

En hållbar utveckling? -Hållbarheten för bronsålderns keramiska deglar



Paul Eklöv Pettersson

Handledare: Anders Lindahl & Deborah Olausson

Institutionen för arkeologi och antikens historia

Lunds Universitet

2011

ARKM01 Examensarbete för masterexamen

Tack till

Jag vill passa på att tacka mina handledare Deborah Olausson och Anders Lindahl för att ni läst och kommenterat min uppsats samt väglett mig hela vägen från start. Tack till Anders Högberg, Mats Lönnberg, Ole Stilborg, Torbjörn Brorsson, Andreas Nilsson, Stella Macheridis, Rolf Petré och Peter Mörck för intressanta mail/-diskussioner. Ni har bidragit med många nya idéer och varit bra 'bollplank'. Jag vill även tacka Helena Alexandersson som lånade ut sandprover till mig inför uppsatsens arbete. Sist men inte mins vill jag också tacka Rebecka Erntell som gjort de 3D-modeller som ingår i registreringen av deglarna från Broåsen.

Abstract

The aim of this essay is to study bronze casting during the Scandinavian bronze age through the artefact crucibles. The main question is; how many castings has it been possible to do with the crucibles found at Broåsen Sweden before they had to be discarded? Other investigations of bronze casting have stated that 1-10 castings is the maximum amount of usage for a ceramic crucible, thereby making it a mass-produced and low value item. Earlier studies have however not focused on the crucibles themselves but rather some other part of the craft, making the usage, shape and content of the reconstructed crucibles used relatively inaccurate. By studying the Broåsen crucibles both in shape and raw material (clay and temper) eight replicas were made, representing three different groups of temper that were present in the original findings. These replicas were used to cast bronze in a reconstructed bronze age workshop. The results show us that two of three groups of crucibles were usable even after 20 castings. These two groups represent highly skilled craftsmen. The third group lasted for 1 to 6 castings and may represent a lower skilled group or a mistake made by the founders during the production, or more likely myself during the reconstruction. After the experiments the archaeological material from Broåsen was again studied. The replicas were used as a reference material to investigate for how many times the crucibles have been used. The conclusion was once again that the crucibles from Broåsen seem to have been useful even after 20 castings. This gives a hint about the knowledge of the bronze casters at Broåsen and thereby also their status in society.

Innehållsförteckning

1. Inledning.....	3
1.1 Introduktion.....	3
1.1.1 Syfte och frågeställning.....	3
1.1.2. Disposition.....	5
1.1.3. Bakgrundshistorik.....	5
1.1.3.1. Broåsen.....	5
1.1.3.2. Tidigare forskning kring bronsålderns deglar.....	6
1.1.3.3. Lera och magring.....	7
1.1.3.4. Form.....	8
1.1.3.5. Hållbarhet.....	9
1.2. Teoretiskt perspektiv.....	11
1.3. Metod.....	12
1.3.1. Studierna.....	12
1.3.2. Registrering.....	13
1.3.3. Tunnslipsanalys.....	13
1.3.4. Experiment.....	13
1.3.5. Terminologi.....	14
1.3.6. Thermal color test.....	14
1.4. Källkritik.....	14
1.4.1. Val av arkeologiskt material.....	14
1.4.2. Tunnslipsanalys.....	15
1.4.3. Experiment.....	15
2. Studie I.....	15
2.1. Material.....	15
2.1.1. Det arkeologiska materialet.....	15
2.1.2. Rekonstruktionerna.....	16
2.1.2.1. Tillverkning av tunnslip.....	16
2.1.2.2. Rekonstruktion.....	18
2.1.2.3. Arbetsplats och experiment.....	21
2.2. Resultat.....	22
2.3. Analys.....	23
2.3.1. Härdens utformning.....	23
2.3.2. Degelns form.....	23
2.3.3. Deglarnas magring.....	25
2.3.4. Hur valet av lera kan påverka experimentens resultat.....	26
2.3.5. Hur lagning förlänger livslängden på en degel.....	26
2.3.6. Varför deglarnas livslängd varierar.....	28
2.3.7. Den röda beläggningen.....	28
2.3.8. En arbetsdag vid bronshärden.....	28
2.3.9. Hur länge en degel håller.....	29
2.4. Sammanfattning av studie I.....	30
3. Studie II.....	30
3.1. Tillverkning av referensmaterialet.....	30
3.1.1. Tunnslipsanalys.....	31
3.2. Resultat.....	33
3.2.1. Form och utseende.....	33
3.3. Analys.....	35

3.3.1. Utseende.....	35
3.3.2. Polerade ytor.....	35
3.3.3. Sammanfattande analys.....	37
4. Slutsatser.....	39
4.1. Diskussion.....	39
4.2. Sammanfattning.....	40
4.3. Framtida studier.....	42
4.3.1. Hur förlänger en lagning hållbarheten?.....	42
4.3.2. Vad händer om man varierar lertyper?.....	42
4.3.3. Variera storleken.....	43
4.3.4. Öka mängden brons.....	43
4.3.5. Hur länge håller en hög smal degel med samma typ av magring som materialet från Broåsen?.....	43
4.3.6. Hållbarhet i förhållande till magring.....	43
4.3.7. Kartlägga olika typer av deglar under skandinavisk bronsålder.....	44
4.3.8. Utveckla en standard för att jämföra olika lokalers hantverksintensitet.....	44
4.3.9. Trä resp. järntänger.....	44
4.3.10. Hur länge håller en hög smal degel?.....	45
Referenser.....	46
Bilaga 1 Register.....	51
Bilaga 2 Kornstorleksfördelning hos Lera 1 & Lera 2.....	54
Bilaga 3 Experimentell förstudie.....	57
1. Deglarnas form och uppbyggnad.....	57
2. Tänger och metall.....	57
3. Bränslet.....	58
4. Verkstadens utformning och hur gjutningarna genomfördes.....	59
5. Slutsatser.....	62
Bilaga 4 Foton från 3D modeller.....	63

1. Inledning

Jag vill i denna studie närma mig bronslantverkaren i Skandinavien genom att studera en av de bäst bevarade föremålskategorierna kopplade till dess verksamhet; degeln. Den typ av deglar som används under skandinavisk bronsålder är tillverkade av keramik. Detta faktum har tillsammans med tidigare studier (presenterade nedan) lett till en allmän uppfattning om att dessa deglar hade en låg hållbarhet. Eftersom jag tidigare intresserat mig för experimentell arkeologi såväl som keramisk analys motiverade detta valet av uppsatsämne.

1.1 Introduktion

1.1.1 Syfte och frågeställning

Syftet med studien är att utreda hur många gånger en keramisk degel som användes vid bronsgjutning under skandinavisk bronsåldern höll. För att avgränsa frågeställningen har utgångspunkten för studien varit de deglar som ingår i det arkeologiska materialet från Broåsen, Grimeton s:n (Halland fig. 1). Studien är av vikt för den arkeologiska forskningen eftersom den berör följande områden;

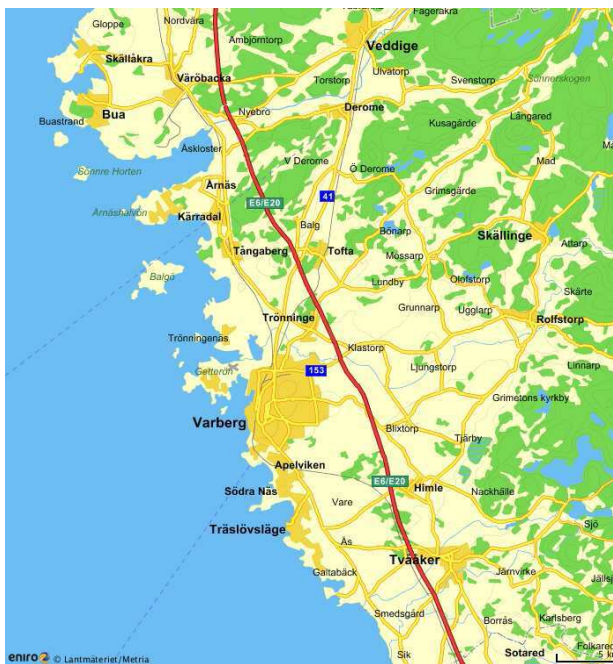
Det tekniska genom att visa på medvetenhet vid val av magring och lera. Vilka magringar har valts ut, hur har de ev. processats innan användning?

Det ekonomiska, dvs. hur högt värdet var på en degel, var det en förbrukningsartikel eller ett redskap som användes under en lång period?

Det sociala genom att visa på den dåtida bronsgjutarens behov av kunskap om lera/keramik därmed kunskapsnivå och ev. status. Kan vem som helst tillverka en degel eller krävdes en skicklig hantverkare? Frågeställningen blir därför:

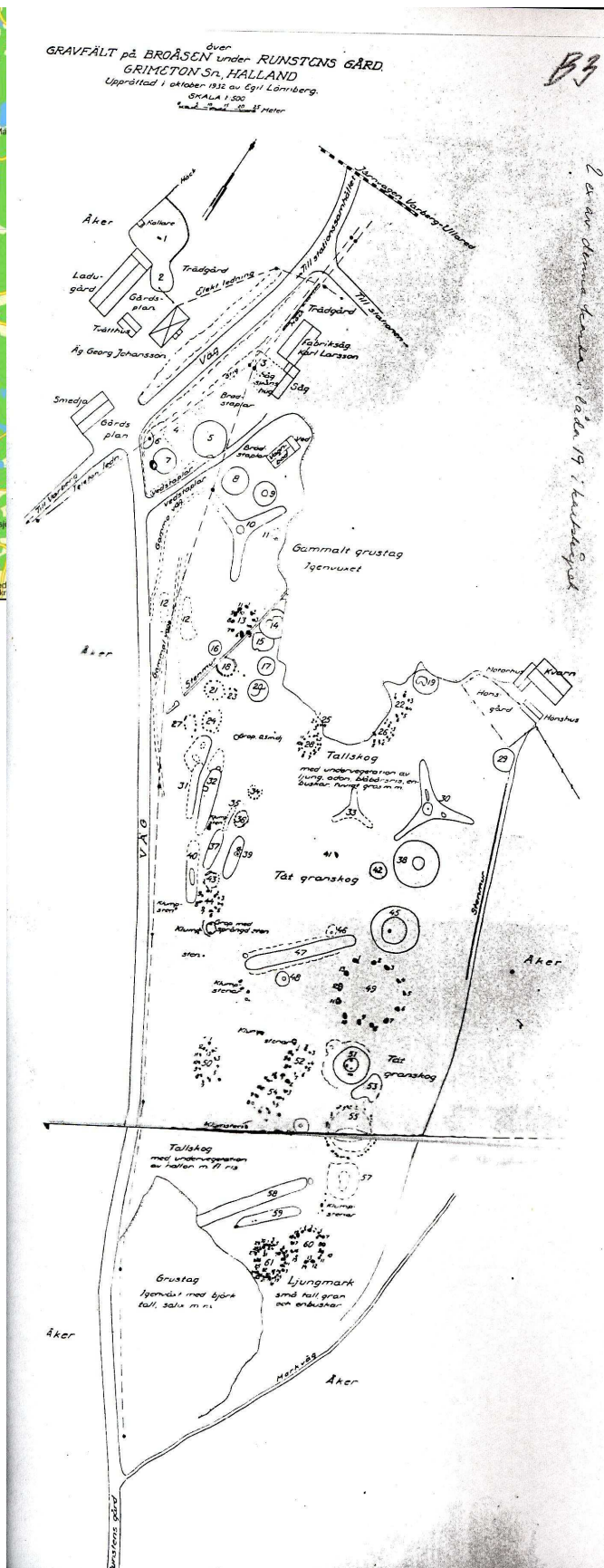
För hur många gjutningar har deglarna funna vid utgrävningarna av Broåsen, Grimeton s:n, hållit?

Som frågeställningen antyder är fokuset för denna uppsats de praktiska aspekterna av bronslantverket. Ett antal olika artefakter är kopplade till bronslantverkskontexter; gjutformar, tuyéres, tänger, härdplatsen och deglar. Valet av deglar som material grundar sig på det faktum att denna fyndkategori har en bättre bevaringsgrad än gjutformar, tuyéres eller själva arbetsplatsen i sig. Undantaget är formar av bergart såsom täljsten etc. Broåsen är ett intressant material för denna typ av studie eftersom det är kvantitativt stort. Lokalen Broåsen ligger i gränslandet mellan Sveriges västkust och södra Skandinavien (två områden med flertalet tydliga spår av bosättningar från perioden) (ex. Selinge 1994:20ff) vilket gör det intressant att i framtida undersökningar jämföra med fyndplatser längs med västkusten (ex. Bokenäs (Oldeberg 1942:165f)) samt Skåne och Danmark (ex. Bromölla (Petré 1959)).



A

Figur 1: A: Kartan visar läget för Grimetons kyrkby; öster om Varberg som syns vid kusten till vänster i bild. (www.eniro.se sökord:Grimeton) B: Planskiss över Broåsen (Lönnberg, Egil 1932 opubl.).



B

1.1.2. Disposition

Denna uppsats börjar med en kort genomgång av bakgrundshistoriken, där materialet från Broåsen presenteras såväl som en kortare beskrivning av keramiska deglar från andra orter i Skandinavien. Därefter presenteras kortfattat det teoretiska synsätt jag valt att arbeta utefter, följt av metodik. Uppsatsen delas sedan in i två delar där den första (studie I) syftar till att rekonstruera deglarna från Broåsen samt utföra experiment med dessa för att få svar på huvudfrågan; hur många gånger håller en degel? Den andra delen av uppsatsen (studie II) har som uppgift att undersöka möjligheterna att besvara frågan om hur många gånger en degel har använts genom att studera delar av ett material från Broåsen med tunnslipsanalys (se 1.3 Metod). Sist i denna uppsats ligger diskussionen samt sammanfattningen.

1.1.3. Bakgrundshistorik

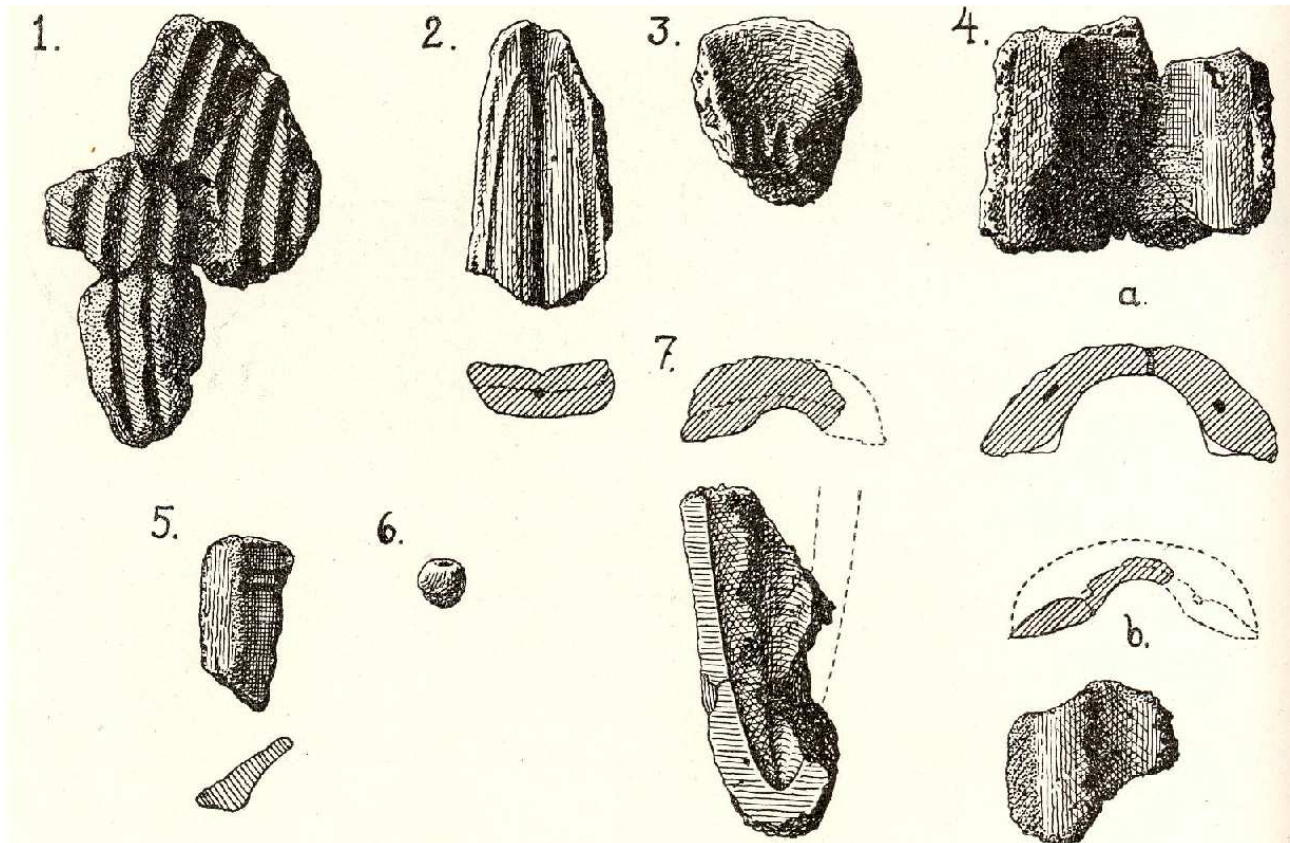
1.1.3.1. Broåsen

I anslutning till orten Grimeton i Grimetons socken, norra Halland, ligger en sandås vid namn Broåsen (fig.1). Under inventeringar utförda av Riksantikvarieämbetet har ca 45 stenkretsar registrerats, bl.a. stensättningar, domarringar och skeppsättningar. Dessutom har fem högar och tre långhögar dokumenterats (www.fmis.raa.se RAÄ 3:1). Platsen verkar alltså ha haft en lång kontinuitet som samlingspunkt i olika sammanhang, förmodligen ända från bronsålder fram till sen järnålder (Alin & Sarauw 1923:258). Under ledning av George Sarauw, museiintendent vid Göteborgs stadsmuseum, gjordes en utgrävning av den gravhög på Broåsen som i folkmun kallas *Götriks hög*. Högen visade sig vara daterad till vikingatid och efter att utgrävningen avslutats beslöts att även ett närliggande röse skulle undersökas. Undersökningen av röset antogs ta ”några timmar” men visade sig ta hela fyra säsonger i anspråk; 1914-1918 (Sarauw 1915:78f; 1919:84f; 1923:258f).

Röset grävdes i två stick, 30 cm vardera. Det bestod av skörbränd sten (ca 5-30 cm) som vilade på ett lager innehållande träkol och rester av brända ben ovanpå något som tolkades som den dåtida marknivån vid rösets uppförande. Konstruktionen kantades av en ring bestående av något större stenar (ca 30-60 cm). Det var något elliptiskt utformat, 7,3 resp. 6,5 meter i diameter med ett djup av 0,7 meter. Under röset hittades spår av en neolitisk bosättning (Sarauw & Alin 1923:259f). Röset innehöll en mängd fynd, vilka möjliggjorde en datering till bronsålder (Svensson 1940:100). Att göra en närmare datering var tyvärr inte möjligt enbart med hjälp av de fynd som påträffades i samband med utgrävningen. Totalt 196 fragment av gjutformar hittades. Enligt Sarauw var dessa keramiska kluvna eller s.k. ”äkta” gjutformar dvs. tvådelade (Alin & Sarauw 1923:260f). Man kan dock inte utesluta att vissa av fragmenten kan ha kommit från s.k. cire perdue-formar, dvs. engångsformar av keramik. I vissa fall kan man urskilja vilka föremål som gjutits och därmed ha en chans att datera formarna typologiskt. Det fragment som i detta fall framhålls av Sarauw och Alin är de påstådda resterna av en gjutform för en halsring från tidig bronsålder (fig.2 nr.1). Det finns dock en risk att denna tolkning är felaktig då fragmentet är så pass litet att det lätt kan misstas för något annat än dess ursprungsform. Utöver dessa gjutformar hittades även 302 fragment av hushållskeramik. Tyvärr kan inte heller dessa fragment ge någon närmare typologisk datering än bronsålder. Däremot hittades i det översta sticket ”endast 10 cm under rösets yta” (Alin & Sarauw 1923:262) en holkyxa daterad till period V-VI. Dessutom hittades en glaspärla under utgrävningen vilken tolkades vara daterad till äldre bronsålder och ha kommit till Skandinavien genom handelsutbyte. Förutom dessa hittades tre hela deglar, och ytterligare 17 deglar kunde sättas

samman utifrån fragment. Utöver detta hittades hela 222 lösa fragment av deglar (Alin & Sarauw 1923:260ff).

Dateringen av röset på Broåsen blir ännu mer problematisk genom att Sarauw hittade ytterligare fynd utanför röset vilka dateras till olika perioder: en skivyxa, en hjärtformad pilspets, en kedjelänk daterad till romersk järnålder samt en pilspets daterad till sen järnålder/medeltid (Alin & Sarauw 1923:263). Platsens långa kontinuitet samt spåren av den neolitiska bosättningen som påträffades under röset gör alltså tillsammans med fyndsammansättningen dateringen svår.



Figur 2: Fragment av keramiska former för bronsgjutning (Sarauw & Alin 1923:262).

Materialet tas upp av Sarauw (1915, 1919 & 1923) och senare Oldeberg (1942&1943), Svensson (1940), Lindälv (1967) och Sjöberg (1998). Tyvärr gör inga av dessa författare någon grundlig analys av deglarna. De nämns endast som kortast i samband med analys av bronser eller gjutformar.

1.1.3.2. Tidigare forskning kring bronsålderns deglar

Deglar omnämns allt som oftast i litteraturen tillsammans med artefakter/konstruktioner kopplade till metallhantverk såsom gjutformar eller ugnar. Oftast är deglarna då inte i fokus utan istället ges de, med få undantag (t.ex. Stilborg 2008), ganska kortfattade kommentarer. Eftersom forskningen kring deglar var och är starkt kopplat till forskningen kring metallhantverket i sig har den ofta en experimentell eller etnografisk prägel/grund (Oldeberg 1943:128; Larsson *et al.* 1986; Johansson 1986; Hagberg 1993; Nilsson 2008). Inom den experimentella arkeologin har sydsandinaviskt bronshantverk förknippats med bl.a. Tomas Johansson och Preben Rønne, genom publikationer som *Flydende bronze i digler og forme & Fortida teknik* (Rønne 1996; Johansson 1993). Utbildningar i ämnet experimentell arkeologi vid Lunds & Köpenhamns universitet, Lejre land of legends (f.d. försökscenter) samt Bäckedals folkhögskola bidrar ibland med rapporter angående bronsgjutning,

vilka i vissa fall har lett till publikationer (Kjærulf Andersen, A. 2007; Larsson *et al.* 1986). I dessa publikationer omnämns alltid deglarna, men eftersom de inte utgör experimentets huvudtema beskrivs de endast kortfattat.

Birgitta Hulthén har analyserat tunnslip av deglar från ett antal olika lokaler i norra Sverige daterade till bronsålder/tidig järnålder och konstaterar i *On ceramic ware in northern Scandinavia* (1991:29) att det förekommer både granit- och sandmagrade deglar, samt att det inte är ovanligt att deglarna även innehåller organisk magring som t.ex. hår. Vad som visade sig intressant var att flera deglar som undersöktes innehöll asbest, något som inte syns i materialet från södra Sverige. Två lokaler i Skåne (Löderup och Björnstorp) från vilka deglar undersöktes visade sig innehålla en hög procenthalt sand (85 resp. 70%). Likaså en degel från en lokal i mellersta Sverige, Skälby, var magrad med ca 80% sand (Hulthén 1991:29). Tunnslip gjorda på keramiska forskningslaboratoriet i Lund (KFL), visar att sand och krossad bergart har använts som magring på vitt skiljda platser i Skandinavien (författarens bedömning). Exempel på detta är deglar från Arjeplog (krossad bergart) (Hulthén 1991:29) och Haag, Jylland (sand) (Neergaard 1908:273ff) samt Hallunda (krossad bergart) (Jaanusson 1981:19&61ff). Samtliga tre deglar är daterade till bronsålder .

En undersökning av två deglar från Kristineberg, daterade till bronsålder, visade att den ena var magrad med krossad granit, ca. 27% samt ca 10% i vad som tolkats som en lagning på godset. Den andra degeln antogs vara tillverkad av en osorterad sandrik lera, möjligen även magrad med krossad granit, något som är svårt att avgöra hos en osorterad jordart. Lagningen på detta andra prov var svår att undersöka då den stora mängden sand, ca 50%, lika gärna kunde tolkas som naturlig magring och därmed inte tillsatt (Stilborg 2007:36).

Sammanfattningsvis finns det alltså en stor variation av de olika typer av magring som använts för att tillverka keramiska deglar under förhistorisk tid. Stilborgs samt Hulthéns studier av material från vad som tolkas som dåtida tätorter samt landsbygd pekar även dessa på en skillnad i materialet som använts för att framställa deglar (Hulthén 1991; Stilborg 2008). Likaså är det enligt Stilborg (2008) en kvalitativ skillnad mellan hantverkare i tätorter resp. landsbygd, där landsbygden i större utsträckning har behövt förlita sig på goda leror istället för kunskap om vilka magringstyper som är användbara (se nedan). Vad gäller användandet av organisk magring verkar det finnas både i norra och södra Sverige (ex. Råinget och Björnstorp) (Hulthén 1991:29).

Andreas Nilsson skriver i sin magisteruppsats om två grupper av brons-hantverkare under bronsåldern. Han hävdar att fynd av vad som är att betecknas som lågkvalitativa artefakter, t.ex. de med gjutfel eller dålig ornamentik är tecken på att det funnits en 'gårdsproduktion' parallellt med en större produktion utförd av mer skickliga hantverkare (Nilsson 2008). Om detta stämmer finns en möjlighet att det även kan ses hos degelmaterialet från bronsåldern.

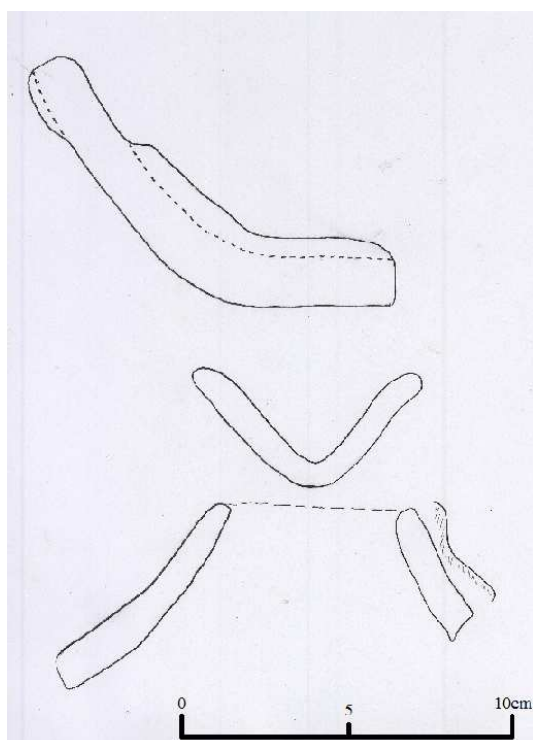
1.1.3.3. Lera och magring

Stilborg (2008) skriver i en undersökning av leran som använts som bas för deglarna från Helgö att det tycks finnas en variation i magringen hos de större resp. mindre deglarna (2008:211, 219). Detta mönster tycks även finnas hos deglar från Uppåkra (Stilborg 2003:137) medan deglar från mindre orter under järnåldern som Husby och Dagstorp visade på en mer homogen typ av lera. Stilborg anser att det finns två sätt att tolka detta på. Antingen har hantverkarna i Uppåkra och Helgö inte haft tillgång till god lera och därför varit tvungna att experimentera med olika magring för olika

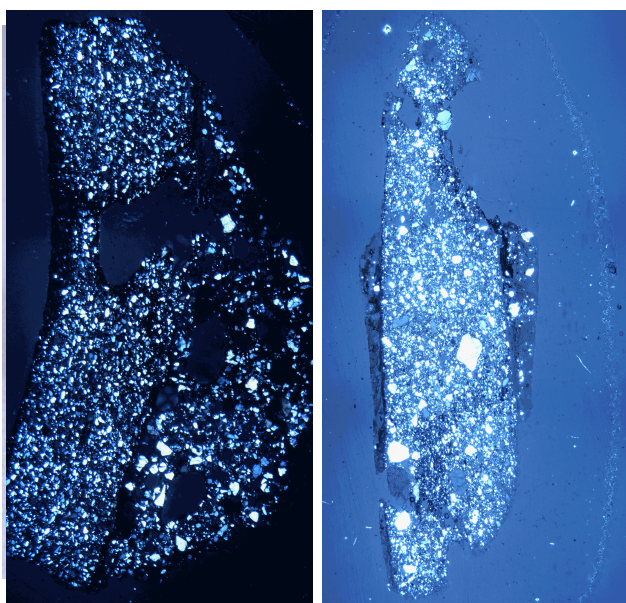
deglar, eller att hantverkarna på centralplatserna besittit så stor kunskap att de kunde använda vilken lera som helst och själva anpassa den till dess ändamål. Samtidigt har deras kollegor i Husby och Dagstorp var tvungna att leta igenom lertäkterna tills de hittade den 'perfekta leran' vilken de kunde använda till alla typer av deglar såväl som gjutformar. En annan anledning till att hantverkarna vid Husby och Dagstorp använde samma typ av lerblandning till sina deglar kan vara att produktionen bara pågick en kortare period (Stilborg 2008). Oavsett tolkning har Stilborg genom sin studie hittat ett samband mellan olika typer av deglar och olika magring. Det är visserligen spekulativt att anta att detta mönster även går att applicera på bronsålderns deglar men det bör heller inte uteslutas.

1.1.3.4. Form

Hur deglarnas form förändras (typologiskt) mellan olika tidsperioder är något som undersökts av bl.a. Oldeberg (1943:128f). Deglarnas utformning i södra Skandinavien tycks gå från låga ovala deglar med bred öppning och tillhörande hållpip för stöpfung (se 1.3.5. Terminologi nedan) under bronsålder till höga smala deglar med liten öppning under järnålder (variationer inom dessa former förekommer, se Oldeberg 1943:128f; Thrane 1994:13; Rönne 1996:52 Jakobsson 1996:74). Täckta deglar förekommer även, såväl från brons- som järnålder (Holmqvist *et al.* 1969:122; Carlie 1992:40; Hulthén 1995:9). Längden på de flesta deglar under bronsåldern är mellan 60 och 140 mm medan höjden kan variera mellan 40 och 60 mm (Larsson *et al.* 1986:47), men även här finns undantag. Vid Bromölla har ovala/runda deglar med ett djup av 70 mm påträffats (Petré munt. Fig. 3). Det är inte heller ovanligt att deglarna är skiktade i sin uppbyggnad (fig. 4) (Oldeberg 1943:126). Om detta beror på att de blivit lagade under användningen eller om degeln tillverkas i två skikt redan innan första användning har diskuterats. I de flesta fall råder det enighet om att det rör sig om lagningar (Oldeberg 1943:125f). Möjligheten att deglarna faktiskt var tillverkade i två skikt redan innan första användning har dock inte uteslutits (Larsson *et al.* 1986:47). En degel från Bromölla visar tydliga tecken på att ha bestått av två skikt redan innan första användning (författarens bedömning). Det är även värt att notera att deglarna funna vid Broåsen i de flesta fall har en bågformad undersida sett från långsidan (fig.5). Andreas Nilsson beskriver i sin CD-uppsats hur höga smala deglar är svåra att använda för hans gjutexperiment (relaterade till bronsålderns gjuthantverk). Han skriver bl.a. att degelns ”*form och storlek bör avgöras av hur härden ser ut och vad man skall gjuta*” (2008:20). Nilsson skriver vidare att en låg degel med bred öppning skulle vara att föredra för hans experiment (gjutning av brons i mindre cire perdue samt täljstens formar); en beskrivning som passa bra in på utseendet hos bronsålderns deglar.



Figur 3: Skiss av degelskärvor påträffade vid utgrävningar i Bromölla 1958 (RAÄ 16:1). Överst syns degelns vägg i profil, mitten; hällpipen i profil samt underst hällpipen sett uppifrån. Det beräknade djupet uppgår till ca 70 mm.



Figur 4: Från arkeologiskt material känner vi till att deglar som består av flera skikt har förekommit under bronsåldern i såväl norra som södra delen av dagens Sverige. Exempel på detta är orterna; Skälby i Uppland, Råinget i Ångermanland och Löderup i Skåne (Hultén 1991:29). Detta är även synligt i tunnslip. Exempel på detta är bl.a. dessa två slip vilka är gjorda på deglar från Uppåkra daterade till (för-)romersk järnålder (KFL, Lund) (foto: förf.).

1.1.3.5. Hållbarhet

I samband med experimentella studier eller rekonstruktioner har hållbarheten hos deglar ibland noterats. I litteraturen har jag hittat fyra olika exempel som presenteras nedan.

Andreas Nilsson skriver i sin CD-uppsats om gjutformar under bronsåldern. I denna studie utfördes ett antal försök där hållbarheten hos formar gjorda av täljsten stod i fokus, men även deglarna som användes i experimenten studerades. Nilsson skriver; ”De deglar jag använde klarade mellan 10-15 gjutningar” (2008:21). Han medger att detta kan bero på att hans erfarenhet vid det tillfället var låg och att en erfaren hantverkare borde klara av att hålla deglarna intakta under flera gjutningar. De

deglar som användes var gjorda i stengodslera (fig. 6). Detta innebär att de kan förväntas ha en mycket längre hållbarhet än deglar gjorda i lergodslera. Nilsson tillverkade även fem deglar av ett kalkrikt lergods (okänd lerhalt) magrat med 40-50% sand (fig. 6). Dessa deglar höll endast för en gjutning. De deglar som användes i Nilssons experiment hade andra former än de som är kända från Broåsen och som är vanliga över hela Skandinavien under bronsålder (Nilsson 2008).



Figur 6: Deglar som använts av Andreas Nilsson, till vänster; 10-15 gånger, till höger 1 gång. Skala saknas (Nilsson 2008).

”Bronzestöpgruppen” är en grupp arkeologer som vid *Lejre land of legends* arbetat med att genom experiment undersöka arbetet kring en bronshärd under bronsåldern. Gruppen tillverkade ett antal deglar kraftigt magrade med sand, vilka användes under experimenten (fig.7). De har genom sina försök kunnat dra följande slutsats:

”Hvis man sørger for, at de hver gang bliver opvarmet og afkølet langsomt, så kan digler genbruges 4-5 gange” (Kjærulf Andersen, A. 2007:26).



Figur 7: Två av Bronzestöpgruppens deglar. Skala saknas i originalpublikation (Kjærulf Andersen, A. 2007:26).

Marie Larsson, Anna-Karin Segrén, Martin Andersson samt Torbjörn Lindström arbetade under 1986 med att experimentellt undersöka om svensk kopparmalm kunde ha använts för att producera koppar i Skandinavien under bronsåldern. Vid dessa försök tillverkades ett antal deglar formmässigt lika bronsålderns men till skillnad från dessa var de gjorda av stengodslera. Leran magrades med en 75-90% blandning av sand, sågspån, kolstybb och renhår. Magringen hade bestämts genom tidigare experiment med just dessa magringstyper där även djurspillning testats som

magringsmaterial. Vid experimenten användes de främst i ugnar och författarna skriver angående deglarnas hållbarhet:

”Vi hade inga problem med deglarna som användes under flera försök. De deglar som gick sönder berodde på vår ovarsamhet” (Larsson et al. 1986:53).

Mats och Magnus Lönnberg har under 13 års tid arbetat med historisk bronsgjutning. De har i sitt arbete använt sig av flertalet typer av deglar, bl.a. av just bronsålderstyp. Under sitt arbete har de lyckats använda låga breda deglar ca 5-10 ggr. innan de gått sönder (Lönnberg opub.).

Exempel 1 visar hur hållfastheten är för lergodslera oavsett form samt höga smala deglar av stengodslera. Exempel 2 är ett experiment som i jämförelse med denna studie har utförts under mycket snarlika omständigheter. Exempel 3 visar på en hög hållbarhet för deglar med samma form som under bronsåldern (i jämförelse med exempel 1). Exempel 4 är produkten av en lång yrkeserfarenhet hos två bronsgjutare. Deglarna tillverkade av lergods har i dessa exempel haft en maximal hållbarhet av 1-10 gjutningar. Svaret på min huvudfråga borde alltså enligt dessa studier vara runt 10 gjutningar.

1.2. Teoretiskt perspektiv

Min studie har hermeneutiska drag, då jag studerar samma material i två omgångar. Första omgången är, som nämns under kapitel 1.3. Metod, vid undersökningen inför rekonstruktionerna. Den senare omgången är när jag studerar materialet från Broåsen med hjälp av de använda rekonstruktionerna.

Vad gäller uppsatsens olika delar; förundersökning, tillverkning av repliker, experimenten, de laborativa studierna och sist analysen av materialet från Broåsen anser jag mig arbeta utifrån olika teoretiska perspektiv. Enkelt sagt kan man säga att jag anser att själva experimenten i sig är klassiskt processuella av naturen men jag kommer att ha en post-processuell approach till resultat, såväl som den information som ligger till grund för experimenten. Jag anser alltså att ett experiment ger mig ett objektivt svar på en fråga. Denna fråga kan återupprepas och ge samma svar, något som ligger i ett experiments natur. Däremot är det viktigt att poängtera att själva frågorna jag ställer mig inför experimenten påverkar resultaten. Vilken information jag väljer att delge mig under min förundersökning samt hur jag väljer att tolka denna påverkar hur jag tillverkar replikerna och dessa två faktorer påverkar även vilka frågor som jag ställer inför, alltså hur jag utformar, experimenten. Här har jag en mer post-processuell inställning till min studie. Likaså gäller de svar som jag får ut ur mina experiment. Dessa kan jag tolka på olika sätt beroende på min kunskap och bakgrund samt inställning och synsätt på mitt material. Jag anser alltså att samma resultat kan tolkas på olika sätt av olika personer samt att samma material kan ge olika resultat beroende på hur experimenten utformas. Ett exempel: Olof Rudebeck, känd 1600-tals historiker, utförde ett experiment vars syfte var att utreda hur mytologins Jason och hans argonauter hade transporterat sina båtar genom Rysslands flodsystem i jakten på det gyllene skinnet. Tre metoder testades; bära båtarna, kasa dem på stockar och dra dem i rännor av trä smorda med fett. Resultat; att bära var den minst fördelaktiga metoden. Utifrån denna studie (vilken kan göras om och ge samma resultat) drogs slutsatsen att Jasons argonauter inte transporterade sina skepp mellan floderna genom att bära dem (Pettersson 2003:54). Vad som kan ändras i detta experimentet är de två parametrarna bakgrundsforskning och tolkning av resultaten, alltså inte resultaten av de specifikt ställda frågorna (experimentet). Idag

hade vi kanske inte ställt oss frågan om Jason (eller andra sjöfarare) transporterade sig mellan floder med just de här tre metoderna, vi hade kanske valt att testa några andra. Därmed ändras hela experimentet. Likaså hade vi antagligen idag inte tolkat resultaten på samma sätt, eftersom Rudebeck valde att se detta som ett bevis på att Jason mycket väl kunde ha färdats på Rysslands floder under antiken, eftersom han med sin bakgrundskunskap antog att Jason var en historisk person. Detta skulle antagligen inte en arkeolog idag göra.

Vad gäller de laborativa studierna ligger mitt teoretiska synsätt mycket nära det ovan förklarade. Själva studien av tunnslipen anser jag vara någorlunda objektiv, dock finns det felkällor så som att alla korn av magring inte räknas men i det stora hela har det visat sig att tunnslipsanalys av keramik magrat med minerogent material ger en någorlunda korrekt bild av såväl andel magring som kornstorleksfördelning (Eklöv Pettersson opubl.). Däremot finns det mer oförutsägbara parametrar som påverkar resultaten av en tunnslipsanalys, se 1.4 Källkritik längre ner. En sak som påverkar är var på godset hos keramiken som slipet görs. Vilka fler aspekter som bör beaktas inför en analys av just deglar är bl.a. vad denna studie har som syfte att reda ut. Oavsett anser jag att det post-processuella tankesättet passa mig bättre vid tolkningen av resultaten.

Sammanfattningsvis kan man alltså säga att denna studie använder sig av både ett post-processuell och ett processuellt perspektiv, och pendlar mellan dessa. Jag som författare tycker inte att det är ett problem utan snarare en fördel eftersom det gör det möjligt för mig att angripa problemet utifrån olika 'anfallsvinklar' (jmf. Eklöv Pettersson 2011).

1.3. Metod

Uppsatsen är uppdelad i två studier vilka har som syfte att med hjälp av två olika metoder besvara uppsatsens huvudfråga: För hur många gjutningar har deglarna funna vid utgrävningarna av Broåsen, Grimeton s:n, hållit?

1.3.1. Studierna

Studie I syftar till att besvara frågan experimentellt genom att använda rekonstruerade deglar för att smälta brons i och se hur länge de håller. För att rekonstruera de deglar som påträffades vid utgrävningen av Broåsen har dessa analyseras såväl i hänseende till form som innehåll och uppbyggnad. Form och variation av magring inom hela det arkeologiska materialet studeras vid registrering. Uppbyggnad och innehåll för prover utvalda för att representera hela det arkeologiska materialet undersöks genom tunnslip. Utifrån denna information har olika typer av magring valts ut såväl som ev. formskillnader och uppbyggnadstekniker. Dessa tre parametrar replikeras i ett antal nytillverkade deglar. Genom experiment och litteraturstudier utreds sedan hur deglarna bör ha använts, dvs. vilka komponenter bör ha ingått i en bronsverkstad och hur deglarna hanterats för att få en så lång livslängd som möjligt (se 2. Studie I). Replikerna används för smältning och gjutning av brons (10% tenn samt 90% koppar). Under experimenten noteras bl.a. hur många gånger en degel håller (huvudfrågan) samt hur ev. lagningar kan gå till väga/behövs, dvs. vad påverkar en degels livslängd?

Studie II Genom att utföra tunnslip på de repliker som tillverkats och använts i studie I skapas ett referensmaterial. Nästa steg är att applicera detta referensmaterial på det arkeologiska materialet från Broåsen. Genom att återgå till ursprungsmaterialet hoppas jag kunna bekräfta eller förkasta idéer om uppbyggnad, användning, innehåll och framförallt om det går att urskilja tecken på det

antal smältor som degeln använts till. Detta innebär att experimenten i studie I inte bara innefattar deglar som använts ett maximalt antal gånger utan även deglar som använts och kan representera ett visst bestämt antal gångers användning. Därmed är experimenten även en del av studie II. Tanken är även att referensmaterialet skall kunna användas för studier av andra arkeologiska material och komma att utvecklas i senare undersökningar.

1.3.2. Registrering

Registreringen av det keramiska materialet, dvs. de skärvor och kompletta deglar som hittades under utgrävningen av ett skärvstensröse på Broåsen Grimeton s:n, Halland, utfördes på Göteborgs stadsmuseums magasin. Tjocklek och vikt noterades för samtliga tillgängliga skärvor, och dessa ritades av undantaget inv. nr. 5969. Samtliga tillgängliga hela/sammanfogade deglar samt de tio skärvor som valdes ut för analys fotograferades. I samband med registreringen gjordes två 3D-modeller av skärva 5959G201 resp. 5969G202A (se bilaga 4).

1.3.3. Tunnslipsanalys

Ett tunnslip tillverkas genom att en keramikskärva först sågas på det ställe där provet skall tas. Den flata sidan av den halva skärvan poleras och limmas fast på ett objektsglas. Därefter sågas den större delen av skärvan bort så att endast ett tunt skikt av keramik återstår på objektsglas. Genom att slutligen polera ner detta skikt till 0,03 mm är det möjligt att undersöka sammansättning/uppbyggnad och till viss mån typ av lera genom att i ett bildanalysprogram ("Nikon NIS elements") utföra beräkningar på bilder tagna i polarisationsmikroskop. De delar av godset på vilka tunnslipen gjordes kan ses i fig. 9. Snitten bestämdes utifrån specifika frågeställningar (som t.ex. hur långt in en spricka går; 5969G140 eller hur homogent ett material är; 5969G198) eller på den plats där skärvan var som tjockast för att få en så stor yta som möjligt för analys (ex. skärva 5969G199).

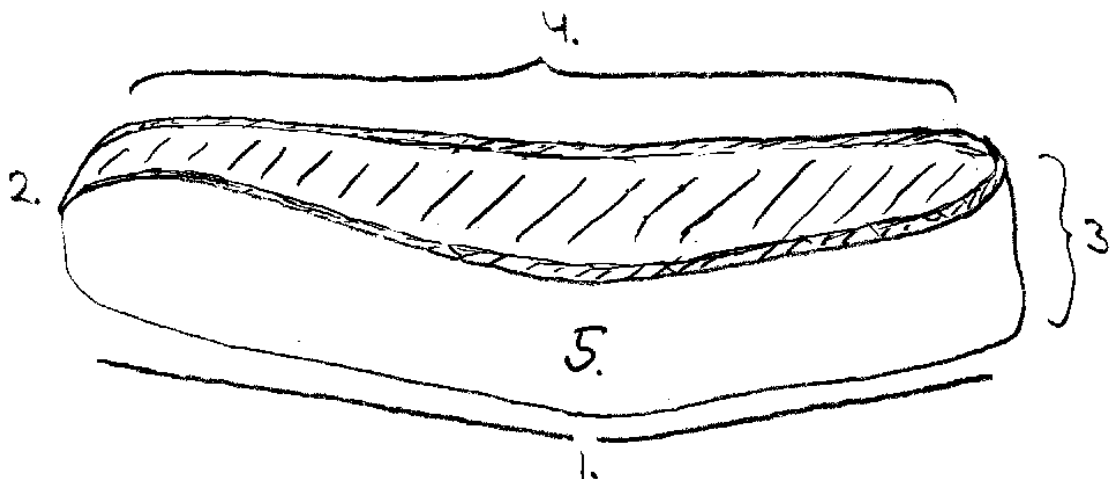
1.3.4. Experiment

Ett experiment är ett praktiskt försök genom vilket en process eller metod undersöks. Om experimentet upprepas skall det ge samma resultat. Skillnaden mellan rekonstruktion och experiment har diskuterats fram och tillbaka av ett antal författare (t.ex. Petersson 2003). Jag anser att den stora skillnaden mellan ett experiment och en rekonstruktion är att rekonstruktionen har som syfte att vara autentisk, dvs. produkten eller återskapandet av produktionen står i fokus. Det kan t.ex. röra sig om ett långhus eller pilbåge men även en uppvisning i hur smide gick till under järnåldern. En rekonstruktion behöver inte innebära att någon form av frågeställning involveras eftersom den i så gott som samtliga fall har som syfte att förmedla information. I ett experiment är autenticiteten inte alls viktig på samma sätt. Experimentet och processen som det innebär cirkulerar istället oftast kring ett antal parametrar. Som ett exempel kan tas experimenten kopplade till denna uppsats; där måste ett antal saker vara autentiska (förutom deglarna): bränslet, tången med vilken degeln hanteras samt typen av metall (brons bestående av koppar och tenn). Detta beror på att dessa tre parametrar antas påverka hållbarheten för en degel. Vilken typ av luftkälla som används för bläster (ex. damsugare) är ointressant, likaså vilka kläder som bärs vid utförandet, vilken form som det smälta bronset hålls i etc. eftersom detta är parametrar som inte antas spela någon roll beträffande deglarnas hållbarhet. Till skillnad från en rekonstruktion är ett experiments huvudsyfte inte att förmedla, fastän detta naturligtvis även är möjligt. Med detta syftas såklart på själva

processen i sig inte resultaten av denna som givetvis kan och skall förmedlas (jmf. Eklöv Pettersson 2011).

1.3.5. Terminologi

För att förenkla beskrivningen av deglarna, analysen och resultaten har jag för denna uppsats skapat en egen terminologi vilken presenteras nedan (fig. 8).



Figur 8: Terminologi för deglar: 1: undersida, 2: hällpip, 3: rygg, 4: myrning, 5: vägg.

1.3.6. Thermal color test

Med hjälp av TCT (thermal color test) kan den högsta temperatur som kärlet varit utsatt för bestämmas. Vanligtvis representerar detta bränningstemperaturen (Hulthén 1976). Hos keramiska deglar kan det säga något om arbetsförhållandena och tekniken. TCT utgår från det faktum att färgen på keramik förändras tillsammans med temperatur därmed i samband med t.ex. bränning. Samtidigt kommer keramiken att behålla den färg som den erhållit, dvs vid den högsta temperaturen, tills den utsätts för en ny högre temperatur. Genom att utsätta redan bränd keramik (t.ex. från ett arkeologiskt material) i steg om 100° eller 50° C kan man se vid vilken temperatur som keramiken åter börjar förändras i färg. (Hulthén 1976).

1.4. Källkritik

De källor och metoder som jag använder mig av i uppsatsen har granskats nedan beträffande deras pålitlighet.

1.4.1. Val av arkeologiskt material

Degelmaterialet från Broåsen har valts ut för att representera bronsålderns deglar vad gäller hållfasthet. Det är inte självklart att detta material kan representera samtliga deglar använda i södra Skandinavien under bronsåldern. Det är snarare troligt att materialet från Broåsen, liksom alla andra material har egna särdrag som skiljer det från resten. Däremot står det efter registrering klart att deglarna från Broåsen långtifrån har en *unik* form eller magring som på något sätt skulle särskilja

dem från den allmänna uppfattningen av magring och form hos deglar under bronsåldern i Skandinavien.

1.4.2. Tunnslipsanalys

Inom metoden tunnslipsanalys antas det att den lera och magring som användes för keramiken var homogent blandad vid tillverkning. Därmed antas att ett tunnslip representerar det faktiska innehållet. Däremot är det inte säkert utan snarare troligt att magringen som tillsattes vid tillverkningen, i sig inte är homogen vad gäller kornstorleksfördelning. Detta innebär att när ett tunnslip tas på en specifik plats finns en risk/chans att just där ligger exempelvis ett av de största magringkornen, vilket kan förändra resultaten av analysen.

1.4.3. Experiment

Förutom temperaturförändringarna har sex parametrar antagits påverka deglarnas livslängd (form, uppbyggnad, sammansättning, tänger, metall samt bränsle, se även bilaga 3). Dessa måste följaktligen under experimenten återskapas på ett så historiskt korrekt sätt som möjligt. Att göra detta fullt ut är enligt mig omöjlig. Likaså finns en risk att det finns fler parametrar som påverkar en degels livslängd vilka inte har noterats och kommer att beaktas i denna studie. Den parameter som jag kommer att variera i denna studie är deglarnas magring. Detta innebär att övriga parametrar (form, uppbyggnad, tänger, metall samt bränsle) kommer att vara konstanta.

2. Studie I

Frågeställningen för denna uppsats; *För hur många gjutningar har deglarna funna vid utgrävningarna av Broåsen, Grimeton s:n, hållit?* undersöks i Studie I genom experiment.

2.1. Material

Nedan presenteras det material som ligger till grund för resultaten i studie I.

2.1.1. Det arkeologiska materialet

Inför denna uppsats gjorde jag en registrering av materialet från Broåsen. I denna registrering ingår 2 hela deglar, 7 sammansatta deglar samt 43 större (ca 25 g.) och 106 mindre (ca 10 g.) skärvor från deglar. Utöver detta saknas även 9 skärvor samt 3 sammansatta deglar, dessutom ingår 64 skärvor och 8 deglar i basutställningen och dessa var inte tillgängliga för mig att registrera.

Sammanfattningsvis var 149 skärvor och 9 deglar tillgängliga för mig att registrera utav de 222 fragment och 20 hela/sammanfogade deglar som hittats av Sarauw under utgrävningarna 1914-1918.

Jag vägde, mätte materialet och dokumenterade med ritningar samt foto (se bilagor). Utifrån de rekonstruerade samt mer eller mindre hela deglarna kunde jag konstatera att det finns tre storlekskategorier av deglar (se bilaga 3). Såväl deglar som fragment visade tecken på att bestå av fler än ett lager (se bilaga 1 samt nedan) något som jag tolkade som lagningar. Lagningarna var i

samtliga fall utom ett (inv. nr. 5969 G198) gjorda på vad som tolkades som degeln insida. I fallet inv. nr. 5969G198 är det antagligen frågan om en lagning för mynningen som delvis går ner på utsidan av degeln (se fig. 18).

Utformningen på deglarna är klassiskt för bronsåldern; låga, grunda och ovala. Genom att beräkna den totala vikten för de skärvor som var tillgängliga för registrering och dela detta med medelvikten för de nio deglarna gjorde jag en uppskattning om hur många 'hela' deglar som kan ha deponerats på platsen. Denna beräkning gav antalet 17. Självklart ger detta ingen exakt bild men det ger en inblick i vilken storleksordning som antalet rör sig i. Det är därmed även intressant att notera att ca hälften av deglarna enligt denna beräkning idag ännu är hela eller har varit möjliga att foga samman igen.

Deglarna visade tecken på att ha blivit utsatta för högst värme vid mynningarna där även högst grad av sintring kunde noteras. Undersidan däremot visade tecken på lägre bränningstemperatur än övriga delar av godset.

De deglar som hittats under undersökningarna vid Broåsen har oftast; 6 av 9 , en bågformad undersida sett från degeln långsida (se fig. 8). En av deglarna har fragmenterad undersida och kan inte bestämmas med säkerhet och två har en helt rekonstruerad undersida. Den bågformade utformningen kan bero på användningen/tillverkningsprocessen eller är det en medveten design. Larsson (*et al.* 1986) skriver om sina erfarenheter av att använda rekonstruktioner av deglar daterade till skandinavisk bronsålder; ”*Formen på deglarna, avlång med flat botten, visade sig stadiga och lätta att hantera*” (1986:53). Möjligen är det enbart en slump att de flesta deglar från Broåsen har en bågformad botten, det speglar kanske snarare två olika samtida tankar om hur en degel skall se ut utan någon vidare baktanke på funktion. Larsson (*et al.* 1986) tillägger dock något motsägelsefullt att det är svårt att få en flat degel att stå stabilt i härden.

2.1.2. Rekonstruktionerna

För att rekonstruera degelmaterialet från Broåsen så noggrant som möjligt utfördes först en tunnslipsanalys som visade vilken typ av magring som använts vid tillverkningen av deglarna.

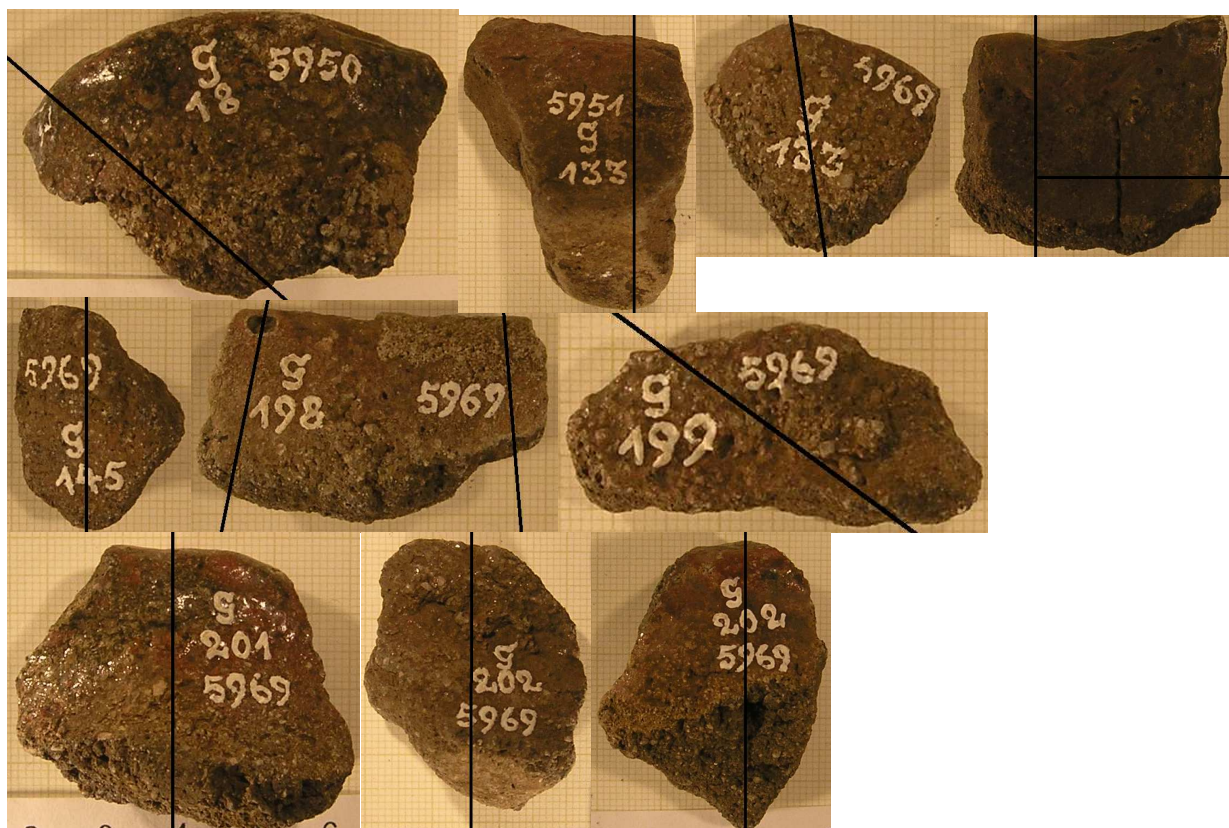
2.1.2.1. Tillverkning av tunnslip

Av 149 skärvor som registrerades valdes 10 ut för tunnslipsanalys. Tunnslipsen har gjorts på vissa specifika platser på godset, (fig. 9). Detta pga följande två anledningar:

1: För att få en så stor yta som möjligt att analysera.

2: För att ta reda på specifika frågeställningar, exempelvis om sprickan i godset på prov 4 (inv. nr. 5969G140) var genomgående eller ytlig.

Materialet från Broåsen har okulärt bedömts varit magrat med krossad granit eller sand av fyra olika typer. Tunnslipsanalysen har även den visat på fyra olika typer av magring (se tab. 1). Förutom en mer exakt bedömning av magringen har analysen konstaterat att trä(kol) i form av flisor förekommer som magring.



Figur 9: Svarta linjer markerar de platser som tunnslipen tagits ifrån. Uppifrån vänster; Inv. nr. 5950, 5951, 5969G133, 5969G140, 5969G145, 5969G198, 5969G199, 5969G201, 5969G202A, 5969G202B. (foto: förf.).

Löp nr.	Inv. nr.	Typ av magring	Uppskattad Andel	Org. Magring	L. insida	L. utsida	L mynning
1	5950	Grovsand	60%				
2	5951	Sand	60%		x		
3	5969 G133	Kross.	60%		x		
4	5969 G140	Grovsand	60%		x		x
5	5969 G145	Kross,	60%		x		
6	5969 G198	Kross.	60%		x	x	x
7	5969 G199	Grovsand	60%				x
8	5969 G201	Grovsand	60%		x		
9	5969 G202A	Grovsand	60%	x	x		x
10	5969 G202B	Grovsand	60%		x		x

Tabell 1: Magringshalt och typ samt eventuella lagningar på de tio skärivor från Broåsen som valts ut för tunnslipsanalys presenteras i ovanstående tabell. Kross: Krossad bergart, granitisk sammansättning. L: Lagning.

2.1.2.2. Rekonstruktion

Den lera som har använts som bas för att tillverka keramiska deglar i Skandinavien har genom analys visat sig variera mellan orter, perioder och även inom samma kontext (Stilborg 2008). Möjligen har detta varit beroende av vilka lokala leror som funnits tillgängliga för hantverkarna. I min studie har jag valt att arbeta med en järnrik diamikt grovlera (vidare refererad till som ”lera 1”) innehållande ca 30% sand och 52% silt. Jag har även använt mig av en järnrik siltig finlera (vidare refererad till som ”lera 2”) innehållande ca 15 volym% sand samt 51 vol% silt (se bilaga 2). Dessa två leror får representera två typer med olika förutsättningar. Lera 1 har använts som bas till samtliga deglar utom 1A vilken tillverkades i lera 2 för att få en inblick i hur leran kan påverkat hållbarheten.

Fyra olika typer av magring har utifrån tunnslipsanalysen kunnat konstateras närvarande i materialet från Broåsen. Dessa kan beskrivas på följande sätt:

Magringstyp 1: Kvartsrik sand sorterad kring 0.3 mm (fig.11).

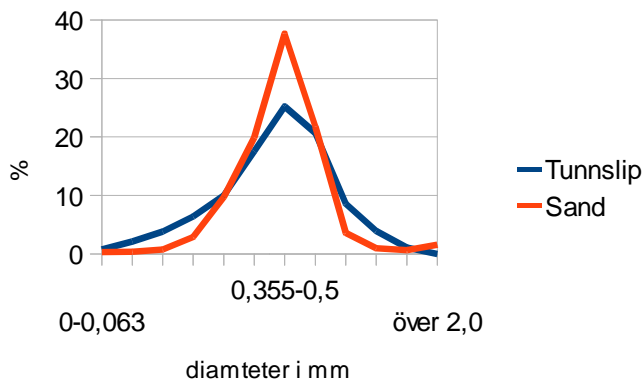
Magringstyp 2: Kvartsrik sand sorterad kring 0.5 – 0.7 mm. (fig.12)

Magringstyp 3: Krossad bergart med en max kornstorlek på 2.0 mm (fig.13)

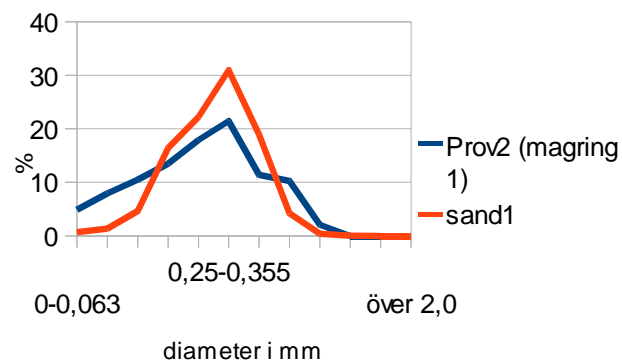
Magringstyp 4: Kvartsrik sand sorterad kring 0.5 – 0.7 mm samt träflis/kolstybb

För att tillverka rekonstruktionerna användes tre olika magringar vilka skulle efterlikna original magringarna 1-3 på bästa möjliga sätt. Magring 4 uteslöts pga. tidsbrist.

Magring för rekonstruktion 1: Kvantssand bestående av ca 72% mellansand (se fig.11) kallad sand 1. Detta är en korssiktad sand tagen från ett sandtag i Dykärr, utanför Habo i Småland, ursprungligen platsen för ett delta. Som kan ses på kornstorleksfördelningen för sand 1 samt den uppskattade kornstorleksfördelningen för prov 2 (inv. nr. 5951) följer de inte varandra exakt. De visar dock på samma trend angående kring vilken kornstorlek som är mest representerad (viktmässigt) dvs. 0.355 mm i diameter. Den något lägre sorteringsgraden hos prov 2 är antagligen beroende av tunnslipsanalysen som metod. Tidigare studier har visat att beräkningar gjorda av prov magrade med sand visar en lägre sorteringsgrad än den ursprungliga sanden (fig. 10). Sorteringen kring 0,355 mm i diameter samt likheterna med förhållande mellan ursprunglig magring och beräknad (fig. 11) motiverar användandet av sand 1

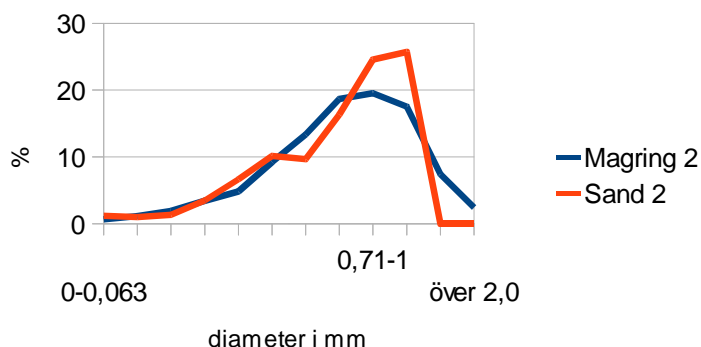


Figur 10: Hur kornstorleksfördelningen enligt beräkning med bildanalysprogram i allmänhet förhåller sig till den originella magringen vad gäller sand.



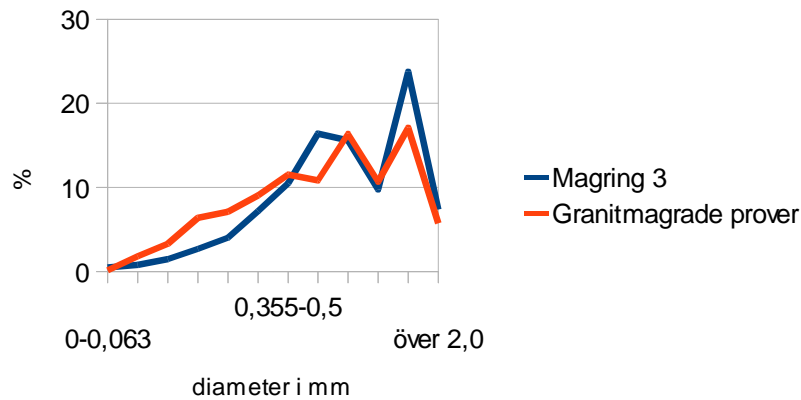
Figur 11: Kornstorleksfördelningen hos magringen i prov 2 (5951) i förhållande till sand 1 (kvarssand hämtad i Dykärr, Småland).

Magring för rekonstruktion 2: kvartsrik sand bestående av ca 67% grovsand, kallad sand 2. Denna är tagen från Silverdalen i närheten av Hultsfred, Småland. Sanden är ett planlaminerat isälvsmaterial. Likt den magring som valts ut för rekonstruktion 1 överensstämmer kornstorleksfördelningen för sanden resp. den uppskattade fördelningen hos prov 1,4,7,8,9, & 10 (5950, 5969 G140,199 201, 202A & 202B) (medelvärde). Kurvan för sand 2 är som hos magring 1 något snävare och högre, precis så som jag förväntar mig att den reella magringen förhåller sig till den beräknade (fig 10).



Figur 12: Kornstorleksfördelningen (medelvärde) hos magringen i prover 1,3,7,8,9 &10 i förhållande till kvartssand tagen från Dykärr, Småland (magring 2).

Magring för rekonstruktion 3: Krossad granit med högt innehåll av kvarts. Korn större än 2,0 mm i diameter har sällats bort. Som ses i fig. 13 fluktuerar kurvan för kornstorleksfördelningen kraftigt hos de något större fraktionerna (0.71 mm i diameter och större). Detta beror på den enkla anledning att när andelen större korn beräknas kan ett korn mer eller mindre innebära stora förändringar (se 1.3. Källkritik). Detta kan ses hos åtta testbriketter som magrats med samma typ av krossad granit som valts för att representera magringstyp 3 (fig.13).



Figur 13: Kornstorleksfördelningen (medelvärde) hos magringen i prover 4,5 & 6 i förhållande till prover innehållande krossad granit (magring 3).

Undersökningen av deglarna från Broåsen samt de kommentarer angående deglarnas utformning från tidigare utförda experiment och materialstudier har fått ligga till grund för följande utformning av deglarn (fig. 14).



Figur 14: Rekonstruerad degel (nr. 3D) som använts vid experimenten (foto: förf.).

Deglarnas längd är ca 110cm, bredden 65 cm. Detta baseras på de mått som noterats på materialet från Broåsen (se bilaga 3). Tjockleken på väggarna är 10-6 mm, detta baseras på snittjockleken på samtliga skärivor och deglar som varit tillgängliga i undersökningen (se bilaga 1). Väggarna är ca 25 cm höga, något lägre i ryggen. Djupet på deglarna är ca 20 mm och dess volym uppgår till ca 40 ml. Undersidan är bågformad. Under rekonstruktionen av deglarna visade det sig enkelt och naturligt att tillverka dem genom att hålla en klump lera i en handen medan den andra handen formade degeln. På så sätt fick den automatiskt en bågformad undersida, men för att behålla denna form var jag tvungen att stötta upp den ännu blöta degeln i en sandform vilket medför att om detta var tillverkningsmetoden var det ändå en medveten handling att behålla bottens unika form. Detta sandbad gav även degeln ett yttre lager sand vilket fastnade under torkning. Sådana lager har återfunnits hos andra arkeologiska material med då tolkats som ett yttre lager i syfte att öka värmetåligheten (Stilborg 2008:211&219).

2.1.2.3. Arbetsplats och experiment

Platsen där experimenten utfördes utformades efter en förstudie (bilaga 3) och såg ut på följande vis: En grop grävdes till ca 20-30 cm djup och stensattes därefter. En tuyére tillverkades för ändamålet. Denna var L-formad och hade en tillhörande skärm för att skydda bälgarna från värmestrålningen (fig. 15). Två tänger av trä samt en lös pinne användes för att lyfta deglarna såväl som att flytta runt kol i härden under arbetet. Dessa kylde/släcktes kontinuerligt under arbetet i en hink med vatten. En täljsten med ojämn yta användes istället för form, bronset hälldes ut på denna efter smältning (se bilaga 3).

Experimenten utfördes vid Lunds universitets arkeologiska institution och innebar att de rekonstruerade deglarna användes för att smälta en mindre mängd brons (ca 1/2 hg) med träkol som bränsle i en grophärd (fig. 15). Degeln togs sedan ut ur härden, det smälta bronset hälldes ut och degeln lades direkt ner i härden igen, detta för att simulera en gjutning. Efter 'gjutning' lades nytt kallt brons i degeln och processen upprepades. Efter varje simulerad gjutning kontrollerades ev. skador på degeln och efter två 'gjutningar' lämnades degeln att svalna i utkanten av härden. Dagen efter plockades de då svala deglarna upp ur härden och studerades på nära håll innan experimenten åter påbörjades. Degel 1A & B var de enda deglarna som användes tills de gick sönder. Deglarna 2A & B samt 3A & B användes till fler än 10 gjutningar. Experimentet fortsatte därefter med att degel 2A&3A användes upp till 20 gjutningar (tab. 1). 3C & D användes medvetet 5 resp. 1 gång för att representera deglar som använts ett visst antal gånger inför studie II.



Figur 15: Härd, tuyére och tänger (foto: förf.).

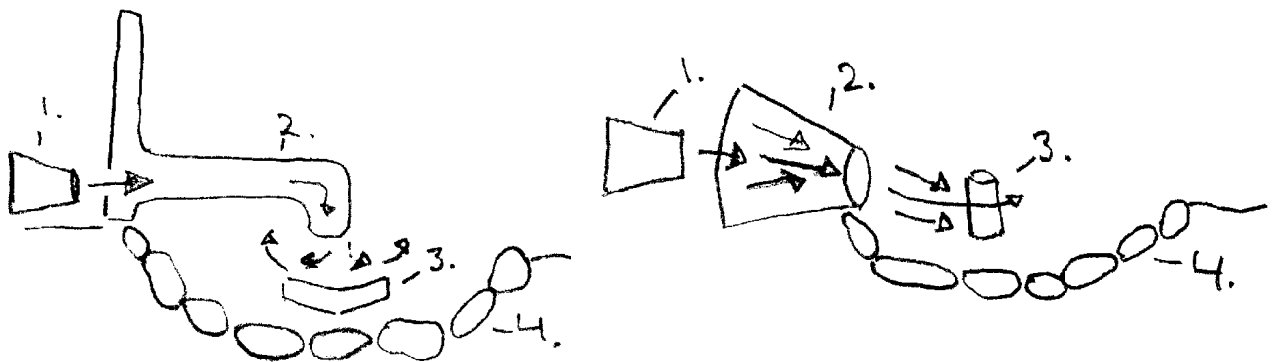
2.2. Resultat

Resultaten av experimenten redovisas i nedanstående tabell:

Degel	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	16	18	20
1A	O																
1B	G,L					O											
2A		M,L		L		R		L									
2B		R															
3A						L		R									
3B							R										
3C				R													
3D																	

Tabell 2: Visar antalet gjutningar som utförts med respektive degel. O: degeln är obrukbar. G: Genomgående spricka. L: Lagas. M: Mikroskopiska sprickor uppstår. R: Röd beläggning på degelns insida. Gul markering visar antal användningar

Maximal hållbarhet har fåtts genom att använda magringstyp 2 och 3, mellan 10 och 20 gjutningar, utan att deglarna visat tecken på sprickor eller andra skador som kan göra dem oanvändbara. Det är även tydligt att deglarnas livslängd är beroende av typen av magring då deglarna innehållande magringstyp 1 uppvisade en betydligt sämre hållbarhet. Under experimenten fastslogs att degelns form medför att brons med lätthet smälts förutsatt att luftströmmen från bälgarna kommer uppifrån ner i härden, t.ex. med hjälp av en L-formad tuyére. Detta innebär att metallen värms uppifrån direkt av bränslet i motsats till (i de fall tuyéren blåstrar från sidan) att degeln värms som i sin tur värmer metallen. Sättet på vilket verkstaden är utformad ökar även hållbarheten för deglarna eftersom de aldrig är utsatta för den högsta värmen som istället riktas direkt mot metallen (fig. 16).



Figur 16: Till vänster; tuyére som blåstrar ovanifrån, till höger; tuyére som blåstrar från sidan. 1: luftkälla (bälgar) 2: tuyére 3: degel 4: härd

Nedkylningen av deglarna visade sig, som väntat, vara den kritiska delen av arbetet. Flertalet av de sprickor som uppstod på godset var inte synliga direkt efter en gjutning utan bildades under de timmar som degeln sakta kylde ner i den falnande härden efter att experimenten avslutats. Genom att deglarna lades med mynningen nedåt i härden och botten uppåt minskades dock påfrestningen på

myningen, vilken höll den högsta temperaturen på degeln och därmed var utsatt för högst temperaturväxlingar. Detta gjorde att risken för sprickbildning minskades.

2.3. Analys

2.3.1. Härdens utformning

Härdens utformning bygger på två typer av fynd; långhärdar samt tuyérés. Den vanligaste typ av tuyére som återfunnits från skandinavisk bronsålder är ett L-format rör. Med detta rör kan bälgarna blåstra uppifrån och ner i härden (fig. 16) något som tidigare antagits (Thrane 1994:13; Rönne 1996:47). Experimenten gjorda i samband med denna studie kan klart påvisa detta eftersom deglarna då blir hårt brända/sintrade på ovansidan samt förhållandevis lågt brända på undersidan. Thermal color test (TCT) av den rekonstruerade degeln 3C (använd till fem gjutningar) har visat att undersidan endast blivit utsatt för en maximal temperatur av 650° C. När samma studie gjordes på degel 3D (använd till 1 gjutning) gav det resultatet 600° C. Den hårda sintringen på ovansida och mynning återfinns hos deglarna från Broåsen, något som stöder den tidigare framlagda teorin. Det skulle efter resultaten från TCT-analysen vara intressant att undersöka om ett liknande mönster kan urskiljas hos materialet från Broåsen, för att påvisa hur deglarna stått i förhållande till tuyéren (se vidare Studie II). En lång eller större härd möjliggör att skadade deglar som är för varma för att repareras direkt kan grävas ner i askan från härden i utkanten av denna för att svalna sakta. Detta har visat sig mycket användbart; speciellt i samband med massproduktion där flertalet gjutningar görs kontinuerligt.

2.3.2. Degelns form

Som nämndes ovan vid rekonstruktion visade det sig lätt att tillverka en degel med bågformad undersida om leran lades i handflatan vilken formade undersidan medan den andra handen drog fram väggar och hållpip (fig. 17). Men även om undersidan i detta stadium var slumpmässigt formad måste det ändå funnits en tanke bakom varför denna form bevarades vilket är synligt i det arkeologiska materialet. Degeln kan såklart ha tagit underlagets form vid torkning, något som jag anser vara mindre troligt eftersom den återkommer hos flertalet deglar. Det är enligt mig mer troligt att undersidan hade en praktisk fördel. Det kan vara så att deglar med ojämn undersida står mer stabilt i en härd under smältningen av bronset. En tredje förklaring är att undersidans form inte har någon praktisk funktion utan är kopplad till en idealbild av en degel. Formen kan alltså vara knuten till en ur praktisk synpunkt "irrationell" tradition. Den ena förklaringen utesluter inte den andra.



Figur 17: Rekonstruktion av degel utförd i handflatan för att ge undersidan en 'bågform'

Under övergången mellan brons och järnåldern introduceras en ny typ av degel (Larsson et al. 1986:47; Oldeberg 1943:125ff). Den låga breda typen som används under bronsåldern återfinns visserligen även under järnålder (Andersen & Madsen 1984:92ff) men nu introduceras en högre degel med mindre bottenarea. Vad skiljer dessa former åt? Denna diskussion är viktig för att förstå i vilken kontext som bronsålderns typ av deglar användes. Möjligen finns det en koppling mellan övergång till höga smala deglar och ett skifte i hantverksprocess/redskap etc. En tanke är att deglarna representerar en övergång i hur verkstaden utformats. Den typ av tuyé som verkar ha använts under järnåldern blåstar från sidan in i härden (fig. 16 höger) (Nordén 1929:74ff) något som det mig veterligen endast finns ett exempel på under bronsålder (Oldeberg 1943:133). Istället verkar en rörliknande tuyé formad som ett L ha varit mer vanligt under bronsåldern (Thrane 1994:13; Rönne 1996:47&53). Denna typ av tuyé kan antas blåstra uppifrån, ner i härden. Under järnåldern värmdes blåsterluften från tuyéren därmed degelns sida och i förlängningen även resten av godset och metallen däri. Studier av höga smala deglar från Helgö har visat att dessa antagligen värmdes i ryggen dvs. i motsatt ände till den mest ömtåliga delen; hållpipen (Stilborg 2008:211&213). I en sådan process bör degelns vägg inte vara för tunn så att den spricker pga. påfrestningarna eller svalnar för fort men heller inte för tjock så att allt för mycket energi går åt för att värma degeln. Degeln skulle dock i längden antagligen utsättas för större påfrestningar än en låg bred degel som värms uppifrån. I detta antagande är fördelen med en hög och smal degel att den kan hålla större mängd brons per yta i förhållande till den låga breda degeln. Hos en låg degel som värms med L-formad tuyé kommer den mest intensiva värmen in uppifrån och smälter metallen. Därmed borde det finnas ett maximalt djup för denna degel för att metallen skall vara smältbar. En 9 cm djup degel som värms på detta sätt har visat sig vara mycket svår att arbeta med eftersom smälttiden ökas och metallen i de flesta fall är mycket svår att smälta (Nilsson muntlig). Därmed måste dessa deglar öka i bredd om volymen skall bli större, och det borde rimligtvis finnas en övre gräns för hur bred en sådan degel kan bli. Detta problem finns alltså inte på samma sätt hos en hög smal degel. Kanske offrades fördelen med hållbarhet mot att större mängder brons kunde gutas. Det bör dock betänkas att en degel som värms från sidan logiskt sett även borde ha en övre gräns på hur bred den kan bli innan uppvärmningen blir för ineffektiv och därmed ha samma problem med stora volymer. Likaså är föremålen som gjuts i regel större under bronsålder än under järnåldern. Även om de flesta fynd av deglar från Skandinavien är mycket grunda, 2-4 cm (exempelvis Broåsen där samtliga oavsett bredd är ca 2 cm djupa), finns det undantag. I Bromölla hittades fragment av en degel som redan presenterats ovan under kap. 1.1.3.4 Form, med uppskattad volym på 1 liter vilket ger en vikt för

brons av ca 9 kg (*tabeller metaller* RAÄ 2009). Denna degel har ett djup av ca 7 cm (fig. 3). Hur den har använts är ännu oklart, men möjligen har den värmts i ugn. Enligt ovanstående idé skulle bronsålderns deglar vara delvis anpassade för gjutning av mindre föremål men främst för att ha en lång hållbarhet.

En annan förklaring skulle kunna vara att höga och smala deglar är bättre lämpade för silver och guldgjutning (Larsson 1986:48). Kanske är det ett tecken på den övergång som sker när brons inte längre är metallen som används till bruksföremål som yxor och skäror utan istället till (delvis mindre) varor med karaktär av lyxkonsumtion. Därmed skulle bronsgjutning lätt kunna ingå i arbetet för en guld- och silversmed och därmed används av tradition en annan typ av degel. Likaså kan introduktionen av järntänger tänkas vara en faktor. Med hjälp av en järntång är det enklare att gripa runt en hög, smal degel än en bred oval. Om dessa två faktorer ligger bakom förändringen kan man alltså fastslå att bronsålderns degeltyp är anpassad för gjutning av bruksföremål snarare än lyxvaror samt att de tänger som användes var av trä, inte av järn.

Den låga breda formen på deglar återfinns även under tidig järnålder (Andersen & Madsen 1984) men då med lock. Detta tyder på att formen behölls men att metoden att smälta metallen måste ha förändrats, därmed har formen modifieras för att passa härden. Med ett lock kan metallen inte smältas direkt uppifrån utan degeln måste först värmas så att den i sin tur smälter metallen. Kanske är detta den huvudsakliga skillnaden, att bronsålderns deglar är anpassade till en viss typ av tuyé. Övergången mellan olika typer av deglar kan vara en produkt av förändringen av produktionsplats/teknik, och därmed en naturlig utveckling snarare än en genomtänkt förändring med specifikt syfte.

2.3.3. Deglarnas magring

Genom etnografiska studier har en tanke om att traditionella ramar har styrt hantverkarens val av magring, mer än själva syftet eller de material som funnits i närheten, förts fram. Stilborg skriver:

”Som de afrikanska exemplen vist oss så finns det rent teknologiskt ganska breda ramar för variation. Dessa ramar krymper sedan av den gällande hantverkstraditionens uppbyggda kunskapsbas som också är traditionens självförståelse. Dvs vissa möjliga lösningar är inte aktuella för de ligger utanför traditionens förståelse av råmaterial och gods. Traditionen är framförallt ett stramt system som minimerar risker på bekostnad av innovationspotential.” (Stilborg 2011 brevkorrespondens)

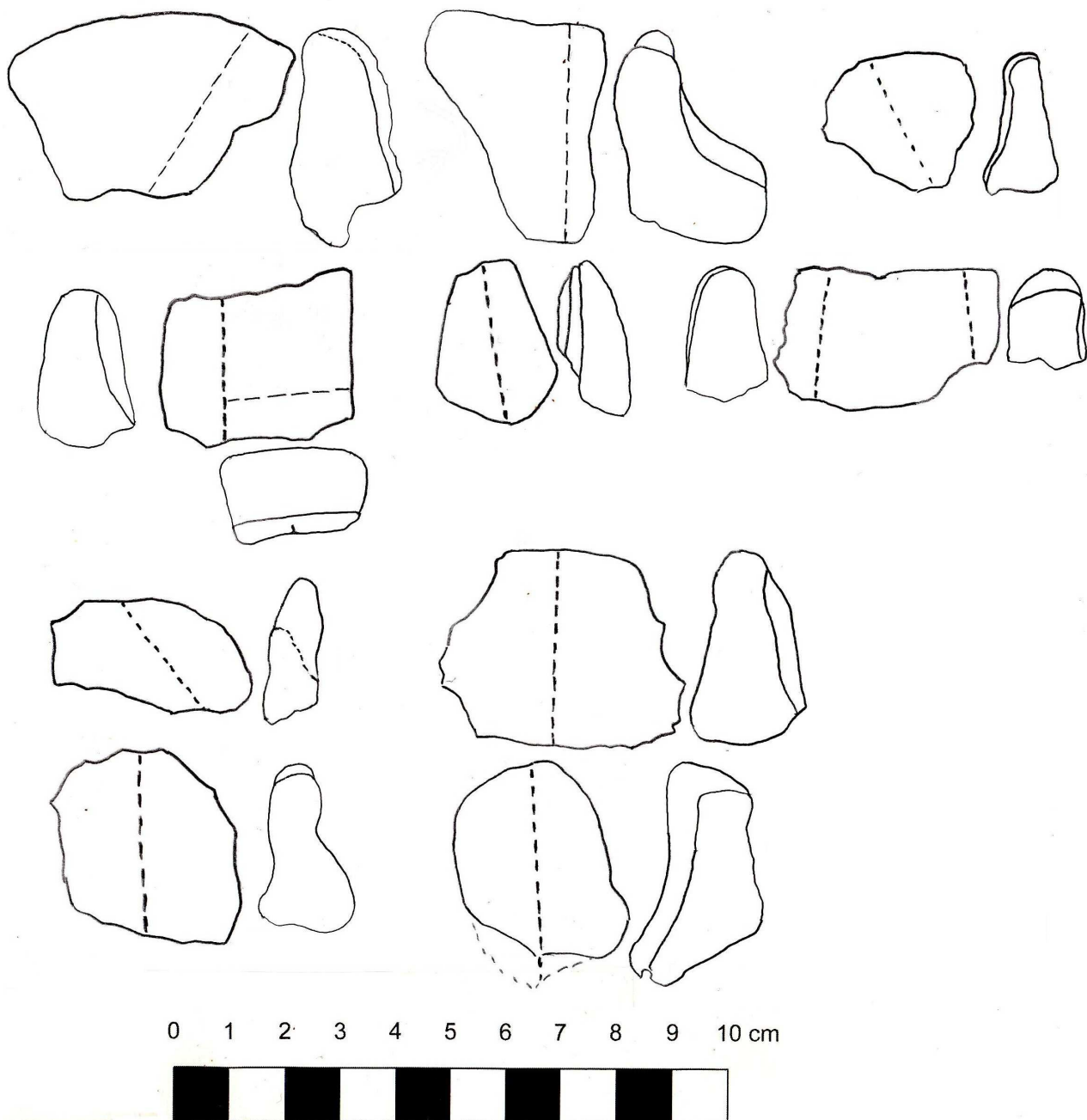
Med detta antagande i bakhuvudet skulle det vara intressant att diskutera anledningen till att fyra typer av magring förekommer hos materialet från Broåsen. Beror detta på att flera olika hantverkstraditioner var verksamma på platsen under samma tid, eller kanske att de olika traditionerna var skilda från varandra i tid och platsen har en lång kontinuitet som gjutplats. Stilborg har i tidigare studier hittat ett samband mellan olika typer av deglar och olika lertyper under järnåldern (Stilborg 2008:219f). Detta innebär att den variation som finns hos materialet från Broåsen beträffande magring inte nödvändigtvis måste betyda att flera olika hantverkstraditioner fanns på produktionsplatsen vid samma (eller olika) tillfällen. Snarare har detta alltså att göra med användningen. Här är det dock viktigt att komma ihåg att Helgö och Broåsen har en kronologisk skillnad på tusentals år. En fjärde lösning skulle vara att den bild vi idag har av keramik som konservativa i sitt formspråk såväl som lerblandning inte kan appliceras på de personer som tillverkade deglar. Här behövs vidare studier göras på variationer av magring inom olika lokaler.

2.3.4. Hur valet av lera kan påverka experimentens resultat

Typen av lera som använts för att tillverka de undersökta deglarna från Broåsen har inte gått att urskilja exakt med den teknik som funnits tillgänglig. Däremot har leran uppskattats vara siltig pga. tunnslipens utseende, något som påverkat valet av en siltig lera vid rekonstruktionen av deglarna. Eftersom leran som deglarna tillverkas av kan inverka på deras hållfasthet har en och samma typ av lera använts i samtliga rekonstruktionen utom degel 1A. Degel 1B visade en sådan dålig hållbarhet att det fanns anledning att misstänka att den typen av magring hade använts och var anpassad till en annan typ av lera. Därför tillverkades degel 1A (till skillnad från föregångaren 1B) av en fetare, järnrik finlera med lägre silthalt och högre lerhalt (se "lera1" kap. 2.1.2. Rekonstruktionerna ovan). Det visade sig dock att denna degel höll för färre värmingar än den som var gjord av en magrare siltigare lera. Det skulle i en framtida studie vara klart intressant att undersöka detta vidare eftersom fler experiment på ett större material är nödvändigt för att fastställa en eventuell sådan trend.

2.3.5. Hur lagning förlänger livslängden på en degel

Under de experiment som utfördes för att utforma verkstaden (bilaga 3) konstaterades att de briketter med en tjocklek på 10 mm som användes för att få en bild av hållbarheten för keramik i allmänhet fick ett antal sprickor allt eftersom de hettades upp till 1100° C och kylde ned. Sprickorna var aldrig genomgående även om briketterna användes till 12 simulerade gjutningar. Däremot var de tillräckligt stora för att brons skulle kunna rinna ner i dem och på så sätt "förloras". Redan där konstaterades att ett nytt skikt av lera skulle kunna lösa problemet. De extra skikt som ses i materialet från Broåsen (fig. 18) är med största sannolikhet lagningar av redan använda deglar, antagligen pga. att sprickor har uppstått i godset i samband med användning. Anledningen till att lagren bör tolkas som lagningar är dels den kopparröda beläggning som återfinns i skarvarna mellan skikten vilket tyder på användning, dels de spår av brons (i de flesta fall bronskorn) som ligger inklämda mellan lagerna och även ibland inne i de förmodade lagningarna. Det skulle i så fall påvisa att de extra lagerna utfördes på arbetsplatsen vilket fick som följd att små mängder brons av misstag blandades in i leran. Om deglarna lagades pga. sprickor i godset innebär detta att de endast borde ha behövt lagas på insidan där metallen riskerade att rinna igenom. Deglarna från Broåsen verkar konsekvent ha blivit lagade på insidan eller vid mynning. Även det faktum att vissa deglar har ett extra skikt av lera innehållande samma typ av magring som godset talar för tolkningen om lagningar, eftersom poängen med att konstruera keramik i två skikt försvinner om det görs av samma typ av lerblandning. Vad extra lager på deglar från andra lokaler representerar kan jag inte uttala mig om i denna studie. Även om det ligger nära till hands att applicera denna slutsats på andra material kan extra lager ha påförts av olika anledningar och olika lokaler kan dessutom ha haft olika hantverkstraditioner. Vad som bör noteras är att lagningar av de rekonstruerade deglarna behövde göras efter olika många gjutningar (1, 2, 4, 6 & 8, tab. 2). En spricka och därmed behov av lagning kan följaktligen uppstå vid vitt skilda tidpunkter av processen.



Figur 18: De degelfragment som undersökts i uppsatsen samt var snitten tagits (streckad linje, jmf. fig. 9). Intill varje skärva syns snittytorna på dessa. Lagningar som syns i snitten är markerade med heldragen linje. Skärvor uppifrån vänster: inv. nr. 5950, 5951, 5969G133, 5969G140 (vänstra snittet), 5969G140 (understa snittet), 5969G145, 5969G198 (vänstra snittet) 5969G198 (högra snittet), 5969G199, 5969G201, 5969G202A, 5969G202B.

I denna studie har den maximala livslängden för en degel legat i fokus. Det har då antagits att en lagning förlänger en degels livslängd. Inga studier har dock gjorts inom detta område. Det ligger dock inte långt ifrån att anta att lagningar har gjorts just för att förlänga livslängden. Degel 1B har fått en längre livslängd än degel 1A (samma magring) antagligen beroende på just lagningen. Båda hade en genomgående spricka i godset efter första användningen. Degel 1A föll sönder i två delar under avsvälningen (tabell 2), något som 1B (möjligen av en slump) inte gjorde vilket därmed medförde att den kunde lagas och användas ytterligare.

2.3.6. Varför deglarnas livslängd varierar

Deglar magrade med magringstyp 1 visade på en lägre hållfasthet än övriga deglar (tab. 2). En möjlig förklaring skulle kunna vara att den degel som skärvan vilken stått som förebild för magringstyp 1 kom ifrån var tillverkad i all hast utan tanke på val av magring. Den höga sandhalten och typen av sand som använts som magring återfinns nämligen ofta i den lera som använts som lagning hos de undersökta skärvorna, till och med hos den skärva som stått modell för magringstyp 1. Det ligger nära till hands att tänka sig att bronsgjutarna behövde en ny degel men inte hade tillgång till någon annan magring än den som de använde för att laga de övriga deglarna och därför valde att använda denna magring även om den inte gav optimal hållbarhet. Efter tunnslipsanalys av rekonstruktionerna (se Studie II nedan) 1A och 1B har det visat sig att magringen (sand 1) inte bestod av lika kantiga korn som magringen hos originalet (skärva 2 inv. nr. 5951). Likaså var andelen större korn i magringen hos rekonstruktion 1A och 1B något högre än hos förlagan, skärva 2. Dessa två skillnader kan ha varit avgörande för hållbarheten och medfört att rekonstruktionerna 1A och 1B hade en relativt låg hållbarhet.

2.3.7. Den röda beläggningen

Den röda beläggning som klart syns på deglarna funna vid Broåsen beror antagligen på kopparoxid som färgat godset i samband med smältningen av brons. Kopparoxid uppstår i samband med att koppar och syre reagerar vid höga temperaturer. Denna typ av beläggning används även som glasyr och kallas då ofta för "oxblodsrod" (www.ne.se sökord: kopparoxid). Fynden är jämnt röda i en stark färg över hela insidan, något som inte kan ses hos replikerna. Dessa har efter ett antal användningar fått några enstaka röda fläckar vilka har försvunnit efter att de använts återigen eller i vissa fall en jämn, men mycket mattare röd färg. Två scenarion är därmed möjliga; deglarna blir rödare allt eftersom de används, eller uppstår den röda färgen hos deglar som fått stå oanvända en viss tid och är alltså inte synbar direkt i samband med gjutning eller de närmsta månaderna. Förutsatt att det första scenariot är mest troligt kan deglarna från Broåsen tänkas vara använda betydligt fler gånger än de rekonstruerade som använts i denna studie.

2.3.8. En arbetsdag vid bronshärden

Förutsatt att resultaten från experimenten speglar hållbarheten hos bronsålderns deglar i södra Skandinavien skulle det vara intressant att ställa detta mot antalet gånger en degel kan ha använts under en dag. Experiment och studier av nutida bronsgjutare har visat att minst 50 gjutningar per dag inte skulle vara något omöjligt (Nilsson 2008; Lönnberg opubl.). Ovanstående antagande innebär att även om en degeln håller för 20 gjutningar är det helt klart en förbrukningsvara. Men om vi istället antar att det fanns en mindre produktion parallellt med den ovan beskrivna massproduktionen håller en degel (sett i antalen dagar) betydligt längre. Därmed ändras antagligen degelns värde med kontext. På Broåsen har delar från 20 deglar tillsammans med fragment till uppskattningsvis ytterligare 17 deglar återfunnits. Studie I har visat att hållbarheten för dessa deglar har varit mer än 20 gjutningar. Huruvida detta innebär att Broåsen är en lokal där storskalig produktion har pågått är svårt att säga. Förmodligen finns det två alternativa scenarier; att platsen under en kortare tid (fåtal dagar) använts för storskalig produktion och därefter övergivits, eller att en mindre produktion har pågått under en längre tid. Om något av alternativen utesluter skickliga hantverkare eller ej går inte att fastställa. Hållbarheten talar dock för en hög hantverksskicklighet, men det skulle vara intressant med en kompletterande studie av gjutformarna. Eftersom inga tidigare studier av materialet från Broåsen har givit en tillräckligt noggrann datering som skulle kunna användas för att stärka det ena eller andra presenterade scenariet (se 1.1.3. Bakgrundshistorik ovan) har gjorts måste detta undersökas vidare för att få ett svar. För att utreda under vilket tidspann

som produktionen har pågått skulle man kunna utföra C-14 dateringar av degelfragmenten. Tidigare försök har visat att keramik kan dateras med C-14 metoden genom att extrahera samt datera det kol som vid bränning och användning av kärlet fastnar i godset (Lindahl, A. Skog, G. in prep.). Just nu pågår ett försök på Lunds universitet som studerar om detta även kan appliceras på metallurgisk keramik så som deglar. En sådan studie skulle kunna ge indikationer på om deglarna från Broåsen har använts under en längre eller kortare period och därmed även intensiteten av gjuteriverksamheten.

2.3.9. Hur länge en degel håller

Jag har tidigare tagit upp fyra exempel på studier/erfarenheter om deglars hållbarhet (1.1.3.5. *Hållbarhet*). Tre av dessa studier angav en hållbarhet på mellan 1 till 15 gjutningar beroende på om lergodslera eller stengodslera användes som bas (stengodslera gav i dessa fall en högre hållbarhet). Den fjärde studien angav ingen maximal hållbarhet utan påstod istället att deglarna endast gick sönder pga. olyckor som att de tappades på marken.

Experimenten i denna studie har visat att deglar magrade med magring av typ 2 eller 3 har en potential att hålla för minst 20 gjutningar. Ännu har inga av de rekonstruerade använda deglarna visat några tecken på att gå sönder. Detta innebär att de uppskattningsvis kan hålla för ytterligare ett större antal gjutningar. En skicklig hantverkare bör kunna öka hållbarheten och att en degel då skulle klara betydligt fler gjutningar än 20 är enligt mig inte något orimligt antagande. Som ett exempel kan nämnas att experimenten tydligt har visat att de flesta sprickor på deglarna uppstår i samband med avsvälning. Detta kan innebära att en degel får en längre hållbarhet om den används kontinuerligt i gjutprocessen. I denna studie användes deglarna för max 2 gjutningar per dag de första 10 gjutningarna, därefter max 4 gjutningar per dag. Jag kommer nu att gå vidare genom att återknyta till de fyra tidigare nämnda studier/uppgifter där deglars livslängd har noterats.

För att titta på studien som utfördes vid Lunds universitet 2008 av Andreas Nilsson beror antagligen de keramiska deglarnas låga hållbarhet enligt mig främst på två faktorer; den dåliga kvaliteten på lera samt formen. Deglarna hade visserligen olika former (fig. 6) men huvuddragen är höga och snäva deglar, något som oftast innebär att degeln måste värmas från sidan så att den i sin tur sedan värmer metallen. Detta innebär en större påfrestning på godset vilket minskar degelns livslängd.

Uppgiften från studier gjorda vid *Lejre -land of legends* visade på en låg hållbarhet för keramiska deglar (formmässigt samma typ av deglar som jag använt i denna studie). Deglarnas magring bestod i detta fall av ”kraftigt sandmagret ler” något som möjligen korresponderar bättre med denna studies magringstyp 1. Uppgifterna om en hållbarhet på mellan 4-5 gjutningar stämmer även den bättre överens med denna studies magringstyp 1 (1-6 gjutningar). Däremot överensstämmer *Bronzestöpgruppens* resultat inte alls med de resultat jag har fått med majoriteten av deglar, dvs. minst 20 gjutningar. Vad som skiljer de båda undersökningarna åt är att deglarna inte har varit huvudfokus för *Bronzestöpgruppen*. Därför har deglarna kanske inte rekonstruerats utifrån ett specifikt material utan från en allmän uppfattning om deglars uppbyggnad, form och innehåll under bronsålder. Detta har i sin tur gjort att deglarnas hållbarhet har minskat.

I artikeln ”Försök med kopparsmältning” skriver författarna ”Vi hade inga problem med deglarna som användes under flera försök. De deglar som gick sönder berodde på vår ovarsamhet” (Larsson et al. 1986:53). Det bör noteras att författarna inte anger exakt hur många gånger deglarna används. ”flera” kan i det här fallet syfta till de 10 ugnskonstruktioner och reparationer av ugnar som nämns i samband med experimenten men det är oklart om det är fler än dessa. Utöver dessa 10

användningar är det viktigt att i notera att ugnarna tog mycket längre tid på sig att smälta metallen (35 minuter – 2 timmar) i jämförelse med en öppen härd, exempelvis den som använts i dessa experiment (ca 15 minuter) (Larsson *et al.* 1986:52f). Den ökade användningstiden bör rimligtvis ha påverkat deglarnas hållbarhet negativt. Dessutom har artikelförfattarnas deglar använts i ugnar vilka i större grad än öppna härdar ger en jämn temperatur runtom hela degeln vilket även det borde inverka på hållbarheten. Därför är det svårt att ställa detta experiment i förhållande till de övriga presenterade.

De rekonstruktioner som tillverkats och använts av Mats och Magnus Lönnberg har visat på en lägre hållfasthet än deglarna rekonstruerade utifrån materialet från Broåsen, ca 5-10 gjutningar. Magringarna är dock likartade: ”*fin siktad sand och skörbränd och mald granit*”, likaså formen och placeringen i härden: ”*de flata öppna deglarna ställer jag egentligen direkt i botten av härden med träkolsglöden ovanpå med blästerluften in från sidan/ovan... .. värmeflödet går mer direkt till metallen utan att passera degelgodset vilket minskar risken för att smälta degeln.*” (Lönnberg opub.). Det som i nuläget ser ut att skilja våra sätt att använda deglarna från varandra är möjligen typen av lera men främst att jag lagar mina deglar samt valet av tång. Lönnberg skriver att han själv aldrig har provat att laga en degel samt att han anser det onödigt då det enligt honom är lättare att tillverka en ny (opub.). Studien av det arkeologiska materialet har dock tydligt visat att de extra lager som finns på vissa deglar/skärvor har tillkommit efter användning. Därmed rör det sig med stor sannolikhet om lagningar, vilket i sin tur därmed antagligen förlänger degelns hållbarhet. Jag har i mina studier enbart använt mig av trätänger/pinnar för att flytta och lyfta deglarna. Möjligen spelar denna parameter in mer än jag från början antog. En trätång har ett elastiskt grepp medan en metalltång är stum vilket gör att den lättare skadar keramiska objekt då de också är stumma. Trätången böjer sig innan keramiken spricker eftersom det krävs mindre kraft att böja en trätång än att klämma sönder väggen på en degel. Därmed minskar risken för skador på deglarna.

2.4. Sammanfattning av studie I

Studie I har visat på sambandet mellan härdens utformning och degelns form. Den har visat att degelns magring och förmodligen även lera har inverkan på degelns hållbarhet. En annan slutsats har varit att lagningar förmodligen förlänger en degels livslängd. Likaså ökar den röda beläggningen av kopparoxid med antalet gjutningar. Framförallt har studie I visat att en degel som hittats på Broåsen med stor sannolikhet hade en hållbarhet på över 20 gjutningar.

3. Studie II

Studie II har som syfte att undersöka de deglar som rekonstruerats efter det arkeologiska materialet från Broåsen och använts i Studie I, för att besvara uppsatsens frågeställning: *För hur många gjutningar har deglarna funna vid utgrävningarna av Broåsen, Grimeton s:n, hållit?*

Rekonstruktionerna har undersökts med hjälp av tunnslipsanalys och okulär bedömning av gods på utsida och i tvärsnitt, för att bygga upp ett referensmaterial som kan visa hur deglar som använts ett visst bestämt antal gånger ser ut på utsida, i tvärsnitt och på mikroskopisk nivå.

3.1. Tillverkning av referensmaterialet

Referensmaterialet som jag använt mig av i denna studie består i grunden av de repliker av deglar som jag använt i studie I, vilka representerar deglarna från Broåsen specifikt. Under användandet gjordes medvetet inte fler än 1 resp. 5 gjutningar med degel 3D resp. 3C (se studie I ovan). Dessa

deglar visar karaktärsdragen hos deglar som inte har använts mer än max 5 gånger. Vidare användes 2A samt 3A 20 gånger samt lagades under användningen. Dessa två deglar representerar en andra grupp vilka antas visa karaktären hos deglar som använts till ca 20 gjutningar. Eftersom endast degeltyp 1 (1A&B) användes tills de gick sönder (1-6 gånger) är dessa två deglar de enda som representerar hur deglar kan se ut när de kasserats. Följaktligen har jag i studie II valt att studera tre grupper av deglar:

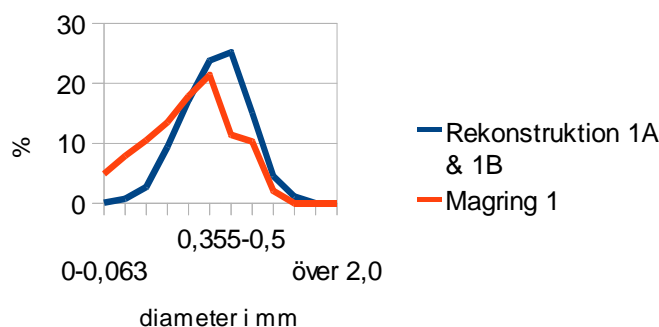
1. Deglar som använts till max 5 gjutningar
2. Deglar som använts till ca 20 gjutningar
3. Deglar som använts tills de fallit samman

Deglarna studerades under tiden som de användes och förändringar i gods och utseende noterades. Efter experimenten gjordes snitt i keramiken för att undersöka godset genom att titta på tunnslip såväl som polerade ytor. Tanken är att den metod och det referensmaterial som jag nu utvecklat skall kunna användas i studier av andra arkeologiska material.

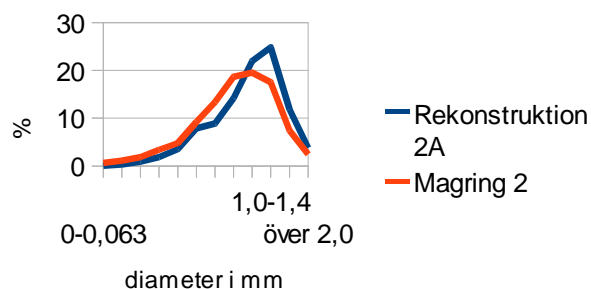
3.1.1. Tunnslipsanalys

Magringens andel och kornstorleksfördelning i de rekonstruerade deglarna baserades på beräkningar av magringen hos det arkeologiska materialet från Broåsen. Dessa beräkningar är utförda på keramiska tunnslip med hjälp av bildanalys ("Nikon NIS elements"). Valet av magringstyp och andel baserades på denna analys (se 2.1.2.2. Rekonstruktion). För att undersöka hur väl valet av magring och andel hade gjorts (en metodundersökning) utfördes en ny tunnslipsanalys. Resultaten av denna kan ses nedan i figurerna 19-24. Om rekonstruktionerna hade fått samma magring som det arkeologiska materialet hade metoden fungerat väl.

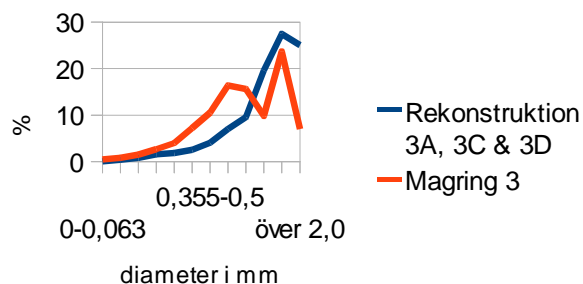
Kornstorleksfördelningen (fig. 19-20) i det arkeologiska materialet från Broåsen stämmer överens med rekonstruktionerna. Däremot det synligt att det finns en något högre andel större korn hos rekonstruktionerna 1A och 1B jämfört med det arkeologiska materialet (magring 1 fig. 19). Detta är även synligt i fig. 21 vilken visar tunnslipen av skärva 2 (magring 1) och rekonstruktion 1A samt 1B. Samma tendens i kornstorleksfördelningen syns även hos rekonstruktion 2A, men inte lika väl i tunnslipet. Anledningen till att degel 1A och 1B inte höll mer än 6 gjutningar (tabell 2) medan skärva 2 (magring 1) visar tydliga tecken på att komma från en degel som använts mer än 20 gjutningar kan mycket väl vara att valet av den magring som använts i rekonstruktionerna inte når upp till den standard som syns i det arkeologiska materialet.



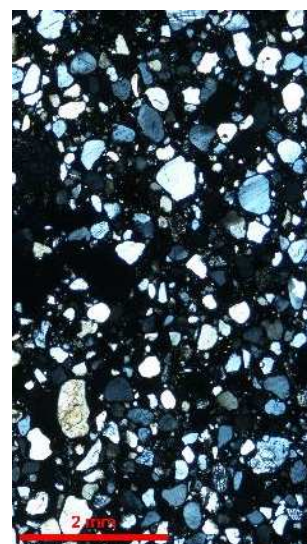
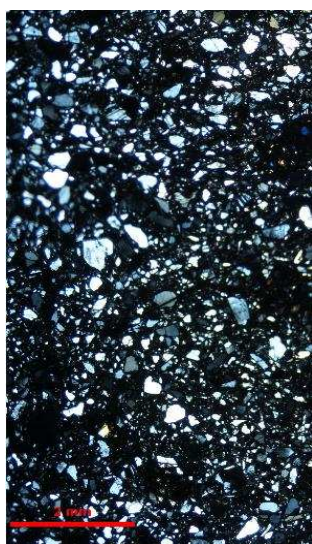
Figur 19: Diagram över kornstorleksfördelningen i medelvärde hos tunnslipen tagna på deglarna 1A&1B (rekonstruktioner) i förhållande till kornstorleksfördelningen hos skärvan som stått som förebild för valet av magring (inv. nr. 5951).



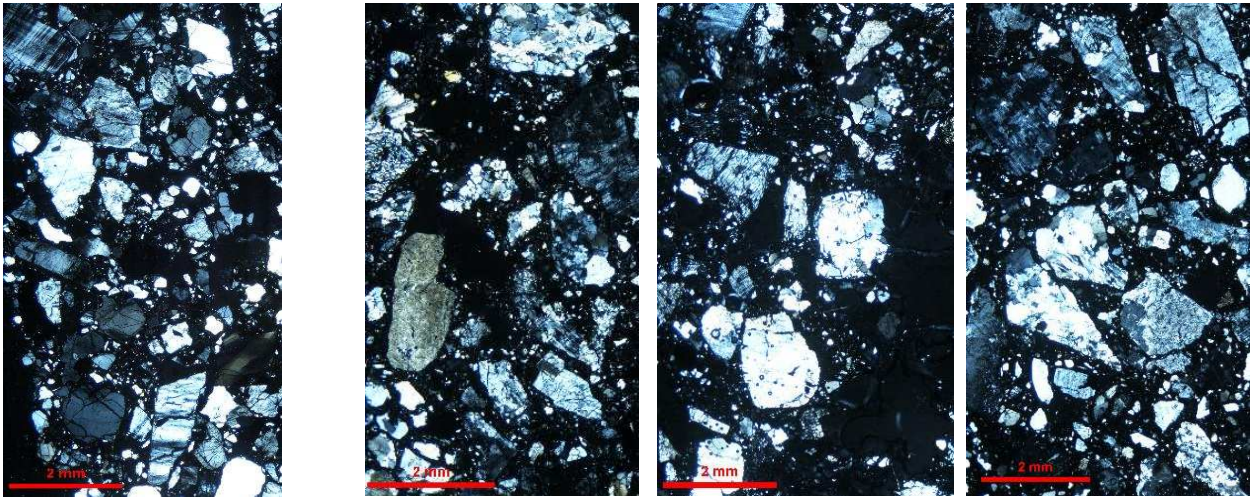
Figur 21: Diagram över kornstorleksfördelningen i tunnslip taget på degel 2A (rekonstruktion) i förhållande till kornstorleksfördelningen hos skärvorna som stått som förebild för valet av magring (inv. nr. 5950 & 5969).



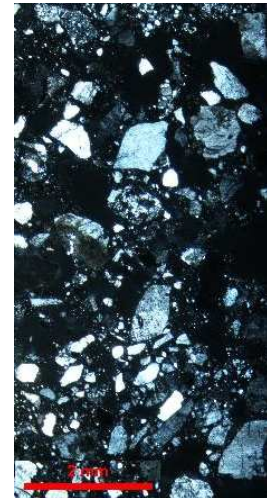
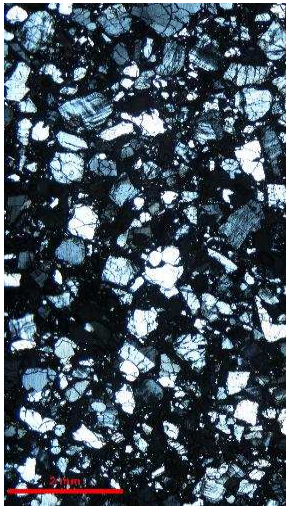
Figur 20: Diagram över kornstorleksfördelningen i medelvärde hos tunnslipen tagna på deglarna 3A, 3C & 3D (rekonstruktioner) i förhållande till kornstorleksfördelningen hos skärvorna som stått som förebild för valet av magring (inv. nr. 5969).



Figur 22: Tunnslip av skärva 2 (inv. nr. 5951) (vänster) använd som förlaga för deglarna 1A & 1B. Tunnslip av de rekonstruerade deglarna 1A (mitten) & 1B (höger). Rekonstruktionerna ser ut att ha en magring som innehåller något större korn än förlagan. Skalstreck: 2 mm (foto: förf.).



Figur 23: Tunnslip av skärva 3 (inv. nr. 5969G133) (vänster) använd som förlaga för deglarna 3A, 3B, 3C & 3D. Tunnslip av de rekonstruerade deglarna 3A (mitten vänster), 3C (mitten höger) & 3D (höger). Rekonstruktion och förlaga har liknande magring. Skalstreck: 2 mm (foto: förf.).

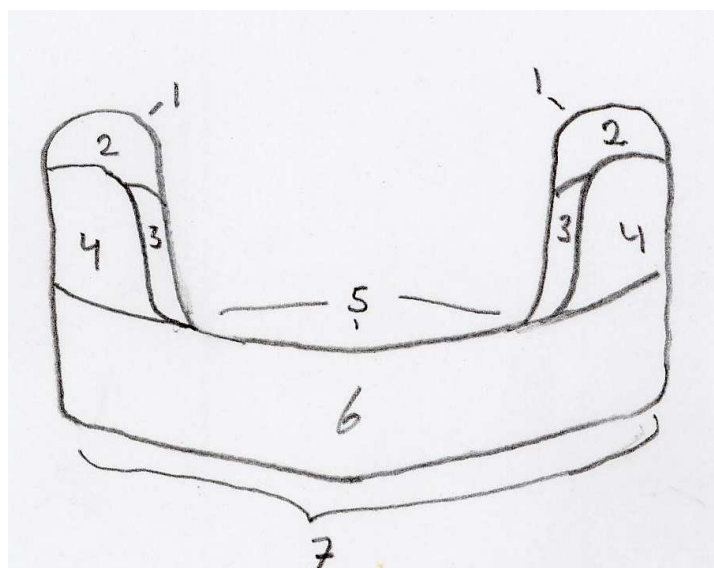


Figur 24: Tunnslip av skärva 4 (inv. nr. 5969 G140) (vänster) använd som förlaga för deglarna 2A & 2B. Tunnslip av den rekonstruerade degeln 2A (höger). Rekonstruktion och förlaga har liknande magring. Skalstreck: 2 mm (foto: förf.).

3.2. Resultat

3.2.1. Form och utseende

Formen förändrades inte märkbart hos någon av de åtta deglar som användes vid experimenten. Däremot förändrades färgen och godset sintrade på vissa platser samt oxiderades eller reducerades på olika områden enligt fig. 25 samt tab. 3



Figur 25: Förenklad skiss av ett snitt genom en degel. De olika områdena (1-7) påverkas på olika sätt under användningen

Degel/Område	1	2	3	4	5	6	7
1A (1 gjutning)	Ingen patinering	Oxiderat	Oxiderat	Oxiderat	Ingen patinering	Oxiderat	Oxiderat
3D (1 gjutning)	Ingen patinering	Reducerat	Reducerat	Reducerat	Ingen patinering	Reducerat	Oxiderat
3C (5 gjutningar)	Ingen patinering	Sintring	Reducerat	Reducerat	Ingen patinering	Reducerat	Oxiderat
1B (6 gjutningar)	Kopparoxid	Sintring	Reducerat	Reducerat	Kopparoxid	Oxiderat	Oxiderat
2A (20 gjutningar)	Kopparoxid	Sintring	Sintring	Reducerat	Kopparoxid	Oxiderat	Oxiderat
3A (20 gjutningar)	Kopparoxid	Sintring	Sintring	Reducerat	Kopparoxid	Reducerat	Oxiderat

Tabell 3: Visar hur deglarnas gods och utseende varierar beroende på antalet användningar. Se figur 24 för vilka områden som kolumnerna 1-7 representerar. Teckenförklaring: Kopparoxid; en beläggning av kopparoxid vilken varierar i klarhet med antalet användningar. Sintring; godset inom området ifråga har till större delen sintrat. Oxiderat; godset inom området är till större delen oxiderat bränt. Reducerat; godset inom området är till större delen reducerat bränt.



Figur 26: Tre bilder som visar hur deglarnas utseende förändras med antalet användningar. Överst till vänster; degel 3D (använd 1 gång), nederst till vänster degel 3A (använd 20 gånger), till höger; degel med inv. nr. 5859 troligen använd fler än 20 gånger. Längd resp. bredd för degel 3A & 3D: 110 mm resp. 65 mm. Längd resp. bredd för degel inv. nr. 5859: 80 mm resp. 50 mm(foto: förf.)

Samtliga repliker av deglar som användes i studie I fick efter ca fem användningar en röd beläggning bestående av kopparoxid. Denna beläggning blev allt eftersom gjutningarna pågick intensivare i färg samt större till ytan. De två deglar som användes till 20 gjutningar visar en starkare röd beläggning än t.ex. de deglar som använts till en gjutning (fig. 26).

3.3. Analys

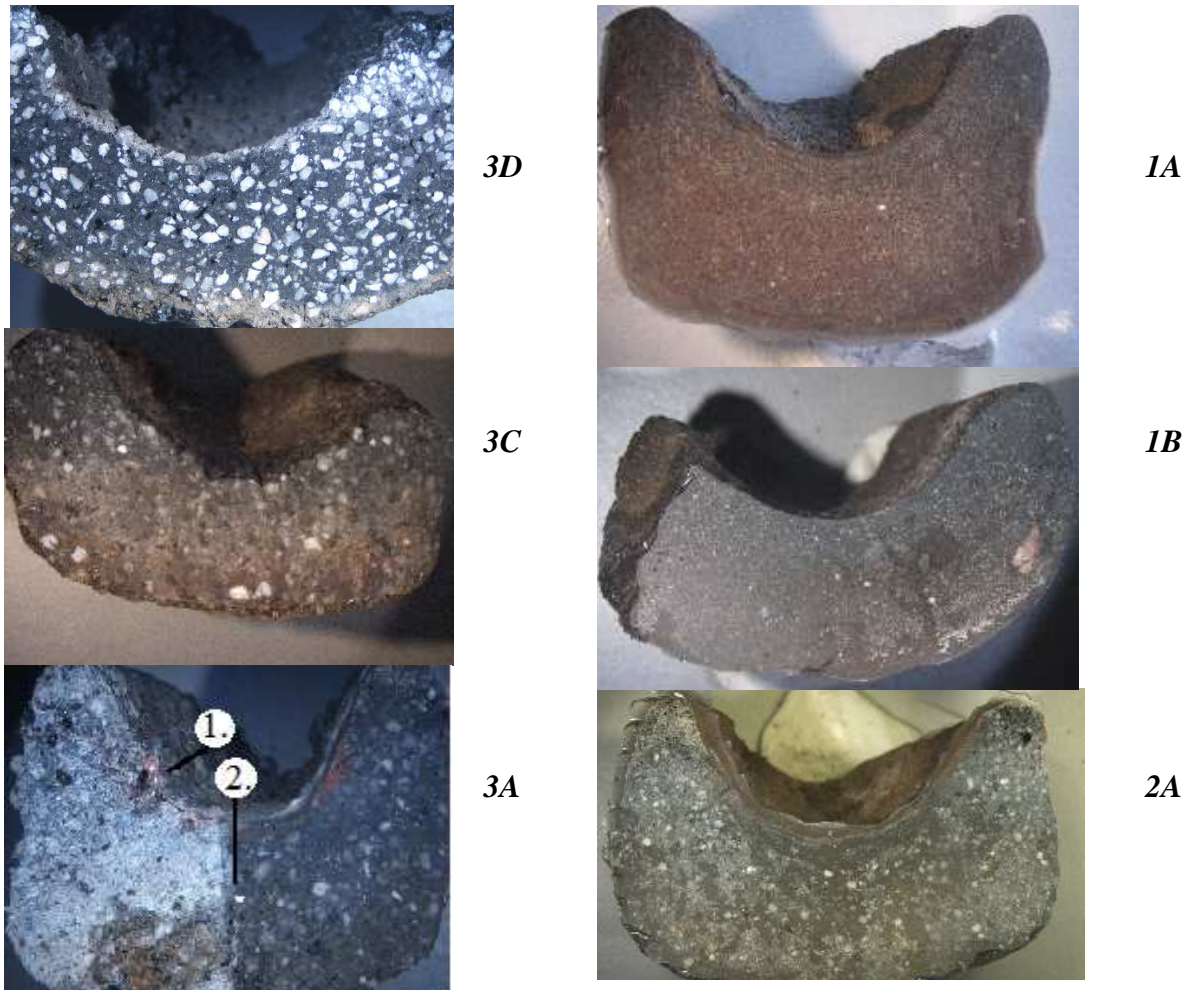
3.3.1. Utseende

I det arkeologiska materialet från Broåsen har nästan samtliga deglar eller fragment en starkare eller mer heltäckande beläggning av kopparoxid än rekonstruktionerna (fig. 26). Detta kan antas påvisa att deglarna från Broåsen har använts till fler gjutningar innan de kasserats än de deglar som rekonstruerats inför denna studie (20 gjutningar). För mig som utfört experimenten och sett hur deglarna påverkas är det inte svårt att tänka sig att det arkeologiska materialet från Broåsen har använts till mer än 20 gjutningar.

3.3.2. Polerade ytor

De polerade ytorna visar (fig. 25, 27 samt tab. 3) att deglarnas gods förändras med användningen. Godset går från oxiderat till mer genomreducerat samt sintrar vid mynning och insida. Genom att jämföra de polerade ytorna med materialet från Broåsen som registrerats i denna studie kan man konstatera att huvudparten av dessa skärivor visar tecken på att ha använts till fler än 20 gjutningar.

Degel 1A, 2A & 3A vilka hade lagats under experimenten visade vid analys tydliga tecken på att ett nytt lager lagts på. Därmed kan man dra slutsatsen att lagningar alltid lämnar synliga spår kvar i godset på deglar. Tyvärr visar experimenten på att det inte går att använda lagningar av deglar som en indikator på hur många gånger de har använts eftersom detta värde varierar mellan en och åtta gjutningar (tab. 2). Däremot är det tydligt att de flesta deglarna som deponerats vid Broåsen inte var lagade mer än en gång.



Figur 27: Polerade ytor av de snitt som gjorts på de rekonstruerade deglarna. Uppifrån vänster degel 3D (1 gjutning), 1A (1 gjutning), 3C (5 gjutningar), 1B (6 gjutningar), 3A (20 gjutningar) samt 2A (20 gjutningar). I snittet av degel 3A syns små droppar av brons mellan lagningen och det originella godset (1.), dessa droppar har jag inte lagt märke till när jag lagat degeln och därför har de inneslutits. Längre in i godset (2.) syns även en droppe brons som runnit ner längs sprickor eller hålrum som uppstått vid tillverkning och användning. Dessa två olika sätt som bronsdroppar bevarats syns även i det arkeologiska materialet från Broåsen (foto: förf.). Snittens bredd: 3D: 7cm, 1A: 4cm, 3C: 5.5cm, 1B: 5.5cm, 3A: 5.5cm, 2A: 6cm.

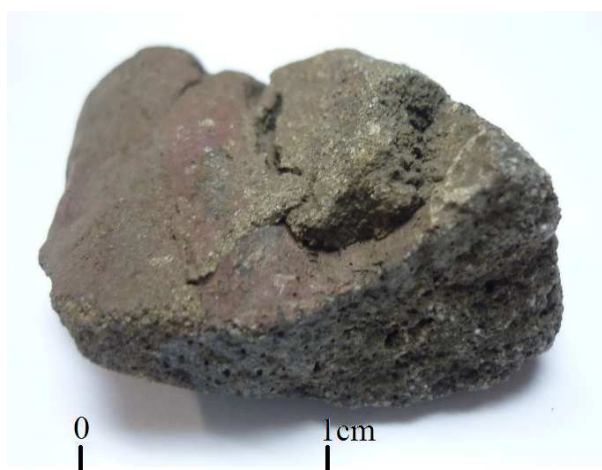
3.3.3. Sammanfattande analys

De skillnader i gods och utseende som tagits upp ovan kan sammanfattas i en förenklad nyckel för identifikation av antalet gjutningar som en degel har använts till.

Antal gjutningar	Yt-beläggning	Gods	Övrigt
1 – 5	Fläckvis	Delvis reducerat, botten oxiderat bränd	Lagningar
10 – 20	Heltäckande (insida), matt, fläckvis något klarare	Sintring vid mynning och insida, reducerat gods	Lagningar, bronsdroppar inne i godset
Fler än 20 gjutningar	Heltäckande (insida), klar	Kraftig sintring vid mynning och insida	Lagningar, bronsdroppar inne i godset

Tabell 4: Förenklad nyckel som visar hur deglarnas gods förändras med användningen.

Som exempel på hur denna nyckel kan appliceras studerades tre fragment från Broåsen, samt två fragment från andra orter (Löderup och Östra Vemmerlov, Skåne) (fig. 28-32).



Figur 28: Degelfragment från Broåsen, Halland (inv. nr. 5969:G195). Den starka röda patineringen, lagningen samt det sintrade godset tyder på att detta är en mynning från en degel som använts 20 eller fler gånger (foto: förf.).



Figur 29: Degel från Broåsen, Halland (inv. nr. 5854). Den hårda sintringen vid mynning och på insidan, droppar av kopparlegering i godset tillsammans med den starka röda beläggningen av kopparoxid pekar på att denna degel har använts fler än 20 gjutningar. Degeln är en av de tre som påträffades intakta. Skalan anges i cm (<http://carlotta.gotlib.goteborg.se/pls/carlotta/welcome> sökord: degel).



Figur 30: Degelfragment från Broåsen, Halland (inv. nr. 5951). Den starka röda patineringen tyder på att denna degel har använts till fler än 20 gjutningar. Fragmentet har även lagats vid mynningen varefter degeln har använts ytterligare ett antal gånger. Skalan anges i mm (foto: förf.).



Figur 31: Degel från Löderup, Skåne (LUHM inv. nr. 29064:1). Lagningen och främst den röda patinering som finns under denna tyder tillsammans med det sintrade godset kring mynningen och delvis på insidan på att denna degel använts till mellan 10-20 gjutningar varefter den lagats och kort därefter kasserats. Skalan anges i cm (foto: förf.).



Figur 32: Degel från Östra Vemmerlöv, Skåne (LUHM inv. nr. 29077:42). Det delvis oxiderat och delvis reducerat brända godset tillsammans med avsaknaden av kopparoxid tyder på att denna degel inte använts fler än 5 gjutningar. Skalan anges i cm (foto: förf.).

4. Slutsatser

Nedan följer de slutsatser som jag dragit baserat på både studie I och studie II.

4.1. Diskussion

I inledningen på denna uppsats beskrev jag att syftet med att besvara frågan för hur många gjutningar en degel håller var av vikt eftersom svaret kunde avslöja information på det teknologiska, ekonomiska samt sociala planet. Sammanfattningsvis beskrev jag det på följande sätt:

Teknologiska: Vilken grad av kunskap låg bakom tillverkningen av deglar?

Ekonomiska: Vad var värdet på en degel?

Sociala: Vad kan vi säga om hantverkarens status i samhället?

Låt oss börja med det tekniska kunnandet bakom en degel. Tidigare rekonstruktioner av deglar i denna studie, presenterade i kap. 1.1.3.2. *Tidigare forskning kring bronsålderns deglar* samt 2.3.9. *Hur länge en degel håller*, har visat att när lergods används som bas för deglar är hållbarheten låg. Oavsett form eller magring visade exemplen på en hållbarhet av maximalt 10 gjutningar. Magringen som användes i dessa ovan nämnda tidigare studier liknade den hos det arkeologiska materialet från Broåsen. Men av någon anledning var hållbarheten ändå sämre. Detta talar för att val av magring och/eller lera inte är något som lämnats åt slumpen vad gäller de arkeologiska fynden. Tillverkaren av deglarna funna på Broåsen verkar ha varit väl medveten om vilken lera och vilken magring som skulle användas. Som jag redan nämnt ovan i texten passar formen på bronsålderns deglar väl in med utformningen av en förmodad härd där luften från bälgarna kommer in uppfifrån. Sammanfattningsvis kan man alltså anta att det fanns ett stort kunnande bakom tillverkningen av deglar vilket gjorde att hållbarheten var hög samt att den och härden var väl anpassade till varandra formmässigt.

Låt oss nu titta på det möjliga ekonomiska värdet för en degel. Om vi accepterar ovanstående argumentation står det alltså klart att det fanns en kunskap bakom tillverkningen av en degel. Därmed kan man anta att degeln även hade ett högt ekonomiskt värde. Med ekonomiskt värde menar jag här ett potentiellt värde i form av utbyte mot varor eller tjänster, oavsett ekonomiskt system. Men å andra sidan är det inte svårt eller tidskrävande att tillverka en degel rent formmässigt. Även om degeln form är bunden till härdens utformning är det inte svårt att kopiera en degel formmässigt om man har sett en tidigare. Detta gjordes t.ex. av mig inför denna studie, även om jag inte har någon erfarenhet på området. En sådan degel kan tänkas ha en låg hållbarhet men ändå fylla sin uppgift. Detta leder oss till en tanke om att bronsgjutare som hantverkare använde deglar med hög kvalitet eftersom de (på ett eller annat sätt) hade tillgång till den kunskap som krävdes. De eventuella andra producenterna (exempelvis gårdsproduktion av en 'outbildad' grupp) använde en enklare typ av degel med lägre hållbarhet, eftersom deras produktion var lägre och inte krävde någon längre hållbarhet för deglarna. Det är inte omöjligt att dessa två synsätt på deglars ekonomiska värde har funnits parallellt även hos skickliga hantverkare. Exempelvis säger Mats Lönnberg ang. deglars hållbarhet:

"Ierdegglar är nog i stort att betrakta som engångsartiklar för massproduktion" samt ang. lagning av keramiska deglar *"frågan är om det är värt besväret, lättare att göra en ny"* (Lönnberg opubl.)

Genom att titta på kvantiteter i förhållande till kvalitet mellan olika lokaler kan sådana potentiella värderingar kanske spåras. Det krävs alltså vidare forskning. Man kan fråga sig vad för spår en gårdsproduktion lämnar efter sig och om vi idag känner till några sådana lokaler. Enligt mig finns det två scenarier. Antingen hade deglarna som användes i gårdsproduktionen en låg kvalitet. Detta

skulle då innebära att de får en dålig bevarandegrad eftersom en degel som använts 1-5 gånger inte har sintrat ihop till samma grad som en degel vilken har använts till 20 eller fler gjutningar. Därför borde vi inte ha några spår, alt. endast ett fåtal från bronsålderns gårdsproduktioner. Det andra scenariot är att deglarna hade hög hållbarhet i fråga om gjutningar, därmed får en god bevarandegrad och återfinns som ett fåtal skärvor inom ett smalt (kronologiskt) tidsintervall eller ett flertal skärvor med brett tidsintervall. För att reda ut det senare påståendet ytterligare krävs bättre dateringar på ett antal lokaler, där kommer det ovan nämna försöken med C-14 dateringar att vara mycket användbart. Degelns ekonomiska värde så som jag definierade det ovan är därmed bara ett internt värde inom gruppen av hantverkare och kan dessutom ha skiljt sig åt mellan olika grupper. Utanför sin kontext (brons-hantverket) är det svårt att säga om en degel hade något värde, antagligen inte ekonomiskt utan i sådant fall snarare symboliskt. Ett exempel på detta är de degelfragment som hittades i ett stolphål till en byggnad som är tolkad som 'kulthus' vilken har påträffats i Berg, Värmland. Platsen grävdes ut av Värmlands museum år 2007 (Olsson 2008:39)

För att sedan undersöka den sociala statusen för en bronsgjutare måste vi först fastslå vem han/hon är. Talar vi om en liten eller storskalig produktion på Broåsen? Det har ovan föreslagits att degelns värde utanför sin kontext som redskap var lågt men att kunskapen hos de gjutare som ägnade sig åt storskalig produktion förmodligen var mycket hög. Samtidigt har tidigare studier visat att det kan ha funnits två grupper av producenter av bronsartefakter i bronsålderns samhälle (Nilsson 2008). Denna andra grupp skulle i ett sådant scenario stå för en lågkvalitativ gårdsproduktion. På grunden av den höga kvalitet som deglarna från Broåsen har visat på vad gäller hållbarhet samt att uppskattningsvis 37 hela deglar har deponerats anser jag att Broåsen i nuläget bör betecknas som en större produktionsplats med skickliga hantverkare. Genom vårt nuvarande tankesätt att kunskap ger makt borde deras sociala status vara hög. Den typ av produktion som de ägnade sig åt verkar de varit ensamma om i närområdet vilket bör ha givit dem något som liknar monopol på högstatusföremål av brons. En sådan produktion borde öka deras ekonomiska potential och bidra till en hög status i samhället. Här bör en fortsatt studie gå igenom de gjutformsfragment som påträffats på Broåsen för att utreda vad för produkter som ev. gjöts av dessa hantverkare. Den keramik som hittades tillsammans med deglarna kan möjligen också säga något om konsumenternas (dvs. bronsgjutarnas) konsumtion; rör det sig t.ex. om s.k. finkeramik? Hur statusen kan ha varierat mellan hantverkare inom och mellan olika lokaler går däremot ännu inte att säga genom att titta på detta material ensamt, här krävs vidare studier.

Trettio av 149 (5%) eller 598 g av 3428,6 g (17%) av de degelfragment från Broåsen som registrerades var lagade. Som en jämförelse lagades 3 av 8 rekonstruktioner (38%). Det kan finnas flera anledningar till att deglarna från Broåsen inte reparerades i lika stor utsträckning som rekonstruktionerna av dessa. Det kan bero på att jag vid den okulära bedömningen kan ha missat ett antal skärvor som kommer från lagade deglar. Det kan även bero på det faktum att hantverkarna som lagade och använde dessa deglar var mycket skickligare än mig och därför lyckades öka hållbarheten hos sina deglar. Den största felkällan är dock att endast 8 deglar har rekonstruerats och använts vilket ger ett dåligt statistiskt underlag för att jämföra med vad gäller lagningar i ett arkeologiskt material.

4.2. Sammanfattning

De deglar som hittats på Broåsen i samband med George Sarauws utgrävningar mellan åren 1914-1918 har varit det grundläggande arkeologiska materialet för denna uppsats. Etthundrafyrtionio

fragment samt 9 hela/sammansatta deglar har registrerats, tunnslip har utförts på 10 av fragment och studierna av detta material har legat till grund för åtta rekonstruktioner. Genom att simulera bronsgjutningar med dessa deglar har hållbarheten testats experimentellt. Deglarna har sedan undersökts okulärt i snitt, på utsidan och med tunnslip för att reda ut vilka karakteristiska utseenden eller särdrag som kan hjälpa till i kommande studier för att konstatera hur många gånger en degel har använts. Med avstamp i slutsatserna från registreringen redovisas här nedan de olika stegen samt slutsatser som gjorts i denna uppsats.

Deglarna som deponerats på Broåsen tillverkades med minst fyra olika typer av magring; både sand av två typer, krossad bergart såväl som organisk magring. Deglarna tillverkades i de flesta fall med en bågformad undersida sett från långsidan. Detta gjordes medvetet, antingen för att det fanns en praktisk funktion som exempelvis att degeln stod bättre i härden eller pga. annan praxis såsom tradition etc.

Förstudier (bilaga 3) har visat att deglarna inte har behövt brännas innan användning för att öka deras hållbarhet, istället kan de brännas i samband med den första gjutningen. Om deglarna från Broåsen verkligen har bränts i förväg är dock inte möjligt att avgöra i nuläget. Sett utifrån bränsleåtgången är det oekonomiskt att göra det, i ett sådant sammanhang är det antagligen mer intressant att diskutera andra anledningar så som tradition eller liknande kulturella ramar.

Eftersom fynd av tuyéer daterade till bronsålder är utformade som ett L-format rör (Thrane 1994:13; Rönne 1996:47) kan man förmoda att blästerluften kommer in i härden ovanifrån. Denna luftström innebär att metallen som ligger i degeln värms direkt och alltså inte degeln som den ligger i. Detta medför att degeln, även om den utsätts för mycket höga temperaturer, endast sintrar vid mynningen samt efter ett par gjutningar även på insidan. Utsidan och botten förblir relativt oskadd. Sättet på vilket verkstaden är utformad ökar enligt mig degelns livslängd väsentligt. Skulle blästerluften och därmed den mest intensiva värmen komma från sidan innebär det att degeln först värms, vilken sedan i sin tur värmer metallen, detta är mer påfrestande för keramiken. I detta fall är det även en fördel med tunna väggar, något som medför att degeln blir mindre hållbar

De rekonstruktioner som tillverkades utifrån deglarna funna på Broåsen behövde i 3 fall av 8 lagas inom de första 10 användningarna. Experimenten visade även att deglar kan användas mer än 10 gjutningar utan att behöva lagas. Av det arkeologiska skärvmaterialet visade 17 (vikt)% tecken på att ha lagats, man kan anta att dessa deglar använts 0-10 gjutningar och därefter ytterligare ett antal gånger. Lagningarna visade sig lätta att spåra på de snitt som gjordes på rekonstruktionerna och därmed borde detsamma gälla för arkeologiskt material.

Röd beläggning uppstår på insidan av deglarna efter ca fem gjutningar. Denna beläggning är med stor sannolikhet kopparoxid som bildats i samband med smältningen av kopparlegeringar. Beläggningen blir starkare med antalet gjutningar och täcker dessutom en allt större yta. De hela/sammansatta deglarna från Broåsen är i samtliga fall starkt röda på insida och vid mynning vilket innebär att de använts ett stort antal gånger, förmodligen för fler gjutningar än rekonstruktionerna använda i denna uppsats (0-20 gjutningar).

De rekonstruerade deglar som använts ett fåtal gånger (1-5) skiljer sig från de som använts för 20 gjutningar. Dessa skillnader kan även ses på arkeologiskt material; klarare och större röd beläggning av kopparoxid, ökad sintring av godset och övergång av oxiderat brända delar till reducerat är förändringar som sker i samband mer allt fler gjutningar.

Det står efter studien klart att större delen av deglarna från Broåsen antagligen har använts fler än 20 gjutningar innan de lämnats på platsen. Vad som även är fastställt är att låga breda keramiska deglar har en längre potentiell hållbarhet än vad som tidigare antagits.

På grund av sin goda hållbarhet var deglarna vid Broåsen med stor sannolikhet inte några engångsartiklar. Det krävdes kunskap om magring och lera för att få den rätta blandningen samt att anpassa formen och själva hårdplatsen med tuyé till varandra. Därmed är det inte omöjligt att tänka sig att hantverkarens status i samhället var hög, inte bara pga. den ekonomiska makt som det innebär att vara producent av lyxkonsumtionsvaror men även pga. sin kunskap. Det ekonomiska värdet av en degel kan tänkas vara högt inom gruppen eftersom de uppenbarligen har lagats istället för slängts och ersatts av nya deglar. Vad en degel var värd för icke hantverkare är svårt att säga. Förmodligen sjunker värdet när nyttovärdet blir lika med noll. Däremot kan ett symboliskt värde utanför hantverkssfären diskuteras.

4.3. Framtida studier

Under arbetet med uppsatsen har jag kommit att fundera över många nya frågor som är kopplade till uppsatsens huvudfråga. Dessa frågor skulle var för sig med lätthet kunna utgöra ett nytt projekt i liknande eller större omfattning. Därför vill jag presentera dem nedan och även berätta något om på vilket sätt de är relevanta för arkeologin.

4.3.1. Hur förlänger en lagning hållbarheten?

De lagningar som utförts på materialet från Broåsen bör ha haft en praktisk funktion. Därför är det rimligt att anta att en lagning förlänger livslängden hos en degel. Genom att undersöka hur mycket längre en degel håller efter en lagning i jämförelse med en degel som inte lagas kan detta besvaras experimentellt. Syftet med att få en uppfattning om hur många gånger efter lagningen en degel verkligen håller är att ge en bättre förutsättning för att fastställa antalet gånger som en degel från ett arkeologiskt material har använts.

4.3.2. Vad händer om man varierar lertyper?

En av parametrarna som beaktades när experimenten utformades (se 1.3.3. Experiment) var typen av lera. En av deglarna (degel 1A) tillverkades av en annan lera än övriga deglar i experimentet (lera 2 bilaga 2). Detta gjordes som en utökning av experimenten samt som en följd av att lera 1 visade sig mindre användbar för denna typ av magring. Det visade sig att degel 1B magrad med lera 1 (dvs. standardleran) höll för 6 gjutningar, medan degel 1A magrad med lera 2 enbart höll för en gjutning. Vidare studier behövs för att bekräfta detta mönster, dvs. att en siltig grovlera (lera 1) är bättre lämpad för deglar än en finlera (lera 2). Från tidigare utförda studier vet vi idag att det inte är ovanligt att just siltiga och sandiga leror använts som bas för deglar och annan metallurgisk keramik (ex. Stilborg 2008). Den viktigaste slutsatsen som skulle kunna dras från en sådan studie är dock

hur stor skillnad det blir i hållbarhet mellan deglar tillverkade av olika typer av leror. Detta skulle i förlängningen kunna ligga som grund till en diskussion om råvaruutvinning/tillgång och hur olika leror medvetet kan ha använts av olika hantverksgrupper. Eftersom de typer av magring som är synliga i tunnslipen från Broåsens deglar inte är något råvaruspecifikt, kan en diskussion om lertag vara av större intresse. Ämnet har tagits upp tidigare, då med fokus på järnåldern (Stilborg 2008).

4.3.3. Variera storleken

De rekonstruktioner som tillverkades och användes i experimenten kopplade till denna studie är gjorda utifrån en av tre olika storlekar på deglar. Anledningen till att denna specifika storlek valdes var att den var mest representerad i det arkeologiska materialet från Broåsen. Form är en av de parametrar som nämns i kap. 1.3.3. *Experiment* vilka jag valde att inte variera. Hållbarhet kan dock förändras med storlek och form. Om det visar sig att så är fallet skulle man kunna diskutera anledningen till varför vissa till synes fastställda storlekkategorier existerar i materialet. Likaså finns det spår av deglar som är långt större än de funna vid Broåsen exempelvis de som hittats i samband med en utgrävning i Bromölla (LUHM nr. saknas, utgrävningen utfördes 1958 och ingår i RAÄ 16:1) (se fig. 3). Är hållbarheten annorlunda hos deglar av den storleken? En diskussion om hur hållbarhet kan variera i förhållande till storlek (och därmed användningsområde) skulle vara intressant ur ett socialt perspektiv. Vilka har gjutit de stora föremålen, och vilka har gjutit de mindre? Samt främst; i vilka kvantiteter har dessa stora resp. små föremål gjutits (antal gjutningar per typ av degel)?

4.3.4. Öka mängden brons

I denna studie smältes ca 1/2 hg brons per simulerad gjutning. Deglarna har däremot kapacitet att smälta upp till 2 hg. Ett test gjordes för att utröna hur detta kan påverka den röda beläggningen (kopparoxid) som möjligen blir mer heltäckande och stark om mer kopparlegering smälts. Ingen större skillnad kunde dock ses efter ett försök. I en framtida studie skulle det vara intressant att undersöka om det verkligen inte finns något samband mellan hur stor mängd kopparlegering som smälts och hur snabbt en beläggning av kopparoxid, så som är synligt på det arkeologiska materialet från Broåsen, uppstår. Beror yta och styrka i färg enbart på antalet användningar eller är det även viktigt att beakta mängden metall som smälts? Detta kan tillföra viktig information om hur man kan bedöma antalet gjutningar deglar har använts för.

4.3.5. Hur länge håller en hög smal degel med samma typ av magring som materialet från Broåsen?

För att besvara ovanstående fråga behövs ytterligare experiment. Ett svar skulle kunna leda till en diskussion kring hur hantverket (inkluderande tradition, uppbyggnad av verkstad, nya teknologiska influenser/artefakttyper) förändras i samband med skiftet mellan brons och järnålder när denna nya typ av degel införs. Beror den långa hållbarheten hos deglarna från Broåsen främst på formen (se diskussion ovan 2.3.9. Hur länge en degel håller) och hur verkstaden är utformad (tänger & tuyé) eller på magring och lera? Om formen innebär en stor skillnad i hållbarhet bör det diskuteras varför denna förändras efter en lång kontinuitet.

4.3.6. Hållbarhet i förhållande till magring

En studie av hur länge deglar håller i förhållande till typ av magring skulle kunna tillföra viktig

information till diskussionen om hantverkarnas tankar kring valet av magring. Även ev. kopplingar eller skillnader mellan regioner och val av magring för deglar skulle kunna tillföra intressant information om bronsålderns kontaktnät och teknikutbyte. Se diskussion ovan; 2.3.3. Deglarnas magring.

4.3.7. Kartlägga olika typer av deglar under skandinavisk bronsålder

En sådan kartläggning skulle kunna tillföra ny information till diskussionen om var produktionsplatser har legat. Om vissa områden inte har producerat större föremål än 1 hg. innebär detta att tyngre föremål har importerats. Så som alltid inom arkeologi finns här en stor osäkerhet vad gäller bevaringsgraden av deglar och därmed källmaterialet men som ett exempel kan nämnas degelfragmenten från Bromölla. Dessa tyder på att tyngre föremål har producerats där i jämförelse med andra förmodade produktionsplatser så som Broåsen. Möjligen var Bromölla en viktigt produktionsort under bronsåldern. Vissa typer av deglar kan tänkas ha storleksmässigt, formmässigt eller magringsmässigt paralleller till andra lokaler (se ovan) och därmed påvisa ett kunskapsutbyte av något slag. För att dra vidare slutsatser måste en kartläggning först ske av bronsålderns deglar.

4.3.8. Utveckla en standard för att jämföra olika lokalers hantverksintensitet

Denna studie har visat att man genom att titta på degelmaterialet kan uppskatta storleken på produktionen av bronsartefakter. Exempelvis har 20 hela deglar kunnat fastställas i materialet från Broåsen, ytterligare 17 kan viktligt antas ha funnits utifrån det skärvmaterial som jag registrerat inför denna uppsats (se 2.1.1. Det arkeologiska materialet). Sammanlagt ger detta 37 deglar. Huvudparten av dessa fragment ser ut att ha använts fler gånger än de repliker som användes i studie I, dvs. 20 gjutningar. Genom att göra en enkel beräkning kan man då anta att det degelmaterial som hittades på Broåsen har använts för att göra minst $20 \cdot 37 = 740$ gjutningar. Om denna typ av beräkning skulle appliceras på andra lokalers material kan det leda till en bättre inblick i olika lokalers produktions intensitet. Därmed läggs grunden för en diskussion om vilka eventuella platser som varit stora resp. små produktionscenter. En hög kvantitet av deglar i samband med en låg kvalitet (ex. hållbarhet) skulle även kunna visa på en uppfattning kring deglar som en förbrukningsvara utan högre ekonomiskt värde (se 4.1. Diskussion ovan).

4.3.9. Trä resp. järntänger

Jag skulle vilja ställa mina resultat (dvs. en oerfaren person) mot de som fåtts av Mats och Magnus Lönnberg (13 års erfarenhet). Under mina experiment höll 2 av 3 degeltyper 20 gjutningar utan att visa tecken på allvarliga skador. Under Lönnbergs bronsgjutningar (i syfte att rekonstruera artefakter) höll deglarna 5-10 gjutningar innan de kasserades. Förutom erfarenheten (som borde minska mina deglars hållbarhet) är det enda som tycks skilja våra arbeten åt tängerna (trä resp. järn) samt lagningarna (vilket inte utförs av Lönnberg). Lagningar har redan diskuterats ovan och antas förlänga deglarnas hållbarhet men det är inte orimligt att även valet av tänger har spelat in i hållbarheten. Genom att utreda hur tängerna påverkar hållbarheten kan relevant information tillföras en diskussion om anledningen till övergången mellan bronsålderns och järnålderns skillnader i form mellan deglar (se ovan). Är användandet av en järntång enbart av praktiska skäl på bekostnad av degelns hållbarhet? Det bör noteras att lagningar förekommer även hos järnålderns deglar (fig.4) och därmed kan valet av tång vara en viktig skillnad för hållbarheten. Än så länge finns mig veterligen ingen studie gjord på hur många gånger en degel av järnålderstyp håller.

4.3.10. Hur länge håller en hög smal degel?

Avslutningsvis är ovanstående en minst lika intressant fråga som den jag utgått ifrån i denna uppsats. Den självklara formmässiga motsatsen till en bronsåldersdegeln är järnålders höga och smala degel. Frågan varför denna tillslut ersätter bronsålderns typ av deglar har jag redan tagit upp ovan och hållbarhet för en sådan degel är en av grunderna för en sådan diskussion.

Referenser

Andersen, S. & Madsen, H. 1984 Et förromersk bronzesöbfund fra Vitved i Östjylland i *HIKUIN* nr. 10 Red. Lind, B., Lund, J. & Rasmussen, B.

Höjbjerg

Carlie, L 1992. *Brogård – Ett brons- och järnålderskomplex i södra Halland. Dess kronologi och struktur*

Lund

Holmqvist, W. & Granath, K. 1969 *Helgö -den gåtfulla ön*

Uddevalla

Hulthén, B. 1976 On thermal color test. I *Norwegian Archaeological Review* 9:1

Oslo

Hulthén, B. 1977 *On ceramic technology during the Scanian neolithic and bronze age.*

Stockholm

Hulthén, B. 1991 *On ceramic ware in northern Scandinavia during the neolithic, bronze and early iron age*

Umeå

Hulthén, B. 1995 *Ceramics and Clays at Ancient Högom*

Stockholm

Högberg, A. 2011 *Brons, guld, silver och koppar. Yngre bronsålderns metallhantverk vid Kristineberg* in print

Jakobsson, T. 1996 Bronsgjutarverkstäderna på birka -en kort presentation. I Forshell, H. (red.) *Icke-järnmetaller malmfyndigheter och metallurgi* jernkontorets bergshistoriska utskott

Stockholm

Johansson, Tomas 1993 *Forntida teknik*

Västerås

Johansson, T. 1986 Bronsgjutare i Mali och Burkina faso. I Johansson, T. (red.) *Forntida teknik*

Sveg

Larsson, M. Segrén, A. Andersson, M. Lindström, T. 1986 Försök med kopparsmältning. I Johansson, T. (red.) *Forntida teknik*

Sveg

Lindälv, E. 1967 *Fornfynd och fornminnen i norra Halland*

Varberg

Neergaard, C. 1908. Haag-Fundet. I Det kongliga nordiske oldskrifteselskab (red.) *Aarbøger for Nordisk Oldkyndighed og Historie* vol. 23

Köpenhamn

Nordén, A. 1929 *Östergötlands järnålder*

Stockholm

Oldeberg 1942 *Metallhantverk under förhistorisk tid band 1*

Lund

Oldeberg 1943 *Metallhantverk under förhistorisk tid band 2*

Lund

Persson, T. 1994. *Jag väntar, vid min mila. En studie av förhistorisk träkols- och tjärframställning i Skandinavien*. C-uppsats i arkeologi.

Lund.

Petersson, B. 2003 *Föreställningar om det förflutna*

Lund

Petré, R. 1959 En Bronsåldersby i Bromölla. I *Skånes hembygdsförbunds årsbok*

Kristianstad

Rönne, P. 1996 Flydende bronze i digler og forme. I *Naturens verden* 1996 nr. 41

Köpenhamn

Sarauw, G. F. L. 1915. Berättelse rörande Göteborgs musei arkeologiska avdelning för år 1914. I *Göteborgs museums årstryck*.

Göteborg

Sarauw, G. F. L. 1919. Berättelse rörande Göteborgs musei arkeologiska avdelning för år 1914. I *Göteborgs museums årstryck*.
Göteborg.

Sarauw, G. & Alin, J. 1923: *Götaälvområdet fornminnen*
Göteborg

Selinge, K. 1994 *SNA Kultur och miljövard*
Stockholm

Sjöberg, J. 1998 *Tusentals fynd från hundratusentals år : en resa i tid och rum genom Stadsmuseets arkeologiska samlingar*
Göteborg

Stilborg, O. 2008 A technological study of crucibles from Helgö and Bäckby. I Helen Clarke & Kristina Lamm (red.) *Excavations at Helgö*. no. 17, Workshop
Stockholm

Stilborg, O. 2003 Late Iron Age Metal Crafts Ceramics at Uppåkra. I Hårdh, B. (red.) *Uppåkrastudier 9 -fler fynd i centrum*
Lund

Svensson, B. 1940 En gjuteriverkstad från bronsåldern. I *Göteborgs och bohuslänsfornminnesförenings årsskrift*
Göteborg

Thrane, H. 1994 Bronzens mestre. I Andersen, H., Kraglund, S. & Adamsen, C. (red.) *Skalk* nr.2 1994.
Århus

Trask, P. D. 1932 *Origin and environment of source sediments of petroleum*
Huston

Nätbaserade källor

Kjærulf Andersen, A. 2007 Sod, sved og tårer. I Palm, M. (red.) *Arkæologisk Forum* nr.17.

tillgänglig vid: <http://www.archaeology.dk/upl/9166/AF177.AnetteKjrulfAndersen.pdf> [2011-02-07]

Eklöv Pettersson, P. 2011 Experimentell arkeologi, ett exempel och lite metodik I Forsgren, M. (red.) *Från den undre världen -bidrag från den första arkeologiska studentkonferensen 2010*. Tillgänglig vid: <http://www.archaeology.su.se/pub/jsp/polopoly.jsp?d=1334&a=27059> [2011-02-12]

Tabeller metaller RAÄ 2009. Tillgänglig vid http://www.raa.se/cms/showdocument/documents/extern_webbplats/materialguiden/tabeller_metaller_6185.pdf [2011-04-27]

Foto av degel hämtat från <http://carlotta.gotlib.goteborg.se/pls/carlotta/welcome>. sökord: GAM:5848 [2011-02-17]

Foto av degel hämtat från <http://carlotta.gotlib.goteborg.se/pls/carlotta/welcome>. sökord: GAM:5848 [2011-02-17]

Karta hämtad från www.eniro.se sökord: Grimeton [2011-04-27]

Fasdiagram Cu-Sn legering hämtat från <http://www.metallurgy.nist.gov/phase/solder/cusn-w.jpg> [2011-05-06]

Rapporter

Olsson, H. 2008 *Skeppsättning och kulthus vid Berg på Värmlandsnäs* 2008:39
Tillgänglig vid: <http://www.varmlandsmuseum.se/1/1.0.1.0/52/Rapport%202008.39.pdf>

Stilborg, O. 2007 *Teknisk keramik i Grandin, L., Andersson, D. & Willim, A. 2007 Ett mångfacetterat metallhantverk i Södra Kristineberg och Svängedammshagen* UV GAL analysrapport nr.9. Tillgänglig vid: http://www.arkeologiuv.se/cms/arkeologiuv/publikationer/rapporter/gal_analys_2007.html [2011-02-13]

Uppslagsverk

Nationalencyklopedin (2011). Höganäs: Bra Böcker. Tillgänglig vid; www.ne.se

Uppsatser

Hagberg, B. 1993 *Bronstillverkare : en etnoarkeologisk jämförelse av bronstillverkare i Västafrika och bronsgjutare i Mellansverige under svensk bronsålder*
CD-uppsats i arkeologi, Stockholms universitet
Stockholm

Nilsson, A. 2008 *Gjutfel och dålig ornamentik*
CD-uppsats i arkeologi, Lunds universitet
Lund

Muntliga källor

Nilsson, Andreas. 2011 Diskussion om bronsålderns gjuteriverksamhet

Petré, Rolf. 2011 Diskussion om bronsålderns gjuteriverksamhet

Opublicerat

Eklöv Pettersson, P. *Thin section analysis -a small reference material* KFL
Lund

Lindahl, A. Skog, G. C-14 dateringar av keramiska deglar *in progress*

Lönnerberg, Egil 1932 Planskiss gjord i samband med undersökning av materialet från Broåsen Grimeton s:n utgrävt under säsongerna 1914-1918 (Sarauw, G.) Förvaras på: *Göteborgs stadsmuseums arkiv*, Göteborg.

Brevkorrespondens med Stilborg, O. 2011 På temat; Bronsålderns deglar.

Brevkorrespondens med Lönnerberg, M. 2011 På temat; Bronsålders deglar

Registemnummer	Misc	Info från Sarauw's anteckningar	Lagningar
5840		Hopsatt av flera bitar (se Sarauw's katalogisering)	
5841		Hopsatt av flera bitar (se Sarauw's katalogisering)	
5842	ojämn botten, möjligen flat	Hopsatt av flera bitar (se Sarauw's katalogisering)	
5843	båtformad likt 5848	Hopsatt av flera bitar (se Sarauw's katalogisering)	
5844		Hopsatt av flera bitar (se Sarauw's katalogisering)	
5845	kan vara flera skikt, båtformad	Hopsatt av flera bitar (se Sarauw's katalogisering)	
5846	kan vara flera	RekonstrueradHopsatt av flera bitar (se Sarauw's katalogisering)	
5847	rekonstruerad botten	Hopsatt av flera bitar (se Sarauw's katalogisering)	
5848	båtformad, botten viker sig sö	Hopsatt av flera bitar (se Sarauw's katalogisering)	1
5849		Hopsatt av flera bitar (se Sarauw's katalogisering)	
5850		Hopsatt av flera bitar (se Sarauw's katalogisering)	
5851	båtformad likt 5848	Hopsatt av flera bitar (se Sarauw's katalogisering)	
5852		Hopsatt av flera bitar (se Sarauw's katalogisering)	
5853			
5854			
5855		Hopsatt av flera bitar (se Sarauw's katalogisering)	
5856		Hopsatt av flera bitar (se Sarauw's katalogisering)	
5857			
5858	båtformad likt 5848	Hopsatt av flera bitar (se Sarauw's katalogisering)	
5859	båtformad likt 5848	Hopsatt av flera bitar (se Sarauw's katalogisering)	
5860		Hopsatt av flera bitar (se Sarauw's katalogisering)	
5861		Hopsatt av flera bitar (se Sarauw's katalogisering)	
5862		Hopsatt av flera bitar (se Sarauw's katalogisering)	
5863		Hopsatt av flera bitar (se Sarauw's katalogisering)	
5864		Hopsatt av flera bitar (se Sarauw's katalogisering)	
5865		Hopsatt av flera bitar (se Sarauw's katalogisering)	
5866		Hopsatt av flera bitar (se Sarauw's katalogisering)	
5867		Hopsatt av flera bitar (se Sarauw's katalogisering)	
5868		Hopsatt av flera bitar (se Sarauw's katalogisering)	
5869		Hopsatt av flera bitar (se Sarauw's katalogisering)	
5870		Hopsatt av flera bitar (se Sarauw's katalogisering)	
5871		Hopsatt av flera bitar (se Sarauw's katalogisering)	
5872		Hopsatt av flera bitar (se Sarauw's katalogisering)	
5873		Hopsatt av flera bitar (se Sarauw's katalogisering)	
5874		Hopsatt av flera bitar (se Sarauw's katalogisering)	
5875		Hopsatt av flera bitar (se Sarauw's katalogisering)	
5876		Hopsatt av flera bitar (se Sarauw's katalogisering)	
5877		Hopsatt av flera bitar (se Sarauw's katalogisering)	
5878			
5879			
5880		Hopsatt av flera bitar (se Sarauw's katalogisering)	
5881		Hopsatt av flera bitar (se Sarauw's katalogisering)	
5882			
5883			
5884			
5885		Hopsatt av flera bitar (se Sarauw's katalogisering)	
5886		Hopsatt av flera bitar (se Sarauw's katalogisering)	
5887			
5888			
5889		Hopsatt av flera bitar (se Sarauw's katalogisering)	
5890	möjligen två lager	Hopsatt av flera bitar (se Sarauw's katalogisering)	
5891		Hopsatt av flera bitar (se Sarauw's katalogisering)	
5892		Hopsatt av flera bitar (se Sarauw's katalogisering)	
5893		Hopsatt av flera bitar (se Sarauw's katalogisering)	
5894			
5895	möjligen två lager		1
5896			
5897		Hopsatt av flera bitar (se Sarauw's katalogisering)	
5898			
5899		Hopsatt av flera bitar (se Sarauw's katalogisering)	
5900			
5901			
5902	möjligen två lager		
5903			
5904	1/3 degel		
5905	möjligen två lager		
5906	Är hopsatt av 2 fragment, innehåller ett kopparfragment, möjligen 2 skikt		
5907	Innehåller ett kopparfragment		
5908	kan vara flera skikt		
5909	Innehåller ett kopparfragment		
5910			
5911	Innehåller rester av brons (från)	Hopsatt av flera bitar (se Sarauw's katalogisering)	
5912	Innehåller rester av brons	Hopsatt av flera bitar (se Sarauw's katalogisering)	
5913	Innehåller rester av brons	Hopsatt av flera bitar (se Sarauw's katalogisering)	
5914	Innehåller rester av brons	Hopsatt av flera bitar (se Sarauw's katalogisering)	
5915	Innehåller rester av brons	Hopsatt av flera bitar (se Sarauw's katalogisering)	
5916	Innehåller rester av brons		
5917	Innehåller rester av brons		
5918	Innehåller rester av brons		
5919	Innehåller rester av brons		
5920	Innehåller rester av brons		
5921	Innehåller rest	Består av fler än 1 lager med annan magring (finare)	
5922	Innehåller rester av brons		
5923	Innehåller rester av brons		
5924	Innehåller rester av brons		1
5925	Innehåller rester av brons		
5926	Innehåller rester av brons		1
5927	Innehåller rest	Består av fler än 1 lager med liknande magring	1
5928	Innehåller rester av brons		
5929	Innehåller rester av brons		
5930			
5931			
5932			
5933			
5934	består av två lager innehållande olika magring, den inre verkar vara omagrad eller lätt magrad med fin ma		1
5935			
5936			
5937			
5938			
5939			
5940			
5941			
5942			
5943			
5944	kan vara flera skikt		
5945		2 delar ihopsatta	
5946		Består av fler än 1 lager med liknande magring	
5947			
5948	kan vara flera skikt, har ett hack efter tillverkningen		
5949			1
5950	kan vara flera skikt		
5951	har tre hack samt två synliga lager, liknande magring		
5952	kan vara flera skikt		1
5953			
5954	kan vara flera skikt		
5955			1
5956	kan vara flera skikt, har hack		1
5957	antagligen sida, pip markerad i anteckningar		1
5958		2 delar ihopsatta	
5959	antagligen bak	2 delar ihopsatta	
5960		2 delar ihopsatta	
5961	har hack	2 delar ihopsatta	
5962		kan ha flera skikt	
5963			0
5964			
5965			
5966			
5967			
5968		2 delar ihopsatta	
5969		113 st fragment	
Summa lagade			11

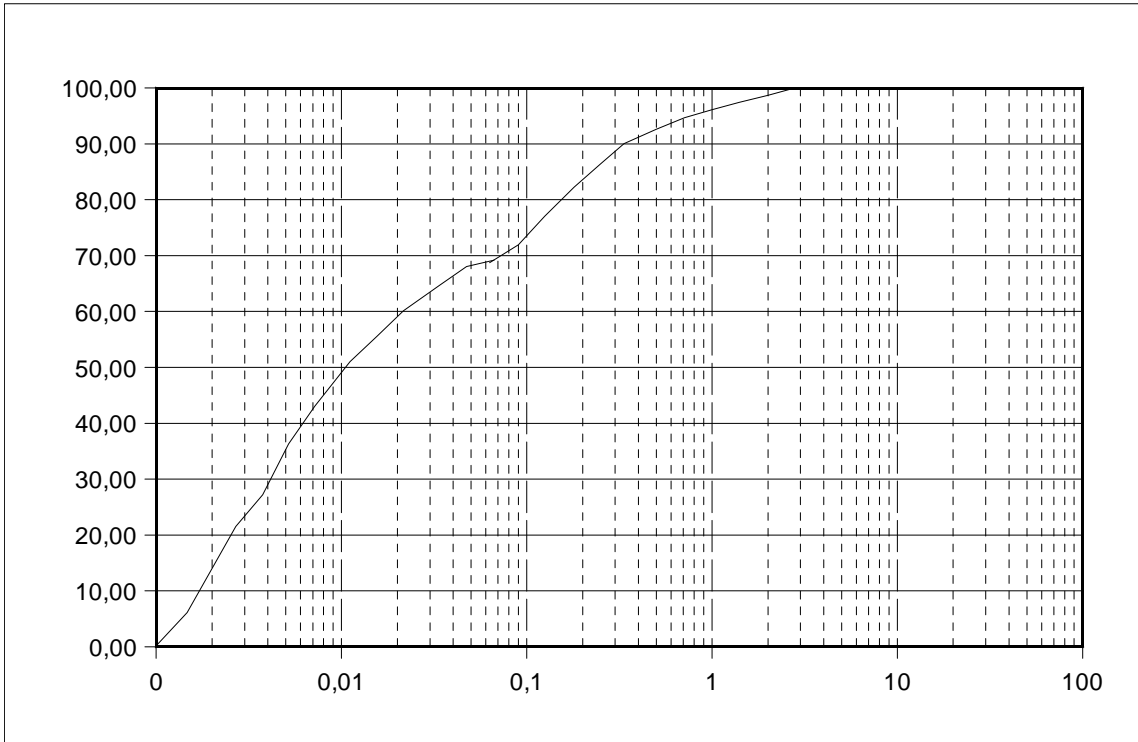
	5969 Vikt	Max Tjocklek	Typ av magring
G21	24,5	1,8	
	18	13	
	12,5	15	
	11	14	
	5,5	12	
	16,5	11	
	18	16	
G145	6,5	13 Typ1	
	10,5	12	
	12	15	
G199	7	9 Typ1	
	5,5	14	
	16	14	
	16	15	
	4,5	15	
	5	13	
	4,5	11	
	6	12	
	5,5	13	
	8	15	
	7	11	
	8,5	12	
	12,5	13	
	2	9	
	11	7	
	1	6	
	1	7	
	2	7	
	16	19	
G198	19	16 Typ2	
	14,5	13	
	14,5	16	
	6	10	
G26	16,5	15 Typ3	
	9,6	14	
	9	14	
	13	17	
	11	19	
	10	11	
	17,5	15	
	9	14	
	9	14	
	4	10	
	5	10	
G140	23,5	18 Typ3	
	12,5	16	
	17	14	
	14	12	
	17	17	
	20,5	16	
	18,5	17	
	16	17	
	14	11	
G194	10,5	13 Typ3	
	11,5	14	
G202	18,5	20 Typ2	
	11	15	
	15	13	
	13	18	
	6	14	
G139 A(borttagen)	11	14	
	14	21	
	15	16	
G140b	18,5	18 Typ1	
G24	17,5	16 Typ1	
	5	6	
	9	13	
G139	20,5	19 Typ2	
	19	14,5	
	4,5	9	
	11,5	19	
	24,5	22	
	25	20	
	14	12	
	13	16	
	21	15	
	16	12	
	11	12	
	15,5	15	
	12	16	
	7	13,5	
	4	9	
	16	13	
	8	12	
	8	14	
	8	10	
	3,5	10	
	3	9	
	12	16	
	4,5	9	
	1,5	7	
	1	9	
	2	5	
	1,5	5	
G202b	23	18 Typ2	
G205	26	18 Typ2	
G196	19	18 Typ3	
G139 (borttagen)	13	17	
G189	18,5	17 Typ2	
G133 (borttagen)	20	22	
G201	27	21 Typ2	
G133	20	13 Typ2	
G203	17,5	18 Typ3	
	11	14	
	6	10	
G195	24	22 Typ3	
Summa	1033,1		
Medelvärde	9,839047619		

Magringstyp	vikt	antal
Typ1	finkornig, upp till 1mm. Hög halt magring	182 25
Typ2	Grovkornig upp till 3.5 mm Hög halt	237,5 17
Typ3	Låg magringshalt, korn upp till ca 2mm	350,5 38
Typ4	Till synes ingen magring	44,5 7

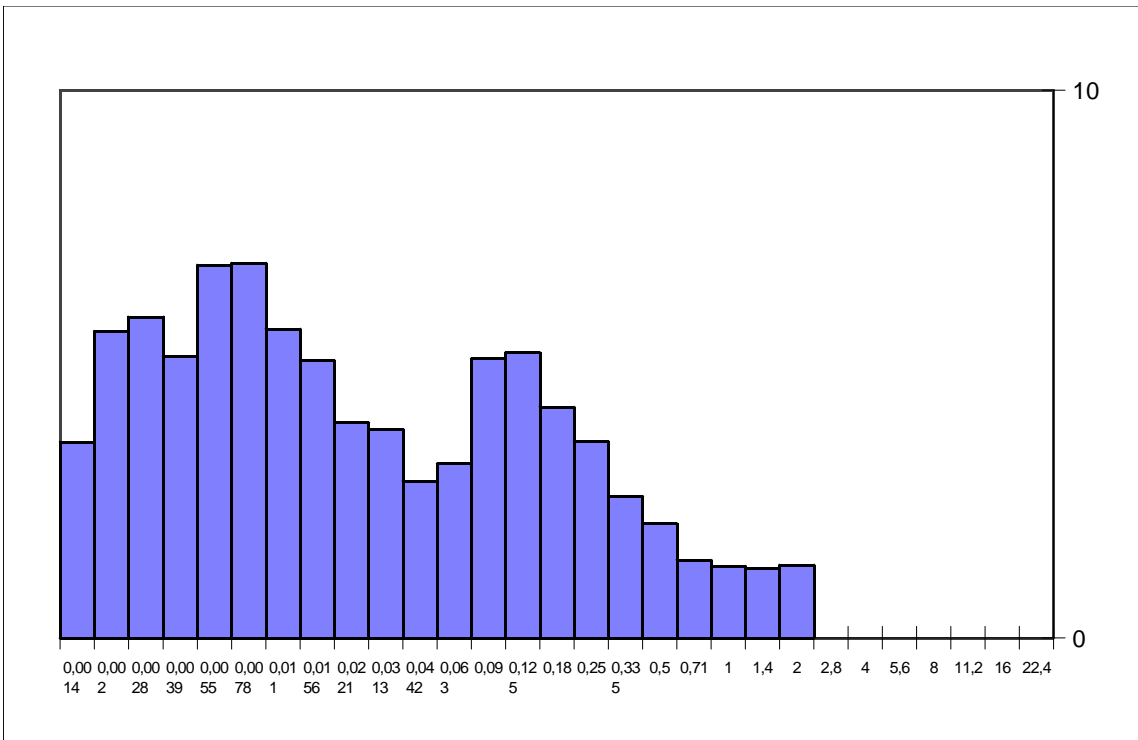
Bilaga 2 Kornstorleksfördelning hos Lera 1 & Lera 2

Beräkningarna är utförda genom hydrometeranalys (ca 40g) (0-0.063 mm) samt torrsikt (ca 500g) (0.063-100 mm)

Lera 1



Kumulativa värden lera 1. X-axel:diameter i mm. Y-axel: procent



Kvantitativa värden lera 1. X-axel:diameter i mm. Y-axel: procent

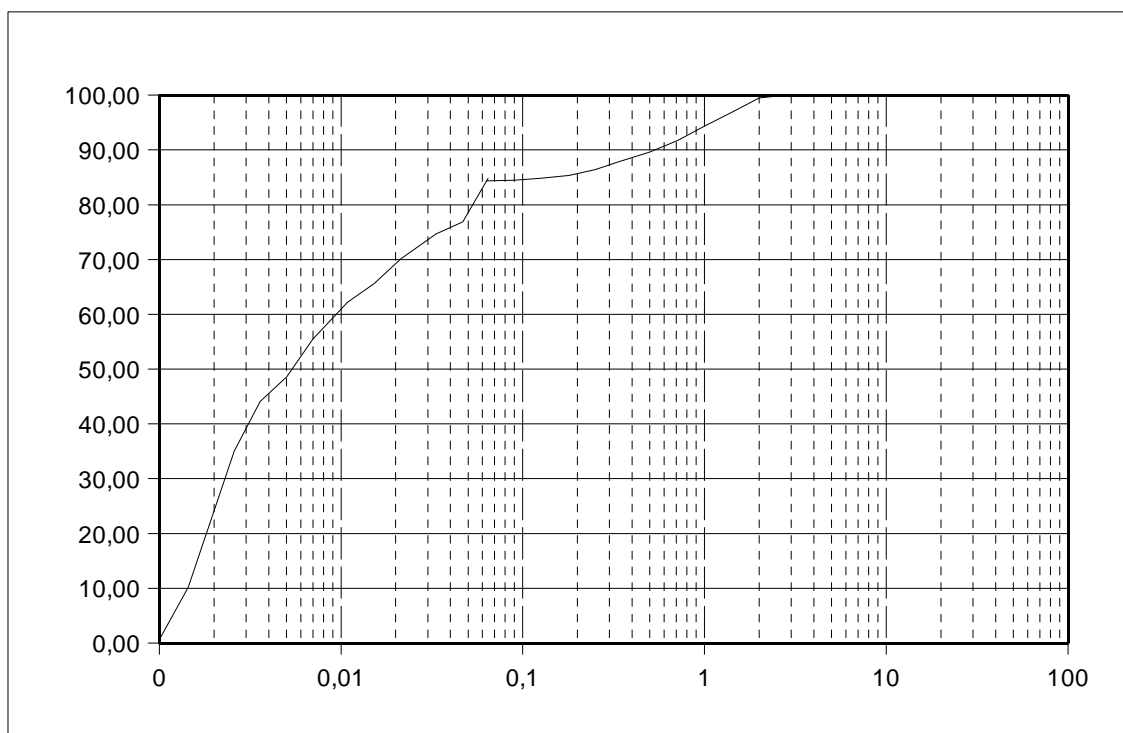
Beräkningar [%]**Prov: Lera1**

grushalt	1,33
sandhalt	29,94
silthalt	51,54
lerhalt	17,19

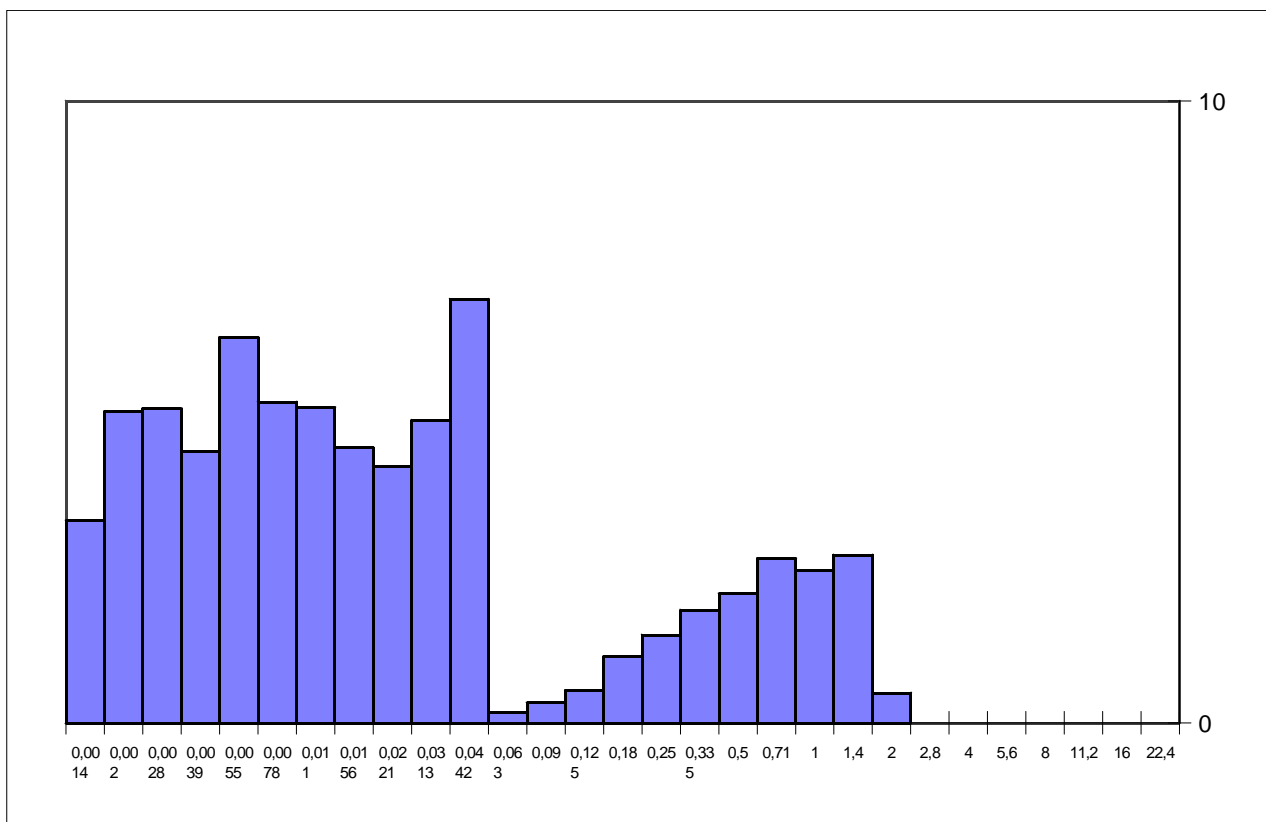
Statistiska värden enligt Trask

medelkornstorlek	0,0425074289
sorteringsgrad	5,88

d25	0,0032162943
d50	0,0130937377
d75	0,1112122547



Kumulativa värden lera 2. X-axel:diameter i mm. Y-axel: procent



Kvantitativa värden lera 2. X-axel:diameter i mm. Y-axel: procent

Beräkningar [%]

Prov: Lera 2

grushalt	0,48
sandhalt	15,18
silthalt	51,11
lerhalt	33,22

Statistiska värden enligt Trask

medelkornstorlek	0,0150762491
sorteringsgrad	5,31

d25	0,0013322683
d50	0,0063690877
d75	0,0375273914

Bilaga 3 Experimentell förstudie

Förutom de kraftiga temperaturförändringarna presenterar jag i uppsatsen sex parametrar vilka enligt mig påverkar resultaten av experimenten: degelns form, uppbyggnad och sammansättning samt tänger, metall och bränsle. Eftersom endast deglarnas sammansättning varierades var resterande parametrar följaktligen konstanta. För att få ett så oberoende svar som möjligt försökte jag återskapa formen, uppbyggnad, tänger, metall och bränsle så autentiskt som möjligt. Detta innebar en förstudie innefattande förberedande experiment men även litteraturstudier, registrering och studier av tunnslip, redovisade här nedan.

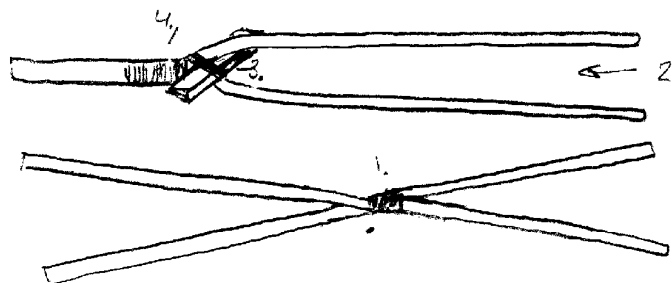
1. Deglarnas form och uppbyggnad

Formen för deglarna bestämdes utifrån de allmänna dragen hos degelmaterialet från Broåsen (presenterade i uppsatsen). Jag kunde konstatera tre olika storlekskategorier hos deglarna. Den grupp som bestod av de största deglarna valdes ut som förlaga för rekonstruktionerna. Detta berodde på att de flesta deglarna som undersöktes tillhörde denna grupp. Måtten för rekonstruktionernas bredd, höjd, djup och längd togs från de större deglarnas snittmått. Rekonstruktionernas proportioner, exempelvis var på degelns längd som den var som bredast, valdes genom att studera samtliga 9 tillgängliga hela/sammansatta deglar från Broåsen.

Uppbyggnadstekniken studerades i tunnslipen samt på de polerade snitten som gjordes på de tio skärvor som står som förlagor till rekonstruktionernas olika magring. Den troligaste uppbyggnadstekniken är s.k. 'tumning' (eller 'draging'), några spår av andra tekniker (i det här fallet remsteknik eftersom dejning är uteslutet) kunde inte uppfattas och därmed uteslöts detta.

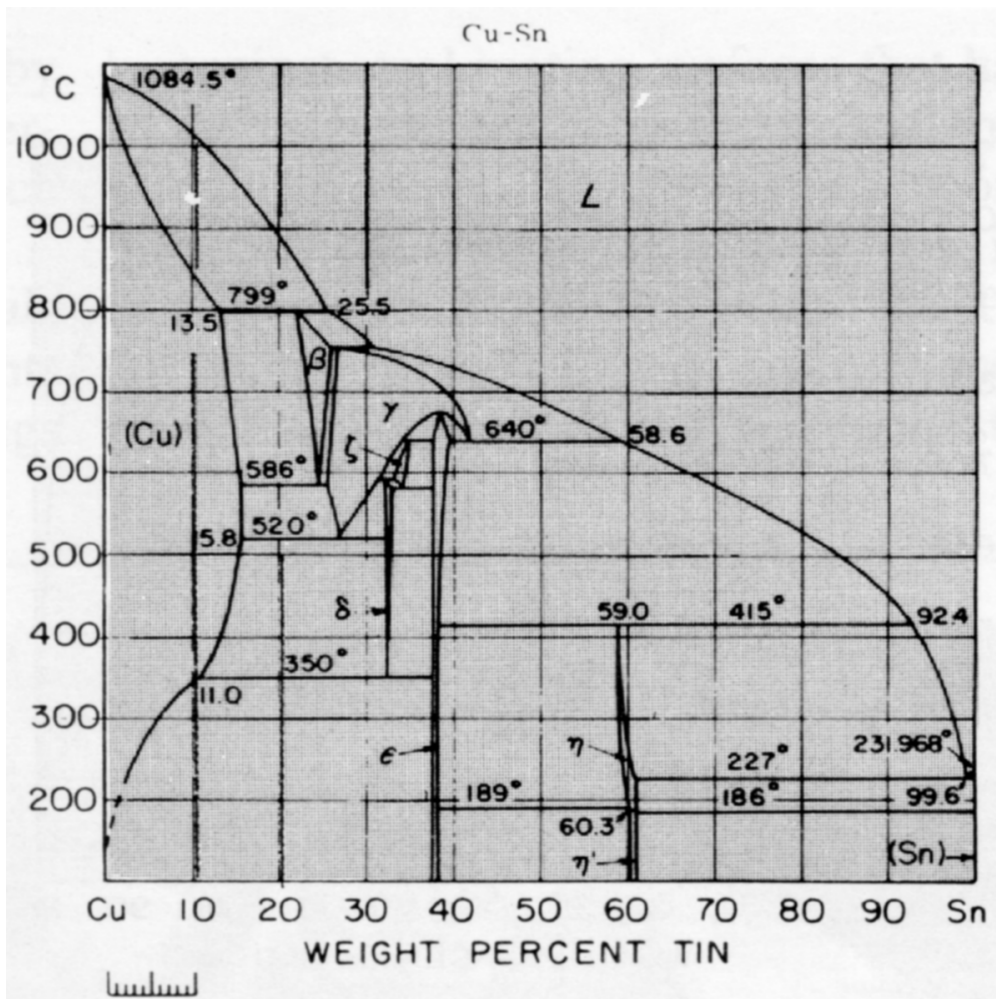
2. Tänger och metall

Jag valde att använda mig av trätänger under mina experiment (Rönne 1996:52f). Två olika modeller av dessa tillverkades (Fig.1). Tanken var att dessa tänger skulle vara lätta att hantera och därmed användbara. Efter ett antal gjutningar har dock tängerna till stor del brunnit upp och därför användes i fortsättningen mycket grövre grenar (ca 40-50 mm i diameter)



Figur 33: Tång 1 (nederst) tillverkades av ca 15 mm tjocka grenar. Dessa bands ihop kring mitten och på så sätt kunde de användas som en enkel tång (1). Tång 2 (överst) tillverkades av en gren (ca 15 mm tjock) vilken klövs på mitten (2). I klyvningen bands en flisa fast i vinkel mot grenens längdriktning (3). Den delen av grenen som inte klövs, "handtaget", surrades med snöre för att inte spricka upp (4).

Brons tillverkades av 90 vikt% koppar, 10 vikt% tenn i en elektrisk ugn på KFL i Lund. Det finns en variation på det brons som använts under bronsåldern vad gäller legeringen (Rönne 1996:52) och därmed även smältpunkt mm. Valet av 90 resp 10 % blandning av koppar och tenn togs inte utifrån något specifikt fynd av brons utan utifrån en standard vilken har använts i tidigare experiment (Rönne 1996:52).



Figur 34: Fasdiagram som bl.a. visar smältpunkten för koppar-tenn legering (brons) (översta kurvan). Det brons som användes i uppsatsens experiment har en smältpunkt på ca 1000° C (<http://www.metallurgy.nist.gov/phase/solder/cusn-w.jpg>)

3. Bränslet

Vilket bränsle som användes för vid bronsgjutning i Skandinavien under bronsåldern kan diskuteras eftersom det inte finns några helt säkra fynd av kolframställningsplatser (Persson 1994). Jag har valt att använda mig av träkol av två skäl. Dels är det ett bränsle som är känt från senare perioder i Skandinavien i samband med bl.a. gjuteriverksamhet (Persson, T: 1994) och det ökar därmed sannolikheten att det framställts även under bronsålder. Dels antar jag att bränslet som användes var organiskt (inte stenkol etc.) och därmed är träkol en god representant.

4. Verkstadens utformning och hur gjutningarna genomfördes

4.1. Hur deglarna skall användas

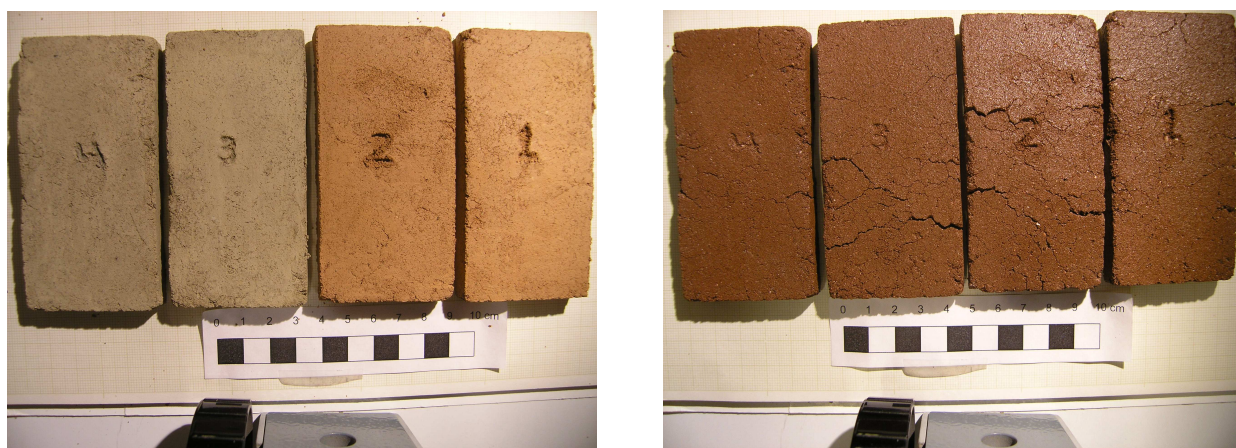
För att undersöka allmänna trender hos keramik som utsätts för höga temperaturer gjordes 8 st. testbriketter. Briketterna var 100 mm långa och 50 mm breda med en tjocklek av 10 mm. De var gjorda av en järnrik finlera (lera 2) magrad till 60% med väl sorterad sand. Tanken med de två experimenten som utfördes på dessa briketter var att se hur det följande experimentet beskrivet i uppsatsen skulle utformas.

4.2. Förberedande experiment nr. 1

Frågeställning: Behöver en degel brännas innan första användning?

Metod och genomförande: Två briketter bränns först i elektrisk ugn vid 800° C i oxiderande atmosfär, bränningen varade i 1 timme varav 30 minuter i temperaturen 800° C, resterande tid var uppvärmning. Därefter lämnades briketterna att svalna i den avstängda ugnen. Tillsammans med två obrända briketter användes dessa brända i experiment 1. Samtliga fyra briketter lades in i en elektrisk ugn med temperaturen 800° C direkt från normal rumstemperatur (ca 20° C). Detta är tänkt att motsvara nedläggandet av en degel i en gjuthärd innan blåstring påbörjas. Ugnens temperatur ökades sedan till 1100° C under en period av 20 minuter. Därefter behölls briketterna inne i ugnen under 15 minuter, detta motsvarar den uppskattade tidsperiod som det tar att smälta ca 1 hg brons. Briketterna togs sedan ut ur ugnen i rumstemperatur för att svalna av. Tanken var att sänka temperaturen för briketterna under kvartsomvandlingspunkten (570° C) vilket (om det som i detta fall görs hastigt) utgör en påfrestning för keramiken och kan leda till sprickor i godset. Briketterna lades sedan åter in i ugnen vilken hade en ca temperatur på 800° C och experimentet upprepades 12 ggr.

Slutsats: Vid bränning i en elektrisk ugn (jämn temperatur från alla håll) spelar det ingen roll om keramiken är bränd eller obränd innan. Vidare visade experimentet att inga av de fyra briketterna sprack på så sätt att de gick i två eller fler bitar eller förlorade sin form. Endast mindre sprickor kunde urskiljas efter tre bränningar och efter 12 bränningar fanns sprickor närvarande på samtliga briketter. Efter den sista uppvärmningen (nr. 12) kylde två av briketterna (en som ursprungligen var obränd och en som var bränd) i kallt vatten. Detta visade inte på någon skillnad vad gällde antalet sprickor eller hållfasthet i jämförelse med de som kylde i rumstemperatur. De sprickor som observerats på godset hos briketterna är så pass små och ej genomgående att de lätt kan lagas med ett ytterligare skikt av lera. Antagligen är anledningen till att deglar har fler sikt inte att de fått genomgående sprickor som riskerar att de faller i bitar utan att de fått små sprickor där det smälta bronset kan rinna ner och "förloras". För att motverka detta kan degeln bättras på med ett ytterligare lager. Detta skulle i så fall förklara varför deglar från bronsålder enbart visar tecken på lagningar på insidan av degeln.



Figur 35: Testbriketterna innan (vänster) och efter (höger) 12 simulerade gjutningar. Briketter 1-2 var brända i förväg till en temperatur av 800° C, briketter 3-4 var obrända

4.3. Förberedande experiment nr. 2

Frågeställning: ökar hållbarheten för en degel om den undviker att kylas ner under 570 C (kvartsomvandlingspunkten) alt. kyls ner sakta vilket minskar påfrestningarna på godset?

Metod och genomförande: Fyra testbriketter lades in i en ugn med en temperatur av 1100° C. Efter 15 minuter togs de ut samt placerades dels i rumstemperatur (2 st), dels i en ugn vilken höll temperaturen 600° C. Efter 15 minuter lades samtliga briketter in i ugnen och experimentet upprepades. Briketterna utsattes för 5 st. sådana "bränningar".

Slutsats: Det gick inte att se några uppenbara skillnader beträffande sprickbildning i godset hos briketterna som kunde visa på vilken av metoderna som var skonsammast för keramiken. Antagligen spelar nedkylningen under kvartsomvandlingspunkten mindre roll för hållbarheten hos ett gods med 1 cm tjocklek i relation till parametrar som val av magring, lera, hantering samt maxtemperatur. Det faktum att en degel, precis som briketterna i experimentet måste flyttas mellan gjuthärden/ugnen och en andra värmekälla (ex. eldstad/ugn) via den i sammanhanget kalla luften mellan dessa kan möjligen vara ytterligare en faktor som påverkar sprickbildningen även hos de briketter som placerats i 600° C varm miljö. Vad som däremot kunde noteras var att redan efter 1:a bränningen förlorade de briketter som lades ut i rumstemperatur sin 'klang'. Denna 'klang' är ett tecken hos keramik att godset är kompakt och utan sprickor. Det hade med andra ord redan efter första bränningen uppstått mikroskopiska sprickor i briketterna som inte var synliga för ögat. Vid nedkylning i ugn kvarstod klangen under flertalet bränningar.



Figur 36: De briketter som svalnat i ugn (höger) resp. i rumstemperatur (vänster). Sprickbildningen på de båda grupperna är mycket lik

4.5. Tuyére

De typer av tuyére som vi känner från sydkandinavisk bronsålder är ett L-format rör med gnistkärn för bälgarna (fig. X) (Thrane 1994:13; Rönne 1996:47&53). En sådan tillverkades av lera magrad med sand och hår. Tuyéren antogs (något som visat sig stämna) blåstra ner i degeln direkt på metallen för att sedan, i andra hand, värma degeln och härden.

Genom att titta på deglar daterade till järnåldern har Stilborg (2008:211&213) lyckats påvisa var deglarna har stått i smälthärden i förhållande till bälgar och tuyére eftersom dessa blåstrar in i härden från sidan. De få fynd av tuyéres daterade till bronsåldern antas vara utformade som ett L-format rör (Thrane 1994:13; Rönne 1996:47&53) med undantag från ett danskt fynd från sen bronsålder (Oldeberg 1943:133) vilken mer liknar järnålderns tuyére (Nordén 1929:74ff). Den L-formade tuyéren förekommande under bronsålder kan blåstra uppifrån eller underifrån vilket skulle ge hårda spår av sintring på under- eller ovansidan av deglarna. De deglar som hittats på Broåsen har utsatts för högst värme kring mynning samt till viss del insida. Detta innebär att en L-formad tuyére som blåstrar uppifrån ner i härden mycket väl kan ha använts tillsammans med de deglar som påträffats på Broåsen.

5. Slutsatser

Tidigare studier har fått stå till grund för valet av bränsle (träkol), tänger (trätänger) och metall. Tunnslipsanalysen samt studier av polerade ytor på skärvmaterialet från Broåsen ledde till valet av uppbyggnadsteknik och även magring (se vidare i uppsatsen). Val av tyuére grundades även detta på tidigare studier, därmed även utformningen av gjutplatsen med relationen mellan bälgar, härd och tyuére. Formerna av deglarna har baserats på okulära studier av det arkeologiska materialet. De två experimenten gav inblick i hur deglarna kan ha använts för att uppnå högsta möjliga hållbarhet. Slutsatsen av dessa experiment var att deglarna borde kylas ned sakta, i detta fallet i utkanten av härden nedbäddad i askan från densamma. Det stod även klart att tiden utanför härden antagligen var kritisk för degelns hållbarhet och därmed borde gjutningen göras på så kort tid som möjligt för att öka hållbarheten hos denna. Att använda sig av obrända deglar borde inte vara någon större fara. För att vidare utreda eventuella skillnader användes både obrända och brända deglar under de följande experimenten men utan att någon skillnad kunde fastställas.

Bilaga 4 Foton från 3D modeller

I samband med registreringen gjordes två 3D modeller av skärvorna 5969G201 samt 5969G202A av Rebecka Erntell. 3D-modellerna kan i framtiden användas för att studera dessa skärvor så som de såg ut innan tunnslipsanalysen utfördes. Modellerna tillverkades med hjälp av *Arc3D web-service* samt *MeshLab*. I denna bilaga visas tre bilder av vardera skärva för att ge en uppfattning om hur skärvorna såg ut innan tunnslipsanalysen samt potentialen av 3D animationerna. För tillgång till modellerna kontakta författaren.

Sida 64: Inv. nr. 5969G202A

Sida 65: Inv. nr. 5969G201

