

Visby ringmur

– kulturarv som rasar och återuppbyggs



Visby ringmur

– kulturarv som rasar och återuppbyggs

Redaktörer: Ulrika Mebus och Kristin Balksten

Riksantikvarieämbetet
Box 5405
114 84 Stockholm
Tel 08-5191 8000
www.raa.se
registrator@raa.se

Riksantikvarieämbetet 2015
Visby ringmur – kulturarv som rasar och återuppbyggs
Redaktörer: Ulrika Mebus och Kristin Balksten.
Omslag: Raset på Visby ringmur under återuppbyggnad 2014. Foto Helena Duveborg.

Rapporten Visby ringmur – kulturarv som rasar och återuppbyggs
är finansierad av Riksantikvarieämbetets sektorsforskningsanslag FoU.
Upphovsrätt, där inget annat anges, enligt Creative Commons licens CC BY.
Villkor på <http://creativecommons.org/licenses/by/2.5/se>
ISBN 978-91-7209-706-3 (PDF)
ISBN 978-91-7209-705-6 (Tryck)

Innehåll

Förord	8	<i>Den postmoderna eran</i>	51
Abstract	9	<i>1990–2000-talen</i>	52
1. INTRODUKTION OCH BAKGRUND	11	2.2 Senare tiders förvaltningsdiskussion	54
1.1 Bakgrund	13	<i>Rekonstruktioner?</i>	54
<i>Fastighetsuppgifter</i>	13	2.3 Vad kan vi lära?	54
1.2 Visby ringmur – kort historik	14	3. RASET 2012 OCH BYGGNAD SARKEOLOGIN	
<i>Förändringar genom århundradena</i>	15	– ETT FALL FRAMÅT	57
<i>Förvaltning och ägande genom tiderna</i>		3.1 Inledning	57
<i>och idag</i>	17	3.2 Forskningshistorik och kunskapsläge	58
1.3 Raset 24 februari 2012	18	<i>Förundersökningen</i>	59
1.3 Efter raset	20	<i>Tidigare dokumentation, beskrivningar</i>	
<i>Rasets orsaker</i>	20	<i>och underhåll</i>	62
<i>Åtgärder närmast efter raset</i>	21	<i>Mur 38</i>	64
1.4 Kunskapsuppbyggnad och forskning	23	<i>Skrivna källor</i>	66
<i>Kunskapsinsamling</i>	24	<i>Kartor, teckningar och målningar</i>	66
<i>Forsknings- och utvecklingsprojektet etableras</i>	25	3.3 Teoretiska utgångspunkter	67
<i>Säkerhet</i>	29	3.4 Syfte och problemformulering	69
1.5 Kommunikation och information	30	3.5 Genomförande	71
1.6 Finansiering och ekonomi	32	3.6 Visby stadsmur – ett komplext byggnadsverk	73
1.7 Antikvariska ställningstaganden och		<i>Grundläggningen</i>	73
alternativ för åtgärder	33	<i>Den äldre muren</i>	75
<i>Första diskussionen 2012</i>	33	<i>Murens stabilitet</i>	81
<i>2013 års arbeten och ändringar i antikvarisk</i>		<i>Projektet Visby stadsmur</i>	83
<i>inriktning</i>	36	<i>Utan tillstånd att krenelera</i>	84
1.8 Ringar på vattnet	40	4. RINGMURENS UPPBYGGNAD OCH	
1.9 Definitioner för murverk	40	STATISKA VERKNINGSSÄTT	88
2. FÖRVALTNING OCH RESTAURERINGAR		4.1 Byggprojekt och forskningsprojekt	88
UNDER MODERN TID	43	<i>Insamling av bakgrundsinformation</i>	88
2.1 Ringmurens moderna restaureringshistoria	43	<i>Analyser av murens konstruktion och</i>	
<i>Privat donation</i>	44	<i>projektering av åtgärder</i>	89
<i>1920-talet</i>	45	4.2 Ringmurens uppbyggnad	89
<i>Hur var det med cementen?</i>	46	<i>Den första muren</i>	89
<i>1930-talet</i>	48	<i>Den förhöjda muren</i>	92
<i>1940-talet</i>	48	<i>Murens grundläggning</i>	93
<i>1950–1960-talen</i>	48	<i>Murens material</i>	93
<i>1970–1980-talen, AMS</i>	50		

4.3 Ringmurens verknings sätt.....	93	8.3 Nedplockning och säker arbetsplats.....	140
<i>Fuktens påverkan</i>	95	<i>Tillfällig stabiliserande konstruktion</i>	140
4.4 Exempel på tidigare skador, ras och		<i>Arbetsgång för stabiliserande konstruktion</i>	
åtgärder på ringmuren.....	95	och nedplockning.....	141
5. ANALYS AV MUR- OCH FOGBRUK.....	100	8.4 Återuppbyggnad av raserat och nedplockat	
5.1 Kalkbruk i nedre murskalen.....	100	murparti.....	145
5.2 Lerbruk i nedre murkärnan.....	102	<i>Brister i murens befintliga konstruktion</i>	145
5.3 Kalkbruk i övre murskalen och fullmuren.....	102	<i>Målsättning med den nya murens konstruktion</i>	146
5.4 Summering av murbrukens beskaffenhet.....	103	<i>Principer för konstruktion och uppmurning</i>	146
6. TEKNISK ANALYS AV KOLLAPS.....	105	<i>Geotekniska förutsättningar</i>	146
6.1 Kalkbrukens nedbrytning i fuktig miljö.....	105	<i>Löpande tekniska kontroller under uppbyggnad</i>	147
6.2 Förutsättningar vid mur 38 och platsen		<i>Dimensionering av antal bindstenar</i>	147
för raset.....	108	8.5 Krönavtäckning.....	148
<i>Marken och grundläggning</i>	108	8.6 Säkring av intilliggande murpartier.....	151
<i>Konstruktionen</i>	108	<i>Kramling, dragstag med ankarjärn och</i>	
<i>Fuktbelastning i muren</i>	110	<i>injekterade ankarstag</i>	151
6.3 Teori om orsak till kollaps.....	110	9. PRAKTISKA ERFARENHETER FRÅN	
7. AUTENTISKA MATERIAL I MUR-		NEDPLOCKNING OCH UPPMURNING	
OCH FOGBRUK.....	113	AV VISBY RINGMUR.....	154
7.1 Kalktillverkning på Gotland.....	114	9.1 Provmurning för fastställande av murbruk.....	155
<i>Kalkbränning</i>	114	9.2 Provfogning för fastställande av fogbruk.....	158
<i>Släckning och lagring av kalk</i>	120	9.3 Lera från Nyplings i Lokrume.....	163
7.2 Lokala material.....	125	9.4 Nedplockning av muren.....	164
7.3 Mur- och fogbruk till Visby ringmur.....	128	9.5 Uppmurning.....	166
<i>Murbruk till nedre murkärnan</i>	128	9.6 Krönavtäckning.....	173
<i>Murbruk till skal- och fullmur</i>	128	10. VISBY RINGMURS FRAMTIDA BEHOV.....	174
<i>Fogbruk till vertikala ytor</i>	130	10.1 Inledning.....	174
<i>Fogbruk till flaskhalsens fuktutsatta partier</i>	132	10.2 Förvaltning och finansiering.....	175
8. KONSTRUKTIVA ASPEKTER PÅ		10.3 Vårdprogram – ett samlat kunskapsdokument	
NEDPLOCKNING OCH UPPMURNING.....	133	för praktisk förvaltning.....	176
8.1 Rasets geometri.....	133	10.4 Vård- och underhållsplan.....	177
<i>Murens nedre delar</i>	133	10.5 Positionering för framtiden.....	178
<i>Murens mittersta delar</i>	134	10.6 Besiktningar och tekniska analyser.....	179
<i>Murens övre delar</i>	134	<i>Tillvägagångssätt</i>	180
8.2 Tekniska och säkerhetsmässiga		10.7 Kommunikation och aktörer.....	182
förutsättningar.....	138	10.8 Samverkan och möjligheter.....	183
<i>Förutsättningar för uppmurning och risk</i>		<i>Engagerade boende och besökare</i>	183
<i>för ytterligare ras</i>	138	<i>Världsarvet</i>	183
<i>Identifierade risker för arbetsmiljön vid</i>		<i>Besöksnäringen</i>	184
<i>nedplockning och återuppbyggnad</i>	140	<i>Perspektiv och omvärldsanalys</i>	184
		11. REFERENSER.....	185

BILAGA 1	BILAGA 5
Construction and materials of Visby medieval city wall – risk of damage..... 189	Världsarvet rasar – Visby ringmur och liknande försvarsanläggningar 222
BILAGA 2	BILAGA 6
Collapse and rebuilding of a medieval city wall – an assessment of the structure and material..... 199	Visby vallgravar – del av ett rikt kulturarv eller bara en kuliss? 223
BILAGA 3	BILAGA 7
Valorization and management of the built heritage of fortified towns: the cases of the unesco world heritage sites of Sabbioneta, Italy, and Visby, Sweden 211	Visby ringmur – Restaureringar och förändringar – 1800-talet och 1900-talets första hälft..... 224
BILAGA 4	Plankarta ur <i>Visby stadsmur</i> av Eckhoff 225
Från ståtlig befästning till vittrande världsarv – En jämförelse av byggnadstekniska metoder för sammanbindning av skalmurar..... 221	





Östermur. Den del av Visby ringmur som är bäst bevarad. Foto: Helena Duveborg.

Förord

Världsarvet Hansestaden Visby är en levande stad med lång historia. Stadens unika värden i form av bebyggelse, ringmur och ruiner ska bevaras, användas och utvecklas för att vara angelägna för de människor som lever i och besöker staden idag och i framtiden.

Forsknings- och utvecklingsprojektet Visby ringmur har utvecklat kunskap för hur murkonstruktioner kan förvaltas och bevaras för framtiden. Kunskap om metoder och material har praktiskt prövats i samband med återuppbyggnaden av det parti av ringmuren som rasade i februari 2012. Ras har skett återkommande genom historien och kommer att ske igen eftersom den första etappen av ringmuren inte var konstruerad för det påbyggda krön och de sadeltorn som senare tillkom. I mötet mellan praktik och teori har ny kunskap uppstått. Kunskap som har varit en förutsättning för återuppbyggnaden men även för den långsiktiga förvaltningen av ringmuren vars konstruktion vi tidigare haft begränsad kännedom om. Skalet har varit möjligt att studera, men raset har gett tillfälle att närmare förstå murens kärna.

Samverkan har varit en ledstjärna i projektet. Komplexiteten i ringmurens konstruktion och behovet av metod- och materialutveckling har varit en utmaning för projektet och samverkan mellan olika kompetenser och organisationer en framgångsfaktor. Gotlands Museum, Riksantikvarieämbetet, Stiftelsen Byggnadshyttan på Gotland, Tyréns och Uppsala universitet – Campus Gotland har ingått som samarbetspartners i projektet och än fler organisationer har varit med och delat sin kunskap. Utbytet mellan de medverkande har gett goda resultat.

Engagemanget har varit stort både från en bred allmänhet och specialintresserade, lokalt, nationellt och internationellt. Det visar att kulturmiljön är angelägen för människor och ger ett mervärde till deras livsmiljö. Visby ringmur och kyrkoruiner sätter Visby på kartan och är viktiga för Visbybor, gotlänningar och besökare. Staden är ett levande världsarv, bevarat, använt och utvecklat – nu och för kommande generationer.

Rapporten är ett resultat från FoU-projektet Visby ringmur som finansierats av Riksantikvarieämbetets FoU-anslag. För framförda åsikter och sakkupplysningar svarar författarna.

Lars Amréus
Riksantikvarie

Riksantikvarieämbetets forskningsanslag, FoU, syftar till att utveckla kunskapsuppbyggnad och stimulera till forskning om kulturarvet och kulturmiljön. FoU-anslaget används för att stödja forskningsprojekt som befinner sig i mötet mellan kulturpolitik, kunskapsuppbyggnad om kulturmiljöer samt de vetenskapliga disciplinerna.

Abstract

In February 2012, a part of the medieval city wall of Visby collapsed. The wall was originally constructed in several stages in the 13th and 14th centuries.

It was decided that the collapsed part of the wall should be rebuilt. To determine a procedure for the rebuilding and to secure a safe work site, it was necessary to determine the construction and structural behaviour of the wall.

Furthermore, the cause of the collapse needed to be identified in order to assess and predict the risk of future damage to other parts of the wall. An investigation into the construction of the wall was carried out through archival research and on-site examination. Structural analysis was carried out using laser scanning to describe and study both the geometry of the wall and the damage in detail. The results showed that the wall was built in two stages, making its construction complicated. The structural analysis also indicated that there is a concentration of forces to the outer masonry leaf of the lower part of the wall.

The collapse was most likely triggered by freezing of the water contained in the masonry. The combination of high stress levels in the outer masonry leaf due to the construction of the wall, having a loose core, thin outer masonry leaf and insufficient binding stones as well as weak adhesion in the bedding lime mortar in the lower part of the wall, resulted in a domino effect that explains the vast extent of the collapse.

To secure the wall during dismantling, a temporary steel structure was constructed.

The medieval types of construction and material in a two-leaf masonry wall have proven to be durable if correctly implemented with sufficient binding stones and an ordered construction of the core. These medieval materials and techniques have therefore been used in such a way for the rebuilding.

For more complete information in English, we refer to appendixes 1–3 at the end of this report.

Visby, February 2015
Kristin Balksten and Ulrika Mebus
Editors



1. Introduktion och bakgrund

Ulrika Mebus

Fredagskvällen den 24 februari 2012 rasade cirka 70 kvadratmeter av det yttre skalet på Visby ringmur, strax norr om Österport eller, som benämningen lyder på fackspråk (efter Eckhoff), i murparti 38. Krönet hängde kvar och med formen av en valvbåge vilade det på muren runt rasområdet. Kärnan var rösig och ytterligare några stenar föll innan raset upphörde. Det var dock långt ifrån en stabil situation man ställdes inför; på sina tunnaste ställen var muren inte mer än 25 centimeter i sitt raserade skick.

Det fanns inga givna lösningar för hur man skulle hantera den uppkomna situationen. För återuppbyggandet av Visby ringmur beslöt Riksantikvarieämbetet, som är förvaltare av muren, att arbetet skulle ske i form av ett forskningsprojekt. Det unika tillfället att bygga upp kunskap, parallellt med att muren återuppbyggdes, sågs som mycket värdefullt.

I den här rapporten beskriver de aktörer som deltog i projektering, kunskapsuppbyggnad och muruppbyggnad olika aspekter på arbetet med återuppbyggnaden av Visby ringmur. Vi hoppas att rapporten skall bli till nytta och glädje för antikvarier, ingenjörer, murare och arkeologer. Dessutom riktar vi oss till en bredare allmänhet som vill få en inblick i Visby ringmurs historik, konstruktion, reparation och framtid.

Rapporten avslutas med en framåtblick som belyser de utmaningar och möjligheter som Visby ringmur står inför.

Figur 1.1. Den rasade muren två dagar efter kollapsen. Man ser tydligt den rösig kärnan och den horisontella linjen som utvisar nivån för den gamla skyttegången. Foto: Helen Simonsson/RAÄ.

Motstående sida:
Insidan på ett av murtornen i Nordermur.
Foto: Helena Duveborg.



Respektive författare svarar för sina egna texter. Källförteckning finns i kapitel elva och refererar till samtliga kapitel. Eftersom varje kapitel även är tänkt att fungera som fristående text avseende respektive disciplin, förekommer vissa upprepningar, men alltid ur ett ämnesspecifikt perspektiv.

Den uppmärksamme läsaren kommer att upptäcka att det kan förekomma motstridiga uppgifter, speciellt angående murens kronologi. Detta pekar på ett högst väsentligt faktum: att det finns ytterst få absoluta källor till vare sig murens ålder eller de olika byggetapperna. Inte heller vet vi med säkerhet vilka förändringar som skett genom århundradena, speciellt före 1800-talet då de säkra skriftliga källorna är i det närmaste obefintliga. Dessutom har varje del av den 3,4 kilometer långa muren sin egen historia, liksom varje torn och port. Kanske är det så att vi får se denna komplexitet som en ousinlig källa till ständigt ny forskning och nya tolkningar.

De numrerade beteckningarna för olika delar av muren härrör från Eckhoffs stora planschverk *Visby stadsmur* från 1922. Plankartan med numreringar återfinns på s. 225.

Om inget annat anges är det författaren som är upphovsperson till bilderna i respektive artikel.



Figur 1.2. Situationsplan från Eckhoffs stora arbete *Visby stadsmur* från 1922. Raset i mur 38 är markerat med en röd pil. Montage Ulrika Mebus.

1.1 Bakgrund

Fastighetsuppgifter

Status

Visby ringmur är en fast fornlämning med beteckning RAÄ Visby 105:1 och regleras enligt Kulturmiljölagen, KML (1988:950), 2 kap och skyddas även enligt Förordning (1998:950) om kulturminnen, vilket innebär att alla arbeten och ingrepp är tillståndspliktiga. Tillståndsgivande myndighet är Länsstyrelsen. Vid arbeten på och med Visby ringmur ska särskilda antikvariska hänsyn tas.

Fastighetsbeteckning

Visby Innerstaden 1:1.

Ägare

Region Gotland.

Förvaltare

Staten genom Riksantikvarieämbetet. Gotlands Museum har under ett antal år handhaft tillsyn, rapportering, projektering/utförande och dokumentation på uppdrag av Riksantikvarieämbetet.

Figur 1.3. Södermur i snö. Ett av de nio kvarvarande sadeltornen syns här intill ett marktorn av en mera ålderdomlig typ än tornen med avfasade hörn som uppträder i Östermur. Foto: Helen Simonsson/RAÄ.



1.2 Visby ringmur – kort historik

Ringmuren är Nordeuropas äldsta bevarade stadsmur och den enda kvarvarande i Norden. Muren började troligen byggas omkring 1250 med början i väster, mot havet (Janse 1936, Falck 1994). Man byggde då ihop den ungefär hundra år äldre kastalen på stranden med den nya muren (kastalen kom långt senare, på 1700-talet, att få namnet Kruttornet). Runtom på Gotland finns ännu rester av omkring tolv kastaler, flera av dem har legat i anslutning till en vikingatida hamn. Hamnarna, som låg utspridda längs med hela den gotländska kusten, var i många fall också handelsplatser. Så också Visby. Under 1200-talet blev Visby den dominerande hamnen på Gotland, inte minst genom den ökande tyska bosättningen där. Stenhus ersatte de tidigare trähusen i bulhusteknik, och vid 1200-talets mitt byggdes alltså en mur i sten för att skydda stad och borgare. Muren fungerade dessutom som tullmur, eftersom landsbygdsbefolkningen var tvungna att betala skatt för varor som de transporterade in i staden.

Material till muren fanns det gott om i närområdet. Kalksten av god kvalitet hämtades i lättbrutna dagbrott på klinterna ovanför hamnläget. Fortfarande kan man se spår efter kalkbrytning i Östergravar och även lite längre bort, norrut vid Galgberget. Man får anta att kalk till bruket brändes i kalkmilor i anslutning till bygget. Sand och lera transporterades från omkringliggande socknar.

Den första etappen som byggdes, strandmuren, är ungefär 1400 meter lång. Därpå slogs en omkring 3,44 kilometer lång ringmur runt hela staden. I det



Figur 1.4. Kruttornet (namnet härstammar från 1700-talet) i Almedalen var ursprungligen ett fristående försvarstorn; en kastal. I mitten av 1200-talet byggdes den då nya sjömuren ihop med kastalen så att denna kom att bli ett element i ringmuren.

Foto: Daniel Langhammer

första byggskedet var muren fem till sex meter hög. År 1288 ledde befästandet av Visby till inbördeskrig, ur vilket Visbyborgarna gick segrande. Efter detta höjdes och förstärktes muren. Höjden blev nu åtta till tio meter med en tjocklek vid basen på 1,3–2,3 meter. Flera av tornen byggdes också vid den här tiden. Förmodligen konstruerades porttornen vid Norder-, Öster- och Söderport först, sedan tillkom de övriga marktornen med jämna avstånd runt hela landmuren. I en sista etapp byggdes sadeltornen, som vilar på konsoler och krön i den förhöjda muren. Omkring 1360 var ringmuren troligen färdigbyggd till nuvarande höjd. De flesta av sadeltornen har genom tiderna rasat. Från början fanns 29 marktorn och 22 sadeltorn. Idag finns 27 marktorn och nio sadeltorn bevarade.

I kapitel 3 och 4 finns en mer utförlig beskrivning av murens historik och byggnadsetapper.

Förändringar genom århundradena

Under 1400-talet tillkom några torn längs med strandmuren, bland annat Jungfrutornet. 1500-talets tillägg blev de två kaponniärerna Sparbössan och Smörasken i Östergravar. Då dessa byggdes revs de intilliggande marktornen för att leverera sten till de nya byggena. Under tidigt 1700-tal togs stora öppningar för kanoner upp i de tre porttornen och Silverhättan. År 1712 byggdes skansen "Havsfrun" i anslutning till Södermur (Falck 1994). Då var muren ännu ansedd som en fungerande försvarsanläggning.

Figur 1.5. Gammalt stenbrott i Östergravar. En ansenlig del av byggnadsstenen till Visbys kyrkor, stenhus och stadsmur bröts i området närmast ringmuren, uppe på klinten. På så vis skapades även ringen av trenne vallgravar som på medeltiden omgav Visby. Under århundradenas lopp har vallgravarna fyllts igen avsiktligt eller på grund av kulturlager. Bäst bevarade är de i Nordergravar.
Foto: Ulrika Mebus.





Figur 1.7. Kaponniären Smörasken i Östergravar uppfördes på 1500-talet. Ursprungligen var den högre och hade troligen två batteridäck.
Foto: Ulrika Mebus.

Nya portar har tillkommit i takt med att behoven förändrats, medan andra har satts igen. Sjömuren hade ursprungligen ett tiotal portar. Dessa förband staden med hamnområdet, som ju var stadens livsnerv. Den medeltida hamnen låg där Almedalen finns idag. Då hamnen med tiden flyttades sattes dessa portar igen och nya portar öppnades i landmuren. Kajsarporten tillkom på 1600-talet då handelsidkarskan Maria Bönderby fick tillstånd att öppna muren här för att underlätta in-



Figur 1.6. Norderport i vintersol. Ursprungligen fanns inte så många portar i landmuren. De tre huvudportarna Norderport, Österport och Söderport är ursprungliga och förband staden med omlandet via de tre huvudlederna i varje väderstreck (leden västerut var havet). Utöver dessa fanns Odeporten, Göransporten och Dalmansporten i den äldsta landmuren, samtliga i murens norra eller nordöstra delar.
Foto: Ulrika Mebus.

och utpassage för sina kreatur. På 1800-talet tillkom Brunnsporten så att de boende på Klinten skulle få enkel tillgång till den brunn som då borrats i Östergravar. Samma århundrade togs Skolporten söder om Kvarntornet upp så att skolbarnen skulle ha smidig passage till den nybyggda Solbergaskolan. De senast tillkomna portarna är från 1940-talet och finns på ömse sidor om Söderport. Bilismens intåg hade gjort det så farligt för fotgängare i den trånga passagen att det ansågs nödvändigt med trafikseparering (Mebus 2012).

År 1805 fick muren skydd som fornminne. År 1995 blev den, tillsammans med resten av Visby innerstad, upptagen på Unescos världsarvslista.

Figur 1.8. Mur 36 strax norr om murraset 2012. I det här partiet skedde 1871 ett av de större rasen. Partiet återuppsyggs som kallmur utan fog och är tydligt urskiljbart både på grund av annan murningsmetod och för att det inte är uppmurat i fullhöjd. Sadeltonet närmast bortom raset stöttades under 1800-talet med två gjutjärnsstötter.
Foto: Helen Simonsson/RAÄ.



Muren har även genomgått ett antal ofrivilliga förändringar genom åren. Ett antal kända ras har inträffat. Redan under medeltiden förekom ras. En av de mest kända skadorna (om än inte helt säkerställd) sägs vara den öppning som bröts upp av danskarna strax öster om Söderport 1361, då Valdemar Atterdag intog staden (Falk 1994). Vi kan även i muren läsa av att flera odaterade ras har förekommit. Bland de mer kända rasen är Lübeckerbräschén på Nordermur som enligt uppgift raserades av Lübeckarna då de intog staden 1525 (Falck 1994). Visborgs slott som låg ovanför hamnen sprängdes 1679 när danskarna slutligen förlorade Gotland. Eftersom slottet var sammanbyggt med ringmuren, förstördes också en del av Södermur. Efter sprängningen brändes mycket sten från såväl Visborgs slott som från ringmuren mot hamnen till packsten för export, innan det stoppades 1711 (Steffen 1940). Under 1800-talet inträffade minst fem större ras och under 1900-talet skedde ett stort ras 1961 (Falck 1994).

I kapitel 3 finns mer att läsa om de förändringar som ringmuren genomgått.

Förvaltning och ägande genom tiderna och idag

Visby ringmur byggdes av borgarna för att skydda deras stad. Sedan dess har muren alltid varit i Visbybornas ägo. Genom kommunsammanslagningar och regionbildning är det därför Region Gotland som äger muren idag.

Det statliga ansvaret för vården av muren kom under 1800-talet att bli allt tydligare, även om de äganderättsliga förhållandena inte förefaller ha varit helt klargjorda. År 1880 ställdes ringmuren och ruinerna i Visby formellt under Kungl. Vitterhetsakademiens beskydd. I samband med detta tilldelades de ett ordinarie statligt anslag för vården. På 1900-talet har ringmurens underhåll

finansierats via medel från Kungl. Vitterhetsakademien, från Visby stad samt med hjälp av privata donationer, inte minst bör Tage Cervin nämnas. Han instiftade en fond ur vilken en årlig summa fortfarande används till Visby-monumentens vård och underhåll. Sedan 1980 är det Riksantikvarieämbetet som har förvaltningsansvaret.

Omfattande konservering och restaurering genomfördes under stora delar av 1900-talet. Tyvärr utfördes 1900-talets restaureringar fram till 1980-talet med ett olämpligt hårt och tätt kalkcementbruk (KC-bruk), vilket idag orsakar stora problem.

År 1989 startades kampanjen "Rädda Visby ringmur" av Riksantikvarieämbetet. Initiativet syftade till att informera om Visby ringmur och få sponsor-medverkan i restaureringsarbetet. Insatserna fram till 1995 var omfattande och cirka tio miljoner kronor satsades på restaureringen från olika håll. Inte minst bidrog Cementa med betydande summor till kampanjen; nära nog hälften av resurserna kom från deras sida. Efter kampanjens slut minskade medlen för underhåll kraftigt. Sedan dess har vårdinsatserna utförts punktvis och vid akuta tillbud utan någon större budget.

En mer ingående förvaltningshistorik finns i kapitel 2.

1.3 Raset 24 februari 2012

– Vi gick förbi och hörde ett förskräckligt dån. Vi trodde inte våra ögon när vi såg hur stora stenar rasade ner, säger Britt Silvergren till Gotlands Tidningar på fredagskvällen den 24 februari 2012. Vid åttatiden, då hon och hennes man Arne var på väg hem efter en after work, blev de vittne till hur ett stort stycke av ringmuren rasade strax norr om Österport. Sedan följde flera ras med några minuters mellanrum så att flera ton sten snart låg på marken intill muren. Gotlands Tidningar, som var först på platsen, fortsätter sin rapportering av händelsen: "När GT kom till platsen fortsatte stenar att ramla ner och ett område av muren som var cirka 25 meter brett och sex meter högt hade lossnat. I delar av stenblocken fanns isblock som höll ihop stenarna." Räddningstjänsten larmades. De var snabbt på plats och spärrade av ett område närmast muren, därefter kontaktade de tjänstemän på Region Gotland. Även Riksantikvarieämbetet och Gotlands Museum kontaktades samma kväll. Jörgen Renström från Gotlands Museum var på plats vid murraset senare under kvällen.

Pia och Jan Nihlert, som bodde innanför det rasade murpartiet, informerades omedelbart och en del av deras trädgård spärrades av. De hade inte märkt att muren rasat. Däremot hade Jan tidigare under dagen hört att det smällde till i muren.

Raset blottade en synnerligen komplex problembild. Murens olika byggnadsskeden visade upp en stor variation vad gäller såväl murbruk som kon-

Figur 1.9. 24 februari 2012, minuterna efter att raset inträffat. Arne och Britt Silvergren gick förbi då det smällde till och stenar började rasa från muren. På en kort stund hade omkring 70 kvadratmeter av det yttre skalet fallit till marken. Krister Nordin från Gotlands Allehanda var snabbt på plats och dokumenterade den unika händelsen. Foto: Krister Nordin/ Gotlands Tidningar ©.



Figur 1.10. Bild från rasets överkant. Man ser tydligt hur cementen släppt från stenen och hur växtlighet etablerat sig i murverket. Den färska rasytan var genomkorsad av rötter. En indikator på cementfog eller cementkärna är även den alg- och lavpåväxt som utvecklas på fog och sten. På de partier som har sin medeltida kalkfog i behåll finns sådan påväxt inte alls eller ytterst sparsamt. Observera också den rösig kärnan. Foto: Helen Simonsson/RAÄ.



struktion. Därtill kom att muren i det här partiet har lagats på båda sidor med starkt cementbruk under 1900-talet. Bakom cementfogarna syntes på flera ställen ett gammalt fogbruk av kalk som tagit skada genom urlakning och frost. I det rasade partiet såg man tydligt en horisontell linje; det var golvet till den skyttegång som fanns på den äldre, lägre murens insida.

Rasets orsaker

Varför rasade muren? Det var flera orsaker som samverkat, med frostsprängning som trolig utlösande faktor. Bakomliggande anledningar var murens konstruktion i det aktuella partiet, som var uppbyggd som en skalmur med dålig bindning mellan skal och kärna. Vidare fanns här en spricka från mark och upp till 2/3 murhöjd som kom att bilda den södra gränsen för de rasade massorna. Skiftande markförhållanden och en marknivå som är 2,5 meter högre på insidan har sannolikt också haft betydelse. Ständigt fuktig kärna med vattentransport som lakar ur bindemedlet i kärnan till följd av omfogningar från 1900-talet gjorda med cementhaltigt bruk, spelade också in. Dessa hårda och täta fogar är generellt ett stort problem. I den vårdplan för Visby stadsmur som togs fram 2002 poängteras att de stora ytor av cementbaserat fogbruk som använts fram till 1980-talet på sikt sannolikt kommer att äventyra murens stabilitet (Renström 2002). Partier av muren där både ut- och insidan fogats med KC-bruk ansågs som särskilt utsatta. Raset på den aktuella platsen hade i vårdprogrammet markerats som en sådan plats.

En mer utförlig beskrivning av raset och dess orsaker återfinns i kapitel 6.

1.3 Efter raset

Redan tre dagar efter raset, måndagen den 27 februari, träffades intressenterna kring ringmuren för ett första möte på Gotlands Museum i Visby. Då var Riksantikvarieämbetet, Länsstyrelsen, Räddningstjänsten, Högskolan på Gotland (nuv. Uppsala universitet – Campus Gotland), Region Gotland och Gotlands Museum på plats. Rasområdet besöktes.

Punkter som diskuterades var säkerhet och behov av avspärningar på platsen, hur situationen skulle kommuniceras både akut och framöver liksom publik verksamhet. Riksantikvarieämbetet meddelade att man kommer att bekosta lagningen. En första analys av raset gjordes; dess karaktär och möjliga orsaker. Inriktning och lagningsprinciper för kommande åtgärder var en av diskussionspunkterna. Vikten av en omsorgsfull utredning framhölls särskilt liksom värdet av ordentlig dokumentation och rapportering. Mer generellt framhöll Länsstyrelsen att förvaltningsfrågan för Visby ringmur måste lösas på lång sikt.

En projektgrupp bildades. Den bestod av Anna Klint-Habbe och Lars Brandt från Riksantikvarieämbetet, Tor Sundberg från Länsstyrelsen, Ulrika

Figur 1.11. Byggnadshyttan röjer och sorterar den sten som rasat längre ut från raset. Rashögen som låg direkt mot muren under raset lämnades av säkerhetsskäl kvar. Foto: Ulrika Mebus.



Mebus och Jörgen Renström från Gotlands Museum samt Sonia Landin och Gunnar Gustafsson från Region Gotland. Under 2012 hade projektgruppen regelbundna avstämningar, dock med svag medverkan från Region Gotlands sida.

Åtgärder närmast efter raset

Som en första åtgärd inhägnades ett större område omkring raset med högt byggstängsel. Under vintern och våren utfördes sedan en hel del åtgärder av undersökande natur.

Byggnadshyttan på Gotland fick i uppdrag att röja och sortera den sten som fallit. Närmast raset beslöts att det var klokast att låta rasmassorna ligga, eftersom rashögen fungerade som kontreför för den mur som stod kvar.

En ytterligare komplikation var att det på murens insida fanns ett hus byggt endast 20–30 centimeter från ringmuren. Huset hade nyligen renoverats och inhyste en fönsterverkstad.

Tack och lov visade de inledande undersökningarna att eventuella ytterligare ras med all säkerhet skulle ske utåt, inte inåt staden mot verkstadsbyggnad och trädgård. Det gjorde att Pia och Jan Nihlert, som bodde och verkade i fastigheten, kunde vistas och arbeta i trädgård och verkstad under murarbetenas gång. Endast när vissa säkringsmoment skulle genomföras var tillgängligheten till verkstaden begränsad.

Provtagningar för tunnslipsprover och saltanalyser gjordes av Kristin Balksten, Högskolan på Gotland (numera Uppsala universitet – Campus Gotland), i samarbete med Bo Nitz, St Gobain i Visby.



Figur 1.12. Samråd vid muren. Forskningsledare Kristin Balksten och forskare Carl Thelin funderar tillsammans med arkeolog Håkan Thorén, murare Jonny Eriksson från Hantverkslaboratoriet och Mats Larsson och Curth Klasén från Byggnadshyttan. Mycket tid ägnades åt gemensam analys och diskussion vilket gav goda, tvärdisciplinära resultat. Foto: Helen Simonsson/RAÄ.

Arkivstudier utfördes under vintern av Jörgen Renström på Gotlands Museum för att klargöra tidigare ras och deras eventuella orsaker samt vilka restaureringsåtgärder som muren genomgått.

Under vårvintern gjordes en okulärbesiktning av hela muren av Jörgen Renström och Lars Brandt, fastighetsförvaltare på Riksantikvarieämbetet och Kristin Balksten, Högskolan på Gotland, för att definiera riskabla partier samt murens status. Sju platser bedömdes som viktiga att undersöka ur ett säkerhetsperspektiv.

Byggnadsarkeologerna Håkan Thorén och Mats Anglert från Riksantikvarieämbetets Arkeologiska Uppdragsverksamhet dokumenterade muren genom såväl laserscanning som fotogrammetri. Resultaten kom att bli viktiga för förståelsen av murraset, murens konstruktion samt det fortsatta projekteringsarbetet.

Säkerhetsbesiktning av muren vid det rasade partier utfördes av Carl Thelin på uppdrag av Riksantikvarieämbetet.

Under hösten byggdes ett stort tält med invändiga ställningar för att skydda raset från fukt och ytterligare frostsprängningar under vintern.

I det här läget var man inne på att laga muren på entreprenad som ett gängse byggprojekt. Riksantikvarieämbetet inledde arbetet med att ta fram ett förfrågningsunderlag för en offentlig upphandling. Ju längre arbetet fortskred, desto svårare befanns det vara att utforma ett tydligt förfrågningsunderlag. Hur skulle man kunna beskriva ett jobb där man inte visste exakt vad som skulle göras och hur? Där förutsättningarna var så oklara, helt enkelt därför att nödvändig kunskap om raset saknades. En kunskap som endast processuellt kunde utvinnas under arbetets gång. Kraven på utförarens kompetens i fråga om lokala, traditionella material och metoder liksom vana att jobba med historiska murverk var obestridliga. Hur skulle detta utvärderas i en upphandling?



Figur 1.13. Under hösten 2012 monterades ett stort väderskydd med invändig ställning vid raset för att skapa en torr miljö vilket möjliggjorde besiktning och undersökningar. Många diskussioner och funderingar omkring muren och vad som skulle göras avhandlades i detta tält! Foto: Henrik Löwenhamn/RAÄ.

1.4 Kunskapsuppbyggnad och forskning

Raset 2012 ställde ansvariga inför en delikat situation. Inte sedan 1961 hade ett ras av den här omfattningen skett, och aldrig tidigare ett ras av den här fasonen. Inte heller kunde liknade exempel identifieras från annat håll, vilket innebar att erfarenheter från liknande situationer inte fanns att tillgå. Läget var problematiskt, inga givna lösningar fanns. Det mest problematiska var säkerhetsaspekterna. Det var lite av en moment 22 situation; för att kunna bygga upp raset behövde rashögen, som dolde den nedre delen av det skadade partiet, plockas bort så att man kunde börja mura nerifrån. Men det var inte att tänka på eftersom den nerfallna stenen samtidigt fungerade som motkraft till det tryck som den 2,5 meter högre marknivån på insidan av muren utövade. Dessutom var jämvikten som raset skapat i murpartiet bräcklig. Där muren var som tunnast var den inte mer än 20 cm tjock. Det fanns inga garantier för att det inte när som helst skulle kunna rasa ytterligare sten. Ja, risken fanns att hela murpartiet utan förvarning skulle rasa. Det här medförde också att det var uteslutet att utföra något som helst arbete under rasbågen, på vilket krönet vilade, eftersom detta var för farligt.

Kunskapsinsamling

För att samla kunskap angående skalmurar, deras material och konstruktioner, beslöts att bjuda in till ett seminarium på temat "Kärna och skal. Om skalmurar i allmänhet och Visby ringmur i synnerhet" i augusti 2012. Seminariets syfte var att ge en kunskapsöversikt och vara ett forum för att diskutera olika anti-kvariska och tekniska teorier och möjligheter. Föreläsarna valdes så att frågan skulle belysas ur olika perspektiv. Ett sextiototal deltagare diskuterade frågeställningen. Ett besök på plats vid raset ingick och Byggnadshyttan hade tagit dit en skylift så att den som önskade kunde komma i närkontakt med raset.

Inbjudan gick ut både nationellt och internationellt. Gotlands Museum, Hantverkslaboratoriet och Riksantikvarieämbetet var arrangörer. Programmet var som följer:



Figur 1.14. I samband med kunskapsseminariet i augusti 2012 fick deltagarna tillfälle att inspektera raset från skylift. Foto: Ulrika Mebus.

Murare och material – den viktiga kunskapen.

Gunnar Almevik, Hantverkslaboratoriet

Visby medeltida murar och andra liknande murar. Internationell utblick.

ICOMOS.

Visby ringmur – monument, förvaltning och restaureringsideologi genom tiderna.

Jörgen Renström, Gotlands Museum.

Lime over time, a technical overview of a building material.

Bo Nitz, Saint Gobain Byggprodukter AB.

Restaureringer på festningsmurer og georadarundersøkelser.

Håvard Christiansen, Forsvarsbygg, Norge.

Murverkskonstruktioner och statik. Statiska evalueringsmetoder för äldre murverk.

Carl Thelin, Tyréns.

UK and European clay cored walls.

Rosamond Artis, The Scottish Lime Centre Trust.

A mason's perspective on bonding, using lime mortars and the importance of sand size.

Christopher Ross Pennock, Nidaros Domkirkes Restaureringsarbeider.

Restaurering av murverk inom SFV.

Gillis Åström, Statens fastighetsverk.

Skal + kærne = massiv? Hvordan historisk bygningsteknologi anvendes i restaureringspraksis. Svend Jacobsen, Eduard Troelsgårds Rådgivende ingeniører.

En stor mängd intressant kunskap presenterades på seminariet, vilket kom att utgöra en bra grund för det fortsatta arbetet med att åtgärda murraset. Samtidigt konstaterades att det inte finns några dokumenterade exempel på den här typen av skada och hur den ska åtgärdas. Föreläsningen från Skottland om lerkärnor i murverk var särskilt intressant, eftersom man i samband med ringmursraset ställts inför en sådan konstruktion. Det finns ingen modern erfarenhet av att jobba med lerbruk i kalkstensmurverk på Gotland i dagsläget, i varje fall inte av den här omfattningen.

Seminariet visade också att det finns några jämförbara projekt att hämta kunskap och erfarenheter från. Samtidigt framkom det att inget av de tänkbara referensobjekten är lika komplexa i sin konstruktion och till sin raskarakter som Visby ringmur. Anledningen till detta är murens olika byggnadsfaser och tekniker, men även dess ålder och storlek.

Forsknings- och utvecklingsprojektet etableras

På grund av otillräcklig kunskap om omständigheterna kring det raserade murpartiet och hur det skulle hanteras blev det svårt, för att inte säga omöjligt, att formulera ett förfrågningsunderlag för att genomföra en offentlig upp-

handling av utföraentreprenad. Kunskapsluckorna avseende såväl mur, skadebild, skadeorsaker och lämpliga åtgärder för säkring och återuppbyggnad var uppenbara. Därför beslöt Riksantikvarieämbetet under senhösten 2012 att etablera ett forsknings- och utvecklingsprojekt där forskare och entreprenörer i samverkan skulle arbeta fram metoder för lagning av raset på ett processuellt vis. På det sättet skulle även all kunskap som lagningen genererade kunna tas till vara och förmedlas.

I januari 2013 formerades projektet som fick den formella titeln *Forsknings- och utvecklingsprojekt Visby ringmur (RAÄ Visby 105:1). Tillämpad forskning och experimentell utveckling av arbetsmetod för återuppbyggnad av partiellt skadad mur*. Målsättningen var att förbättra kunskapen om medeltida murverksstrukturer samt att utveckla metoder för analys av skalmurar och återuppbyggnad av sådana skadade murverk. Uppdraget innebar att det raserade partiet av Visby ringmur skulle vara återuppbyggt vid projektets slut. Under projektet skulle händelser och resultat löpande kommuniceras till allmänhet och professionella inom kulturmiljövård.

Projektorganisation

Beställare: Riksantikvarieämbetet, Avdelningen för fastigheter och besöksmål, avdelningschef Anna Klint-Habbe, t. f. Per-Magnus Nilsson juli 2013–juli 2014.

Projektledare: Ulrika Mebus, Riksantikvarieämbetet.

Forskningsledare: Kristin Balksten, Uppsala universitet – Campus Gotland.

Projektgrupp: forskare, sakkunniga byggare, antikvarier, arkeologer, fastighetsförvaltare och fastighetsägare. (Dessa bidrog med egen tid och frågeställningar som direkt rörde den tillämpade forskningen och experimentella utvecklingen.)

Forskare (statik): Tekn. Dr. Carl Thelin, Tyréns.

Forskare (arkeologi): Fil. Dr. Mats Anglert, Riksantikvarieämbetets arkeologiska uppdragsverksamhet.

Sakkunniga byggare: Oskar Klintberg (byggprojektledare), Kjell Jacobsson (arbetsledare), Mats Larsson, Curth Klasén, Thomas Andersson, Daniel Sjöberg (murare), Byggnadshyttan på Gotland.

Antikvarier: Jörgen Renström, Gotlands Museum, Tor Sundberg, Länsstyrelsen i Gotlands Län.

Arkeologer: Håkan Thorén, Riksantikvarieämbetets Arkeologiska Uppdragsverksamhet och Per Widerström, Gotlands Museum.

Fastighetsförvaltare: Ulf Hofstedt, Riksantikvarieämbetet.

Fastighetsägare: Ann-Louise Mårtensson, Region Gotland.

Expertgrupp (rådgivande till beställare och projektledning som kunde kopplas till projektet vid behov):

Gunnar Almevik och Jonny Eriksson, Hantverkslaboratoriet, Göteborgs universitet.

Christopher Pencock, Byggnadshyttan Nidarosdomen.

Malin Myrin och Helene Hanes, Statens Fastighetsverk.

Lena Calderon och Henrik Löwenhamn, kommunikatörer, Riksantikvarieämbetet.

Erik Andersson, murare, Öhmans bygg.

Tidigare forskningsprojekt i urval

Flera tidigare studier och forskningsarbeten hade relevans för arbetet. De två som närmast kan nämnas är ruinprojektet *Ökat brukande av ruiner genom säkrade murverk och komfortabelt klimat*, vilket var ett forskningsprojekt (finansierat av KK-stiftelsen) i samverkan mellan Högskolan på Gotland (nuv. Uppsala universitet – Campus Gotland), Gotlands Museum och näringslivet åren 2010–11. Projektet hade tre forskningsfokus; statik, mur och material samt komfort. Resultaten från delprojekten statik och mur är värdefulla för den långsiktiga förvaltningen av Visby ringmur och utgjorde en solid grund för diskussionerna för åtgärder av det raserade partiet (Balksten & Mebus 2013). Dessutom var forskargruppen väl fungerande och relevant för fortsatt arbete med Visby ringmur och i en fortsatt fördjupning avseende kunskap om medeltida murverk.

Ett annat viktigt arbete var rapporten och dokumentationen från Rädda Ringmurskampanjen 1989–1995 (Cnattingius 1996).

Figur 1.15. Under projektets gång blev det åtskilliga möten och studiebesök vid raset. Här redogör Kristin Balksten för raset och nerplockningen för projektgruppen som denna dag fått celebrert besök av kulturarvsenheten från Statens fastighetsverk och kollegor från förvaltningsavdelningen på Riksantikvarieämbetet.
Foto: Ulrika Mebus.



Mål och syfte med projektet

Målsättningen var att genom tillämpad forskning och experimentell utveckling förbättra kunskapen om medeltida murverksstrukturer samt att utveckla metoder för evaluering av icke homogena skalmurar, både vad gäller konstruktion, verkningssätt, ålder och material, och för återuppbyggnad av sådana skadade murverk. Som fallstudie skulle den rasade delen av Visby ringmur återuppbyggas. Vidare var det viktigt att identifiera fortsatta forsknings- och utvecklingsfrågor inom området.

Frågeställningar

- Hur kan arbetet med att säkra och återuppbygga skadat parti av Visby ringmur bedrivas på ett säkert och effektivt vis?
- Hur ska återuppbyggnaden ske på ett sätt som är i paritet med det historiska materialet och så att det blir långsiktigt hållbart?
- Hur ser det rasade partiets uppbyggnad ut innan åtgärd och vilka svagheter finns?
- Kan slutsatser dras om murens skick i övriga partier?
- Går det att diagnostisera mur och skador?

Metodik

I samverkan mellan disputerade forskare inom områdena mur och statik, hantverkare/murare, arkeologer och antikvarier togs en arbetsbeskrivning för säkrings- och restaureringsarbetet fram. Arbetsbeskrivningen prövades och utvecklades genom en fallstudie: Återuppbyggnad av partiellt ras på Visby ringmur. Fortlöpande dokumentation och rapportering var självklara moment i arbetet.

Eftersom återuppbyggnaden bestod av flera moment som kunskapsmässigt byggde på varandra togs metod- och arbetsbeskrivningar fortlöpande fram med utgångspunkt i den kunskap om muren och raset som klargjorts i föregående moment. Projektet omfattade ett flertal praktiska moment, vilka delvis gick in i varandra. Processen byggde till stor del på att hämta kunskap ur det tillämpade byggarbetet i vilket såväl hantverkare, arkeologer som forskare var delaktiga. Projektet bedrevs till stora delar på plats vid muren, eftersom dess främsta kunskapsbärare är ringmuren och raset.

Samverkan

Samverkan var ett ledord i projektet. För att den tillämpade forskningen och experimentella utvecklingen skulle nå goda resultat skedde samarbete mellan universitet, offentlig och privat sektor. De samverkande parterna hade alla ett uppdrag att utveckla kunskaper och metoder och alla hade tidigare erfarenhet av tillämpad forskning och experimentell utveckling. Samtliga parter bidrog

med egen ekonomisk insats (arbetstid eller annan) och forskningsfrågor in i projektet.

Projektet samverkade även med Riksantikvarieämbetets arkeologiska uppdragsverksamhet i ett arbete med att definiera och utveckla den byggnadsarkeologiska forskningsmiljön.

Projektnytta

Kunskapen om medeltida skalmurar i allmänhet och Visby ringmur i synnerhet behöver fördjupas och metoder för långsiktig vård och förvaltning utvecklas. Vidare finns ett stort behov att finna metoder som gör det möjligt att evaluera murens skick. Det finns ett stort behov av att utvärdera 1900-talets cementlagningar och analysera riskerna med dem för att kunna planera för långsiktiga vård- och räddningsinsatser innan murverken bryts ner och kollapsar.

Under återuppbyggnaden hämtades kunskap och metodutveckling in löpande, eftersom alla problemställningar inte kunde förutses. Kunskapen och dokumentationen av arbetet kommer att ha stor betydelse för förståelsen av ringmurens konstruktion och den framtida förvaltningen, både av ringmuren och av liknande objekt.

Projektets omfattning

Projektet pågick januari 2013–juni 2015 och innehöll följande delmoment:

- Arkivstudier och bakgrundsinformation
- Uppmätning och dokumentation
- Antikvariska analyser och ställningstaganden
- Framtagande av arbetsbeskrivning/metodutveckling
- Säkring av arbetsplats och säkring och nerplockning av muren
- Byggnadsarkeologiska och arkeologiska undersökningar
- Beskrivning och utprovning av material och metoder
- Framställning av material (kalk, smide)
- Återuppbyggnad av muren
- Kommunikation, kunskapsspridning, evenemang
- Dokumentation och forskningsrapport

Säkerhet

Projektets hösta prioritet, som gick före allt annat, var arbetsmiljö och säkerhet på platsen. På grund av detta skedde revideringar i det ursprungliga antikvariska inriktningsbeslutet om val av åtgärd, det vill säga att muren behövde plockas ner.



Figur 1.16. Projektmöte vid muren, denna gång på insidan. Många fotografier blev det, här förevisar Kristin Balksten forskningskollegan Carl Thelin medan fastighetsförvaltare Ulf Hofstedt, murare Mats Larsson och arbetsledare Kjell Jacobsson ser på. Observera marknivån på insidan, som ligger 2,5 meter över utsidans och där endast övre spetsen på arkadbågen är synlig. Här syns även tydligt hur nära muren verkstads huset befinner sig och att det blev nödvändigt att riva delar av det. Foto: Ulrika Mebus.

På plats vid raset rådde tydliga rutiner för alla som vistades på den inhägnade och låsta arbetsplatsen. Detta gällde också för samtliga besökare. Hjälms och skyddsväst bars av alla, utan undantag. En besökscontainer med sådan utrustning fanns på platsen.

1.5 Kommunikation och information

Riksantikvarieämbetet informerade omedelbart UNESCO om raset och därefter om planerade åtgärder och tidplan. UNESCOs bedömning var att murraset, under förutsättning att det åtgärdades, inte utgjorde något hot mot världsarvets status.

Tidigt insåg Riksantikvarieämbetet att ringmursrasen var en händelse och ett projekt som skulle komma att uppmärksammas under längre tid. En kommunikationsplan upprättades därför av kommunikationsenheten på myndigheten. FAQ sammanställdes och reviderades fortlöpande. En särskild sida på www.raa.se skapades för att samla och förmedla information om raset och hur det hanterades. Sidan uppdaterades kontinuerligt under projektets gång.

Vid speciella tillfällen skickades pressinformation ut. Under Almedalsveckan 2013 träffade riksantikvarie Lars Amréus och projektledare Ulrika Mebus pressen vid muren för att informera om arbetet. Under Almedalsveckan 2014 gjordes en större satsning, då ett samtal på temat "Ditt kulturarv rasar – än sen?" genomfördes i Bildstenshallen på Gotlands Museum. Moderator var journalist Eva Sjöstrand och i panelen återfanns överantikvarie Knut Weibull, kulturarvschef Cortina Lange, professor Owe Ronström och

Figur 1.17. Första stenen läggs på plats av riksantikvarie Lars Amréus den 9 maj 2014 under överinseende av forskare, hantverkare och journalister.
Foto: Ulrika Mebus.



Figur 1.18. Klass 5A från Solbergaskolan i Visby hade förberett en hälsning till framtiden som murades in i muren. Här visar de upp sitt diplom de fick som tack och minne.
Foto: Henrik Löwenhamn/RAÄ.



byggnadsantikvarie Vicki Wenander. Med tanke på Almedalsveckans tusentals evenemang får man nog anse det som en framgång att kulturavssamtalet blev refererat av TT och lokaltidningarna.

Några gånger arrangerades speciella evenemang i samband med rasuppbyggnaden. Det viktigaste var *Första Stenen* den 9 maj 2014. Vid tillfället murade riksantikvarie Lars Amréus dit återuppbyggnadens första sten, ivrigt påhejad av publik och press. Bakom stenen lade klass 5A från Solbergaskolan in en hälsning till framtiden i en förseglad glasburk. Enligt uppgift kommer någon i framtiden att i den hitta brev och föremål som berättar om vår tid. Bland annat en bandyboll, ett nagellack, en mobiltelefon och ett kreditkort. Som kronan på verket spelade och sjöng de en sång tillsammans med sin lärare Bengt Lingström.

Kommunikation om raset och läget gjordes i ett flertal forum, bland annat till världsarvsrådet för Visby, vilka även gjorde ett studiebesök vid den raserade muren. Publika visningar samt kontakt med media skedde regelbundet. Sommartid visades murraset en gång i veckan för intresserade. Vid en kultur-arvsfrukost hos Tyréns AB i Stockholm under hösten 2014 berättade Carl Thelin och Ulrika Mebus om säkringen och återuppbyggnaden av muren. Projektledaren har föreläst om raset och återuppbyggnaden i ett flertal sammanhang.

Internationellt har projektet presenterats av projektledare och forskare vid konferenser i Mexiko, Portugal, Italien, Estland, Danmark och Finland (se papers i bilagor 1–3).

1.6 Finansiering och ekonomi

Riksantikvarieämbetet meddelade genast efter raset att myndigheten kommer att finansiera lagningen av det rasade murpartiet.

Medel för lagningen har kommit från olika håll. Den största delen utgörs av Riksantikvarieämbetets ramanslag. Medel har även beviljats ur Gustav-Adolfs-fonden av Kungl. Vitterhetsakademien.

Bidrag från den privata sektorn har utgjort en viktig del. Cementa lämnade ett generöst bidrag på 800 000 kronor till lagningen. Det ekonomiska stödet sågs som en fortsättning på det goda samarbete som byggdes upp under Ringmurskampanjen 1989–95, då företaget sponsrade arbetena med halva kostnaden (Cnattingius 1996).

Rädda Ringmurs-kampanjens konto har under 1995–2012 stått öppet och har förvaltats av Gotlands Museum, men bortsett från sporadiska gåvor under åren efter 1995 har ingen aktiv kampanj bedrivits och inga större medel influtit. Efter raset aktiverades kampanjen och Gotlands Museum ställde tid i form av marknadsföring, visningar, föreläsningar och administration till förfogande. En sida skapades på museets hemsida där information om raset och hur man kunde bidra till ringmuren fanns. En sms-kampanj genomfördes så att var och en enkelt via sms kunde skänka pengar till kampanjen. Gotlands Allehanda hörde av sig med ett erbjudande att under ett års tid ställa annonsplats till förfogande för den nya Rädda Ringmurs-kampanjen, något som tacksamt accepterades. Helsidesannonser i dagspressen hjälpte till att sprida budskapet.

Många företag och privatpersoner bidrog och flera kreativa sätt att samla in pengar såg dagens ljus. Visby simsällskap simmade för muren, Kränku sålde te och Visbymäklarna donerade en summa pengar för varje fastighet de sålde i innerstaden. Skolklasser bakade bullar och moderatkvinnor samlade in pengar på Öster. Sammanlagt bidrog kampanjen med 200 000 kronor till ringmursuppbyggnaden och programverksamheten i samband med den.

Forskningsdelarna har delvis finansierats genom de FoU-medel som Riksantikvarieämbetet förfogar över. Analyser av bruk har bekostats av Cementa Research genom de initiala bruksprover som genomfördes av Bo Nitz. Tyréns AB har bidragit med georadarundersökningar på muren. Byggnads-
hyttan på Gotland har lagt in egen kunskaps- och kompetensutvecklingstid i projektet.

Total budget för genomförandet var ungefär 9 miljoner kronor. Av dessa utgjorde cirka 6,5 miljoner entreprenad/byggkostnader, 1,4 miljoner forskningsinsatser, 800 000 kronor projekteringskostnader och 300 000 kronor projektledning och övriga expenser.

1.7 Antikvariska ställningstaganden och alternativ för åtgärder

Första diskussionen 2012

I maj diskuterades förslag till alternativa restaureringsåtgärder och -principer utifrån ett antikvariskt och bevarandeideologiskt perspektiv. Diskussionen fördes mellan Riksantikvarieämbetet, Uppsala universitet, Länsstyrelsen och Gotlands Museum. I detta skede utgick diskussionen från ett rent antikvariskt perspektiv. Teknisk och ekonomisk bedömning skulle göras i ett senare skede. Man var överens om att göra minsta möjliga åverkan på de kvarvarande partierna av muren. Nedanstående alternativ för hur murraset skulle hanteras diskuterades 2012. Under varje alternativ finns för- och nackdelar angivna.

1. *Ingen åtgärd, raset lämnas som det är*

Fördel: Att på ett pedagogiskt sätt kunna belysa murens villkor som ruin.

Nackdel: Ett intressant antikvariskt resonemang men som sannolikt inte rörer någon förståelse bland allmänheten. Dessutom komplicerat och dyrbart att stabilisera och konservera den uppkomna rasytan/den frilagda kärnan. Stor risk för ytterligare ras.

2. *Plocka ner muren till grunden och återuppbygga*

Fördel: En kontrollerad och säker process där kontroll över murens stabilitet blir god. Kunskap om konstruktion och material kan fördjupas.

Nackdel: Rivningen kommer att beröra originalmaterial. Resultatet blir en helt ny mur. Ur antikvarisk synpunkt det minst eftersträvarvärda alternativet.

3. *Återuppbygga rasat parti som kallmur utan fogar*

Fördel: Arbetet blir årstidsobundet och inte beroende av den begränsning i tid som kalkbrukshanteringen innebär. Ur ett antikvariskt perspektiv kan den tydliga skillnaden i murstrukturen gentemot den befintliga vara en fördel. Utluftningen av inträngande fukt i muren underlättas.

Nackdel: Kan bedömas vara estetiskt felaktigt och "ohistoriskt" i sammanhanget (möjligen är murens nedre skift ursprungligen kallmurade och ofogade). Säkerheten på arbetsplatsen blir svår att garantera med bevarat murkrön.

4. Betongkärna och mur satt i bruk och fogad

Fördel: Metoden är prövad i skadade partier av mindre omfattning under 1960-talet. Möjliggör stabilisering av murkärnan och klamring av ytterskal mot betongkärna.

Nackdel: Mycket tveksamt att arbeta med betong i kalkmurverket. Betong har bevisligen gett förändringar av murens fuktstatus med ökad biologisk påväxt som följd. Betongen åldras, hållbarhet över lång tid kan inte garanteras. Olämpligt ur ett restaureringsideologiskt perspektiv; ursprungliga material påbjuds både av antikvariska och tekniska skäl (originalmaterial bör ersättas med nya material med samma egenskaper). Osäkerheten kring hur cement över tid fungerar i historiska murverk är stor, och erfarenheter har snarare visat på dess nackdelar.

5. Lerbruks kärna alternativt kärna i hydrauliskt kalkbruk och fogad mur

Fördel: Att kunna bygga en kärna av hydrauliskt material där härdningen sker hela vägen in i muren. Varianten med lerbruk i kärnan torde vara den som ligger närmast den ursprungliga konstruktionen.

Nackdel: Hydrauliskt bruk motsvarar inte originalmaterialet, dålig kunskap hur det fungerar i ringmuren.

Bruk till kärna och mur

Luftkalk- alternativt lerbruk. Släckningsmetod utprovas, ett alternativ är stuksläckning eftersom det troligen motsvarar originalmetoden bäst, samtidigt ger det ett starkt bruk med god vidhäftning. Materialen väljs då de har egenskaper som överensstämmer med kalkstenens vilket gör att materialen rör sig på liknande vis.

Bindstenar

Förbindelse mellan yttre och inre murskal ska utföras på traditionellt sätt med bindstenar. I vilken omfattning får projektet utvisa.

Vattenavrinnig och evakuering av fukt och vatten

Dränering och fuktvandring i mark och mur skall beaktas och lösas för att eliminera riskerna för framtida ras.

Ställningstagande

Riksantikvarieämbetet, Gotlands Museum och Länsstyrelsen på Gotland förespråkade en inriktning för återuppbyggnaden som gör minsta möjliga

Figur 1.19. Kjell Jacobsson förevisar stukasläckning av packsten i liten skala vid kalkugnen vid Rings i Hejnum, där kalken till ringmursupbyggnaden brändes. Stukasläckning kom att bli den metod som valdes för återuppbyggnaden av ringmuren.
Foto: Helen Simonsson/RAÄ.



påverkan på de kvarvarande partierna av muren. Likaså att laga med material och metoder som låg så nära originalet som möjligt. En nerplockning av den medeltida originalmuren sågs ur antikvarisk synpunkt som en ytterst negativ lösning. Påpekas bör att man var medveten om att det var ett rent antikvariskt resonemang som skulle kunna komma att revideras utifrån tekniska förutsättningar.

Den partiella återuppbyggnaden skulle vara synlig för ett tränat öga, men inte iögonfallande. Man insåg att vidare antikvariska resonemang skulle behöva föras under projektets gång i takt med att ny teknisk-antikvarisk kunskap utvinns.

2013 års arbeten och ändringar i antikvarisk inriktning

Under 2013 stod det klart att det av säkerhetsmässiga och tekniska skäl blev tvunget att plocka ner muren till rasbotten, något som av antikvariska skäl initialt inte förespråkats. Arbetet med återuppbyggnaden kom av denna anledning att flyttas fram ett år eftersom projektering och genomförande av säkringsåtgärder samt nerplockning av det skadade murpartiet tog tid i anspråk.

Fördelen med nerplockningen blev att projektet genom byggnadsarkeologiska undersökningar och tekniska iakttagelse berikades med stor ny kunskap om Visby ringmur; material, konstruktion och historiska skikt.

Diskussionen om återuppbyggnaden kom nu i delvis annat läge och kom att handla om principerna för återuppmurningen. Även Carl Thelin, Kristin Balksten och Mats Anglert deltog i samtalen. Liksom vid tidigare samtal var enigheten närmast total, vilket nästan var lite trist eftersom inga vilda diskussioner utbröt där de olika sidorna fick stänga sina argument mot varandra. Nej, skämt åsido så har projektet på det stora hela karakteriserats av stor samsyn och konstruktivt samarbete. Något som definitivt varit en fördel! Efter att nedanstående alternativ diskuterats var man enig om att alternativ 3 skulle väljas för återuppbyggnaden. Krönnavtäckning av betong valdes även.

Allmän diskussion

- Riksantikvarieämbetets principer för åtgärder på historiska monument är att varje situation är unik och måste hanteras efter sina förutsättningar. En bred samverkan mellan expertis från olika håll är önskvärd. För övrigt följer man internationella dokument, till exempel Venedig-dokumentet från 1964.
- Det är viktigt att se aktuellt parti i sin kontext. Visby ringmur som helhet är allt annat än homogen. Det har hänt mycket under dess 750-åriga historia. Flera partier är rasade och återuppbyggda, liksom reparerade på olika sätt. Den är dessutom byggd i minst två etapper (själva murpartierna). Tidigare lagningar är utförda på varierande sätt. De är oftast tydligt avläsbara utan att sticka ut markant. I ytterskiktet har alltid kalksten använts. En tydlighet i lagningar och ändringar bidrar till läsbarhet av murens biografi, vilket är positivt. Det vi gör nu tillför ytterligare ett skikt som det är viktigt att kunna urskilja även om 500 år.
- Inför aktuell lagning är stenkvaliteten mycket viktig, att den såväl estetiskt som tekniskt samspelar med befintlig mur samt att den är bruten lokalt.
- Någon form av märkning av det nya murpartiet skall ske. De synliga ankarsluten blir en tydlig markör. Frågan om märkning av ny sten diskuterades.

- Kärnan skall, till skillnad från i originalkonstruktionen, läggas mer ordnat, i bruk. Eftersom skalen är tunna, ibland bara 25 centimeter, är det gynnsamt för stabiliteten att kärnan läggs ordentligt.
- Sammanfattningsvis kan sägas att muruppbyggnaden sker med samma respektive samma typ av material som originalet, men delvis på ett för murpartiet förbättrat sätt.

Alternativ 1: Rekonstruktion av rasat parti

En så visuellt trogen rekonstruktion av muren, så som den såg ut innan raset, eftersträvas. Det innebär att kreneleringar och andra spår i det rasade partiet rekonstrueras.

Fördelar:

- Murens utseende återställs och raset blir om några år i princip osynligt.

Nackdelar:

- Eftersom muren rasat utan föregående noggrann dokumentation är det omöjligt att rekonstruera den som den var innan, kunskapsunderlaget är för dåligt. Dessutom är viss sten så dålig att den behöver bytas ut.
- Förbättrad murteknik med användning av bindstenar omöjliggör en originaltrogen rekonstruktion, även om exakt dokumentation hade funnits.
- En rekonstruktion som efter viss tid smälter in i den äldre muren ger stor risk för att partiet i framtiden missuppfattas som medeltida. Murens autenticitet blir förvanskad. Det som ovan hänförs som fördel kan med detta synsätt snarare ses som en nackdel.
- Metoden är tidskrävande.
- Den tekniska hållfastheten blir troligen sämre då man i alternativ 1 prioriterar rekonstruktion före tekniskt förbättrad murteknik (förband, bindstenar etc.).

Diskussion:

- Den typen av rekonstruktion hör till en tidigare syn på monumentvård.
- Det finns stora partier av muren som uppvisar originalmur med krenelering och äldre nivå tydligt urskiljbara, bland annat i samma murparti. Det pedagogiska värdet av en rekonstruktion är därför obefintligt.
- Möjligen skulle ett sådant scenario vara intressant ur forskningssynpunkt, genom att på ett systematiskt sätt undersöka hur de olika stadierna av ringmuren ursprungligen utfördes.
- I ett längre perspektiv blir risken för feltolkningar stor, att man tar muren från 2014 för en medeltida mur.

Alternativ 2: Återuppbyggnad med tydlig markering av nytt murparti

En återuppbyggnad som tydligt redovisar var det gamla murverket slutar och det nya börjar. Detta kan ske både genom tekniskt korrekt skiftläggning (mur i förband och med bindstenar, något den gamla muren inte alltid uppvisar) och kontrasten kan förstärkas genom att de nya partierna antingen förhöjs eller försänks något i relation till den kvarstående muren.

Fördelar:

- Tydligt redovisad lagning som även många hundra år senare tydligt kommer att tala om att här har något hänt.

Nackdelar:

- En alltför markant övergång (konvex eller konkav) kommer att tillfoga en ny profil till muren.
- I en lång framtid finns viss risk för feltolkningar, att fördjupningen/förhöjningen är tecken på att den i sig betyder något, en synbart konstruktiv detalj som kan vara svårtolkad.

Diskussion:

- Det finns partier i Visby ringmur där man uppfört rasade partier på avvikande sätt, som kallmur och även i lite förskjutet liv med omkringliggande mur. Dock aldrig i fullhöjd.
- Att överdriva kontrasten mellan nytt och gammalt genom en förhöjning/försänkning känns långsökt, det blir en övertydlighet som stör rytmen i muren.
- En sådan markering behövs inte för läsbarheten eftersom det nya murpartiet kommer att avvika från det omkringliggande genom skiftesläggning och att spåren efter den gamla kreneleringen inte finns.

Alternativ 3: Återuppbyggnad med ny skiftläggning i liv med muren

Det rasade och nerplockade partiet återuppbyggs på ett tekniskt och hantverksmässigt hållbart sätt. Den nya muren avviker från den omkringliggande genom annan skiftgång och typ av förband, men faller för övrigt in i murens liv utan markerade skarvar mellan nytt och gammalt murverk.

Fördelar:

- Tydlig redovisning av att muren här lagats.
- Profilmässigt faller den nya muren in i den gamla muren och skapar inga skuggeffekter på murlivet.

Nackdelar:

- Förbindelsen mellan gammalt och nytt murverk kanske kan bli svår att få till snyggt.

Diskussion:

- Det bästa alternativet. Ärligt redovisad lagning som anknyter till murens estetik, material och konstruktion utan att bli en rekonstruktion.
- De justeringar som görs vad gäller konstruktionen ger en hållbar mur som konstruktionsmässigt nära anknyter till den befintliga vad gäller skalmursprincipen. Tack vare justeringarna (som går tillbaka på medeltida byggteknik, dock inte i detta murparti där man uppenbart inte byggt ”enligt regelboken”, det vill säga med bindstenar) skapas en betydligt mer hållbar konstruktion än hos originalet som rasat. Materialen är delvis desamma (det mesta av stenen) eller så nära originalmaterialet vi kan komma (ny sten, lerbruk, stukasläckt kalkbruk av gotlandskalk).
- De synliga ankarsluten, 5–6 stycken på ömse sidor om raset, markerar tydligt var muren är åtgärdad.

Krönavtäckning

Krönet är i rätt gott skick, fuktigt cirka en halv meter ner. Alternativa avtäckningar som diskuterats är cement, bentonitlera och blyplåt. Utifrån nedanstående resonemang blev betong det alternativ som förespråkades.

- Bentonitlera är inte utprövat hos oss. Läget högt upp gör det svårt att besiktiga och underhålla.
- Blyplåt är inget bra material miljömässigt. Risken finns att det blåser av (så som skett på Drottens ruin).
- Betongavtäckning är väl beprövat. Äldre lagningar har hållit väl. Kräver i princip inget underhåll om de är väl utförda. För att slippa stark vidhäftning vid stenen och förbättra reversibiliteten kan eventuellt läggas ett lager kalk eller en fuktspärr i form av en duk under betongen.

Anslutning mot spricka i söder

En fortsatt rak fog förordades, vilket ger en tydlighet och bevarar spår av hur muren såg ut före raset. Raskanten bevaras. Eftersom muren fram till sprickan står på berggrund kan det rent konstruktivt vara en fördel också.

Mur i bruk eller kallmur?

Originalmuren är satt i bruk, men med så lite bruk att sten ändå vilar mot sten. Återuppbyggnaden utförs på samma sätt, eftersom det är såväl konstruktivt som antikvariskt korrekt.



Figur 1.19. Under Visbydagen i oktober 2014 bjöds allmänheten in till Sista Stenen, då hantverkarna Daniel Sjöberg och Thomas Andersson från Byggnadsbyttan berättade om hur det hade gått till att bygga upp muren igen. Christian Britse från Cementa berättade om varför företaget tycker det är viktigt att stödja kulturarvet och projektledare Ulrika Mebus tackade alla för goda insatser. I bakgrunden bakom ställningen kan man se den proffsigt nyuppförda muren. Publikstillströmningen var som synes god. Foto: Henrik Löwenhamn/RAÄ.

1.8 Ringar på vattnet

Intresset för projektet har varit stort från såväl massmedia som allmänhet, studenter som forskarkollegor, hantverkare som projektörer, antikvarier som arkeologer med flera. Projektet har publicerats på många olika sätt; nyhetsinslag i TV, radio och dagstidningar, artiklar i facktidskrifter, vetenskapliga paper, arbetsrapporter och examensarbeten. Det material som projektet genererat kommer att finnas tillgängligt för framtida behov via Fornsalens arkiv och ATA.

De vetenskapliga paper som projektet hittills har genererat finns presenterade i bilaga 1–3 och abstract för examensarbetena finns presenterade i bilaga 4–7.

1.9 Definitioner för murverk

Bindsten

Mursten som ligger i förband i en skalmurs yttre skal, men sticker in i kärnan och ligger förankrad med murförband med kärnans stenar och bruk. På så sätt binder en bindsten ihop murens yttre skal med kärnan, vilket skapar en samverkan mellan murens kärna och skal. Detta ökar i sin tur murens bärförmåga, stabilitet och hållbarhet.

Bruksmur

En mur där stenarna är lagda i murbruk och där bruket har en viktig sammanbindande uppgift.

Fogbruk

Det bruk som används till att foga ett murverk. Det kan vara samma som murbruket men kan även vara av annan karaktär, i synnerhet om det är tillfört

senare. Det äldre fogbruket på ringmuren är ofta utstruket på muren medan lagningsbruk från 1900-talet är indraget i murverket.

Fullmur

En mur som har en homogen karaktär genom hela dess tjocklek. Samtliga stenar ligger i förband och med samma typ av bruk genom hela murens tjocklek. Översta delen av Visby ringmur är murad som fullmur, liksom även bröstningen i den äldre muren.

Genomgående bindsten (skalsammanbindande sten)

Mursten som är genomgående från yttre skal till yttre skal i en skalmur, och ligger i förband med båda skalerna. Genomgående bindstenar håller ihop en skalmurs skal på ett effektivt sätt och ökar därför murens bärförmåga, stabilitet och hållbarhet.

Jordsläckt kalk

När släckt kalk grävs ner i en brädklädd markgrav, och där får släckas långsamt av markens fuktighet under minst 5 år, benämns kalken som jordsläckt. Den behöver piskas för att få bra konsistens till bruk. En ovanlig släckningsmetod som bevarats på Gotland sedan gammalt.

Kalkbruk

Ett mur- eller fogbruk som består av sand och bindemedel benämns kalkbruk när bindemedlet består av släckt kalk. Har använts på Gotland sedan tidig medeltid.

Kallmur

Till skillnad mot bruksmur innebär kallmur att stenarna läggs i förband utan något murbruk som binder dem samman.

KC-bruk

Kalk-cement bruk där såväl kalk som cement i varierande proportioner förekommer som bindemedel.

Kontrefort

Ett utvändigt strukturellt element avsett att uppta horisontellt tryck inifrån konstruktionen. Härigenom avlastas muren och ges ökad stabilitet.

Kärna (Murkärna)

Den inre dolda delen av en skalmur som saknar eller har ett annat förband än de omslutande skalerna. Förmodligen finns det många olika varianter av mer eller mindre ordnade kärnor. I regel är kärnan beroende av de omgivande skalerna för att fungera. Försvinner de omslutande skalerna saknar kärnan egen förmåga att vara stabil och den är känslig för erosion.

Lerbruk

Ett mur- eller putsbruk där bindemedlet utgörs av lera från marken. Om leran är ren och fet behöver den drygas ut med sand för att bli ett bra bruk.

Murbruk

Ett bruk bestående av bindemedel och sand som läggs mellan stenarna vid uppmurning. Murbruket skapar vidhäftning och stabilitet mellan stenarna samt förhindrar skjuvning genom sin bindande kraft.

Murförband

Stenar som är murade med förband som är ordnade så att de låser varandra. Det åstadkommes genom att undvika vertikala fogar (stötfogar) som fortsätter genom flera skift. Stenarna i ett skift läggs så att de täcker stötfogarna i underliggande skift. Murförband inåt muren är också avgörande för murens stabilitet och innebär att fogarna även inåt ska läggas omlott. Detta görs i en fullmur. I en skalmur används murförband för att låsa bindstenar och genomgående bindstenar till kärnan eller till motsatta skalet.

Packsten

Packsten är benämningen på den brända kalkstenen när den kommer ut ur ugnen. Dess kemiska beteckning är CaO och den låter sig villigt släckas till Ca(OH)₂ i reaktion med vatten.

Skal (Murskal)

De yttre synliga delarna av en skalmur som är murade i ordnade förband så stenarna binder varandra inom skalet.

Skalmur

En mur som består av två yttre skal som är murade i förband och som har en mellanliggande kärna av annan karaktär. Skalen kan också ha förband med kärnan genom bindstenar. I fallet Visby ringmur finns det två olika kärnor. I den nedre äldre delen av muren består kärnan av staplad sten i olika storlekar blandat med lerbruk. Denna kärna är mer eller mindre lös eller rösig och har en tendens att röra på sig om det yttre skalet saknas. I den påbyggda delen består kärnan av stenar i blandad storlek, men i huvudsak av mindre stenar utan förband, blandat med kalkbruk.

Skolsten (pinnsten)

Mindre stenar som används för att stabilisera större stenar och murar genom att de kilas in mellan större stenar där fogarna är ojämna.

Stukasläckt kalk

När bränd kalk läggs inuti sand och släcks med vatten bildar den nysläckta kalken tillsammans med sanden ett färdigt bruk. Sand och kalk får där en stark bindning till varandra. Metoden är känd sedan gammalt på Gotland.

2. Förvaltning och restaureringar under modern tid

Jörgen Renström

2.1 Ringmurens moderna restaureringshistoria

Att följa ringmuren och ruinernas snart 200-åriga restaureringshistoria innebär en resa i svensk kulturmiljövårds uppgång och administrativa utveckling samt insikter i att beslut långt tillbaka i tiden kan ge upphov till vardagliga problem idag.

Ruinerna och ringmuren¹ är de första utpekade byggnadsverk som uttryckligen och mot bötesstraff skulle skyddas från skadegörelse enligt ett kungligt brev 9 april år 1805. Lite tillspetsat går det att tolka som att de blir de första "byggnadsminnena" i Sverige. Detta statliga beslut kom att få ekonomisk och förvaltningsmässig betydelse för ringmuren i en utsträckning som gör det svårt att skilja ringmurens restaureringshistoria från dess förvaltningshistoria.

Den moderna historien i ett förvaltningsperspektiv kan sägas börja då ett riksdagsbeslut 1880² lägger ansvaret för ruinernas vård och underhåll på Kungl. Vitterhets Historie- och Antikvitets Akademien (Kungl. Vitterhetsakademien) och samtidigt beslutar om årlig utdelning på 450 kronor, vilket

Figur 2.1. Den tidigaste tagna bilden av ringmuren i Gotlands Museums arkiv är fotograferad vid Kvarntornet före 1891. Det går att få en relativt god uppfattning av murverkens tillstånd. Krönet på muren några stenskiift ner från toppen är helt urlakat på bruk liksom murarna på Kvarntornet där västvinden kommer åt murytan. På murens läsida mot öster är murverket så bra skyddat att det ännu finns puts bevarat. Som en ögonblicksbild av murens generella status vid denna tid fattas kanske endast lokala skador av mer akut karaktär. Foto: Gotlands Museums arkiv.



1. Under murens administrativt funktionella tid fram till 1810 benämndes den alltid "stadsmur". Därefter har begreppet "ringmur" vunnit alltmer gehör och kan nog sägas vara allmänt vedertaget idag. På engelska är det dock "town wall" som ska användas och inte som dykt upp i vissa sammanhang "ring wall", eftersom det begreppet inte existerar.
2. Utdrag af protokoll öfver ecklesiastik-ärenden, hållet inför Hans Maj:t Konungen i statsrådet å Stockholms slott den 9 januari 1880. Bil no 7 till Kongl. Maj:t:s Nåd. Prop om statsverket 1880. Riksdagens arkiv.



Figur 2.2. Muren längs Studentallén tillhör de partier av muren där krönstenen tidigt jämnades till och lades om i KC-bruk. Fotot, av okänt datum, visar muren innan den första restaureringsinsatsen.

Foto: Gotlands Museums arkiv.

var första gången kulturhistoriskt värdefull bebyggelse fick ett ordinarie statsanslag. Även i ett restaureringsperspektiv kan ringmurens moderna historia sägas börja detta år eftersom det är då cementbaserade bruk används för första gången vid restaurering.

Kungl. Vitterhetsakademien agerade snabbt och gav riksantikvarien Hans Hildebrandt i uppdrag att utföra besiktning av ruinerna. I samband med detta³ uppmärksammades akut rasrisk i ett parti väster om Söderport och redan samma år lät Hildebrandt ”återförsätta muren i dess förra skick” för en summa motsvarande ungefär 300 dagsverken, räknat på lönen för en hantverkare.

Statens anslag fördubblades 1904 men blev därefter oförändrat till mitten av 1920-talet. Inledningsvis agiterade kulturmiljövårdens företrädare inte aktivt för att öka tilldelningen av medel. Detta blev dock en viktig del av riksantikvariens arbetsuppgifter, från början på 1920-talet och fram till andra världskrigets slut.

Privat donation

År 1898 erbjöds Kungl. Vitterhetsakademien en donation från professor Hjalmar Sjögren som ett bidrag till uppmätning av och forskning om ringmuren. Detta arbete, utfört under ledning av Emil Eckhoff, kom att innebära mycket

3. Hildebrandt H 1880.

för vården av ringmuren genom den uppmärksamhet som det nästan 30 år långa projektet kom att få. Eckhoff var naturvetare, arkeolog och antikvarie vid Kungl. Vitterhetsakademien mellan 1878 och 1915.

På begäran av Kungl. Vitterhetsakademien, som nu hade börjat vara mer aktiv i kulturminnesarbetet, erhöles 1899 ett villkorat bidrag från riksdagen på 18 050 kronor för vården av ringmuren. Villkoret var att Visby stad samtidigt skulle skjuta till 2 500 kronor, vilket måste tolkas som att staten inte ansåg sig ha tagit hela ansvaret för ringmurens vård. Från staden Visbys sida framtonar en annan tolkning. Riksdagsmannen Carl Johan Bergman skriver 1901, utifrån ett lokalpolitiskt perspektiv, att ”Visby ruiner från den dagen blivit erkända som svenska statens egendom” och syftar då på beslutet i riksdagen 28 maj 1880. Kungl. Vitterhetsakademien fick då uttryckligen i uppdrag att ta hand om vården för ringmuren (Bergman 1901).

Oklarheten om var statens ekonomiska ansvar slutar har därefter levt vidare under hela 1900-talet, liksom en treenighet av kommunala, statliga och privata insatser för ringmurens vård.

Trots statsmaktens tvetydiga hållning i ansvarsfrågan kom omfattande extraanslag från riksdagen vid några tillfällen kring sekelskiftet 1900. Det första från 1899 motsvarade omkring 10 000 dagsverken och användes för att utföra de restaureringsförslag omfattande 69 olika avsnitt av muren som Emil Eckhoff utarbetat 1897.

Arbetet under de första 20 åren av 1900-talet inriktades på akuta åtgärder som att bygga strävpelare, uppmurning där rasrisk förelåg samt avtäckning av krön med cementbaserat bruk.

1920-talet

Riksantikvarien Oscar Montelius riktar klagomål mot riksdagen för otillräckliga anslag för ruinvården i Visby. Han når framgång på det lokala planet när han genom ”tiggARBREV” får Visby stad att bidra till restaureringen av S:t Görans ruin. Enligt referat i en av de lokala tidningarna diskuterade stadsfullmäktige ärendet⁴. Här hävdades att Visby stad ”avhänt sig äganderätten” och att staten ”erkänt” sin skyldighet att underhålla ”våra” ruiner. Fullmäktigedebatten var behäftad med flera konstigheter. Dels förefaller det finnas en – oriktig – uppfattning att staden tidigare ägt kyrkoruinerna. Dels förefaller man ovillig att sluta se på ruinerna som stadens egendom, trots att man avhänt sig äganderätten. Med hänsyn till ruinernas ”stora betydelse för turismen” enades fullmäktige slutligen om att ge ett bidrag till S:t Görans ruin. Detta är givetvis ett beslut som ytterligare förvirrar bilden kring underhållsansvaret för ruinerna.

Montelius efterföljare på posten som riksantikvarie, Sigurd Curman, var mycket aktiv i restaureringssammanhang. Han fortsätter företrädarens arbete

4. Konservering av S:t Görans ruin. Gotlands Allehanda 9/11 1921.

att bearbeta både Visby stad och riksdagen för att utöka penningtillgången. Från 1923 betalar riksdagen ett ordinarie reservationsanslag på 5 000 kronor,⁵ samtidigt som Visby stad levererar 3 000 kronor. Fram till 1932 fortsätter detta samarbete mellan stad och stat på ungefär samma nivå, motsvarade ungefär 1500 dagsverken per år för hantverkare.

I ett tiggarbrev som Curman ställde till Visby stad 1923 finns ur ett förvaltningsperspektiv intressanta aspekter, då riksantikvariens förhållande till och syn på Visby ruiner tydligt framgår. Curmans skriver ”Att vidmakthållandet och klarläggandet av dessa viktiga minnesmärken måste vara en hela landets angelägenhet har sedan länge erkänts och även i praktiken bevisats genom de betydande summor, som av statsmakten vid olika tillfällen beviljats för att underhålla och konservera Visby ruiner”.

Det faktum att Curman i det två sidor långa brevet inte noterar åtskillnad i ekonomiskt eller förvaltningsmässigt åtagande mellan kyrkoruinerna och ringmuren tyder på att de ur Riksantikvarieämbetets statliga förvaltningsperspektiv hanteras som likvärdiga.

Under 1920-talet var restaureringsaktiviteten på ringmuren av samma omfattning som den varit under 2000-talet, alltså i princip obefintlig. Kanske inte för att ringmuren inte behövde restaureringar, utan troligen för att behoven ansågs större vid kyrkoruinerna.

Hur var det med cementen?

Det förefaller som om man i samband med restaureringar tidigt föredrog att använda bruksblandningar med cement. Riksantikvarien Hans Hildebrandt klagade på 1890-talet över att inte kunna förespråka cement i den utsträckning han önskade på grund av det höga priset.

Den första noterade cementbaserade restaureringen utfördes på ett parti väster om Söderport år 1880, vilket var tre år innan cement började produceras på Gotland. Då användes något som benämns som ”svartarbetad cement” för fogstrykning⁶. Cementen användes dock inte okritiskt och vid samma restaurering förespråkades ett ”välarbetat kalkbruk” för uppmurningsarbetet. Det hade varit intressant att kunna följa hur materialsammansättningarna var tänkta att fungera tekniskt, men tyvärr framgår detta inte i skrivelsen.

De första större restaureringsinsatserna fram till 1930-talet, efter att ha åtgärdat de akuta rassituationerna, utfördes till stor del genom att krönen jämnades till och täcktes med ett nytt lager kalkstensflis lagda i eller endast fogade med ett KC-bruk. Ibland toppades dessa med en torvläggning. Längs sjömuren förefaller denna metod ha använts redan under 1890-talet.

5. Ur riksantikvariens årsrapport. Fornvännen 1924.

6. Offert 1880 Mur 58 ATA.

Figur 2.3. Svartcement i fogar på torn 39. Detta fogbruk användes flitigt i första hand på kyrkoruinerna från 1880-talet. Brukets sammansättning och materialinnehåll finns det ingen kunskap om idag.
Foto: Jörgen Renström.



Figur 2.4. Metoden under 1930-talets restaureringar av krön gick ut på att plocka ner de tre övre stenskiften för att återuppmura dessa med originalsten lagt i "gott kalkbruk" med iblandning av 10 procent cement.
Foto: Jörgen Renström.



På 1930-talet har de tidigt utförda krönrestaureringarna vittrat sönder och förslag på nya lösningar ges. Nu överger man också det hårda "svartbruket" och experimenterar med nya hydrauliska bruksblandningar som Rödbruk (alunskiffer) och Ofalinbruk (vattenglas).

Så småningom vinner användandet av cement i olika former mer och mer utrymme vid ruinrestaureringar och från 1940-talet används det rutinmässigt vid fogning och injektering i muren, men även vid murning.

Metoden under 1930-talets restaureringar av krön gick ut på att plocka ner de tre övre stenskiften för att återuppmura dessa med originalsten lagt i "gott kalkbruk" (slagen) med iblandning av 10 procent cement (sannolikt volymprocent). Det övre murskiftet skulle dock läggas i en bädd med "ofalinbruk" (vattenglas). Hela den norra och delar av den östra muren restaurerades med denna metod, som kom att bli allmänt rekommenderad även på andra håll i Sverige.

1930-talet

Från början av 1930-talet och ett drygt decennium framåt gavs Riksantikvarieämbetet möjlighet att använda vapenfria värnpliktiga samt statliga anslag för ”statskommunalt reservarbete” för kulturvårdande insatser. Detta kom att betyda ökade restaureringsinsatser på kulturhistorisk värdefull bebyggelse i Visby, liksom i hela landet.

Med hjälp av dessa arbetsmarknadsåtgärder utfördes från 1935 omfattande restaureringar av i första hand krönen på ringmuren och ringmurstornen. Till skillnad från de beredskapsarbeten som utfördes från slutet av 1960-talet finns från denna tid ett omfattande foto- och textmaterial bevarat.⁷

Dessa restaureringar berörde mursträckor längs hela ringmuren, utom vid Södermur och en sträcka på ungefär 200 meter norr om Österport.

År 1932 beslutade stadsfullmäktige i Visby också att en del av de statskommunala reservarbetena skulle utföras vid arkeologiska utgrävningar av S:t Per och S:t Hans ruiner. Detta utgjorde dock endast 1,5 procent av de statsbidrag för ”hjälparbeten” staden omsatte detta år. Visby stad lät istället dessa ”nöd-hjälpsarbeten” fokusera på grävning av diken för vattenledningar i staden och på bygget av en stenmur runt den nya idrottsarenan Gutavallen.⁸

1940-talet

Under krigsåren minskade anslagen till Riksantikvarieämbetet⁹. Statsmaktens principiella strävanden var dock att bibehålla den, som man menade, väl utvecklade kulturminnesvård, syftande på den organisation för beredskapsarbete och civila värnpliktiga, som vuxit upp under 1930-talet.

På Riksantikvarieämbetet arbetade tjänstemännen aktivt för att få myndigheter, institutioner, företagare och enskilda att samarbeta för insatser i den praktiska kulturminnesvården.

Restaureringsinsatserna på ringmuren förblev dock mycket blygsamma under dessa år. En skadad arkadbåde murades upp norr om murtorn 31 och underhållsarbeten utfördes på mur 52 och 63.

De statliga arbetena med civila värnpliktiga utförde istället stora insatser på andra håll i Visby genom att bygga flygplatsen, anlägga vägar och stensätta gator.

1950–1960-talen

Genom bankir Tage Cervin riktades från år 1952 en period av omfattande privat filantropi mot ruinerna och ringmuren. Cervin kom att stödja ruinvården, fram till ett par år före sin död 1971, med sammanlagt ungefär tio miljoner kronor. Donationerna inspirerade bland andra Gullhögens bruk som började skänka cement (Gullex) från 1955. Detta pågick under några år, och var i sin

7. ATA Stadsmuren mapparna 5–8.

8. Visbys stadsfullmäktiges protokoll 1932, §128 och handling nr. 20.

9. Berthelson 1941 sid 107.

omfattning, i cement räknat, ganska stor. 1958 anlände 9 ton till Visby för att användas på ringmuren.

Sporadiska bidrag kom också från Cementa som tog upp konkurrensen med Gullhögen via cementdonationer men också i form av pengar från Lotterimedelsfonden och från Konung Gustaf VI Adolfs fond för svensk kultur.

Restaureringsarbetet under denna 20-årsperiod var den mest intensiva under 1900-talet och omfattade i stort sett hela murens sträckning. De åtgärder som utfördes kan sammanfattas som restaurering av vertikala murytor och fogar, där komplettering med nytt stenmaterial var relativt omfattande och där relativt hårda cementhaltigt material användes för uppmurning och fogning.

Ett murras 1962 strax söder om S:t Göransporten åtföljdes av ett omfattande restaureringsarbete, eftersom studier av muren i samband med raset blottade stora tekniska och strukturella svagheter i murens uppbyggnad. En metod för att ersätta den svaga lerbrukskärnan med en kärna av gjutna cementblock som band samman de två skalmurarna via armeringsjärn utarbetades. Dessa förstärkningar, som utfördes på minst tre platser, kan sägas utgöra cementanvändningens höjdpunkt under 1900-talet. Det långsiktiga resultatet av dessa arbeten kan ännu inte bedömas.



Figur 2.5: Fotografi taget 1964 under restaurering av insidan av mur 26 vid Norra Murgatan. Bilden beskriver ganska väl den generella statusen för stora partier av muren. Man förstår genom jämförelse med murpartiets utseende idag att det tillförts en hel del ny sten i muren och att fogarna med KC-bruk kunde bli ganska djupa, då den kunde vara eroderad upp till en halvmeters djup. Foto: Gotlands Museums arkiv.



Figur 2.6. Fotografi från 1969, det sista året med donation från Cervin, från insidan av sjömuren vid fastigheten Fregatten 11 i Almedalen. Muren är i uppseendeväckande dåligt skick vilket indikerar hur stort och akut behoven varit på andra håll tidigare under 1900-talet. Efter restaureringen av detta muravsnitt hade alla de mest skadade delarna av muren åtgärdats. Foto: Gotlands Museums arkiv.



Figur 2.7. Raset vid St Göransporten 1962 kom, liksom raset vid mur 38 år 2012, utan förvarning för de antikvariska myndigheterna. Orsaken vid de båda rasen är delvis desamma. En urlakad försvagad kärna utan bindning till skalmurarna, samt en medeltida påbyggnad utan åtgärder för att förstärka den underliggande muren, gjorde muren instabil.
Foto: Gotlands Museums arkiv.

1970–1980-talen, AMS

I samband med den stora bostadsbyggnadsboomen i Sverige från mitten av 1960-talet skapades motsägelsefullt också en ”stor” arbetslöshet. I själva verket låg arbetslösheten nästan aldrig på mer än 3 procent och bland byggnadsarbetare var det äldre ”utarbetad” arbetskraft och arbetare som ställdes utan försörjning vintertid som utgjorde de arbetslösa.

Som en lösning på detta, med den tidens ögon stora samhällsproblem, utvecklade Arbetsmarknadsstyrelsen (AMS) olika strategier. Bland annat inleddes ett nära samarbete med Riksantikvarieämbetet, som föreslog åtgärder på kulturbyggnader och fornminnen som kunde utföras som beredskapsarbete helt och hållet bekostat av AMS. På Gotland fanns ett stort antal lämpliga objekt i form av ruiner och gotländska kyrkor. Det nya samarbetet mellan de statliga organisationerna kom att bli långvarigt, och fick vartefter en allt fastare organisation. Den lokala organisation för ruinvård som Riksantikvarieämbetet upprättat under namnet ”Vårdsektion” i Visby (avvecklad 1972) övertogs och utvecklades av AMS. Myndigheten blev under ett tjugotal år huvudaktör för restaureringar, inte bara för Visbys ruiner och

ringmur utan även för medeltidskyrkorna över hela Gotland. Detta AMS-kontor utgjorde senare utgångspunkten för den Byggnadshyttan som startades i Visby med uppdraget att bedriva restaureringsverksamhet och bidra med kunskapsutveckling inom byggnadsvården.

Dokumentationen av restaureringar under denna tid är fragmentarisk. Tidrapporter och arbetsledarnas dagböcker ger dock möjlighet att följa arbetet. Om man under 1950- och 1960-talen ägnat sig åt akuta problem, så blev insatsen under 1970–1980-talen generellt en översyn av murytorna, vilka tidigare ansetts stå lägre på angelägenhetsskalan. Fogningsarbetet fortsatte, ofta vintertid, över stora ytor. Den största sammanhängande arbetsinsatsen gjordes över i princip hela den inre ytan av den östra muren, från Norderport till Österport. När denna epok gick mot sitt slut hade användningen av KC-baserade fogbruk nått sin höjdpunkt och täckte ungefär 40 procent av den totala murytan.

Den postmoderna eran

Riksantikvarieämbetet hade sedan 1972 inte haft någon fast representant på ön för den antikvariska bevakningen av ruinerna. För att underlätta översynen påbörjades därför 1980 ett avtalsreglerat samarbete med landsantikvarien på Gotlands Fornsal (som sedermera blev Länsmuseum på Gotland, nu Gotlands Museum) som sedan 1940-talet med skiftande intensitet utfört uppdrag åt Riksantikvarieämbetet. Gotlands Museum gavs ansvaret för den löpande tillsynen och underhållet. Arrangemanget underlättade tillsynen för Riksantikvarieämbetet och blev en arbetsfördelning som ännu idag fungerar på ett liknande sätt.

1980-talet blev relativt händelsefattigt beträffande restaureringsinsatser. Rent generellt hade AMS-insatserna minskat sedan 1984, och 1989 hade länsarbetsnämnden (som hanterade AMS-bidraget) inte avsatt några pengar för ruinvården. Orsaken var bättre konjunkturer med färre arbetslösa, men också en förändrad arbetsmarknadspolitik. Utbildning och praktikplatser på företag ansågs vara en bättre arbetsmarknadsåtgärd för de drabbade individerna än de relativt okvalificerade byggarbeten som de flesta restaureringsarbeten erbjuder.

Ganska omgående efter dessa förändringar uppmärksammades finansieringsproblemen för vården av kulturmiljöer av oroliga tjänstemän på Riksantikvarieämbetet. I samarbete med stora bidragsgivare som Cementa och Gotlandslinjen (det bolag som bedrev båttrafiken till fastlandet) startades kampanjen ”Rädda Visby ringmur”, vars syfte var att få igång en omfattande informations- och restaureringsinsats.

1990–2000-talen

”Rädda Visby ringmur” blev en framgångsrik kampanj, med en omsättning på nästan 10 miljoner kronor fram till 1996. Informationsarbete och propaganda för kulturmiljövårdens behov bedrevs intensivt. Restaureringar på alla avsnitt av muren utfördes, men med högst intensitet på den östra muren söder om Österport. Parallellt med restaureringsarbetet skedde forskning och utvecklingsarbete kring kalkbruk och dess användning. I och med detta bröts den ohämmade och okritiska användningen av KC-bruk, som varit rådande sedan 1940-talet.

Efter ringmurskampanjen var ringmuren i sin kanske bästa kondition någonsin. Direkta restaureringsinsatser efterfrågades inte de närmaste åren från Gotlands Museum eller Riksantikvarieämbetet. Samtidigt pågick en omstrukturering av Riksantikvarieämbetet under ledning av riksantikvarie Erik Wegraeus, som tillträtt ämbetet 1993. Myndighetsrollen stärktes och moderna informationsplattformar byggdes ut. Samtidigt breddades ansvarsområdet i utbyte mot den expertkunskap som tjänstemännen haft på till exempel restaureringsområdet.

Gotlands Museum, som fortsatt hade ansvaret för det normala underhållet, efterfrågade därför en utvecklad strategi för vården. År 2002 fick de uppdraget från Riksantikvarieämbetet att upprätta en vårdplan.

Utgångsperspektivet i vårdplanen blev ”underhåll med minsta möjliga ingrepp för att bevara den tekniska statusen” och byggde på erfarenheterna från ”Rädda Ringmuren-kampanjen”. Här uttalades inte någon tydlig åsikt kring murverkens status, men däremot oro för att cementfogarna som applicerats på nästa 40 procent av murens drygt 50 000 kvadratmeter under 1950–1970-talen på sikt hotade murens interna klimat och därmed dess stabilitet. Partier av muren där både ut- och insida fogats med KC-bruk ansågs som särskilt utsatta. Bakom denna beskrivning låg empiriska kunskaper inom restaureringsbranschen, men inga specifika undersökningar av ringmuren. Vårdplanen förordade ett kontinuerligt underhåll, inkluderande utbyte av all cementbaserad fog. I ett hundraårigt tidsperspektiv kunde detta utföras till en årlig kostnad av 855 000 kronor i dagens penningvärde.

Önskemålen om kontinuitet och långsiktighet fick dock litet utrymme. Dokumentet blev en hyllvärmare som det refererades till i åskanden för åtgärder, men blev aldrig utgångspunkt för ett reellt vårdarbete.

Efter ”Rädda Ringmuren”-kampanjens avslut var ringmuren i gott skick varför kyrkoruinerna prioriterades. Förvaltningsupplägget har varit att Gotlands Museum föreslagit årliga åtgärder till Riksantikvarieämbetet som hanterats av tjänstemännen, vilka oftast anslagit de begärda pengarna. Medlen hämtades till största delen från fondmedel. Stadsmuren och kyrkoruinerna har i dessa sammanhang hanterats utan hänsyn till ägarförhållandet. Det har

Figur 2.8. Rekonstruktioner av väktargångar har diskuterats sedan 1980-talet. Det har presenterats flera förslag, men de antikvariska myndigheterna har alltid avstyrkt byggnadsplanerna, med motivation att det föreligger osäkerhet om förslagens historiska korrekthet. Då "brukarambitionerna" blivit viktigare under 2000-talet har möjligheten att använda sig av miljön ansetts vara viktigare, och tillstånd gavs för att uppföra denna inte helt historiskt korrekta "väktargång". Initiativet var politiskt och pengarna kom via EU-bidrag.
Foto: Jörgen Renström.



varit självklart att behoven har styrt bidragens riktning. De årliga insatserna har riktats mot säkerhets- och tillgänglighetsanpassningar så som växtröjning, återläggning av nedfallna tegel från tornen och för mindre fogningsarbeten främst i samband med skador efter växtröjning. Vid ett tillfälle har fogning utförts för att förhindra möjligheter till klättring på muren.

Under denna tid förändrades kulturmiljövårdens roll i samhället. Kulturmiljöarbetet fick alltmer en inriktning som svängde från vård och underhåll till att arbeta mer för att bruka och utveckla objekten. För kulturmiljövården generellt har det i praktiken inneburit mindre resurser för vård och underhåll från statliga kulturmiljöbidrag, men större möjligheter att få andra typer av bidrag för kulturmiljöer, exempelvis EU-bidrag för att utveckla turism.

Denna utveckling har varit tydlig även när det gäller kyrkoruinerna, trots att dessa inte tilldelas det statliga kulturmiljövårdsbidraget, där många insatser under senare tid syftat att göra dem tillgängliga för bredare grupper. Det har framförallt gällt kompletteringen av S:t Nicolai ruin i Visby till en kulturarena, men också mindre insatser såsom räcken på Helge Andes ruin och kalkstensflis till golv i S:ta Katarina ruin. För ringmurens räkning har fasadbelysning installerats med bidrag från privata sponsorer och kommunen. 2001 invigde Gotlands Museum en utställning i Kajsartornet efter en större ombyggnad. Dalmanstornet och Kajsartornet har fått nya entrétrappor och en väktargång invigdes vid Silverhättan 2010.

2.2 Senare tiders förvaltningsdiskussion

Under 2000-talet har Region Gotland och Riksantikvarieämbetet fört diskussioner om den framtida förvaltningen och det ekonomiska ansvaret för underhållet av ringmuren. Staten har sedan 1880-talet tagit ett förvaltningsansvar för ringmuren och det ansvaret kvarstår, men förslaget från staten är att kulturmiljövårdsbidraget finansiera vård och underhåll av ringmuren i framtiden. Förvaltningsfrågan bör lösas under kommande år. Då Riksantikvarieämbetets kulturfastigheter 2015 övergått till Statens Fastighetsverk har Riksantikvarieämbetet inte kvar någon avdelning eller personal för fastighetsförvaltning. Samtal om en framtida lösning mellan Region Gotland och Riksantikvarieämbetet har påbörjats.

Rekonstruktioner?

Rekonstruktioner av kulturmiljöer, och då främst ruiner, var en viktig del i det europeiska nationsbyggandet under 1800-talet. På Gotland skedde detta nationella uppvaknande genom en våg av rekonstruktioner av landsbygdens ruiner under 1920–1930-talen. När det gäller ringmuren har det dock sedan 1860-talet funnits en stark antikvariskt återhållsam syn på rekonstruktioner.

Därför kan vi idag, med en ganska stolt antikvarisk gest, hävda att ringmuren är ”äkta vara” och att det inte utförts några rekonstruktioner här, till skillnad från på så många uppmärksammade stadsmurar. Detta är dock en sanning som kan diskuteras!

Hur mycket av rasade murpartier kan återuppbyggas utan att det måste betecknas som rekonstruktion? Var går gränsen för ”äkta vara” om man problematiserar restaureringarna vid Sjomuren i kvarteret Fregatten på 1960-talet? Kan byggandet av trappor vid murtornen och väktargången vid Silverhättan anses störa murens ursprunglighet?

En tydlig ambition att omgestalta muren till ett äldre tillstånd, alltså en uppenbar rekonstruktion, har bara utförts, författaren veterligt, på Nordermur vid Rackarbacken.

2.3 Vad kan vi lära?

I samband med en tillbakablick som denna ställer det sig naturligt att fråga om vi lärt något av vårdarbetet som gjorts under 1900-talet. Vi kan noterat att 1930-talets krönävtäckningar med KC-bruk har varit framgångsrika, räknat på åtgärdernas livslängd. De antikvariskt motiverade försöken med svagare täckningsbruk, som gjordes då materialmedvetenheten börjar utvecklas på 1990-talet, slog däremot inte alltid väl ut. Idag, med utgångspunkt i de små förvaltningsresurser som finns och kan förväntas finnas i framtiden, är det naturligt att bygga vidare på tidigare empiri och avsluta drömmen om ett naturligt hydrauliskt bruk som klarar krönävtäckningens utmaningar i mer

Motstående sida:

Figur 2.9. Det kanske tydligast genomförda rekonstruktionsarbetet gjordes i början av 1900-talet vid Nordermur. Vid Rackarbacken återuppbyggdes stödmurens arkader samtidigt som delar av muren revs ner till den första murens krenelerade utförande.

Före återuppbyggnaden (överst).

Foto: Waldemar Falcks arkiv.

Efter återuppbyggnaden (nederst). Foto: Gotlands Museums arkiv.



än ett fåtal år. Från antikvariskt håll fanns därför inga invändningar, då ett cementavtäckt krön förordades av konstruktören vid restaureringen av det senaste raset vid mur 38.

En annan reflektion berör de utmärkta initiativen till material- och metodforskning som gjordes under restaureringen på 1990-talet. Dock gick en stor del av dokumentationen förlorad i enskilda tjänsterum eller har blivit oanvändbar i brist på bearbetning. Som en lärdom av detta är det viktigt att dagens forskning, med bas i Uppsala universitets konstvetenskapliga institution, stöds från förvaltarens sida. Detta för att garantera långsiktighet och kontinuitet och att erfarenheterna arbetas in i en kommande förvaltares organisation.

3. Raset 2012 och byggnadsarkeologin – ett fall framåt

Mats Anglert med bidrag av Håkan Thorén och Per Widerström

Kunskapen om världsarvet är viktig

Världsarvet Hansestaden Visby inför 2000-talet
– ett handlingsprogram med åtgärdsplan

3.1 Inledning

Visby är en mycket välbevarad historisk stad som fortfarande förmedlar en stark medeltida känsla. Denna vilar på det ålderdomliga gatunätet, de många kyrkoruinerna och stenhusen från tiden, men kanske framför allt på den mycket välbevarade stadsmuren kring staden. Muren, som har en längd av 3,4 kilometer, är en av norra Europas bäst bevarade stadsmurar från medeltiden. Mot denna bakgrund upptogs 1995 Visby på UNESCO:s världsarvslista över de kultur- och naturobjekt som har särskilt stort universellt värde.

Idag skyddas stadsmuren och kyrkoruinerna av Kulturmiljölagen, då de är fornlämningar, medan omkring 270 av stadens äldre byggnader är skyddade som byggnadsminnen. Äldre stadslager, från tiden före 1850, är också fornlämningar. För Visbys del inkluderar detta även stora områden utanför stadsmuren.

Artikel 5 i Världsarvskonventionen tar upp säkerställandet av effektiva och aktiva åtgärder för skydd, bevarande och levandegörande av kultur- och naturarvet. För denna rapport är det av särskild betydelse att nämna ett par punkter under denna artikel. Det gäller strävan att från det aktuella landets sida:

- utveckla vetenskapliga och tekniska studier och forskning samt utarbeta sådana arbetsmetoder som gör det möjligt för staten att motverka de faror som hotar dess kultur- och naturarv,
- vidta lämpliga rättsliga, vetenskapliga, tekniska, administrativa och ekonomiska åtgärder som är nödvändiga för identifiering, skydd, bevarande, presentation och återställande av detta arv,
- främja upprättande eller utveckling av nationella eller regionala centra för utbildning i skydd, bevarande och levandegörande av kultur- och naturarvet samt uppmuntra vetenskaplig forskning på detta område.

I kommunens handlingsprogram för världsarvet utpekas ett antal strategiska utvecklingsområden. Enligt Världsarvskonventionen är delaktighet som grundar sig på kunskap viktig för en ökad förståelse av kultur- och naturarvet.

För att uppnå detta har tre mål presenterats:

- Öka kunskapen om världsarvet hansestaden Visby.
- Bättre utnyttja världsarvet i marknadsföringen av Visby och Gotland.
- Uppfylla åtagandena i enlighet med UNESCO:s världsarvskonvention.

Murraset i februari 2012 genererade en omfattande diskussion kring återställandet av det skadade murpartiet, möjligheterna att förutse och förebygga framtida ras samt bristen på forskning kring det aktuella byggnadsverket. I förlängningen utkristalliserades ett större och mer generellt behov av ökad kunskap om historiska byggnader och deras material, och då i synnerhet utifrån ett byggnadsarkeologiskt perspektiv. I ett sådant sammanhang framstår det rasade partiet av Visby stadsmur som en god utgångspunkt för att identifiera forsknings- och utvecklingsfrågor inom byggnadsarkeologin och att formulera en vetenskaplig problematisering av de medeltida städernas befästningar.

Vad är då byggnadsarkeologi? Enligt Nationalencyklopin är det en riktning inom den arkeologiska vetenskapen där historia skapas utifrån undersökningar av materiella lämningar efter mänskligt liv. Byggnadsarkeologin etablerades under 1960-talet mot bakgrund av att historiska byggnader i allt högre grad kom att studeras utifrån ett arkeologiskt synsätt (Cinthio 1963:198; Eriksdotter 2005:14ff). Tidigare hade äldre byggnader framför allt dokumenterats och analyserats med en tydlig förankring i ett konsthistoriskt eller estetiskt synsätt. Under senare tid har byggnadsarkeologin utvecklats i samklang med den allmänna arkeologins teoretiska och metodiska utveckling. Det kan handla såväl om ett kontextuellt förhållningssätt som om en utvecklad digital dokumentation och 3D-modellering.

3.2 Forskningshistorik och kunskapsläge

Ett stort intresse har under lång tid riktats mot Visby stadsmur och dess historia, som sträcker sig ifrån det att den byggdes fram till idag. Intresset för muren kommer naturligtvis även att finnas i framtiden. Detta beror på att stadsmuren ur ett nordiskt perspektiv kan betraktas som både unik, den enda stående av ett begränsat antal, och dessutom mycket välbevarad. Den omtalas första gången 1288 och dess framtid kan bli mycket lång då muren ingår i världsarvet Hansestaden Visby. Källmaterialet består även av få medeltida skriftliga dokument, men antalet beskrivningar av muren tilltar under senare tider, inte minst under 1800- och 1900-talet i samband med restaureringar av muren. Det finns ett mycket stort kartmaterial och teckningar över Visby stad från slutet av 1500-talet som även återger muren med dess vallar och gravar. Men det viktigaste källmaterialet utgör naturligtvis själva stadsmuren samt de undersökningar och iakttagelser som gjorts av denna.

Kunskapen om stadsmurens byggnadshistoria framstår idag som tämligen begränsad, trots en omfattande forskning. Den framstår som splittrad och

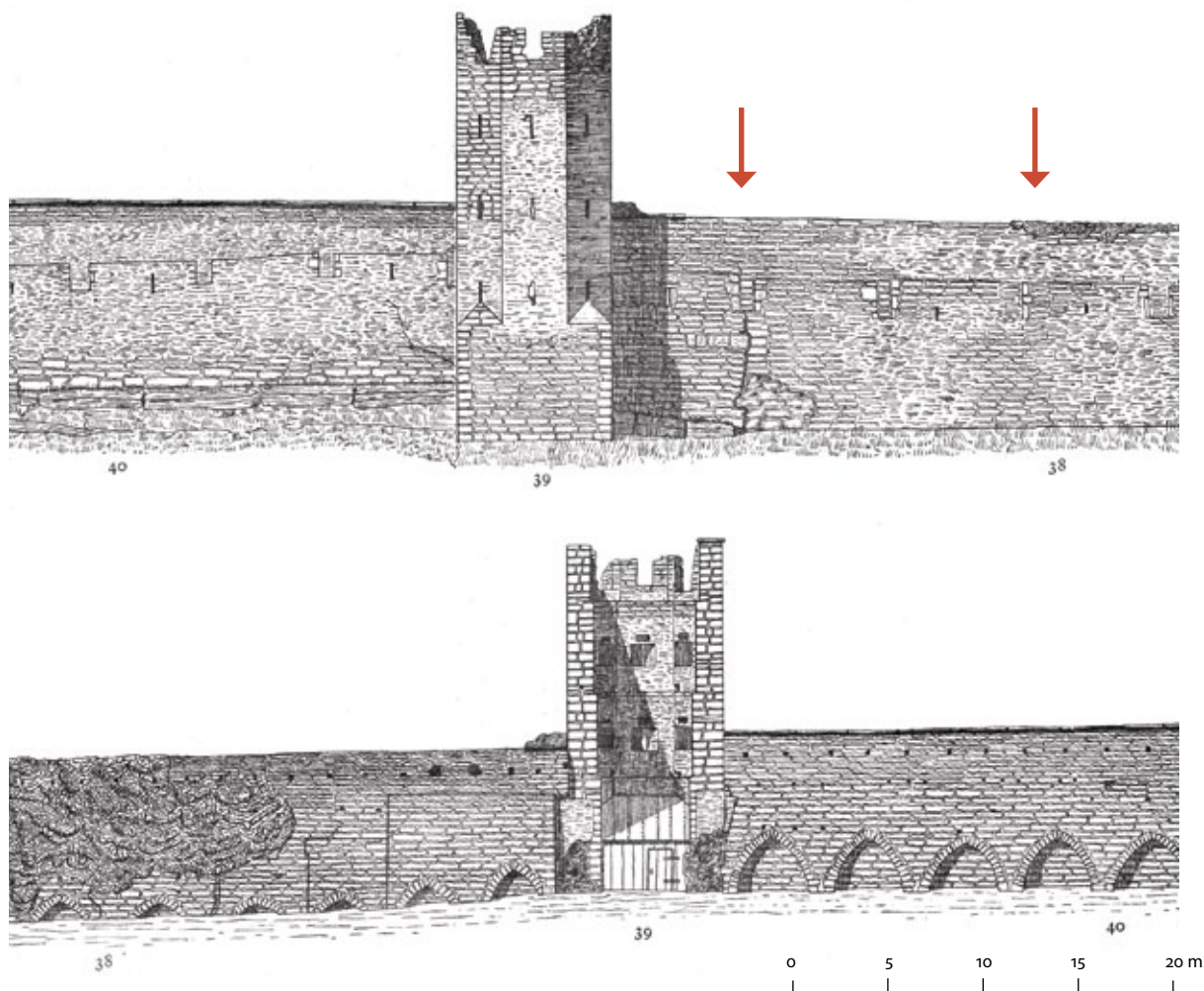
fragmenterad då sammanställningar saknas. Det finns många påståenden kring stadsmurens kronologi, men det är sällan det framgår vad dateringarna grundas på. Förutom omnämmandet 1288 har stadsmurens kronologi utgått från de dendrokronologiska dateringarna som gjorts på bjälkar i muren (Bråthen 1995; Bartholin 1998). Den dendrokronologiska provtagningen har emellertid sällan någon stratigrafisk eller byggnadsarkeologisk analys att vila mot, varför det finns en osäkerhet kring vad som daterats. I grova drag kan dock murens kronologi fastställas. Tillkomsten kan förläggas till den senare halvan av 1200-talet och viktiga förändringar till strax efter mitten av 1300-talet. Murens äldre historia har ägnats störst intresse.

Städers försvar, utifrån förekomsten av stadsmurar, har genererat en mycket begränsad forskning i Sverige och övriga Norden. Detta beror sannolikt på att det inte funnits så många och att ytterst få har bevarats. I Sverige är det endast Visby stadsmur som har bevarats och kunskapsläget i övrigt, framför allt baserat på skriftliga dokument och arkeologi, är tämligen skralt. I större översiktsverk kring borgar och befästningar i Sverige intar stadsbefästningarna i form av stadsmurar från medeltiden en mycket blygsam roll (exempelvis Lovén 1996). Även stadsmurarnas roll i urbaniseringen har ägnats knapphängigt intresse på ett övergripande plan (exempelvis André 1985, Andersson 1990, 2003). Detta visar på, och är en följd av, ett mycket begränsat källmaterial. I studier av enskilda städer behandlas dock olika typer av begränsningar av staden, allt från diken (gravar) med vallar till murade stadsmurar.

Försvar och avgränsning av stadsområdet har betraktats som starkt bidragande till att stadsmuren i Visby byggdes, men även till att den påbyggdes och förhöjdes under 1300-talet. Innanför murarna gällde speciella regler, både juridiska och administrativa, liksom för handeln. Stadsmurens tillkomst har satts i samband med schismer och en splittring mellan gotlänningarna på landsbygden och borgarna i staden. Muren har betraktats som ett viktigt steg i Visbys frigörande från det övriga gotländska samhället. Funktionella motiv bakom stadsmurarnas tillkomst var under lång tid den dominerande synen inom forskningen. Under senare tid har emellertid andra perspektiv av mer social och symbolisk karaktär tillfogats förståelsen av dessa lämningar. Stadsmurar antas även i hög grad ha signalerat status och identitet för staden och dess invånare (Coulson 1978, 1982, 2003; Johnson 2002; Creighton & Higham 2005; Hansson 2006; Larsson 2006).

Förundersökningen

Vid undersökningstillfället i mars 2013 hade ingen säkring av det skadade partiet av muren gjorts, varför risken för ytterligare ras var överhängande. Något närgående studium av den rasade muren gick inte att göra, utan iakttagelser fick ske på avstånd och utifrån en omfattande fotodokumentation.



All dokumentation begränsades även av det väderskydd, i form av ett tält, som placerats kring det skadade murpartiet. Förundersökningen genomfördes under två dagar i fält och vilade på en begränsad förförståelse av det aktuella murpartiet. Arkivmaterial och tidigare iakttagelser inhämtades först efter dokumentationen i fält. Den allmänna uppfattningen av denna del av stadsmuren var att den bestod av två huvudsakliga faser, den äldre muren och den påbyggda muren. Den äldre muren avtecknas genom en tydlig, kreneleerad bröstvärmur på murens utsida. En skytte- eller väktargång har hört till denna fas. Den senare fasen av muren innebar att den förhöjdes och att skyttegången murades igen med en ”flaskformig” påbyggnad.

Syftet med förundersökningen var att ge ett digitalt underlag i 3D och att beskriva läget innan återställningsarbetet av muren påbörjades. Eftersom det förelåg stor rasrisk var detta den enda möjligheten att göra en noggrann dokumentation av rasets effekter. Samtidigt gav det ett nödvändigt underlag till vilka partier av muren som måste plockas ner och vilka säkerhetsanordningar detta i så fall krävde. Genom foto- och laserskanning av det aktuella murpar-

Figur 3.1. Teckning från början av 1900-talet av det aktuella murpartiet (Eckhoff 1922 Bl 57). Uppmätning av arkitekt K. A. Berlin och renritning av amanuens E. Sörling under ledning av arkeolog E. Eckhoff.

tiet skapades ett punktmoln (Appetecchia m.fl. 2013). En 3D-bild togs fram över den aktuella delen av Visby stadsmur med en teknik som heter ”Structure from motion”. Tekniken kallas också populärt ”fotoskanning” och bygger på att man tar en serie överlappande fotografier som därefter behandlas i ett datorprogram och efter olika beräkningar omtolkas till en tredimensionell bild. Dokumentationen och bearbetningen av skanningen utfördes av Håkan Thorén vid Statens historiska museers arkeologiska uppdragsverksamhet.

Någon sentida dokumentation eller fotografier av det aktuella murpartiet innan raset har inte framkommit i de arkiv som genomgicks översiktligt i samband med undersökningen. För att få en uppfattning om murens utseende före raset har den av Emil Eckhoff publicerade ritningen av murpartiet använts i denna undersökning, även om den till vissa delar är källkritiskt problematisk. På ritningen syns en tydlig sprickbildning eller förtagning som sammanfaller med den södra raskanten och murpartiet (figur 3.1 och 3.2). Sprickan ansluter precis till en förändring i grundläggningen av muren. Söder om sprickan vilar muren, och det närliggande marktornet, på det idag synliga berget. Norr om går det inte att säga något om grundläggningen, förutom att den ligger lägre och under dagens markyta. Längst ned och precis höger om sprickbildningen har även en trolig lagning markerats. Den vaga markeringen av skytteöppningen i övre högra kanten av raset kan tyda på ommurningar eller lagningar av murverket. Vid uppmätningen har inte den södra begränsningen av öppningen kunnat ses, varför den har streckats där den borde ha varit.

Vid förundersökningen konstaterades att det yttre skalet av den nedre delen av muren och bröstvärmuren hade släppt från den nedre murens kärna och den senare påbyggda förstärkningen. Det rasade partiet av murens utsida hade en oval form och mätte cirka 11 x 7 meter. Raset har förmodligen börjat i den nedre delen, varvid bröstvärmuren och en del av den senare påbyggnaden har följt med i fallet. Mellan bröstvärmuren och den senare förstärkningen ovan skyttegången har ingen förankring funnits, varför den fallit lätt. Den södra raskanten sammanföll med sprickbildningen som redan dokumenterats i början av 1900-talet, medan den norra raskanten gick vid den på ritningen streckade skytteöppningen.

Inom rasytan kunde flera, mer eller mindre tydliga, horisontella skiften eller förändringar i murverket ses (figur 2). Tydligast var en distinkt förändring av murverket, vilken tolkades ha ett samband med skyttegången till den äldre muren. Den bestod av ett kalklager som överlagrades av ett humöst lager och i lagren avtecknade sig två tydliga bjälk- eller bomhål. Det var en stor nivåskillnad mellan markytan innanför och utanför muren, cirka 2,5 meter, vilken bedömdes ha avtecknat sig även i murverket genom en färgskiftning till följd av högre fuktighet i den nedre delen. Slutligen kunde även



Figur 3.2. Det rasade murpartiet.
Foto: Jörgen Renström.

höjden på den äldre muren avläsas utifrån ett negativt avtryck efter den rasade bröstvärnsmuren, vilken låg i nivå med de synliga tinnarnas övre kant i den krenulerade muren. Några utskjutande stenar mitt emellan de båda skytteöppningarna i kanten på den rasade ytan var avtryck efter den mellanliggande skytteöppningen.

På insidan av muren var de båda bjälkhålen eller bomhålen synliga, varför de efter raset gick genom hela den kvarstående muren. De har även här indikerat nivån för skyttegången, men någon tydlig förändring i murverket kunde inte iakttas här. Murverket på insidan föreföll tämligen homogent, varför det inte kunde fastställas från vilken nivå det inre skalet till den senare påbyggnaden hade påbörjats. En knapp meter under krönet på murens insida fanns också en rad med tätt sittande, kraftiga bomhål som anses ha burit en skyttegång eller skyttegalleri av trä.

Förundersökningen av muren visade på en tämligen homogen stadsmur. I den norra delen av rasytan fanns det dock stora håligheter i muren, och bitvis framstod den som mycket ”rösig”. På murens utsida fanns indikationer på reparationer och spår efter ommurningar. Den inre skalmuren mot staden gav emellertid ett enhetligt intryck, men föreföll att till stora delar ha fogats om.

Tidigare dokumentation, beskrivningar och underhåll

I början av 1900-talet gjordes en omfattande dokumentation i samband med restaurering av stadsmuren. Restaureringen eller konserveringen gjordes under ledning av arkeologen Emil Eckhoff, som har utfört ett flertal byggnadsrestaureringar, inte minst av kyrkor, och som beskrivits vara motståndare till stiltillhistoriska restaureringar. Arbetet med Visby stadsmur har enligt det

bevarade arkivmaterialet förmodligen påbörjats i slutet av 1800-talet. Besiktningar med skaderedogörelse och åtgärdsförslag upprättades 1897 i samarbete med byggmästare Nils Pettersson. Konserveringen, dokumentationen och byggnadsundersökningen pågick under de följande två decennierna. De 1922 publicerade renritningarna av uppmätningen omfattade hela muren, både in- och utsida, och bestod av 90 planscher (Eckhoff 1922). Uppmätningen utfördes av arkitekt Karl Berlin och renritning gjordes av amanuens Erik Sörling vid Statens historiska museum. Mursträckningar och marktorn gavs vid detta tillfälle en numrering som fortfarande används. Dokumentationen förefaller dock ge en bild av muren efter den delvis omfattande restaureringen, vilket framgår tydligt av ritningen över den aktuella muren 38. Det framgår inte med vilken detaljeringsgrad uppmätningarna har skett; det förefaller som om att vissa detaljer har ägnats större omsorg medan andra större murpartier har ritats mer schablonmässigt. Efter Eckhoffs död 1923 fick Otto Janse uppdraget att sammanställa och slutföra dokumentationen genom publiceringen av det planerade textbandet (Eckhoff & Janse 1936). Förekomsten av ett eventuellt originalmaterial i form av anteckningar, skisser eller konceptritningar till planscherna och beskrivningarna framgår inte av det publicerade materialet, men kan möjligen finnas i Emil Eckhoffs arkiv eller i Otto Janses arbetspapper i Antikvariska-topografiska arkivet (SE/ATA/ENSK/47-1; SE/ATA/ENSK/58-1). Undersökningen har fått ett stort genomslag och senare murverksundersökningar och underhållsarbete har i stor utsträckning relaterat till denna omfattande undersökning.

Sedan bygget under medeltiden påbörjades har förbättringar och ett omfattande underhållsarbete samt flera reparationer och restaureringar gjorts på Visby stadsmur. Redan under medeltiden har murar rasat med reparationer som följd, men muren har även utvecklats utifrån samtidens idéer och ambitioner. Av störst omfattning har säkerligen påbyggnaden och förhöjningen av muren varit, vilket sannolikt skedde omkring 1360. Underhåll och reparationer är nödvändiga för alla byggnadsverks fortlevnad, i annat fall tenderar de att snart falla samman. Hur omfattande underhållet av Visby stadsmur har varit går inte att utläsa eller uppskatta, men det bör ha varit tämligen omfattande. Carl Georg Brunius skriver i sin *Gotlands Konsthistoria* att landshövdingen A. Sparrfelt 1710 åter stärkte stadsmurens försvar genom att framför allt förbättra marktornen (Brunius 1864:296ff; se även ATA). Han beskriver även återuppbyggnaden av muren efter erövringen 1361 och pekar på de ställen som raserats 1509 och 1525 av soldater från Lübeck. Dessa tidiga uppgifter går inte att verifiera, utan kan ha sitt ursprung i traditionsberättelser. Brunius nämner även att större ras hade inträffat 1822, 1846, 1849 och 1863. Ett flertal restaureringar eller konserveringar har därefter genomförts under den senare delen av 1800-talet och början av 1900-talet (ATA). Den östra muren tycks ha varit

i stort behov av reparationer och förstärkningar. Under benämningen Konserveringen 1872 omtalas raset året innan vid Jägargilletts skjutbana tillsammans med en kortare beskrivning av murens tillstånd av byggnadsinspektören Fredrik Beckman. Ett annat exempel är konserveringen 1885 av den kungliga arkitekten Emil V. Langlet, som åren innan hade restaurerat kyrkoruinerna i staden. Troligtvis var det i samband med konserveringen av ruinerna som cement först togs i bruk i Visby. Langlet hade under sin karriär utfört ett antal ”stilrestaureringar”, exempelvis av Uppsala domkyrka.

En undersökning av Visby stadsmurs stabilitet och bevarandestatus gjordes på 1980-talet av Sven-Olof Lindquist (Lindquist 1987). Efter en genomgång och beskrivning av muren sammanfattar han resultaten kvantitativt, vilket ur flera perspektiv är intressant att reflektera över. Antalet bevarade murpartier med full höjd är 17 stycken med en sammanlagd längd av 1170 meter, vilket motsvarar en tredjedel av stadsmurens totala längd. Av sammanlagt 34 olika säkert belagda rasparter är sju från 1800-talet och ett från 1900-talet. På flera andra ställen har muren försetts med olika försträvningar. På 15 ställen har murpartier rasat och återuppbyggt redan under medeltiden. Den sammanlagda längden av dessa ras är 460 meter. Brist på grundläggning, tryck från insidans jordmassor, frånvaron av förband i muren och den instabila påbyggnaden ses som starkt bidragande orsaker till rasen. Lindquist avslutar med att det troligtvis är tack vare de stabilt byggda marktornen som muren har bevarats i den utsträckning den har i dag.

Mur 38

Flera av de ovan nämnda insatserna och förbättringsförslagen var riktade mot Östermur, som tidvis och bitvis föreföll ha varit i dåligt skick. Raset 2012 på mursträckan 38 omges av de två marktornen 37 och 39, och mitt på denna mur finns ett sadeltorn som sedan 1860-talet har stöttats upp av två gjutjärnsstötter, då det riskerade att rasa. Muren norr om sadeltornet förefaller ha varit i mycket dåligt skick redan i slutet av 1800-talet, vilket framgår av Petterssons och Eckhoffs beskrivning (ATA, Go. Visby stadsmuren 1890–1913). Muren mellan marktornet (39) och sadeltornet norr om (mur 38 södra delen) planerades att ”undermuras” och en ”kloak” skulle muras igen. Dessutom skulle murens insida ”skärfvas” och fogas, samt murens krön cementeras. På andra sidan sadeltornet planerades tillmurning av fyra ”kloaker”. Denna del av muren var i mycket dåligt skick:

Muren närmast norr om 3:e sadeltornet är å insidan rent af underminerad. Murkärnan är bortplockad så att öppningar finnes i murens inre så stora att en person kan transportera sig fram rätt långa stycken, på andra ställen är bågarna bortbrutna för att lemna större utrymme o. på andra ställen åter stå bågarna fallfärdiga o. stycken

af den inre murbeklädnaden sväfvat fritt i luften. Härtill kommer att för att kunna reparera denna del av muren måste en del små hus, såsom svinhus, vedbodas etc. bortrivas eller bortflyttas, samt största delen av dessa små gårdar, med rätt vackra planteringar, där man i allmänhet knappast kan komma körande in, disponeras.

Nödvändiga insatser innebar att muren delvis måste rivas och muras upp igen samt att delar var i behov av att undermuras. Murverket ansågs även vara i behov av att ”skärfvas” och fogstrykas.

Stadsmurens mycket dåliga skick framgår överhuvud taget inte av de ovan nämnda uppmätningarna, avbildningarna och beskrivningarna som Eckhoff gjorde i början av 1900-talet. De publicerade renritningarna (figur 3.1) visar inget av detta och beskrivningen av mur 38 anger framför allt måttuppgifter och huruvida muren vilar på berget eller inte (Eckhoff 1922; Eckhoff & Janse 1936:121f). Sprickbildningen vid övergången mellan berg och lösare material anges särskilt. Restaureringen förefaller ha varit inriktad på att återställa muren till ett enhetligt utseende och att murens senare öde har varit av mindre intresse.

Den ovan beskrivna skadan på mur 38 återkom vid besiktningen av muren 1961 (ATA Go Visby. 5620/61). De föreslagna åtgärderna vid slutet av 1800-talet, i den utsträckning de utfördes, hade ingen långsiktig verkan utan nu var problemen, minst sagt, lika akuta. Besiktningen av muren sammanfattades på följande sätt: ”Tillståndet i murens innandöme kan inte beskrivas, det skall ses”. Förstärkningsarbetet innebar nu att den tidigare utförda ”bakmuringen” i arkadbågarans nischer togs bort. Fyllnadskroppen (kärnan, min anm) i muren beskrevs som ”en hopsjunkna massa av hållar, flis och lera, i vilken hade kastats in skräp som konservburkar, tunnband, skor, flaskor, skridskor och t.o.m. en leksaksspis...”. Från insidan har det funnits stora hål i muren där skräpet kastats in.

Besiktningen 1961 nämner även att sadeltornet är i ett mycket dåligt skick. Skadorna, som påtalades redan vid mitten av 1800-talet på mur 38 och dess sadeltorn, ansågs då ha förorsakats av schaktningsarbeten i samband med anläggandet av skyttebanan 1830 utanför mur 38 och 36. Omkring 1870 fick sadeltornen på dessa murar sina stöttor och mur 38 ”blev då väl undermurad och pliggad”. Vid besiktningen 1961 bedömdes risken som stor att sadeltornets sköldbåge och östmur skulle falla, att snara åtgärder föreslogs.

Den norra delen av mur 38, som var i sämst skick, fick 1961 en ny kärna av betong och den inre skalmuren framstår idag som till stora delar ommurad. Detta visar att restaureringen i början av 1900-talet inte gav en långsiktig hållbarhet. Uppenbarligen har ingen ny kärna tillkommit för att hålla ihop murskalen i muren.

Sprickan i muren strax norr om marktornet nr 39, och dess samband med att berget upphör som fundament till muren, uppmärksammades även 1961.

Samtidigt nämns det att utsidan förefaller ha lagats vid något tillfälle (se även ovan Förundersökningen). Muren beskrivs som ”rösig” invändigt mot bakgrund av en undersökning, som inte beskrivs närmare. Markytan på murens insida bedömdes som förhöjd då höjdskillnaden på markytan mellan in- och utsida uppskattas till cirka 2,5 meter.

Skrivna källor

Visby omtalas första gången 1203 i det skriftliga materialet (Engeström 1988:11f). De skriftliga dokumenten är framför allt av övergripande organisatorisk och administrativ karaktär och uppgifter kring stadens struktur är sparsamma. Stadsmuren omtalas i stort sett en enda gång 1288 i samband med att den svenske kungen Magnus Ladulås kräver in stora böter från borgarna i Visby för att de omgärdat sin stad med en mur utan hans medgivande och tillstånd (SDHK-nr:1414 och nedan). Några kronologiska hållpunkter kopplade till muren, utöver denna, ges inte i det skriftliga källmaterialet förrän på 1400-talet. Då började borgen Visborg byggas i den södra delen av staden.

Äldre historieskrivare, som författarna till *Guta Saga* och *Visbyfranciskanernas bok* samt Saxo Grammaticus och Olaus Magnus (Holmbäck & Wessén (red.) 1979; Melefors & Odelman (red.) 2008; Saxo Grammaticus 1985–86; Olaus Magnus 1925), har efterlämnat berättelser om Gotland och Visby, vilka är nertecknade under perioder nära murens medeltida utveckling. Intresset för öns och stadens historia har, med utgångspunkt i det skriftliga källmaterialet, varit stort och följaktligen föreligger en omfattande forskning som resulterat i avhandlingar och större arbeten (för en översikt se exempelvis litteraturlistan till Yrving 1978). Frågeställningar kring Visbys tillkomst och utveckling har dominerat, men åsikterna har gått isär både vad gäller stadens etablering och vilka aktörerna varit. Arkeologin har varit ett viktigt komplement, då de skrivna källorna är mycket sparsamma under den äldsta medeltiden. Under senare tid har större vikt lagts vid det arkeologiska källmaterialet, vilket inte minst framkom i projektet Medeltidsstaden (*Visby: staden och omlandet II*. 1989). Men även här går meningarna isär avseende betydelsen av de gotländska respektive de utifrån kommande intressena. Till viss del kan detta förklaras med förändrade teoretiska utgångspunkter och då inte minst utvecklingen mot en urbanarkeologi inom stadsforskningen som nedtonar det linjära betraktelsesättet (exempelvis Larsson [red.] 2006; Andersson, Hansen & Øye [red.] 2008).

Kartor, teckningar och målningar

Redan vid 1800-talets början riktades ett intresse mot ruinerna i Visby, vilket resulterade i ett antal böcker om stadens speciella karaktär (Svahnström 1984:227ff). En av de mer kända var P.A. Säve, som vid mitten av 1800-talet

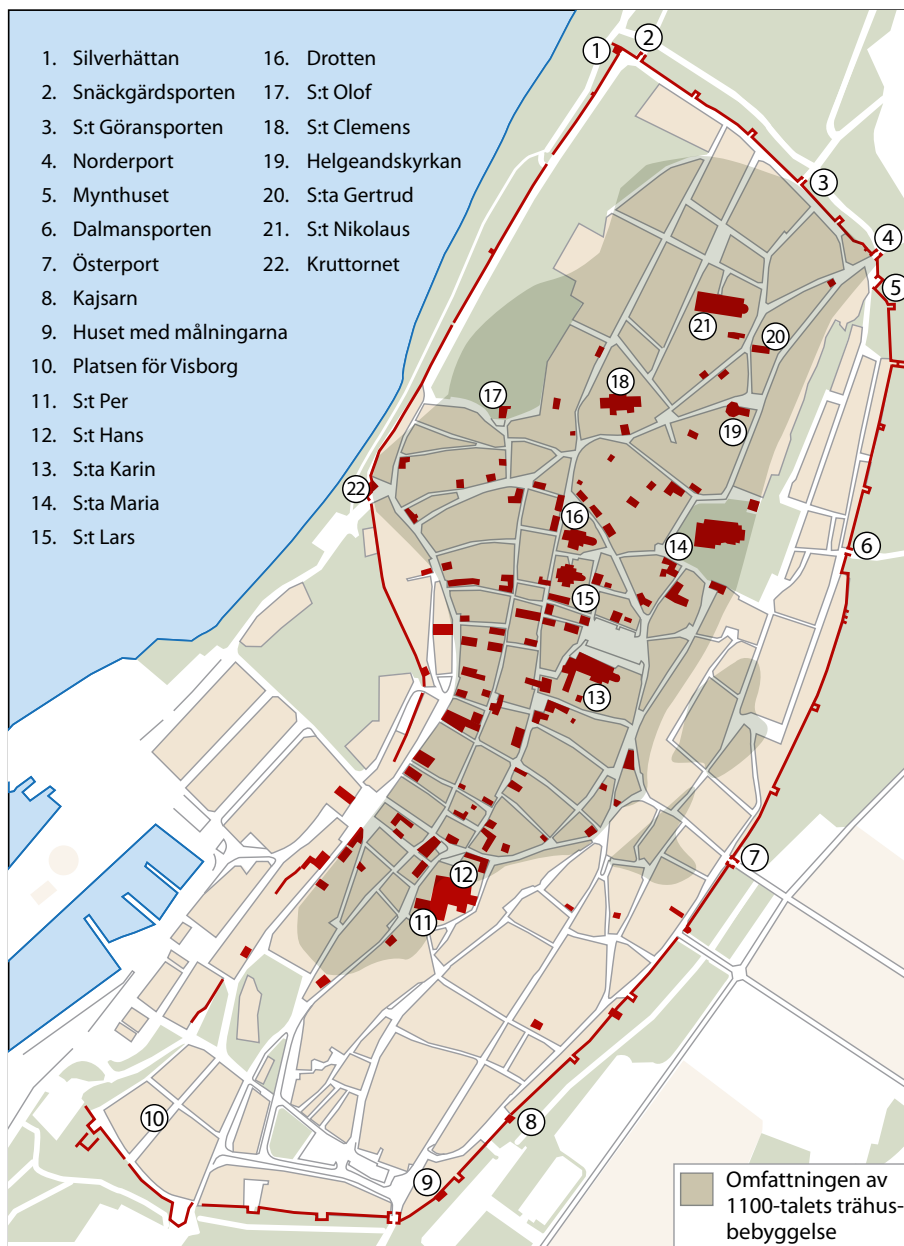
tillsammans med lärarkollegan C.J. Bergman beskrev Visby och stadsmuren i teckningar och texter (*Gotland och Wisby i taflor*, 1858). Utvecklingen har sin grund i tidens allmänna romantiska strömningar som följdes av ett ökat resande. För Visby och Gotland innebar detta att fasta förbindelser upprättades med fastlandet. Redan under denna period insåg man den ekonomiska potential som ett ökat resande innebar.

Ett stort antal äldre Visbykartor har bevarats från slutet av 1500-talet fram till idag. Den äldsta kartan är från slutet av 1500-talet ur G. Braun och F. Hogenbergs *Civitates Orbis Terrarum* (1579–94). Den ger en tämligen förenklad bild av staden med vattenfylld grav utanför stadsmuren i de synliga västra delarna av staden. Detta är inte helt i överensstämmelse med topografin. Från 1646 finns fyra varianter av en och samma karta där mur och vallar är återgivna. På en av kartvarianterna har på flera ställen i Östergravar markerats ”steengruft”, det vill säga stenbrott (Selin 2011:75). Från omkring 1700 finns tre olika kartor upprättade av tre olika personer: Mathias Schilder 1697, Erik Dahlberg (gravyr Avelen) 1702 och Johan Burmeister 1710. Kartorna har helt olika karaktär och förmodligen olika syften. Vad gäller stadsmuren och vallgravar ges en tydlig bild av dessa år 1710, med stor överensstämmelse med kartorna från 1646. Kartan från 1697 ger en något förenklad bild av gravar med vallar och 1702 finns inte en tillstymmelse till varken gravar eller vallar utanför muren. Detta är märkligt då den förra betraktas som en förlaga till den senare. Äldre kartor måste alltså behandlas källkritiskt som tidsdokument med olika syften, ambitioner och kronologiska färgningar. De har i olika grad varit samtidsdokument, en ögonblicksbild av tillståndet när de upprättades, och haft historiska ambitioner, med andra ord varit präglade av samtidens uppfattningar om det förflutna, eller varit plandokument med sikte på framtida förändringar.

3.3 Teoretiska utgångspunkter

Visby stadsmur har oftast presenterats som ett tämligen okomplicerat byggnadsverk. Muren indelades tidigt i ett antal olika, men tydliga delar. Utifrån lokalisering, utseende och förmodad funktion har det gjorts skillnad mellan sjömuren och landmuren. Respektive mur har i sin tur ansetts bestå av två huvudsakliga faser, förutom tillkomsten av portar och torn. Denna indelning ger en ofta alltför förenklad och statisk bild av murens tillkomst och historia. Stadsmurens byggnadsförlopp har varit en i tid utdragen historia där muren har anpassats till förändrade förutsättningar. Idag framstår muren ha haft en tämligen komplex byggnadshistoria utifrån olika faser av konstruktion, bruk och förfall eller destruktion.

Stadsmuren kan alltså betraktas som en i tid utsträckt process, från dess tillkomst fram till idag. En process, som har präglats av förändring, där funktionella förklaringar till de iakttagna förändringarna ofta har sökts.



Figur 3.3. Under 1200- och 1300-talet var Visby en planerad, internationell storstad. På kartan har bevarade stenbyggnader markerats. Karta Petter Lönegård. Underlag Anders Andrén (Andrén 2011:69).

Men funktions- och betydelseförändringar kan ha skett utan att den fysiska gestaltningen har förändrats nämnvärt (Larsson 2006). Dagens stadsmur har till det yttre sannolikt stora likheter med den medeltida, åtminstone på ett övergripande plan. Stadsmurens funktion och betydelseinnehåll har emellertid skiftat i relation till stadens förändringar. Att vara en del av en medeltida internationell handelsstad innebär andra förutsättningar än att vara en del av nutidens världsarv, även om det finns likheter.

Stadsmuren kan alltså inte betraktas som ett isolat, utan ingår som en del i ett antal större sammanhang. Både staden, det gotländska landskapet, Öst-

ersjöområdet och de internationella handelsnätverken har varit kontexter på olika skalnivåer som utvecklats i olika tempon (jfr Braudel 1980). Staden har utgjort en social arena som skapats och upprätthållits i en dialog mellan struktur och aktör (Hansen 2000:12). Stadsmuren är kanske det mest strukturerande monumentet eller byggnadsverket i Visby, åtminstone i den medeltida staden, men hade kunnat utformas på många olika sätt. Relationen mellan den praktiska utformningen och den iögonfallande gestaltningen kan förmodas ha varit av stor betydelse. Gestaltningen har varit ett tydligt uttryck för invånarnas ambitioner. På samma sätt kan staden relateras till större tidsliga och rumsliga sammanhang. Växelspelet mellan helheten och dess delar utgör grunden för tolkningen, och det är utifrån dessa relationer som man kan nå förståelse för olika situationer och strukturer. Detta hermeneutiska betraktelsesättet medför en tolkningsprocess som aktiverar betydelsen och sambanden mellan del och helhet (Hodder 1991:121ff).

För tolkningen och förståelsen av Visby stadsmur är naturligtvis omfattningen och betydelsen av de olika kontexter som den utgjort en del av av största vikt. Under 1200- och 1300-talet har Visby varit en tydligt planerad storstad med en befolkningssmängd jämförbar med nordeuropas större handelsstäder (Andrén 2011; figur 3). Inför skapandet av den tätbebyggda stenstaden har ett avancerat avloppsnät lagts ut under bebyggelsen (Westholm 1998:33f, 2001:256f). Omvandlingen till stenstad kan antas ha gått tämligen fort och följt en i förväg utlagd stadsplan. I denna planläggning har säkerligen stadsmuren varit ett viktigt element. Det internationella handelsnätverk som Visby ingick i var en mycket betydelsefull maktfaktor i nordvästeuropa, och denna tillhörighet var naturligtvis viktig att signalera på flera olika sätt. Stenstaden med de stenlagda gatorna, stadsmuren, stenkyrkorna, packhusen och hamnen var alla viktiga signaler. Staden som idé materialiserades mycket tydligt i Visby under denna period.

En analys som kan ligga till grund för en förståelse och tolkning av Visby stadsmur måste ta utgångspunkt i ett teoretiskt förhållningssätt. Dagens byggnadsarkeologi har slagit in på samma väg som arkeologin, vilken bygger på forskningsinriktningar och metoder utvecklade inom andra discipliner, men som anpassats till det arkeologiska, och det byggnadsarkeologiska, forskningsfältet. Tiden, rummet och aktörerna är tre gränsöverskridande begrepp som kan knytas till aktuella problemställningar till byggnadsarkeologin i allmänhet, och i detta fall till Visby stadsmur i synnerhet (se även Eriksdotter 2005:17ff).

3.4 Syfte och problemformulering

Ett övergripande syfte var att stärka och utveckla byggnadsarkeologin och det byggnadsarkeologiska fältet inom kulturmiljövården. Under senare tid har historiska byggnader i allt högre grad betraktats som förvaltningsobjekt, vilket har medfört att kunskapsuppbyggnaden kring byggnadernas historia

och sammanhang har fått stå tillbaka. Förhållandet mellan byggnaderna som förvaltningsobjekt och som kunskapsobjekt har även karakteriserats av olika vetenskapliga infallsvinklar. En ökad samverkan eftersträvades i projektet med avsikten att skapa bättre förutsättningar för det byggda kulturarvet i ett längre tidsperspektiv.

I *The ICOMOS Charter for the Interpretation and presentation of Cultural Heritage Sites* (2008) understryks vikten av en källmaterialproduktion utifrån vetenskapliga metoder, som genererar tolkningar och presentationer som relaterar till vidare sociala, kulturella, historiska och naturliga kontexter och landskap. Målen är att öka tillgängligheten och förståelsen, autenticiteten, hållbarheten och samhällsrelevansen. Forskningens betydelse betonas även i Världsarvskonventionen, inte minst för att kunna möta olika hot mot kulturarvet och därmed stärka skyddet (*The Convention concerning Protection of the World Cultural and Natural Heritage* [1972]). Båda dessa dokument understryker vikten av att föra en ständig dialog mellan kulturarvet som kunskapsobjekt och som förvaltningsobjekt, där förvaltningen stärks av den vetenskapliga kunskapsuppbyggnaden. Dokumenten är också mycket tydliga med att kunskapen måste förmedlas och tillgängliggöras för en bredare publik för att öka förståelsen av kulturarvet och kommunicera dess betydelse.

Det ovan beskrivna kunskapsläget pekade på en tämligen omfattande forskning som emellertid har gett en splittrad bild av murens tillkomst och utveckling. Samtidigt har murens äldsta historia ägnats störst intresse. En av de teoretiska utgångspunkterna för den byggnadsarkeologiska undersökningen var att Visby stadsmur har varit en i tid utdragen byggnadsprocess och att den har haft en komplex byggnadshistoria. Byggnadsprocessen började på 1200-talet och kommer att fortsätta in i framtiden. Varje murparti eller del av muren kan förenklat sägas ha haft en egen byggnadshistoria beroende av byggnadsförlopp, ras, reparationer, förändringar, konserveringar eller liknande. Den aktuella undersökningen kommer därmed framför allt att bidra med ny kunskap kring det kollapsade murpartiet. Men genom att sätta in stadsmuren i större sammanhang kan även övergripande frågor formuleras, inte minst med tanke på den framtida forskningen.

Utifrån ett byggnadsarkeologiskt perspektiv föreligger det ett stort behov av att upprätta en aktuell kunskapssammanställning för Visby stadsmur. Det handlar om grundläggande arkeologiska kunskaper som kronologi, funktion och förändring. Det gäller även att försöka förstå varför muren uppfördes, påbyggdes och fortfarande står kvar. Vem eller vilka kan tänkas ha varit aktörerna bakom detta? Detta är frågeställningar som även är viktiga att fundera över i ett långt tidsperspektiv, vilket även inkluderar nutid. Inför återuppbyggnaden av ett rasat parti av stadsmuren är det viktigt att förstå murens kronologiska utveckling och betydelsen av alla reparationer, restaureringar och allmänt underhåll.

De byggnadsarkeologiska objekten kan emellertid inte betraktas isolerat utan måste sättas in i ett sammanhang. Stadsmuren har ingått och varit en viktig aktör i olika rumsliga och kronologiska sammanhang, och förmodligen även i flera nätverkssammanhang. Tillsammans med staden har muren utgjort en tämligen unik företeelse i denna del av norra Europa, och dess förståelsehorisont har sträckt sig långt utanför stadens gränser. Någon omfattande forskning har emellertid inte gjorts under senare tid utifrån ett kontextuellt sammanhang. Det är naturligtvis inte möjligt inom detta projekt, men det ska förhoppningsvis genom en inblick i aktuell forskning kunna visa på den potential som ryms i ett sådant betraktelsesätt.

Det aktuella raset i mur 38 har som sådant aktualiserat problematiken kring framtida murkollapser. Vilka möjligheter finns det att förutspå eventuella ras i framtiden och hur ska en framtida förvaltning av muren utformas med tanke på en långsiktig hållbarhet?

3.5 Genomförande

I samband med ansökan om FoU-anslag från Riksantikvarieämbetet i juni 2013, där det byggnadsarkeologiska perspektivet gjordes tydligt, lyftes byggnadsarkeologin in i projektet kring återuppbyggnaden av Visby stadsmur. Ett positivt svar på ansökan kom från FoU-beredningen på Riksantikvarieämbetet i oktober 2013, och därefter har byggnadsarkeologin haft en plats i projektet.

Trots byggnadsarkeologins sena inträde i projektet utvecklades en tydlig vilja till samarbete inom projektet. Samarbetet försvärades dock av att flera i projektgruppen, inte minst forskargruppen, var utspridda i landet. Projektet har även framskridit i en varierande takt över tid, med mer intensiva perioder varvade med perioder av mindre aktivitet. Eftersom projektet formaliserades tämligen sent har inga gemensamma frågor eller problemställningar formulerats.

Förundersökningen av det rasade murpartiet visade att det förelåg en betydande risk för ytterligare ras av stenar eller delar av muren. Laserskanningen visade bland annat att stabiliteten i de övre delarna av muren hade reducerats kraftigt genom att de övre stenarna i muren hade mycket begränsade anläggsytor och skulle kunna falla när som helst. Muren behövde alltså stabiliseras och säkras innan stenar kunde påbörja plockas ner. Nerplockningen av muren pågick från oktober 2013 och året ut. Kompletterande nerplockning av sten gjordes även under våren 2014 och återuppbyggnaden av muren påbörjades i maj samma år.

Möjligheten att följa nerplockningen av murverket försvärades naturligtvis av de nödvändiga skyddsåtgärderna. Under själva nerplockningen kunde muren endast studeras ovanifrån på grund av säkringen av murens sidor. Nerplockningen av muren sträckte sig dessutom över en tämligen lång tid

och det har inte varit möjligt att följa arbetet kontinuerligt utifrån ett byggnadsarkeologiskt perspektiv. Ett större fokus ägnades åt relationen mellan den äldre muren och den påbyggda, och då framför allt i anslutning till den äldre murens skyttegång. Det var först när nerplockningen av murverket hade nått till denna nivå som den byggnadsarkeologiska undersökningen kunde påbörjas. Därför föreligger inga byggnadsarkeologiska iakttagelser från nerplockningen av större delen av den påbyggda förhöjningen av muren.

Att undersöka ett murverk under nerplockning får betraktas som tämligen unikt, då det förekommer ytterst sällan. Undersökningen komplicerades dessutom av att murens sidor var täckta och oåtkomliga. Någon direkt erfarenhet eller kunskap fanns därför inte att falla tillbaka på. Normalt tillämpas idag en stratigrafisk metod som hämtats från den grävande arkeologin och Edward Harris (Eriksdotter 2005:58ff). Tillämpad på byggnader, eller mycket tjocka skalmurar som Visby stadsmur, bjuder emellertid metoden på stora svårigheter. Visby stadsmur är uppbyggd som en skalmur med en inre kärna och två oberoende skalmurar. I princip kan de tre olika murelementen ha tillkommit vid tre olika tillfällen och därmed representera tre separata stratigrafiska sekvenser (jfr figur 3.4). Kärnan kan exempelvis ha varit en rest i en äldre mur som fått två nya skalmurar, där en skalmur rasat eller rivits och ersatts av en ny. Dessutom behöver inte murverk längst ned på en mur vara äldst, det kan vara ett resultat av reparation. Muren har alltså en tredimensionell uppbyggnad där vertikala stratigrafier blandas med horisontella, vilket innebär att relationerna mellan de stratigrafiska enheterna kan framstå som mycket komplexa.

Mot bakgrund av de rådande omständigheterna kring återuppbyggnaden av muren, liksom att den byggnadsarkeologiska undersökningen inte kunde följa hela demonteringen av muren, valdes ett förenklat fältarbete. De byggnadsarkeologiska iakttagelserna dokumenterades framför allt genom en omfattande fotodokumentation. Iakttagelser av intresse nedtecknades. Ett större fokus riktades dock mot skyttegången det vill säga övergången mellan den äldre muren och påbyggnaden. En viktig del av dokumentationen bestod även i att muren skannades vid två olika tillfällen. Laser- och fotoskanningen av muren vid rastillfället har beskrivits tidigare, medan den senare fotoskanningen utfördes inför återuppmurningen. Skanningen kom därmed att dokumentera den maximala effekten som raset medförde. Samtidigt ger den en möjlighet att studera muren ur olika synvinklar.

Upplägget av den byggnadsarkeologiska undersökningen medförde ett tämligen omfattande efterarbete. Resultaten från dokumentationen i fält skulle problematiseras och tolkas i relation till muren i sin helhet och de sammanhang som denna var en del av. Resultaten skulle även förhålla sig till nya teoretiska infallsvinklar och en internationell forskning.

Figur 3.4. Den norra profilen efter nerplockningen visade tydligt på murens uppbyggnad och olika delar. Längst ner ses den äldre murens kärna lagd i lerbruk med omgivande murskal med kalkbruk. Skyttegången till den äldre muren har legat ovan lerbrukskärnan i anslutning till att bröstvärmnet ovan det yttre skalet. Foto: Håkan Thorén, minihelikopter.



3.6 Visby stadsmur – ett komplext byggnadsverk

Grundläggningen

Redan tidigt hade det konstaterats att landmuren föreföll vara lagd utan någon grundläggning direkt på berget eller på "singeln" (Eckhoff & Janse 1936:100). Vid undersökningar på 1960-talet av mur 38 bedömdes muren vila direkt på ett lager av "packad jord med kalkstensflis" (ATA: Go Visby 5620/61). Vid den aktuella undersökningen av det rasade partiet av muren gjordes en yttlig bedömning av underlaget på utsidan av muren, vilket tolkades som ett kompakt, något humöst lager av lera, eller silt, med mycket kalkstensflis. Lagrets tjocklek är okänd, då inga arkeologiska undersökningar under mark har

gjorts. En geoteknisk undersökning av markförhållandena på både in- och utsidan utfördes dock. På utsidan, den östra sidan, konstaterades en fyllnadsjord bestående av sand och grus med inslag av lera och organiskt material (Projekteringsunderlag geoteknik). Fyllnadsjorden bedömdes vara utlagd på kalkberget och tjockleken var cirka 0,5–0,9 meter. Innanför stadsmuren ligger markytan avsevärt högre, cirka 2,1–2,3 meter. På insidan uppmättes fyllnadsjorden till omkring 2,4–2,9 meter och innehållet beskrevs på samma sätt som utanför muren. Även denna jord ansågs utlagd på kalkberget.

Från ett arkeologiskt perspektiv väcker de tjocka fyllnadslagren innanför muren flera frågor. I vilken utsträckning förekommer det naturliga lager och hur stor del utgörs av kulturlager? Andra frågor relaterar till när och varför. Var markhöjningen en del av områdets planering på grund av varierande topografi eller ingick den som en del i stadsmursprojektet? På vilken nivå är det inre skalet av stadsmuren grundlagt? Då endast en mindre del av arkadbågarnas övre del är synliga ovan mark ges en indikation om att muren kan vara grundlagd på ett avsevärt djup, men detta vet vi ingenting om. Endast arkeologiska undersökningar kan ge svar på dessa frågor, och därmed bidra till tolkningen av muren.

Mur 38 har på utsidan saknat någon påtaglig grundläggning utom längst i söder där berget går i dagen. Marktornet 39, som är yngre än den äldsta muren, har byggts i anslutning till en kraftig förändring av marknivån (figur 3.1). Söder om tornet utgör en huggen kant av kalkberget den nedersta delen av stadsmurens utsida, som troligen är kanten av ett stenbrott. Vid undersökningen i början av 1900-talet har spår efter stenbrottet tolkats som att brytningen av sten har föregått den äldre muren (Eckhoff & Janse 1936:248). Här ligger kalkberget cirka 2,5 meter högre än vid närmaste geotekniska borrhål på andra sidan tornet. Övergången där muren upphör att vila på kalkmuren har påverkat murens stabilitet då Eckhoffs ritning har en tydlig spricka i muren vid denna övergång. Förekomsten av en idag igenmurad kloak (avlopp) intill sprickan har även påverkat murens stabilitet. På en lång sträcka av Östermur mot norr är inte berggrunden synlig, varför en betydande del av denna mur tycks sakna grundläggning. I området alldeles öster om mur 38 finns tydliga spår av stenbrott (Hedström 1936:285; Zerpe 2011). När stenbrotten tagits i bruk är inte känt och går inte att fastställa arkeologiskt, men stenhus och stenkyrkor har byggts i staden under 1200-talets början (Bråthen 1995; Westerholm 2000; Andrén 2011). Det är mycket troligt att byggnadsmaterialet till husen har hämtats så nära byggplatsen som möjligt. Stenbrotten utanför stadsmuren kan därmed ha funnits innan muren byggdes. Längs den nordöstra muren har stenbrotten säkerligen kommit att fungera och ingå i de förmodade vallgravarna. Frågan är dock om de äldsta stenbrotten även bitvis har sträckt sig in under stadsmuren? De stora nivåkillnaderna vid mur 38

skulle kunna tala för att sten brutits där kalkberget ligger djupare. Den kalkstensflis som ligger i ler-/jordlagret under muren skulle även kunna vara avfall från stenhuggning. Förekomsten av stenbrott i området finns även angett på en av de äldsta kartorna över staden från 1646 (Selin 2011:75). Kartor över staden måste dock användas utifrån ett källkritiskt förhållningssätt.

Den äldre muren

Inom den rasade ytan framträdde två tydliga och mycket distinkta lager som löpte vågrätt över hela ytan. Det undre lagret bestod av ett mycket distinkt kalklager som överlagrades av ett humöst lager som innehöll en del kalkstensflis. Lagren bedömdes redan från början vara ett tydligt stratigrafiskt skilje som markerade den äldre murens skyttegång. Från stadens utsida framträder Visby stadsmurs båda övergripande faser tydligt genom konturen av en äldre kreneleerad bröstvärmur, som fungerat ihop med skyttegången. Från insidan har det inte varit möjligt att se denna skillnad som borde avtecknat sig vid mötet mellan den äldre skyttegången och den yngre påbyggnaden. Emil Eckhoff och Otto Janse skriver att det inte någonstans går att ”upptäcka ett jämnt horisontellt skift av stenar ovanpå arkadbågarna, som skulle ha kunnat utgöra en skyttegång av sten, utom i södermur” (Eckhoff & Janse 1936:101ff). De är dock av den åsikten att bågarna i blindarkaden ligger i förband med resten av muren och därmed är samtida med den äldre muren. Detta ställningstagande förankrar de i ett flertal exempel på där förband föreligger. En okulär undersökning av murverket på insidan av det aktuella murpartiet visar inte heller idag på någon skillnad i murverket vid övergången mellan äldre och påbyggd mur. Överhuvudtaget uppvisar muren ett homogent murverk inåt staden. Stora delar hade emellertid cementfog, varför den antingen hade fogats eller murats om någon gång under slutet av 1800-talet eller senare.

Denna bild av murens uppbyggnad förstärktes allt eftersom muren plockades ner. I skalmuren inåt staden fanns överhuvudtaget inga synliga spår efter skyttegången. Den i raskanterna bevarade bröstvärmurens nedersta skift visade på nivån för skyttegången i murens inre kärna. Endast begränsade delar av vad som tolkades vara skyttegångens plana yta fanns bevarade i murens inre (figur 3.5). Den stenlagda ytan låg ovanpå kalklagret och det humösa lagret. Dessa båda lager, som även framträdde tydligt vid rastillfället längs hela rasytan, låg alltså stratigrafiskt direkt under den stenlagda skyttegången. De båda lagren hade en större utbredning, men fanns bara i murens inre delar, med andra ord innanför skalmurarna och ovan murkärnan. I söder upphörde lagren vid raskanten, vilken även överensstämmer med den tidigare registrerade sprickbildningen. I norr upphörde lagren strax utanför raskanten, vilket framkom när den luftiga muren norr om raset plockades ner (figur 3.6).



Figur 3.5. I den södra delen av raspartiet framkom en mindre rest av vad som tolkades vara en stenlagd skyttegång. Lägga märke till kalklagret och jordlagret under denna yta.
Foto: Mats Anglert.



Figur 3.6. Nivån för skyttegången i den luftiga muren vid raskanten i norr. Centralt i fotot syns kalkbrukslagret och ovanliggande jordlager som sträckte sig längs hela rasytan. Träet som syns ovan lagren är resterna efter en förmodad bjälke. Den översta stenen till höger är första stenen i bröstvärnet.
Foto: Per Widerström.



Figur 3.7. Skalmuren mot staden saknade bindstenar mot kärnan. Lägga även märke till all jord som fanns i muren.
Foto: Per Widerström.

Figur 3.8. Kärnmuren med kalkbrukslager och lerbrukslager varvade. Minst två "lager" med sten hade lagts i kalkbruk.
Foto: Mats Anglert.



Figur 3.9. Murprofil med kärnmur med lerbruk och påbyggnad med kalkbruk. Längst ner syns toppen av kärnan med lerbruk och till höger framträder bröstvärnets insida tydligt.
Foto: Håkan Thorén, minihelikopter.



Under de båda lagren har det legat bjälkar. Utsparningarna i muren efter dessa var kvadratiska i genomskärning med måtten cirka 10 x 10 centimeter och låg i stort sett vinkelrät mot murens längdriktning. Det var endast lite trä bevarat, men det fanns antydningar till att bjälkarna varit rundade. Det fanns spår efter flera bjälkar på ungefär samma nivå inom det undersökta murpartiet. Bjälken längst i norr föreföll emellertid ha legat ovan kalkbrukslagret och det humösa lagret (figur 3.6). Det bevarade träet av bjälken såg inte så gammalt ut, men kan vara svårbedömt beroende på miljön. På murens insida mot staden fanns två synliga bomhål som korresponderar med bjälkar, varför dessa har sträckt sig från insidan av det yttre murskalet och genom hela muren. Denna typ av bjälkar har även konstaterats i andra delar av muren längs i stort sett hela Nordermur och Östermur (Eckhoff & Janse 1936:101 och fig. 160). Eckhoff och Janse anser att bjälkarna bör ha ingått i någon konstruktion kopplad till skyttegången, som en barriär med tak. De menar även att bjälkarna förekommer regelbundet på ett avstånd av omkring 1,8 meter. Detta stämmer emellertid inte på det nu undersökta murpartiet där avståndet tycks ha varierat.

Kalkbrukslagret har täckt kärnan till skalmuren och bedömdes ha haft en täckande funktion. Undersökningen visade med all tydlighet att det saknades bindstenar mellan skalmurarna och kärnan. Detta framgick särskilt väl i skalmuren mot staden där murytan mot kärnmuren bestod av väl tuktade kalkstenar som bildade en i det närmaste slät vägg (figur 3.7). I delar av kärnan har kalkbruk och lerbruk, som bindemedel för skrotstenen, varvats i horisontella lager (figur 3.8). Att på detta sätt blanda olika bindemedel i en kärnmur framstår som tämligen oförklarligt. Norr om rasytan har kärnmuren enbart haft lerbruk som bindemedel (figur 3.4 och 3.9).

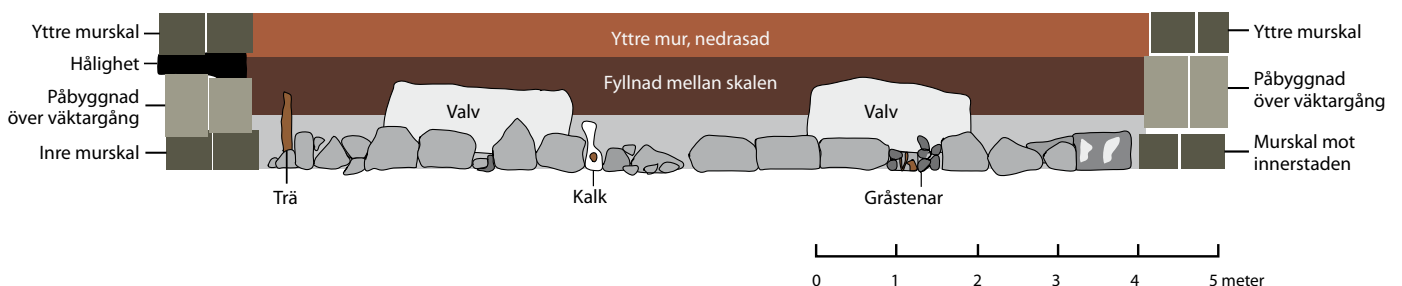
Det inre av muren gav alltså en tämligen komplex bild av murens konstruktion och uppbyggnad. Analysen av de byggnadsarkeologiska iakttagelserna avsåg i första hand att belysa relationen mellan de båda sedan tidigare antagna huvudfaserna i stadsmurens historia. Redan vid besiktningen av muren i samband med förundersökningen gjordes bedömningen att de båda horisontella lagren av kalkbruk respektive jord markerade den äldre murens skyttegång. De båda lagren markerar tydliga stratigrafiska enheter, men någon entydig tolkning är inte självklar. Överensstämmelsen mellan lagrens och rasytans utbredning i murens längdriktning är slående, men inte lätt att förstå. Tillkomsten av kalkbruks- och jordlagret, men även blandningen av ler- och kalkbruk i kärnan, tyder på att murytan har varit exponerad. De äldre, ovan presenterade, besiktningarna av mur 38 beskriver muren på andra sidan sadeltornet som mycket ihålig med en kärna bestående av ”en hopsjunkna massa av hällar, flis och lera”. Om situationen har varit likartad i det nu aktuella murpartiet ges en förklaring till att den ”ursprungliga” kärnan med lerbruk har förstärkts med kalkbrukslager. En viktig problemställning i samman-

hanget är i vilken omfattning den inre skalmuren har murats om. Någon tydlig gräns mellan den äldre muren och den påbyggda har inte kunnat beläggas från stadssidan. I det inre av muren framstod gränsen som komplex utifrån förekomsten av bjälkarna. En första tanke var att de utgjort en stabiliserande förstärkning. En alternativ tolkning är att bjälkarna har ingått i en träbroläggning till en skyttegång (figur 3.10 och 3.11). Bjälkarna har lagts i ett stabiliserande lager av kalk och täckts av en broläggning av trä. Jord och smuts har trängt ner genom springorna i broläggningen och bildat det humösa lagret ovan kalklagret. Träbroläggningen har sedan ersatts av en stenbroläggning av tunnare kalkstensflis i kalkbruk, vilken var mycket sporadiskt bevarad. I samband med att muren förhöjdes har det mesta av stenbroläggningen tagits bort, då ingen väktargångsyta går att utläsa av profilen genom muren (figur 3.12). Ingen av broläggningarna, varken kalklagret och det humösa lagret eller stenbroläggningen, sträckte sig in i den inre skalmuren. Detta innebär att påbyggnaden av den inre skalmuren har börjat längre ner på muren. Av någon anledning har några av bjälkarna eller hålen efter dem återanvänts, förslagsvis kan de ha använts för byggnadsställningar.

I de båda murskalen framkom en hel del föremål från olika tider, från medeltid och framåt. På grund av murens rösig tillstånd är det nödvändigt att förhålla sig källkritisk till fynden. Föremål kan ha stuckits in i muren genom hål och lösa fogar i murverket samt rubbats i olika grad vid nerplockningen av muren. Några av föremålen, även från 1700- till 1900-talet, förekom dock i vad som föreföll vara låsta lägen, vilket även kan tyda på senare reparationer av muren.

Undersökningen aktualiserade åter frågan om blindarkaden tillhör den äldre muren eller hör samman med påbyggnaden av muren. Uppenbarligen har arkadbågarna legat i förband med arkadbotten och någon äldre skalmur till en smalare, äldre stadsmur fanns det inga spår efter. Men då kvarstår frågan varför övergången mellan den äldre stadsmurens inre skal och skalet till den senare påbyggnaden inte avtecknar sig. Murverket i den nuvarande fasaden av stadsmuren inåt staden förefaller mycket homogen och avslöjar inga

Figur 3.10. Planritning över ytan under kalklagret med avtrycken efter de tvärgående bjälkarna. Uppmätt av Per Widerström.





Figur 3.11. Avtrycken efter bjälkarna kunde vara mycket tydliga och låg inbäddade i kalkbruk.
Foto: Per Widerström.



Figur 3.12. Profilen av den övre delen av den nedbrutna muren i söder. Den raka och jämna muren till vänster visar bröstvärdet med skytteöppning. Dess nedre avslut visar läget för en tillhörande skyttegång, vilket dock inte avtecknar sig som något tydligt skilje mellan den påbyggda muren och den äldre kärnan med inre skalmur. Den övre delen av kärnan låg inte i lerbruk. Överhuvud taget är det svårt att urskilja något skifte i stadsmurens inre skalmur mellan den äldre muren och den senare påbyggnaden.
Foto: Håkan Thorén.

Figur 3.13. Den inre sidan av stadsmuren mot den medeltida staden.
Foto: Carl Thelin.



byggnadsfaser (figur 3.13), vilket i så fall talar för att hela den inre skalmuren, inklusive arkadbågar, har murats om i samband med påbyggnaden. Hypotetiskt har påbyggnaden av muren inneburit att hela den inre skalmuren är en nyskapelse som ersatt den äldre stadsmurens skalmur.

Murens stabilitet

Tillståndet i murens innandöme kan inte beskrivas, det skall ses.

Rapport över besiktning 1961

Visby stadsmur har vilat på en varierad grund. I huvudsak har muren vilat på berggrunden, där den har gått idagen, eller på packade jordmassor. Konstruerade grundmurar har bara förekommit högst begränsat. Avsaknaden av en stabil grund har ansetts varit bidragande till att flera murpartier har rasat. För raset i mur 38 finns ett tydligt samband mellan den södra raskanten och övergången från fast berg till packad jord. Murens stabilitet har även varit avhängig murens vikt i relation till grundens förmåga att ta upp trycket från muren. Troligtvis har den ökade vikten genom påbyggnaden av muren inneburit en förhöjd risk för sättningar. Påbyggnaden av muren tycks dessutom ha skapat en större obalans i muren, och då inte minst genom sadeltornen. Av totalt 22 sadeltorn är endast nio bevarade idag, och några av dessa har räddats genom stödjande insatser.

Det inre av mur 38 avslöjade en murkonstruktion i mycket dåligt skick. Avsaknaden av förband eller andra typer av bindningar mellan murverkets olika delar var slående och det fanns gott om hålrum mellan kärnan och skal-



Figur 3.14. Profil vid den norra raskanten. Avsaknad av bindningar mellan kärna och skal har ökat trycket på murens yttre skal. Lägg märke till kärnan med lerbruk. Foto: Håkan Thoren.

murarna. Inte minst påbyggnaden av muren har bidragit till att göra muren instabil. Avsaknaden av en stabiliserande kärnmur som håller skalen på plats genom bindningar har ökat trycket på skalen. Detta framgick med all tydlighet i den norra raskanten (figur 3.14).

Tillståndet i de närliggande mursträckningarna har inte varit bättre, vilket framgick av lägesbeskrivningen ovan. I den norra delen av mur 38 framställdes läget som obeskrivbart och idag är muren fylld av betong och det inre skalet till stor del ommurat. Det mellanliggande sadeltornet stöttades upp redan på 1860-talet. Mur 36 rasade 1871 och orsaken till raset ansågs vara jägaregillet's skjutbana och aktiviteter utanför muren. Att anse en skjutbana förorsakat raset av en försvarsmur får väl betraktas som tämligen paradoxalt,

och raset bör nog istället relateras till murens dåliga skick och konstruktion. Murpartiet är inte återuppbyggt till full höjd. Söder om mur 38 och strax norr om söderport finns ytterligare ett rasparti av mur och sadeltorn. Denna del av Östermur framstår som mycket rasbenägen, men kan nog betraktas som representativ för hela Visby stadsmur, där endast en tredjedel av murens totala längd är bevarad i sin fulla höjd (Lindqvist 1987).

Marktornen framstår som de mest stabila elementen i stadsmuren. De är yngre än den äldre muren och anses vara byggda 1289–1299 (Eckhoff & Janse 1936:280f). De förefaller vara byggda på stabil grund och inga omfattande ras på grund av sättningar har konstaterats. Tornen är intimt förknippade med sinnebilderna av stadsmuren även idag.

Stadsmurens svagaste del tycks den påbyggda förhöjningen med sadeltornen ha varit. Flera av de kända rasen har framför allt drabbat denna del av muren. Den främsta orsaken till detta är den obalans som uppstod mellan grundläggning och ett ökat tryck genom murens ökade vikt. Ofta kan en obalans konstateras och där kan sadeltornen ha varit tungan på vågen. Av mer än 20 sadeltorn är mindre än hälften bevarade och några av dem med hjälp av stöd.

Projektet Visby stadsmur

Tillkomsten av ett så stort byggnadsverk som Visby stadsmur har varit ett i tid utdraget projekt och det föreligger också en stor variation mellan olika delar av muren. Forskningen kring stadsmuren i Visby har indelat muren i olika delar. De mest framträdande är uppdelningen i en sjömur och en landmur, och indelningen av landmuren i den gamla muren och den förhöjda muren med sadeltorn. Porttorn och marktorn framstår också som egna grupper. Uppdelningen mellan sjömur och landmur ligger i lokaliseringen, som benämningen anger, men framför allt i murarnas olika utseende.

Den så kallade sjömuren är en smalare mur, omkring 1,00–1,30 meter nedtill, och saknar blindarkad. Bröstvärnsmuren är cirka 0,80 meter tjock, vilket motsvarar bröstvärnet på lantmuren. Eckhoff och Janse menar att det i princip finns två huvudtyper eller huvudformer (I och II) av denna mur (Eckhoff & Janse 1936:66ff). Båda har haft skyttegång av trä som vilat på ett smalt språng i muren. Stratigrafiskt är form I äldre än form II, då de förekommer i samma murpartier. Form I saknar egentlig krenelering, men har skytteöppningar med långa mellanrum. Däremot kan form II ha en krenelering som har stora likheter med den på landmuren.

Landmurens uppdelning i olika faser baseras på den synliga stratigrafien på utsidan av muren och relationen till de olika tornen. En indelning av detta slag ger uttryck för en syn där en mycket strukturerad tillblivelse av muren förutsätts. Visby stadsmur är förmodligen det största bevarade byggnadsprojektet från medeltiden i Norden och bör ha formats och utvecklats under en mycket

lång tidsperiod, och gör så än idag. Den stora byggperioden inföll under 1200- och 1300-talet, därefter har det handlat om begränsade tillägg, underhåll, reparationer, rekonstruktioner och konserveringar. Under denna period kan mycket ha hänt, och har också hänt. Människorna involverade i bygget, från borgmästare till murare, har kommit och gått. Kunskapen om och idéerna kring murbyggande och monument av detta slag har säkerligen förändrats. Olika byggnadstekniska idéer har utvecklats parallellt med att byggnadshytan knuten till stadsmuren och staden har utvecklats, vilket påverkat utformningen. Men även idéer från stadens olika aktörer kring försvar, urban identitet och status har påverkat murens utseende. Olika delar av staden har kanske haft ansvaret för byggande och underhåll av olika murpartier. Genom stadsbefolkningens omfattande kontaktnät inom handeln har inte bara inflödet av varor varit stort, utan även ett omfattande tankegods kring stadsliv och städers gestaltning. Vi får inte heller glömma bort olika yttre omständigheter som kan ha påverkat muren. Krig, ekonomi, politik och samhällsutveckling kunde också innebära häftiga svängningar som avspeglades i muren. Dessutom har man inte slutat att intressera sig för muren efter att den påbyggda och förhöjda lantmuren stod klar. Vad innebar byggandet av Visborgs slott, dansktidens förstärkningar av muren och senare tiders reparationer och underhåll? Vad menas med att muren åter sattes i försvarsdugligt skick i början av 1700-talet? Allt detta vet vi mycket lite om, då det inte har satt några avtryck i det begränsade skriftliga källmaterialet som har bevarats. Från och med 1800-talet ökar emellertid källorna med flera omnämmanden av murras med reparationer och restaureringar som följd. Vad har nationalismens restaureringsideal inneburit för stadsmurens gestaltning? Har stilhistoriska restaureringar genomförts?

Utan tillstånd att krenelera

Konstruktionen av ett monument som Visby stadsmur måste betraktas som mycket komplex. Varje del av muren består idag ofta av en mängd händelser som är mycket svåra att urskilja. Parallellt med stadsmuren har även staden som helhet omvandlats till en för tiden modern stad av internationell betydelse och utformning genom tillkomsten av en omfattande stenhusebebyggelse. Det är kanske utifrån denna utgångspunkt som en förståelse för Visby stadsmur måste ta sin början. En grov dateringsram för denna omvandling och expansion ges av de dendrokronologiska analyser som gjorts av bevarat trä i stenhusen, stenkyrkorna och stadsmuren. Dateringarna sträcker sig mellan 1220-talet och 1380-talet (Bråthen 1995, vars dateringar är nio år för gamla, se Bartholin 1998; Andrén 2011:81). De dendrokronologiska analyserna som utförts på Visby stadsmur grupperar sig dock till framför allt två perioder, 1280-1290-talet och 1350-1360-talet (Westholm 2000:93). Problemen med dessa dateringar är att det oftast inte har gjorts någon byggnadsarkeologisk

undersökning i samband med provtagningarna. Därmed föreligger det en osäkerhet kring vad som har daterats. Samtliga dateringarna från stadsmuren har gjorts på landmuren, men inga prover kommer från den äldre, krenelerade muren. De äldsta dateringarna till 1286 och 1287 kommer från de sekundära porttornen till Öster- och Norderport. Visby stadsmur omnämns emellertid i svarsbrevet från stadens borgare till kung Magnus Ladulås 1288 angående att staden utan tillstånd från kungen byggt en mur kring staden (SDHK-nr 1414). Den äldre landmuren är alltså äldre än båda dessa typer av dateringar, men hur mycket är oklart.

Den viktigaste frågan inför den byggnadsarkeologiska undersökningen var varför stadsmuren byggdes. Forskningen hade hittills betonat murens betydelse som försvarsanläggning och den ansågs tillkommen i en konfliktsituation. Murens administrativa funktion som gräns mellan stad och land har även lyfts fram. Intresset för stadsmurens symboliska och sociala funktion har dock varit marginellt. Under senare tid har emellertid även status och urban identitet i hög grad förknippats med dessa byggnadsverk (Coulson 1979, 1982, 2003; Johnson 2002; Creighton & Higham 2005).

På de brittiska öarna var det vanligtvis nödvändigt att söka tillstånd för att befästa städer och bygga borgar. Under 1100–1500-talen utställdes dokument som beviljade den sökande tillstånd att bygga specifika befästningar. I stadssammanhang refererades ofta till krenelerade murar (eng. battlements) varför uttrycket "license to crenellate" formulerades på 1800-talet. För studiet av stadsmurar är speciella dokument från 1220-talet och framåt av speciellt intresse, "the murage grants" (Creighton & Higham 2005:84). Dessa dokument gav det urbana samhället rättigheter att ta upp tullavgifter på varor och gods som infördes till försäljning i staden, där inkomsten fick användas till konstruktion eller underhåll av murar. Finansieringen av stadsmurarna kom alltså från handeln. Även om Visby stadsmur byggdes utan tillstånd, så har säkerligen finansieringen av projektet kommit från handeln.

Med en krenelerad stadsmur kunde stadssamhället på ett påtagligt sätt visa att staden var en betydelsfull köp- och handelsstad. Städens status kunde emellertid uttryckas på många olika sätt. Krenelerade stadsportar förekommer på flera stadssigill, exempelvis på sigill från Kalmar och från Trelleborg, där den senare varken hade stadsmur eller borg. Det handlade naturligtvis både om status och identitet. Den enskilde borgaren kunde genom att krenelera gavlarna på sitt packhus i Visby visa sin ställning och sina ambitioner. Allt detta vilade på att det fanns en föreställning eller idé om vad en stad var och hur gott stadsbyggnadsskick skulle se ut (Lefebvre 1991). Under början av 1200-talet har det existerat en idé om staden och dess liv och i Visby framträder den med största tydlighet genom en strikt stadsplanering som innefattade avlopp, gator, stenhus, stenkyrkor och en stadsmur.

Innehållet i det ovan omtalade brevet från borgarna i Visby, adresserat i Nyköping 1288, som var ett svarsbrev på ett förkommet brev från den svenske kungen, är enligt Riksarkivets översättning:

”Gutars och tyskars borgmästare och rådmän samt menigheten i Visby med löfte till Sveriges kung om erläggande till kungens eller hans arvingars fogde i Kalmar av en bot om 2.000 mark lödigt silver i gutnisk vikt och 500 mark silver i gängse mynt enligt bifogad betalningsplan för vidare befordran, eftersom de begått en oförätt mot kungen i det att de omgivit sin stad med murar och angripit lantbefolkningen på Gotland utan att ha rådgjort med honom. Vidare lovar de att bilägga alla sina tvister med Gotlands befolkning i godo, om så är möjligt, och i annat fall inte tillgripa våld, förrän de rådfrågat kungen, försåvitt de inte oförhappandes blir angripna; att inte hindra gutarna från att skicka sändebud till kungen; att, om gutarna väljer sig en annan furste och herre än kungen, bistå kungen och hans ombud vid fördrivandet av denne, och att även i övrigt lämna sitt bistånd mot upproriska gutar; att inom en månad, efter det att de fått ett kungligt brev rörande detta, från sin stad fördriva från Sverige landsflyktiga majestätsbrottslingar; att skaffa intyg från städerna Lübeck, Wismar, Rostock, Greifswald, Stralsund och Riga på att dessa städer skall hjälpa kungen att krossa dem själva, om de skulle ta sig en annan furste än denne eller bryta något av ovanstående löften; att skaffa ett intyg från påvestolen på att de kommer att drabbas av bannlysningsdom, om de förbryter sig mot kungen i något av det förutnämnda och lagligen fälls för detta, varvid de underkastar sig linköpingsbiskopens jurisdiktion, eftersom han är den som har att utfärda domen; att på bästa sätt ta emot och såsom det anstår ett kungligt majestät behandla kungen, om han kommer på besök till deras stad och landskapet Gotland; och slutligen att till kungen efter dennes gottfinnande betala en bot om 10.000 mark lödigt silver, om de befinnes ha förbrutit sig mot honom i något av ovanstående avseenden.”

Staden Visby accepterade tydligen utan några protester att betala betydande böter till den svenske kungen för att ha byggt en mur kring staden. Detta visar att samma regler som tillämpades på kontinenten och de brittiska öarna även gällt i Sverige, samtidigt som Visbys och Gotlands relation till den svenska kungamakten klargörs. Det är troligen först vid denna tid som det svenska riket blir någorlunda stabilt i sin konstruktion. Stockholm framträder som en tydlig huvudstad och en gemensam nationell valuta för riket införs också omkring 1290. Tidigare hade den gotländska valutan gällt i östra Götaland (Jonsson 2000). År 1285 hade banden mellan Gotland och den svenske kungen Magnus Ladulås stärkts genom en ny ledungsöverenskommelse. Överenskommelsen innebar att gotlänningarna fick samma skatteplikt som övriga riket och därmed erkände sig vara en del av det svenska riket med samma skyldigheter som övriga invånare (Yrving 1978:23f).

Handelsnätverken i Östersjön utvecklades starkt under 1200-talet. Redan under 1100-talet samlades köpmän från flera olika länder i Visby och ganska snart blev tyskarna en dominant grupp i staden. Visby var under perioden ett centrum för handeln i Östersjön och under 1280-talet blev Visby medlem i det äldre tyska stadsförbundet (Yrving 1978:19ff). Byggandet av stadsmuren kan ses som ett led i dessa ambitioner och kanske var stadsmuren symbolen för tillhörighet och medlemskap i detta förbund eller nätverk av städer. Dendrokronologiska dateringar från Österport och Norreport antyder att byggnadsaktiviteter pågick vid muren under denna tid (Bråthen 1995).

En betydande handel förefaller ha utgjort den viktigaste förutsättningen för städernas möjligheter att bygga stadsmurar. I Sverige finns det bara två kända stadsmurar från 1200- och 1300-talet förutom Visby, nämligen Stockholm och Kalmar. Dessa båda städer har tillsammans med Visby varit de mest betydande köpstäderna i riket med en omfattande internationell handel. Vad som skiljer städerna från Visby är att Stockholm och Kalmar hade betydande kungliga borgar i anslutning till stadsområdet. Kungliga borgar har det funnits i ett tjugotal svenska medeltidsstäder, och merparten av dessa har alltså med största sannolikhet aldrig haft någon stadsmur. Detta visar på handeln och handelsnätverkens betydelse för förekomsten av stadsmurar, och att det var borgarna och stadens invånare som var aktörerna bakom tillkomsten. I Visby är detta uppenbart då staden saknade en kunglig representation på plats.

Den tidigare forskningen har kopplat tillkomsten av stadsmuren till de lokala förhållandena på ön. Det har handlat om Visbys önskan att frigöra sig från resten av ön, införandet av tullar på varor som infördes i staden och stridigheterna mellan staden och landet. Allt detta kan emellertid betraktas som en begränsad del av ett större sammanhang eller kontext under senare delen av 1200-talet. 1280-talet tycks ha varit ett tydligt förändringsskede där Visby och Gotland fick en tydlig koppling till det svenska riket som formaliserades vid denna tid. Visby kom även att ingå i ett större handelsnätverk med andra betydelsefulla städer runt Östersjön. Det är snarare i denna kontext som tillkomsten av stadsmuren och staden hör hemma. Stadsmuren har tillsammans med den övriga stadens stenkyrkor och stenhus varit ett tydligt sätt att meddela borgarnas status, identitet och tillhörighet till en internationell omvärld. För att uppta tull av gotlänningarna har det knappast behövts en monumental stadsmur. Stadsgränser kan ha markerats med ett enklare dike eller vall, vilket var fullt tillräckligt i de flesta städer.

Tillkomsten av stadsmuren kan alltså ses i ett sammanhang som för Visby sannolikt innebar en annan roll och en förändrad status. På samma sätt är det därför mycket rimligt att se att förhöjningen av stadsmuren med sadeltornen skedde i samband med att Visby blev medlem i Hansan när den grundades på 1350-talet. De dendrokronologiska dateringarna från 1350- och 1360-talet kommer just från denna påbyggnad av muren.

4. Ringmurens uppbyggnad och statiska verkningssätt

Carl Thelin, Folke Höst och Laine Montelin

Detta kapitel ger en beskrivning av ringmurens uppbyggnad och statiska verkningssätt. Det som presenteras i kapitlet är ett resultat av den kunskap som kommit fram i undersökningar och förarbeten. Dessa har genomförts parallellt för att möjliggöra projektering av byggprojektet att återuppbygga ringmuren och för att ge ny kunskap om konstruktionen av Visby ringmur och därmed medeltida stadsmurar inom ramen för forskningsprojektet. Den första delen av kapitlet ger en bakgrund till de undersökningar som genomförts och metoder som använts i projektet.

4.1 Byggprojekt och forskningsprojekt

I projektet genomfördes det praktiska arbetet med att säkra, plocka ner och återuppbygga muren parallellt med forsknings- och utvecklingsarbetet. På många sätt gick forskningsarbetet ihop med undersöknings- och projekteringsarbetet. Utredningsarbetet inför projekteringen genomgick följande steg.

Insamling av bakgrundsinformation

Undersökningen av konstruktionen krävde ett tvärvetenskapligt tillvägagångssätt, där både tekniska undersökningar av konstruktionen och dess material genomfördes parallellt med historiska efterforskningar i arkiven. Detta för att samla in kunskap om murens uppbyggnad, uppförande, konstruktionsteknik och förändringar över tiden, faktorer som alla spelar roll för hur den ser ut och fungerar idag. Framför allt har Eckhoffs och Janses Visby stadsmur (Eckhoff och Janse 1936) och Eckhoffs planschverk (Eckhoff 1922) tillsammans med de utredningar och projekteringar som gjordes av ingenjör G. Hammarlund (1961) under 1960-talet använts.

En byggnadsundersökning av konstruktionen vid platsen för raset genomfördes och resultatet av den finns med i flera delar av denna rapport. Undersökningarna strävade efter att, tillsammans med arkivmaterialet, ge underlag till att beskriva murens konstruktion och verkningssätt samt att definiera skador och nedbrytning. Likaså att bestämma om skadorna stabiliserats eller om det fanns risker för fortsatta ras och vilka åtgärder som i så fall behövde vidtas för att säkra konstruktionen. Sammanställningen av bakgrundsmaterialet och byggnadsundersökningen ger en beskrivning av ringmurens förutsättningar och ger i sin tur möjliga förklaringar till raset som inträffade 2012.

Analys av murens konstruktion och projektering av åtgärder

I samband med undersökningsarbetet genomfördes en laserskanning av konstruktionen som möjliggjorde noggrannare analyser av konstruktionens statistiska beteende, både före och efter raset (Thelin, Höst och Rosenberg 2012). En geoteknisk undersökning för att fastställa murens grundläggning genomfördes. Analyser av rasområdet förutsättningar och risker gjordes också, för att projektera de säkringskonstruktioner som krävdes för att möjliggöra en säker arbetsplats och nedplockning av muren, liksom för att projektera den återuppbyggda murens konstruktion. Efter analyserna följde projektering och framtagande av ritningar av den stålkonstruktion som säkrade rasområdet och omgivande murar, den nya murens uppbyggnad och säkringar av kvarstående murar på vardera sidan om raset.

4.2 Ringmurens uppbyggnad

Här beskrivs resultatet av undersökningarna av ringmurens uppbyggnad. Beskrivningen gäller för muren vid området där raset inträffade. Dock är det troligt att muren har en liknande uppbyggnad i stora delar av sin sträckning. Hur de olika tornen är konstruerade behandlas inte. Vad man vet är muren i den här delen byggd i två steg (Falck 1994, Eckhoff och Janse 1936) som här benämns ”den första muren” respektive ”den påbyggda muren”.

Den första muren

Den första muren som uppfördes under 1200-talet var lägre och hade en annan form än den mur vi ser idag. På flera ställen går det dock att se konturer av den första muren och dess krenelering, se figurer 4.1 och 4.2, och på ett område strax öster om norderport har den ursprungliga formen återskapats, se figurer 4.3 och 4.4. På murens insida fanns en väktargång som troligen bars upp av arkadbågarna på murens insida. Muren var då cirka sex meter hög med viss variation. I figur 4.5 visas ett snitt av hur den första muren förmodligen såg ut och var uppbyggd.

Muren är uppförd som en skalmur där stenarna på utsidan är murade i förband och arkadbågarna och deras svicklar på insidan är murade i förband. Det yttre murskalet, upp till väktargångens nivå, verkar i regel vara mellan 25 och 50 cm tjockt med vissa djupare stenar. Insidan, som utgörs av arkadbågarna, har normalt en tjocklek mellan 70 cm och 1 meter. Arkadbågarnas bakmurar är i regel murade i förband med relativt små stenar. Vid basen är muren totalt cirka 2 meter bred med viss variation. Utrymmet mellan murskalen under väktargångens nivå, murens kärna, är fyllt med sten i varierande storlek och lerbruk (se kap. 5 för närmare beskrivning av bruken i muren). Tidigare genomförda undersökningar har visat att fyllnadsmaterialet i kärnan kan vara mycket rösig och utan bruk eller med bruk av dålig kvalitet. Vid området för



Figur 4.1. Exempel på område (mur 40) där konturerna av den första muren tydligt går att se i dagens mur. Konturen har fyllts i med ett rött streck. Foto: Carl Thelin.



Figur 4.2. Exempel från Eckhofs planschverk (Eckhof 1922) som visar konturen av den första muren inritad på den nuvarande. Platsen för raset 2012 i mur 38 har markerats med den röda pilen. Notera också den vertikalt markerade sprickan där raset inträffade. Illustration: Carl Thelin efter Eckhoff.

Figur 4.3. Mur 24 strax öster om norderport, sedd från utsidan, där den första murens form återskapats med krenelering. Foto: Carl Thelin.

Figur 4.4. Mur 22 strax öster om norderport, sedd från insidan, där väktargången ovanför arkadbågarna har återskapats. I mitten finns också en förstärkning i form av en strävpelare. Foto: Carl Thelin.



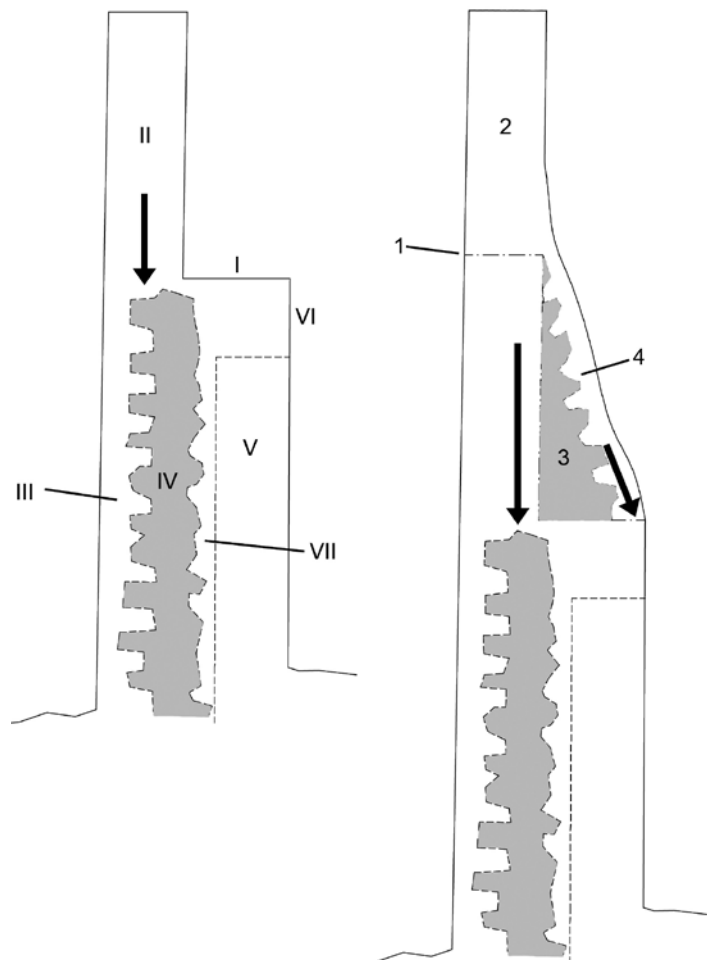
Figur 4.5. Sektion som visar hur den första muren såg ut. Pilen anger att belastningen från bröstningsmuren belastar det yttre skalet excentriskt och därmed också belastar kärnan.

- I) Väktargångens översida.
- II) Bröstvärn med krenelering/tinnar som är murad som fullmur. 75–80 cm bred.
- III) Den yttre skalmuren. 25–50 cm bred.
- IV) Kärnan som inte är murad i förband.
- V) Öppningarna i arkadbågarna.
- VI) Överdelen av arkadbågarnas valv. Valven är murade som fullmurar. Arkadbågarna är 70–100 cm djupa.
- VII) Arkadbågarnas bakmurning.

Figur 4.6. Sektion som visar hur muren ser ut efter förhöjningen. Den vertikala pilen anger att belastningen från murens övre delar ökat och att dess excentricitet i förhållande till den yttre skalmuren i murens nedre delar också ökat. Den sneda pilen illustrerar den flaskformiga påbyggnadens uttryckningskraft mot arkadbågarna.

- 1) Markerar den första murens höjd.
- 2) Förhöjningen av muren som är murad i fullmur.
- 3) Kärnan mellan det gamla bröstvärdet och den flaskformiga påbyggnaden. Består av mindre stenar och kalkbruk.
- 4) Det yttre skalet av den flaskformiga påbyggnaden.

Illustration: Carl Thelin.





Figur 4.7. Två fotografier som visar samma del av muren fast i olika nivåer under nedplockningen av det raserade området. 1) Nedre kärnan med lerbruk och utan förband mellan stenarna. 2) Det tunna yttre murskalet i nedre delen. 3) Det tidigare bröstvärn som nu fungerar som yttre skal i murens mittersta del. 4) Den övre kärnan innanför bröstvärn. 5) Den översta delen murad som fullmur. Foto: Carl Thelin.

raset var kärnan i den nedre muren mycket rösig och var murad med lerbruk. Tidigare undersökningar har också visat att där avståndet mellan skalmurarna varit mindre har kärnan varit bättre sammanbunden av bruk och förband mellan stenar.

Ovanför väktargångens nivå och i liv med det yttre murskalet hade den första muren ett bröstvärn med krenelering. Bröstvärn och tinnarna är murat som fullmur med en tjocklek mellan 75 och 80 centimeter. Efter som bröstvärnets mur är tjockare än murskalet under väktargångens nivå vilar det dels på kärnan, dels på det yttre murskalet, se figurer 4.5, 4.7 och 4.8.



Figur 4.8. Fotografi från raset som visar hur murens ytterskal blir tjockare i bröstningsmuren ovanför skyttgången (nivå markerat med pilen). Foto: Carl Thelin.

Den förhöjda muren

Under sent 1200-tal eller under 1300-talet höjdes muren cirka 2–4 meter genom påmurning på bröstvärn och genom ett ”flaskformigt” pålägg på murens insida från väktargången till krönet, se figurer 4.6 och 4.9. Murhöjningen är delvis murad som skalmur genom den på insidan murade flaskformiga påbyggnaden ovanpå väktargången som utgör det inre skalet av muren, se markering 4 i figur 4.6 och fotografi i figur 4.9. Murens översta del är murad som fullmur. Vid krönet är muren cirka 70 centimeter bred.

Figur 4.9. Murens insida strax söder om österport (mur 42). Ovanför arkadbågarna finns den så kallade flaskformiga påbyggnaden. Foto: Carl Thelin.



Murens grundläggning

Murens grundläggning varierar längs dess sträckning och uppgifterna i källorna går isär. Enligt Eckhoff och Janse (1936) ska den största delen stå direkt på berget medan den enligt Hammarlund (1961) ska stå på ett cirka 20 centimeter tjockt jordlager med kalkflisblandning. Troligen råder olika förhållanden på olika platser och därmed förekommer olika former av grundläggning.

De geotekniska undersökningar som genomfördes 2014, inför återuppbyggnaden av muren vid raset, visar att muren vid platsen för raset inte står på berget (som ligger cirka en halvmeter under marknivån på murens utsida). Jordmaterialet är på båda sidor om muren fyllnadsjord bestående av sand och grus med inslag av lera och organiskt material. Provgropar visade också att det under muren finns fyllnadsjord med inblandning av kalkstenflis som beskrivits i tidigare undersökningar.

Murens material

Muren är byggd av gotländsk kalksten som förmodligen till övervägande del hämtats i Visbys närhet. Stenen som använts är av både skiftande storlek och kvalitet. Olika typer av murbruk har använts i murens olika delar. Se kap. 5 för närmare genomgång av de murbruk som finns i muren.

4.3 Ringmurens verkningssätt

Ringmuren utgjorde bland annat försvarsmur för Visby stad och gräns för staden i förhållande till omgivningen. Som försvarsmur var den till för att hålla fiender ute ifrån staden och skapa goda förutsättningar att försvara

staden. Som konstruktion är ringmuren därmed i huvudsak till för att bära sin egenvikt, hålla för fientliga angrepp och bära upp en väktargång. På den påbyggda muren bestod väktargången förmodligen av trä vars vikt därmed troligen var försumbar i förhållande till murens övriga vikt.

Det generella verkningssättet hos skalmurar har beskrivits av Heyman (1995, 83–85) och Beckman och Bowles (2004, 99–105). Liknande verkningssätt och strukturella problem som de beskriver gäller även för Visby ringmur.

Den första murens nedre delar består av en kärna med en lös sammansättning av sten, som verkar ha dåligt eller obefintligt förband, och ett lerbruk. På utsidan finns ett tunt skal av sten murat i förband och på insidan finns arkadbågarna. Kärnan i nedre delen (se markering IV i figur 4.5) av muren är därför relativt vek och riskerar att ge efter och deformeras vid belastning. Det innebär att lasten från den första murens övre delar (bröstvärn och krenelering, markerade med II i figur 4.5) som ska föras ner till marken koncentreras till det yttre skalet, som är noggrant murat i förband. Arkadbågarna på murens insida bär upp sig själva och skyttegången, samtidigt som de ger ett inre stöd åt murens kärna. Observera att bröstvärnets mur är tjockare än skalmuren nedanför, vilket gör att den ger en excentrisk belastning på den nedre skalmuren.

När ringmuren höjdes verkar helt enkelt den befintliga muren ha fyllts på genom att ett inre skal och en övre kärna murades på skyttegången mot det befintliga bröstvärnets mur. Detta gjorde att det inte tycks finnas några som helst bindande stenar mellan de båda skalerna i den gamla bröstningsmurens höjd. Ovanför det gamla bröstvärnets går förhöjningen så småningom över till att bli en fullmur. Höjningen innebär att betydligt mer last skulle föras ner huvudsakligen via den första murens tunna yttre skal i nedre delen. Förhöjningen innebär dessutom ytterligare excentricitet hos lasten som ska föras ner genom murskalet. På insidan innebär det flaskformiga inre murskalet att muren under den gamla väktargången och arkadbågarna, utöver den ökade vertikala belastningen, även blir belastade med en horisontell uttryckningskraft. Resultatet av denna uttryckning tycks gå att se på flera håll längs murens insida genom att arkadbågarnas övre delar spruckit ifrån muren.

Åldrande och urlakning av murbruket i murens kärna i dess nedre delar har förmodligen med åren inneburit att kärnans bärande förmåga försämrats ytterligare, från att vara dålig till i vissa fall vara obefintlig. Kärnans försämrade styvhet och bärförmåga har efterhand inneburit en ökande spänningskoncentration till murens yttre skal.

Att ringmuren under 1900-talet till stora delar fogats med ett styvt, hårt och tätt cementbaserat bruk har troligen förvärrat situationen ytterligare på två sätt:

Dels innebär den täta fogen att det äldre murbruket innanför åldras och urlakas i betydligt högre grad och i snabbare takt genom att fukt stängs in

och ansamlas i murverket. Detta leder till att tjockleken på fungerande mur minskar ytterligare och lasten koncentreras ännu mer i murens yttre.

Dels är cementfogen styvare än originalmurbruket som finns innanför, vilket ger en styvare lastväg som koncentrerar kraften till murskalets utsida. Följden blir ökad spänning i materialet.

Sammantaget målar detta upp en bild av en ringmur med många konstruktiva brister, som till stora delar beror på dess uppbyggnad i två steg. Visserligen har muren i stort bestått i över 750 år, vilket får betraktas som bra för ett byggnadsverk. Samtidigt ska vi komma ihåg att det också har skett många ras under årens lopp.

Slutsatsen blir att ringmurens uppbyggnad och verkningssätt gör att den i kritiska delar är försatt i ett spänningstillstånd som innebär att det inte finns så stora marginaler för ytterligare belastning, exempelvis orsakad av hög fuktbelastning som i sin tur ger upphov till frostsprängningar.

Fuktens påverkan

Ringmuren utsätts för regn och snö. Genom bristande avtäckning, dåliga fogar, sprickor, hål och växtlighet tränger vatten in i muren. Speciellt utsatt är murens insida med den flaskformiga påbyggnaden. Fukt som har trängt in i murverket ska sedan torka ut genom diffusion. Detta tar lång tid och vid återkommande regn är det därför troligt att stora mängder vatten ansamlas i muren. Där muren fogats med tät cementfog ökar risken ytterligare för att fukt stängs in i murverket. Cementfogen förmår inte hålla vatten som tränger in genom sprickor och håligheter ute, men hindrar däremot en effektiv uttorkning av muren. Detta gör att områden av muren med mycket cementfog förmodligen är fuktigare (Nilsson 2000). Stor mängd fukt i murverket har flera negativa effekter. Det innebär att murbruket inne i muren luckras upp och lakas ur. Fukten kan också ge upphov till frostsador i murbruket och i riktigt kritiska situationer kan det ge upphov till frostsprängningar i muren (Balksten 2007, Carlsson 1995, Fagerlund 1972).

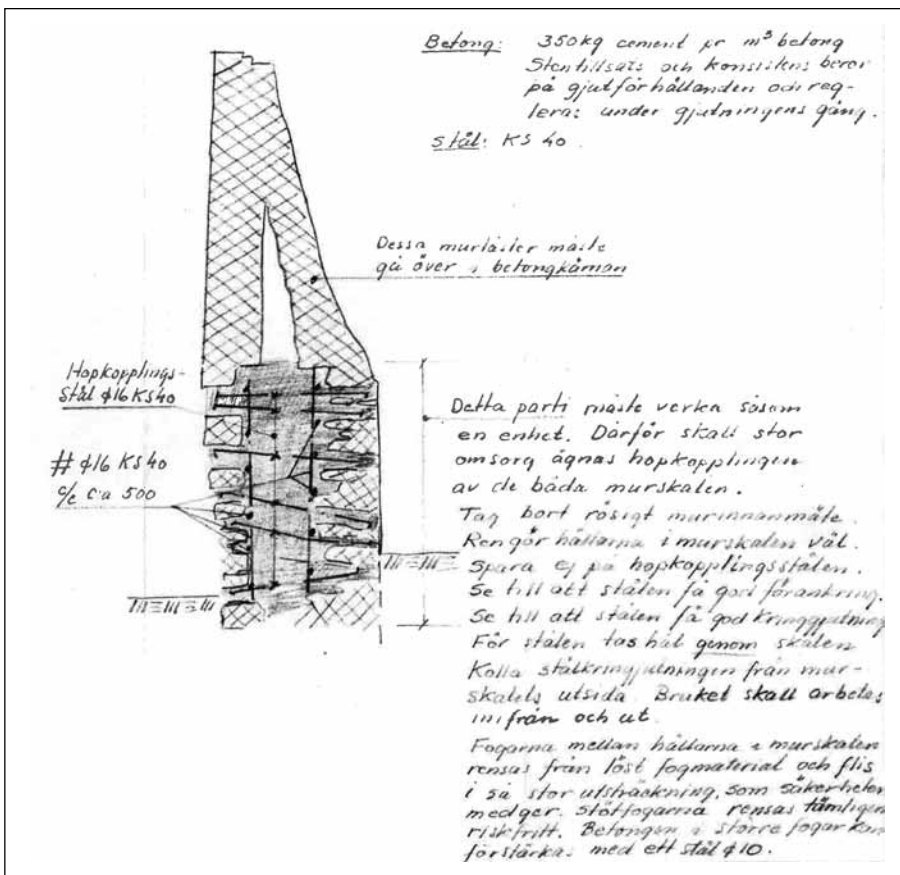
4.4 Exempel på tidigare skador, ras och åtgärder på ringmuren

En vandring runt ringmuren visar att den rasat på flera ställen under årens lopp. Flera av rasen hänger samman med sadeltornen. Dessa belastar muren excentriskt med en stor ytterligare tyngd som därmed gjort de partierna av muren känsligare.

Före 2012 inträffade det förra raset i februari månad 1961 i mur 16 i nordermuren, se figur 4.10. Raset av mur 16 har en annan karaktär än det senaste då hela krönet rasat och muren inte har samma höjd som vid mur 38. Ett tidigare ras, som också inträffat i mur 16, skedde den 10 februari 1847. Intressant att notera är att rasen skett i februari månad.



Figur 4.10. Gammal bild på raset i mur 16.
Foto: Gotlands Museums arkiv.



Figur 4.11. Utdrag ur en av ingenjör Hammarlunds ritningar som visar exempel på förstärkningar av mur 14 som genomfördes på 1960-talet. Samma typ av lösning tillämpades på mur 38. Ritning från Gotlands Museums arkiv.

Figur 4.12. Förstärkning med försträvande mur på mur 44.
Foto: Carl Thelin.



Figur 4.13. Strävpelare på mur 40.
Foto: Carl Thelin.



Figur 4.14. Stöttor av gjutjärn på sadeltornet på mur 36.
Foto: Carl Thelin.





Figur 4.16. Järnstag som stöttar upp övre delen av muren på insidan av mur 14. På utsidan har muren förstärkts. Foto: Carl Thelin.



Figur 4.15. Del av mur 36 där det yttre skalet murats upp som kallmur. Foto: Carl Thelin.



Figur 4.17. Strävpelare under sadeltornet på mur 14. Mot torn 15 syns också förstärkningar av muren. Foto: Carl Thelin.

Efter raset 1961 sattes en omfattande undersökning av ringmurens uppbyggnad och besiktning av dess skick igång, under ledning av ingenjör G Hammarlund. I arkivet finns åtskilligt ovärderligt material efter hans undersökningar, besiktningar och projekteringar av förstärkningar. Hammarlunds beskrivningar av murens uppbyggnad, konstruktion och problem stämmer mycket bra överens med det som går att se i samband med raset i mur 38.

Vid besiktningarna på 1960-talet noterades områden på muren (mur 14 och 38) med stora utbuktningar av utsidans skal och vid mur 20 fanns andra deformationer. Vid dessa tre murpartier genomfördes omfattande förstärkningsarbeten, projekterade av Hammarlund.

Samma lösning användes vid mur 14 och 38. Vid mur 38 gjordes förstärkningarna mellan torn 37 och sadeltornet, där muren buktar kraftigt. En murkärna av betong gjöts och dragjärn monterades för att knyta ihop det yttre murskalet med den inre arkaddelen. Tanken var att dragjärnen ska hålla ihop murskalen och att betongkärnan ska avlasta det yttre murskalet genom att bära upp delar av lasten från murens övre delar, det vill säga den gamla bröstningsmuren, murförhöjningen och den flaskformiga påbyggnaden på murens insida. Se figur 4.11 för ett exempel på ritningar av förstärkningsåtgärderna.

Nedan följer några exempel på andra mer synliga förstärkningar och reparationer från olika tider som förekommer runt ringmuren:

- Mur 44. Stora delar av muren har murats om och på utsidan finns på ett parti en avsträvande förstärkning, se figur 4.12.
- Mur 40. Murpartiet är till stora delar rasat och försett med en strävpelare på utsidan, se figur 4.13.
- Sadelornen på mur 36 och 38 är försedda med gjutjärnstöttor, se figur 4.14.
- Mur 36. En stor del muren har rasat och delar har murats upp som kallmur, Se figur 4.15.
- Mur 22. På insidan av muren finns en del av den ursprungliga väktargången rekonstruerad och den delas av med en kraftig strävpelare, se figur 4.4.
- Mur 14. Den östra delen av muren är förstärkt på utsidan och på insidan saknas delvis det inre skalet och övre delen av muren hålls på plats med hjälp av järnstag, se figur 4.16.
- Mur 14. Sadelornet är försett med en strävpelare, se figur 4.17.

5. Analys av mur- och fogbruk

Kristin Balksten

I samband med raset blev det lätt att komma åt murbruket inuti muren, bruk som vi vet härstammar från byggnadstiden för Visby ringmur. Detta bruk har analyserats med hjälp av okulärbeskrivningar och polarisationsmikroskop på tunnslipspreparat. Tunnslipsanalyser har utförts såväl på de gamla brukstyperna som förekommer i muren som på nygjorda bruk som tillverkats i samband med provmurning och provfogning under 2013, se vidare under kapitel 7. Bo Nitz, Saint Gobain i Visby har bidragit med att utföra analyser och även sponsrat projektet med flertalet analyser.

Ur gamla bruk på Visby ringmur kan vissa tydliga skillnader utläsas. I det raserade murpartiet finns tre typer av ursprungliga bruk; ett fett kalkbruk i nedre murens bärande delar, ett lerbruk i nedre murens kärna samt ett kalkbruk i den påbyggda muren. Av fogbruk finns en del kalkbruk bevarat, framför allt på murens utsida, och detta motsvarar till stor del det kalkbruk som finns i den påbyggda muren.

På murens insida, i synnerhet på flaskhalsen och över denna, har omfogning med cementbruk skett under 1900-talet. Dokumentation från arbetena under 1930–1960-talen anger inte precis när vilka partier fogades, men vi kan förvänta oss att det har skett under den här tiden (Cnattingius 1996). På flaskhalsen kan cementbruket gå så djupt som cirka en decimeter in i muren. På murens utsida finns framför allt ytligt cementbruk med ett par tre centimeters tjocklek. Undantaget är främst nertill på utsidan av muren, under nivån med marknivåskillnad, där det förekommer djupare cementfogar om drygt fem centimeter. Cementfogarna har inte samma goda vidhäftning till kalkstenen som kalkbruket. Därmed förekommer ofta tunna sprickor mellan cementbruk och kalksten, och i flera fall har växtlighet och insekter etablerat sig bakom cementbruket (Balksten & Mebus 2013). Cementfogarna skiljer sig också i utförande gentemot bevarade äldre kalkfogar, såtillvida att cementfogarna ligger indragna i murverket medan kalkfogarna ligger utdragna utanpå murverket.

5.1 Kalkbruk i nedre murskalen

I den första byggnadsfasen av muren synes en typ av kalkbruk (a) ha använts som sättbruk till murskalen, valvbågarna och fullmuren upp till kreneleeringen. Detta kalkbruk är ett vitt fett kalkbruk, typiskt för medeltida bruk på Gotland (Balksten 2007, 2008, 2009, 2010). Det är ett relativt homogent bruk där kalkmängden är rikligare än sandmängden. Tunnslip visar att bland-

Figur 5.1. Översiktsbilder över raset där cementfogar och kalkfogar existerar parallellt. Det feta kalkbruket finns i hela yttre skalet. Foto: Kristin Balksten.



Figur 5.2. Cementfogens tekniska egenskaper gällande styvhet, fukt- och temperaturutvidgningsförmåga och permeabilitet är inte lämpliga på ringmuren vilket yttrar sig genom sprickbildning, ökad växtlighet och urlakade kalkbruk. Foto: Kristin Balksten.





Figur 5.3. De gamla kalkfogarna som finns på muren skiljer sig tydligt till karaktär mot de sentida cementfogarna, vilket även blir en tydlig estetisk påverkan på muren. Foto: Kristin Balksten.

ningsförhållandet motsvarar ungefär 2:1 – 1,5:1 mellan kalk och sand (figur 5.11). Kalkbruket uppvisar en seghet och vid demonteringen av muren har det fortfarande haft god vidhäftning till kalkstenen.

I det understa skiftet mot mark kan inga rester av kalkbruk hittas i stötfogarna. Det kan tyda på att nedersta skiftet är murat med bara sättbruk, utan murbruk i stötfogen.



Figur 5.4. Under cementkrönet syns samma typ av inhomogent och fett kalkbruk som förekommer i hela den påbyggda muren. I den övre halvmeteren är det dock påverkat av fuktbelastningen. Det håller ännu ihop men det har mist sin seghet och vill gärna smula sig. Foto: Kristin Balksten.

5.2 Lerbruk i nedre murkärnan

I nedre murkärnan, under nivån av den gamla skyttegången och ända ner mot marken, förekommer ett löst brunt bruk där bindemedlet i huvudsak utgörs av lera (b). Det kan beskrivas som en lerjord med visst naturligt sandinnehåll (figur 5.10). Lerbruket betar sig så att det är stabilt när det är fuktigt, men då det torkat ut kan det pulverisera och dess bärighet förutsätter ett visst fuktinnehåll. Det är det huvudsakliga bindemedlet som förekommer i kärnan, och det fyller snarare tillsammans med kalkstensflis och kalkstensskärvor ut än binder murskalen samman (Rothstein 1875). Vid okulära studier av lerbruket påträffas ibland kalkklumpar i lerbruket. I och med marknivåskillnaden på detta murparti kan vi förvänta oss att lerbruket kontinuerligt har varit utsatt för en riklig mängd fukt.

5.3 Kalkbruk i övre murskalen och fullmuren

I den påbyggda muren med flaskhalsens murskal och kärna samt den övre fullmuren har en annan typ av kalkbruk (c) påträffats. Det är ett fett kalkbruk om än mindre fett än kalkbruket (a) i första byggnadsfasen. Tunnslipen visar på blandningsförhållande om cirka 1:1,5 mellan kalk och fingraderad sand. Kulören drar åt gulbrun snarare än vit och det är något mindre homogent än det äldre kalkbruket. Kalkpastan upplevs inhomogen med rikliga mängder



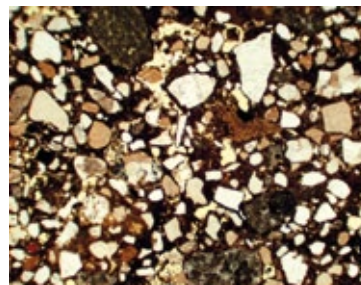
Figur 5.5 a–c. De tre typerna av murbruk; a. kalkbruk i gamla muren, b. lerbruk i kärnan och c. kalkbruk i påbyggda muren.
Foto: Kristin Balksten.

kalkklumpar. Se figur 5.7–5.9 som visar exempel på den här typen av bruk från den påbyggda muren. Bruket har i samband med att muren har demonterats visat sig ha mycket god vidhäftning till kalkstenen. Det har varit segt att lyfta upp stenarna och bruket har oftast varit i prima skick några centimeter in i muren.

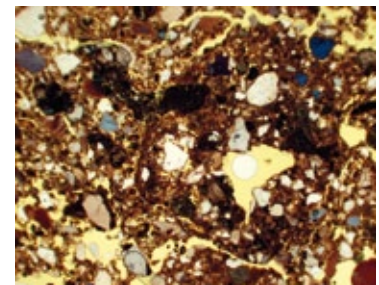
5.4 Summering av murbrukens beskaffenhet

De kalkbruk som finns bevarade består sannolikt enbart av gotländsk kalk som bindemedel. Enstaka kalkklumpar visar att det kan ha varit vissa orenheter i kalken som gett upphov till så kallade hydrauliska partiklar (figur 5.8), men bindemedelsmassan är som regel luftkalkbruk och samtliga analyserade bruk räknas som luftkalkbruk om än mer eller mindre rena sådana (Henström 1869). Där förekommer även helt rena kalkklumpar av opiskad kalk (figur 5.7). Murbruk av alla tre sorter har använts i tjocka lager och varje sten vilar på en bädd av kalkbruk som sammanbinder den med underlaget. Användandet av pinnsten förekommer inte utan fogarna är utfyllda av ett fett kalkbruk. Likaså är kärnan till stor del utfylld med bruk, i den nedre delen med lerbruket och i den övre med kalkbruk. Här har dock inte murningen varit så noggrann, utan hålrum förekommer frekvent. I den nedre kärnan behövde man vid demonteringen 2013 inte späta loss stenen, som i övriga muren, utan där har det bara varit att plocka då lerbrukets bindande kraft varit ringa.

Figur 5.6 a–c. Tunnslipsfotografier som visar a. kalkbruk från gamla muren, b. lerbruk från kärnan samt c. kalkbruk från påbyggda muren, i 20 ggr förstoring vilket ger att underkant bild motsvarar 4,5 mm.

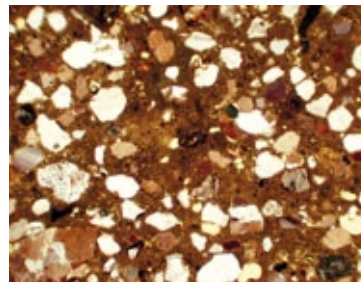


5.6 a

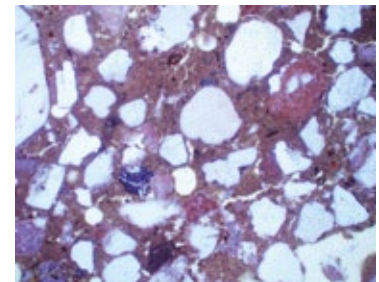


5.6 b

Figur 5.7. Invändigt murbruk uttaget ca två meter från krönet och ca fem meter från södra raskanten. Kalkpastan visar på ett luftkalkbruk som innehåller bl.a. opiskade kalkpartiklar av helt ren kalk. Uttagsdjup ca femtio centimeter. 50 ggr förstoring ger att nederkant bild motsvarar 2,6 mm.

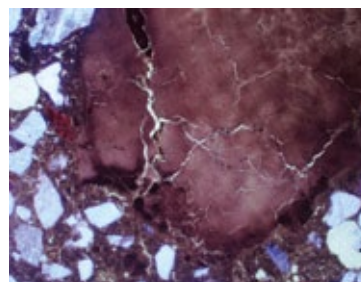


5.6 c

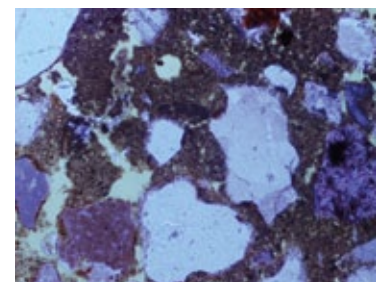


5.7

Figur 5.8. Invändigt murbruk uttaget ca två meter från krönet och ca fem meter från södra kanten. Kalkpastan är något inhomogen och här syns bland annat en kalkklump med svagt hydrauliska egenskaper. Uttagsdjup ca trettio centimeter. 50 ggr förstoring ger att nederkant bild motsvarar 2,6 mm.

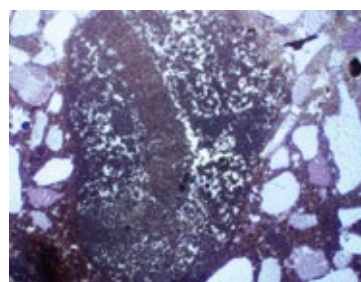


5.8

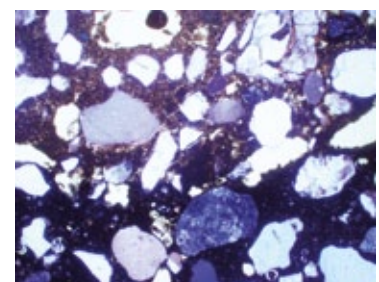


5.9

Figur 5.9. Fogbruk från yttersta fogningen två meter från toppen till vänster om södra raskanten. De svagt guldfärgade partierna visar håligheter och här syns exempel på kalkkristaller som har avsatts inuti en luftpor. 50 ggr förstoring ger att nederkant bild motsvarar 2,6 mm.



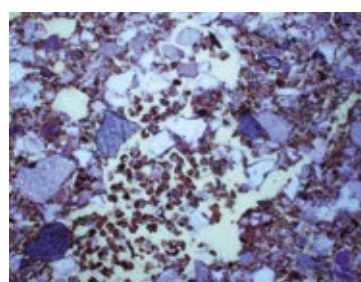
5.10



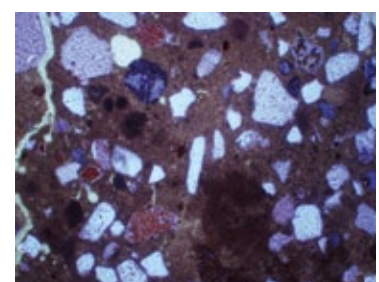
5.11

Figur 5.10. Fogmassa från nedre delen muren strax under första påbyggnadsgränsen. Exempel på lerbruket som inte har samma bindande förmåga eller hållfasthet som kalkbruken. Lerbruket innehåller rikligt med fin sand. 50 ggr förstoring ger att nederkant bild motsvarar 2,6 mm.

Figur 5.11. Murbruk uttaget under nedre påbyggnadsgräns. Här syns ett betydligt fetare och homogenerare kalkbruk där kalkmängden överstiger sandmängden. Det liknar bruk med blandningsförhållande 2:1 – 1,5:1. Märk väl den ringa mängden kapillär- och luftporer som kan ta upp vatten vilket i sin tur leder till nedbrytning beroende på bland annat frost. 50 ggr förstoring ger att nederkant bild motsvarar 2,6 mm.



5.10



5.11

6. Teknisk analys av kollaps

Carl Thelin och Kristin Balksten

När Visby ringmur rasade i februari 2012 var det cirka 70 kvadratmeter av det yttre murskalet som föll ner. Den övre delen av muren var murad som fullmur, vilken efter fallet hängde kvar i formen av en valvbåge och bars upp av kvarvarande murar på vardera sidan om raset. Se kapitel 8 för en närmare beskrivning av rasets geometri och förutsättningar för nedplockning och återuppbyggnad.

Varför rasade ringmuren vid mur 38? Varför rasade det just där och vilka var förutsättningarna vid platsen för raset? Dessa frågor ska vi försöka besvara i detta kapitel. Raset inträffade fredagen den 24 februari 2012. Det ska enligt uppgift ha varit blött under veckorna före raset och frusit de närmaste dygnen före raset. Platsen för raset ska rutinmässigt ha inspekterats under det senaste året, och det ska då inte ha gått att se några tecken på att muren där var i dåligt skick.

Det har skett många ras genom åren på Visby ringmur. Före 2012 inträffade det senaste 1961 och dessförinnan skedde flera ras under 1800-talet. Vad som kan ha orsakat dessa murras är inte tidigare sammanställt, men det är känt att flera av de tidigare rasen har skett i anslutning till sadeltornen som ger en extra belastning på muren (Janse 1949, Falck 1995). Flera ras har skett i samband med tjällossning, men inte samtliga.

Så länge muren var en fungerande försvarsanläggning har den vid ett flertal tillfällen både byggts om och underhållits för att fylla sin funktion. Sedan den blev skyddad 1805 (Cnattingius 1996) har ett antal restaurerings- och förstärkningsåtgärder vidtagits, men det tycks som om pengabrist har genomstrukat hela perioden sedan 1805. Majoriteten av de åtgärder som vidtagits efter 1800-talets mitt har varit omfogning av murverket med cementbaserat bruk samt pågjutning av murkrön med en täckande betong. Undantaget är kampanjen ”Rädda Visby ringmur” (Cnattingius 1996) mellan 1989–1995, då man i stället valde olika sorters kalkbruk för omfogning.

6.1 Kalkbrukens nedbrytning i fuktig miljö

I murverkskonstruktioner med ständigt pågående förfall har ofta vatten och fukt en avgörande roll på nedbrytningsförloppet. Flera nedbrytningsprocesser är fuktberoende:

- frostsador i sten och murbruk,
- urlakning av kalk i murbruk,
- sprickbildning och rörelser som en följd av olika fuktutvidgningsförmågor hos material,
- växtlighet både på murverket och inuti fogarna,
- insekter såsom exempelvis gråsuggor som bygger bo (Balksten & Mebus 2013).

Tillgången till fritt vatten kan innebära att frostsador uppkommer i samband med att vattnet expanderar när det bildar iskristaller inuti ett poröst material. Ofta är det upprepade frostcykler som till slut leder till brott i materialen (Balksten 2007, Carlsson 1995, Fagerlund 1972). Beroende på framför allt murbrukets porsystem kan vatten transporteras inuti murverket på olika sätt. Om murbruket är mycket poröst och det innehåller vad som kallas för ett kollapsat porsystem (Carlsson 1995) blir skadorna ofta omfattande, eftersom murbruket sprängs sönder om det fryser när det är vattenmättat. Om murbruket är kompakt och endast innehåller några få väl avgränsade luftporer samt tunna kapillärporer kan det inte innehålla så mycket vatten att det kan sprängas sönder när det fryser. Luftporerna fungerar då som en buffert i och med att luften komprimeras när vattnet fryser (Balksten 2007, Carlsson 1995, Fagerlund 1972).

Kalkbruket som förekommer i Visby ringmur är av typen feta luftkalkbruk, vilket innebär att de har en hög andel rent kalkbindemedel i förhållande till sandmängd (2:1–1:1,5 i volym kalk/sand). De är generellt sett mycket kompakta, vilket ger dem god frostbeständighet och låg kapillärsugningsförmåga. Tack vare deras kompakta struktur har de hållit emot nedbrytning mycket bra under flera hundra år. Fortfarande finns det partier som har vad som antas vara ursprunglig fog kvar i gott skick.

Kalken i murbruket kan i princip beskrivas som ett lösligt salt med mycket låg löslighet; 0,014 g/l vid kritisk relativ fuktighet RF~100 % (Grahn Andersson 2008). I praktiken innebär det att om kalken befinner sig i en vattenmättad miljö under en lång exponeringstid så kommer den så småningom att lösa upp sig och lakas ur (Forster 2007). Om det dessutom förekommer andra salter i murverket som har förmågan att sänka pH så ökar lösligheten i kalken till följd av syra-basreaktioner. Detta är ett vanligt fenomen i äldre murverk och kan ofta beskådas genom avsättningar av kalk på utsidan av murverket i form av droppstenar, såsom stalaktiter och "floatstone". Under 1800- och 1900-talen har rikligt med cementbruk använts för omfogning av Visby ringmur. Cementbruket har en betydligt lägre ånggenomsläpplighet än kalkbruket (Balksten 2007, Burström 2001), vilket innebär att vatten som har trängt in bakom cementfogen stannar kvar under en längre tid och utsätter bakomliggande murbruk för högre fuktbelastning än vad som var fallet före



Figur 6.1. Växtlighet utanpå och i muren. Rötterna har trängt långt in i muren även om växten är till synes liten på ytan.

Foto: Kristin Balksten.

cementfogens tillkomst (Nilsson 2000). Fenomenet med urlakat kalkbruk finns på flera ställen på Visby ringmur. Det är kopplat till en förhöjd fuktbelastning (exempelvis nära mark eller i anslutning till flaskhalsen), tillika till omfogningen med cementbruk.

Porösa material såsom kalksten, cementbruk, lerbruk och kalkbruk har alla olika egenskaper när det gäller fukt- och värmeutvidgningskoefficienter (Burström 2001). Värmeutvidgningskoefficienten kan variera och för cementbruk kan den vara två till tre gånger högre än för kalksten, samt två gånger högre än för kalkbruk (Burström 2001, Illston 1994) vid normala temperaturer. Effekten av detta syns ofta på gamla murverk som har omfogats med styva cementbruk. Dessa cementfogar har inte sällan arbetat sig loss från angränsande sten. Det yttrar sig i form av sprickor mellan fog och sten eller som löst sittande fogar. När dessa sprickor är smala fungerar de som en väg för vatten att ta sig in i murverket genom kapillärtransport. Vattnet har sedan svårt att diffundera ut genom de täta fogarna, vilket resulterar i en ökad fuktbelastning inuti murverket.

Bakom den här typen av spruckna cementfogar, där kalken löser upp sig i den fuktiga miljön, trivs såväl växter som gräsuggor utmärkt. Gräsuggorna behöver leva i hög fuktighet då de andas med gälar och de behöver kalk för att bygga sina skal (Hanström 1964). De äter gärna nedbrutna plantor och löv, med följden att det bildas näringsrik humus bakom fogen. Gräsuggorna lever gärna i symbios med flera växter och det blir en utmärkt miljö för ett litet frö att gro bakom cementfogen. I takt med att plantorna växer sig stora etableras djupa rotsystem inuti muren. Vid raset kunde rötterna följas långt in i murverket, även för små plantor. Ofta växer rötterna mellan stenen och bruket

och på så sätt orsakas en svagare bindning mellan stenen och fogen och skjuvning kan därmed lättare ske. På de murpartier av Visby ringmur som fortfarande har gammal kalkbruksfog kvar förekommer inte den här typen av växtlighet i fogarna (Balksten & Mebus 2013).

6.2 Förutsättningar vid mur 38 och platsen för raset

Marken och grundläggning

Vid platsen för raset genomfördes en laser-skanning av ringmuren, vilket gav en exakt beskrivning av dess geometri, se figur 6.2. Muren är där cirka 9,5 – 10 meter hög på utsidan och 7,5 meter hög på insidan. Skillnaden i markhöjd beror på att murens insida har fyllts upp vilket gör att endast arkadbågarnas övre del är synliga ovanför markytan. Skillnaden i markhöjd varierar från cirka 1,9 till 2,5 meter vid raset.

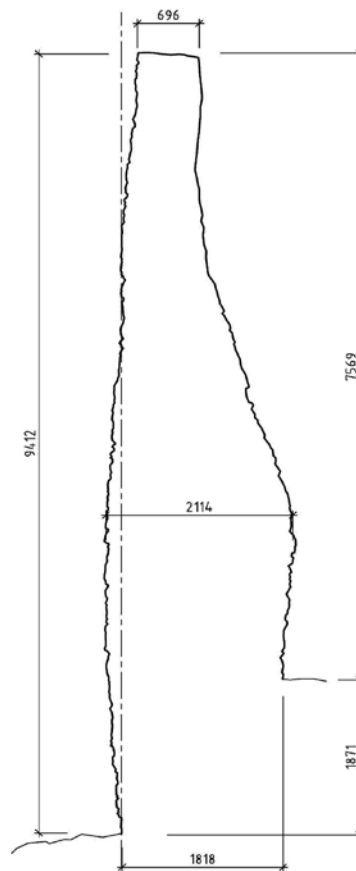
Enligt Hammarlund (1961) ska markytan på murens utsida på 1830-talet, när det anlades en skyttebana utanför mur 36 och 38, ha sänkts genom schaktning. Skador som observerades på mur 38 vid mitten av 1800-talet ansågs då vara orsakade av schaktningen och ledde till stöttning av sadeltornet med gjutjärnsstagen och att muren blev "undermurad och pliggad". Vad detta innebär och utbredningen av dessa åtgärder är oklart.

Murens grundläggning förändras också precis där raset skedde. Söder om raset är muren med stor sannolikhet grundlagd direkt på berget, medan det vid raset är grundlagt på ett lager jord.

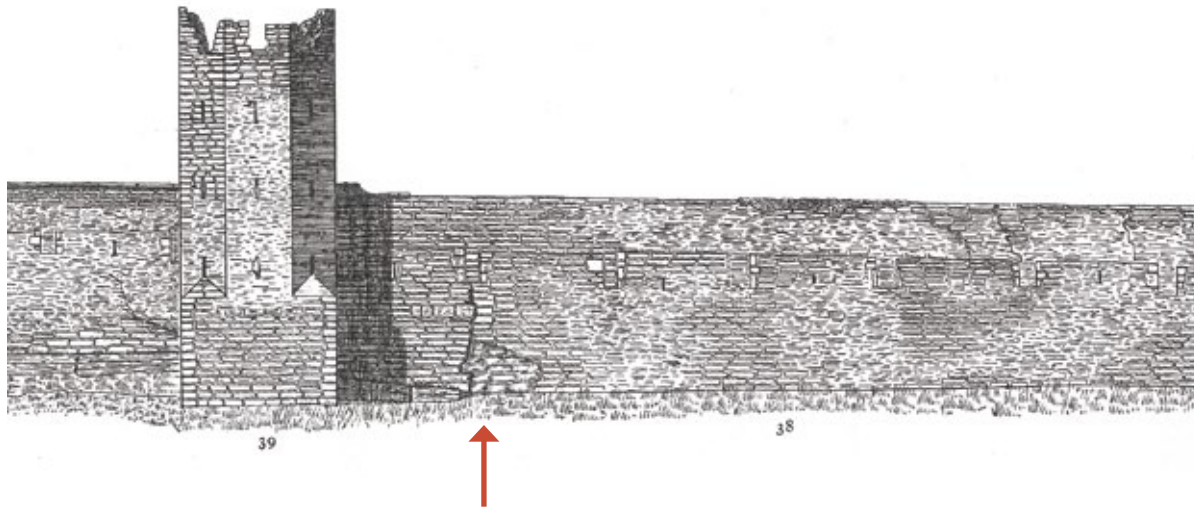
Konstruktionen

I kapitel 4 ges en beskrivning av ringmurens konstruktion som visar att muren har många konstruktiva brister. Till exempel finns få bindstenar som knyter ihop murskalen med kärnan och med varandra. Man kan konstatera att muren inte var anpassad för den påbyggda förhöjningen som ledde till ökad belastning av murens tunna yttre skal.

I Eckhoffs planschverk (Eckhoff 1922) finns en markering av en spricka i muren precis där raset inträffat, se figurer 4.2 och 6.3. Den beskrivs som en "stor sättspricka" i Eckhoff och Janse (1936 122). Hammarlund beskriver också



Figur 6.2. Snitt genom ringmuren precis norr om raset i mur 38 med mått i millimeter. Den prick-streckade vertikala linjen visar hur mycket muren buktar på utsidan. Illustration Carl Thelin.



Figur 6.3. Utdrag från Eckhoff och Janses planschverk som visar mur 38 intill torn 39. Pilen markerar den spricka och den eventuella ommur- ning som fanns precis vid gränsen för raset 2012.

sprickan i sin besiktning från 1961 och han påpekar även att murens utsida verkar ha lagats vid något tillfälle (Hammarlund 1961). Möjligen är det denna lag- ning som kan anas med annorlunda markerade stenar intill sprickan i figur 6.3.

Hammarlund anger också att en undersökning av muren på platsen där den nu rasat visat att den är ”rösigt invändigt” och att insidan är svåråtkomlig beroende på att den är motbyggd med en skjulbyggnad. Att muren verkligen var rösigt bekräftades av raset och vid nedplockningen av de raserade delarna. Vid området där raset inträffade förekom också mycket cementfog på båda sidor av muren, se figur 6.4. Cementfogen påverkar både uttorkningen av fukt i muren och därmed kalkbrukets nedbrytning (se ovan) och kraftspelet i muren (se kapitel 4).

Figur 6.4. Exempel på cementfog som tydligt spruckit ifrån stenen och bildar kapillärsugande kana- ler där vattnet kan tränga in i murverket. Foto: Carl Thelin.



Fuktbelastning i muren

På mur 38 vid platsen för raset finns flera faktorer som påverkar fuktbelastningen i muren. Ringmuren utsätts generellt för regn och snö som tränger in i muren genom dåliga fogar, hål och sprickor. Speciellt utsatt är murens insida med den flaskformiga påbyggnaden som här dessutom är vänd mot väster och därmed oftare utsatt för slagregn. Att marknivån är drygt två meter högre på insidan innebär att murens nedre delar kontinuerligt står i anslutning till markfukten. Dessutom har det på olika sätt letts in dagvatten i och igenom muren under årens lopp. På senare tid har vatten från intilliggande hus runnit in i muren.

6.3 Teori om orsak till kollaps

Det går inte att utläsa en enskild faktor som har orsakat kollapsen, utan allt tyder på att det är ett antal faktorer som har samverkat:

- Murens konstruktion där den första byggnadsfasen består av tunna skalmurar nederst och med en lös kärna under skyttegångens nivå. Det saknas bindstenar som förbinder de båda yttre skalorna med kärnan och med varandra.
- Påbyggnaden från 1300-talet med flaskhalsen och ytterligare en fullmur på toppen av 1200-talets skyttevärn, vilken ökat belastningen och spänningsnivån i det yttre murskalet.
- Grundläggningens variation på mursträckan. Muren intill raset står direkt på berg, men vid platsen för raset står den på jordlager.
- Olika marknivå på insidan och utsidan av muren. Marken har höjts betydligt på insidan så att skillnaden nu är cirka två och en halv meter.
- Urlakning av kalkbruket i murverket på grund av hög fuktbelastning, vilket har lett till att kalken har lösts upp och dess bär- och bindkraft har försämrats. Bakom täta cementfogar syns extra stor inverkan och då i synnerhet i de områden där muren är extra fuktbelastad.
- Lastkoncentrationen till det yttre murskalet som accentueras av omfogningen med styvt cementbruk som samtidigt ger en ökad nedbrytning av kalkbruket innanför.
- Hög fuktbelastning inuti muren på grund av hög marknivå och avsaknad av dränering från trädgårdarna innanför som inneburit att dagvatten trängt in i muren. Muren har närmast fungerat som en stenkista och flera gamla kloaksystem har tidigare påträffats i muren på den här sträckan (mur 38). Ett av dessa kunde tydligt utläsas i själva rasområdet.
- Hög fuktbelastning på grund av väderleken och upprepade frostcykler veckorna före kollapsen.

Analyser och studier av såväl byggnadsmaterialet och konstruktionen har genomförts för att skapa en förståelse för murens verkningsätt och de nedbrytningsprocesser som påverkat den. Resultaten visar att det är en komplex situation med ett antal kombinationer av risker som kan bidragit till raset 2012. Troligen har raset triggats igång av frostsprängning. Muren har en konstruktion som gör att det yttre murskalet kan vara hårt belastat och att marginalerna till brott på vissa ställen därför kan vara små. Murskalet är tunt nedtill, cirka 20–25 centimeter. Cementfogen fyller de yttre 5–7 centimeter, kalkbruket är urlakat ytterligare 5–7 centimeter, vilket tillsammans ger en försvagning av muren. När muren är i ett mycket fuktigt tillstånd kan en relativt lokal frostsprängning av stenar i det hårt belastade yttre skalet leda till att ett så stort ras som det som skedde 2012 inträffar.

Figur 6.5 a–c. När rasmassorna är undanröjda och nedre murskalet bortrensat så framträder ett parti där murskalet varit cirka en fot i djup vilket syns i det rödmarkerade området. Som tunnast var murskalet bara 20 centimeter och bindstenar förekom inte. Foto: Ulrika Mebus (a) och Kristin Balksten (b och c).





Figur 6.6. Cementbruket syns här påverka muren på olika sätt, genom vatteninträngning, urlakning och växtetablering.
Foto: Kristin Balksten.



7. Autentiska material i mur- och fogbruk

Kristin Balksten

Under de 700 år som har gått sedan ringmuren uppfördes har man på Gotland behärskat kunskapen att bränna och tillverka egen kalk ur kalkstensberget, liksom att bygga murar med kalksten. Såväl när muren byggdes som när den har förändrats genom de århundraden fram till 1700-talet då den har fungerat som försvarsanläggning, är det alltid kalksten och kalkbruk som varit det dominerande byggnadsmaterialet. Kalkbrukets beskaffenhet har förändrats sedan 1200-talet såtillvida att det har varit mer eller mindre fett, det vill säga kalkrikt. Av vad man kan utläsa i ringmuren återfinns originalbruk såväl som murbruk som fogbruk.

Vid återuppbyggnaden föll det sig naturligt att ta murens ursprungsmaterial som utgångspunkt. Detta innebar gotländsk kalksten från Visbys omnejd som kompletteringssten, traditionsenligt tillverkad bränd kalk, lokal sand och lera från marken. Hidemark har skrivit att det förekommit viss export av kalksten från Öland till Gotland under medeltiden (Hidemark & Holmström 1985) och vid återuppbyggnaden har även ölandskalk, bränd på Gotland, utprovats för fogning på utsatta partier.

Under arbetes gång har vi lärt oss att det som är självklar kunskap på Gotland är sällsynt kunskap på andra håll och att de förutsättningar som funnits här inte har funnits för liknande projekt som pågått parallellt. Inom detta projekt har vi haft en tydlig strävan att återuppbygga muren så autentiskt som vi har förmått, utan att för den delen göra en exakt rekonstruktion. Byggnadsteknik och byggnadsmaterial har valts för att möjliggöra att denna nya del av muren ska kunna stå lika länge som den övriga muren har stått hittills. Likaså att den ska vara kompatibel med omkringliggande murverk i funktion såväl som i utseende över tiden. Här har kunskap funnits att hämta i murens konstruktion, material och traditionella murningsteknik vad gäller fullmurar och skalmurar med bindstenar. Men även i hög grad i de lokala hantverkarnas specialkompetens inom restaurering, som både genom tradition och eget intresse har bevarat och utvecklat kunskap om den lokala kalken.

Då detta har varit ett unikt projekt, där kunskapsuppbyggnaden varit lika viktig som muruppbyggnaden, är det av intresse att närmare beskriva de lokala förutsättningarna och kunskaperna som i dagsläget är mycket personbundna.

Visby ringmur är ett världsarv, upptaget på UNESCO:s lista sedan 1995, och är en av norra Europas bäst bevarade medeltida stadsmur. Visst har ringmuren genomgått många förändringar genom tiden såsom påbyggnader, tillägg



i form av torn, sadeltorn, kaponniärer och en skans, ras i större eller mindre omfattning, upptagning av nya portar och genomgångar, Visborgs slotts uppgång och fall samt 1800- och 1900-talets restaureringsåtgärder med viss uppmurning, förstärkningar, omfogning och krönnavtäckning. De flesta av dessa åtgärder har gjorts utifrån att Visby ringmur är ett fungerande byggnadsverk, med bevarad funktion som skyddande stadsmur. Trots alla förändringar och åtgärder har ringmuren nästan helt klarat sig från stora stilrestaureringar som ämnat tillrättalägga historien och skapa ett utseende som skiljer sig från originalet. Många av de tidigare raserade partierna har återuppbyggts, men det har skett med olika lösningar vilket gör dessa partier tydligt utläsbara, se exempel i figur 7.1.

Gällande merparten av de förändringar som har skett genom årens lopp är det tydligt att ringmuren har förändrats med stadsbornas förändrade behov, men den har ändå behållit sin funktion som skyddande stadsmur.

Figur 7.1. Här syns exempel på ett par tidigare ras där återuppbyggnaden har skett på olika sätt.
Foto: Kristin Balksten.

7.1 Kalktillverkning på Gotland

Kalkbränning

Som förutsättning för underhåll av det gotländska byggnadsarvet löper kunskapen om lokala material som en röd tråd. Munthe (1945) ger en bra överblick över den gotländska kalktillverkningens utveckling fram till andra världskriget, då bränslebrist ledde till en kraftig nedgång i antalet kalkugnar. När AMS (Arbetsmarknadsstyrelsen) lät återuppta kalktillverkningen 1968 i Hejnum hade inte kunskapen om traditionell kalkbränning hunnit gå förlorad. Enligt hörsägen ska kalkugnarna vid Själso ha bränts så sent som 1965 (Cederlund 2014) och kalkugnen i Hejnum hade bara hållit upp några få år. Från Hejnum finns film som visar hur man brände kalk 1957 (Ahlby 2014/1957). Likaså ska kalkmilor ha bränts i sen tid (Munthe et al 1945), enligt hörsägen på bland annat Färö under 1940-talet (Cederlund 2014).

7.2 P.A. Säves kalkmila som hittades på 1800-talet på Norderbackar med troligt medeltida ursprung.



Kunskaperna var ännu levande och de äldre kunde förmedla hur man skulle välja ut bästa stenen för att få vit och fet kalk, hur stenen skulle staplas i ugnen, hur bränningsförloppet skulle styras i kalkugnen liksom hur kalken kunde släckas och lagras på olika sätt. Däremot tycks kunskapen om hur man hanterar kalkbruk av medeltida karaktär ha gått förlorad sedan lång tid, möjligen i samband med 1600-talets bränslebrist och dyrare bindemedel.

Kalkbränning startade på Gotland i samband med att ön kristnades och de tidigaste bevarade kalkbruken återfinns i byggnader från 1000- och 1100-talet (Munthe et al 1945). P.A. Säve tecknade av en kalkmila som man 1877 fann på Norderbackar i Visby efter att man schaktat bort en del mark (Munthe et al 1945). Milen var full av bränd kalkgrus och den beskrivs härstamma från troligen avlägsna tider då stadens murar byggdes. I övrigt finns det en mila beskriven från Norrlanda som kan stamma från medeltiden, även den har murat valv över eldningsgången.

Från Gotland exporterades mycket kalksten tillika ved under den danska tiden, vilken brändes på destinationsorten. Tidigaste kända uppgiften om export av bränd kalk är daterad först 1460 (Munthe et al 1945).

Att göra en kalkmila beskrivs av Way-Matthiesen (Munthe et al 1945) som något som ännu på 1940-talet gjordes av den som behövde kalk men som inte var så noga med kalkens kvalitet eller bränsletillgång. Kalkmilan byggs genom att man först gräver en grop med ett spadtags djup och cirka två meter i diameter. På botten reses kalkstensblock i två rader, över dem läggs flata hållar för att ge en långsträckt eldhärd. Kalksten läggs därefter upp i en rund



7.3. Bild på fältugnar visar en gammal fältugn från Jämtland (ovan t.v.) samt två milor som har bränns på senare år, den ena i utbildning vid Högskolan på Gotland i Ahr på norra Gotland (ovan t.h.) och den andra i Oviken Jämtland (t.v.).

Foto: Kristin Balksten.

kulle på eldhärden. Runt slutningen kastas jord och mull för att fungera som värmeisolering. Därefter eldas milan i några dygn och åtminstone kalken i mitten brukar ha blivit fullt användbar (Munthe et al 1945). Milan kan även byggas som en mindre ugn med en krans av kalksten ytterst. Den kan då snarare betraktas som en liten fältugn. Den här typen av små kalkugnar användes av bönderna för att fylla kalkbehovet i den närmaste trakten.

Under 1600-talet växte kalkindustrin fram. Den äldsta större periodiska ugnen som är säkert daterad uppfördes 1621 vid S:t Olofsholm. Efter att Gotland hade blivit svenskt kom man 1649 att införa en förhöjd tull på obränd kalk, vilken gjorde det lönsamt att istället försöka exportera bränd eller släckt kalk. Då bränd kalk är reaktiv var det den släckta kalken som dominerade

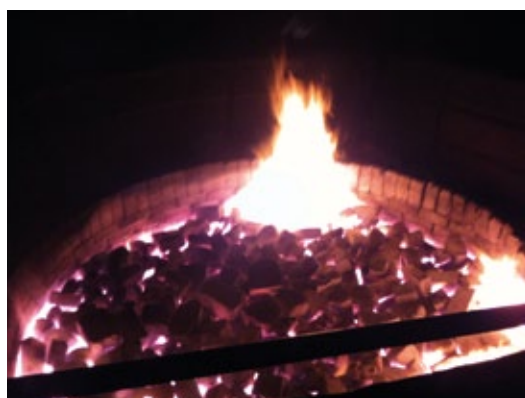


Figur 7.4. Kalkugnar
vid Själso som brändes
på 1940- till 60-talen.
Foto: Kristin Balksten.

kalkexporten under 1600- och 1700-talet (Munthe et al 1945, Sjöberg 1972). År 1665 fanns det till exempel 21 ugnar som var drivna med kronans privilegium. Under 1600-talet kom kalkexporten att gå till många svenska och utländska hamnar och man beskriver i Bohuslän hur man reser till Gotland efter ”kronans kalk” (Sandklef 1973). Redan under slutet på 1600-talet och början på 1700-talet tvingades man att utveckla mer bränseleffektiva kalkugnar eftersom vedbristen blev kännbar. 1697 beskrev dåvarande landshövdingen ugnarnas kapacitet till 40–60 läster (en läst motsvarar tolv tunnor à 1,1 hl vid denna tid), men att de som var större än 50 läster var svåra att få väl brända. Vedätgången vid den här tiden var ungefär dubbelt så stor som för en ugn med samma kapacitet från 1800-talets mitt.

Redan under 1600-talet tycks den gotländska ugnstypen ha utvecklats till den typ som under 1700-talet dominerade som exportugn (Munthe et al 1945). Det var en periodisk ugn som krävde en van man för att stapla kalkstenen så att man fick rätt drag i ugnen och därmed bästa möjliga bränseleffektivitet och kvalitet på kalken. Det är den typ av ugn som i olika varianter ännu kan studeras i form av den äldsta ugnen vid Barläst som brändes fram till cirka 1907, vid Rings i Hejnum vilken ännu är i drift genom Byggnadshyttans Kalk AB, i Buttle som är i drift genom Buttle Kalk AB och längs med landsvägen ovanför Själso som brändes senast på 1960-talet, för att bara nämna några.

Under 1700-talet försökte bland annat Vitterhetsakademien att få gotlänningarna att bygga andra typer av ugnar som man kunde studera utomlands. Men gotlänningarna höll sig till sin fungerande tradition (Munthe et al 1945), som utvecklats på ön sedan medeltiden. År 1804 skrevs två beskrivningar om hur den gotländska kalkbränningen skulle gå till. Landskamreren Billberg beskrev följande om hur en sådan ugn skulle byggas och brännas (Steffen



Figur 7.5. (motstående sida). Kalkugnen i Hejnum med traditionell stapling av kalksten. Metoden utvecklades redan under 1600-talet utifrån principen att få bra drag i ugnen.
Foto: Kristin Balksten.

1940); först utses en lämplig plats, helst direkt nedanför en klintkant. Där skulle man uppföra en cylindrisk mur med en utbyggnad över eldsgången där veden skulle brännas. En bit upp på sidan skulle man göra en port för ilastning av kalksten, för en större ugn kunde fler än en port behövas på olika höjder. Ugnens proportioner var viktiga och trämallar användes för att man skulle få den rätta krökningen på ugnsmurarnas profil i den bakre delen från botten till mitten. Övre hälften av ugnen skall uppföras lodrät. Storleken kunde anpassas efter behovet men eldgången skulle alltid vara minst 7 alnar lång och 1,5 aln bred för att minimera vedåtgången. Därtill var det viktigt hur kalkstensinsättning utfördes. Denna kunskap finns ännu bevarad vid ugnarna i Hejnum och Buttle (Lisinski 1987, McVeigh 2013). Själva bränningen förväntades ta två till fyra dygn utifrån väder och vind och hur eldningen skulle ske var också en tämligen viktig process som krävde sin kunskap (Munthe et al 1945). Det poängteras att det krävs duktiga kalkbrännare om resultatet ska kunna bli bra, vilket också har kunnat iakttas vid kalkugnen i Hejnum de senaste åren. En av de främsta förbättringar som har gjorts på dessa typer av ugnar är införandes av eldfast tegel som innersta lager. Detta behöver ommuras och utbytas efter cirka 20 bränningar, vilket är betydligt bättre än om man använder kalksten som långsamt blir bränt och måste ommuras efter cirka fem ugnar. En annan förbättring har inneburit att ett isolerande lager har tillförts mellan den inre och den yttre muren. Redan under 1600- och 1700-talen kunde enstaka riktigt skickliga kalkbrännare pressa ner vedåtgången avsevärt, medan en värdslös brännare kunde både förbruka för mycket ved och skapa dåligt bränd kalk (Munthe et al 1945).

Först under 1800-talets mitt gick den gotländska kalktillverkningen mot tillverkning av kalk i kontinuerliga ugnar, efter att en engelsman 1851 byggde en ugn strax söder om Visby. Vid Galgberget norr om Visby finns ännu en av de tidiga koleldade schaktkalkugnarna från 1858 bevarad.

Fler schaktugnar för stenkol följde under 1860- och 70-talen. Nackdelen var dock en viss oundviklig mängd kol och aska i den färdiga kalken. Därför utvecklades i stället generatoreldade flamugnar, av vilka vi idag kan beskåda en i Kyllaj. En av de stora kontinuerliga ugnarna var kalkugnen i Bläse, vilken lades i malpåse 1946 då bränsletillgången var knapp. Sedan 1985 visas den genom Bläse kalkbruksmuseum (www.blase.se, 2015-01-20). En stor del av kalken som tillverkades för export gick till industriella ändamål under 1800- och 1900-talet (Thorslund 1936).

Av de 525 kalkugnar som Munthe et al (1945) lyckades lokalisera är en stor majoritet placerad inom kalkstensbältena på norra Gotland. De stora exportugnarna återfinns nära hamnar, medan milor och mindre ugnar återfinns även inne på ön. Munthe har tydligt återgivit detta på en karta.



Figur 7.6. Wisbybergs kalkugn som uppfördes nära Galgberget i Visby. I putsen på ugnen syns kolbitar. Dessa var en problematisk förorening vid den här typen av kalkbränning.
Foto: Kristin Balksten.

När den traditionellt tillverkade gotländska kalken kom att efterfrågas för restaureringsändamål under 1960-talet var den periodiska ugnen, som kan brännas efter behov, ett utmärkt alternativ. Man letade då efter en befintlig ugn med tillhörande gott kalkstensbrott nära intill och fann Rings i Hejnum (Lisinski 1989), som nu drivs av Byggnadshyttans kalk AB. Här bärs ännu kunskapen av ett fåtal personer om hur denna kalkugn ska staplas och brännas för att uppnå god kvalitet på kalken. Detta är kunskap som har utvecklats och befasts sedan 1600-talet och ingen annanstans i Sverige kan vi finna denna obrutna tradition. Tack vare detta kunde kalksten brännas på traditionellt vis inför restaureringen av Visby ringmur år 2014. Vid utbildningen i Kulturvård har studenter på Gotland fått vara med och bränna kalk i mila nästan årligen sedan år 2000, för att möjliggöra ett bevarande och utvecklande av denna kunskap. Det gör det även möjligt att göra provbränningar med olika typer av kalksten, vilket kan bidra till ökade kunskaper.

Släckning och lagring av kalk

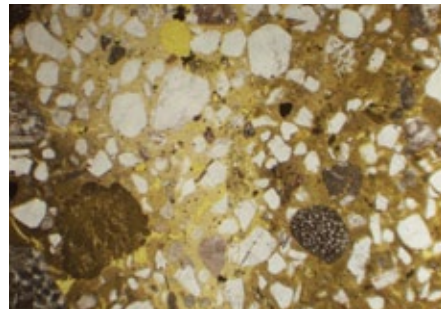
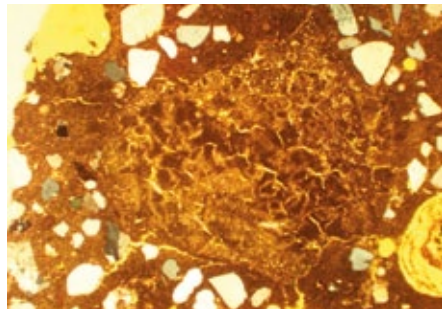
Inga skriftliga källor har kunnat återfinnas om hur kalken ska ha släckts och lagrats under medeltiden på Gotland, men däremot talas det sedan gammalt¹ om att okända kalkgravar ibland påträffats både på gårdar och nära kyrkor. Vitruvius (1989[ca 15 f.Kr.]) anger att kalken måste ligga länge i marken för att bli fullständigt släckt. På Gotland är det känt sedan gammalt att kalken skulle ligga fem till sex år nedgrävd i kalkgravar i marken för att släckas av

1. Uttrycket "sedan gammalt" kan man träffa på bland gotlänningar som har hört något om hur det tidigare har varit. Med tanke på att kalkbränningen pågick till fram på 1960-talet finns det ännu dem som har hört berättas om hur det en gång var och även dem som själva kommer ihåg. När uttrycket "sedan gammalt" används så är det hörsägen som ej kan verifieras men som ändå kommer från trovärdiga gamla gotlänningar.

Figur 7.7. Till vänster ses en gammal kalkpiska från Svenneby gamla kyrka i Bohuslän. Till höger används en gammal gotländska kalkpiska i undervisningen vid kalkkurs i Väskinde.
Foto: Kristin Balksten.



Figur 7.8. Gamla och nya jordsläckta kalkklumpar syns här i 20 gångers förstoring i tunnslip. Från ett medeltida putsbruk från Fole kyrka och från ett nutida (2006) putsbruk på Othems kyrka 1:1,5.



Figur 7.9. Jordsläckt kalk som lagrats i marken sedan 1700-talet.
Foto: Kristin Balksten.





Figur 7.10. Våtsläckning av kalk i lave är kunskap som bevarats sedan gammalt på Gotland. Här visar murare Sivert Cederlund hur man gör. Foto: Kristin Balksten.

markfukten och bli till prima jordsläckt kalk. Därefter måste den piskas för att kunna användas. På Gotland kan man även påträffa våtsläckt, torrsläckt, luftsläckt och stukasläckt kalk, metoder med olika för- och nackdelar.

Att jordsläcka kalk är en metod som i våra dagar påträffas framför allt på Gotland. Det går till på följande sätt; en markgrav kläds med brädfodring, såväl vid sidorna som i botten. Om marken är lös krävs tätare bräder än om den är fast, då kalken annars kan komma att blanda sig med jorden. I graven läggs bränd packsten, det är viktigt att bara lägga dit genombränd sten av god kvalitet då det inte ges någon möjlighet att sälla bort större stenar under släckningen. Därefter täcks graven över med bräddor som sedan täcks över av jord. Ett känt knep för att hålla frosten borta från kalken var att lägga obränd hästgödsel i ett av lagren ovanpå kalkgraven. Sedan får markfukten långsamt släcka kalken. Sedan gammalt anges att den ska släckas under fem till sex år, men analyser har visat att det inte skiljer mycket på kalk som har legat i två år eller över 200 år (Balksten & Steenari 2010). År 2005 återfanns resterna av en kalkgrav i Visby, kv. Museet 1. Där syntes såväl brädklädseln som rester av kalkpasta av typen jordsläckt kalk (Zerpe 2013).

Det som sker i den här processen är att kalken släcks så långsamt att kalkkristallerna som bildas blir stora, cirka 20 gånger större än för vanlig våtsläckt kalk. Kalken är, när den tas upp ur markgraven, grymig och ganska fast i sin konsistens. Den behöver aktiveras genom piskning (Siöbladh 1750, Hidemark & Holmström 1985) och traditionellt sker detta med en speciell kalkpiska, se bild 7.7. Genom bearbetningen blir kalken smidig och krämig.

Det bildas lätt kalkklumpar i den här typen av släckning och huruvida de finns kvar eller ej är beroende på hur väl kalken piskas. Den typ av kalkklump som bildas i just jordsläckningsprocessen är mycket lätt att känna igen i mikroskopering och den påträffas nästan alltid i de medeltida feta gotländska kalkbruken, se bild 7.8 (Balksten & Steenari 2010, Balksten 2010). Det går tydligt att se skillnad på dessa jämfört med hydrauliska partiklar samt underbränd eller överbränd kalksten.

Den jordsläckta kalkens främsta egenskaper är dess smidighet och dess goda förmåga att blanda sig väl med sand. På grund av dess stora kristaller är den relativt luftig och den är förhållandevis lätt att blanda för hand. Detta gör också att den har mindre krympningsbenägenhet än motsvarande bruk av våtsläckt kalk (Balksten 2008, Balksten 2009). Att inte behöva tillföra något vatten till den släckta kalken bör också ha varit positivt i tider då vatten var mera svårhanterligt. Sammantaget kan dessa egenskaper ha gjort jordsläckning till en lämplig släckningsmetod under medeltiden, men dess goda egenskaper tycks ha gjort att metoden har överlevt ända fram till våra dagar för framför allt inhemskt bruk på Gotland.

När export av kalk från Gotland beskrivs så är det framför allt våt- eller torrsläckt kalk som förekommer (Munthe et al 1945, Siöbladh 1750) samt osläckt packsten. Det var uppenbarligen lämpliga släckningsmetoder för transport och lagring. Men för att få den bästa kalken anses det som viktigt att den antingen har släckts på byggarbetsplatsen, där den gärna bör mogna, eller att den har släckts innan och mognat i markgravar (Siöbladh 1750, Hidemark & Holmström 1985).

För våtsläckning av gotlandskalk kan flera varianter utläsas ur litteraturen (e.g. Hidemark & Holmström 1985, Lisinski 1989). Siöbladh beskriver (1750) hur den brända kalken släcks i en trälave med ett visst överskott av vatten, under kraftig omrörning för att sedan hällas tunnflytande ner i en markgrav, som sedan täcks över för att skyddas mot frost. Ju längre tid kalken fick ligga i markgrav desto bättre, fetare och starkare angavs den bli om det så var tio år eller mer. Henström (1869) beskriver våtsläckning, där den brända kalken läggs i till exempel en lave med bestämd mängd vatten. Han anger att kalken sedan kan lagras i kärlet så länge det skyddas från luftens tillträde. Våtsläckning är den traditionella metod som framför allt har använts sedan 1960-talets återgång till traditionell kalk (Lisinski 1989, Hidemark & Holmström 1985). Våtsläckt Gotlandskalk är utmärkt kalk till kalkfärg och fungerar även bra som bindemedel i bruk.

I anslutning till de kalkugnar som främst brände för export fanns i regel en kalklada. Till dessa kalklador karrades packstenen och placerades i ett hörn. Därefter forslades en lagom mängd sten till ladans mitt där arbetarna hade tillgång till en pump och ämbar med vatten. Vattnet stänktes först på kalken,



varefter den varsamt övergjöts (Munthe et al 1945). Därefter bearbetades kalken med hackor och rakor. Släckningen fick inte ske för hastigt då det kunde ge kalk som blev grynig som grovt grus. Därefter förvarades den släckta kalken i läskladan i väntan på utskeppning. Vid de mindre kalkugnarna inne på ön saknas ofta kalklador. När kalken sedan anlände till sin destination fick den på platsen förvaras i kalkgravar för att mogna (Sörensson 2015-01-12).

Att torrsläcka kalk tycks vara en metod som utvecklades i samband med att kalktillverkningen blev allt mer industrialiserad (Lisinski 1989). Torrsläckningen innebär att kalken släcks med en bestämd mängd vatten så att den sönderfaller till ett torrt pulver. Det är den metod som än idag används mest för industritillverkad kalk. Henström (1869) beskriver torrsläckning där kalken slås sönder till ett hönsäggs storlek. Därefter läggs den i ett säll som sänks ner i vatten till dess att kalken slutat bubbla. Den tas därefter upp ur vattnet och töms i ett tomt kärl. Kärlet ska sedan täckas med bastmattor för att undvika att vattenångan går bort. Såväl den öländska hydrauliska som den gotländska svagt hydrauliska kalken (vilken har utprovats för återuppbyggnaden av Visby ringmur 2014) har släckts på liknande sätt, utifrån en metod som Eriksson (2012, 2015) utvecklat där kalken släcks inuti en tunna med visst tryck, se figur 7.11.

På svenska fastlandet, i samband med att man tillverkade så kallat vattenmurbruk till Göta kanal, beskrivs en annan typ av torrsläckning, så kallad luftsläckning, som vanlig metod (Pasch 1826). Kalken fick då själv falla sönder i kontakt med luft. Den fick inte ligga för länge eftersom det kunde försvaga dess godhet (Henström 1869) (eftersom släckt kalk börjar härda i kontakt med luftens koldioxid, författarens anm.).

Figur 7.11. Vättsläckning under tryck har utvecklats för Kinnekullekalken. Foto: Kristin Balksten.

Torrsläckningens allra främsta fördel är att den är lätt att frakta och använda i färdiga bruk. För oren kalksten som ger hydraulisk kalk är torrsläckningen en förutsättning för att kalken ska kunna lagras släckt, eftersom dess hydrauliska reaktioner sker i närvaro av vatten. Henström (1869) angav ett sätt att lagra och transportera osläckt kalk under längre tid; den måste då först malas för att sedan kunna packas mycket tätt i tunnor. Dessa tunnor behövde sedan tätas med kitt för att sedan kläs invändigt och utvändigt med tjockt oljeindränkt papper. År 1855 angav Munthe et al (1945) att det uteslutande var osläckt kalk i halvtunnor som fraktades från Gotland, varför man kan tro att den här metoden kan ha varit tillämpbar. År 1750 skriver däremot Siöbladh att osläckt kalk inte gärna ville låta sig transporteras över sjön, varför man då fick hålla till godo med mjölkalk. Siöbladh skriver att mjölkalk kunde lagras i markgrav om den skulle bli bättre och starkare men då behövde den ytterligare vatten och den behövde arbetas väl innan. Om mjölkalken som Siöbladh beskriver är luft- eller torrsläck framgår inte.

Ytterligare ett släckningssätt kallas stukasläckning och är även det omtalat sedan gammalt på ön. Då lägger man bränd kalk inuti sand och begjuter högen med vatten så att kalken blir släckt ihop med sanden. Metoden finns knappordigt beskrivet i såväl Henström (1869) som Hidemark och Holmström (1985), i den sistnämnda endast i en bild tagen på en gammal skriftlig källa från 1741. Stukasläckt bruk är varmt när det blandas och det behöver svalna och mogna minst ett dygn innan det används till murning, så att all kalk hinner släcka sig. Stukasläckning kan ge feta och mycket smidiga bruk av såväl luftkalk som svagt hydrauliska kalk. Genom att bruket används inom några dagar kan de hydrauliska bindningarna tillgodoses i bruket. I mikroskopering kan man se att det bildas god vidhäftning mellan kalk och sand genom stukasläckning. Kalkklumpar som kommer i stukasläckt bruk uppstår framför allt genom de klumpar som släcks långsammast, och om det sker nära ytan kan denna släckning ge upphov till kalkskott i ytan.

7.2 Lokala material

Vid underhålls- och restaureringsarbeten som utförs på medeltida murverk på Gotland har det länge funnits en självklar strävan att använda traditionellt tillverkad lokal kalk. Utvecklingen av den traditionella kalktillverkningen och kalkhanteringen har gått från småskalig och lokal mot storskalig industriell tillverkning, med hela världen som exportmarknad. Tack vare lyckliga omständigheter har dock gotlänningarna hela tiden haft den småskaliga tillverkningen igång och såväl mindre kalkugnar som kalkmilor har bränts regelbundet. Kunskapen har flera gånger fått lov att användas på andra håll, till exempel på Öland och i Jämtland då en kalkugn respektive en kalkmila skulle byggas (även om deras lokala förutsättningar har skiljt sig från Gotlands). Det

kan självklart ses som beklagligt att den här typen av kunskap inte har bevarats på fler ställen i Sverige, i synnerhet där kalkens beskaffenhet väsentligt skiljer sig från den gotländska, men det gör inte kunskapen på Gotland mindre värd. Det gör snarare att vi på alla sätt måste sträva efter att bevara och utveckla den här typen av kunskap.

Vid arbetet med Visby ringmur har det varit självklart att utgå från de lokala förutsättningarna liksom från vad muren har kunnat berätta. Framför allt har man använt lokal kalk under föregående århundraden, i synnerhet om den varit av god beskaffenhet och i riklig mängd, men det finns även uppgifter om att man under medeltiden exporterat kalk till exempelvis Stegeborg och Öland (Munthe et al 1945), liksom att man har transporterat kalk från Öland till Gotland och Livland (Hidemark & Holmström 1985). I Visby ringmur har lokala material dominerat och hittills har inga tydliga tecken i de analyser som har gjorts visat på kalk från annat håll (e.g. kapitel 5 samt Nitz 1992).

De material som vi har bäst erfarenhet av på Gotland, vad gäller livslängd, måste sägas vara de medeltida materialen, med tanke på hur stor mängd av dessa som ändå finns bevarade i ruiner, packhus och kyrkor. På samma sätt som Hidemark uttryckte att man måste våga lita på något som har hållit i 300 år (Balksten 2014:1, Hidemark 2010-06-21), har projektgruppen som arbetat med Visby ringmur haft i åtanke att det vi gör bör hålla i 700 år. Detta har medfört att vi har behövt använda material, såväl kalkbruk som lerbruk, vilka inte självklart omfattas av en tvåårig materialleverantörsgaranti enl. ABM 07. Eftersom hela Visby ringmur är i behov av underhållsarbete inom den närmaste tiden, har det varit en viktig ledstjärna i projektet att denna del av muren bör vara sist ut att på nytt behöva underhållas. Sett ur det tidsintervallet är två år för kort tid för att vara vägledande i materialvalet.

I stället har det funnit en strävan att så långt som det någonsin är möjligt göra återuppbyggnaden så autentiskt och kompatibel som möjligt i förhållande till den medeltida muren. Det har inte handlat om att göra en rekonstruktion. Stenarna hade redan i raset fallit ur sin ursprungliga position och vi insåg tidigt att en hel del kompletterande sten kommer att behövas för att bygga upp muren på ett säkert sätt. Därmed blev det aldrig aktuellt att försöka rekonstruera murpartiet, även om arbetsgruppen förde diskussioner om detta. Däremot enades gruppen tidigt om att vi med dagens kunskap om medeltida gotländsk brukstradition (Balksten 2007, 2009) och kunskapen om murning av skal- och fullmurar skulle göra återuppbyggnaden utifrån murens befintliga byggteknik och byggmaterial, med såväl kalksten som lerbruk och kalkbruk. Om murens ursprungliga byggmaterial troligen kom ifrån Visbytrakten, så gjorde vi det avsteget att vi valde material utifrån vad som fanns tillgängligt på Gotland i form av stenbrott, kalktillverkning och lertäkt.



Figur 7.12. Urknackad fog på flaskhalsen visar hur djupt det är till kalkbruket. Bakom cementfogen hade kalkbruket löst upp sig en bra bit in i muren. Foto: Kristin Balksten.

Arbetet med att ta fram bruk till muren har skiljt sig mot de flesta byggprojekt idag. Här har Byggnadshyttans murare och kalktillverkare varit med från allra första början (Mats Larsson och Curth Klasén) för att tillsammans med kalkforskare (Kristin Balksten) systematiskt arbeta sig fram till lösningar och material för uppmurningen. Murare med kunskap om lerbruk (Erik Andersson från Delsbo i Hälsingland) liksom med kunskap om kalksläckning (Jonny Eriksson från Vargön i Västergötland) har även knutits till projektet. Gruppen eftersträvade att få fram bruk som var:

- lämpliga för sitt användningsområde i fråga om arbetsbarhet, vidhäftning och krympningsegenskaper,
- lika originalbrukens ingredienser i form av kalk, lera och sand,
- lika originalbruket i blandningsförhållande, kulör och struktur
- tåliga på lång sikt till vart och ett användningsområde.

Fogen på flaskhalsen är generellt sett hårdare åtgången på hela murens sträckning än vad den är på vertikala partier. Det gjorde att vi inte kunde hitta originalfog att utgå från. I anslutning till det rasade partiet finns en 1700-talsbyggnad på insidan vilken har gjort att detta parti undkommit cementfog under 1900-talet. Här kan man se hur kalkbruket är helt borta till ett djup på cirka tio centimeter. På det murparti där vi gjorde provtytor för omfogning (på mur 44, precis norr om tornet Stor Christin) syntes att kalkbruket bakom cementbruket var i ett mycket urlakat skick. Den stora belastning som fogen på detta murparti utsätts för gjorde att vi började söka efter ett mer vattentåligt bruk (Pasch 1826). Bland de utprovade återfinns kalk från Öland och kalk från Bro på Gotland, vilka båda visat sig ge hydrauliskt kalkbruk med större motståndskraft mot nedbrytning än det rena kalkbruket. Då det finns

en tidig koppling mellan Öland och Gotland med ett utbyte av kalksten kan båda materialen ses som autentiska på Gotland. De har båda bränts på Gotland och först efter maj 2015 kommer det visa sig vad som har använts.

7.3 Mur- och fogbruk till Visby Ringmur

Här följer en sammanställning av de bruk som har använts till murning och fogning av rasat parti på mur 38 under återuppbyggnaden 2014. Brukssammansättningen är vald utifrån hur originalbruken är sammansatta, men även utifrån brukens funktion vid uppmurning och på lång sikt. Målsättningen är att de bruk som nu byggs in i muren ska ha samma långa livslängd som originalmurbruken, liksom att de skall vara kompatibla med kalkstenen och konstruktionen. Provmurningar utfördes redan under våren 2013. Dessa murar fick stå ute under vintern och har utgjort grund för val av material.

Murbruk till nedre murkärnan

Lerbruket i kärnan ansluter till mark, då muren är högre på insidan än utsidan. Det innebär att murkärnan kommer att utsättas för mycket fukt och att bruket inte får urlakas eller förlora sin funktion på grund av detta. Bruket skall foga samman stenarna så att muren blir väl packad inuti och så att stenarna ligger stabilt an mot varandra.

Det lerbruk som bäst motsvarade såväl det ursprungliga lerbrukets sammansättning som önskvärda egenskaper vid murning tillreddes av lera innehållandes sand samt en mindre mängd packsten av Gotlandskalk. För att få ett lerbruk som är mindre benäget att smula sig eller lösa upp sig i vatten är det känt sedan gammalt att det går att stukasläcka lite kalk i lerbruket. Ett litet kalkinnehåll ger förändrade mekaniska egenskaper till leran vilket gör den mer stabil (Al-Mukhtar et al 2012). För att få ett smidigt lerbruk av den lera som kom från Nyplings i Lokrume behövdes ingen tillsats av sand då den var lagom mager. Snarare behövdes en viss mängd kalk (25 %) för att ge ett klistrigt lerbruk:

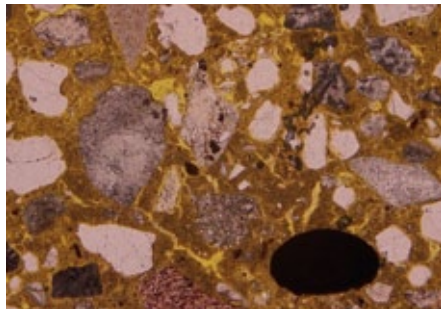
3 delar lera innehållandes sand
1/2 del packsten

Lerans karaktär var blandad, det fanns både sandinnehållande och helt ren fet lera av gråbrun och mörkbrun kulör samt en liten mängd vanlig blålera i det lass vi fick. Uppblandat liknande det lerbruket i muren.

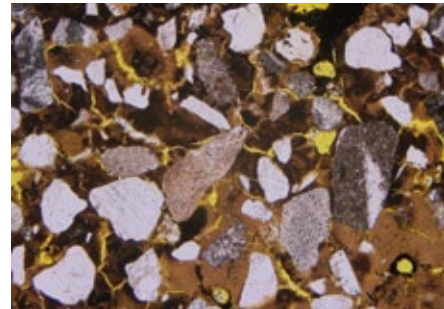
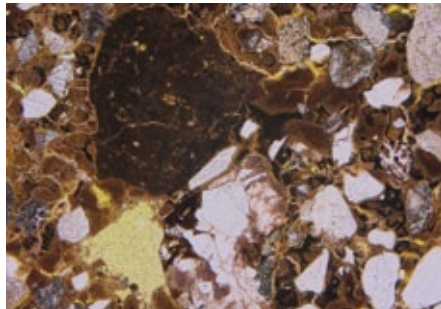
Murbruk till skal- och fullmur

Murbruket behövde vara klistrigt och relativt styvt för att tillföra ytterligare stabilitet och sammanbindning när stenarna lades ovanpå varandra. Bruket behövde vara av en sådan konsistens att stenarna sögs fast i det. Murbruket behöver motverka skjuvning i murverket, men bärlasten ska främst gå genom

Figur 7.13 Tunnslip av lerbruk med kalk, 50 gångers förstoring.



Figur 7.14 Tunnslip av murbruk med stukasläckt kalk 2:1, 50 gångers förstoring



sten mot sten där stabiliteten erhålls genom tillförsel av bindstenar. Bruket ska inte, i härdat tillstånd, suga in för mycket vatten i murverket och behöver därför vara fett, kompakt och lätt fuktavvisande i ytan. Pinnstenar för ökad stabilitet finns inte tidigare i ringmuren och har heller inte nu använts.

För att erhålla den här typen av klistrigt, styvt bruk som suger sig fast i kalkstenen och kan kompakteras krävdes ett fett kalkbruk. Bruket behöver även ha egenskapen att det på sikt härdar en bit in i murverket, där lufttillförseln är dålig. Kalken får därigenom inte vara släckt med ett alltför stort överskott av vatten utan bruket ska sätta sig utan att behöva utsättas för sugande sten eller torkande sol och vind. Genom att stukasläcka kalken i sanden kunde samtliga dessa egenskaper erhållas, samtidigt som det i sammansättning motsvarade originalbruket i den äldre murens skalmurar och fullmur:

- 1 del packsten av gotlandskalksten
- 1 del putssand 0-3 mm

Det var önskvärt att låta murbruket börja härda i de nedre delarna av muren innan det belastades med murens fulla tyngd. Det innebar att det behövdes ett inplanerat stopp i uppmurning efter ungefär halva höjden för att uppmurningen skulle kunna utföras med erforderliga säkerhetsmarginaler. Den här typen av murbruk har traditionellt använts i murverk som har uppförts under flera år, vilket har inneburit att de nedre delarna har hunnit börja härdat innan de har belastats fullt. Snabb uppmurning innebar att muren hela tiden tillfördes mera vatten i form av nytt murbruk. Det har gjort att uttorkningen skett betydligt långsammare än för en liten provmur. Där sol och vind har kommit åt på ringmuren har uttorkningen varit bäst.



Figur 7.15. Jordsläckt kalkbruk till vertikala fogar.
Foto: Kristin Balksten.

Motstående sida:
Figur 7.16. Överst och mitten:
Provfogning pågår med bruk av Ölandskalk och Gotlandskalk med mer bindemedel än sand 2:1.
Foto: Kristin Balksten.

Figur 7.17. Nederst: Tunnsli-
pen visar fogbruk av respektive provbruk. A. Ölandskalk 2:1, b. Ölandskalk/Gotlandskalk 1:1:1, c. Ölandskalk 1:1, i 20 gångers förstoring.

Fogbruk till vertikala ytor

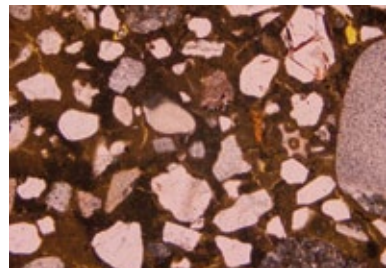
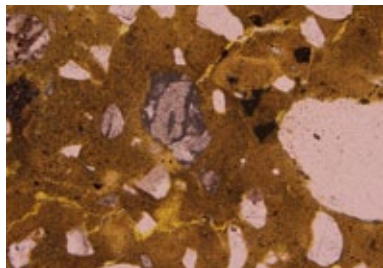
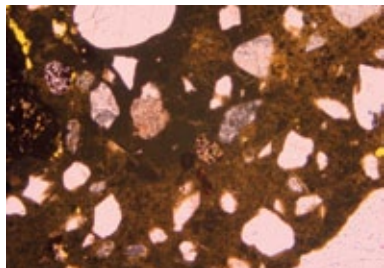
Det vanliga fogbruket täcker alla vertikala ytor, det vill säga fogarna på samtliga murpartier utom flaskhalsen. Fogbruket har gjorts fett och därigenom fuktavvisande och frosttåligt. Det behöver god vidhäftning till kalkstenen och bakomliggande murbruk, men det fick inte vara så bindemedelsrikt att det ville krympa ifrån angränsande ytor.

Den kalk som ger minst krympningsbenäget bruk är den jordsläckta väl piskade gotlandskalken. För att få den så fet som möjligt utan att bli krympningsbenägen handlar det om 1 del kalk till 1,5 delar sand. Här används en något grövre mursand, 0-5 millimeter (jämfört med putssanden 0-3 millimeter som används i murbruket), då den visade sig ge ett smidigt bruk med mindre krympningsbenägenhet. De krympsprickor som ändå uppkom på grund av tjocka påslag har arbetats igen vid bearbetningen av fogen. Fogen har gjorts utstruken mot stenytan utifrån utseendet på originalfogen på det intilliggande tornet. Blandningsförhållandet var:

- 1 del väl piskad jordsläckt kalk
- 1,5 delar mursand 0-5 millimeter

Fogningen kunde inte utföras i direkt solsken, då det var svårt att hinna få till bearbetningen utan att få krympsprickor.

Den jordsläckta kalken har piskats i en så kallad Aktivator, vilket är en sällsynt maskin i dessa dagar. Det är en snabbblandare som har använts för ändamålet sedan 1950-talet och som har fått vårdas ömt då den inte längre tillverkas.



Fogbruk till flaskhalsens fuktutsatta partier

Fogbruket till flaskhalsen behöver vara tåligt mot fukt och får inte heller vara benäget att urlakas vid fuktbelastning. Det ska vara frosttåligt och bör ha en yta som innebär att det inte suger alltför mycket vatten. Det får inte vara så tätt att det stänger in vatten i murkärnan utan det måste ha viss ånggenomsläpplighet för att inte skada murbruket i murkärnan.

För ett fogbruk som både ska kunna stå emot vatten och samtidigt vara genomsläpplig är det lämpligt att använda en kalk som har svagt hydrauliska egenskaper. På Gotland finns inte någon känd produktion av svagt hydraulisk kalk sedan gammalt, men även öländsk kalksten bränns i Hejnum sedan några år varför denna har använts i provning av fogbruk. Prov har även gjorts av en lokal röd kalksten från Bro. Det yttre skiktet bör kompakteras så att det får en kompakt och lätt fuktavvisande yta genom bearbetningen av fogen. Det bruk som vid provfogningen visat sig smidigast, lagom klistrigt och minst krympningsbenäget tillreds genom att packstenen stukasläcks i putssand:

0,75 del packsten av Öländskalksten
1 del putssand 0–3 millimeter

alternativt

0,75 del packsten av röd Brokalksten
1 del putssand 0–3 millimeter

Receptet kan komma att justeras i samband med att fogning av flaskhalsen ska påbörjas. Flaskhalsen bör inte fogas i direkt anslutning till dess uppmurning då fogbruket är tätare än murbruket. Murbruket ska ha hunnit vittorka innan fogningen kan utföras. Fogningen är planerad att äga rum under maj 2015.

8. Konstruktiva aspekter på nedplockning och uppmurning

Carl Thelin, Folke Höst och Laine Montelin

Riksantikvarieämbetet beslutade att det raserade murpartiet skulle återuppbyggas och till skadan anslutande murverk skulle säkras mot fortsatt och framtida ras. En återuppbyggnad innebar flera svåra utmaningar, såväl tekniska som antikvariska och säkerhetsmässiga. De antikvariska ställningstaganden och motiveringarna tas upp i kapitel 1. De tekniska och säkerhetsmässiga aspekterna beskrivs i detta kapitel.

Platsen där raset inträffade och det speciella sätt som raset skedde på innebar flera komplicerade tekniska förutsättningar som behövde hanteras. Detta för att möjliggöra att en återuppbyggnad skulle kunna ske på ett säkert sätt och med en fullgod arbetsmiljö.

8.1 Rasets geometri

Raset omfattade ett område som är cirka 12,5 meter brett och 7,5 meter högt, se figur 8.1. De delar som rasade omfattade den gamla murens yttre skal (III i figur 4.5), delar av den gamla murens kärna (IV i figur 4.5), den gamla murens bröstvärn (II i figur 4.5) och delar av den påbyggda muren (2 i figur 4.6). Raset exponerade den gamla murens kärna (III i figur 8.1), den gamla väktargångens nivå (II i figur 8.1) och kärnan mellan den gamla murens bröstvärn och den flaskformiga påbyggnaden (IV i figur 8.1).

Figurer 8.3 och 8.4 visar rasets form i elevation och i fyra sektioner uppritat efter laserskanningen. Sektionerna visar att rasmassorna som låg på marken framför det rasade partiet nådde upp till ungefär marknivå på murens insida. Sektionerna visade också att det endast kvarstod cirka 25 centimeter mur i övre delen där det är som tunnast vid den övre delen av den flaskformiga påbyggnaden.

Murens nedre delar

Muren rasade i princip hela vägen ner till marken. Den första murens kärna, markerad med III i figur 8.1, blev exponerad och följde delvis med i raset. Kärnan visade sig vara bitvis mycket löst sammansatt, precis som det beskrivits i tidigare undersökningar. Murbruket i kärnan som stenarna ligger i består av ett lerbruk som inte verkar ha haft någon större bindande effekt mellan stenarna. Områdena mellan arkadbågarna bestod av bättre murar, det vill säga stenen låg mer i förband, än områdena mitt för arkadbågarna. Jämför till exempel sektion 2 som ligger igenom en arkadbåge och sektion 3 som inte ligger för en arkadbåge i figur 8.4.

Stora delar av murens kärna i nedre delen hade troligen mycket begränsad förmåga att bära någon last på grund av bristande förband som beskrivits ovan. Risken för ytterligare ras i denna del av muren bedömdes som stor om rasmassorna framför muren skulle tas bort, eller om stenar i kärnan skulle avlägsnas eller flyttas.

Murens mittersta delar

Området (markerat med IV i figur 8.1) ovanför den gamla skyttegången (II i figur 8.1) bestod på utsidan av den exponerade kärnan mellan bröstvärnets som rasat och det inre murskalet på den flaskformiga påbyggnaden (markerat med 3 och 4 i figur 4.6). Kärnan var där rak och jämn (förutom där det varit krenelering) eftersom stenen fylldes emot en befintlig bröstningsmur. Kärnan bestod av relativt små stenar och i den nedre delen var det lite bruk i förhållande till stenen. Bruksmängden ökade i den övre delen, även om det där också är mycket sten i förhållande till bruk. Bruket var här ett kalkbruk.

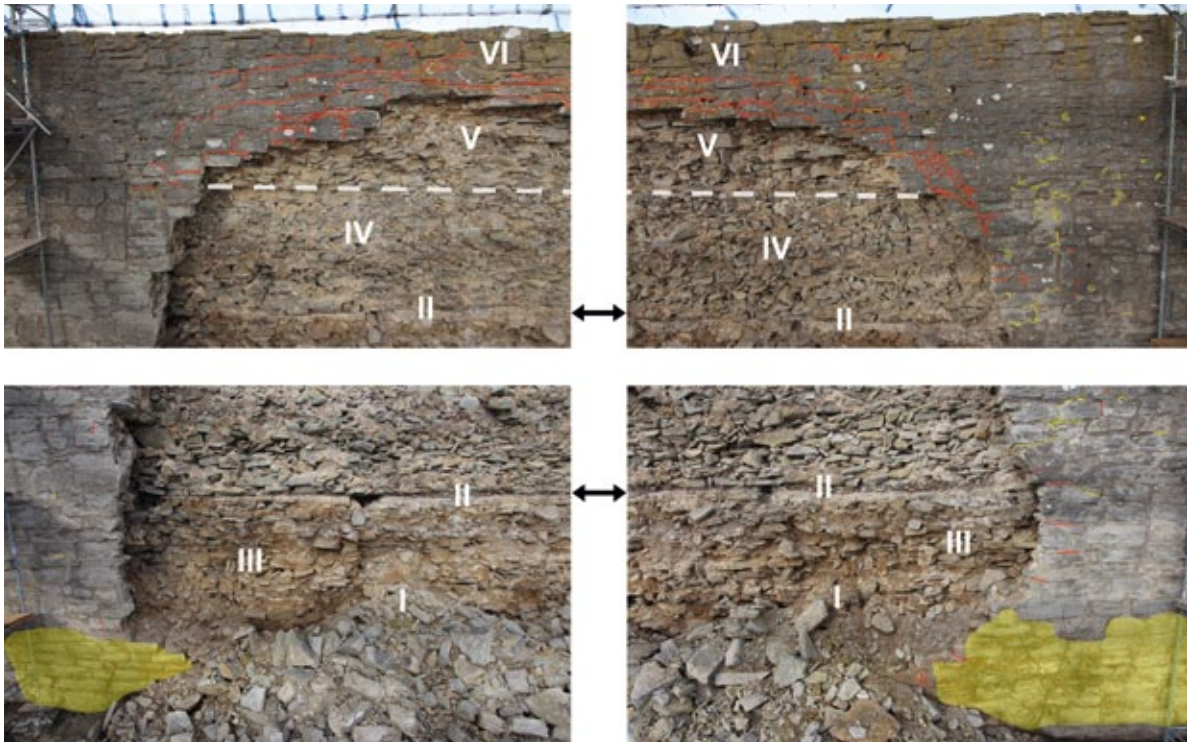
Den övre kärnan var förvånansvärt intakt, vilket visar att det inte fanns någon bindning mellan det yttre skalet (som i denna nivå bestod av den första murens bröstvärn) och kärnan. Dock bestod kärnan av relativt små stenar och det var svårt att bedöma hur förbanden såg ut och därmed hur dess hållfasthet var.

Området markerat med V i figur 8.1 är de delar av den påbyggda muren som rasade. Utifrån raset var det svårt att bedöma hur mycket av det som var kärna respektive fullmur. Den övre delen var i princip murad som fullmur med förband mellan stenarna genom hela murens tjocklek. De nedre stenarna förlorade sitt underliggande stöd och drogs med i raset när den gamla bröstningsmuren föll.

På murens insida fanns den flaskformiga påbyggnaden (se figur 8.2) som stod kvar intakt. Tjockleken på denna var svår att bedöma men sektionerna från laserskanningen antyder att den är ungefär 25–35 centimeter. Denna del bildade efter raset en halv båge som i sin övre del stöttades av det kvarvarande murkrönet och i sin nedre del stod mot muren ovanför arkadbågarna, se figur 8.5 för principskiss. I nivån ovanför arkadbågarna fanns på insidan horisontella sprickor som enligt uppgift ska ha funnits redan innan raset. I så fall antyder det att kraftspelet redan innan raset var att den flaskformiga påbyggnaden trycker ut arkadbågarna.

Murens övre delar

Området markerat med VI i figur 8.1 är delar av murens förhöjning och var murat som fullmur. Denna kvarvarande del av muren ovanför raset vägde som minst ungefär 2000 kg per meter.



Figur 8.1.
Översiktsfoton över murraset.

Förklaring:

- Dubbelpilarna i mitten anger nivåer som ligger på samma höjd (skyttegången på den gamla muren).
- Gula markeringar visar områden med dålig fog eller enstaka dåliga fogar.
- Röda markeringar visar sprickor.
- Den vita streckade linjen visar den gamla murens höjd.

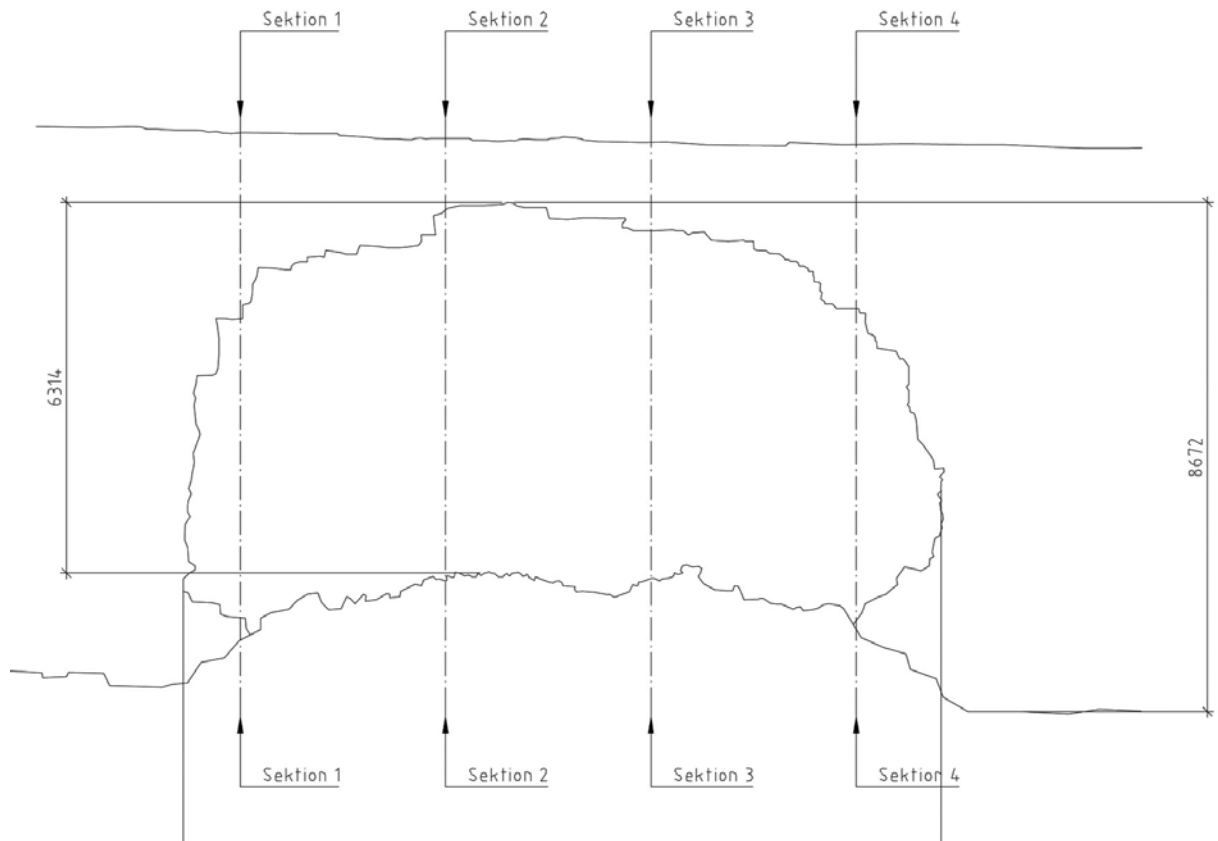
- I) Markerar vad arkadbågarna finns på murens insida.
- II) Markerar nivån på skyttegången i den gamla muren.
- III) Kärnan i den gamla murens nedre delar.
- IV) Kärnan mellan den gamla murens bröstvärm och det flaskformiga pålägget på insidan.
- V) Område där delar av den påbyggda fullmuren följt med ner i raset.
- VI) Kvarvarande fullmur vid murens krön som bär som en båge över raset.

Foto: Carl Thelin.



Figur 8.2. Murens insida.

Foto: Carl Thelin.

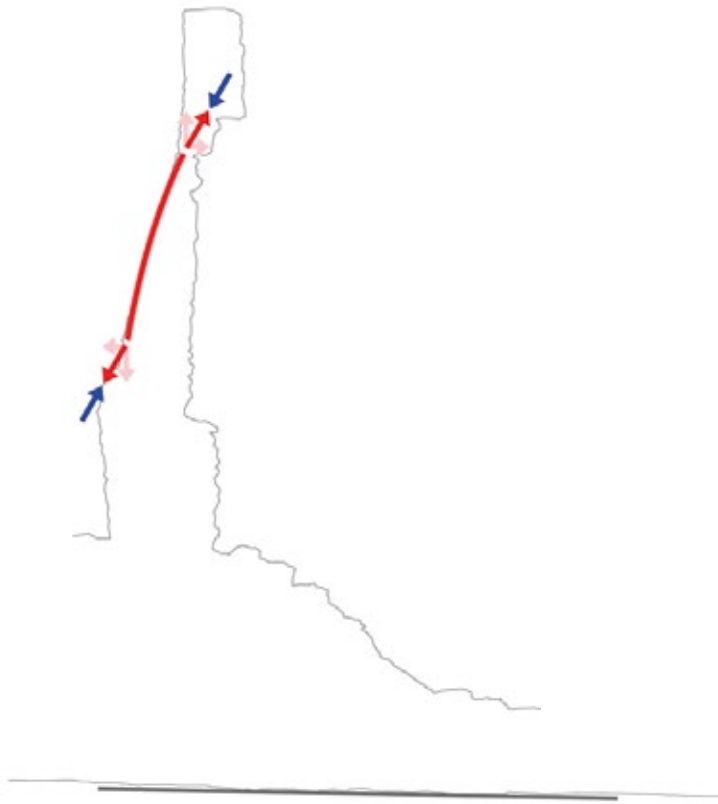


Motstående sida:

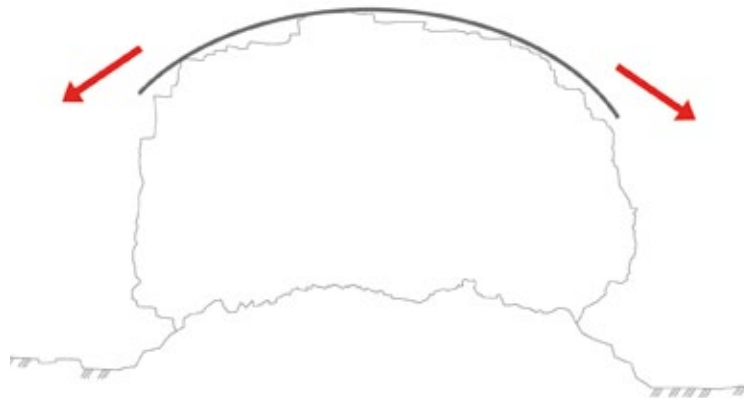
Figur 8.3. Elevation över rasets form och med placeringen av sektionerna i figur 8.4 markerade.

Figur 8.4. Sektioner av muren genom rasområdet. Sektionernas placering är markerade i figur 8.3.

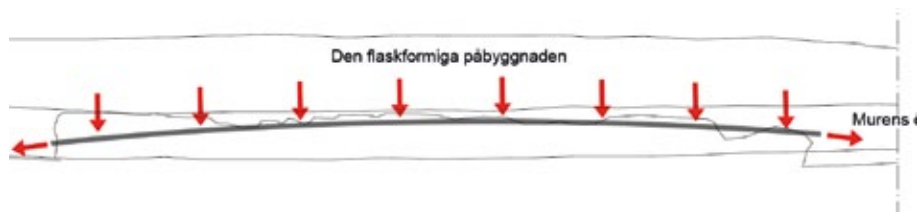
Överst: Figur 8.5. Schematisk bild över de krafter den flaskformiga påbyggnaden verkar med mot rasbågen i överkant och arkadbågarna i underkant. Det röda strecket illustrerar den "halva båge" som påbyggnaden bildar. Se figur 8.7 hur de horisontella reaktionskrafterna troligen belastar rasbågen i plan.



Figur 8.6. Rasbågen, som består av det kvarvarande krönet, bär som en båge över raset, illustrerat av de mörkgrå linjerna i figuren. De röda pilarna illustrerar uttryckningskrafterna som rasbågen genererar mot de omgivande murarna.



Figur 8.7. Muren sedd ovanifrån vid raset. De röda pilarna illustrerar hur den flaskformiga påbyggnaden belastar rasbågen och att den måste bära denna last genom en bågform i planet illustrerat med den mörkgrå linjen. Även den bågen ger upphov till uttryckningskrafter som belastar de omgivande murarnas yttre skal.



Illustrationer s. 136–137:
Carl Thelin.

Laserskanningen och de sektioner som gick att få ut från laserskanningen avslöjar tydligt att den båge (nedan benämnd som "rasbågen") som bildades av det kvarvarande murkrönet ovanför raset också bar som en båge. Det innebär att den troligen inte belastade de kvarvarande murdelarna under den i någon större omfattning. Samtidigt gav bågen en uttryckningskraft mot muren på var sida om raset, se figur 8.6 för illustration av verkningssätt. Det är också denna båge som troligen till stor del bar den flaskformiga påbyggnaden, vilket gav ytterligare laster som förs över till muren på var sida om raset, se figur 8.7.

Rasbågen var kraftigt sprucken (se figur 8.1) och delar av den hade rasat under det första året efter det stora raset, jämför med figur 8.8.

8.2 Tekniska och säkerhetsmässiga förutsättningar

I tidigt skede diskuterades olika metoder att hantera det raserade området. Ett alternativ som lades fram var att framkalla ytterligare ras för att skapa förutsättningar för en säker arbetsplats, men lösningen befanns alltför riskabel av flera anledningar. Dels finns det en byggnad stående mot muren på insidan och dels ansågs risken för fortskridande ras i sidled alltför stor, och det skulle därför krävas omfattande säkerhetsanordningar för att säkerhetsställa att raset inte skulle fortskrida.

Det beslutades att det inte var önskvärt att ytterligare ras, kontrollerade eller okontrollerade, skulle inträffa. Därför utgick sökandet efter metoder för återuppbyggnaden från att nödvändig nedplockning och bortforsling av rasmassor skulle ske kontrollerat och utan risker genom hela processen.

Förutsättningar för uppmurning och risk för ytterligare ras

Sättet som muren rasade på innebar flera problem med avseende på risk för ytterligare ras.

- En grundförutsättning vid murning är att det måste ske nerifrån och uppåt. Stenskift läggs på stenskift som kontinuerligt skapar en stabil yta ifrån vilken man kan mura vidare uppåt. För att kunna påbörja återuppmurning behövde rasmassorna framför raset avlägsnas, se figur 8.8. Rasmassorna fungerade dock som en mothållande kraft mot risken för ytterligare ras av murens kärna och risk för stjälpning av den kvarvarande muren. Att ta bort rasmassorna skulle innebära en stor risk för ytterligare ras.
- Högst upp fanns muren bevarad i sin helhet och spände som en båge över rasets yta. Stenen i denna båge vägde ungefär 2000 kg per meter. Denna rasbåge var kraftigt sprucken och delar av den hade rasat under tiden som gick från det ursprungliga raset till byggprojektet påbörjades.

- Eftersom de delar av muren som fanns kvar under rasbågen var så tunna är det troligt att bågen i huvudsak verkligen bar som en båge och därmed belastade de kvarvarande murarna på var sida med en uttryckningskraft. Om bågen plockades ner eller rasade fanns en risk att kraftspelet förändrades i de intilliggande kvarvarande murdelarna med risk för ytterligare ras som följd.
- Vid raset hade kärnan exponerats och den var inte murad i förband. Murens övre delar höll sig intakta men eftersom murens övre påbyggda del är flaskformig var kvarvarande delar så tunna som 20–30 centimeter. Dessutom lutade strukturen och gav därmed en horisontell belastning på den kvarvarande bågen över raset.
- Den nedre delen av kärnan som tillhörde den första muren var mycket rösig och riskerade att röra på sig om rasmassorna framför avlägsnades eller om stenar i kärnan flyttades. Skulle rörelser uppstå i nedre delen var risken överhängande för ytterligare ras av de övre delarna.
- Vid platsen för raset är nivåskillnaden på marken på murens insida och utsida ovanligt stor, cirka två meter. Detta innebär att marken ger ett jordtryck på muren som bidrog till att öka risken för ytterligare ras. Det var ytterligare en anledning till att rasmassorna framför muren inte kunde avlägsnas utan att muren ovanför delvis plockats ner.
- På insidan av muren, vid rasets södra del, står en byggnad precis intill muren vilket förvårade tillgängligheten till murens baksida. Dessutom innebar byggnadens placering en ytterligare risk för skada om mer ras skulle inträffa. En förutsättning var att byggnaden skulle få stå kvar.
- Efter nedplockning och borttagning av rasmassorna visade det sig att murens yttre skal rasat ända ner till marknivå.

Figur 8.8. Rasmassorna framför muren fungerade som ett mothållande stöd.
Foto: Ulrika Mebus.



Identifierade risker för arbetsmiljön vid nedplockning och återuppbyggnad

Att hantera ringmuren vid raset innebär att ett antal risker måste beaktas och åtgärder för att eliminera dem vidtas. Nedan följer en lista över de risker som identifierats i projektet och sammanställts i arbetsmiljöplanen.

- Att befinna sig inom rasområdet och arbeta på grund av risk för nya ras.
- Stora vikter i stenen att hantera vid nedplockning och uppmurning.
Risk för arbete med ergonomiskt felaktiga arbetsmoment.
- Lansering, montering och nedmontering av tunga byggelement eller tunga formbyggnadselement.
- Risk för fall från högre höjder än två meter.
- Risk med arbetstransporter och fordon inom arbetsområdet.

8.3 Nedplockning och säker arbetsplats

De tekniska förutsättningarna angivna ovan visade att enda möjligheten att skapa säkra förutsättningar för uppmurning var att plocka ner de övre delarna av muren. Dock innebär även nedplockningen i sig en stor utmaning.

Utgångsläget var att säkra så ytterligare ras inte inträffar, varken i det befintliga rasområdet eller i intilliggande murar, under arbetets gång. Samtidigt behövdes förutsättningar att komma åt stenen skapas, liksom att muren kunde plockas ner sten för sten utan att skyddsåtgärder var i vägen. Olika alternativ undersöktes och utreddes. Två huvudalternativ utkristalliserades: att konstruera en ställning som säkert skulle hålla ihop muren om ett ras skulle inträffa under arbetets gång eller att motfylla på utsidan med grus. Alternativet att motfylla med grus, som förvisso var tilltalande i sin enkelhet, innebär dock att en mothållande kraft behövdes på murens insida för att inte ras skulle inträffa inåt. För att åstadkomma det skulle en stor och tung konstruktion behövas på murens insida vilket dels skulle innebära ett stort ingrepp i trädgården där och dels medföra att byggnaden på murens insida skulle behöva rivas. Därför valde vi att skapa en konstruktion som skulle hålla ihop muren och murresterna under arbetets gång.

Tillfällig stabiliserande konstruktion

Den tillfälliga stabiliserande konstruktionen under nedplockning av muren bygger på idén att muren hindras från kollaps genom motfyllnad i form som hålls av stålkonstruktion på murens utsida och genom kilning mellan mur och stålkonstruktion på murens insida. Eftersom rasets yta var ojämn var det inte möjligt att kila eller skapa en form som gav ett jämnt mothåll på utsidan utan lösningen blev att skapa en rak form som kunde fyllas med ett material som jämnt anpassade sig efter murens form.

Dimensioneringsprincipen var att motfyllningen i formen på utsidan skulle kunna mobilisera ett passivt jordtryck som är minst lika stort som det aktiva jordtryck som muren i värsta fall kunde ge upphov till om ett ras skulle inträffa (Craig 1997 181-243). Som motfyllningsmaterial valdes *hasopor* skumglas (Hasopor 2015) då det både är lätt och har hög hållfasthet. Konstruktionen skulle också kunna motstå stjälpning av hela murens tvärsnitt och beräknades med antagande på säkra sidan att muren stjälpes kring insidans kontakt med mark.

Principen för den stabiliserande stålkonstruktionen var att den hölls ihop i toppen med stag och genom fyra stag monterade genom muren i nedkant. Stålkonstruktionen dimensionerades för att klara det värsta fallet som motsvarar aktivt jordtryck från muren som skulle kunna uppkomma vid ett ras. Deformationskapaciteten i stålkonstruktionen behövde också vara tillräckligt stor för att aktivt jordtryck skulle kunna bildas. Vid en kollaps är jordtrycket högre innan rasmassorna hunnit deformeras, och en konstruktion med liten deformationskapacitet riskerar att brista innan jordtrycket minskat. För att motstå risken för stjälpning monterades fyra snedstag på konstruktionen utsida.

Ytterligare en funktion som eftersträvades var att den tillfälliga konstruktionen även skulle stabilisera murpartierna på vardera sida om raset för att säkerhetsställa att raset inte skulle fortskrida åt något håll när arbetena med nedplockning påbörjades och även när säkringsåtgärder för de kvarvarande murarna vidtagits, se nedan.

Den cirka två meter högre marknivån på murens insida och det faktum att en stor mängd rasmassor låg kvar och inte kunde flyttas på utsidan medförde att en ny arbetsnivå behövde etableras ovanför rasmassorna och i nivå med marknivån på insidan. Två betongstöd gjöts på vardera sida om raset och marken emellan och ovan rasmassorna fylldes upp med grus som gav en plåtå att montera stålkonstruktionen på, se figur 8.9.

Ytterligare en svårighet att hantera var byggnaden intill muren på insidan av södra delen av raset. Hänsyn till detta togs genom anpassning av konstruktionens dimensioner, utformning och monteringsmetod, se figur 8.10.

En förutsättning var att den stabiliserande konstruktionen inte skulle vara i vägen för arbetena med att plocka ner muren och att den skulle gå att montera ner efterhand som arbetena fortskred. Detta löstes på utsidan genom att motfyllningsmaterialet (skumglaset) och formkassetterna kunde tas bort efterhand som arbetet fortskred neråt. På samma sätt kunde kilningen på murens insida monteras ner löpande.

Arbetsgång för stabiliserande konstruktion och nedplockning

Arbetsgången för montering av den stabiliserande stålkonstruktionen och nedplockningen av muren analyserades noga för att fungera i alla steg och för att kontinuerligt ge en säker arbetsmiljö. Den redovisas steg för steg på ritning i figur 8.11. Här följer en kortfattad sammanfattning:

1. Fyra håltagningar med borrning genom arkadbågarna från murens insida.
2. Platsgjutna betongstöd som begränsningar i sidled för uppfyllnad av grus på rasmassorna och fundament till snedstag.
3. Fiberduk lades på rasmassorna och grus fylldes upp till jämn nivå.
4. Tillverkning av stålkonstruktionen gjordes så långt som möjligt klar för att lyftas på plats. Tillverkning av formkassetter som höll motfyllnadsmaterialet på plats.
5. Konstruktionsdelarna på utsidan av muren lyftes på plats och snedstagen monterades.
6. Konstruktionsdelarna på insidan av muren, utom delarna som skulle in bakom byggnaden, lyftes på plats och förankrades i toppen till konstruktionsdelarna på utsidan.
7. Dragstagen som håller ihop konstruktionsdelarna nedtill monterades utan att dras åt.
8. Konstruktionsdelar (pelare och balkar) bakom byggnaden monterades på plats med bultförband och försågs med dragstag upptill och nedtill genom mur.
9. Formkassetter sänktes ned mellan pelarna på utsidan och staplades på varandra.
10. Arbetsställning byggdes på murens insida.
11. De yttersta pelarna på var sida om raset kilades mot muren för att utgöra stöd för murdelarna på vardera sida om raset både på insidan och på utsidan.
12. Fiberduk hängdes över rasytan.
13. Formen fylldes med hasopor skumglas på utsidan samtidigt som det kilades mellan ställning och mur på insidan.
14. Nedplockning av rasbågen påbörjades och skumglas på utsidan och kilning på insidan plockades ner efterhand som muren plockades ner.
15. Nivån för nedplockning bestämdes av skicket på muren utifrån att det skulle vara möjligt att påbörja en återuppmurning på ett säkert sätt. Sidorna intill raset gavs en vinkel som innebar att kärnan inte riskerade att röra sig.
16. Murarna på var sida om raset försågs med både dold kramling medan den stabiliserande konstruktionen var på plats.
17. När nedplockning nått en sådan nivå att det inte längre fanns någon risk för ras och då sidorna stabiliserats monterades stålkonstruktionen ner, betongfundamenten och gruset togs bort, liksom även rasmassorna framför muren.

Motstående sida:

Figur 8.11. Ritning som visar arbetsgången för montering av den tillfälliga stabiliserande stålkonstruktionen.

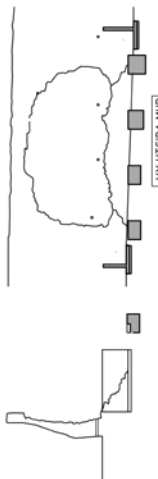
ARBETSGÅNG

- HÄLTÄNING GENOM ARKADBÄGARN. FYRA HÅL GÖRS FRÅN MURENS INSIDA. DET NÖRDLIGASTE HÅLET GÖRS BORTANFÖR RASET GENOM HELA MUREN. DET STÖLIGASTE HÅLET GÖRS GENOM ARKADBÄGEN BAKOM BODEN PÅ MURENS INSIDA.



HÅL TAGNA GENOM ARKADBÄGAR

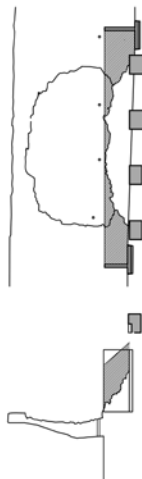
- BEGRÄNSNING I SOLED FÖR GRUS GÖRS MED PLATSGUJTNA T-STÖD AV BETONG. SÖKMARKING OCH GUTTINER FÖR T-STÖD OCH FUNDAMENT FÖR SNEDSTAG UTFÖRS. T-STÖDEN SÄTTS THORIBONTELL VÄG MED SÄMPLA ÖK. T-STÖDEN FÖRSER MED SVETSPLÅTAR FÖR INFÄSTNING AV PELARE OCH STRÄVOR.



VY UTSIDA MUR

VY UTSIDA MUR

- FIBERDUK LÄGGS PÅ RASHASSORINA. UPPFYLNING AV GRUS/MAKADAM TILL JÄMN NIVÅ.



VY UTSIDA MUR

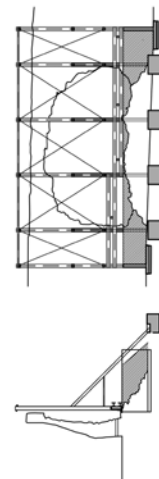
- NEDPLOCKNING/FÖRTÄNING AV GELAR AV BOD PÅ GÅRD INSIDA MUR SOM BEHOVS FÖR ATT ETABLERA STÖDKONSTRUKTION. NEDPLOCKNING AV STAKET MELLAN TÜRKET.

- KONSTRUKTIONSDIELAR FÖR UTSIDAN MONTERAS HÖP TILL ETT SAMMANHÄNGANDE ELEMENT SOM KAN LYFTAS PÅ PLATS.

- KONSTRUKTIONSDIELAR FÖR INSIDAN MED UNDANTAG FÖR PELARE OCH BALKAR SOM SKALL PLACERAS MELLAN BOD OCH MUR. MONTERAS HÖP TILL ETT SAMMANHÄNGANDE ELEMENT SOM KAN LYFTAS PÅ PLATS.

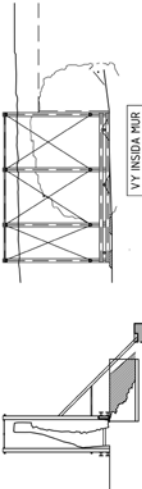
- FORMKASSETTER TILLVERKAS.

- KONSTRUKTIONSELEMENT PÅ UTSIDAN LYFTS PÅ PLATS. SNEDSTAGENS LANGO JUSTERAS VID BEHOV. SNEDSTAGEN SVETSAS FAST I SVETSPLÅTAR I URSPÄNNING I FUNDAMENT. PELARE OCH SNEDSTAG VID T-STÖD SVETSAS FAST I SVETSPLÅTAR. DE NEDRETA FORMKASSETTERNA LYFTS PÅ PLATS EFTER ATT HÅL FÖR DRAGSTAG BORRATS I FORMKASSETTERNA.



VY UTSIDA MUR

- KONSTRUKTIONSELEMENT PÅ INSIDAN UTFÖR BOD. LYFTS PÅ PLATS OCH FIBERDUKAS I TOPPEN TILL KONSTRUKTIONSELEMENT PÅ UTSIDAN.



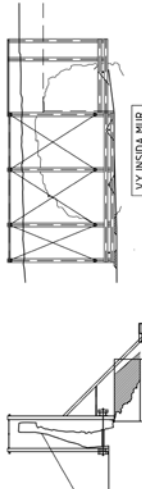
VY INSIDA MUR

- ÄNDRPLÅTTA MED UPE-BALKAR MONTERAS PÅ DRAGSTAGENS ÄNDE MOT UTSIDA MUR. DRAGSTAG TRÄS FRÅN UTSIDA MUR GENOM HÅL. DÄREFTER MONTERAS ÄNDRPLÅTTA OCH UPE-BALKAR PÅ INSIDA MUR. DRAGSTAGEN SPÄNNES SÅ ATT ANLÖGNING FINNS, MEN FÅR INTE SPÄNNAS HÖP MED KRAFT EFTERSOM INGET MOTHÅLL FINNS FÖRÄN KLINGNING OCH HÖTFYLNING UTFÖRTS. UPE-BALKAR PALLAS UNDER MOT MARK VID BEHOV.



VY UTSIDA MUR

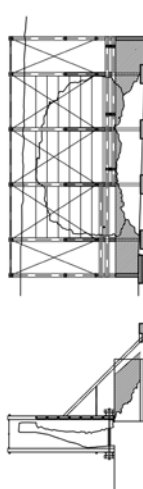
- PELARE OCH BALKAR BAKOM BOD MONTERAS MED BULTFÖRBJÄND. FÖRÄNKNING I TOPPEN TILL KONSTRUKTIONSELEMENT PÅ UTSIDAN OCH INSIDAN DRAGSTAG VID BOD MONTERAS. IKA ÖVRIGA DRAGSTAG BALKAR BAKOM BOD ÄR KONTINJUELLA. PELARNA BAKOM BOD UTFÖRS I DELAR OCH GÖRS KONTINJUELLA MED BULTFÖRBJÄND VID MÖTE MED BALKAR.



VY INSIDA MUR

- TILLVERKNING AV STÖDKONSTRUKTION FÖR INSIDA. TILLVERKNING KAN PÅBJÖRAS TIDIGARE, MEN LÄNGDHÅTT MÅSTE ANPASSAS TILL AVSTÅND MELLAN PELARE.

- FORMKASSETTER SÄNKES NER MELLAN PELARE PÅ UTSIDAN OCH STAPLAS PÅ VARANDRA.



VY UTSIDA MUR

- TÄTNING MELLAN MUR OCH PELARE PÅ VAR SIDA OM RASETS KANT.

- ARBETSSTÄLLNING BYGGS PÅ MURENS INSIDA.

- DE YTTRESTA PELARNA PÅ VAR SIDA OM RASET KILAS MOT MUREN FÖR ATT UTGRÄVA STÖD FÖR MUREN KLINGNING BÅDE PÅ INSIDA OCH UTSIDA MUR.

- FIBERDUK HÄNGS ÖVER RASTYTTAN.

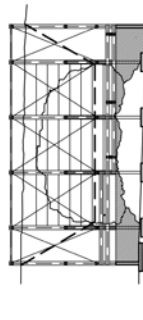
VY UTSIDA MUR

- FYLNING MED HAGSOR SKUMPLAS PÅ UTSIDAN OCH SAMTIDIGT KLINGNING PÅ INSIDAN. FYLNING OCH KLINGNING FÖLJS ÅT UPPÅTT SÅ ATT MUREN INTE UTSÄTTS FÖR ENSIDIGT TRYCK.

- NEDPLOCKNING AV RASBÄGE KAN PÅBJÖRAS. DAGLIGA BESIKNINGAR AV MUREN I OMRÅDET INTILL RASET REKOMMENDAS FÖR ATT UPPTÄCKA EVENTUELLA OFÖRUTSEDDA FÖRÄNDRINGAR. VID UPPTÄCKTA FÖRÄNDRINGAR AVBRYS ARBETET OCH KONSTRUKTÖR TILLKALLAS.

- SKUMPLAS PÅ UTSIDA OCH KLINGNING PÅ INSIDA PLOCKAS NER EFTERHAND SOM MUREN PLOCKAS NER.

- MUREN PLOCKAS NER TILL EN NIVÅ SOM BESTÄMS AV SUCKET PÅ MUREN. UTFRÅN FÖRÖRSÄTTNINGAR SOM ÄR SÄKRA OCH GÖR ATT KOMBINERA MED MURNING AV ETT NYTT YTTRE SKAL. SÖDRAA GES EN VINKEL SOM GÖR ATT KÄRNAN KAN HÅLLAS INTAKT.



VY UTSIDA MUR

- KRAMLING OCH INJEKTERING AV INTILLEGANDE MURAR SOM LÄSER DEM I DERAS NIVÅVANDE FÖR FRAMTAGANDE AV DETALJÖSNING FÖR DETTA GÖRS PARALLELT.

- UPPMURNING.

- DEMONTERING AV STÅLKONSTRUKTION, FUNDAMENT OCH T-STÖD. FÖRSIKTIGT TÄKTS SÅ ATT MUREN INTE SKADAS.

- ÅTERSTÄLLANDE AV BODEN.

HÄNVISNINGAR
ALLMÄNNA ANVISNINGAR, SE K-010-01

BYGGHANDLING	BYGGHANDLING
VISBY RINGMUR - RASET MUR 38	VISBY RINGMUR - RASET MUR 38
SKOLESTÄNGEN 17 • 222 70 LUND TEL: 040-662 20 00 FAX: 040-662 39 65 E-POST: TYREN@TYRENSEKONSTRUKTIONSELEMENT.FO	
BYGGHÄNDELSENUMMER	BYGGHÄNDELSENUMMER
247403	FHO
BYGGHÄNDELSENUMMER	BYGGHÄNDELSENUMMER
2013-07-01	CARL THELIN
BYGGHÄNDELSENUMMER	BYGGHÄNDELSENUMMER
VISBY RINGMUR - RASET MUR 38	SAKRINGSÅTGÄRDER FÖR DEMONTERING
ARBETSGÅNG	ARBETSGÅNG
BYGGHÄNDELSENUMMER	BYGGHÄNDELSENUMMER
1:100	(A3) K-010-02



Figur 8.9. På murens framsida behövde marknivån fyllas upp till över rasmasorna för att möjliggöra placering av den stabiliserande stålkonstruktionen. Stålkonstruktionen har börjat monteras på plats. Foto: Carl Thelin.



Figur 8.10. På insidan fick den stabiliserande stålkonstruktionen anpassas för att kunna monteras innanför huset som stod mot muren utan att huset skulle behöva rivas. Foto: Carl Thelin.



Figur 8.12. Nedplockning av muren har påbörjats efter färdig montering av stålkonstruktionen. Foto: Carl Thelin.

Figur 8.13. Nedplockning pågår efter att arbetsplatsen gjorts säker med den tillfälliga stålkonstruktionen.
Foto: Carl Thelin.



8.4 Återuppbyggnad av raserat och nedplockat murparti

Redan tidigt beslutades att uppmurningen ska ske med traditionella material och metoder som så långt som möjligt efterliknar de som användes vid murens uppbyggnad på medeltiden, utan att återskapa de svagheter som fanns i muren. Dessa val av teknik och metoder görs i minst lika hög grad av tekniska som av antikvariska skäl.

Brister i murens befintliga konstruktion

Ringmurens konstruktion har ett antal brister som var olämpliga att återupprepa vid återuppbyggnad av det nedrasade partiet, se figur 8.14.

- 1) Nedre delens yttre murskal är bitvis tunt, i många fall endast en sten tjockt 25–30 centimeter.
- 2) Få eller inga bindstenar mellan murens yttre skal och kärnan.
- 3) Bristfälligt eller inget förband mellan stenar i kärnan.
- 4) Bristfälligt förband i kärnan gör att kärnan är rösig och rör på sig om utrymme finns, till exempel då murens yttre skal buktar ut och skapar hålrum.
- 5) Excentrisk belastning på murens yttre skal i förhållande till kärnan av den tidigare bröstningsmuren och påbyggnaden.
- 6) Åldrat och urlakat bruk i murens skal.
- 7) Cementfogar i murens skal som är för styva.

Målsättning med den nya murens konstruktion

Undersökningarna av murens uppbyggnad, konstruktiva verkningssätt och material har visat att det inte är de medeltida materialen och konstruktionsmetoderna i sig som varit bristfälliga och orsakat raset utan att det varit andra problem som redovisats tidigare, till exempel murens uppbyggnad i två steg, brist på bindstenar, felaktiga underhållsmetoder och höga fukthalter i muren som orsakade raset. De medeltida metoderna och materialen har tvärtom visat sig var mycket hållbara och gjort att muren till stora delar kunnat stå i mer än 700 år, trots bristerna i dess uppbyggnad och konstruktion.

Den nya muren har fått en långsiktig stabilitet och hållbarhet genom att skal och kärna binds samman med bindstenar som låser till kärnan och i vissa fall låser genom hela murens bredd i dess övre delar.

Den nya muren får en form som överensstämmer med formen den hade innan raset och kvarvarande mur på vardera sida om raset. Muren avslutades dock cirka tio centimeter lägre än befintlig mur för att för framtiden markera vilken del som är återuppbyggd.

Principer för konstruktion och uppmurning.

Två till tre stycken bindstenar per kvadratmeter murades in. Där det var möjligt användes genomgående bindstenar på den övre delen, där muren inte är så tjock. Den övre delen av muren, från cirka 2,5 meter från toppen, murades som fullmur med stenar som ligger i förband både längs med och inåt i muren.

En bindsten ska vara tillräckligt djup för att passera skalets tjocklek och binda in till kärnan genom förband med stenar i kärnan, se figur 8.15. Bindsten murades in i kärnan. Från nivå ovanför bevarad mur där muren murades upp i helhet placerades bindstenar i respektive skal så de kunde muras ihop i förband genom murens tjocklek.

Stenen i kärnan lades på ett ordnat och strukturerat sätt även om det inte, som för stenarna i skalen och för bindstenarna, fanns något krav på förband. Stenen valdes med varierande fraktion så det blev en bra gradering som tillsammans med bruket fyller ut håligheter väl och skapar fullgott stöd för bindstenar och genomgående bindstenar som därmed får förband in i kärnan. Se figur 8.16 för ritning över principer för återuppbyggnad.

Geotekniska förutsättningar

Inför återuppbyggnaden behövdes kännedom om markförhållanden för ringmuren på platsen, av flera anledningar. Precis intill raset står muren förmodligen direkt på berget, men vid det rasade området sjunker berget och muren står på jord. Som underlag för projektering av murens återuppbyggnad behövde geotekniska förhållandena fastställas. Vidare behövdes en kontroll av säkerheten för de kvarvarande murdelarna göras i förhållande till jordtrycket, på

grund av skillnaden i marknivå, innan murarbetena kunde påbörjas. En geoteknisk undersökning genomfördes under 2014. Undersökningen användes också till att bekräfta tidigare undersökningar av murens grundläggning och ger därmed ytterligare kunskap om ringmurens grundläggning.

Resultatet av den geotekniska undersökningen visar att det är lite mindre än en halv meter till berget på murens utsida och därmed lite mindre än tre meter på insidan där marknivån ligger högre. Jorden är fyllnadsjord bestående av sand och grus med inslag av lera och organiskt material på båda sidor om muren.

Provgropar som gjorts intill muren visar att materialet under murens grundläggning har ett litet djup och består av fyllnadsjord med iblandning av kalkstensflisor. Detta stämmer med tidigare undersökningar och beskrivningar av murens grundläggning när den inte står på berg.

Jämviktsberäkning utfördes där de kvarvarande delarna av muren antogs vara belastade med ett vilojordtryck orsakat av jorden på murens insida (Craig 1997 181-243). Vilojordtrycket ger upphov till ett stjälpande moment. Murdelarnas tyngd ger upphov till ett mothållande moment som jämförs med det stjälpande momentet. Beräkningen visade att murdelen inte riskerade att stjälpa utåt.

Löpande tekniska kontroller under uppbyggnad

Under hela uppbyggnadsskedet har tekniska kontroller av återuppbyggnaden genomförts, dels för att säkerställa att föreskrivna metoder efterföljs, dels för att lösa eventuella problem snabbt och för att fånga hantverkarnas synpunkter på arbetsmetodik och tekniska lösningar.

Följande tekniska kontroller gjordes:

- Rivning och rensning av kvarvarande mur för att skapa förutsättning för återuppbyggnad och säker arbetsplats.
- Antal och placering av bindstenar.
- Kärnans uppbyggnad och förband mellan bindstenar och kärna.
- Montering av dragstag och ankarstag ovan marknivån på murens insida. Ankarjärnen monteras under 2015.
- Montering av dragstag med Cintecs lösning under marknivån på murens utsida.
- Totalt har sex tekniska kontroller genomförts och en slutkontroll kvarstår efter att allt färdigställts under 2015.

Dimensionering av antal bindstenar

För att avgöra hur tätt bindstenarna skulle placeras har de krafter som bindstenarna kan utsättas för beräknats. Dessutom har förmågan att hålla emot dessa krafter beräknats för bindstenarna och deras förband i murkärnan.

Beräkning av de krafter som kan belasta bindstenarna utgick från murens utseende innan raset, med lokala utbuktningar och lös kärna som ger upphov till krafter som vill separera murskalen från kärnan (Craig 1997 181-243). Den återuppförda delen av muren får en betydligt bättre uppbyggnad än de äldre delarna med avseende på murskalens förbindning till kärnan samt kärnans uppbyggnad. Eftersom målsättningen är att den återuppförda muren skall bestå under lång tid bedöms det som rimligt att dimensionera bindstenar utifrån sämre förutsättningar än vad som kommer att råda i den nyuppförda muren. Storleken av krafterna som orsakas av lokal utbuktning och lös kärna är beroende av tyngden av muren ovan. Krafterna är därmed större i murens nedre delar och mindre i de övre.

Vid beräkning av bindstenarnas kapacitet gjordes antagandet att kraftöverföring från bindsten till kärna sker genom friktion. Friktionen är beroende av det vertikala tryck som belastar den horisontella kontaktytan mellan bindsten och kärna. Eventuella friktionskrafter till följd av tryck mot bindstenarnas sidor har beräkningarna bortsett ifrån. Eftersom det vertikala trycket orsakas av tyngden av muren ovan så är friktionen störst i murens nedre del och minst i den övre.

De beräknade krafterna har jämförts med bindstenarnas kapacitet. Eftersom både krafter och kapacitet är störst i murens nedre del och minst i den övre delen valdes en jämn fördelning med 2-3 bindstenar per kvadratmeter.

8.5 Krönavtäckning

På samma sätt som ett tak är avgörande för en byggnads fortlevnad är en fungerande krönavtäckning avgörande för en murs fortlevnad. Krönavtäckningen ska hindra att vatten tränger in direkt i murverket ovanifrån. Vålgjorda krön av betong eller cementbaserade bruk har visat sig fungera över långt tid (Gotlands Museum 2009). Det är dock avgörande att bra materialkvalitet används.

På den återuppmurade muren gavs krönet en svag lutning utåt för att undvika att regn- och smältvatten rinner ner på insidans flaskhals, som redan är hårt belastad av nederbörd, utan istället rinner mot murens utsida. Bruket på krönet avsmalnades också mot kanterna för att synas så lite som möjligt från marken. De översta skiften under krönet murades med ett B-bruk för att fukt som eventuellt tränger igenom krönet inte ska bryta ner bruket där. Cementbruket till krönet består av lågalkalisk cement (anläggningscement) och natursand (0-4 mm) och har ett lågt vattencementtal (0,35-0,4) vilket borgar för hög täthet och hållfasthet. Slutligen stälades ytan för att få god vattenavrinning, se figur 8.17.

Figur 8.14. Exempel på brister i ringmurens uppbyggnad.

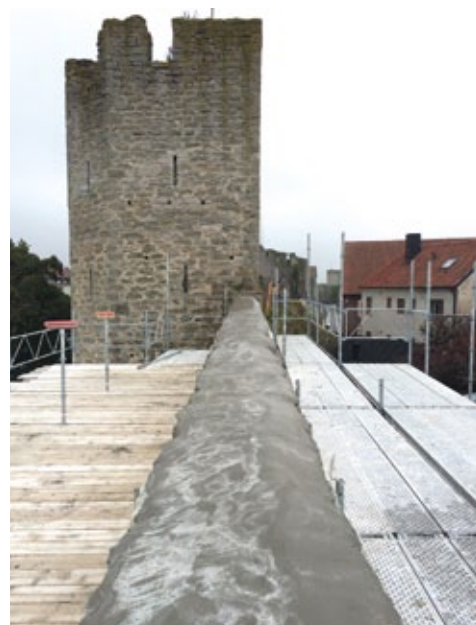
- 1) Nedre delens tunna yttre murskal.
- 2) Få eller inga bindstenar mellan skal och kärna.
- 3) Bristfälligt eller inget förband mellan stenar i kärnan.
- 4) Kärnan är rösig och lös i de nedre delarna.
- 5) Excentrisk belastning på murens yttre skal i förhållande till kärnan av den tidigare bröstningsmuren och påbyggnaden.

Foto: Carl Thelin.



Figur 8.15. (t. v.) Muren under uppbyggnad med rejäl bindsten och en väl utfylld kärna. Foto: Carl Thelin.

Figur 8.17. (t. h.) Den färdiga krön-avtäckningen. Foto: Ulrika Mebus.



PRINCIPER FÖR UPPBYGGNING

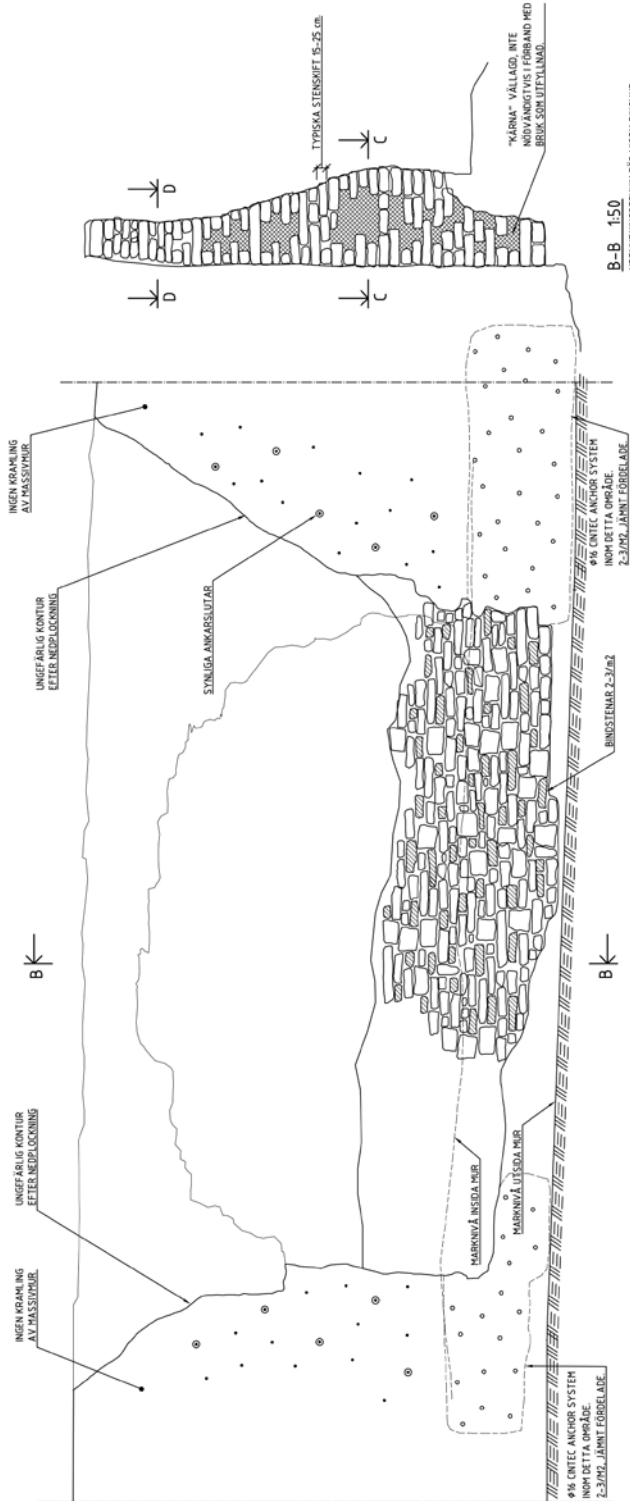
- SKALMUR MED YTTRE SKAL HURADE I FÖRBJÄND MED BINDESTENAR OCH KÄRNA.
- DE YTTRE SKALEN SKA VARA MINST 400-500 MM TJÄCKA I MEDEL.
- VERTIKALA STÖTFOGAR SKA INTE VARA KONTINJUELSA I SKALEN.
- 2-3 BINDESTENAR PER KVADRATHETER PÅ NEDRE DELEN DÄR MUREN ÄR TJOCKARE ÄN CIRKA 1,3 METER.
- GENOMGÅENDE BINDESTENAR ANVÄNDS I DE ÖVERSTA DELARNA, CA 3-4 METER FRÅN TOPPEN, DÄR MUREN INTE ÄR TJOCKARE ÄN CIRKA 1,3 METER.
- DEN ALLRA ÖVERSTA DELEN, FRÅN CIRKA 2,5 METER FRÅN TOPPEN, MURAS SOM FULLMUR UTAN KÄRNA.
- STENARNA I SKALEN SKA LÄGGAS STABILT OCH KOMPLETTERAS MED SKOLSTEN I FÖRBERUG HANDEL.

KRAV PÅ BINDESTEN

- SKA VARA TILLRÄCKLIGT DJUP FÖR ATT PASSERA SKALETS TJOCKLEK OCH BINDA IN TILL KÄRNAN GENOM FÖRBJÄND MED STENAR I KÄRNAN.
- BINDESTENAR SKA HURAS IN I KÄRNAN.
- FRÅN NIVÅ ÖVANFÖR BEVARAD MUR PLACERAS BINDESTENAR I RESPEKTIVE SKAL. SÅ DE KAN MURAS IHOP I FÖRBJÄND GENOM MURENS TJOCKLEK.
- KRÄV PÅ KÄRNA
- STENEN I KÄRNAN SKA LÄGGAS PÅ ETT ORDINAT OCH STRUKTURERAT SÄTT ÄVEN OM KRÄVET PÅ FÖRBJÄND INTE ÄR SAMMA SOM I SKALEN OCH SOM FÖR BINDESTENARNA.
- STENEN SKA VÄLJAS MED VARIERANDE FRAKTION SÅ DET BLIR EN BRA GRADERING SOM TILLSAMMANS MED BRUKET Fyller UT HÅLIGHETER VÄL OCH SKAPAR FULLOTT STOD FÖR BINDESTENAR OCH GENOMGÅENDE BINDESTENAR SOM SKA HA FÖRBJÄND IN I KÄRNAN.

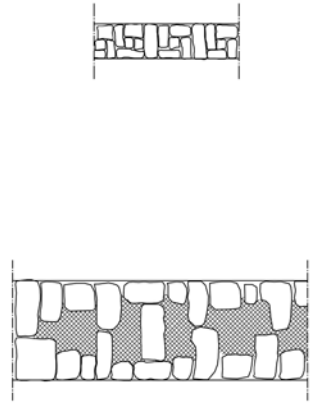
MATERIAL

- KALKSTEN FRÅN RASCHASSORNA ÄTTERANVÄNDS I SÅ STOR GRAD SOM MÖJLIGT. KOMPLETTERAS MED MOTSVARANDE TYP AV STEN FÖR TILLRÄCKLIGT STORA STENAR FÖR BINDESTENAR OCH GENOMGÅENDE BINDESTENAR.
- TRE OLIKA BRUK SKA ANVÄNDAS: STUKASLÄKT KALKBRUK AV GOTLANDSKALK FÖR SKALMURARNA OCH FOGNING AV VERTIKALA MURDELAR. LEFBRUK MED TILLSATS AV KALK FÖR KÄRNAN I MURENS NEDRE DELAR. STUKASLÄKT KALKBRUK AV ÖLANDSKALK FÖR FOGNING AV LUTANDE MURDELAR.



B-B 1:50
UPPBYGGNINGSTENOR FÖR VISBY RINGMUR

A-A 1:50



D-D 1:50

C-C 1:50



BYGGHANDLING	BYGGNAD	BYGGNAD	BYGGNAD
VISBY RINGMUR - RASET MUR 38			
KONSTRUKTÖR: T. 20 76 LIND BYGGNAD: 20 00 01 103 38 82 BYGGNAD: 20 00 01 103 38 82			
UPPBYGGNING	BYGGNAD	BYGGNAD	BYGGNAD
2.1.1.0.3	RE	BYGGNAD	FHD
2016-04-30	RE	BYGGNAD	FHD
VISBY RINGMUR - RASET MUR 38 UPPBYGGNAD AV MUR ELEVATION, PRINCIPSEKTION			
SKALA	BYGGNAD	BYGGNAD	BYGGNAD
1:50	(A1)	BYGGNAD	BYGGNAD
K-2.0-0-4			

Motstående sida.

Figur 8.16. Ritning som visar murningsprinciper för återuppbyggnad av ringmuren placering av kramlor och dragstag på var sida om raset.

8.6 Säkring av intilliggande murpartier

Raset har på ett tydligt sätt exponerat flera svagheter i murens konstruktion. Ett återkommande problem som beskrivits i arkivhandlingar är att det finns hålrum i kärnan och mellan kärnan och det yttre skalet. På flera ställen har detta lett till buktningar av det yttre skalet. Problemen visades mycket tydligt på norra sidan om raset, där stora hålrum innanför det yttre skalet blev synliga, se figur 8.18.

Beslutet att förstärka muren på var sida om raset motiveras av flera skäl:

- Raset kan ha påverkat de intilliggande murpartierna och nedplockningen av rasbågen innebar att kraftspelet påverkades.
- Raset exponerade tydliga svagheter i muren, speciellt på norra sidan, i form av separation mellan det yttre skalet och kärnan.
- De delar som murades upp vid raset ansluter till och murades ihop med de kvarvarande murarna och belastar därmed delvis de kvarvarande murarna.
- Hur samverkan mellan de uppmurade delarna och den befintliga muren kommer att te sig är svårbedömt.

Tillsammans motiverar dessa omständigheter att de intilliggande murarna förstärktes för att säkra att ytterligare ras eller deformationer inte uppkommer i anslutning till de uppmurade delarna. Detta skapade samtidigt goda förutsättningar för anslutning mellan uppmurade och befintliga delar.

Kramling, dragstag med ankarjärn och injekterade ankarstag

Olika metoder för att säkra skalmurar undersöktes inom projektet i ett examensarbete av Gustafsson och Silvermark (2013). Tre metoder för att säkra murpartierna intill raset tillämpades. Ovanför den inre markytan, där det är möjligt att borra igenom muren och komma åt båda sidorna, användes dels dold kramling och dels dragstag med synliga ankarjärn. För delarna under den invändiga markytan användes en metod att förankra det yttre murskalet som inte kräver tillgång till båda sidor av muren. Se figur 8.16 för schematisk placering av kramling, dragstag och injekterade ankarstag.

För att kunna välja rätt dimensioner och antal kramlor och dragstag studerades de krafter som förstärkningarna kan utsättas för.

- En lokal utbuktning av det ena murskalet kan ge upphov till krafter som kan separera skalet från muren.
- Den lösa fyllningen kan ge ett jordtryck mot murskalen som pressas utåt (Craig 1997 181-243).
- Inträngande vatten kan frysa i murens inre, vilket kan ge upphov till tryckkrafter, eftersom isen har större volym än vattnet.



Figur 8.18. Norr om raset gick det tydligt att se stora hålrum mellan det yttre murskalet och murens kärna. Foto: Carl Thelin.



Figur 8.19. De synliga ankarjärnen före monteringen. Foto: Carl Thelin.

Beräkningar visade att krafterna som orsakas av lokal utbuktning och lös kärna var av samma storleksordning, medan krafter som orsakas av att en vattenmättad murkärna som fryser blir extremt stora (Young och Freedman 1996, Schulson 1999). Med cirka två kramlor respektive ett dragstag per kvadratmeter hålls krafter av utbuktning och lös kärna tillbaka. För att undvika skador orsakade av frysning bör fokus istället riktas mot att förhindra stora mängder vatten att tränga in i murverket, liksom att möjliggöra uttorkning av det vatten som tränger in.

Relativt klena dimensioner eftersträvades för att kramlor och dragstag ska kunna följa med i murens naturliga rörelser. Samtidigt gjorde murens tjocklek att alltför klena borrdimensioner inte kunde användas.

För den dolda kramlingen borrades 14 millimeters hål och 10 millimeters armeringsjärn av rostfritt syrafast stål användes som fixerades i murens båda skal med injekteringsmassa.

För dragstagen med synliga ankarjärn borrades 20 mm hål. Gångstång M12 av rostfritt syrafast stål med tillhörande brickor och muttrar användes. Ankarjärnen tillverkades i form av ett kryss, se figur 8.19.

På ytorna under marknivå på insidan används Cintecs (Cintec 2015) lösning för murankare. Lösningen bygger på att ett hål borras genom muren till erforderligt djup, i detta fall till det inre murskalet. I hålet placeras Cintecs dragstag som består av ett 16 millimeters stålstag omgivet av en strumpa. När staget placerats i hålet injekteras specialanpassat bruk i strumpan som formas efter håligheter i murverket och förankrar ankarstaget.

Tre meter närmast raset på vardera sidan försågs med dolda kramlor och dragstag med synliga ankarjärn. De dolda ankarstagen sattes på en något större yta, se figur 8.16. Två stycken dolda kramlor och ett dragstag med synligt ankarjärn per kvadratmeter monterades jämt fördelade över ytan på vardera sidan om raset. Totalt monterades fem stycken synliga ankarjärn på vardera sidan om raset jämt fördelade över ytan. Två till tre Cintecs ankarstag per kvadratmeter monterades jämt fördelade på ytan under den inre markytans nivå.

9. Praktiska erfarenheter från nedplockning och uppmurning av Visby ringmur

Kristin Balksten med bidrag från Mats Larsson och Curth Klasén m.fl.

För att praktiskt kunna genomföra en reparation efter raset 2012 var det självklart att involvera hantverkare med stor erfarenhet av Gotlands medeltida bebyggelse och byggnadstekniker i hela processen. Stiftelsen Byggnadshyttan på Gotland startade 1986 med tydlig inriktning mot restaurering, byggnadsvård och kunskapsuppbyggnad. De medverkande har fått vara med och bygga upp kunskap som under projektets gång visat sig vara unik för Gotland, kunskap om traditionella material och metoder. Det är ytterst få förunnat att idag ha kunskap om hela processen, från val av råmaterial, bearbetning och framställning av lokala byggnadsmaterial till hantering av handverktyg. Att involvera Byggnadshyttan på Gotland som samarbetspartner var därför viktigt. De av hyttans murare som först blev involverade i forskningsprojektet var Curth Klasén och Mats Larsson. Dessa har varit med i utvecklingsarbetet kring provmurning och provfogning. Bland murare som deltagit i nedplockning och uppmurning kan särskilt nämnas Daniel Sjöberg och Tomas Andersson samt kranförare Inge Nilsson, vilka har visat stort engagemang för projektet. Fler murare har kommit och gått i projektet och allas engagemang och kunskaper har varit lika värdefulla.

Projektet har krävt en annorlunda arbetsprocess då ingenting har varit förutbestämt. Vi har gemensamt behövt lösa många saker efterhand, då det inte har gått att tillämpa några standardlösningar. Projektet som inkluderade såväl kunskaps- som muruppbyggnad startade formellt i februari 2013. Omgående började vi då tillsammans att fundera över material och metoder för återuppbyggnaden, samt vilka ytterligare kompetenser som vi kunde ha behov och nytta av. Detta kapitel ämnar ge en inblick i den praktiska arbetsprocessen för att om möjligt inspirera andra projekt att arbeta på liknande sätt. Här görs även ett försök att fånga reflektioner som har gjorts i det praktiska arbetet.

Redan 2011 hade vi tillsammans haft en workshop för att fundera över fogbruk och murbruk i ruinerna i Visby, inom ramen för ett tidigare forskningsprojekt om ruiner (Balksten & Mebus 2013). Deltagarna då var Erik Andersson från Delsbo i Hälsingland och Jonny Eriksson från Vargön i Västergötland tillsammans med Curth Klasén, Mats Larsson och Daniel Sjöberg från Gotland samt undertecknad Kristin Balksten. Under de dagarna diskuterades olika kalksorters beskaffenhet utifrån råvara och släckningsprocess, om blandningsförhållandets betydelse och sandens struktur samt om

fogens utformning. Att vi nu fick möjlighet att åter arbeta tillsammans med dessa frågor var oerhört givande och nyttigt, också för att vi redan hunnit bilda oss en uppfattning om, och respekt för, varandras kunskaper och ståndpunkter. Detta är inte oviktigt när man skall resonera och pröva sig fram till fungerande lösningar som alla kan vara tillfreds med. Utifrån vilka typer av bruk som man som murare är van att arbeta med så har man ofta olika önskingar beträffande brukets egenskaper.

9.1 Provmurning för fastställande av murbruk

Redan 2012 gjordes analyser av de murbruk som kunde påträffas i muren, se kapitel 5. Analyserna kunde ge en fingervisning om vilka bindemedel som hade använts, men även ungefärliga proportioner.

När vi skulle prova ut murbruk för såväl murskalen och fullmuren som murkärnan diskuterades tidigt tre olika alternativ; kalk från Gotland, kalk från Öland och lera. Med kalken från Gotland vet vi sedan gammalt att vi får olika arbetsbarhet i kalken utifrån dess släcknings- och lagringsprocess. För Gotlandskalk blev det intressant att prova våtsläckning, jordsläckning och stukasläckning. Den gotländska kalken är en luftkalk, vilket innebär att den är ren och behöver utbyte med luftens koldioxid för att karbonatisera. För ölandskalk blev det intressant att prova torrsläckning och våtsläckning. Den öländska kalken är en svagt hydraulisk kalk, det vill säga att den hårdnar även i vatten genom hydratisering, förutom att den hårdar i reaktion med luftens koldioxid. För provmurning användes även lera, köpt som ren lera på säck då det inte funnits någon tid att hitta lokal lera.

Kunskaper om lerbruk har inte förvaltats på Gotland (utom för keramiktillverkning), vilket gjorde det viktigt att få ta del av Erik Anderssons kunskaper om lerbruk. Han har sedan gammalt lärt sig hur man känner på en lera och ser att den, med rätt sandinblandning, blir ett bra bruk utifrån hur fet eller mager den är, det vill säga hur ren eller sandig den är. Han har också lärt sig av äldre murare att lerbruket blir stabilare mot vatten om man släcker lite kalk i lerbruket (vilket använts till exempel på skorstenar ovan taknock).

Om kalksläckning och dess inverkan på hur kalken sätter sig och hårdar har Jonny Eriksson studerat de senaste åren (Eriksson 2012, 2015). Det gjorde att också han var en värdefull resurs i projektet då olika släckningssätt skulle utvärderas, för att ge en gotländsk kalk med så bra egenskaper som möjligt.

Då analyserna visade på kalkbruk i skal- och fullmur och lerbruk i kärnan och då det visat sig hålla i flera hundra år, fann gruppen att det skulle vara intressant att försöka komma så nära originalet som möjligt. Men det var även mycket viktigt att försöka fastställa vilka egenskaper ett bruk skulle behöva ha för respektive användningsområde. Ett flertal små provmurar byggdes på pall (cirka 1 kvadratmeter) för att vara mobila. För bruk i kärnan provades

ölandskalk, lerbruk samt lerbruk med stukasläckt kalk i. För murbruk provades stukasläckt gotlandskalk, opiskad liksom piskad jordsläckt gotlandskalk, våtsläckt gotlandskalk som släckts under tryck i tunna, torrsläckt ölandskalk/jordsläckt piskad gotlandskalk.

Bruken gjordes generellt feta; mellan 2:1–1:1 vilket tunnslipen visat att de gamla bruken var. Provingen gav följande reflektioner:

- Ett stukasläckt bruk med en sådan riklig mängd som 2:1, det vill säga 1 packsten och 1 sand, gav ett mycket klistrigt bruk som sög fast stenarna. Bruket blev mycket kompakt och det vittorkade och hårdnade även en bit in i muren efter ett par dagar. Då ett bruk med sådan fethet blir mycket krympningsbenäget lämpade det sig inte som fogbruk. Detta bruk var efter att det vittorkat svårt att skilja från murens originalbruk i de nedre skalmurarna.
- Med opiskad jordsläckt kalk 1,5:1 upplevdes bruket närmast som magert. Troligen beror det på att all kalk inte kommer att fungera som aktivt bindemedel, vilket innebär att det blir kvar många kalkklumpar som närmast är att betrakta som ballastkorn. Den jordsläckta kalken som legat i markgrav i många år ger inte ett särskilt klistrigt bruk och inte heller vill det vittorka och sätta sig så snabbt, varför dess egenskaper inte gav önskvärd effekt.
- Med våtsläckt kalk som släckts under visst tryck i tunna skapades ett mycket fett bruk med förhållandevis låg krympningsbenägenhet, god homogenitet och utan kalkklumpar. Dock är det inte en metod som är känd sedan gammalt på Gotland, vilket var något som diskuterades utifrån antikvariska aspekter.
- Att blanda ölandskalk och gotlandskalk i lika delar ger en intressant kombination av styrka och smidighet. Det sätter sig något snabbare än ren gotlandskalk och det blir hårdare när det har härdat. Även om bruket blir stående under vatten efter några dagar, så har det blivit mycket hårt efter ett par månader.
- Mursand 0–5 millimeter är grövre än putssand 0–3 millimeter. Med mursanden blev bruket mindre rörligt och det var svårare att få stenyta mot stenyta vid murningen.
- Pinnstenar provades, men befanns inte vara nödvändiga för stabiliteten. Bruket i sig är så kompakt och bärande att pinnstenarna är svåra att få på plats. Inte heller står de att finna i den gamla muren.
- Klistrigheten och egenskapen att bruket suger sig fast mellan stenarna upplevs som mycket positiv när stora ojämna kalkstenar skall läggas på varandra. Stukasläckningen, som gör att sanden och kalken binder samman under släckningsprocessen, ger det överlägset klistrigaste bruket utifrån samma blandningsförhållande jämfört med de andra släckningssätten.



Figur 9.1. (ovan t.v.) Utprovning av murbruk för återuppbyggnaden av Visby ringmur.
Foto: Kristin Balksten.

Figur 9.2. (ovan t.h.) Stukasläckning av kalk för provmurning. Genom att stukasläcka direkt i blandaren undviks onödig hantering av bränd kalk. Bruket får stå i blandaren till dess att det har svalnat.
Foto: Kristin Balksten.

Figur 9.3. (t.h.) Jordsläckt kalk i markgrav som skall piskas innan det används till kalkbruk.
Foto: Kristin Balksten.



Provmurningen syftade till att finna vilka önskvärda egenskaper ett bruk bör ha och att finna ett bruk som har dessa egenskaper. Den har även syftat till att se hur nära de välbevarade originalbruket vi har kunnat komma i sammansättning, beteende och utseende utifrån en önskan att de skall vara kompatibla och åldras på liknande sätt under kommande århundraden. Utan gruppens samlade kunskaper, långvarigt goda samarbete och en generell lyhördhet hade det inte varit möjligt att komma fram till dessa resultat.

9.2 Provfogning för fastställande av fogbruk

Gällande fogning på Visby ringmur så finns flertalet ytor med gammalt kalkbruk bevarat, i synnerhet i nordliga väderstreck och på vertikala ytor. På väderutsatta och i synnerhet fuktutsatta ytor, exempelvis på flaskhalsen mot söder och väster, har kalkbruket helt dolts bakom ett tjockt lager av cementbruk från 1950–70-tal (se kap. 2). Vid en rundvandring tillsammans gjordes många iakttagelser av fogningen på ringmuren. Det kalkbruk som finns kvar i riklig mängd är generellt fett, innehållandes såväl kalkklumpar som krympsprickor och det är utstruket över stenarna för att ge en slät muryta. När omfogning har skett med cementbruk så ligger fogarna generellt innanför stenens yta vilket gör att muren får en annorlunda ytstruktur, men det gör också att det bildas fickor i och på muren där såväl växlighet som snö kan avsättas.

I anslutning till det rasade partiet finns en del av falskhalsen som varit skyddad av en byggnad sedan 1700-talet. Här kan man iaktta hur djupt kalkbruket saknas i ytan. Där man väl träffar på det är det dock i fungerande skick. Däremot är det gamla kalkbruket upplöst på de delar av flaskhalsen där man på 1970-talet rengjorde och fogade om med cementbruk och ser till karaktären ut att vara blöt sand bakom cementbruket.

Det torn som är närmast det raserade partiet har rikliga mängder kalkbruksfog kvar i mycket gott skick. Utifrån dessa fogar bestämdes utformningen på det återuppbyggda partiet, det vill säga att fogen skall vara utstruken och i liv med murytan.

För att kunna få ett nytt fogbruk som kan fungera på flaskhalsen behövde vi fastställa önskvärda egenskaper och sedan finna ett bruk som kan leva upp till detta. Samtidigt måste fogbruket skydda murbruket innanför, utan att hindra koldioxiden från att tränga in och bidra till karbonatiseringen. Det behöver klara fuktbelastning, det bör inte leda vatten in i muren, det behöver vara likt kalkstenen i fukt- och temperaturrörelser och det får inte vara för tätt. Utifrån dessa krav valde vi att prova några svagt hydrauliska fogbruk. Till att börja med användes ölandskalk och gotlandskalk i form av stukasläckta bruk. De stukasläcktes en-två dagar före användning för att undvika att kalkskott skulle kunna uppkomma i ytan. Den gotländska kalken kan



Figur 9.4. (överst t. v.) Provytorna är placerad intill tornet Stor-Christin och här syns gammal fog som överensstämmer med de nygjorda till form och kulör. Foto: Kristin Balksten.

Figur 9.5. (överst t. h.) Fogbruket behöver byggas upp i ett par lager när det är så djupa håligheter i fogarna. Här behöver man vara extra noggrann med är vidhäftning till stenen. Foto: Kristin Balksten.

Figur 9.6 a–c. (ovan) Fogning av flaskhalsen med ölandskalk 2:1, gotlands- och ölandskalk 1:1:1 samt ölandskalk 1:1. Foto: Kristin Balksten.



Figur 9.7 a–c. Fog på svagt hydraulisk gotländskalk som Daniel Sjöberg provat ut; 1:1 samt 1:1,5. Nertill syns jämförande prov med öländskalk 1,5:1. Den gotländska hydrauliska kalkens kulör stämmer bättre överens med de gamla bruken som finns på muren.
Foto: Kristin Balksten.



Figur 9.8. Fogning av de vertikala murpartierna sker med jordsläckt gotlandskalk och mursand 1:1,5.
Foto: Kristin Balksten.



sparas som murbruk väl skyddat från luft under lång tid medan den öländska kalken bör användas inom 3–4 dagar, eftersom det sedan vill börja härda i reaktionen med vatten. Tre varianter provades ut på ett murparti på östra muren intill tornet Stor-Christin; ölandskalk 2:1, ölands- och gotlandskalk 1:1:1 samt ölandskalk 1:1. På tornet finns gammal kalkfog bevarad som har varit vägledande i ytstruktur. Även kulören kan jämföras med dessa fogar. Ölandskalken är vad man i äldre tider benämnde som en mager kalk, vilket känns mycket tydligt när det jämförs med gotlandskalken som är fet.

Provfogningen utfördes av Mats Larsson, Tomas Andersson, Curth Klasén och Kristin Balksten. Vi provade konsistens, klistrighet, krympningsbenägenhet och bearbetbarhet. Uppbyggnad i flera lager var nödvändig utifrån att fogarna är drygt 10 centimeter djupa när cementfogarna är bortknackade och de sandiga kalkbruksresterna bortsopade. För varje lager har det varit viktigt att kunna kompaktera bruket och samtidigt få en grov yta med god vidhäftning till såväl underliggande som nästkommande lager. För det yttre lagret har snutbrädan använts efter att bruket satt sig för att trycka till och släta ut ytan.

Vid en utvärdering syns att de båda fetaste bruken ser bäst ut, då de inte suger åt sig så mycket vatten. Båda de fetaste bruken ser också ut att överensstämma bäst med de omgivande fogbruk som finns bevarade utifrån just sin fethet, men även utifrån kulör. Efter två vintrar är de helt oförändrade, och det var till och med svårt att knacka loss fogbruk för analys. Ölandskalken ger ett betydligt gulare fogbruk än den vita gotlandskalken gör. När de båda blandas lika erhåller de en kulör som liknar det åldrade kalkbruket på tornet intill.

Efter att svagt hydraulisk kalk från Gotland har bränts under 2014 har även provfogning på det återuppbyggda partiet utförts med detta kalkbruk. Det är kulörmässigt mycket likt den variant av gammalt fogbruk i gulaktig ton som finns på flera ställen på muren. Denna kalk provades som 1:1 samt 1:1,5, med stukasläckning. Även denna kalk är märkbart magrare än den vanliga luftkalken från Gotland, varför ett fetare bruk blir mindre krympningsbenäget och mera vattenavvisande.

För fogning på de vertikala murytorna behöver inte bruket vara lika tåligt i fråga om att stå i vatten, då det inte tenderar att bli lika fuktbelastat. Här tänkte vi från början att det borde vara rimligt att ta med sig fogen i anslutning till att murningen gjordes och då använda samma bruk som till murningen. Det stod dock mycket tidigt klart att detta bruk inte hade de önskvärda egenskaperna för fogning då det var för klistrigt och krympningsbenäget. Istället föll valet på den välpiskade jordsläckta kalken ihop med den grövre mursanden för att få ett smidigt bruk som kan läggas på i hela fogens tjocklek och bearbetas utan att vilja spricka för mycket. Blandningsförhållandet valdes till 1:1,5 och bruket påminner därmed mycket om den påbyggda murens originalbruk.



Figur 9.9. Under Erik Anderssons vägledning blandas lerbruket till önskad konsistens.
Foto: Björn Balksten Regné.



Figur 9.10. Leran blandas med packstenen i planblandare där en stukasläckning av kalken utförs.
Foto: Kristin Balksten.

9.3 Lera från Nyplings i Lokrume

Att finna en lertäkt som används idag visade sig inte helt självklart. Säkert kunde vi finna bra ställen för lertäkter i äldre geologiska kartblad (e.g. Lundkvist et al 1940) men det visade sig att vi inte behövde krångla till det så mycket. För att finna lera funderade Byggnadshyttans killar över vilka de kände till som hade haft lertäkter på sina marker. Den aktuella leran fick vi kännedom om då Daniel Sjöberg på Byggnadshyttan fick information om att man just nu grävde för en bevattningsdamm på Nyplings i Lokrume. Det visade sig att markägare Pär-Rune Nypelius gärna skänkte bort leran till ringmuren om den visade sig duglig till ändamålet. Hantverkarna på Byggnadshyttan gjorde en bedömning av lerans kvalitet under vägledning av murare Erik Andersson i Delsbo, och fann att den liknade det lerbruk som fanns i muren och att den med sin sandmängd var en lagom fet lera för ändamålet. Valet av lera gjordes efter devisen ”man tager vad man haver”.

Leran fick ligga utspridd i en hög vid muren under vintern för att frysa. Det är känt sedan gammalt att leran blir lättare att blanda till om den först får frysa. Det blev tydligt att det var så även här. Vintern 2013–2014 var inte särskilt bister varför bara det yttre av leran hade frusit och den var också betydligt mera benägen att låta sig blandas. Med moderna maskinblandare typ planblandare är det dock inget egentligt krav då den klarar av att blanda bra ändå.

Leran innehöll blandade kvaliteter av brun, gråbrun och blågrå lera samt sand i olika stor mängd. Leran upplevdes i magraste laget för att ge ett riktigt gott murbruk. Då vi beslutat att följa den gamla traditionen att blanda i lite osläckt kalk i leran blev lerbruket lite fetare och den fick en riktigt bra konsistens.



Figur 9.11. Lerbruket fyller upp bakom yttre skalet och möter kalkbruket. Det har tydlig skillnad i såväl kulör som klistrighet. Stenar och stövlar sugs väl fast i lerbruket. Foto: Kristin Balksten.

Lerbruket blandades till i planblandare. Tre spann lerblandning till ett halvt spann packsten av vanlig gotlandskalk från Hejnum blandades samman. Då detta bruk skulle användas inuti muren var det inte så viktigt att stukasläckningen skedde flera dagar innan, då kalkskott som kan uppkomma inuti en sådan tjock mur inte kan orsaka skada. Lerbruket blandades normalt dagen före eller samma dag som det skulle användas. Det hade underlättat arbetet högst väsentligt att ha två blandare som kunde användas parallellt, vilket vi sänder med som ett tips för framtiden.

Genom kalkinblandningen blev det tydligt att lerbruket stabiliserade sig efter ett par dagar. Utan kalken hade det varit helt oförändrat, men nu gick det till och med att kliva på bruket efter en tid.

9.4 Nedplockning av muren

Vid nedmonteringen av muren handlade det om att lossa på varje sten med spett. Större stenar fick lyftas ner med hjälp av kran, men flertalet mindre stenar gick att lyfta manuellt till en väntande back. Bästa materialkännedomen får man många gånger just när man ger sig på att riva i någonting. I det här fallet fick vi lärdom om hur bruket betar sig mellan kalkstenen i den påbyggda såväl som i den gamla muren, inunder krönet av muren, bakom cementfogar och nära marken. Det visade det sig vara viss skillnad på seghet i den påbyggda murens och i den gamla murens kalkbruk. Även om det var lätt att lyfta på stenarna så framstod det ändå tydligt att vidhäftningen varit intakt till våra dagar och att kalkbruket mycket väl hade fyllt sin funktion i 700 år.

Figur 9.12. Nedplockningen sker med spett och kran. Här håller Mats och Urban i spetten medan Inge sköter kranen.



Figur 9.13. Så här långt ner har muren plockats. Nedersta skiftet visar sig vara tomt på kalkbruk i stående fogar, men däremot är det fyllt med rikliga mängder med cementbruk.



Den övre halvmeteren av muren, under krönnavtäckningen i cement, var bruket märkbart påverkat. Det var blött, sprött och hade mist sin seghet. Bruket i den påbyggda muren var sandfärgat med stora kalkklumpar och det ser ut att ha flutit ut väl mellan stenarna. Här har bruket generellt fyllt ut hela muren väl, förutom mellan den gamla murens övre fullmur och flaskhalsens kärna. Kalkbruket i den gamla muren var fetare och vitare än i den påbyggda muren. De hade olika seghet, såtillvida att det var segare att lyfta på stenarna i den påbyggda muren än i den gamla muren.

Många av de stenar som var placerade på flaskhalsen visade sig vara i ganska dåligt skick. Dessa kalkstenar hade placerats med svag lutning inåt muren vilket innebar att de tagit in vatten i kloven och därmed frusit sönder. Detta gjorde också att det oundvikligen skulle behövas en del ny sten vid uppmurningen.

Stenarna sorterades generellt efter var i muren de hade suttit för att om möjligt kunna återplaceras till samma del av muren, om än inte i ursprunglig position.

Det blev också tydligt i och med nedplockningen att bindstenar var något som generellt saknats och att murens kärna fyllts utan noggrann murnings-teknik.

Vid nedplockningen blev det också märkbart hur växter hade kunnat etablera sig inuti muren med sina djupa rötter. De trivs i ett bra växtklimat bakom cementfogen och rötterna söker sig främst in på djupet mellan fog och sten. Där cementfogen är helt intakt och sprickor mellan fog och sten saknas är inte heller växtlighet etablerad eller fogen bakom upplöst. Först när det har bildats mikrosprickor mellan fog och sten kan man se cementfogens negativa inverkan på murverket. Bruket bakom cementfogen kan sägas ha varit i varierande skick. På alla de partier där det varit en hög fuktbelastning och muren delvis varit blöt också vid nedmonteringen så har kalkbruket varit mera urlakat än på helt torra partier då det varit oskadat. Den lärdom vi kan dra av detta är att vi kommer att behöva lokalisera de partier på resten av muren som är utsatta för hög fuktbelastning och som är omfogade med cement.

I det allra understa skiftet som ligger mot marken upptäckte vi att det saknades bruk i de vertikala fogarna. Först mellan första och andra skiftet förekom kalkbruk. Däremot hade cementbruket vid senaste omfogningen fyllts i även i de nedre stående fogarna.

9.5 Uppmurning

Vid uppmurningen av muren har vi begränsat oss till två typer av murbruk; lerbruket med stukasläckt kalk till kärnan samt stukasläckt kalkbruk gjort av 1 tunna packsten till 1 tunna puts-sand, 0–3 millimeter. Det stukasläckta kalkbruket blandades till i en extra stor planblandare där hela tunnorna kunde lyftas



Figur 9.14. Stukasläckning i stor planbländare som fylls på med hela tunnor av kalk, sand och vatten.

Foto: Kristin Balksten.

och fyllas i blandaren för att minimera tungt arbete. Stukasläckningen planerades att ske dagen före användning för att undvika kalkskott men bruksåtgången medgav inte riktigt detta. Då hade ytterligare blandare behövt användas. Eftersom det stukasläckta bruket valdes bort som fogbruk gjorde det att eventuella kalkskott inte skulle kunna skada murens yta (då det förväntas ske långt in i muren där det finns ett visst tryck på bruket och kalkskotten bara bildar kalkklumpar) och därmed var det mindre viktigt att släcka någon dag i förväg. Daniel, en av murarna, provade att lägga färskt murbruk i frysen innan det hade vittorkat. En intressant iakttagelse var att det inte hade ändrat sin karaktär alls utan det fortsatte att torka och härda efter att det hade tinat upp. När bruket väl har härdat suger det minimalt med vatten och det blir mycket kompakt, hårt och starkt.

Under det att muren uppfördes i snabb takt tillfördes hela tiden vatten. På partier där sol och vind har kommit åt har murbruket kunnat vittorka i ytan men till exempel bakom huset på murens insida är bruket ännu efter många veckor fortfarande färskt och mjukt. Fogningen av flaskhalsen har därför sparrats till år 2015, eftersom murbruket innanför bör ha börjat härda innan det stängs in bakom en fog av hydrauliskt kalkbruk.

Första skiftet är återigen murat utan bruk i de stående fogarna för att undvika kapillärsugande bruk mot mark. På varje kvadratmeter har två till tre bindstenar använts för att binda samman skalmuren med kärnan. Till detta behövdes ganska mycket ny sten. Det närmast tillgängliga brottet för kalksten var i Bro socken. Där finns kalksten av varierande kulör och flera kulörer har kommit med som ersättningssten. Ny och gammal sten har fördelats jämnt. En av de största utmaningarna med återuppmurningen har murarna

tyckt vara att försöka få något som är nytt att se gammalt ut. Det har krävts eftertänksamhet för att lägga ett bra pussel. Man inte får vara för noggrann och det krävs att man väljer rätt sten på rätt plats och att det inte bildas alltför jämna skift för att lagningen ska smälta in harmoniskt med omkringliggande originalmurverk. Stenarna har lyfts på plats med hjälp av kran. Det har behövts stora ytor för att man ska kunna ha ett bra urval av lämpliga stenar som ska kunna passa in i muren. Att få en blick för vad som passar bra härnäst är en färdighet några av murarna har utvecklat under tiden.

Det återuppbyggda partiet har markerats på flera sätt. Årtalet 2014 är inhugget av Kristin Balksten i den första sten som Riksantikvarie Lars Amréus har lagt dit liksom av Curth Klasén i en av de övre stenarna som markerar gräns i toppen. Det har även markerats genom en något nedsänkt gräns för krönet samt av synliga dragstag på sidorna. (Bakom den nedre huggna stenen har femteklassare lagt in sin skatt till framtiden.)

Under arbetets gång har vi många gånger frågat oss hur de bar sig åt när de byggde muren under 1200- och 1300-talen. Vi har ju bara gjort en liten del av muren, vi har inte behövt bryta en enda sten manuellt och vi har dessutom haft tillgång till maskiner och andra hjälpmedel.



Figur 9.15. Med kranens hjälp lyfts de stora stenarna på plats. Här provar Erik och Daniel ut att det blir en lämplig storlek på stenen. Foto: Kristin Balksten.

Motstående sida:

Figur 9.16. Uppmurningen har startat. Inget kalkbruk placeras i de nedre stående fogarna men väl i de lig-gande. Foto: Kristin Balksten.

Figur 9.17. Först läggs det yttre skiftet på plats i kalkbruk, därefter läggs lerbruket och kärnan dit. Kärnan innehåller ofta mindre stenar men denna gång läggs de i förband och med lerbruk som väl fyller ut mellan. Foto: Kristin Balksten.





Figur 9.18. Bindstenar anno 2014 är stora och går långt in i muren. Det gäller att styra dem helt rätt eftersom kalkbruket suger fast dem när de väl läggs på plats.
Foto: Curth Klasén.



Figur 9.19. Flaskhalsen får nu horisontalt lagda stenar för att undvika onödig vatteninträngning.
Foto: Curth Klasén.

Motstående sida:
Figur 9.20. Muren under uppbbyggnad. Hantverkare är Inge Nilsson, Curth Klasén, Mats Larsson, Thomas Andersson, Daniel Sjöberg, Roger Lindberg och Bernt de Jonge.
Foto: Kristin Balksten (överst t.v.) och Helena Duveborg.





9.6 Krönavtäckning

För krönavtäckningen valdes att återigen göra en ny krönavtäckning i betong, i enlighet med den som legat där sedan 1930-talet. Det är vad som täcker närliggande ytor och det är också det vi ser har längst underhållsintervall av de alternativ som diskuterades. Vi förde en dialog med Skanskas betongexpert tekn.lic. Pål Skoglund för att försöka förstå vilka egenskaper som betongen behöver ha i denna funktion; vattentålig, lågalkalisk, tät (lågt vct) och med bra arbetsbarhet som innebär att den fyller ut bra mellan stenarna och att den går att ståla till en blank och slät yta.

Vi valde ett färdigt betongbruk från Weber av lågalkalisk anläggningscement, vct cirka 0,35 och med en relativt fin ballast. Armering undveks då det inte förekommer några dragpåkänningar och då vi ville undvika järn som kan rosta med tiden. Översta skiftet ses som en del av murkrönet och det murades med ett B-bruk, det vill säga ett starkt KC-bruk från Weber som övergång mellan kalkbruksskiften och krönavtäckningen. Metoden och materialet provades ut av de vana murare som arbetade i projektet och resultatet blev ett glänsande blankt betongkrön, med en svag lutning utåt.

Figur 9.23. Betongkrönet har en stälad yta som gör att vatten lätt kan rinna av istället för att rinna ner i murkrönet. Övre skiftet är lagt i B-bruk och utgör en del av krönavtäckningen. Foto: Kristin Balksten.

Motstående sida:
T.v.: Figur 9.21. Inhuggning av årtal 2014 har utförts av Kristin Balksten och Curth Klasén. Foto: Curth Klasén.

Nederst: Figur 9.22. Borring av stag med Sintecs metod. Foto: Kristin Balksten.



10. Visby ringmurs framtida behov

*Ulrika Mebus, Carl Thelin, Jörgen Renström,
Mats Anglert och Kristin Balksten*

10.1 Inledning

Uppfattningen om huruvida Visby ringmur är att betrakta som en ruin eller ej är något varierande. Ringmuren är fortfarande en fungerande stadsmur med flertalet hela torn och byggnader som en integrerad del. Delar av den är i ett raserat skick sedan gammalt, men traditionen att underhålla och utveckla den utifrån stadens behov har hållits vid liv. Som statusmarkör för staden Visby kan den nog inte någonsin sägas ha förlorat sin funktion, även om intresset för den har varierat. Redan medan den ännu hade en försvarsfunktion omtalades dess kulturhistoriska värde.

Tydliga hot som ringmuren har ställts inför, förutom ett naturligt förfall, är att den till viss del användes som stenbrott under 1600-talets slut. Från 1712 – då stembrytningen förbjöds – till 1805, då muren fick sitt skydd, förskonades den från en medveten rivning. Portar har tillåtits uppkomma utifrån stadens aktuella behov och det har kanske snarare befrämjat än hotat dess bevarande. Under de senaste 200 åren har ringmuren varit en viktig attraktion för en ökande turism och idag kan man i den marknadsföring som gotländska företag sprider se att ringmuren är ett omätligt populärt fotoobjekt och dragpläster.

Ringmurens förvaltnings- och vårdhistoria har visat sig vara en mycket intressant parallell och föregångare till framväxten av den svenska kulturminnespoli-

Myller vid muren under
Medeltidsveckan.
Foto: Helena Duveborg.



tiken. En fördjupad studie avseende förvaltningen genom århundradena skulle ge ett värdefullt bidrag till beskrivningen av 1900-talets kulturmiljöpolitik.

Som ett led i bevarandet av Visby ringmur har vi under projektets gång upptäckt många kunskapsluckor. Vi har ett kollektivt ansvar att långsiktigt och kontinuerligt bygga upp och utveckla dessa kunskaper. Vi påminner gärna om Kulturmiljölagens inledande paragraf:

Det är en nationell angelägenhet att skydda och vårda kulturmiljön. Ansvaret för kulturmiljön delas av alla. Såväl enskilda som myndigheter ska visa hänsyn och aktsamhet mot kulturmiljön.

KML 1988:950 1 kap.

10.2 Förvaltning och finansiering

Förvaltning och ägande av ringmuren har sedan 1880 varit uppdelat på två parter, nämligen ägaren Visby Stad, numera Region Gotland, och förvaltaren Kungl. Vitterhetsakademien, numera Riksantikvarieämbetet. Detta har egentligen aldrig varit en optimal lösning. Penge- och ansvarsfrågan har varit en återkommande diskussion genom tiderna, som vi kunnat se i den historiska resumén i kapitel 2. Gotlands stoltaste monument, för att inte säga Sveriges, har tyvärr sällan setts som den stora tillgång det är. För att kunna fortsätta vara en stolthet för land och region behöver en långsiktig investering i vård- och underhållsinsatser göras vilket förutsätter bred samverkan mellan alla mur-intressenter.

Några som redan ser potentialen är de företag som gärna profilerar sig med ringmuren i sin marknadsföring. De har insett något väsentligt, nämligen att kulturarv säljer! Kanske är det dags att en del av dessa intäkter återförs till muren så att den också framöver fortsätter vara ett av Gotlands starkaste varumärken.





Från och med 2015 har Riksantikvarieämbetet inte längre någon fastighetsförvaltning. Det beror på att de kulturfastigheter man tidigare förvaltat övertagits av Statens Fastighetsverk. Eftersom staten endast förvaltar av staten ägd egendom har förvaltningen av Visby ringmur inte överförts till Fastighetsverket, utan ligger temporärt kvar hos Riksantikvarieämbetet. Situationen är alltså av sådan art att den måste få en snar lösning. I praktiken finns inte många andra alternativa scenarion än att ägaren, det vill säga Region Gotland, övertar förvaltningen av sin fastighet.

Vildvinsomslingrat torn vid tjärkokeriet, det vill säga i Östermurs södra del. Växtligheten kan förvisso upplevas som pittoresk, men är inte bra för murverket.
Foto: Helena Duveborg.

Former för detta, liksom hur kompetens

angående ringmuren skall överföras, är en framtidsfråga av största vikt och aktualitet. Utmaningen blir att hitta långsiktigt konstruktiva vägar, såväl förvaltningsmässigt som ekonomiskt, för murens fortsatta vård och underhåll. Aspekter som brukande och användning behöver också fördjupas.

De resurser som har avsatts för murens kontinuerliga underhåll under de senaste 200 åren har av samtiden alltid ansetts som bristfälliga och där har ingen förändring setts i vår tid. Hur ringmuren skall förvaltas och inte minst hur underhållet långsiktigt skall bekostas är ännu en fråga för framtiden. Helt klart är att muren behöver ett kontinuerligt underhåll för att, som det världsarv den är, kunna bevaras och överlämnas till kommande generationer.

Troligen behöver flera olika finansieringsmodeller samverka. Man kan tänka sig en kombination av offentlig (statlig och regional) och privat ("fundraising", bidrag från turismen, fonder etc.) finansiering. Modeller för detta behöver utarbetas så att frågan kan få en långsiktig lösning och inte, som hittills, vila på projekt, kampanjer och ad hoc lösningar. En stabil, långsiktig finansiering är den enskilt viktigaste faktorn för att garantera ringmuren en framtida god förvaltning. En fördjupad utredning/studie behöver göras på den här punkten.

10.3 Vårdprogram – ett samlat kunskapsdokument för praktisk förvaltning

Ett första steg för den långsiktiga förvaltningen är att utarbeta ett aktuellt vårdprogram som kompletteras med vård- och underhållsplaner. Arbetet behöver göras i nära samverkan mellan förvaltare/ägare, brukare och antikvarisk expertis. Inom ramen för vårdprogrammet beskrivs sådana centrala aspekter som:

Södermur med rester efter Visborgs slott och med en äldre trädplantering i förgrunden på utsidan av muren.
Foto: Helena Duveborg.



- Fastighetsuppgifter, skyddsföreskrifter etc.
- Kulturhistorisk värdeanalys och värdebeskrivning
- Antikvarisk målsättning (innefattar aspekter på tillgänglighet, brukande, bevarande, levandegörande och information, säkerhet, material och metoder, samspel med omgivning och världsarv, forskning och kunskapsuppbyggnad etc.).
- Historik, även förvaltningshistorik samt källförteckning.
- Principer för skötsel, vård och underhåll.
- Arkivgenomgång, sammanställning av tidigare åtgärder (bygger vidare på genomgången från 2002).
- Beskrivning av byggnadsverket med bilder, kartor och uppmätningar.
- Aktörer och ansvariga.
- Plan för hur programmet skall hållas uppdaterat.

10.4 Vård- och underhållsplan

En arbetsgrupp, med liknande sammansättning som ovan, behöver så snart förvaltningsfrågan (se punkt 10.2) är löst och vårdprogrammet upprättat, tillsättas för att ta fram praktiska vård- och underhållsplaner för ringmuren. Inte minst är formerna för arbetet liksom de årliga insatserna och den långsiktiga, systematiska planeringen viktig. Huvudspåren är två:

1. Det systematiska, återkommande underhållsarbetet inklusive den årliga besiktningen.
2. Långsiktig projektering och planering för större insatser.

En första åtgärd, som har identifierats inom detta projekt, innebär att göra kontroller av murverkets status genom undersökningar av murens fogar på utvalda platser. Växtröjning behöver ske kontinuerligt då träd som etableras snabbt sprider sitt rotsystem på djupet. Dock hänger mycket av växtligheten med gräs och örter i fogarna ihop med cementfogningen och en åtgärd för detta bör arbetas fram samtidigt som omfogning planeras.

10.5 Positionering för framtiden

Den byggnadsarkeologiska undersökningen har utifrån nya teoretiska infallsvinklar på Visby stadsmur pekat på alternativa tolkningar, kunskapsluckor och möjliga framtida förhållningssätt. Ringmuren är en del av världsarvet Visby, vilket ställer höga krav på forskning och kunskapsuppbyggnad för en ökad förståelse av muren, då som nu.

- Skapa en forsknings- och kunskapsplattform. Mycket forskning har gjorts kring Visby stadsmur, men den spretar åt olika håll varför frågan kring vad vi egentligen vet om muren inställer sig. Plattformen måste vara förankrad i internationell forskning.
- En digital dokumentation med 3D-modellering av hela muren. Idag saknas en aktuell dokumentation av muren vilket är basalt för ett hållbart tänkande i kulturmiljöarbetet. Dokumentation är det yttersta sättet att säkra ett källmaterial för framtiden. Upprepade digitala uppmätning av samma ställe kan även visa på förändringar i murverket. Att skapa 3D-modeller innebär ytterligare möjligheter att öka hållbarheten, men framför allt kommer det att öka tillgängligheten. Med den digitala tillgången kan vem som helst och var som helst ”besöka” Visby stadsmur.
- Att betrakta Visby stadsmur och andra historiska byggnader och byggnadsverk som en process. Ett biografiskt perspektiv betonar föränderligheten, varför tiden är en viktig faktor. Varje del av Visby stadsmur är resultatet av ett otal händelser.
- Öka tvärvetenskapliga arbetssätt och kontaktytorna mellan Visby ringmur som kunskapsobjekt och som förvaltningsobjekt. Det är mycket lättare att förvalta ett historiskt byggnadsverk när man har en förståelse av och en god kunskap om objektet.
- Stärka murens samhällsrelevans genom att samverka över sektorsgränser. Producera de intressanta och angelägna berättelserna för en gemensam förståelse.

Ju större kunskap det finns om Visby stadsmur, desto större chans att förebygga eventuella framtida ras. De flesta ras är resultatet av flera samverkande faktorer och kan vara svåra att förutse. Historien har visat att nya ras kommer att inträffa,

Snäckgårdssporten i Nordermur, en av de äldre portarna i landmuren. Längst till höger i bild skymtar den sedan gammalt raserade delen av muren som går under benämningen Lübeckerbräschen.
Foto: Helena Duveborg.



men förhoppningsvis kan en aktiv forskning minska riskerna. Grundläggande för detta är en aktuell och tillförlitlig dokumentation av hela muren. En digital uppmätning och 3D-modellering ger möjligheter till kontroll av murens status, fördjupad forskning, ökad hållbarhet och tillgänglighet.

10.6 Besiktningar och tekniska analyser

För att så långt som möjligt undvika att nya ras, liknande det som inträffade 2012, sker igen och för att motverka nedbrytning och förfall av Visby ringmur behöver flera åtgärder vidtagas både inom en nära framtid och på längre sikt. Den lastsituation som uppstått i Visby ringmur på grund av förhöjningen av muren redan på 1300-talet och omfogningen med cementbruk med dess följder har gett en ökad koncentration av lasten till yttre murskalets yttersta del i murens nedre delar. Detta gör att säkerhetsmarginalerna kan förväntas vara lägre än önskvärt på många ställen i muren.

Om lastsituationen förändras ytterligare, med ökade koncentrationer av last eller att situationer med frostsprängning alternativt sprängning av växtlighet uppstår, kan nya ras uppkomma. Genom att murbruket förlorar en del av sin bindande effekt på grund av urlakning och växtlighet så ökar risken för att brott i materialet ska uppkomma, och när då murskalet är tunt och redan hårt belastat finns det risk att det sker en knäckning i det yttre murskalet. Omfogningen med tätt och starkt cementbruk som genomförts under 1900-talet har den negativa effekten att fukten har svårare att torka ut, samtidigt som det blir styvare i murens yttersta skal än innanför. Även om nedbrytningsprocesserna i muren är relativt långsamma är det nödvändigt att de minskar eller avstannar om nya ras på sikt ska kunna förhindras.



Rester av Visborgs slott i södermur. Längst till höger anas Lantporten som är en av de ursprungliga portarna. Foto: Helena Duveborg.

För de återstående 3,4 kilometrarna av muren behövs ett antal fördjupade analyser utföras för att det skall gå att finna kritiska områden utifrån svagheter i konstruktionens verkningssätt och ökade risker för nedbrytningsprocesser. Ett konstant underhåll och en tillsyn krävs för att muren ska kunna finnas kvar under ytterligare flera århundraden. Det innebär bland annat ett ständigt borttagande av växtlighet i och på muren. Men också att eliminera förutsättningarna för växtlighet och undvika urlakning av kalkbruk, vilket kräver att stora delar av cementfogen byts ut. Så länge cementfog täcker stora delar av murverket där det är hög fuktbelastning så kommer fortsatt nedbrytning att vara ett faktum. De åtgärder som behöver göras kan delas in i tre kategorier:

- Eventuella akuta åtgärder för att undvika risk för förfall och ras.
- Övriga åtgärder för att säkerställa murens långsiktiga bevarande.
- Åtgärder av underhållskaraktär.

För att kunna definiera vilka dessa åtgärder är och fastställa underhållsbehoven för ringmuren behöver tekniska besiktningar och inventeringar genomföras, en åtgärdsplanering med prioriteringar tas fram och kunskapsuppbyggnaden kring lämpliga metoder och material fortsätta.

Tillvägagångssätt

1. Sammanställning av arkivstudier och tidigare genomförda utredningar, av vilket delar är utfört.
2. Tekniska besiktningar och dokumentation av muren. En viktig komponent är att följa upp de besiktningar som gjordes av ingenjör Hammarlund på 1960-talet, för att avgöra vad som har förändrats sedan

dess. Det kan ge en bild av hur snabbt förändringar sker och därmed vara värdefullt för vård- och underhållsplanering. Det är också viktigt att besiktiga de förstärkningsåtgärder med stål och betong som gjorts under 1800- och 1900-talet för att se deras skick och fortsatta långsiktiga hållbarhet. Besiktningen av muren är ett omfattande arbete som kräver en noggrann systematik och teknisk kompetens. Målsättningen är att kunna identifiera och kvantifiera eventuella risker, både akuta och långsiktiga, och underhållsbehov och också att definiera deras typ och lokalisering. Flera olika metoder behöver användas och samverka i besiktningsarbetet. Arbetet planeras och systematiseras utifrån den kunskap som finns genom tidigare studier och arkivmaterial. Okulär besiktning, fotodokumentation, uppmätning och laserskanning, tekniska mätningar, statistiska analyser och beräkningar är exempel på metodik som behöver användas.

3. Sammanställningar av besiktningarnas resultat för att dels utgöra underlag till beslut om vilka åtgärder som ska vidtas och dels utgöra ett viktigt underlag för framtida uppföljningar av murens skick och underhållsbehov.
4. Vidta eventuella akuta åtgärder.
5. Identifiering och genomförande av övriga åtgärdsbehov.
6. Långsiktig mätning och övervakning av områden eller delar där det råder en osäkerhet om och när förstärkningsåtgärder behöver vidtas. Behovet beror på vilka övriga underhållsåtgärder som vidtas. Vid muren intill Kajsarporten ska ett arbete med systematisk mätning av sprickor i muren påbörjas. Detta är ett exempel på sätt att få kontroll över hur muren eventuellt deformeras och hur snabba förlopp det kan röra sig om vid denna sprickbildning. Mätningarna vid Kajsarportsmuren kommer att ge ytterligare kunskap kring hur muren beter sig som kan vara till nytta för förståelse av hela murens verkningssätt.
7. Borttagning av cementfogar och omfogning med bättre anpassade material.
8. Övriga åtgärder, till exempel reparationer eller underhåll av äldre förstärkningar.
9. Identifiering och planering av underhållsåtgärder som underhåll av fogar, krönåvtäckningar och kontinuerligt borttagande av all växtlighet.

Besiktnings-, mätnings- och analysarbetet av ringmuren är ett mycket omfattande arbete och det behövs en vidareutveckling av metodik för detta arbete. Det är samtidigt helt avgörande för att på ett effektivt och säkert



Östermur med kaponniären Sparbössan i förgrunden. Bakom den ses Dalmans-tornet med takresning från 1700-talet.
Foto: Helena Duveborg.

sätt kunna säkra och underhålla muren. Även eventuella åtgärder i form av förstärkningar, underhåll av tidigare åtgärder och övriga underhållsåtgärder behöver vidareutvecklas. Här finns behov av ytterligare forskning och utveckling.

10.7 Kommunikation och aktörer

Hur kommunikation och information om ringmuren förmedlas är viktigt. Informationskanaler är skyltar, trycksaker, guider, appar och web men också press, pedagogiska program och turistinformation. En kommunikationsplattform behöver utarbetas i samverkan med en bred referensgrupp. Den kan sedan utgöra en bra grund för en sammanhållen och kvalitetssäkrad kommunikation. Att arbetet genomförs i vid samverkan är viktigt så att ett brett spektra av aspekter beaktas.

Centralt är även att ansvarsområden tydligt definieras. Det gäller kanske främst i relation till dem vars fastigheter gränsar till muren eller för dem som bedriver verksamheter som direkt påverkar muren. Ett exempel på en sådan fråga är växtröjning på och invid muren. Tydliga riktlinjer är viktiga att ta fram, liksom klara kanaler för kommunikation. Att identifiera vilka aktörer som ansvarar för vad, liksom att utarbeta goda arbetsformer för dessa, underlättar och kvalitetssäkrar arbetet med ringmuren. I detta ligger också att upprätthålla en positiv anda som vilar på ömsesidig respekt och har som övergripande syfte att verka för ringmurens bästa.

Det betongklädda krönet på södermur lockar till vandring med sin hänförande utsikt över havet. Det är dock inte tillåtet att gå på muren, då det innebär rasrisk både för mur och människa.

Foto: Helena Duveborg.

10.8 Samverkan och möjligheter

Engagerade boende och besökare

Visby ringmur är ett av Sveriges bäst kända monument. Utöver det har många människor en stark egen relation till ringmuren, där den sceniskt innesluter den medeltida staden med havet i fonden. Personliga minnen och upplevelser är nära kopplade till Visby och ringmuren hos åtskilliga. Därför väcker det också stor upprördhet när den enskilde upplever att ansvariga inte tar god vård om detta enastående världsarvsmonument,

denna unika plats som delas av så många från hela världen; bofasta och besökare. Samma engagemang som kan upplevas som besvärande för en förvaltare, när klagomålen blir för påträngande, kan likväl vara en möjlighet att ta vara på. För flera vore det en glädje och ynnest att på olika sätt få hjälpa till med skötseln av muren. Engagemanget och intresset kan i själva verket bli till en positiv resurs och bidra med sysslor såsom växtröjning, ”fundraising”, tillsyn (bli ”murfadder” för ett visst parti), kunskapsupbyggnad etc. Självklart kan det inte ersätta den professionella förvaltningen, men bli ett inspirerande och effektivt komplement som stärker det gemensamma ansvarstagandet och kunskapandet om kulturmiljön. Då konkretiseras verkligen kulturmiljölagens första paragraf! Metoder (varför inte en innovativ ”Gotlandsmodell”) för att fånga upp och utveckla engagemanget i en konstruktiv riktning vore verkligen värdefullt att utveckla.



Världsarvet

Ringmuren är det enskilt viktigaste och mest karaktäristiska elementet i världsarvet Visby. En nära, ja integrerad, samverkan med organisationen omkring världsarvet är fundamentalt för murens framtida utveckling och förvaltning. Att hitta arbetsformerna för detta är en angelägen uppgift. I samband med att förvaltningen av ringmuren högst troligt återförs till ägaren Region Gotland inom en snar framtid, finns det stor potential för ett smidigt och effektivt samarbete med världsarvsorganisationen till vilken representanter från organisationer såsom Unesco, ICOMOS, Riksantikvarieämbete, länsstyrelse, museum, akademi, näringsliv, boende, turismsektor, utbildning med flera är mer eller mindre nära knutna.



Besöksnäringen

På samma sätt är ringmuren av central betydelse för besöksnäringen. En angelägen uppgift är att bygga upp en struktur där besöksnäringen, från att som idag bara vara tärande, också kan bli en närande resurs för ringmuren. "Ruintian", en frivillig upprundning med en tia i samband med resebokning till ön, kunde generera ett anseeligt bidrag till förvaltningen av muren. Aktiv medverkan från öns reseanordnare, hotell och kryssningstrafik är en förutsättning som skulle stärka deras egna varumärken. Redan nu utnyttjar många företag friskt ringmuren i sina mark-

nadsföringskampanjer, men de bidrar inte med ett öre till murens vård och förvaltning. Gotlandslinjens generösa bidrag till Rädda Ringmurskampanjen på 1990-talet är idag ett fjärran minne blott. En gemensam utveckling av former för hur besökare till ön enkelt kan lämna frivilliga bidrag borde vara en viktig – och rolig! – utmaning förvaltare och turismnäring emellan. Goda chanser för företagen att framstå som "good citizens" utan att egentligen behöva investera mer än en del egen tid i det hela är säkerligen intressant. En sådan modell skulle också kunna vara ett inspirerande case både nationellt och internationellt och ge goodwill och publicitet i ett vidare sammanhang.

Perspektiv och omvärldsanalys

Men kanske är ett av de stora problemen att vi som bor och verkar på ön eller i dess närhet har så lätt att bli hemmablinda. Ser och förstår vi till fullo hur unik ringmuren och den miljö den befinner sig i är i ett internationellt sammanhang? Kontinuerlig utblick i världen och jämförande studier skulle bredda perspektiven och sätta in Visby med sin ringmur i ett större sammanhang. En nyckel till verkligt framgångsrik långsiktig förvaltning vilar däri; att förstå storheten och möjligheten som Visby ringmur rymmer. Att förstå att den är en guldgruva som väntar på att bli upptäckt och respektfullt använd som resurs för god livsmiljö, förankring i tid och rum, arbetstillfällen, själsliga upplevelser, rekreation, samhörighet, delaktighet och konstruktiv ekonomi. Framtiden har en lång historia!

Gammalt möter nytt. Genom Dalmansporten ser man de nya bostäderna på gamla slakteritomten. Gångvägen är flitigt använd av bofasta och besökare.

Foto: Helena Duveborg.

11. Referenser

- Al-Mukhtar, M. et al (2012) *Microstructure and geotechnical properties of lime-treated expansive clayey soil*. Engineering Geology 139–140 (2012) 17–27.
- Andersson, H. (1990). *Sjuttiosex medeltidsstäder: aspekter på stadsarkeologi och medeltida urbaniseringsprocess i Sverige och Finland*. Stockholm: Riksantikvarieämbetet
- Andersson, H. 2003. Urbanisation. *The Cambridge History of Scandinavia* red. Helle, K. Cambridge University Press. s. 312–342.
- Andersson, H., Hansen, G. & Øye, I. (red.) (2008). *De første 200 årene: nytt blikk på 27 skandinaviske middelalderbyer*. Bergen: Arkeologisk institutt, Universitet i Bergen.
- André, A. (1985). *Den urbana scenen: städer och samhälle i det medeltida Danmark = [The urban scene] : [towns and society in mediaeval Denmark]*. Diss. Lund: Univ.
- André, Anders (2011). *Det medeltida Gotland: en arkeologisk guidebok*. Lund: Historiska Media.
- Appetecchia, A., Brandt, O., Gardelin, G., Menander, H. & Thorén, H. (2013). *New methods for building archaeological documentation and analysis process*. UV Rapport 2013:106, Riksantikvarieämbetet.
- Balksten, K. (2007) *Traditional lime mortar and plaster: reconstruction with emphasis on durability*, Chalmers University of Technology, Diss. Göteborg: Chalmers Tekniska Högskola.
- Balksten, K. (2008) "Det gotländska bruket av kalk" *Från Gutabygd 2008*, s. 125–140. Gotland: Gotlands Hembygdsförbunds förlag. ISSN 0349-9278.
- Balksten, K. (2009) "Norrlanda, Othem och Fardhem kyrkor: utvärdering av putsarbeten på tornen" *Byggnadshyttan på Gotland 2007–2008*. Sid. 91–112. Visby: Byggnadshyttan på Gotland. ISBN 91-974679-3-6.
- Balksten, K., Steenari, B-M. (2010) *The influence of particle size and structure in hydrated lime on the properties of the lime putty and lime mortar*. International Journal of Architectural Heritage Conservation, Analysis, and Restoration, Volume 4 Issue 2 2010.
- Balksten, K. (2010) *Understanding historic mortar and their variations – a condition for performing restorations with traditional materials*. Historical Mortar Conference HMC-2010, Praha.
- Balksten, K., Mebus, U. (red) (2013) *Bruk av ruiner – Kulturarv, konstruktion, kalkbruk, komfort och kalsonger*. Visby: Gotlands Museum. ISBN 978-91-88036-84-1.
- Balksten, K. (2014:1) *Putsat för framtiden*. Byggnadskultur. 2014:3, s. 38–40.
- Balksten, K. (2014:2) *Apropå puts*. Byggnadskultur. 2014:4, s. 4–5.
- Beckman, P. och Bowles R. (2004) *Structural Aspects of Building Conservation*, Second edition, Elsevier Ltd, Oxford.
- Bergman C.J. (1901) *Gotländska skildringar och minnen*. Visby.
- Braudel, F. (1980). *On history*. London: Weidenfeld & Nicholson.
- Bräthen, A. (1995). *Dated wood from Gotland and the diocese of Skara*. Højbjerg: Hikuin.
- Brunius, C. G. (1864). *Gotlands konsthistoria*. D. 1. Lund: Berlingska.
- Burström, P.G. (2001) *Byggnadsmaterial: uppbyggnad, tillverkning och egenskaper*, Lund: Studentlitteratur.
- Carlsson, T. (1995) *Luftporstrukturens inverkan på egenskaperna hos puts- och murbruk*, Lic.-avh. Lund: LTH.
- Cnattingius, N. (red.) (1996) *Rädda Visby ringmur! Rapport från en kampanj 1989–1995*, Danderyd: Cementa.
- Coulson, C. (1978). Structural Symbolism in Medieval Castle Architecture. *Journal of the British Archaeological Association* Vol. CXXXII. London.
- Coulson, C. L. H. (1982). Hierarchism in Conventual Crenellation. An Essay in the Sociology and Metaphysics of Medieval Fortification. *Medieval Archaeology* Vol. XXVI. Leeds.
- Coulson, C. L. H. (2003). *Castles in medieval society: fortresses in England, France, and Ireland in the central Middle Ages*. Oxford: Oxford University Press.
- Craig, R.F. (1997) *Soil Mechanics* 6th edition, E&FN Spon, London.
- Creighton, O. & Higham, R. (2005). *Medieval town walls: an archaeology and social history of urban defence*. Stroud: Tempus.
- Eckhoff, E. (1922). *Visby stadsmur. D. 2, Planscher*. Stockholm: Wahlström & Widstrand.
- Eckhoff, E. & Janse, O. (1936). *Visby stadsmur. D. 1, Text*. Stockholm: Wahlström & Widstrand.

- Engeström, R. (1988). *Visby. Historisk bakgrund Arkeologiska dokumentationer*. Medeltidsstaden 71, Rapport. Stockholm: Riksantikvarieämbetet och Statens historiska museer.
- Eriksdotter, G. (2005). *Bakom fasaderna: byggnadsarknologiska sätt att fånga tid, rum och bruk*. Diss. Lund: Lunds universitet, 2005.
- Fagerlund, G. (1972) *Kritiska vattenmättnadsgrader i samband med frysnings av porösa och spröda material.*, Lund: LTH.
- Falck, W. (1995) *Visbys stadsmur: en kulturhistorisk vandring*. Stockholm: Riksantikvarieämbetet.
- Forster, A. (2007) *Binder loss in traditional mass masonry: a cause for concern?* Structural Survey. Vol 25 Iss: 2, pp 148–170.
- Grahn Andersson, A. (2008) *Salter i porösa oorganiska byggnadsmaterial, Skademekanismer och förebyggande åtgärder*, Högskolan på Gotland: Examensarbete, Visby.
- Gustafsson, J. och Silvermark, J. (2013) *Från ståtlig befästning till vittrande världsarv, En jämförelse av byggnadstekniska metoder för sammanbindning av skalmurar*, KTH: Examensarbete Byggteknik och Design, Stockholm.
- Hansen, G. (2000) Bydannelsen og forklaring af sociale fænomener: Individualisme, kollektivism og Giddens strukturteori. *META*. 2000:4, s. 2–16.
- Hansson, M. 2006. *Aristocratic landscape. The spatial ideology of the medieval aristocracy*. Lund Studies in Historical Archaeology 2. Stockholm.
- Hanström, B. (1964) *Djurens värld*, band 2, Förlagshuset Norden, Malmö.
- Hammarlund, G. (1961) *Utredningar och projekteringshandlingar*, Gotlands Museums arkiv, Visby.
- Hedström, H. 1936. *Materialet i Visby stadsmur. Visby stadsmur. D. 1, Text*. Stockholm: Wahlström & Widstrand.
- Henström, A. (1869) *Praktisk handbok i lantbyggnadskonsten*. Örebro: Beijer.
- Heyman, J. (1995) *The Stone Skeleton: Structural Engineering of Masonry*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Hidemark, O. & Holmström, I. (1984) *Kalkputs. 2, Historia och teknik: redovisning av kunskaper och forskningsbehov*. Stockholm: Riksantikvarieämbetet.
- Hildebrand, B. E. (1889) *Berättelser om de under året vid Visby ruiner utförda åtgärder*. Kongl. Vitterhets Historie och Antiquitets Akademiens Månadsblad 1884–1885. Stockholm.
- Hodder, I. (1991). *Reading the past: current approaches to interpretation in archaeology*. 2. ed. Cambridge: Cambridge Univ. Press.
- Holmbäck, Å. & Wessén, E. (red.) (1979). *Svenska landskapslagar: tolkade och förklarade för nutidens svenskar. Ser. 4, Skånelagen och Gutalagen*. Stockholm: AWE/Geber.
- Illston, J.M. (1994) *Construction materials: their nature and behavior*. London: E & FN Spon.
- Ingham, J.P. (2011) *Geomaterials under the microscope*. London: Manson Publishing Ltd. ISBN 978-1-84076-132-0.
- Janse, O. (1936) *Visby stadsmur.*, 2. omarb. uppl., Wahlström & Widstrand, Stockholm.
- Johnson, M. (2002). *Behind the castle gate: from the medieval to Renaissance*. London: Routledge.
- Jonsson, K. (2000). Coin circulation and the pattern of hoarding in the Viking Age and Middle Ages. XII. *Internationaler Numismatischer Kongress Berlin 1997. Acten – Proceedings – Actes*.
- Larsson, S. (2006). Gestaltningen av några skånska städer. *Centraliteter : människor, strategier och landskap*. s. [167]–292.
- Larsson, S. (red.) (2006). *Nya stadsarknologiska horisonter*. 1. [uppl.] Stockholm: Riksantikvarieämbetet.
- Lefebvre, H. (1991). *The production of space*. Oxford: Basil Blackwell.
- Linander, B. & Rådberg, Å. (2008) *Kommentarer till ABM 07*. Stockholm: Svensk byggtjänst.
- Lindquist, S.-O. (1987). Visby ringmur: ett monumentalt fuskbygge. *Skepp och smide / [redaktionsgrupp: A. Björklund (red), S. Haasum, L.-Å. Kvarning]*, s. 27–44.
- Lisinski, J. (1987) *Gotlandskalk: beskrivning av traditionell kalktillverkning i Hejnum-Djupqvior*. Stockholm: Riksantikvarieämbetet.
- Lovén, C. (1996). *Borgar och befästningar i det medeltida Sverige*. Diss. Uppsala: Univ.
- Lundqvist, Gösta, Sundius, Nils & Hede, J. Ernhold (1940). *Beskrivning till kartbladen Visby och Lummelunda*. Stockholm.
- Mebus, U. (2012) *Visby Stadsmur och dess roll mellan staden och omlandet. Gotländskt Arkiv* [red. Ann-Marie Pettersson]. Visby: Gotlands Museum.
- Melefors, E. & Odelman, E. (red.) (2008). *Visbyfranciskanernas bok: Handskriften B 99 i Kungliga biblioteket*. Visby: Landsarkivet.
- Munthe, H., Way-Matthiesen, L. & Hansson, H. (1945) *Om kalkindustrin på Gotland*. Stockholm: Slite Cement och Aktiebolag.
- Nilsson, L-O et al (2000) *Material och transportprocesser*. Göteborg: CTH. Inst. för byggnadsmaterial: Kurskompendium.
- Olaus Magnus (1925). *Historia om de nordiska folken*. D. 4, (Sjuttonde-tjuguandra boken). Uppsala: Michaelisgillet.
- Pasch, G. (1826) *Jernkontorets Annaler. Årsberättelser om vetenskapernas framsteg, afgifne af kongl. Vetenskaps-akademiens embetsmän d.31 mars 1827*. Stockholm: P.A. Norstedt & söner.

- Platt, C. (2007). Revisionism in Castle Studies: A Caution. *Medieval Archaeology*, 51, s. 83–102.
- Renström, J. (2009) *Regnskyddsåtgärder på ruiner*, Rapport 2009, Dnr 2007-1038, Gotlands Museum, Visby.
- Rothstein, E. E. von (1875) *Handledning i allmänna byggnadsläran med hufvudsakligt afseende på husbyggnadskonsten samt kostnadsförslagers uppgörande*, 2. öfversedda, tillökta och delvis omarb. uppl., Stockholm: Beijer.
- Sandklef, A. (1973) *Allmogesjöfart på Sveriges västkust 1575-1850*. Lund: Gleerup
- Saxo Grammaticus (1985-1986). *Danmarks riges krønike*. København: Lademann.
- Schulson (1999) The Structure and Mechanical Behavior of Ice, *JOM*, 51 (2), pp 21–27.
- Selin, E. (2011). Vallgravarna i Visby. *Gotländskt Arkiv*. 2011, s. 73–86.
- Siöbladh, C.G., Engeström, J (1750) *Beskrifning, huru kalk skal tilredas ifrån thes första Bränning och til then warder färdig til sitt bruk*. Original ur Calle Brobäck's Gotlandicasamling, Maj 2007.
- Sjöberg, Å. G. (1972). Den gotländska kalkbränningens genombrott – gamla synpunkter och nya. *Gotländskt Arkiv: meddelanden från Föreningen Gotlands fornvänner*. Visby: Gotlands fornsal.
- Steffen, R. (1940). *Personer och händelser i den gotländska kalkindustriens historia*. Visby: J. Ridelius.
- Svahnström, G. (1984). *Visby under tusen år*. Stockholm: AWE/Geber.
- Säve, P. A. (1975). *Gotland och Wisby i taflor*. Visby: B. Press.
- Statens offentliga utredningar 2013:55 *Statens kulturfastigheter, – urval och förvaltning för framtiden*.
- Thelin, C., Höst, F. och Rosenberg, C. (2012) Analysis of historic masonry structures supported by 3D laser scanning. I *Proceedings of the 8th International Conference on Structural Analysis of Historic Construction*, Jasiénko, J. (red). SAHC-2012, 15–17 October 2012, Poland.
- The Convention concerning Protection of the World Cultural and Natural Heritage* (1972).
- The ICOMOS Charter for the Interpretation and presentation of Cultural Heritage Sites* (2008).
- Thorslund, P. (1936) *Siljansområdets brännkalkstenar och kalkindustri*. Stockholm: P.A. Norstedt & söner.
- Unescos Konvention om Skydd för Världens Kultur- och Naturarv* (u.å.).
- Westholm, G. (1998). Stenstadens ålder: kan Visbys medeltida stadsdelar äntligen dateras? *Gotländskt Arkiv*. 1998 (70), s. 33–48.
- Westholm, G. (2000). Visby och Gotland – medeltida byggnadsutveckling. *Gotländskt Arkiv*. 2000 (72), s. 85–104.
- Westholm, G. (2001). Två städer: sanitär infrastruktur i Visby och Tallinn under medeltid. *Från stad till land*. Redaktörer: A. Andrén, L. Ersgård och J. Wienberg, s. 253–262.
- Visby: staden och omlandet II*. (1989). Stockholm: Riksantikvarieämbetet.
- Vitruvius (1989) *Om arkitektur: tio böcker*. Stockholm: Byggeförlaget.
- Widerström, P. (2014) *Rapport efter en särskild arkeologisk undersökning i kvarteret Släggan i Visby stad, ARÅ 107, Gotlands län och region*. Gotlands Museum: Rapport.
- Young och Freedman (1996) *University Physics*. 9th ed. Addison-Wesley publishing Vompany, Inc.
- Yrving, H. (1978). *Gotlands medeltid*. Visby: Gotlands-konst.
- Zerpe, L. (2011). En stad från grunden – om Visbys medeltida stenbrott. *Gotländskt Arkiv*. 2011(83), s. 45–54.
- Zerpe, L. (2013) *Arkeologisk förundersökning. Kvarteret Museet 1–2. Visby Gotland*. Gotlands Museum: Rapport.
- Muntliga källor*
- Hidemark, O. (2010-06-21) Professor Emeritus i Restaureringskonst. Intervju om restaureringen av Skokloster, utförd av Kristin Balksten.
- Internet*
- Cintec (2015) Cintec International Ltd, <http://www.cintec.com>, Wales.
- Hasopor (2015) *Hasopor skumglas*, <http://www.hasopor.se>, Hammar.
- Svenskt Diplomatariums huvudkartotek (SDHK), <http://sok.se>
- Sörensson, G. (2015-01-12) *Om nedgrävda kalktunnor i närheten av Uddevalla kyrka*, <http://uddevallare.blogspot.se/2015/01/notiser-om-fler-nedgravda-kalktunnor-i.html>
- Filmer*
- Ahlby, M. & Olsson, G. (red.) (2014) *Kalkbränning vid Rings i Hejnum 1957*. Viklau: Mats Ahlby (film).
- McVeigh, A. (2013) *Traditionell kalkbränning på Gotland. Hantverkslaboratoriet* (film).



Bilaga 1



Universidade do Minho
Escola de Engenharia



International Masonry Society

9th International Masonry Conference 2014 in Guimarães

Construction and materials of Visby medieval city wall – risk of damage

BALKSTEN KRISTIN¹, THELIN CARL²

ABSTRACT:

The City Wall in Visby was built in two periods in 13th and 14th century. The first wall was made as a lower three-leaf wall with two shells built of lime stone and fat lime mortar and a soft and porous rubble core of lime stone and clay mortar. The second wall was built higher on top of the old one. It was mostly built as a solid wall in lime stone and lime mortar. Due to its construction and form, a major part of the force is carried by the outer shell of the wall. As restorations have been made during 20th century the joints of lime mortar has been partly repointed with strong cement mortar, followed by leached lime inside from the mortar in the wall. In February 2012 a part of the wall collapsed and fell down as the outer shell of the masonry collapsed. This paper presents an analysis of the wall structure and its materials as well as the increased risk of damage due to the restorations of the 20th century.

Keywords: city wall, lime mortar, clay mortar, three-leaf wall, rubble core, masonry structure, deterioration

1 INTRODUCTION

In February 2012 a part of the medieval city wall of Visby collapsed and fell down. It is a protected ruin and it is one of the best preserved city walls in northern Europe. Many people are living very close and some houses are even integrated with the city wall. Especially in summer time many tourists enjoy sunset with their back to the wall. The wall has to be safe to be close by. Collapses like this must be avoided if possible. As tragic as the collapse was, it opened a new opportunity for understanding the construction and the materials of the wall. The first part of the research project, as presented in this paper, will try to answer the questions about how the city wall was built and what could cause the collapse.

Visby is known for being a well preserved Hansa town along with its city wall, and became a UNESCO World Heritage Site in 1995. The city wall was originally approx. 3.6 km long and 3.44 km is still standing. The construction material is local limestone. Originally it had 29 large towers and 22 small wall towers riding on top of the wall. Out of them 27 large towers and 9 of the small towers remain [1]. It was constructed in several periods. From the 12th century the oldest parts are still standing represented by some houses and a defence tower. The part of the wall following the sea line, called "the sea wall" was built before the rest, called "the land wall". The knowledge about the years of construction is relatively vague. The land wall was constructed in two major periods. The first period took place somewhere between 1250 and 1288 when the first known battle took place [2]. The wall was then approx. 6 meters high with crenellations on the higher part facing the outside and an included rampart walk on the inside of the wall built on arches (see figure 1). During the second

¹ Ph D Associate Professor, Uppsala University, Konstvetenskapliga Institutionen, kristin.balksten@konstvet.uu.se

² Ph D, Tyréns, Historic Buildings, carl.thelin@tyrens.se

building period the land wall was built higher, with 2-3 meters and the wall towers were added. This period took place sometime between 1289 and 1361. As the Danish king Valdemar Atterdag conquered Visby in 1361 it was complete. In this battle a part of the wall was torn down and later reconstructed. Since then smaller parts of the wall have collapsed and been reconstructed many times. The years of collapses are only exceptionally documented such as 1361, 1525, 1679, 19th century, 1961 [3] and 2012, but the collapses are in many cases easily recognized in the masonry. Several collapses was probably triggered by the wall towers as their construction had a load distribution concentrated to the one wall leaf facing the outside.



Figure 1. Visby City Wall seen from outside and inside. The smaller wall towers are riding on top of the wall. In many places one can see old collapses as well as different kinds of reinforcing structures.

Until 18th century it was considered being a functioning defence wall but in 1805 the city wall and the medieval church ruins of Visby was protected as ancient monuments. Several restorations have taken place since then but there is a serial of lacking finances following the modern history of the wall. The restorations of the 19th century sought to reinforce the wall. Iron rods were placed to reinforce two wall towers, the top of the wall was partly covered with concrete and retaining walls were built on several places to support the wall. The restorations of the 20th century mainly focused on repointing the wall. It was mainly done with cement mortar in the 1930-1970's, according to the philosophy and technique of the time [4, 5]. Also some reinforcement with concrete [3] and iron ties were made as some parts of the wall was found close to collapse.

The collapse of 2012 has meant a unique possibility for researchers to document the two building phases of the land wall, to study the performance of the structure and its materials, as well as the effect of modern restorations. This paper describes the materials and the construction of the wall along with an analysis of the complex situation that finally led to the collapse. The building phases have been documented and analysed by building archaeologists and will be presented in a separate paper. As the National Heritage Board decided to rebuild the wall it had to be dismantled in order to be reconstructed. The dismantling of the medieval masonry gave a unique opportunity to study the construction of the masonry and the performance of its material.

2 METHODS

In order to describe and analyse the construction of the wall a combination of archive studies and visual inspection on site of the wall in general and specifically at the location of the collapse where parts of the wall have been deconstructed in order to make it possible to reconstruct it.

The part of the wall closest to the collapse was documented with laser scanning which is a powerful tool to examine and describe the 3D geometry of the wall and the collapsed parts [6]. The laser scan was used to extract sections through the wall, to develop the geometry of supporting structures with exact fit as well as providing a 3D model of the collapsed part of the wall.

Thin section specimens were prepared from the historic mortars. An UV-fluorescent epoxy was used in vacuum impregnation of the samples before they were polished down to a thickness of ca 3

µm and studied with an Olympus BH-2 Polarization Microscope. The magnification of the pictures shown here is 20 times.

The mortars of the wall were also studied in situ together with masons in order describe their performance in adhesion to the limestone.

3 MATERIAL AND CONSTRUCTION

3.1. Construction

The land wall is about 8 to 10 meters high, about 2 meters wide at the base and about 0.7 meters wide at the coping. Basically it is a three-leaf wall with a rubble core but since it was built in at least two different stages it has a more complicated structure.

Although no current investigation of its foundation has been carried out, different sources point toward there being varying foundations [2, 3]. On many places it probably stands directly on bedrock but in some places it stands on soil and old sea bed. Earlier investigations have also shown that some parts have a 20 cm thick layer of soil mixed with limestone chips [3]. At the location of the collapse the foundation of the wall seem to change from standing directly on bedrock to soil. A complementary geotechnical investigation needs to be carried out to verify the condition of the foundation. Another prerequisite at the site of the collapse is that there is about two meters higher ground level on the inside of the wall.

The original land wall was about 6 meters high and had parapet with crenellation, a rampart walk on top of an arcade on the inside. The contour of that wall can still be seen within the stonework of the current wall [7]. The wall has a thin outer leaf of bonded masonry, about 25-50 cm thick, and the arcade of pointed masonry arches, approximately 70 cm thick, on the inside and in between a loose rubble core of stones varying in size and clay mortar. There does not seem to be any through stones and stones that bind the outer leaf into the core seem to be limited. The outer leaf and the arcade were built with lime mortar. The parapet wall was built as a homogeneous wall about 75 cm thick. Since the thickness of the parapet wall is wider than the outer leaf of the lower part of the wall it has to partly stand on the core and partly on the outer leaf masonry.

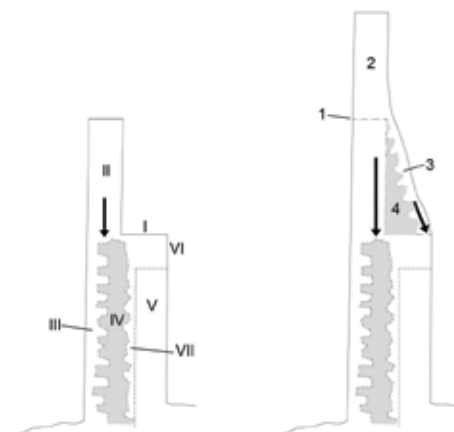


Figure 2. Simplified sections of the land wall. The section to the left show the land wall before it was heightened and the section to the right shows it after the heightening and how it is today. The arrows show the eccentric loading of the outer leaf and the thrusting force from the bottle neck shape. I) Rampart walk. II) Parapet. III) Outer masonry leaf. IV) Core with clay mortar and no bond. V) Openings of inside arches. VI) Top of inside arches. VII) Thin masonry leaf inside arches. 1) The height of the original wall (left image). 2) Heightening of the wall in solid masonry. 3) Masonry leaf of bottle neck shaped masonry. 4) Upper core inside former parapet wall.

When the wall was raised with 2-3 meters, the parapet wall was used as an outer leaf and on the rampart walk a bottle neck shaped addition was built with an inner leaf and an upwards narrowing core of smaller stones and lime mortar pressed against the parapet wall. Since the parapet wall was reused as an outer leaf, no binding stones or through stones exists between the two leaves in this area. The upper part above the former parapet wall was built homogeneous solid wall.



Figure 3. Two photos showing the same part of the wall at two different stages during dismantling of the collapsed part. 1) Lower core with clay mortar and no bond. 2) Thin outer masonry leaf. 3) Former parapet now outer leaf of middle part of the wall. 4) Upper core inside parapet wall. 5) Top with solid masonry.

3.2. Limestone

The city wall was built in local lime stone. The limestone of the island of Gotland is a Silurian limestone. In the surroundings of Visby the limestone is very pure; $\geq 96\%$ calcite [8]. The building stone quarried for the city wall has a thickness mainly of 10-30 cm, given by the natural layers of the limestone.

3.3. Mortar

The historic mortar present in the city wall is mainly of three different characters and they are correlating to the two main building phases. In the first building phase the bedding mortar in the outer leaf and in the arches on the inside are made of a fat pure air lime mortar (a). It is a white, very lime rich and rather homogeneous mortar that was used for adhesion between the limestones. It is found up until the top of the former parapet. In the core under the pathway of the older part of the wall, a clay soil (b) was used as bedding mortar. It can be described as a brown clay soil with a natural content of sand particles; once and then a small lime lump can be found. The clay mortar is, as expected, powdering when dry and stabile when wet [9]. Due to the fact that the ground level is high on the inside of the wall the clay mortar should have been moist for a long time.

In the second building phase another pure lime mortar (c) was used in the core as well as in the two leaves. It was not as rich on lime as the mortar from the first building phase. This mortar has the

colour of sand rather than of the white lime, it was slightly less homogeneous than mortar (a). Both lime mortars had very good adhesion to the limestone, but the mortar (c) from 14th century showed slightly more stickiness than the mortar (a) from the 13th century, despite the lower lime content.



Figure 4. The fat lime mortar (a) is white and rather homogeneous. Lots of smaller lime lumps exist. It has a good adhesion to the limestone. The clay mortar (b) of the wall core is in good condition, powdering when dry and stabile when wet. It has filled up the stone core very well. The type of mortar used in the second building phase (c) has a very good adhesion to the lime stone and is in general extremely well preserved despite its exposed position.



Figure 5. The first picture is showing the concrete cover on top of the wall, and directly beneath it is the type (c) mortar. Here this mortar was more deteriorated and more wet in approx. half a meter from the concrete layer than it was in general – not surprising for a 700 year old lime mortar situated on top of a wall. The second picture is showing the cement mortar covering the old lime mortar, showing the area of lime mortar just behind the cement as deteriorated in a thickness of approx. 5 cm.

All three kinds of mortar have been used in thick layers, filling up the void between the irregular stones, giving large quantities of mortar. The lime mortar is well hardened in the whole structure, even though they don't contain any hydraulic components.

During 20th century restorations a large amount of the joints was repointed with a strong cement mortar to a depth up to 10 cm at the most. Also the top of the wall was covered with a cement layer of

approx. 10 cm to protect water from intruding the wall. The deterioration of lime mortar can mainly be seen just beneath the top layer of the wall or lower down behind joints of cement.

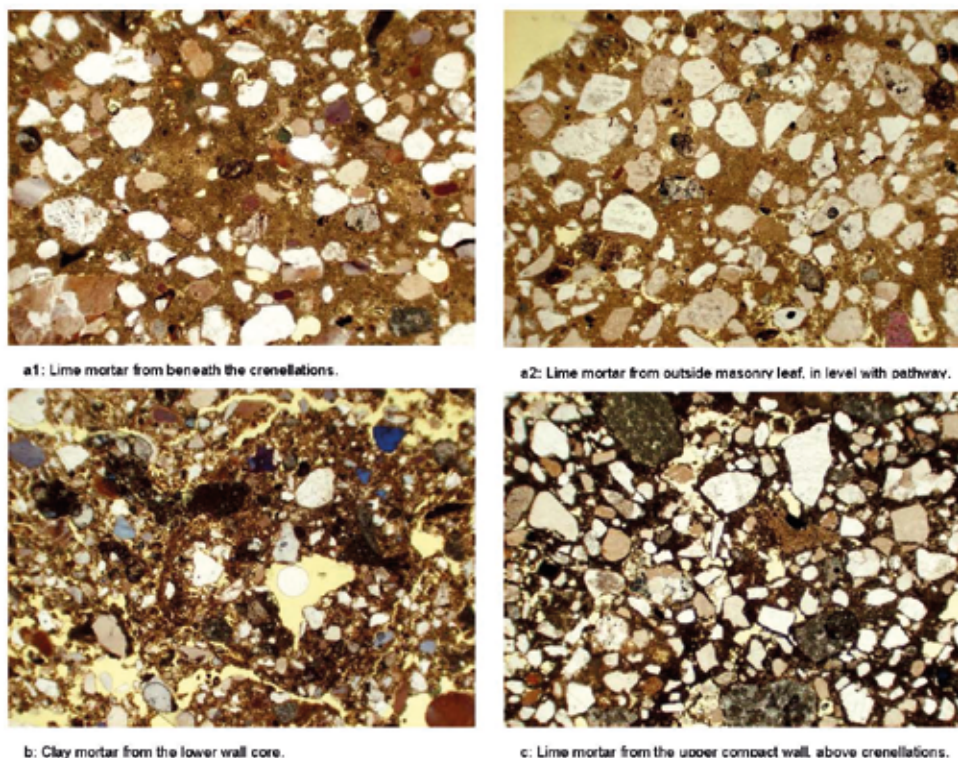


Figure 6. The samples a1 and a2 represent the type of fat lime mortars used in the first building phase of the wall; in the two leaves and in the compact masonry above the level of the rampart walk. It is a very fat lime mortar where the amount of lime is higher than the amount of sand, approx. 1.5:1 in volume [10, 11]. The sample (b) represents the clay mortar used in the wall core beneath the rampart walk. It is a clay soil containing sand giving a rather fat clay mortar. The sample c represent the type of lime mortar used in the second building phase, the mixing ratio is approx. 1:1.5 of lime and fine grained sand. The yellow colour shows the pore system, the brown colour shows the binder and the other particles show minerals from the sand. The width of each thin section is equivalent to 4.5 mm of the sample.

4 RESULTS AND DISCUSSION

4.1. Deterioration due to moisture

With moisture present in a masonry several deterioration processes can occur; frost damage, leaching lime binder, cracks and movement due to swelling and shrinkage, biological growth both on the surface and with roots inside the joints, insects building nests etc. [4].

The water itself can lead to frost damages as the ice crystals grow inside a porous material [10, 12, 13]. Due to the pore system in the mortar the water can be transported inside the wall in various ranges. If the mortar consists of a collapsed pore system [12] the frost damages can be of a severe

nature giving material loss as the ice crystals expand. If the mortar consists of a few numbers of air pores and thin capillary pores the mortar can resist frost much better giving air captured inside as a buffer zone for the ice crystals to grow [10, 12, 13]. The lime mortars of Visby city wall originally were made very fat with a high content of lime compared to sand (2:1 to 1:1 in volume (lime: sand)) [4]. They are made extremely compact giving a very good frost resistance and a low capillary transport. Due to their pore structure the deterioration has been a very slow process occurring on the very surface of the joints from the 13th century until the beginning of the 20th century, and still on the parts that were never repointed.

The lime binder can be described as a soluble salt with a very low solubility; 0,014 g/l at a critical RH of ~100 % [14]. It means that if lime mortar is saturated with moisture for a very long time the lime will slowly be solved [15] followed by a lost binding effect in the mortar. If there are also a presence of some salts giving a lower pH the solubility increases as acid-base reactions solve the lime. This is a common phenomenon in old masonry constructions and can be recognized as stalactites and flow stone as precipitations on the stone masonry. As the cement mortars used for repointing during the 20th century have lower vapour permeability than the original lime mortar [10], the moisture can stay longer inside the joints now than before [16]. On the city wall of Visby the phenomenon with lime precipitations can be seen only where the joints has been repointed with cement mortar.

Porous materials such as limestone, cement mortars and lime mortars all have different properties when it comes to swelling and shrinkage due to temperature and moisture [17]. The thermal expansion coefficient of cement mortar can be two to three times higher than for limestone, and two times higher than for lime mortar [17, 18], at normal temperatures. The effect often seen at old masonry repointed with cement mortars is stiff cement mortars with cracks between the stone and mortar, giving no or low adhesion. As those cracks are thin they lead water inside by capillary transport. Having a moist environment and a soluble lime the life condition is excellent for the small crustacean "woodlouse" as well as for several plants. The woodlouse need the moisture as they breathe through gills, they need the lime to build their shells and they feed on decaying plants and leaves [19], producing humus. They live well in symbiosis with several plants and a small seed can easily grow in the moist environment behind the cement mortar. As the roots grow bigger they can cause damage far inside the wall and are almost impossible to remove, see figure 7. On the parts of the city wall where the joints still consists of original lime mortar no plants growing from inside the wall can be found [4].



Figure 7. a) A small plant with a large root system reaching far inside the city wall. It has been able to grow first after the joints were repointed with cement mortar. b) Woodlice found in the moist environment behind cement mortar.

All together the cement mortars placed outside the joint of the city wall can lead to an increased deterioration and the longer time they remain the more it will increase, since each one of those described phenomenon increases the risk of the other.

4.2. Structural behaviour

The lower oldest part of the wall has a thin outer masonry leaf and a weak core of limestone and clay mortar. There are no through stones and few stones binding the leaf into the core. The arcade on the inside initially carries its own load and the load of the rampart walk, and it provides an inner support for the core. The former parapet wall (now outer leaf of the upper middle part of the wall) is thicker than the lower leaf and is therefore standing both on the core and the outer leaf. Since the lower core is weak deform under loading, the loads from the former parapet will be concentrated to the outer leaf of the lower part of the wall and the loading will be eccentric.

With the heightening of the wall 2-4 meters masonry was put on the former parapet and an inner leaning leaf wall was added on top of the former rampart walk. Since the parapet wall was used as an outer leaf in the raising of the wall there are no binding stones at all in this part. The raising of the wall lead to more load needed to be carried by the thin outer leaf of the lower older part of the wall.

The repointing of the wall in parts with a stiff modern cement mortar might have affected the loading situation further by providing a stiffer loading path at the outer part of the wall that might concentrate the load further to the outside of the outer leaf.

Thus a structural analysis indicates that there is a concentration of forces to the outer masonry leaf of the lower part probably resulting in high levels of stress in many places, especially in the outer masonry leaf of the wall, see figure 2. Even though it has in many parts been standing at least 750 years its condition imply that the margin for further loading is limited. Even with small changes in the load situation inside the masonry it can lead to collapse.

4.3. A theory of collapse

The collapse in 2012 resulted in the falling down of approximately 90 m² of the outer masonry leaf, see figure 8. The upper part of the wall consisting of solid masonry did not fall down and remained as an arch above the damaged part.

The cause of damage is complicated and consists of several components:

- The construction of the wall in different stages and without through stones and in parts few or no binding stones at all.
- The levels of stress in the outer masonry leaf as described in structural analysis given above.
- The foundation changes from being direct on the bedrock to being on soil.
- Different ground levels at the location of the collapse. The ground level is approximately 2 meters higher on the inside of the wall.
- The weakening of the lime mortar in the masonry within the wall due to repointing with low permeable cement mortar since a higher content of moisture is leading to deterioration.
- High levels of moisture within the wall due to the ground level and drainage from the inside (made in 2011) leading local leakage of water into the lower parts of the wall.
- Several freezing cycles in the weeks before the collapse.

The collapse was most likely triggered by freezing of contained water. The load situation gave a high stress in the outer leaf. In combination with a structure lacking through stones and insufficient binding stones and a weak adhesion in the bedding lime mortar in the lower part of the wall, it lead to a domino effect causing the extent of the collapse.

 Construction and materials of Visby medieval city wall – risk of damage



Figure 8. Visby City Wall in 26th of February 2012, a couple of days after the collapse.



Figure 9. The area where the collapse probably started is a part of the wall where the masonry leaf was no thicker than a foot length, see the marked area. No binding stones were used in this part.

5 CONCLUSIONS

The construction and the materials used in the wall have been analysed providing an understanding for the load situation and the deterioration process. The analyse of the wall has shown a complex situation with a combination of risks causing the collapse; the load situation coming from two building phases, the lacking of through stones, the deterioration of bedding mortars combined with strong and low permeable pointing mortar and the frost risk due to an increased moisture exposure from leaching water. With the load situation as in the city wall of Visby, with the load carried in the outer part of the outer leaf, the security margins probably are low in many places. If the stress situations change, a collapse can be expected. If the bedding mortar loses some of its binding effect it increases the risk of shear failure, and as the outer masonry leaf is very thin there is a risk of buckling of the leaf. The restoration of the 20th century with low permeable and strong pointing mortar can have a negative effect as the moisture content increases behind in the same time as the surface of the masonry leaf becomes stiffer. Even though this deterioration process is slow it needs to end before a new collapse take place.

For the rest of the wall there is a great need for further understanding the deterioration process and the weakness in structure. There is also a need for constant maintenance in order to remove plants and threes and diminish the conditions for plants to grow and in the same time prevent the bedding mortar from losing its binding effect starting with the exchange of cement pointing mortar. As long as the cement joint are left on the wall the increase of deterioration will be a fact.

6 ACKNOWLEDGEMENT

We wish to thank the National Heritage Board for financing the research project and for providing the laser scanning. We also like to thank the masons at Byggnadshyttan på Gotland for a well performed job deconstruction the wall. Thanks to Tyréns for performing geo radar and to St Gobain for performing thin sections for analysis.

REFERENCES

- [1] Falck, W., *Visbys stadsmur: en kulturhistorisk vandring*, Riksantikvarieämbetet, Stockholm, 1995 Translated to English: "Visby City Wall"
- [2] Janse, O., *Visby stadsmur.*, 2., omarb. uppl., Wahlström & Widstrand, Stockholm, 1949 Translated to English: "Visby City Wall"
- [3] Hammarlund, G. *Utredningar och projekteringshandlingar*. Gotlands museums arkiv, Visby, 1961 Translated to English: "Investigations"
- [4] Balksten, K. & Mebus, U. (red.), *Bruk av ruiner*, Fornsalens förlag, Visby, 2013 Translated to English: "Use of Ruins"
- [5] Cnattingius, N. (red.), *Rädda Visby ringmur! Rapport från en kampanj 1989-1995*, Cementa, Danderyd, 1996 Translated to English: "Save Visby City Wall!"
- [6] Thelin C., Höst F. and Rosenberg C., *Analysis of historic masonry structures supported by 3D laser scanning*. In: Proceeding of the 8th International Conference on Structural Analysis of Historic Construction, SAHC-2012, 15-17 October 2012, Wroclaw, Poland, 2012.
- [7] Eckhoff, E. & Janse, O., *Visby stadsmur. D. 2, Planscher*, Wahlström & Widstrand, Stockholm, 1922 Translated to English: "Visby City Wall"
- [8] Shaikh, N. A., *Kalksten och dolomit i Sverige. D. 3, Södra Sverige*, SGU, Uppsala, 1990 Translated to English: "Limestone and dolomite in Sweden"
- [9] Rothstein, E. E. von, *Handledning i allmänna byggnadsläran med hufvudsakligt afseende på husbyggnadskonsten samt kostnadsförslagens uppgörande*, 2. öfversedda, tillökta och delvis omarb. uppl., Beijer, Stockholm, 1875 Translated to English: "General Building Knowledge"
- [10] Balksten, K., *Traditional lime mortar and plaster: reconstruction with emphasis on durability*, Chalmers University of Technology, Diss. Göteborg: Chalmers tekniska högskola, 2007
- [11] Balksten, K., *Understanding historic mortar and their variations – a condition for performing restorations with traditional materials*. Historical Mortar Conference HMC-2010, Praha, 2010
- [12] Carlsson, T., *Luftporstrukturens inverkan på egenskaperna hos puts- och murbruk*, Lic.-avh. LTH, Lund, 1995 Translated to English: "The influence of air pore structure on the material properties of mortars"
- [13] Fagerlund, G., *Kritiska vattenmättnadsgrader i samband med frysning av porösa och spröda material*, LTH, Lund, 1972 Translated to English: "Critical water saturation degrees when freezing porous and fragile materials"
- [14] Grahn Andersson, A., *Salter i porösa oorganiska byggnadsmaterial*. Högskolan på Gotland: Examensarbete, Visby, 2008 Translated to English: "Salts in porous inorganic building materials"
- [15] Forster, A., *Binder loss in traditional mass masonry: a cause for concern?* Structural Survey. Vol 25 Iss: 2, pp 148-170, 2007
- [16] Nilsson, L-O et al, *Material och transportprocesser*. Göteborg: CTH. Inst. för byggnadsmaterial: Kurskompendium, 2000 Translated to English: "Material and transport processes"
- [17] Burström, P.G., *Byggnadsmaterial: uppbyggnad, tillverkning och egenskaper*, Studentlitteratur, Lund, 2001 Translated to English: "Building Materials"
- [18] Illston, J.M., *Construction materials: their nature and behavior*. London: E & FN Spon, 1994
- [19] Hanström, B., *Djurens värld*, band 2, Förlagshuset Norden, Malmö, 1964 Translated to English: "World of Animals"

Bilaga 2

SAHC2014 – 9th International Conference on
Structural Analysis of Historical Constructions
F. Peña & M. Chávez (eds.)
Mexico City, Mexico, 14–17 October 2014

COLLAPSE AND REBUILDING OF A MEDIEVAL CITY WALL – AN ASSESSMENT OF THE STRUCTURE AND MATERIAL

Carl Thelin¹, Kristin Balksten² and Folke Höst³

¹ Tyréns AB
Storgatan 40, SE-352 31 Växjö, Sweden
e-mail: carl.thelin@tyrens.se

² Department of Art History,
Uppsala University – Campus Gotland, SE-621 67 Visby, Sweden
kristin.balksten@konstvet.uu.se

³ Tyréns AB
Ideon Science Park, Scheelevägen 17, SE-223 70 Lund, Sweden
e-mail: folke.host@tyrens.se

Keywords: City wall, masonry structure, structural behaviour, lime mortar, two-leaf masonry wall.

Abstract. *In February 2012, a part of the medieval city wall of Visby collapsed. The wall was constructed in several stages in the 13th and 14th centuries. It was decided that the collapsed part of the wall should be rebuilt. To determine a procedure for the rebuilding and to secure a safe work site, it was necessary to define the construction and structural behaviour of the wall. Furthermore, the cause of the collapse needed to be identified, in order to assess and predict the risk of future damage to other parts of the wall. An investigation into the construction of the wall was carried out through archival research and on-site examinations. Laser scanning made it possible to describe and study the geometry of the wall and the damage in detail, and a structural analysis was carried out. The results show that the wall was built in two stages, making its construction complicated. The structural analysis indicates that there is a concentration of forces to the outer masonry leaf of the lower part of the wall. The collapse was most likely triggered by freezing of the water contained in the masonry. The combination of high stress levels in the outer masonry leaf, due to the construction of the wall, with a loose core, thin outer masonry leaf and insufficient binding stones and weak adhesion in the bedding lime mortar in the lower part of the wall, resulted in a domino effect that explains the extent of the collapse. To secure the wall during dismantling, a temporary steel structure was constructed. The medieval types of construction and material in a two-leaf masonry wall have proven to be durable if correctly implemented, with sufficient binding stones and a core in order, and will therefore be used for the rebuilding.*

1 INTRODUCTION

In February 2012, a part of the medieval city wall of Visby collapsed. The city wall is a part of the UNESCO World Heritage Site of the Hanseatic Town of Visby and is exceptionally well preserved. The damage caused by the collapse resulted in the loss of irreplaceable cultural values. At the same time, the collapse opened up a unique opportunity to understand the construction and the material of a medieval city wall.

Originally, the wall was approximately 3.6 km long, and 3.44 km are still standing today. The wall once had 29 large towers and 27 smaller towers that rode on top of the wall. Of those, 27 large towers and 9 of the smaller towers remain [1]. There is limited knowledge about the erection of the wall, but we know that it was built in several periods. The part of the wall running along the seafront, called “the sea wall,” was built before the rest of the wall, called “the land wall.” It is believed that the land wall was constructed during two major periods, the first in the 13th century, before 1288, and the second between 1289 and 1361 [2]. The construction material is local limestone. The section built during the first period was about six metres high, with crenellations and a rampart walk built on arches on the inside. In the second period, the wall was raised by 2-4 metres and the wall towers were added; see Figure 1. It was completed before 1361 when the Danish king Valdemar Atterdag conquered Visby.

Over the years, several parts of the wall have collapsed and been repaired or rebuilt in different ways. Several collapses were probably triggered by the wall towers, as they add a significant load to an already stressed wall.

The wall is protected as an ancient monument since 1805 and several restorations have been carried out since then; however, a lack of finances has followed the modern history of the wall. The restorations in the 19th century aimed at reinforcing the wall. Iron struts were put in place to reinforce two wall towers, the top of the wall was partly covered with concrete and retaining walls and buttresses were built in several places to support the wall. The restorations in the 20th century mainly focused on repointing the wall. This was generally done with cement mortar in the 1930-1970s, according to the philosophy and technique of the time [3, 4]. Some reinforcements using concrete and steel ties were also carried out, as some parts of the wall were found to be close to collapsing [5].



Figure 1: Visby City Wall seen from the outside and the inside. The smaller wall towers ride on top of the wall. Old collapses as well as different kinds of reinforcing structures can be seen in many places.

The collapse in 2012 and the following dismantling during 2013 have provided a unique opportunity for researchers in different fields to document and study different aspects of the construction and material in the land wall. The National Heritage Board of Sweden decided to rebuild the collapsed part of the wall. The different options and conservation principles for rebuilding are discussed elsewhere [6]. The decision to rebuild the wall gave rise to further questions and the National Heritage Board launched a research project to study the wall and

different methods to rebuild, reinforce and maintain the wall, in parallel with the actual project of rebuilding and reinforcing it. The research project aims at answering the following questions: How is the wall constructed and what materials were used? What is the structural behaviour of the wall? Why did it collapse? How can it be dismantled in a safe way? How should it be rebuilt? What knowledge can be gathered for use in the future maintenance of the wall and other similar structures?

2 METHODS

A combination of archival research and visual inspections of the wall, both in general and at the location of the collapse, has been carried out to describe the construction and materials of the wall. The dismantling of the wall made it possible to view the structure of the wall in detail and to collect material samples from different parts of the masonry.

The part of the wall around the collapse site was documented with laser scanning, which is a powerful tool to examine and describe the 3D geometry of the wall and the collapsed parts [7]. The laser scan was used to extract sections of the wall to analyse the stability of the remaining parts and to determine the geometry of temporary supporting structures with an exact fit. The laser scan also provided a 3D model of the collapsed part of the wall.

Structural analyses and computations of the structural stability of the supporting structure and to define the need for binding stones as well as reinforcements of adjacent parts of the wall were carried out.

The dismantling and rebuilding of the wall is a case study with respect to building methods, materials and the craftsmanship required to construct a long-term, durable medieval-type masonry wall. The work is being documented as it progresses.

Thin section specimens were prepared from the historic mortar. A UV fluorescent epoxy resin was used for the vacuum impregnation of the samples before they were polished down to a thickness of approx. 3 μm and studied with an Olympus BH-2 Polarisation Microscope. The mortar of the wall was also studied in situ together with masons in order to describe its performance with regard to adhesion to the limestone.

The study is mainly limited to the part of the wall that collapsed but the results are expected to be relevant to the rest of the city wall of Visby, as well as to other similar structures.

3 RESULTS

3.1 Construction of the wall

The city wall of Visby is about eight to ten metres high, about two metres wide at the base and about 0.7 metres wide at the coping. Basically, it is a two-leaf wall with a rubble core, but since it was built in at least two different stages it has a more complicated structure.

Earlier investigations indicate that the wall has varying foundations [2, 5]. In many places it probably rests directly on the bedrock but in some places it stands on soil. At the location of the collapse the foundation bed of the wall is soil. A geotechnical investigation showed that the distance to the bedrock from the ground surface is between 0.5 to 1 metre at the outside of the wall, and a minor test excavation showed that the depth of the foundation is shallow; approximately 30-50 cm below the ground surface. Below the foundation stones, the soil is mixed with limestone chips, as also seen in other parts of the wall in earlier investigations [5]. At the site of the collapse the ground level is about two metres higher at the inside of the wall.

The original land wall was about six metres high and had a parapet with crenellations and a rampart walk on top of an arcade on the inside; see Figure 2. The contour of that wall can still be seen within the stonework of the current wall [8]. The wall has a thin outer leaf of

bonded masonry, about 25-50 cm thick, and an arcade of pointed masonry arches, approximately 70 cm thick, on the inside. In between, there is a loose rubble core of stones varying in size and clay mortar. Except from the upper, thinner part of the wall, there are no through stones and a limited number of stones that bind the outer leaves to the core. The outer leaf and the arcade were built with lime mortar. The parapet wall was also built with lime mortar as a homogeneous wall, about 75 cm thick. Since the thickness of the parapet wall is greater than the outer leaf of the lower part of the wall, it stands partly on the core and partly on the outer leaf masonry.

When the wall was heightened by 2-4 metres, the parapet wall was used as an outer leaf and a bottleneck-shaped addition was built on the rampart walk, with an upwardly narrowing core of smaller stones and lime pressed against the parapet wall. Since the parapet wall was reused as an outer leaf, no binding stones exist in that part. The top part above the former parapet wall was built as a homogeneous solid wall.

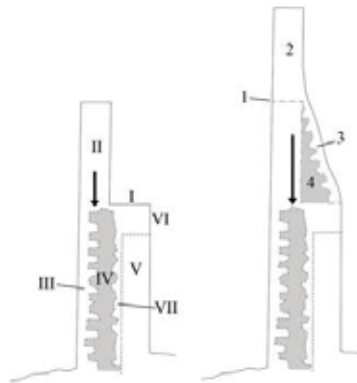


Figure 2: Simplified sections of the land wall. The section to the left shows the land wall before it was heightened and the section to the right shows it after the heightening and the structure today. The arrows show the eccentric loading of the outer leaf. I) Rampart walk. II) Parapet. III) Outer masonry leaf. IV) Core with clay mortar and no bond. V) Openings of inside arches. VI) Top of inside arches. VII) Thin masonry leaf inside arches. 1) The height of the original wall (left image). 2) Heightening of the wall in solid masonry. 3) Masonry leaf of bottleneck-shaped masonry. 4) Upper core inside former parapet wall.



Figure 3: Two photos showing the same part of the wall at two different stages of dismantling of the collapsed part. 1) Lower core with clay mortar and no bond. 2) Thin outer masonry leaf. 3) Former parapet, now outer leaf of the middle part of the wall. 4) Upper core inside the parapet wall. 5) Top with solid masonry.

3.2 Material used in the wall

The city wall was built of local limestone. The limestone of the island of Gotland is Silurian limestone. In the surroundings of Visby the limestone is very pure, consisting of $\geq 96\%$ calcite [8]. The building stone quarried for the city wall mainly has a thickness of 10-30 cm, determined by the natural layers of the limestone.

The historic mortar present in the city wall is mainly of three different types and is related to the two main building phases. In the first building phase the bedding mortar in the outer leaf and in the arches on the inside are made of a pure and fat air lime mortar (a). It is a white, very lime-rich and rather homogeneous type of mortar that was used for the adhesion between the lumps of limestone. It is found up to the top of the former parapet. In the core below the rampart walk of the older part of the wall, clay mortar (b) was used as bedding mortar. It can be described as a brown clay mortar with a natural content of sand particles and, occasionally, a small lump of limestone can be found. As expected, the clay mortar dissolves into powder when dry and is stable when wet [9]. Due to the fact that the ground level is high on the inside of the wall, the clay mortar should have been moist for a long time.

In the second building phase, another pure air lime mortar (c) was used in the core as well as in the two leaves. This was not as rich in lime as the mortar from the first building phase. This mortar has the colour of sand rather than of white lime and it is slightly less homogeneous than the (a) mortar. Both types of lime mortar display very good adhesion to the limestone, but the (c) mortar from the 14th century is slightly stickier than the (a) mortar from the 13th century, despite the lower lime content.

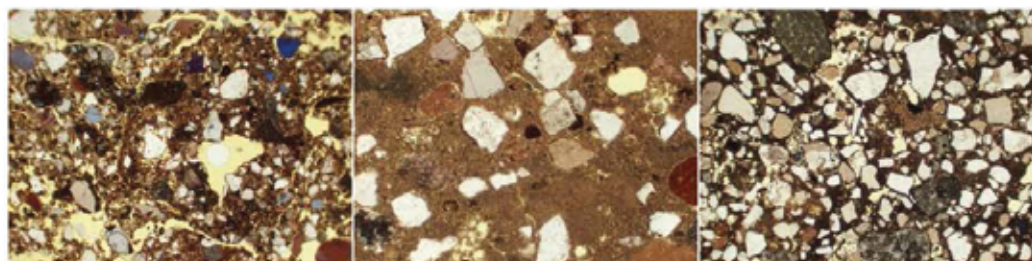


Figure 4: The first sample represents the clay mortar used in the wall core beneath the rampart walk. It is a clay soil type containing sand, resulting in a rather fat clay mortar. The second sample represents the type of fat lime mortar used in the first building phase of the wall, in the two leaves and in the compact masonry above the level of the rampart walk. This is a very fat lime mortar where the amount of lime is greater than the amount of sand. The third sample represents the type of lime mortar used in the second building phase. The yellow colour shows the pore system, the brown colour shows the binder and the other particles show minerals in the sand. The width of each thin section is equivalent to 4.5 mm of the sample.

3.3 Structural behaviour of the wall

The general structural behaviour and common pathology of two-leaf masonry walls have been described by Heyman [10] and Beckman and Bowles [11], and similar behaviour and problems apply to the city wall of Visby. The lower oldest part of the wall has a thin outer masonry leaf and a weak core of limestone and clay mortar. There are no through stones and few stones binding the leaf to the core. The arcade on the inside initially carries its own load plus the load of the rampart walk and provides an inner support for the core. The former parapet wall (now the outer leaf of the upper middle part of the wall) is thicker than the lower leaf and therefore stands both on the core and the outer leaf; see Figures 2 and 3. Since the lower core is weak and easily deformed under loading, the loads from the former parapet will be concentrated to the outer leaf of the lower part of the wall and the loading will be eccentric.

The heightening of the wall by 2-4 metres and the addition of an inner leaning part on top of the former rampart wall increased the load significantly. Since the parapet wall was used as an outer leaf in the heightening of the wall there are no binding stones at all in this part. To a great extent, the increased load needed to be carried by the thin outer leaf of the lower and older part of the wall.

The repointing of the wall, in parts with a stiff modern cement mortar, may have affected the loading situation further by providing a stiffer loading path at the outer part of the wall that concentrates the load further to the outside of the outer leaf.

Thus, a structural analysis indicates that there is a concentration of forces to the outer masonry leaf of the lower part, probably resulting in high stress levels in many parts of the wall. Even though many parts of the wall have been standing for at least 750 years, its condition implies that the margin for further loading is limited.

3.4 Deterioration patterns

With moisture present in masonry, several deterioration processes may occur; frost damage, leaching of lime binder, cracks and movement due to swelling and shrinkage, biological growth, both on the surface and with roots inside the joints, insects building nests, etc. [3]. The lime mortar in the Visby city wall was originally very fat and extremely compact, giving very good resistance to frost and little capillary transport. Due to the pore structure the deterioration has been a very slow process, occurring on the very surface of the joints, from the 13th century until the beginning of the 20th century, and still continues in the parts that were never repointed. If lime mortar is saturated with moisture for a very long time, the lime will slowly dissolve [12], followed by a loss of the binding effect in the mortar. If there is also a presence of salts, giving a lower pH, the solubility increases as acid-base reactions dissolve the lime. This is a common phenomenon in old masonry constructions and can be recognised as stalactites and flowstone as precipitation on the stone masonry. As the cement mortar used for repointing during the 20th century has lower vapour permeability than the original lime mortar [13], the moisture can now remain longer inside the joints than before [14]. On the city wall of Visby, the phenomenon with lime precipitation can only be seen where the joints have been repointed with cement mortar. Limestone, cement mortar and lime mortar all have different properties when it comes to swelling and shrinkage due to temperature and moisture [15]. The thermal expansion coefficient of cement mortar can be two to three times higher than that of limestone, and twice as high as that of lime mortar [15], at normal temperature. The effect often seen on old masonry repointed with cement mortar is stiff joints with cracks between the stone and the mortar, giving no or poor adhesion. As those cracks are thin, they lead water inside the wall by capillary transport and water accumulates in the wall.

3.5 A theory of collapse

The collapse in 2012 resulted in the falling down of approximately 90 m² of the outer masonry leaf. The upper part of the wall, consisting of solid masonry, did not collapse and remained as an arch above the damaged part; see Figure 5.

The cause of damage is complicated and can be attributed to several components:

- The construction of the wall in different stages and without through stones and, in parts, few or no binding stones.
- The stress levels in the outer masonry leaf, as described in the structural analysis presented above.
- Different ground levels at the location of the collapse. The ground level is approximately two metres higher on the inside of the wall.

- The weakening of the masonry within the wall due to repointing with low permeability cement mortar, as the higher moisture content leads to deterioration.
- High levels of moisture within the wall due the difference in ground level as well as a drainage (made in 2011) from the building on the inside leading local drainage water into the lower parts of the wall.
- Several freezing cycles in the weeks before the collapse

The collapse was most likely triggered by freezing of the contained water. The combination of high stress levels in the outer masonry leaf, due to the construction of the wall, with a loose core, thin outer masonry leaf, insufficient binding stones and weak adhesion in the bedding lime mortar in the lower part of the wall, led to a domino effect, causing the extent of the collapse.



Figure 5: Visby City Wall in 26th of February 2012, a couple of days after the collapse.

3.6 Methods and materials for rebuilding

The rebuilding will take place throughout 2014. The objective is to give the rebuilt part long-term stability and strength. The medieval materials and structural principles using limestone and clay and lime mortar will be used, as they have proven themselves for many centuries. The loose core and the lack of binding stones between the leaves and the core, as well as the use of cement mortar, will not be repeated in the rebuilding, since they lead to weaknesses of the wall structure.

Three different types of mortar will be used for the reconstruction: 1) As bedding mortar in the two-leaf construction, a lime mortar made of traditional Gotland lime will be used (Gotland lime is a very pure and fat Silurian air lime). The mortar will be made as hot lime mortar, slaking the lime inside the sand. This provides the possibility of using mortar that is as rich in lime as the mortar that was originally used, producing mortar that is as strong as this type of lime can be and that sets even in a wet environment. 2) In the lower parts of the rubble core, clay mortar with a small content of lime will be used, as lime is known by generations of masons to stabilise the clay mortar. Clay mortar is durable also in a wet environment and is not expected to disintegrate, as pure lime mortar would. 3) As pointing mortar on the leaning inner side of wall, more water-resistant mortar is needed. This pointing mortar will be made as a hot lime mortar from Öland lime (the Öland lime is an Ordovician limestone with a clay content of approx. 10 %, giving a sub-hydraulic lime). Other parts will be pointed with the same mortar as the bedding mortar. Practical tests were performed during 2013 by experienced masons. Workability, adhesion and authenticity were the most important aspects in these tests.

The wall will be rebuilt with the same shape as before but with a core in better order and with the use of binding stones and through stones to connect the outer leaves. To determine

the number of binding stones needed, two hypothetical load cases were used: local buckling of the outer masonry leaf and earth pressure from the core [16]. Both load cases give rise to forces of approximately the same magnitude; see Figure 6. These load cases are based on a wall structure in bad condition, in contrast to the rebuilt part, and can therefore be presumed to have a satisfactory factor of safety.

The following principles will be applied to the masonry work:

- The outer masonry leaves will be built with precise bonds to ensure that the stones are arranged to provide strength and stability. Vertical joints should not be continuous.
- Two to three binding stones per square meter will be used and in the upper part, where the wall is thinner, through stones will be used.
- A binding stone needs to have enough depth to bind to the core and connect with the stones there.
- Stones used in the core are placed in an orderly fashion, even though the demand on bonding is not as large as for the outer leaves. The stones should have varying fractions to fill out well and create sufficient support to the binding stones and through stones that are to be bonded to the core.

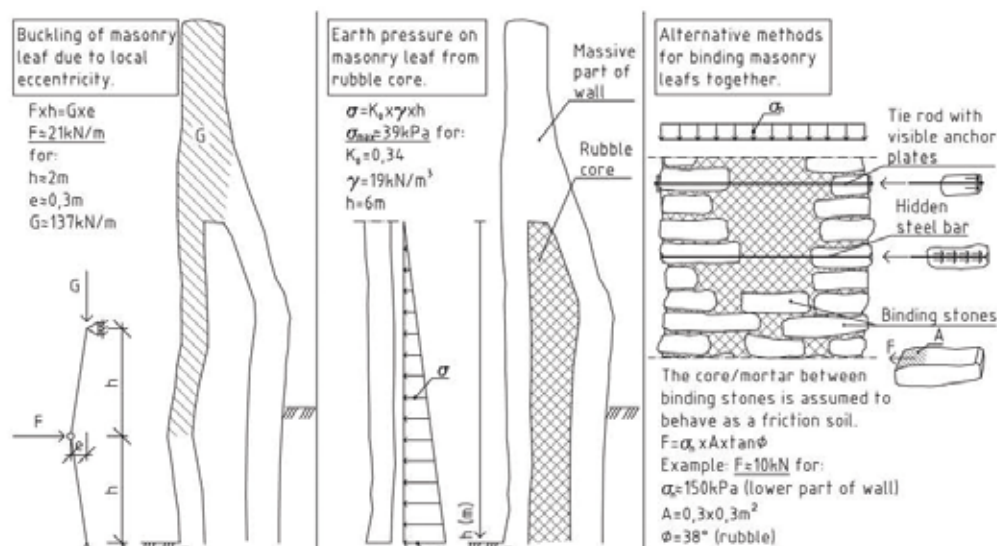


Figure 6: The hypothetical load cases used to design the number and placing of binding stones for the rebuilt part and reinforcing bars in the adjacent parts of the wall.

3.7 Dismantling and a safe working site

The rebuilding of the collapsed parts involves several difficult challenges. The location of the collapse and the particular way it fell down entailed complicated technical conditions that needed to be addressed to make the rebuilding possible and safe. The following issues needed attention:

- Masonry has to be built from the bottom upwards, layer by layer. To be able to start building, the rubble heap in front of the wall had to be removed; see Figure 5. Since the rubble heap acted as a buttress against the remaining parts it could not be removed.
- The top of the wall was retained in full and acted as an arch over the collapsed part. It loaded the remaining walls on both sides of the collapsed part with thrusting forces. The

Collapse and Rebuilding of a Medieval City Wall – An assessment of the Structure and Material

weight of the masonry in that arch was approximately 2000 kg per meter. The arch was heavily cracked and occasionally parts of it fell down.

- If the remaining arching part was removed there was a risk that the structural behaviour of the adjacent parts of the wall would be affected.
- The collapse exposed the core of the wall that is not built with masonry bonds.
- Below the remaining arching part the wall was as thin as 20-30 cm.
- The lower parts of the exposed core was very loose and the risk of further collapse was evident, especially if stones were removed or affected in other ways. If the lower part of the core collapsed further, there was a great risk of the upper parts collapsing as well.
- The difference in ground level at the location of the collapse is unusually large. The ground is approximately two metres higher on the inside of the wall, resulting in the soil on the inside exerting pressure on the lower parts of the wall.
- There is a building close to the wall on the inside of the southern part of the collapse site.

The objective was to make sure that no further collapse occurred in the collapsed area or in the parts adjacent to it. At the same time it had to be possible to dismantle the damaged wall stone by stone in a safe working environment. Different options were examined and the most advantageous solution found was to construct a temporary steel framework to hold the wall together during dismantling.

The concept of the temporary structure was to restrain the wall from further collapse by counter-filling a formwork at the outside and placing wedges between the inside of the wall and the steel structure. The counter-fill on the outside created a passive pressure that was larger than the worst case of active pressure from a collapsing wall. Granulated foam glass was used as the filling material, as it is both light-weight and has high strength. The steel structure was held together at the top and through four holes drilled in the wall at the bottom. The structure also stabilised the adjacent walls on both sides of the collapse site; see Figure 7.

Since the ground level is about two metres higher on the inside of the wall and there was a pile of stone rubble on the outside, a new ground level had to be created for the temporary steel structure on the outside, through the use of concrete retaining walls and gravel. The steel structure also had to be adapted to fit in between the wall and the building close to the wall on the inside; see Figure 8.

As the dismantling progressed, the foam glass, the outer formwork and the wedging on the inside were taken down simultaneously.

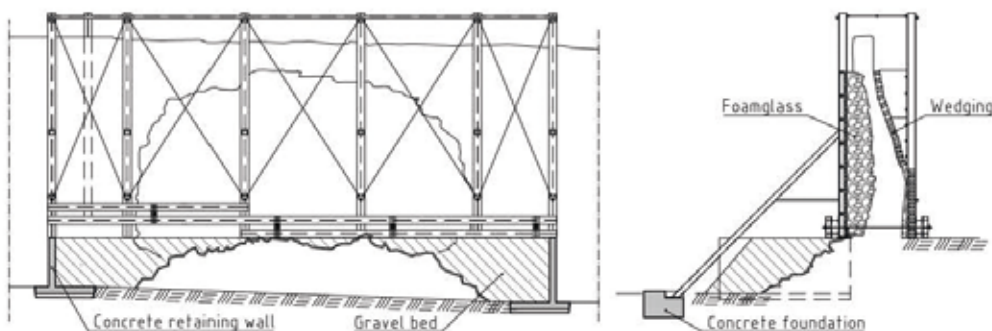


Figure 7: Drawings for the temporary supporting steel structure with counter-filling and wedging.



Figure 8: The temporary supporting steel structure, viewed from the outside during dismantling of the wall (left), and from the inside during erection (right).

3.8 Reinforcements of adjacent parts of the wall

The collapse had exposed several weaknesses in the structure of the wall clearly. A recurring problem, described in various records, is cavities in the core and between the core and the outer leaf. At several locations this has led to bulges in the outer masonry leaf. This problem was very evident at the northern side of the collapsed part, where large cavities between the outer masonry leaf and the core became visible; see Figure 3.

The decision to reinforce the wall on both sides of the collapse was made for the following reasons:

- The collapse exposed cavities and separation of the outer masonry leaf and the core.
- The collapse may have affected the adjacent parts of the wall and the dismantling of the collapsed part would have an effect on the structural action in those parts.
- To eliminate the risk of further collapse during the rebuilding and when the new parts were connected with the remaining adjacent wall parts.

The same load case as that used for determining the number of binding stones was used to design the reinforcements; local buckling of the outer masonry leaf and earth pressure from the core; see Figure 6. Three different methods were used to reinforce the adjacent parts of the wall. Above the inner ground level, where it was possible to drill through the wall, both hidden stitches of steel bars and tie rods with visible anchor plates were used, and below the level of the inner ground, grout-injected anchors from Cintec [17] were used. The size of the steel bars was adjusted to not be too stiff, which could cause other damage if future movement were to occur in the wall [18]. All the steel used is made from non-corrosive metal.

4 DISCUSSION AND CONCLUSION

The partial collapse of the medieval city wall of Visby provided a unique opportunity to investigate and understand its construction and component materials. The way the collapse happened, as well as the location of the collapse, meant that several problems had to be solved in order to make dismantling and rebuilding possible in a safe working environment. The safety of the personnel involved and the protection against further collapse have been crucial issues in the project.

The investigations and analyses of the wall have revealed a complex situation and exposed several weaknesses in the wall:

- The two building phases became evident, as well as how this impacts the structural behaviour.
- In parts, the wall is built surprisingly slovenly with few or no binding stones.
- The lower core is built in a disorderly manner without bonding and is loose.

- The outer masonry leaf of the lower older part is thin.
- There are cavities in the core and between the outer masonry leaf and the core.
- Bulging deformations of the outer masonry leaf.
- The leaning parts of the inside of the wall, as well as the angle of the stones, increase the amount of water leaking into the wall.
- The deterioration of the bedding mortar combined with strong pointing mortar of low permeability.
- The frost risk due to an increased moisture exposure from leaking water.
- Use of stiff modern cement mortar affecting the load paths of the wall.

With a load situation like the one in the city wall of Visby, the security margins against further loading or further deterioration are probably low in many places. If the stress situation changes, a collapse can be expected. If the bedding mortar loses some of its binding effect, the risk of shear failure increases, and as the outer masonry leaf is very thin there is a risk of buckling of the leaf. The restorations performed in the 20th century, with low-permeable and strong pointing mortar, may have had a negative effect, as the moisture content increases behind the pointing mortar at the same time as the surface of the masonry leaf becomes stiffer. Even though this deterioration process is slow it has to be brought to a halt to prevent a new collapse from taking place.

The weaknesses listed above are not due to the original materials used or the medieval principles of construction, which are very durable and have allowed the wall to stand for more than 700 years in most parts, in spite of its construction. The weaknesses are rather due to the two buildings phases, probably hasty and sloppy construction of the lower core and not using a sufficient number of binding stones, as well as poor and, in some cases, faulty maintenance throughout the years. For this reason, there are strong technical arguments in favour of using the same materials as the existing ones in the rebuilding of the wall, and to apply the basic structural principle of a two-leaf masonry wall but with an orderly core and with the use of binding and through stones.

The solution to provide a safe work site and to ensure that no further collapse occurred was to construct a temporary steel structure that held the wall together as a formwork that could be taken down at the same time as the wall was dismantled, and to reinforce the adjacent wall parts.

The knowledge gained on how the wall is constructed, its basic structural behaviour, its material properties, its weaknesses and possible causes of collapse can be used to investigate the rest of the wall to assess its structure and to develop a long-term maintenance plan to preserve the wall and to avoid future situations of collapse, posing a risk both to human health and to losing the authenticity of the medieval heritage. There is a great need for a more profound understanding of the deterioration process and the weaknesses of the structure. There is also a need for constant maintenance in order to remove plants and trees and diminish the conditions for plants to grow and, at the same time, prevent the bedding mortar from losing its binding effect, starting with the exchange of cement pointing mortar. As long as the cement joints are left in the wall, the deterioration will increase and continue.

ACKNOWLEDGEMENTS

We wish to thank the National Heritage Board for financing the research project and for providing the laser scanning. We also like to thank the masons at Byggnadshyttan in Gotland for their sterling effort to dismantle the wall. Our thanks also go to St. Gobain for preparing the thin sections for analysis.

- The outer masonry leaf of the lower older part is thin.
- There are cavities in the core and between the outer masonry leaf and the core.
- Bulging deformations of the outer masonry leaf.
- The leaning parts of the inside of the wall, as well as the angle of the stones, increase the amount of water leaking into the wall.
- The deterioration of the bedding mortar combined with strong pointing mortar of low permeability.
- The frost risk due to an increased moisture exposure from leaking water.
- Use of stiff modern cement mortar affecting the load paths of the wall.

With a load situation like the one in the city wall of Visby, the security margins against further loading or further deterioration are probably low in many places. If the stress situation changes, a collapse can be expected. If the bedding mortar loses some of its binding effect, the risk of shear failure increases, and as the outer masonry leaf is very thin there is a risk of buckling of the leaf. The restorations performed in the 20th century, with low-permeable and strong pointing mortar, may have had a negative effect, as the moisture content increases behind the pointing mortar at the same time as the surface of the masonry leaf becomes stiffer. Even though this deterioration process is slow it has to be brought to a halt to prevent a new collapse from taking place.

The weaknesses listed above are not due to the original materials used or the medieval principles of construction, which are very durable and have allowed the wall to stand for more than 700 years in most parts, in spite of its construction. The weaknesses are rather due to the two buildings phases, probably hasty and sloppy construction of the lower core and not using a sufficient number of binding stones, as well as poor and, in some cases, faulty maintenance throughout the years. For this reason, there are strong technical arguments in favour of using the same materials as the existing ones in the rebuilding of the wall, and to apply the basic structural principle of a two-leaf masonry wall but with an orderly core and with the use of binding and through stones.

The solution to provide a safe work site and to ensure that no further collapse occurred was to construct a temporary steel structure that held the wall together as a formwork that could be taken down at the same time as the wall was dismantled, and to reinforce the adjacent wall parts.

The knowledge gained on how the wall is constructed, its basic structural behaviour, its material properties, its weaknesses and possible causes of collapse can be used to investigate the rest of the wall to assess its structure and to develop a long-term maintenance plan to preserve the wall and to avoid future situations of collapse, posing a risk both to human health and to losing the authenticity of the medieval heritage. There is a great need for a more profound understanding of the deterioration process and the weaknesses of the structure. There is also a need for constant maintenance in order to remove plants and trees and diminish the conditions for plants to grow and, at the same time, prevent the bedding mortar from losing its binding effect, starting with the exchange of cement pointing mortar. As long as the cement joints are left in the wall, the deterioration will increase and continue.

ACKNOWLEDGEMENTS

We wish to thank the National Heritage Board for financing the research project and for providing the laser scanning. We also like to thank the masons at Byggnadshyttan in Gotland for their sterling effort to dismantle the wall. Our thanks also go to St. Gobain for preparing the thin sections for analysis.

Bilaga 3

PPC Conference 2014

VALORIZATION AND MANAGEMENT OF THE BUILT HERITAGE OF FORTIFIED TOWNS: THE CASES OF THE UNESCO WORLD HERITAGE SITES OF SABBIONETA, ITALY, AND VISBY, SWEDEN

Mattias Legnér*

Davide Del Curto**

Kristin Balksten*

* Department of Art History, Uppsala University, Visby, Sweden

** Dipartimento di Architettura e Studi Urbani, Politecnico di Milano, Milano, Italy

1 Purpose and aim

The purpose of this paper is to discuss the challenges of managing complex built heritage by comparing site-bound policies in a historical perspective. The World Heritage Sites of Mantova-Sabbioneta, Italy, and Visby, Sweden, are used as cases. Their defensive structures attract numerous visitors, however they have proven to be difficult to maintain because of size, complexity and organizational problems. Questions asked in this paper are: Exactly how was built heritage in these places valorized throughout the 20th century? What has the UNESCO nomination of the sites meant for the valorization process? The small Renaissance town of Sabbioneta and the medieval inner city of Visby both have preserved city walls. Management of them demands resources but also cooperation of stakeholders, here identified as monuments offices, planning departments, property owners and citizens.

By making transnational comparisons of the management of sites an increased knowledge on how to manage fortified towns without decreasing their economical, historical and aesthetic values may emerge. Today the heritage of Visby and Sabbioneta is so obvious that we risk taking their values for granted, but the valorization of these sites have actually sprung out of the development of modern urban society. World heritage sites need to be managed in sustainable ways if their values are to be preserved. (Pedersen 2002, Clark 2010)

An important aim with the paper is to begin comparing the management of fortifications at these sites. Each case is presented, followed by a comparative discussion of challenges to management today. Finally, potential benefits of the recent cultural districts (Legnér & Ponzini 2009) initiative in Mantova and Sabbioneta are discussed.

2 Sabbioneta

A cura dell'editore

2.1 Construction of the fortifications, 1554-1591

Sabbioneta was built, actually re-founded by Vespasiano Gonzaga Colonna between 1554 and 1591 in the heart of the Po Valley where stood a medieval settlement of Roman origin. Sabbioneta reproduces in a small scale the main capitals as the town is shaped around the public (Palazzo Ducale) and private (Palazzo Giardino) residences of the Lord. Beside the inner city, walls were built in the shape of an irregular hexagon with six wedge-shaped bastions.

After Vespasiano, this little capital of the Renaissance was transformed into a military garrison, being part of the Habsburg Empire since 1746 to 1796. The full outfit of defensive walls and the strategic position kept Sabbioneta attractive in the bustling political chessboard of the 18th century, while the aesthetic quality of the buildings in the inner city had no weight to assess the value of the city. Sabbioneta lost military importance at the end of the 18th century when Napoleon's army decided not to use the defensive structures of the city. (Roncai 2004) Subsequently, the walls were divided and bought by the citizens. After the transition to the Kingdom of Lombardy-Venice (1814-1859) and then to the Kingdom of Italy, monuments changed use and appearance, the Ducal Palace was turned into town Hall and the walls progressively lost attractiveness.

2.2 Valorization and conservation historically

Cities and walls belonged together in Europe until the late 18th century. In the early 19th century this bond frayed and walls were taken down to open up for communications and urban growth. (De Seta 2010: 91–92) Perimeter walls, moats, ramparts and castles were re-employed within the design of the developing cities. Some retain only fragments of their walls and doors (Paris, Riga). Others have preserved fortresses (Rome, Milan). Still others have preserved walls almost complete, such as Ferrara, Visby, Tallinn, and Rhodes. Sabbioneta is one of these, despite the 20th century opened with the project for the complete demolition of the walls in compliance to the needs of hygiene and urban development. To foster the project, the major and the city council undertook to prove the non-existence of the value of the walls as a heritage, arguing the lack of both an aesthetic value, both a memory value, because historically walls were not the theatre of battles and thus they did not preserve a memory for the city identity. (Uggetti 1915: 25-28) Despite the Monument Office asked to reduce the demolition to a new passage overtaking the bottleneck represented by the two city doors, 300 meters (10% of the whole) of walls were demolished in 1920 and 1928. The building activity due to the demolition allowed the administration to help unemployed workers, distributing resources and managing the

local consensus. (Boroni Grazioli 2013) Except for the Monument Office, the walls were thus seen more as a hindrance to the modernization than as a heritage to be preserved like was for the other city monuments.

2.3 Management and conservation of the fortifications in recent times

Sabbioneta was re-discovered since the 1950s. The walls have been considered a distinctive feature of this well-preserved Renaissance capital. Piero Gazzola was a key figure in this process. As Superintendent for Monuments and consultant for UNESCO and the Council of Europe, he emphasized the mistakes of the first half of the 20th century as "inspired by a misunderstood spirit of modernization" and proposed to consider monumental buildings, urban tissue and city walls as a unique body, with a surrounding buffer zone. The inner city was analytically catalogued and protected, even by defining the possible restorations or transformations, case by case. The compatible functions were also mentioned, with an early "adaptive" approach to the issue of reuse, in view of an economic development based on cultural tourism along with agriculture and industry. (Gazzola 1967, Rinaldi, Trivini Bellini 2008)

The significance and maintenance of the walls have then been discussed since the 1980s. Restorations were carried out since 1989 to 1999 when the walls represented an economic opportunity, since the CE-FIO founding for restoring were mainly intended to create employment opportunities. It was the occasion to discuss the role of the walls in the contemporary vision of Sabbioneta as a touristic destination and to evaluate the costly and ongoing problem of maintenance and preservation. The will was to undertake a preservation policy no longer based on occasional and expensive restorations on behalf of habitual maintenance. (Boroni Grazioli, Fasser, Roncai 2001)

Sabbioneta was listed by UNESCO together with Mantua in 2008. The walls have been crucial to assess the value of the city, giving priority to Sabbioneta in relation to other satellite towns built by the secondary branches of the Gonzaga family since 16th century. According to criterion III "the defensive walls, grid pattern of streets, role of public spaces and monuments all make Sabbioneta one of the best examples of ideal cities built in Europe (...)". It must be admitted that without the nevertheless well-preserved city walls, Sabbioneta would not have been listed.

2.4 Challenges to management and conservation today

The management plan of the site Mantua and Sabbioneta was at the basis of the UNESCO statement and has identified some relevant issues: the concept of historic urban landscape, the attention paid to the awareness and involvement

A cura dell'editore

of citizens, the management plan of the site and the need for a coordination office directly in charge of drafting the plan and putting it into practice.

New restorations of the walls have been performed since 2009 within the “Cultural Districts” project, which has been fostered by the main banking foundation operating in Lombardy within the cultural heritage field. Sabbioneta is part of a district led by the City of Mantua in a partnership with other public and private bodies. The district has a focus on the preventive conservation of built heritage. The foundation has co-funded a number of restorations within the project. (Busi 2011) The State does not finance integrally the restoration of a building and in order to undertake such a costly operation, local administrations need both a technical, both an economical project, that is how to co-finance the operation. Thanks to the “Cultural District” some little municipalities had the opportunity to undertake projects otherwise unaffordable. Remarkable resources have been destined to the walls of Sabbioneta, on the basis of a project for their valorization. (Falini 2013) The banking foundation confirms its vocation to intervene where the public leaves off. The walls of Sabbioneta, even at this stage, represent an opportunity for the local economy and the building sector, in particular the chain operating in the field of conservation.

However, the most recent interventions have been oriented towards traditional restoration, while a strategy of preventive conservation is still developing. (Moioli, 2011) The difficulties in implementing the management plan within UNESCO sites are confirmed, as it has proven hard to coordinate Italian regulatory and institutional framework. Furthermore it is difficult to carry out necessary monitoring. (Badia 2011) If compared to other experiences (Ripp et al, 2011), the persisting eccentricity of Sabbioneta in respect to Mantua may contribute to the weakening of the effectiveness of an integrated management.

3 Visby

3.1 The history of the construction and conservation of the wall

In the 12th century Visby developed rapidly because of increased trade and the establishment of German merchants using Visby as a depot for their trade with the cities around the Baltic sea. (Jonsson 1981, Svahnström & Janse 1984) The wall has a long history of construction beginning around 1150. The construction material is local Silurian limestone. In the 1280s the wall was c. 6 m high and 3.6 km long with crenelated battlements resting on arches built in limestone. As soon as the city had been encircled with a wall, work ensued with reinforcements of the construction and with increasing its height significantly. During a second building period (1289–1361) the land wall was elevated by 2-3

meters and small saddle towers were added. Moats (never filled with water) and ramparts were multiplied and towers were built. Since then parts of the wall have collapsed and been reconstructed several times. After this period of reinforcements the only major additions to the wall were a small citadel (built in early 1400s, destroyed in 1679) and two bastions built in the mid-1500s. 27 large towers and 9 saddle towers remain standing today.

In the 1730s the Crown proposed tearing down the wall and the ruins and selling the building materials, but the magistrate resisted by referring to a royal act protecting ruins and other important markers of the past. (Casserstedt 1986) Beginning around 1800 Visby received more attention from visitors, and the ruins received protection in a royal decree of 1805. The decree meant that ruins were not to be damaged, and in 1810 the first grant was allocated by the state for conserving the wall and the ruins. This grant was however not used before 1825. One of the still today most visible interventions of the time are the iron supports which have preserved some saddle towers.

In the 19th century Visby became an increasingly popular destination for travellers and academics, and the decay of the wall received more attention. In 1863 the ruins and the wall were put under the care of The Royal Swedish Academy of Letters, History and Antiquities. Some interventions were made at this time which were of high quality and have survived until our days, such as the iron supports for saddle towers and the covering of crests with limestone plates. (Jonsson 1981: 110–111) Almost all of the wall was however owned by the town. From the beginning of the 1880s the level of ambition was raised significantly. At this time there was continuous conservation work carried out on the wall. The Custodian of National Heritage Hans Hildebrand (1881), also chair of the Academy, argued that the grant, although insufficient, should be used for removing plants and for repairing the wall with cement. Interventions of the 1880s were partial covering of the top of the wall with concrete, strengthening of the masonry where necessary and the construction of some retaining walls made possible with money granted by parliament in 1884. (Jonsson 1981: 113–115)

After the mid-1800s Visby grew considerably. The wall, although protected as a monument, was increasingly perceived as a disincentive to urban development. Several gates were opened in the wall to permit better communication. At this time a major restoration of the northern part of the wall was carried out. State government thus tried to protect the wall while local government and the population primarily perceived it as an obstacle. There was even the idea to tear the wall down and fill the moats in order to make way for a brand new city plan. This proposal was fervently attacked by the Academy, so were proposals

A cura dell'editore

for making a number of additional openings. (Hildebrand 1891) Also the first half of the 20th century saw the same kind of double action: urban development demanding new openings triggered a complete documentation of the wall by the National Heritage Board. (Eckhoff & Janse 1922, 1936) A significant challenge to the preservation of the wall was the abundance of houses having been built against the city wall, making it impossible to inspect the condition of the wall. Property owners had taken advantage of this fact by penetrating the wall with illegal sewer pipes ending directly in the moats. (Casserstedt 1986)

3.2 Management of the city wall in more recent years

By the late 19th century the need to preserve the city wall was definitely recognized, but funding for conservation was utterly sparse. In 1933 state government temporarily put unemployed people to work with repairing the wall. Restoration work focused on repointing the wall with cement mortar which later would cause serious damage. (Hammarlund 1961) In the 1970s and 80s the national employment agency engaged unemployed construction workers in a collaborative project with the National Heritage Board. This program came to a halt in 1988 as a consequence of a recovering economy. The need for maintenance was growing but there was again very little funding available. Instead, a six year fundraising program called "Save Visby city wall!" started to recruit sponsors. The program included a campaign intended to raise public awareness but also interventions on the wall, now using lime mortars. (Cnattingius 1996) In 1995 the inner city of Visby was nominated a World Heritage Site. In the preceding year 200 buildings had been listed. The wall, however, received little attention with regards to conservation in comparison to buildings within the site. In the 1990s state subsidies were granted owners of listed buildings for conserving their houses. (Edlund 1996) Despite that the UNESCO nomination described the wall as an important feature of the site, resources for conservation have been lacking. Because of the lack of preventive conservation a section of the outer layer of the wall collapsed in 2012. The accident caused an immediate outcry over the condition of the wall, and the National Heritage Board allocated funding for restoring the section.

3.3 Challenges to the management today

Since the end of the city wall campaign very little maintenance has been carried out on the wall. There is uncertainty whether the 2012 slide will generate any discussion on how a strategy of preventive conservation may be implemented. An annual state grant of c. 7-8,000 Euro is spent on conservation of the wall and the ruins, but is of course far from sufficient for its purpose. The region is

the legal owner of the wall (except for a few towers and houses integrated in the wall) but does not perform maintenance or monitoring. There is a risk that collapses will occur also in other sections of the wall.

Another challenge is represented by the dwellings built directly against the inside of the wall, which makes monitoring of the sections of the wall impossible (Fig. 6). Sewer pipes were built in late 19th century for some of these dwellings, penetrating the wall and ending in the moat. In an unknown number of cases they end inside the wall, constantly emptying water on the masonry. Such a sewer construction contributes to a rapid disintegration of the wall construction, and it might have been one of the causes of the most recent collapse.

Previously, repointing was made primarily with cement mortar, which is incompatible with the limestone and lime mortar originally used. These interventions have accelerated the decay. The lime behind the cement joints will disintegrate over time as it is constantly wet. The repointing of the wall in parts with a stiff cement mortar might have affected the loading situation by providing a stiffer loading path at the outer part of the wall that concentrate the load further to the outside of the outer leaf, followed by possible collapse. (Thelin et al 2014) Identifying and replacing cement joints is a massive work, which needs to be done in the near future. (Balksten & Thelin 2014)

4 Comparative discussion Sabbioneta-Visby

The appraisal of the historical values of the walls has its origins in modern society. The Visby city wall was viewed as a monument by national government in the 1860s, even though actors on the local level pursued goals which conflicted with preservation goals. The Sabbioneta wall was truly valued and treated as a monument first in the 1950s. With national as well as international listing it has become easier to argue that these fortifications need to be handled in a sustainable way in order both to develop local economy and to preserve historical integrity. Listing, however, does not necessarily mean that resources are allocated for the preservation of monuments.

Preventive conservation has largely been missing in both cases. Funding has not been available to the extent that maintenance has been possible to carry out on annual basis. Conservation has generally been organized as large scale, one-time interventions with poor plans for future maintenance. Restoration has become necessary due to the absence of a regular activity of conservation and maintenance. Both Visby and Sabbioneta need an effective management plan to be implemented and followed up with a focus on preventive conservation.

Ownership and responsibilities differ between the two sites. In Sabbioneta it is still uncertain which parts of the wall belong to private citizens and which

A cura dell'editore

parts belong to the state. This leads to discussions of who is responsible for preserving the wall? In Visby ownership is clear but there are sections where private houses are built next to the wall, which makes monitoring difficult. Using ruins as support for houses is part of the inner city's building history, but it is causing damage to the wall. Property owners with gardens in connection to the walls can be in risk entering their garden if maintenance is not prioritized. These properties may in time decrease in value if they cannot be used. Government agencies, municipalities, property owners and citizens need to work together to better realize the potential of these sites. Ownership and responsibility for maintaining the walls would need more investigation in order to secure their future as part of world heritage sites.

The municipalities of Sabbioneta and Visby are without doubt dependent on tourism for their economic development. Since the 1990s the wish to use the wall and ruins in Visby more actively for commercial purposes has become much stronger. (Balksten & Mebus 2013) The walls and the UNESCO statement have undoubtedly favored tourist attractiveness, although Visby was already established as a health resort and site of historical interest. Here the problem is mainly how to combine the protection of the walls and its economic benefits due to the use by tourists. In Sabbioneta, however, the economic benefit from tourism is linked exclusively to the image of Renaissance capital embodied by the built heritage and the walls, as emphasized by the UNESCO statement. In Sabbioneta, then, the question is not so much how to protect built heritage from tourism, but as enhancing the ability of the heritage to attract tourists and if a specific task may be entrusted to the walls. The two cases show that increased attention from tourism can be of benefit to preservation. Historical monuments have the potential to act as magnets on tourism, but if these resources are not to be depleted, some of the revenues of tourism need to be spent on measures slowing down the decay of the walls.

In Visby, after the campaigns of the 1980s and early 1990s, the walls have suffered from a consistent lack of attention. The need for preventive conservation has been dramatically renewed after the most recent collapse. The walls are still the most distinctive feature of Sabbioneta and their preservation represented the main item of the recent campaign. After a season of large (and co-financed) restorations, the challenge is to practically develop the preventive conservation, which is not a novelty if we look back to recent past. The "cultural district" may help in this phase, renewing the contemporary importance of the walls as a source for the local economy and the building activity, today represented by the preservation field. The "cultural district" may also function as an intermediate between the public body and the private operators, even

when the financial support of the banking foundation will end. This will require good cooperation with the UNESCO office and the Italian regulatory system, particularly with the institutions devoted to monuments and landscape preservation.

References

- Badia, F. (2012) *Contents and aims of management plans for World Heritage Sites: a managerial analysis with a special focus on the Italian scenario*, in: «Journal of Cultural Management and Policy», Vol. 1, N. 1, pp. 40-49
- Balksten, K. & Mebus, U., eds. (2013), *Bråk av ruiner*, Visby: Fornsalens förlag.
- Balksten, K., Thelin, C. (forthcoming 2014), *Construction and materials of Visby medieval city wall – risk of damage*, in: Proceedings of 9th International Masonry Conference 2014
- Boroni Grazioli G., Fasser M., Roncai L., eds. (2001) *Le mura di Sabbioneta: dal Restauro alla Manutenzione ed alla Visitabilità*, Viadana: Arti Grafiche Castello.
- Boroni Grazioli G. (2013), *La vicenda urbanistica di Sabbioneta nel primo Novecento*, in: G. Sartori, L. Ventura, eds. *Nonsolosabbioneta* secondo, 69–77
- Busi, M. (2011) *Il Piano di gestione del sito UNESCO “Mantova e Sabbioneta”*, in: Progetto e tecnologie per la valorizzazione dei beni culturali, Sant’Arcangelo di Romagna: Maggioli Editore, 33-44
- Casserstedt, B. (1986), *Klinten i Visby*, Visby: Hanseproduktion.
- Clark, K. (2010), Values in Cultural Resource Management, in: G.S. Smith et al (eds.), *Heritage Values in Contemporary Society*, Walnut Creek: Left Coast Press, 89–99
- Cnatingius, N., ed. (1996), *Rädda Visby ringmur!*, Danderyd: CEMENTA
- De Seta, C. (2010), *La città europea dal XV al XIX secolo. Origini, sviluppo e crisi della civiltà urbana in età moderna e contemporanea*, Il saggiatore, Milano.
- Eckhoff, E. & Janse, O. (1922, 1936). *Visby stadsmur. D. 1–2*, Stockholm: W & W.
- Edlund, L. (1996), Visby som världsarv, *Götlandska Arkiv* 68, 183–196
- Falini, P. E. (2013), *Le mura: conservazione e valorizzazione*, in: G. Sartori, L. Ventura, eds. *Nonsolosabbioneta* secondo (Sabbioneta, 29 May 2010), 69–77, 150
- Gazzola, P. (1967), Sabbioneta, Proposta per la rinascita della città, *Civiltà Mantovana*, s. II anno 7, January–February, 1–38
- Hammarlund, G. (1961) Utredningar och projekteringshandlingar, documents in Gotland Museum Archive, Visby
- Hildebrand, H. (1881), Visby ruiner, *Kgl. Vitterhets historie och antikvitetsakademiens månadsblad* 10, 87–91
- Hildebrand, H. (1891) Visby stadsplan, *Kgl. Vitterhets historie och antikvitetsakademiens månadsblad* 20, 21–28

A cura dell'editore

- Jonsson, M. (1981) Vård av Visby ringmur och ruiner genom seklen, *Gottländskt Arkiv* 53, 107–118
- La salvaguardia dei monumenti storici dalla vegetazione infestante* (1988), Atti del convegno internazionale, Teatro Olimpico di Sabbioneta, 23 May 1987, Sabbioneta, Cremona
- Legnér, M., Ponzini, D., eds. (2009) *Cultural Quarters and Urban Transformation: International Perspectives*, Visby/Klintehamn: Gotlandica Förlag
- Moioli, R. (2011) *Il Centro di competenza per la Conservazione preventiva e programmata del patrimonio storico-architettonico*, in: Progetto e tecnologie per la valorizzazione dei beni culturali, Sant'Arcangelo di Romagna: Maggioli Editore, 65-74
- Pedersen, A. (2002) *Managing tourism at world heritage sites: a practical manual for world heritage site managers*, Paris: Unesco
- Rinaldi, L., Trivini Bellini, S. (2008), *Sabbioneta. Da città ideale a Patrimonio dell'Umanità*, in: L. Rinaldi, D. Vecchio, eds. (2007), *Bollettino 2006-2007 Soprintendenza BAP di Brescia, Cremona e Mantova*, Brescia, Grafo, 73–82
- Ripp M., Eidenschink U., Milz C., (2011) *Strategies, policies and tools for an integrated World Heritage management approach: Experiences from the city of Regensburg*, in: «Facilities», Vol. 29 Issue 7/8, pp. 286 - 302
- Roncai L. (2004), *Sabbioneta dopo Vespasiano Gonzaga*, in: Colmuto Zanella, G., Luciano, R., eds., *La difesa della Lombardia Spagnola*, Cremona: Ronca Editore, 265-278
- Svahnström, G., Janse, O. (1984), *Visby stadsmur*, 5 ed., Stockholm: RAÄ
- Thelin C., Balksten K., Höst F. (2014) *Collapse and rebuilding of a medieval city wall - a structural and material assessment*, in: Proceedings of 9th International Conference on Structural Analysis of Historical Constructions, Mexico 2014
- Uggetti C. (1915), *Per l'abbattimento delle Mura di Sabbioneta*, Mantova: Apollonio

Bilaga 4

Från ståtlig befästning till vittrande världsarv

– En jämförelse av byggnadstekniska metoder för sammanbindning av skalmurar

Julia Gustafsson och Johanna Silvemarm

Examensarbete HS105X, 15 hp inom Byggnadsteknik och Design, KTH, 2013:58

Sammanfattning

Detta examensarbete behandlar byggnadstekniska metoder med syftet att sammanbinda skalmurar. Arbetet utförs i samband med ett pågående forsknings- och utvecklingsprojekt rörande restaureringen av Visby ringmur på Gotland. Forskningsprojektet startades på uppdrag av Riksantikvarieämbetet efter ett murras i februari 2012.

Visby ringmur är en medeltida befästning av gotländsk kalksten som till huvudsaklig del uppfördes under åren 1250-1288. Muren är konstruerad som en skalmur vilket innebär en icke homogen mur bestående av två murskal med mellanliggande kärna. Senare på 1300-talet förhöjdes muren vilket bidrog till en överbelastning av främst det yttre murskalet. Detta i kombination med upprepad frostsprängning är sannolikt två av orsakerna till murraset 2012.

Metoderna som undersökts är ommurning med bindstenar, sammanbindning med kramlor och dragjärn samt uppstöttningsmetoder med kontreforter. Dessa metoder studeras i fråga om verkningsätt samt lämplighet för Visby ringmur. Murning med bindstenar innebär att stenar med regelbundet mellanrum i ett murskift placeras tvärgående med kortsidan utåt, detta för att skapa en sammanbindning mellan murskalen i en skalmur. Kramlor och dragjärn ska även de verka som förbindare mellan murskalen, de kan exempelvis utgöras av ett rundstål som infästs i vardera murskal. I rapporten undersöks dessa utifrån dragkraft i kombination med dess böjmoment. Önskvärt är att såväl kramlor som dragjärn ska kunna följa murens naturliga rörelser samtidigt som de ska sammanbinda murskalen. Slutligen undersöks kontreforter vilka muras mot skalmuren med syftet att ge stöd och uppta horisontala krafter. Kontreforter kan variera i utseende, i detta fall studeras kontreforter som muras av kalksten i vinkel mot murväggen. Med hjälp av ett jämviktsförhållande undersöks lämpliga dimensioner för kontreforterna.

Alla beräkningar i denna rapport baseras på ett antal antaganden om lastförhållanden för muren i samverkan med vald byggnadsteknisk metod. Teorier enligt Eurokoderna inte är utformade för äldre murverkskonstruktioner och därav inte alltid tillämpbara.

Resultaten visar att alla nämnda metoder skulle kunna tillämpas på muren om de utförs med lämpliga dimensioner i kombination med andra förebyggande åtgärder mot fukt- och frostproblemen. Dock skiljer sig lämpligheten för de olika metoderna åt med tanke på bevarandet av ringmurens kulturhistoriska värde.

Bilaga 5

Världsarvet rasar

– Visby ringmur och liknande försvarsanläggningar

Andreas Emilsson, Daniel Johnsson, Paul Thuveesson

Examensarbete 15 hp i byggnadsvård och byggteknik, Linnéuniversitetet, 2013

Sammanfattning

En del av Visby ringmur rasade i februari 2012. Tyréns som är ett konsultföretag inom samhällsbyggnad fick uppdraget ett år senare av Riksantikvarieämbetet att hitta lösningar för att åtgärda problemet. Detta examensarbete är gjort efter beställning från Tyréns och tar upp ringmurens konstruktion och förslag på hur man skall återuppbygga muren på ett kulturhistoriskt korrekt sätt. Hansestaden Visby och ringmuren är med på Unescos världsarvslista. De skyddas av kulturminneslagen därför ställs speciella krav på hur den ska vårdas och restaureras.

Rapporten tar även upp andra murkonstruktioner och lösningar som man har använt sig av på liknande murar runt om i Europa. För att ge inspiration till lösningar till uppbyggnaden av Visby ringmur. Liknande konstruktioner och murverk som har studerats närmare är fornborgarna Eketorp, Gråborg, Torsburgen, Roms stadsmur, Tallinns stadsmur och Kronobergs slottsruin.

Möjligheten av att använda sig av timmer som förbindare i Visby ringmur har studerats och jämförts med andra murkonstruktioner där man använt denna teknik. Tillvägagångssättet för att samla in det material som krävts har varit sökning i arkiv (ATA), fältstudier, böcker, internet samt mailkorrespondens med sakkunniga.

En bidragande orsak till raset är att man under 1900-talet använde cementbaserat fogbruk till Visby ringmur. Det fogbruket är starkare än originalmaterialet kalksten och kalkbruk som ringmuren är byggd av, detta har lett till att murkärnan har urlakats.

Bilaga 6

Visby vallgravar

– del av ett rikt kulturarv eller bara en kuliss?

Daniel Hofling

Examensarbete 15 hp i Kulturvård, Uppsala universitet – Campus Gotland, 2014

Sammanfattning

Kulturmiljövårdens hantering av de gröna miljöerna har länge varit bristfällig, vilket Visby vallgravar utgör exempel på. Parkområdet som sträcker sig utmed ringmuren från norr till söder ger idag ett till viss del naturpräglat intryck trots att det under slutet av 1800-talet genomgick omfattande planteringar och därmed i hög grad är medvetet gestaltat. Detta har medfört att kunskapen om varför vallgravarna ser ut som de gör är otillräcklig. När Visby togs upp på UNESCO:s världsarvslista 1995 pekades vallgravarna ut som buffertzona. På ett kontrasterande sätt har man från kommunal sida på senare år utvecklat planer för exploatering både i och nära inpå vallgravsområdet.

Undersökningen har syftat till att med Visby som exempel belysa hur gröna kulturmiljöer kan komma att tolkas på olika sätt när vi väljer att tillskriva dem särskilda tidslager och därmed bortse från andra. Dessutom har syftet varit att syna hur buffertzonkonceptet applicerats i den kommunala planeringen och på detta sätt lyfta fallet till ett internationellt perspektiv.

Undersökningen har visat på att Planteringsgilletts verksamhet till stor del format dagens vallgravsområde. Samtidigt har historiens bristande förvaltning tillsammans med senare års "medeltidifiering" lett till att fokus riktats bort från senare historia och snarare koncentrerats till medeltiden. I relation till den medeltida världsarvsstaden och ringmuren har vallgravarna kommit att mer utgöra en kuliss än en del av kulturarvet. Buffertzonkonceptet har visats möta problem i implementering i nationell lagstiftning vilket är ett av skälen till ett avvaktande förhållningssätt till området i världsarvsfrågan. Paradoxala motsättningar i form av exploateringsplaner och en vilja att utöka och tydliggöra världsarvet är ett av resultaten som uppvisat ett behov av att öka kunskapen och på ett tydligare sätt säkra världsarvets och vallgravarnas fortlevnad.

Bilaga 7

Visby Ringmur

– Restaureringar och förändringar – 1800-talet och 1900-talets första hälft

Louise Danielsson

Examensarbete 15 hp i Kulturvård, Campus Gotland/Uppsala universitet, 2014

Sammanfattning

Sedan raset som skedde på Visby ringmurs östra sida i februari 2012, så framgår det med tydlighet att ringmuren är i behov av att genomgå underhålls- och restaureringsarbeten. Arbetet med att återställa raset är i full gång, men den nuvarande situationen påkallar ändå information om tidigare utförda underhållsarbeten som gjorts på ringmuren.

Detta arbete är en sammanställning på hur arbetet med ringmuren såg ut under 1800-talet och delar av 1900-talets början. Arbetet redovisar ringmurens olika händelseförlopp i kronologisk ordning, var och när större ras har skett, åtgärder och åtgärdsförslag har gjorts, spekulationer och undersökningar som genomförts på varför ringmuren har rasat och vilka delar som under denna period var i akut behov av underhållsarbete.

Arbetet visar också på vikten av noggrann dokumentation under hela händelseförloppet, från det att planering av åtgärder påbörjas, vilka förslag som finns vilket som väljs och varför, vad för typ av byggnadsmaterial och teknik som används, och slutligen en slutrapport på hur resultatet blev. Detta för att i framtiden kunna gå tillbaka i den dokumentation som gjorts och se vad som kan tänkas vara mer eller mindre bra att använda i framtida restaureringsåtgärder.

Plankarta ur Visby stadsmur av Eckhoff



