

# FORUM

## Byggnadssten – brytning och bearbetning

av Tord Andersson & Helena Lundgren

**S**TEN ÄR ETT AV VÅRA ÄLDSTA och vanligaste byggnadsmaterial. Trots en lång tradition av omfattande användande av sten i byggnade är den allmänna kunskapen om sten mycket låg. I de flesta utbildningar på området, t. ex. arkitektutbildning, ingenjörutbildningar och övriga byggtkniska utbildningar, saknas inslag av stenkunskap. Detta har bidragit till en underlig föreställning om sten som ett beständigt material eller ibland som ett irreparabelt material. Även den tekniska användningen av sten idag blir begränsad och i många fall felaktig.

Den snabba industrialiseringen inom svensk stenhantling har dock medfört att tidigare självklara kvalitetsarbeten i sten som förut utfördes hantverksmässigt i varje verkstad minskat kontinuerligt. Helt klart innebär detta på sikt en sänkning av en del hantverksskicklighet och kunskapsnivå vad gäller sten som material och dess rätta bearbetning samt användning.

### **Brytningsteknik från antiken till modern tid**

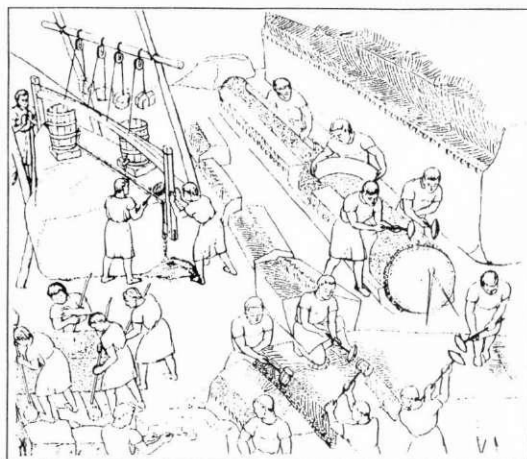
Lämningar efter de allra äldsta exemplen på brytning av natursten har påträffats i Egypten från ca 3 000 f. Kr. I stenbrottet finns spår av en

verksamhet som möjliggör en rekonstruktion av hur stenhuggarna lösgjort blocket från berget. Med avseende på vilka verktyg som stod till buds är tekniken beundransvärd. Järnbearbetning var inte känd och allt arbete har således utförts med sten- och kopparverktyg.

Brytningen har med största sannolikhet skett på två sätt beroende på stenens brytbarhet i vertikal och horisontell riktning. Spår av kilhål visar att man först borrar en rad med parallella hål, en s. k. kilsöm. I hålen har man sedan slagit ner torra kilar av trä (fig. 1). När dessa har blötts med vatten har träet svällt och ett hydrauliskt tryck utvecklats, vilket var tillräckligt stort för att spränga berget. Ett annat tillvägagångssätt var att hugga ut stenen med sten- eller kopparmejslar. Flera halvfärdiga kolonner och obelisker, som ligger kvar i brottet, möjliggör denna rekonstruktion av arbetet.

Tekniken att med borr och kil spräcka berget med utgångspunkt från lagerriktningen används fortfarande. Hydrauliken ombesörjs numera av t. ex. oljepumpar. Tillvägagångssättet varierar, men principen är ofta densamma.

I antikens Grekland och Rom förbättrades hantlingen av stenen genom utveckling av borr-



Figur 1. Teckningen visar arbetet i ett äldre tiders stenbrott. Moment som brytning genom kilsöm, ramsågning samt manuell huggning till cylindrisk form.

ning, sågning och huggning. Genom att konstruera borrar som kunde härddas, uppnådde man en effekt som var betydligt större än den äldre teknikens med sten och kopparverktyg. Även järnkilar med bleck användes. Genom att slå i ett antal kilar, vilka sedan bearbetades jämnt med slägga, spräckte stenhuggarna stenen i önskad riktning. Denna teknik med handkraft har varit bruklig ända fram till 1900-talets början och används i viss utsträckning fortfarande. Borring görs numera givetvis med el och tryckluft.

Den moderna stenbrytningstekniken, som utvecklades i slutet av 1800-talet, utgår från olika metoder att spränga loss stenen ur berget. Man talar om kilsöm, borrsöm och skjutsöm. Som framgår av namnen är det fråga om kilning och tät borring som lösgör stenen direkt samt skjutning som laddas med krut eller dynamit beroende på bergartens hårdhet. Stenen sprängs ut ur berget. Denna metod är allt för hård för lössten. Synliga sprickor ger tydliga kvalitetsförsämringar.

Sten har aldrig planlöst brutits ur berg. Kunskaper om bergens olika egenskaper har varit väl kända tack vare erfarenheter vunna under hundratalens år.

Stenen bryts i horisontella block, s. k. pallar. Först gör man ett vertikalt slag, s. k. tvärslag eller borrslag. När botten är nådd benämns detta

bottenslag. Stenens brytbarhet är i högsta grad knuten till dess bildningshistoria. De sedimentära bergarterna och vissa metamorfa bergarter har tydlig klovriktning i horisontalplanen vilket underlättar brytningen. Detta är en av anledningarna till att sådan sten blivit mycket utnyttjad i skulptur och arkitektur genom årtusenden.

Sågning i berg har också en mycket lång tradition. Ram och wiresågar är de äldsta typerna. Ramsågningen finns beskriven redan under antiken. Den användes till kapningen av block som lösgjorts ur berget genom kilning. Sågen består av en ram med ett sågblad av järn utan tänder (fig. 1). Ramen är upphängd i rep på en ställning så att den lätt kan svänga fram och tillbaka. En sandvattenblandning användes som slipmedel för att järnbladet skall komma igenom stenen. Sanden hälldes i sågspåret och sågen svängde fram och tillbaka och arbetade sig långsamt genom stenblocket. Wiresågning går till på liknande sätt. I stället för sågblad används en wire som löper på trissor. Sandvattenblandning användes även här som slipmedel. Metoden är särskilt väl utvecklad i Carrara i Italien där ett wiresystem byggts upp över hela berget.

De båda typerna av sågning används fortfarande, men drivkraften är givetvis effektiviserad och istället för sandvatten har man övergått till tänder med industridiamant både på bladet och på små rullande trissor på wiren.

Under 1900-talet har även sågning med klingor blivit aktuell. Dessa stålbingor är likaså besatta med industridiamanter. Ett nödvändigt kylmedel vid all sågning av sten är vatten. På så sätt skyddas såväl verktyg som sten, vilken annars lätt deformeras och spricker av värmen.

Från traditionell sågning och brytning av sten avviker jetbrännarmetoden som används vid brytning av granit. Genom att blanda olja och tryckluft uppnås, genom en brinnande gas, temperaturer som är tillräckligt höga för att man skall kunna skära loss sten ur berget.

### Bearbetning på byggplatsen

När stenen levererats till byggplatsen började en ny process innefattande huggning och monte-

ring. Via ett större antal avbildningar t. ex. glas-målningar och bokminiatyrer känner vi till hur stenen lyftes på plats i en byggnad.

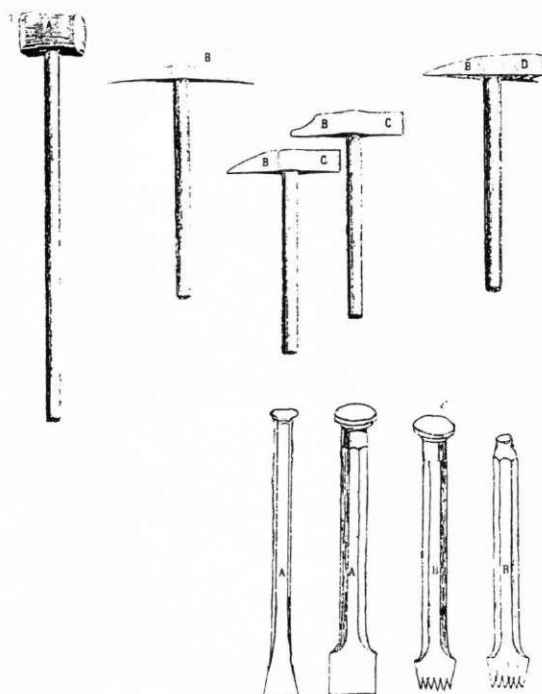
Arbetsplatsen var ännu på 1800-talet uppbyggd som en hytta med hantverkare av olika slag. På platsen fanns timmermän, stenhuggare, bildhuggare, glasmakare, murare m. fl. Alla hantverkarna hade sin givna plats i bygget. Större kyrkobyggen krävde ett stort antal stenhuggare på plats samtidigt. Arbetet styrdes av en byggmästare som ursprungligen även fungerade som arkitekt. För kontroll av arbetet hade varje stenhuggare sitt eget stenhuggarmärke. Härigenom framgick lätt hur mycket han gjort då betalning skedde efter antal huggna stenar. På byggplatsen fick således stenen sin slutliga utformning, i vissa fall före uppsättning, i andra när stenen satt på plats.

Samma typ av lyftanordningar som dem som användes i stenbrotten användes även på byggplatsen, vilket även framgår av ett antal bevarade bilder som schematiskt beskriver byggprocessen. Att kunna lyfta stenen så att den kan sättas direkt på muren är en förutsättning för ett rationellt och snabbt byggande. Så gott som samtliga hål för lyftanordningar är, liksom signeringar i det färdiga byggnadsverket, dolda mellan fogarna.

Från 1920-talet, då stenen utgjorde en ytterbeklädnad, underlättades givetvis byggandet genom att de flesta stenarna kunde sättas fast med handkraft efter att ha hissats upp på byggställningar.

De sågar som användes på byggplatsen har stora likheter med timmersvansen; sågningen utfördes således med en man i vardera änden. Till mycket lösa bergarter användes, liksom till trä, tandade sågar.

Redan under förhistorisk tid kunde man på två sätt tillverka cylindriska former. Formen kunde antingen huggas för hand ur ett kvadratisk snitt eller svarvas. Svarvningen utfördes genom att man fäste arbetsstyckets bägge ändar i en låda varvid stenen rullades fram och tillbaka med ett rep. Med ett svarvstål formades stenen till den cylindriska formen.



Figur 2. Exempel på stenhuggarens olika typer av klubbor och mejslar. Varje verktyg har sitt specifika användningsområde.

### Stenhuggning

I murar ses ofta ett medvetet behuggningsmönster av block och stenyta. Efter grovutformning börjar det egentliga stenhuggararbetet. Först huggs en plan yta. Till detta nyttjas en rätskiva, vinkelhake, mejsel, klubba eller hacka. Om mejseln väljs huggs en jämn kant på det råhuggna blockets ena sida, man gör ett s. k. kantslag. Därefter huggs resten bort i nivå med kantslaget. Sedan fortsätter samma moment på stenens övriga sidor. Detta förfaringssätt går att se på kvaderblock i de svenska medeltidskyrkorna eftersom kantslaget framstår som en dekoration på utsidan.

Stenytan kan också huggas plan med en spets-hacka eller en tvärställd hacka. Ett grundläggande moment i stenhuggarutbildningen är att kunna forma ett vinkelrätt hörn. Ytans form och struktur är avgörande för vilken metod och vilka verktyg som skall användas.

Stenhuggarens verktyg utgörs av ett antal klubbor och mejslar (fig. 2). Varje verktyg har



Figur 3. Länsresidensets portal i Göteborg. Den nuvarande portalen är en nyhuggen kopia av den ursprungliga, vilken demonterades på 1970-talet på grund av kraftiga vittringsskador. Den ursprungliga portalen skulpterades i lösa delar som sammanfogades på plats under år 1649. För stenarbetena svarade sannolikt Christian Pfundt ("Christian Stenhuggare"). Stenarbetena är av mycket hög kvalitet och objektet är ur flera avseenden att betrakta som synnerligen unikt. Endast ett fåtal arbeten i landet skulle kunna mäta sig med den tekniska och konstnärliga kvaliteten i denna portal.

sitt användningsområde. Ofta är ytbehuggningen enbart dekorativ. Vågmönster skapar stenhuggaren genom att vinkla mejseln åt ena, än det andra hållet. Genom att variera mejselspårens bredd och djup uppnås andra effekter. Ibland eftersträvades en så plan yta som möjligt. För att ge fäste åt puts och färg gavs en sådan yta ibland en punktvis ojämnhet. På kvadersten var man i allmänhet nöjd med en plan, dekorerad yta men bildhuggaren fick ge utlopp för sin fulla kapacitet vid huggning av skulptur och ornament som oftast ingick som viktiga element.

Både de egyptiska gravarnas scrafitliknande ristningar och de stora katedralernas skulpturgallerier svarade mot alla de konstnärliga och tekniska krav som kunde ställas på en bildhuggare och dennes yrkesskicklighet.

Vid all skulpturhuggning fordras, även vid mer allmänt stenhuggeri, omfattande kunskaper. Inom stembearbetning är dessutom möjligheten till eget skapande stora. De inom arkitekturen under olika perioder rådande stilidealen har naturligtvis satt sin prägel på stenhuggarkonsten. Utvecklingen av olika varianter på samma stilideal är ofta klart urskiljbar. Kunskapen om detta gör det möjligt att ibland hänföra särskilda verk till olika bildhuggare eller grupper av bildhuggare. För att knyta en viss bildhuggare till ett verk kan man även studera huggningen i detalj. Mycket pekar på att verktygen lämnar spår som kan jämföras med fingeravtryck. Slagets hårdhet, längd och vinkel ger på stenytan avläsbara effekter. Det är för den insatte till och med möjligt att avgöra om stenhuggaren varit höger- eller vänsterhänt. Det är också så att det är möjligt att nå samma resultat via något olika tillvägagångssätt. En bildhuggare valde kanske att forma ytan med en pikmejsel medan den andre tog tandmejseln för samma ändamål. (Fig. 3.)

### Val av sten

Konsten att hugga i sten, såväl skulpterandet som annat stenarbete, har knappats ändrats genom seklerna. Utvecklingen och de stora skillnaderna ligger istället i form och val av stensmaterial.

Vid murning kunde stenkvaliteten variera då man inte var så noga med stenvalet. Vid val av sten till skulptur har kvalitetskravet alltid varit stort. Ren marmor, homogen sandsten har tillsammans med fossilfattig, finkornig kalksten använts tills reliefer och kapitälband. Det har troligen funnits vissa brott och vissa bankar i brott som varit särskilt lämplig för skulpturhuggning. Från dessa brott har man även exporterat sten för ändamålet. Ett exempel på detta skulle vara den gotländska kalkstenen som omkring 1200 exporterades till hela östersjöom-

rådet. Gotländsk kalksten exporterades även till Norge, Belgien och England.

Under vissa perioder var olika stensorter mer på modet än andra. Stenens färg och struktur är helt avgörande för valet av ytbearbetning. Sten som har en vacker färg och spännande struktur med fossiler etc. slipades och polerades. Sten med en mycket jämn kornstorlek högs till fin ornamentik och figurer.

I Sverige har stenvalet i äldre tid i de flesta fall varit inhemskt, men redan på medeltiden skedde en viss import från olika länder. Det är även känt att en del stenarbeten har utförts utomlands. Gustav II Adolf-statyns sockel i Göteborg är t. ex. huggen i Italien av Carraramarmor och Johan III:s sarkofag i Uppsala domkyrka är huggen i alabaster och belgisk kalksten. (Fig. 4.)

Den svenska exporten av sten skedde ofta i form av halvfabrikat som färdighöggs på platsen. Det finns också flera faktorer som tyder på att portalskulptur och annan arkitekturbunden sten även skulle färdighuggits efter montering. Beträffande Karolinska gravkoret och Centralpostens byggnad i Stockholm bekräftar de skriftliga källorna att bildhuggarna högg de slutgiltiga ornamenten på ställningarna efter att ämnena monterats. Skälet att montera stenen före färdighuggning var att undvika skador. För detta talar den ovillkorliga passning och perfektionism som kan observeras på våra kyrkor där hörn och kanter är helt fria från mekaniska skador som skulle varit mycket svåra att undvika om inte viss finishhuggning utförts efter montering. Det finns dock exempel som tyder på det motsatta förhållandet. I flera gotländska kyrkportaler förefaller kapitalbanden att vara för stora vilket har lett till att delar av ornamentiken dolts i väggen. Det verkar som om skulptur och andra dekorativa detaljer varit huggna för ett annat ändamål eller varit prefabricerade.

### **Material- och hantverkskunskap nödvändig**

Idag har en stor del av den hantverkskänedom som äldre tiders stenhuggare besittit gått förlorad eller fallit i glömska. Detta går stick i stäv



Figur 4. Sockeln till Gustav II Adolf-statyn i Göteborg från 1800-talets mitt är utförd i Carraramarmor, huggen av svenskfödd bildhuggare Lundberg i Italien och levererad till Göteborg i monteringsfärdigt skick.

med det faktum att restaurering är en allt mer växande sektor inom byggbranschen. Restaurering av äldre byggnadsverk kräver i många fall de yrkeskunskaper som finns hos sten- och bildhuggare respektive stenkonservatorer. Förutom hantverkskunskapen hos dessa yrkesgrupper krävs kompetent ledning.

Byggmästarens och arkitektens roll har från sekelskiftet drastiskt förändrats. I samband med att stål- och betongkonstruktioner fick sitt inträde försvann den gamla byggnadshyttan. Byggnadshyttan eller bygghyttan är benämningen på den verkstad där hantverkare, representerande olika yrken, utförde alla förekommande byggnadsarbeten under sakkunnig ledning av byggmästare och arkitekt.

Byggnadshyttan har successivt ersatts av specialiserade entreprenörer som var och en an-

svarar för sin del av projektet men saknar överblick av helheten. Parallellt med detta har byggmästarens och arkitektens arbetsuppgifter specialiserats. Byggmästaren har idag i princip helt försvunnit från arbetsplatsen. Byggledning, arkitekt, byggmästare eller entreprenör, saknar ofta teknisk och byggnadshistorisk insikt i hur byggnadsstenen är monterad och bearbetad.

Tidigare var kunskapen om olika material betydligt större hos t. ex. arkitekter. I samband med restaureringsarbeten på Centralposten i Stockholm gick arkiven och materialet från tiden för byggnadens uppförande igenom. Det visade sig då att arkitekten Ferdinand Boberg besatt en mycket djup och detaljerad kunskap om hur den för byggnationen aktuella Övedsandstenen fungerar och åldras.

### Sammanfattning

Sten är inget underhållsfritt material utan kräver vård och underhåll för att fungera som byggnadsmaterial. Rätt hanterad är sten ett mycket bra material med lång livslängd. I samband med restaurering och även nybyggande, är det av största vikt att det bland de involverade yrkeskategorierna finns kunskap om stenmaterialen, teknikerna, de olika ytbearbetningarna etc. Viktig för ett bevarande av det i sten utformade kulturarvet är även kännedom om såväl dagens metoder och möjligheter att konservera sten som äldre traditionella metoder för ytbehandling bl. a. i syfte att skydda stenytan. För ett tekniskt och antikvariskt lyckat restaureringsresultat är det nödvändigt att en gedigen kunskap om stenmaterialen och stenhuggning finns på såväl genomförandesidan som i projekteringsledet.

*Tord Andersson och Helena Lundgren, Restaurator AB, Stockholm och Göteborg.*

### Källor och litteratur

- Andersson, K. & Hildebrand, A., 1988, *Byggnadsarkeologisk undersökning. Det murade huset. 2.a upplagan*. Riksantikvarieämbetet.
- Andersson, T., 1983, "Måleri på sten". *Kulturminnesvård 3*. Riksantikvarieämbetet.
- Andersson, T., 1991, *Traditional Surface Treatment of Natural Stone: An Introduction. Structural Repair and Maintenance of Historical Building II*. Computational Mechanics Publications, Southampton.
- Axel-Nilsson, G., 1950, *Dekorativ stenhuggarkonst i yngre vasastil*. Lunds universitet.
- Björk, C., Kallstenius, P. & Reppen, L., 1988, *Sekelskiftes byggnadsteknik. Om arkitekten Valfrid Karlsson – Byggnadsverk och läroböcker*. Solna.
- Björk, C., Kallstenius, P. & Reppen, L., 1983, *Så byggdes husen 1880–1980*. Stockholm.
- Cornell, E., 1970. *Byggnadstekniken. Metoder och idéer genom tiderna*. Stockholm.
- Hall, T., 1981, *Arkitektens roll vid utbyggnaden av Stockholms malmar. Stenstadens arkitektur*. Stockholm.
- Hidemark, O., 1987, *Ett urval mästestycken 1644–1847. Murmestare. Murmestare embetet i Stockholm 1487–1987*. Uddevalla.
- Konsten i Sverige*. 1991. Del 1 och 2. 2:a upplagan. Red. Sandström, S.
- Lidén, H., 1974, *Middelalderen bygger i stein. En inføring i Steinhuggeri og murerhåndverket i Norge i middelalderen*. Oslo.
- Rollof, Y., 1989, *Stenlexikon med kulturhistoria*. Förlagsort okänd. ISBN 91-7970-770-X.
- Rosén, B. & E., 1992, *Det gränslösa hantverket. Kulturarv och framtid*. Byggeforskningsrådet. Stockholm.