras så att man får ett totalstopp så att sprutan ej går att hålla, utan den börjar medrotera och kan orsaka skada!
- För stort motstånd kan också orsakas av att pipen har för liten öppning, se dock sid. 1, angående maxdiameter ur säkerhetssynpunkt. Den plastpip, som är densamma som till traditionella fogsprute patroner, kan kapas för att få en lämplig öppning. Den går lätt att forma oval, genom att trycka ihop den, fram och tillbaka, eftersom behovet varierar under arbetets gång. Formas den med värme blir den mer formstabil. Vinkelrätt avkapad, och ovalt formad, är lämplig utformning, i många fall. Den längre plastpip som används till kemankarmassor, passar utvändigt, till den medföljande slangadaptorn, och är lämplig vid lättflytande bruk, exv. expanderbruk, exv. vid fastgjutning av kramlor.
- Smidig konsistens, plasticitets höjande tillsatser, samt fett bruk, påverkar funktionen positivt.
- Då bruket lämnar pipen i en jämn ström, är utrustningen klar att arbeta med.
- **ANVÄND FÄRSKT BRUK!**
- Fyll på med nytt bruk då nivån har sjunkit till den koniska delen av tråget. Låt inte sprutan och dess behållare och pip torka.
- Vid användning av lock över påfyllnadsöppningen, tillse att det inte lossnar, med risk för spill som kan skada. Ett påsatt lock håller bruket i tråget färskt längre.

ARBETSTEKNIK VID OMFOGNING:

- **FÖRVATTNA MURVERKET RIKLIGT.**
- Montera skruvfogsprutan i chucken på en steglöst variabel bormaskin. Fyll tratten med bruk. Rikta munstycket. Håll det an mot fogningsobjektet, snett från sidan, och något bakåt in i det redan sprutade bruket. Låt pipen vara fri från omgivande kanter och lös ute i bruket, så att vibrationerna från pipen fortplantas till bruket, så att det effektivast vibreras in mot omgivande ytor. Bäst kan dessutom vara att hålla en viss del av pipens bredd ute ur bruksfyllningen.
- Resultatet blir bra om det liknar en välfylld svets.
- Börja nedifrån och arbeta dig uppåt. Börja exempelvis med första skiftets stötfogar, (dem vertikala fogarna vid stenarnas kortendar), för att därefter fortsätta med den ovanförliggande liggfogen, samt därefter med nästa skifts stötfogar, osv.
- Vid breda liggfogar, rikta dessutom pipen något uppåt, dvs. upp i "taket" på den urfrästa fogen. Vid smala fogar får man rikta pipen mera vinkelrätt in, så att bruket pressas in och inte flödar över bakåt.

- Vid breda stötfogar, fylles mot vardera sidan först, därefter fylles fogen mitt i, vid behov. Man kan även vicka pipen från sida till sida, så att bruket fäster mot de vertikala ytorna. Sådana breda fogar fylles lämpligen även i omgångar, där man trycker bruket mot dom omgivande ändytorna med en slev. Fyll dessutom lite högre än dom omgivande stenarnas ovansida, (gäller alla stötfogar), för att lättast få en skarv som förenas med liggfogen som skall anbringas där. Överfyll fogen, låt vattnet dra ur något, och efterbearbeta fogen, då den erhållit lämplig bearbetningsbar konsistens, med exempelvis traditionell träfogpinne och borste, eller fogslev. Om fogen torkar olika fort, så behandla murverket i omgångar, där konsistensen är lämplig, så att man uppnår en viss efterpackning. Detta motverkar krympsprickor orsakade av vattenuppsugningen till stenen.
- För att säkerställa fyllnad speciellt vid djupare, breda, och även djupa smala fogar, kan man fylla i omgångar och däremellan stryka det våta bruket med en fogslev med ett visst tryck. Jämna till så att påföljande fyllning fyller ut helt. Vanligtvis erhålls dock ett perfekt resultat vid fyllning av fogen i en omgång.
- För att underlätta brukstransporten genom sprutan, och effektivare få bruket att fästa mot appliceringsstället, vibrerar sprutan då axeln roterar.

EFTERVATTNING. FÖLJ BRUKSLEVERANTÖRENS
ANVISNINGAR. VANLIGTVIS REKOMMENDERAS NÅGRA DAGARS
EFTERVATTNING , OCH / ELLER SKYDD FÖR ALLTFÖR SNABB
UTTORKNING.

- Efter användning, fyll behållaren med vatten, kör maskinen tills rent vatten kommer ut, rengör ytterligare, ev. med flaskborste. Infetta axeln efter vattenrengöring.
- Axeln får inte gå trögt eller kärva i sin upplagring ty detta försämrar funktionen. Minska slitaget genom att smörja axel och brickor med lämpligt smörjmedel, exv. konsistensfett.
- En väl insmord axel, hindrar smutsigt vatten att tränga in och ge avlagringar som kan göra att axeln går trögt. Ett visst glapp mellan axeln och dess upplagring är viktigt för funktionen.
- Skrapa bort avlagringar genom att föra axeln upprepade gånger genom hålet i kapsylen, och samtidigt skrapa mot sidorna med den skarpkantade axeländen.

OBS: För ej avsedd användning av skruvfogsprutan, avrådes.

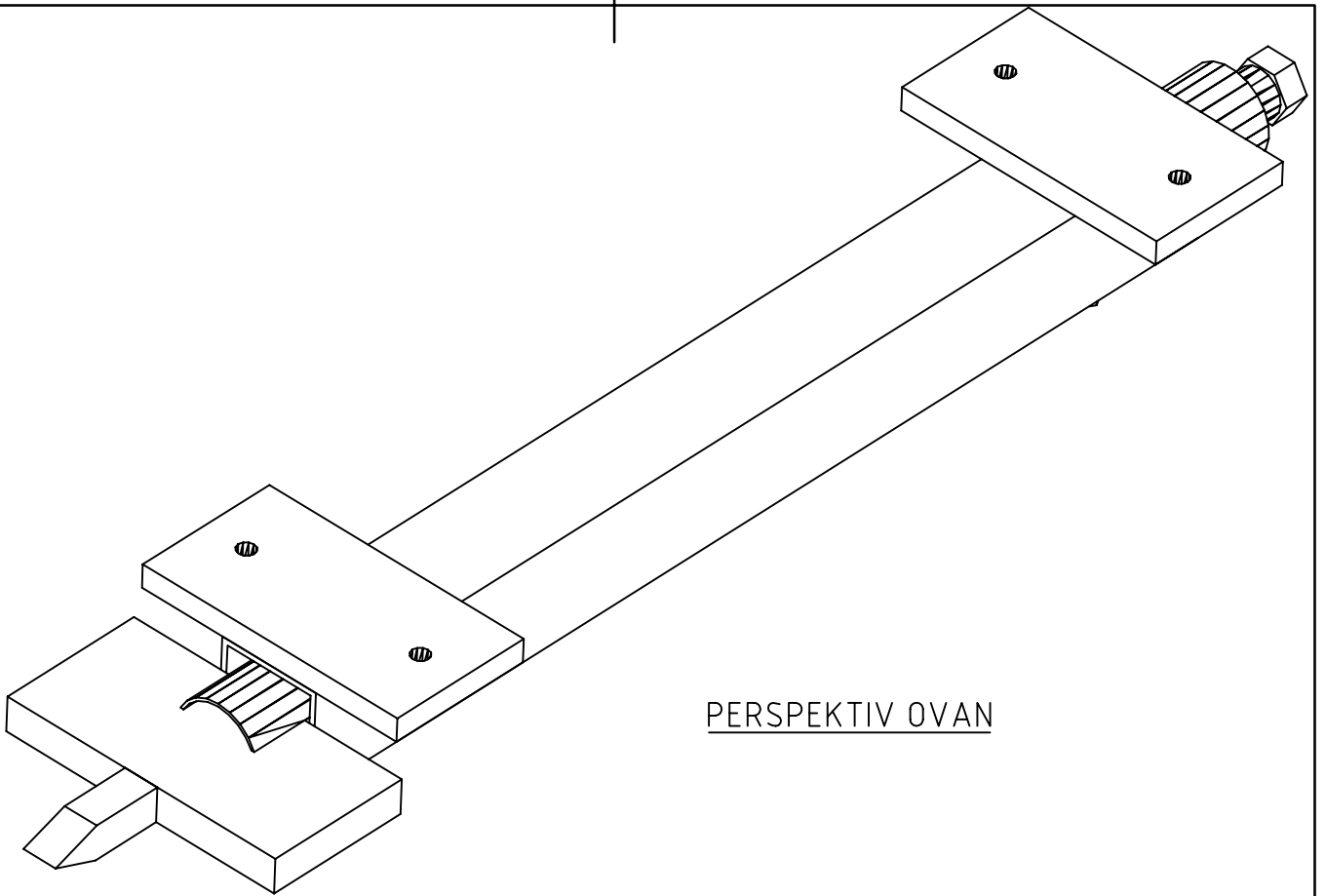
SÄKERHETSTESTAD VID SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut.

Texten i denna anvisning kan ändras utan förvarning och ansvar för tillverkaren .
Information

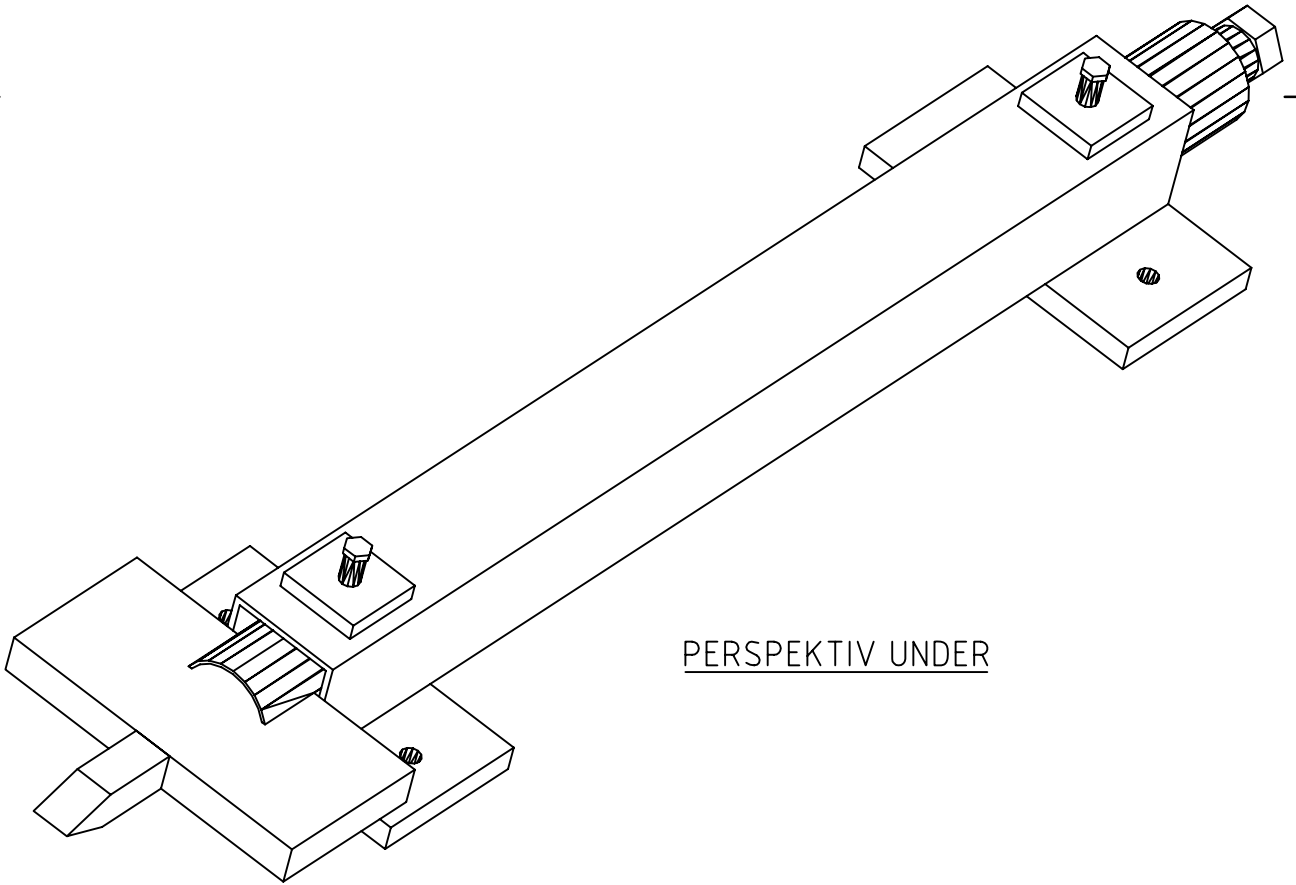
om den senaste utgåvan lämnas av tillverkaren och resp.återförsäljare.

Eftertryck förbjödes Utgåva 12

Bilaga 3

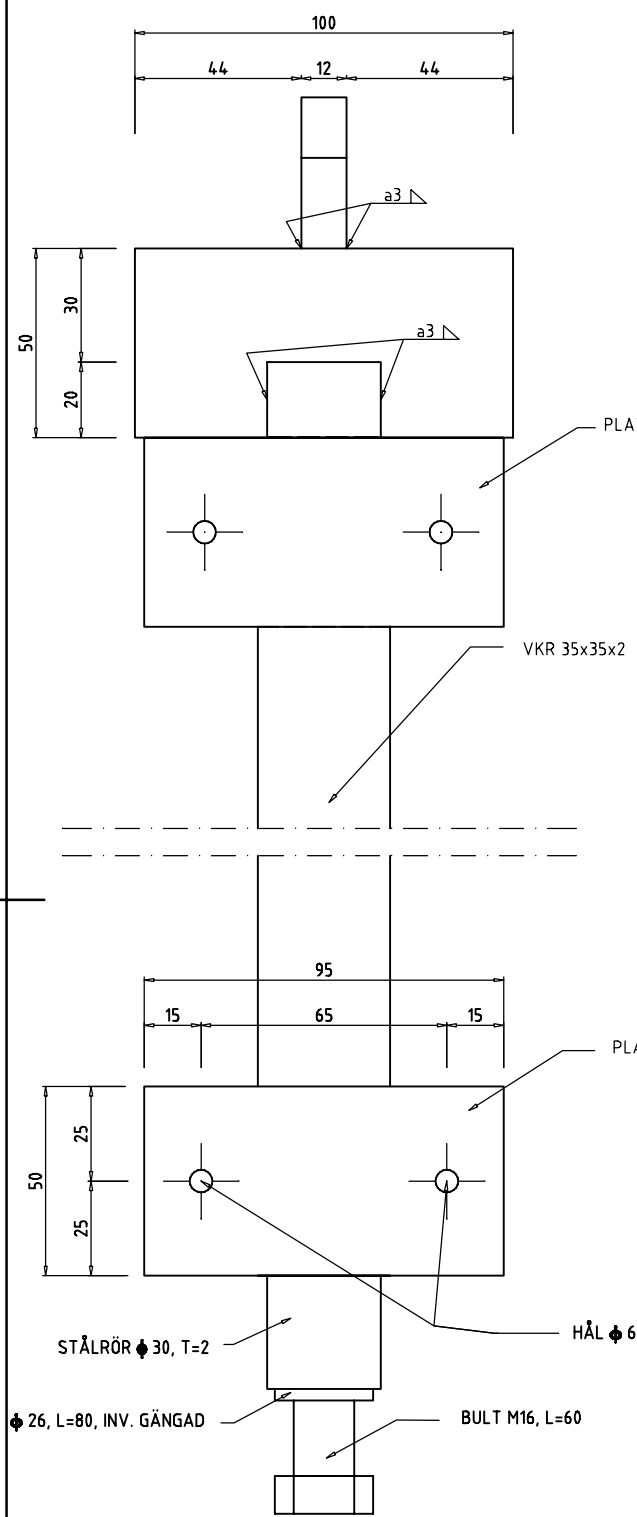


PERSPEKTIV OVAN

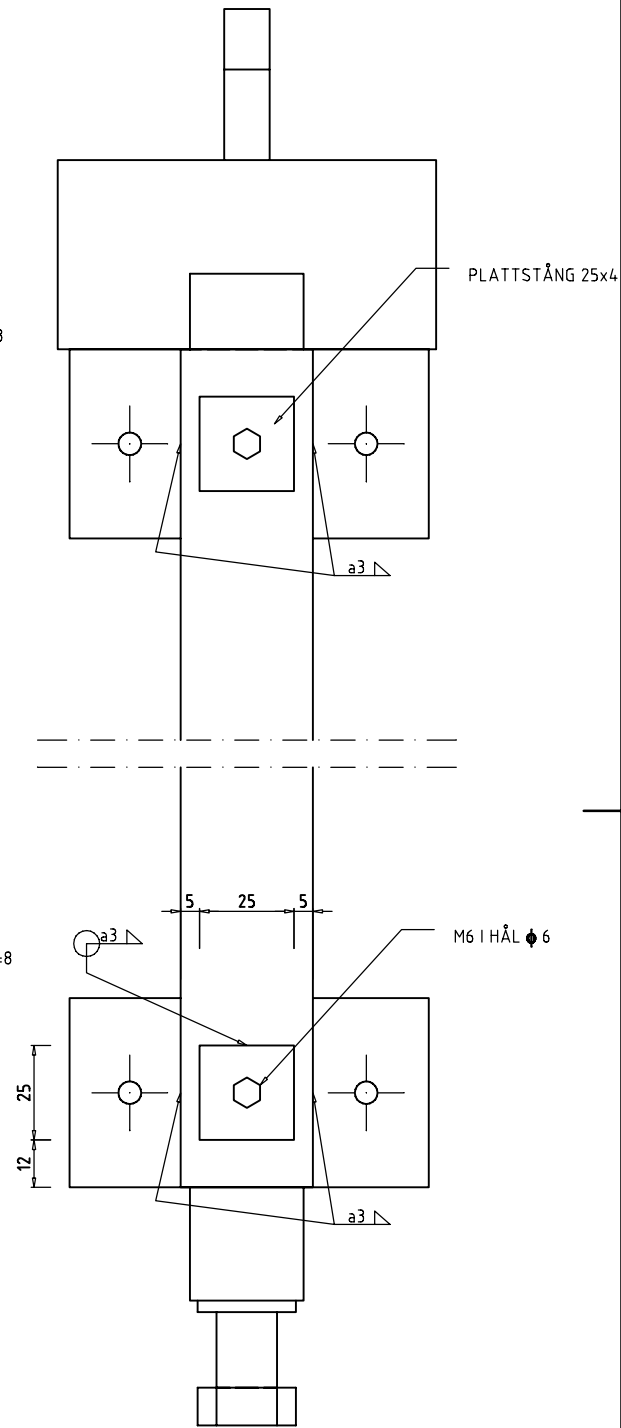


PERSPEKTIV UNDER

		DATUM 070116	
ILYA KRUGLYAK MARKUS OLSSON		ANSVARIG	
		SKALA 1:2	
UPPDRAG EXJOB	RITAD/KONST. AV IK & MO	HANDLAGGARE JOHAN JÖNSSON	NUMMER K1 BET

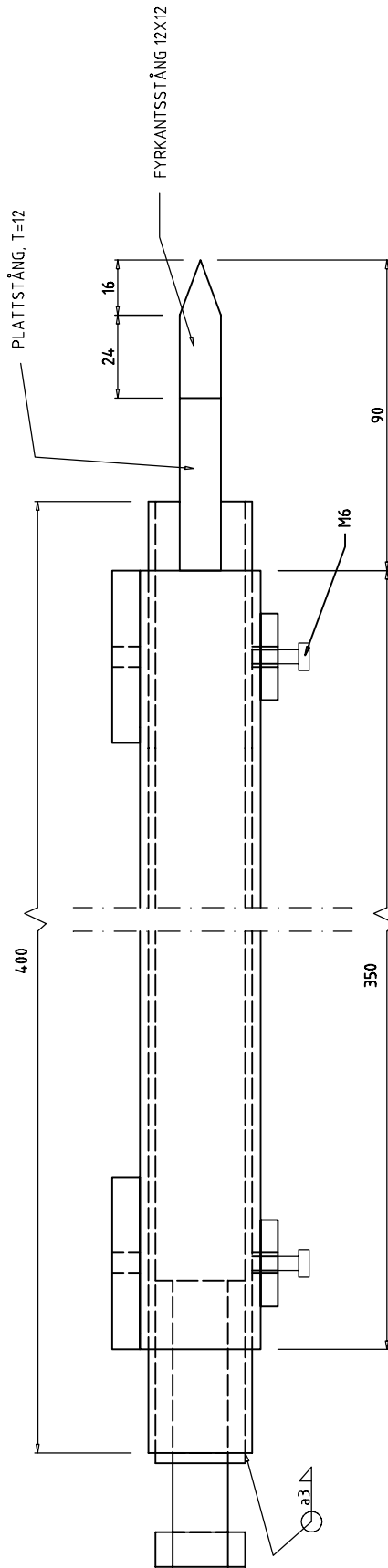


VY FRÅN OVAN SKALA 1:2



VY UNDERIFRÅN SKALA 1:2

		DATUM 070116	
ILYA KRUGLYAK MARKUS OLSSON		ANSVARIG	
		SKALA 1:2	
UPPDRAG EXJOB	RITAD/KONST. AV IK & MO	HANDLAGGARE JOHAN JÖNSSON	NUMMER K2
			BET



VY FRÅN SIDAN SKALA 1:2

		DATUM 070116	
ILYA KRUGLYAK MARKUS OLSSON		ANSVARIG	
		SKALA 1:2	
UPPDRAG EXJOB	RITAD/KONST. AV IK & MO	HANDLAGGARE JOHAN JÖNSSON	NUMMER K3 BET