

Förlorat järn  
– det medeltida jordbrukets behov och  
förbrukning av järn och stål

Akademisk avhandling för filosofie doktorexamen i agrarhistoria  
framlagd vid Sveriges lantbruksuniversitet 2015.

Ingår i Acta Universitatis Agriculturae Sueciæ 2015:38

ISBN 978-91-576-8274-1 (tryckt version)

ISBN 978-91-576-8275-8 (elektronisk version)

ISSN 1652-6880

Framsida: ärjad åker vid Järvafältet

Baksida: smide av replik av medeltida årderbill från Stockholm

Foto: Catarina Karlsson

© 2015 Catarina Karlsson och Jernkontoret

Grafisk formgivning: Thomas Hansson/[www.bildobok.se](http://www.bildobok.se)

Tryck: Bulls Graphics AB, Halmstad 2015

ISBN 978-91-977783-8-1

ISSN 0347-4283

Förlorat järn  
– det medeltida jordbrukets behov och  
förbrukning av järn och stål

Catarina Karlsson



JERNKONTORETS BERGSHISTORISKA SKRIFTSERIE 49





# Abstract

## Lost Iron – requirement and consumption of iron and steel in agriculture in medieval Sweden

This study aims at an estimation of the amount of iron required for agriculture during the Middle Ages in Sweden. To calculate this we need to know which implements were used, their weights and how they were subjected to wear. Research on wear has been very scarce but it is of great importance to measure how much iron that was needed to replace what was taken away by constant wear, i.e. on shares for ploughs and ards. To achieve this a new method was devised. The method is based on previous research by Grith Lerche, with additional analyses and calculations. The method presented and used is called Wear Calculation Method and consists of five steps.

Step 1: Study of medieval agricultural implements, their shape and weight. Step 2: Metallurgical analysis of selected implements, to answer questions about materials and how they were processed. Step 3: Experimental Archaeology: Manufacture of replicas of the implements analyzed in step 2. Step 4: Experimental Archaeology: ard ploughing and haymaking with replicas of ard shares and scythes for the purpose of measuring wear. Step 5: Analysis of the wear experiment, results and calculations of consumption of iron and steel in medieval agriculture.

The experimental part of the thesis focuses on ard shares and scythes, since the ard and the scythe were the main implements for ploughing and haymaking during the Middle Ages in Sweden. These experiments were carried out during two seasons at Östra Järvafältet, north of Stockholm, Sweden.

I have measured wear on the ard shares in grams per kilometer. But more relevant and often more compatible with data from written sources is a measure of how many grams that are worn off per hectare or any other given unit of land. The wear is approximated at 100 grams of iron and steel per ploughed hectare (10 000 m<sup>2</sup>), in conditions similar to the situation when the replicas were used. I chose to do my analyses on two different spatial levels, the farm and the county. The results prove that ard ploughing means much heavier wear on the implements compared to haymaking. Generally you needed an annual addition of slightly over 1 kg of iron to plough the fields of a normal-sized farm in Uppland. Thus we may estimate the total amount of iron required in Uppland to replace the wear caused by ploughing to 8,4 ton a year.

These results show that iron and steel production were of great importance for the High Medieval economic expansion and modernization, where increased iron production and consumption as well as simultaneous expansion of

arable land were vital. Between the end of the first millennium and the mid-14<sup>th</sup> century, the population of Sweden approximately doubled in size, much like the rest of Europe. Iron was a most important third factor (in combination with an increased population and the cultivation of new land) in this expanding age, ca AD 1000–1300. Production and consumption of iron and steel increased sharply during this period and it reached every person, farm, meadow and field in the country. This is a sure sign of a very developed market and system for the distribution of iron and steel.

# Förord

**A**tt skriva en avhandling är en resa på flera plan. Nu när resan närmar sig sin destination kan det mitt i stressen te sig både sorgesamt och fantastiskt. Resan har varit både personlig och yrkesmässig och rört sig i parallella spår. Under resans gång har det personliga och yrkesmässiga vävts samman liksom den studerade historien kommit allt närmare min personliga historia. Jag skall förklara vad jag menar.

Under mitt yrkesliv som arkeolog har järn i olika former varit en gemensam nämnare. Redan under studietiden i Karlstad väcktes intresset genom Gert Magnusson som var en mina lärare. När jag långt senare mötte Janken Myrdal formulerades en idé om att även studera konsumtion av järn. Ett avhandlingsarbete om järn, jordbruk och slitage – med samband jag tidigare inte funderat kring. Under samma tidsperiod som avhandlingsarbetet tog form arbetade min man med att under sena nätter dokumentera min släkt (*långt tidigare var han klar med sin egen*). Jag var sedan tidigare medveten om att min släkt kom från Bergslagen och att min farfar slipat borrh i Stripa gruva. Efterhand när släktträdet växte fram blev det allt mer tydligt att mitt ämnesval berörde på flera plan.

I min släkt fanns många bönder, torpare, pigor och drängar ... i Bergslagen, Värmland och Västergötland. Människor som brukat jorden under många århundraden, en historia gemensam med många andra människor. Men andra grenar i släktträdet var gjorda av järn. Jag som valt att studera medeltida järn hittade bland förfäderna gruvfogdar, gruvarbetare, gruvdrängar, kolare, masmästare, uppsättare, hyttarbetare, bergsmän, konststigare, hammarsmeder, hammarsmedsmästare, mästersmeder, smeder, räckare, smältare, bessemerblåsare, låssmeder, spiksmeder och hjälpsmeder. Minst ett hundratal av mina förfäder har hanterat järn i alla former i minst tio av våra bergslager. Många fler än hundra har brukat jorden med redskap som smiddes av järnet. De undersökningar och experiment som jag arbetat med i avhandlingen har gett mig mycken ny kunskap men också en insikt i min egen släkts historia som jag tidigare ägnat allt för lite tankar åt.

I ett förord ingår naturligtvis tack till dem som underlättat och hjälpt till med arbetet på olika sätt. Även jag har många att tacka. I avhandlingen beskriver jag min syn på mitt doktorandarbete som till stor del ett samarbetsprojekt. Utan

de skickliga yrkesmän jag samarbetat med skulle inget av det som redovisas här kunnat genomföras. Samarbetet med Olof Lundkvist och Tom Meurling (*och hans hästar Opid och Caruzo*) vid naturreservatet Östra Järvafältet, Sollentuna kommun har varit avgörande för möjligheterna att genomföra avhandlingsprojektet. Deras sätt att ständigt lösa problem och med intresse diskutera olika frågor kring ärjande och slätter har alltid varit inspirerande. Samarbetet med doktoranden och smeden Patrik Jarefjäll vid Institutionen för kulturvård vid Göteborgs universitet har varit minst lika viktigt. Att smida repliker av medeltida jordbruksredskap är inte det lättaste och det reser frågor som undertecknad aldrig tidigare snuddat vid. Tack Patrik för att du gjorde det lättare för mig att förstå, men också för att arbetet blev mer intressant genom våra ständiga diskussioner. Mina vänner på UV GAL, främst Lena Grandin och Eva Hjärthner-Holder, har genom expertis och know-how gjort metallurgin mindre mystisk.

Under arbetet med fynden vid Statens historiska museum har jag fått mycket god hjälp av Elisabeth Regner och Jessica Hedenskog bland fynden i olika magasin. Slitage var ett tidigare obekant ämne där fick jag ovärderlig hjälp av Staffan Jacobson, professor i materialvetenskap vid Ångström Tribomaterials Group Ångströmlaboratoriet, Uppsala universitet och hans dåvarande doktorand Peter Forsberg. Här fick jag hjälp inte bara med tankar om tribologi utan även handfasta test i deras fantastiska labb.

En stor hjälp kom även från de två personer som vid halvtids- och trekvartsseminarium har opponerat på mitt avhandlingsmanus. Bästa Grith Lerche och Eva Svensson, ni har gett mig både hjälp, uppmuntran och positiv kritik. Grith, att få höra dina insiktsfulla kommentarer och att diskutera med någon som förstår både glädjen och problemen med experimentella försök var mycket viktigt för mig. Eva, du var min första lärare i arkeologi i Karlstad och tillhör de forskare jag har stor respekt för, så det var mycket värdefullt att få dina synpunkter.

Jag har inte bara haft förmånen att arbeta med ett intressant och gränsöverskridande ämne, jag har också haft förmånen att under denna tid vistas i två mycket levande forskargrupper. Den ena bestående av arbetskamraterna vid avdelningen för Agrarhistoria vid SLU, den andra av projektmedlemmarna i "Järnet och riksbildningen" vid Jernkontoret. I båda miljöerna har viktiga, intressanta och roliga diskussioner inspirerat och engagerat. Varmt tack till er alla för allt roligt och spännande vi har upplevt tillsammans. Ett speciellt tack går självklart till mina två handledare Janke Myrdal och Gert Magnusson. Er varsamma handledning som gett mig utrymme både till eget tänkande och tillgång till er breda erfarenhet vilket jag är mycket tacksam för. Det har varit kul!

Tack till David Damell, ständig inspiratör och positiv kraft. Som en av alla som minns Lars Bergström med glädje skulle jag bara vilja tacka för hans stora engagemang och positiva energi. Tack även till Per Lagerås, Lena Berg Nilsson och JackieTaffinder för viktiga insatser. Ett särskilt tack till Kerstin Fernheden och Thomas Hansson för snabba insatser, hårt arbete och viktiga synpunkter mot slutet av avhandlingsarbetet. Vid ett projekt som detta behövs en rejäl

budget och goda finansiärer. Tack vare Allan Wetterholms Stiftelse kunde de metallurgiska analyserna av redskapen utföras, tack vare Jernkontoret kunde arbetet med repliker utföras, tack vare C.F. Lundströms stiftelse och Sollentuna kommun kunde experiment med ärjning och slätter utföras och tack vare Allan Wetterholms Stiftelse, Prytziska fonden nr 1 och C.F. Lundströms stiftelse kunde boken tryckas.

Jag vill även passa på att tacka mina vänner och arbetskamrater för alla glada tillrop och att ni stått ut med tjat om avhandlingar vid kaffe, lunch och middag, min familj för överseende med allt ifrån stress och manus på sena kvällar till orv under sängen. Mina föräldrar Ann-Margrete och Nils-Göran har som alltid stöttat mig, mitt arbete och min familj. Sist men inte minst tack till min ständige samarbetspartner, min älskade make Tomas.

Enskede Bageri mars 2015  
Catarina Karlsson



# Innehåll

1. Inledning .....	15
1.1 Syfte och frågeställningar .....	15
1.2 Avhandlingens disposition .....	17
2. Teori.....	19
2.1 Vad är teknik?.....	19
2.2 Föremål och människor (love and marriage).....	21
2.3 Experimentell arkeologi i teorin .....	22
2.4 Tekniska komplex .....	26
2.5 Förbruknings- och konsumtionsmönster i teorin .....	29
2.6 Teoretiska utgångspunkter .....	29
3. Metod .....	33
3.1 Tvärvetenskap och samarbetspartners.....	34
3.2 Hur svarar vi då på frågor kring vår historia? .....	35
3.3 Slitageberäkningsmetod steg I.....	36
3.4 Slitageberäkningsmetod steg II .....	38
3.4.1 Datering .....	40
3.5 Slitageberäkningsmetod steg III och IV .....	41
3.5.1 Experimentell arkeologi – smide, ärjning, slätter och slitage .....	42
3.6 Slitageberäkningsmetod steg V .....	44
3.6.1 Tribologi.....	44
3.6.2 Nötning ett annat ord för slitage .....	46
3.7 Källkritik .....	49
4. Avgränsning .....	51
5. Forskningsläge och bakgrund.....	53
5.1 Behovet av järn och frågan om slitage.....	54
5.2 Det medeltida järnet.....	61
5.2.1 Blästbruk.....	63
5.2.2 Bergsbruk .....	67
5.2.3 Mellan blästa och masugn.....	67
5.3 Det medeltida smidet .....	70
5.3.1 Smeden och hans verktyg.....	70
5.3.2 Smidesteknik.....	74
5.3.3 Järn och stål i olika former .....	75
5.3.4 Tidigare experiment med järnframställning och smide.....	77
5.4 Järnföremål .....	81
5.4.1 Järnåldersgårdens innehav av järn .....	81
5.4.2 1500-talets smideslängder.....	83
5.4.3 200 år senare .....	90
5.4.4 Från ugn till åker och äng .....	93

5.5 Medeltida åkerbruk.....	93
5.6 Medeltida slätter och boskapsskötsel .....	95
5.7 Det första järnet och jordbruksredskapen .....	96
5.8 De medeltida jordbruksredskapen .....	98
5.8.1 Lien .....	98
5.8.2 Liebladet .....	99
5.8.3 Liens skärpning med olika metoder i Sverige och Europa .....	100
5.8.4 Att behålla skärpan .....	103
5.9 Skäran .....	103
5.10 Årdret .....	105
5.10.1 Årder eller plog .....	110
5.11 Spaden .....	113
5.12 Tidigare metallurgiska undersökningar .....	114
<b>I. Undersökningen del I. Jordbruksredskap av järn.....</b>	<b>119</b>
I.I Arkeologiska fynd av liar.....	120
I.II Arkeologiska fynd av skäror .....	122
I.III Arkeologiska fynd av årderbillar .....	124
I.IV Arkeologiska fynd av spadskoningar.....	127
I.V Sammanfattande översikt över redskapens järnvikter.....	130
I.VI Fyra jordbruksredskap utvalda för rekonstruktion.....	132
I.VI.I Årderbill från Stockholm .....	132
I.VI.II Årderbill från Varnhems kloster.....	133
I.VI.III Två liar utvalda för rekonstruktion .....	134
I.VI.IV Lie från Eketorps borg på Öland.....	135
I.VI.V Lie från Alvastra kloster i Östergötland.....	136
<b>II. Undersökning del II. Att analysera järnredskapens egenskaper .</b>	<b>139</b>
II.I Om metall – järn och stål.....	139
II.II Specialstudie av årder och lie .....	142
II.II.I Årderbill från Norrlandsgatan 13, Stockholm, Uppland .....	142
II.II.II Årderbill från Varnhems kloster i Västergötland .....	143
II.II.III Lie från Eketorps borg på Öland .....	145
II.II.IV Lie från Alvastra kloster i Östergötland .....	146
II.II.V Sammanfattning av metallurgiska analyser .....	147
II.II.VI Datering .....	151
<b>III. Undersökningen del III. Smide av repliker av medeltida fynd... 153</b>	
III.I Smidesteknik.....	153
III.II Smideseexperimentets förutsättningar .....	156
III.III Att tillverka en årderbill .....	158
III.III.I Årderbill från Norrlandsgatan 13 i Stockholm, Uppland.....	158
III.III.II Förberedelser.....	158
III.III.IV Repliksmide .....	163
III.III.V Sammanfattning av smidet av repliken av Stockholmsbillen.....	166
III:IV Årderbill från Varnhems kloster i Västergötland.....	166
III.IV.I Materialval .....	166
III.IV.II Repliksmide .....	168
III.IV.III Sammanfattning av smidet av repliken av Varnhemsbillen .....	174



III.V Att tillverka en medeltida lie, Alvastralien.....	175
III.V.I Förarbete och materialval.....	175
III.V.II Repliksmide .....	176
III.V.III Sammanfattning av smidet av repliken av Alvastralien .....	178
III.VI Eketorpslien.....	178
III.VI.I Förarbete och materialval.....	178
III.V.II Repliksmide .....	178
III.VI Dokumentation .....	180
III.VII Sammanfattning och utvärdering.....	181

#### IV. Undersökningen del IV. Experiment med årder och lie vid Järvafältet ..... 187

IV.I Östra Järvafältet .....	187
IV.II Ärnjningsexperiment med Stockholmsbillen.....	195
IV.II.I Våren.....	196
IV.II.II Hösten .....	198
IV.II.III Slitage på Stockholmsbillen.....	201
IV:III Ärnjningsexperiment med Varnhemsbillen.....	202
IV.III.I Våren .....	203
IV.III.II Hösten .....	205
IV.III.III Slitage på Varnhemsbillen .....	207
IV.IV Dokumentation .....	208
IV.V Sammanfattning av ärnjningsexperimentet.....	209
IV.V.I Årdret .....	209
IV.V.II Dragdjuren.....	212
IV.V.III Åkern.....	213
IV.V.IV Arbetstid.....	215
IV.V.V Från kilometer till hektar .....	216
IV.V.VI Slitage.....	217
IV.VI Slätterexperiment.....	218
IV.VI.I Förutsättningarna för slätterexperimentet.....	218
IV.VII Slätter med Alvastralien.....	219
IV.VII.I Slätter vid Norra Tvåsädesåkern.....	222
IV.VII.II Slätter vid Båtsmanstorpet.....	223
IV.VII.III Skörd vid Båtsmanstorpets åker.....	223
IV.VII.IV Slätter vid Väsby äng.....	224
IV.VII.V Slätter vid Väsby gård.....	224
IV.VII.VI Slätter vid Hanstakärret .....	224
IV.VII.VII Sammanfattning av experiment med replik av Alvastralien.....	226
IV.VIII Slätter med Eketorpslien .....	227
IV.VIII.I Slätter vid Tvåsädesåkern – första säsongen .....	227
IV.VIII.II Den andra säsongen .....	228
IV.VIII.III Slätter vid Tvåsädesåkern.....	229
IV.VIII.IV Slätter vid Hanstakärret.....	229
IV.VIII.V Slätter vid Norrböda, Böda socken, Öland.....	230
IV.VIII.VI Sammanfattning av experiment med Eketorpslien.....	231
IV.VIII Dokumentation .....	232
IV.IX Sammanfattning av slätterexperimentet.....	232
IV.IX.I Liarna.....	233
IV.IX.II Slitage.....	237

IV.IX.III Äng och arbetsinsatts .....	239
IV.IX.IV Från tunnland till hölass .....	240
<b>V. Undersökningen del V. Tribologi, slitage och slitageberäkningar</b>	<b>243</b>
V.I Jordbruksredskapens tribologiska egenskaper .....	243
V.II Järnets och stålets hårdhet.....	246
V.II.I Hårdhetstest av Stockholmsbillen.....	247
V.II.II Hårdhetstest av Varnhemsbillen .....	247
V.II.III Hårdhetstester av de nytillverkade replikerna av årderbillar .....	248
V.III Liens hårdhet och slitage.....	250
V.III.I Rockwell-tester (HCR) .....	252
V.III.II Liens hårdhet och slitage – Eketorpslien.....	254
V.IV Slitageberäkningar .....	255
V.IV.I Slitageberäkningar - förutsättningar för årderbruk.....	255
V.IV.II Slitageberäkningar – årsförbrukning årderbruk.....	258
V.IV.V Slitageberäkningar – förutsättningar för slätter.....	260
V.IV.VI Från tunnland till hölass .....	260
V.IV.VII Slitageberäkningar – årsförbrukning vid slätter .....	261
<b>6. Resultat .....</b>	<b>263</b>
6.1 Behov och förbrukning för en medeltida gård .....	264
6.2 Slitage och förbrukning i staden .....	266
6.3 Slitage och förbrukning i ett större perspektiv .....	267
<b>7. Diskussion .....</b>	<b>269</b>
7.1 Förlust av järn vid smide .....	269
7.2 Årderbillens hårdhet och slitage.....	270
7.3 När behöver man en ny årderbill? .....	273
7.4 När behöver man en ny lie? .....	274
<b>8. Konklusion .....</b>	<b>277</b>
8.1 Enligt slitageberäkningsmetoden kräver 1 hektar ärjad åker 100 gram järn .....	277
8.2 Järn och stål medför inte bara krig och död utan snarare jord och bröd .....	278
8.3 Järnet den tredje faktorn.....	280
8.4 En ny syn på järn, stål och konsumtion .....	281
8.5 Järn till varje människa, gård, äng och åker.....	285
<b>9. Framtida forskning .....</b>	<b>287</b>
<b>10. Summary .....</b>	<b>289</b>
<b>11. Referenser.....</b>	<b>299</b>
<b>12. Lista över figurer och tabeller .....</b>	<b>307</b>
<b>Bilaga.....</b>	<b>314</b>

# 1. Inledning

**D**en som intresserar sig för historia förstår snart att människorna som levde här före oss precis som vi har präglats av landets naturresurser och klimat. Men även till stor del av tekniskt kunnande och nya idéer. Jorden och jordbruket är tillsammans med berget, bergsbruket och skogen centrala för vår historia. Här kommer jorden, järnet och redskapen i det medeltida Sverige att spela huvudrollerna.

Järn och stål har under mer än 2500 år påverkat vårt samhälle. Konsumtionen och förbrukningen av järn och stål var och är en central faktor i samhället. Den har till stor del påverkat förändringar i samhället. Det finns en symbiotisk relation mellan agrar och icke agrar expansion, mellan jordbruk och bergsbruk. De medeltida jordbruksredskapen och deras utveckling är endast ett steg på vägen mot en allt större konsumtion av järn och stål, som idag handlar om en förbrukning på cirka 425 kilo stål per person och år i Sverige.

Utifrån de undersökningar och experiment som här redovisas kommer vi inom den arkeologiska och historiska forskningen att kunna se den roll som järnet spelat i vår historia ur ett tydligare perspektiv.

## 1.1 Syfte och frågeställningar

Föreliggande avhandlings syfte är att genom studier av redskap, analyser och experiment närmare uppskatta hur mycket järn som krävdes för att bedriva jordbruk under medeltiden. För att studera detta krävs svar, inte bara på hur mycket järn som användes och till vad, utan även hur mycket som förbrukades genom slitage vid användning av de olika redskapen. Avhandlingsarbetet innebär en genomgång av daterade arkeologiska fynd av medeltida jordbruksredskap av järn. Jordbruksredskapens funktion och form dokumenteras, med hänsyn till redskapens järnkvalitet, vikt, tillverkningsätt och slitage. Med utgångspunkt från de daterade redskapen kan vi studera både jordbruksteknik och järnkonsumtion.

Den övergripande frågan som skall besvaras i denna avhandling är:

*Hur mycket järn och stål kan ha förbrukats inom det medeltida jordbruket?*

Jordbruksredskapens utformning och hur de praktiskt användes ligger till grund för studier av konsumtion och förbrukning av järn. Detta kommer att ske i fem steg med utgångspunkt från den metod som utarbetats för studien. Här följer avhandlingens frågeställningar kopplade till en kort beskrivning av avhandlingens fem metodiska steg.

*I. Vilka jordbruksredskap av järn användes under medeltid? Hur såg redskapen ut och hur mycket vägde de?*

En sammanfattande beskrivning av daterade arkeologiska fynd av medeltida jordbruksredskap (lie, skära, årder- och plogbill, spade och hacka) deras funktion, utformning och vikt.

*II. Vilka material har använts och vilka egenskaper hade redskapen?*

Metallurgiska analyser av fyra fynd från de utvalda redskapstyperna. Analyserna utförs i samarbete med Geoarkeologiskt Laboratorium (GAL) för att fastställa vilken typ av järn och stål som använts, vilken utformning av materialet som valts och vilka egenskaper redskapen hade.

*III. Hur smiddes redskapen?*

En experimentell studie i form av framställning av repliker av de fyra analyserade redskapen. De utvalda föremålen är två årderbillar och två liar. Replikerna framställs utifrån de arkeologiska fyndens mått och vikter samt utifrån tolkningen av de metallurgiska analyserna. Smidet av replikerna utförs i samarbete med Institutionen för kulturvård vid Göteborgs universitet genom smeden och doktoranden Patrik Jarefjäll.

*IV. Hur användes redskapen och vilket slitage skedde vid brukandet?*

Experimentell arkeologisk forskning med ärjning och slätter. Det innebär att praktiskt använda de framställda replikerna av arkeologiska fynd (två årderbillar och två liar) för att under kontroll av slitaget vid användningen få ett mått på förbrukningen av järn och stål. Dessa experiment utförs vid Östra Järvafältet norr om Stockholm, i samarbete med Sollentuna kommun.

*V. Vad är slitage? Hur kan vi beräkna hur mycket järn som kan ha konsumerats av medeltidens bönder?*

Här diskuteras först slitage och hur vi kan tolka detta. Sedan följer generella beräkningar för det medeltida jordbrukets järnförbrukning med utgångspunkt från den dokumenterade slitaget i steg IV, i syfte att göra en generell uppskattning av den övergripande frågan i avhandlingen:

*Hur mycket järn kan ha förbrukats inom det medeltida jordbruket?*

## 1.2 Avhandlingens disposition

Avhandlingen börjar med en presentation av syfte och frågeställningar och ett teorikapitel. Teorikapitlet behandlar huvudsakligen teorier kring teknik och arkeologiska objekt och hur man kan välja att se dessa ur olika synvinklar. Efter teorikapitlet följer ett metodkapitel som beskriver den nya slitageberäkningsmetoden i fem steg, den metod som används i avhandlingens undersökning. Därefter följer avgränsningar som styr avhandlingens utformning och sedan forskningsläge och bakgrund. Syftet med kapitlet är att redovisa tidigare forskning men också att teckna en bakgrund till föreliggande undersökning. I kapitlet om forskningsläget presenteras medeltida agrarteknik och järnhantering, redskapsstudier samt till viss del arkeometallurgiska studier och studier inom experimentell arkeologi. I forskningshistoriken skulle även ett antal historiska skildringar från 17–1800-tal, vilka behandlar både jordbruk och järnproduktion, kunnat ingå. Denna typ av undersökning har under tecknad avstått ifrån då genomgången skulle bli alltför omfattande för att rymmas inom avhandlingsarbetet.

Efter denna introduktionsdel, som har till uppgift att delge läsaren avhandlingens utgångspunkt, följer en undersökning som är indelad i fem kapitel, vilka motsvarar de fem metodiska steg som genomförts vid undersökningen. Det första kapitlet beskriver den materiella utgångspunkten för avhandlingen, de arkeologiska fynden av medeltida jordbruksredskap. Här presenteras även de redskap som ligger till grund för utformning av de redskap som används i den vidare undersökningen. I den andra delen presenteras metallurgiska undersökningar av fyra utvalda redskap, två årderbillar och två liar. I den tredje delen av undersökningen tillverkas repliker av de fyra metallurgiskt undersökta redskapen. Replikerna tillverkas utifrån de redskap som valts ut som förlagor. I den fjärde delen används redskapen praktiskt vid ärjning och slätter och det slitage som uppstår mäts och dokumenteras. Den sista delen av undersökningen handlar om att analysera det uppmätta slitaget, att göra generella beräkningar avseende innehav och förbrukning av järnredskap.

Sedan följer resultat, diskussion och analys med syfte att jämföra de experimentella resultaten med litteratur och historiska källor. Resultaten sätts sedan in i den medeltida kontexten med ökad järnproduktion. Syftet är att föra en diskussion kring vilken roll konsumtionen av järn och stål inom den agrara sektorn haft. Ett hypotetiskt symbiotiskt förhållande mellan icke agrart och agrart, mellan bergsbruk och jordbruk, kommer att undersökas och analyseras i förhållande till stigande och sjunkande järnproduktion.

Avhandlingens kapitelnumrering kräver även den en kortare förklaring. De fem första kapitlen numreras 1–5 med arabiska siffror i vanlig ordning (Inledning, Teori, Metod, Avgränsning, Forskningsläge och bakgrund). Sedan följer redovisningen av avhandlingens undersökning uppdelad i kapitel vilka följer de metodiska steg som styr avhandlingsarbetet. Dessa fem metodiska steg redovisas

i fem kapitel benämnda I–V med romerska siffror. Anledningen till detta är att undertecknad i texten refererar till de metodiska stegen som det första, andra, tredje och så vidare. Att beteckna dessa kapitel I–V har därför känts naturligt vid redovisningen av avhandlingens fem metodiska steg. Efter att metodsteg fem (V) har avslutats följer kapitel 6–12 vilket är en fortsättning på numreringen av de fem första kapitlen med arabiska siffror. I kapitel 6–11 redovisas Resultat, Diskussion, Konklusion, Framtida forskning, Referenser och Figurer och tabeller. Tabell och figurer är numrerade med de enskilda huvudkapitlens nummer, följda av nummer inom nummerserie inom respektive kapitel.

## 2. Teori

Den arkeologiska periodindelningen i sten-, brons- och järnålder bygger på teknologiska förändringar. Vi definierar med andra ord vår historia utifrån teknologi. Föreliggande avhandling handlar till stor del om teknik. Teknologi är den kunskap som krävs för att tillverka något, medan teknik handlar om handhavande av redskap. Innovationer kan handla om antingen tekniska eller teknologiska förändringar men båda typerna kan ha stor inverkan på processer och historiska skeenden. Exempelvis kan man definiera introduktionen av masugnen som en teknisk förändring av en redan fungerande teknologi (Hjärthner-Holdar 2006:103). De tekniska studierna i detta fall handlar om redskap i form av arkeologiska objekt. Den tekniska delen av avhandlingen har två utgångspunkter, dels tillverkningen av de arkeologiska objekten, dels brukandet av objekten, i form av smides- och jordbruksexperiment. Jordbruksredskapen står i fokus med syfte att besvara frågor om behov och konsumtion av järn. Jag kommer här att redogöra för teoretiska perspektiv som jag använt mig av eller inspirerats av, men även av perspektiv som inte kommer att användas, men som är nödvändiga att ta ställning till eftersom de spelat en viktig roll inom diskussionen om teori. Det finns dock ett stort antal teoretiska perspektiv vilka handlar om teknologi och teknik och det finns inte möjlighet att redovisa alla.

### 2.1 Vad är teknik?

Hur vi ser på teknik och arkeologiska föremål och deras mångfald förklaras många gånger med nödvändighet med en tro att människan drivs till nya uppfinningar för att tillgodose biologiska behov. George Basalla citerar arkeologen Gordon Childe när han säger att de mänskliga behoven är i ständig förändring, varje tid och plats har sina behov och tankar om vad som är nödvändigt (Basalla 1988). Det är med andra ord inte bara konstanta biologiska behov som behövs tillfredställelse. Basalla anser att föremålet eller artefakten är en grundläggande enhet i studiet av teknologi och teknik och att kontinuitet råder i hela den tillverkande världen. Kontinuiteten betyder i detta fall att ”nya” föremål endast kan komma från tidigare föremål. Nya uppfinningar eller nya ting är aldrig

endast skapade av fantasi, genialitet eller genom teorier. När teknologin förändras eller utvecklas sker detta i en fortgående ström av materiell kultur (Basalla 1988). Basalla drar slutsatsen, att alla samhällen i alla tider har en större potential för teknologiska innovationer än de någonsin kan hoppas kunna utnyttja. Han anser också att valet av nya uppfinningar och ny materiell kultur i ett samhälle är grundade på en inom samhället rådande uppfattning om hur ett gott liv levs. Teknikens historia är därför inte enbart reducerad till föremål som är tillverkade för vår överlevnad. I stället kan de ses som bevis på människans förmåga att aktivt välja sätt att leva, och ur detta perspektiv blir mångfalden inom vår materiella kultur ett av de tydligaste uttrycken för den mänskliga existensen (Basalla 1988).

Hur teknisk förändring sker förklaras på många olika sätt. Dels handlar det ofta om att välja mellan den rationella processen inriktad mot ett specifikt mål där de bästa innovationerna väljs ut eller en process av "trial and error" som samlar små modifikationer slumpvis under en produktionsprocess. Både marxistisk och neo-klassicismisk teori lutar sig mot den rationella tanken (Elster 1983). Det finns även andra förklaringsmodeller som kausala, funktionella och intentionella förklaringar till förändring. Den kausala förklaringen går ut på att alla händelser orsakas av andra händelser. Den funktionella förklaringen bygger till stor del på den biologiska förklaringsmodellen och har en dragningskraft på många forskare som önskar att sociala fenomen alltid skall ha en mening eller en funktion i någon form. Den intentionella förklaringen handlar om att våra val alltid syftar till att nå ett mål. Den intentionella människan väljer ett handlande som han/hon tror kommer att leda till det utsatta målet (Elster 1983). Ett antal teorier har lanserats i ämnet, tre av de oftast använda är den neoklassicismiska, "Schumpeter's Theory" och den marxistiska teorin. Det neoklassicismiska sättet att se på teknologisk förändring är att behandla den utifrån produktion och funktion. Den förutsätter att det finns en säker relation mellan input och output och att människan alltid agerar rationellt utifrån marknadens synvinkel. "Schumpeter's Theory" handlar om att se innovationer som själva motorn i den ekonomiska utvecklingen. Han kopplade också starkt ihop innovationerna med den ekonomiska cykeln vilken gör att det finns upp- och nedgångar. Både upp- och nedgångar var nödvändiga för innovationerna, vilka i sig var nödvändigt för att driva själva ekonomin framåt (Elster 1983). Marxistisk teori handlar primärt om produktivkrafterna, som utgörs av människan och hennes redskap. Detta ses som den viktigaste drivkraften i vår historia vilket gör att teknik har en mycket viktig plats inom marxistisk teori.

De skeenden och aktörer som studeras bildar tillsammans något som skulle kunna kallas tekniska processer eller system och inte enbart enskilda innovationer. Dessa tekniska system är beroende av sociala konstruktioner och det övriga samhället. Ändras någon del av samhället så förändras förutsättningarna och systemet (Hughes 1987). De innovationer som introduceras kan även delas upp i radikala och konservativa; de som startar och initierar ett nytt system eller de



som förbättrar och utvecklar det rådande systemet. Systemet i sig har en inbyggd energi som gör att det är i ständig rörelse. Systemet består av en komplex massa av komponenter vilka är svåra att överblicka (Hughes 1987). Man kan konstatera att en studie av teknik och tekniska processer är oerhört komplicerad med många faktorer som påverkar.

## 2.2 Föremål och människor (love and marriage)

Inom den arkeologiska forskningen kring objekt har vi arkeologer under långa tider haft en nära relation till tingen. Vid fältstudier i arkeologi är detta både nödvändigt men också logiskt. Vi vet alla att tingen spelar en stor roll i våra liv och detta är också något som många forskare har diskuterat inom olika vetenskapliga fält. Att tingen är viktiga ur många olika synvinklar bör vara en etablerad poäng (Miller 1998) även om synen på artefakter och studiet av dessa har ifrågasatts och diskuterats.

Problemet i det här fallet är att man inom den samhällsvetenskapliga och humanistiska forskningstraditionen med emfas sätter människan i centrum. All forskning som ägnar sig åt föremål eller artefakter bör alltid ha som mål att säga oss något om människan. Att studera föremål eller redskap för deras egen skull har ansetts som forskning utan mening. Idag har dock flera forskare tagit steg mot nyare perspektiv. Perspektivet handlar om att i högre grad inom forskningen jämställa ting med människor, eller för all del händelser eller fenomen. Den syn som vi alla mer eller mindre delar sätter människan i universums mittpunkt och kanske är den inte den enda möjliga (Barad 2007). Möjligen är det faktiskt viktigt att se människan som endast en del i en ekvation med flera variabler, där tingen som vi tillverkar, brukar och omger oss med, har värden som påverkar utfallet i ekvationen i lika hög grad som den agerande människan.

Bruno Latours Actor-Network-Theory (ANT) är en teori eller kanske snarare en metod i denna anda. Den handlar om att både mänskliga aktörer och icke mänskliga aktörer bildar ett nätverk genom relationer till varandra som kan beskrivas. I beskrivningen skall dessa behandlas lika enligt en princip om "generalized symmetry". Trots att ANT oftast refereras till som en teori så förklarar inte ANT varken hur eller varför. Snarare är det ett hjälpmedel för att kunna beskriva världen vi lever i. Enligt detta synsätt är tingen lika viktiga aktörer som människan. Det är därför mycket viktigt att även studera dessa aktörer. Latour skriver själv att "The name of the game is to get back to empiricism" (Latour 2005:146). Han skriver att det hela handlar om att beskriva den del av världen som vi studerar och hävdar även att en tillräckligt bra beskrivning av "något" inte kräver en förklaring av det samma.

Hur skall man då identifiera en aktör? Latour hävdar att allt som gör skillnad i en beskrivning är en aktör. En aktör kan identifieras med hjälp av frågorna: "Does it make a difference in the course of some other agent's action or not? Is there a

trail that allows someone to detect this difference?” (Latour 2005:71). ANT sammankopplas ofta med just tanken om att jämföra mänskliga aktörer och andra aktörer och att beskriva dem med samma typ av termer för att undvika författade meningar. I denna avhandling kommer inte ANT-metoden att användas. Detta skulle betyda ett mycket längre forskningsprojekt med andra möjligheter och tidsperspektiv vilka inte är idealiska vid arbetet med en avhandling. Synen på de arkeologiska objekten, i detta fall redskapen, som viktiga delar i ett sammanhang eller nätverk är viktig och har inspirerat min syn på redskapen som aktörer som påverkat historien.

Att sträva efter att beskriva i enlighet med ANT utan att nödvändigtvis förklara eller tolka leder oss naturligt in på möjligheten att vara objektiv. Många forskare är mycket kritiska till konceptet vilket dock inte är något nytt. Ett exempel är Karen Barad som anser att det inte är möjligt att helt separera sig från allt i vår värld vilket betyder att kulturer och tankemönster alltid präglar våra forskningsrön och våra tolkningar. Barad anser även att man inom naturvetenskapen bör ifrågasätta sin syn på objektivitet. Hon har formulerat en teori vilken hon kallar ”agential realism” där vår värld är uppbyggd av fenomen där människor och icke människor (exempelvis ting), natur och kultur interagerar med varandra. Barads teori kombinerar epistemologi, ontologi och etik. Hon kritiserar dock relativismen och dess moral vilken enligt henne använder detta argument för att avvisa all kunskap som falsk (Barad 2007).

En annan teori som länkar till detta är att se teknik ur perspektivet ”chaine opératoire” där man undersöker människan genom studierna av tillverkning och användning av material och objekt och hur detta påverkar människan snarare än att endast fokusera på slutprodukten (artefakten) (Dobres 2010). Det gemensamma för alla tiders teknik är att det finns en produktionskedja. Den franske forskaren Leroi-Gourhan lanserade först detta arbetssätt inom arkeologin. Den utvecklades utifrån tillverkningen av stenföremål. För att kunna analysera frågeställningar angående teknikförändringar och användning av teknik krävs kvalitativa analyser och ett tvärvetenskapligt förhållningssätt. När man studerar en produktionskedja och dess tekniker måste förståelsen för helheten framkomma (Hjärthner-Holdar 2006). Denna teori liksom ANT är tilltalande ur ett helhetsperspektiv där vi granskar en teknisk process. I vårt fall handlar det dock endast om vissa delar av processen. Syftet är inte heller att studera och beskriva en teknisk process utan att undersöka dess konsekvenser i form av förbrukning och konsumtion.

## 2.3 Experimentell arkeologi i teorin

Under arbetet med denna avhandling har stora delar av undersökningen varit baserade på experimentell arkeologi. Min ambition var att utifrån en arkeologisk hypotes angående järnförbrukning och en frågeställning angående slitage,

vilka var omöjliga att besvara med hjälp av endast historiska eller arkeologiska källor, genom experimentell arkeologi ge nya och bättre svar på frågan om hur mycket järn och stål som förbrukats inom jordbruket. Detta ville jag göra utifrån en klassisk experimentell tanke om att mäta olika variablers påverkan på andra i en kontrollerad miljö. Den experimentella arkeologin skapar sina egna förutsättningar i högre utsträckning än vad som är vanligt inom arkeologisk forskning. Vid utförandet av experimenten återskapas en historisk situation och arkeologen är en mycket aktiv del av experimentet, inte bara en objektiv åskådare vilket i detta fall blir mycket tydligt. Experimentell arkeologi har en relativt lång historia. Redan under början av 1900-talet utfördes experiment och försök att efterlikna den mänskliga historia som arkeologin grävde fram. Den experimentella arkeologin har ofta setts som en av flera undergrupper inom arkeologin, som exempelvis marin arkeologi eller byggnadsarkeologi. Under 1960-talet och framåt utvecklades den experimentella arkeologin för att under 1980- och 90-talen få en mindre plats inom den arkeologiska diskursen. Här kan vi se att den experimentella arkeologin utvecklades och uppskattades mer under den era som vi idag kallar den processuella eran. När sedan de postprocessuella idéerna slog igenom ansågs frågor om teknik, vilka ofta hörde samman med den experimentella arkeologin, mindre intressanta. Under 2000-talet har en ny tanke inom den experimentella arkeologin fått större genomslag. Den handlar om den humana aspekten på experimentet vilken oftast inte är mätbar utan snarare handlar om en känsla för det experiment som man utför. Det handlar om att dessa känslor och upplevelser, trots att de är upplevda av människor uppväxta i dagens samhälle, ändå kan vara relevanta för vår förståelse av forntiden (Pettersson & Narmo 2011). Här kan vi med andra ord se två skilda läger inom den experimentella arkeologin. Dels den processuella experimentella arkeologin som närmade sig den naturvetenskapliga delen av forskartraditionen, dels den postprocessuella som i detta fall huvudsakligen utgår från de humana aspekterna. Detta innebär att det i princip idag finns två definitioner och förhållningssätt till experimentell arkeologi. En definition som stöder det första alternativet är denna av Mathieu:

”Experimental Archaeology is a sub-field of archaeological research which employs a number of different methods, techniques, analyses, and approaches within the context of a controllable imitative experiment to replicate past phenomena (from objects to systems) in order to generate and test hypotheses to provide or enhance analogies for archaeological interpretation.” (Mathieu 2002:1)

I en antologi från 2011 som bygger på ett projekt där nordiska experimentella arkeologer mötts för att diskutera sitt ämne, presenterar redaktörerna Bodil Pettersson och Lars Erik Narmo en ny syn på experimentell arkeologi. De anser att de experiment som utförs idag i stället för att försöka utesluta all påverkan från

vår tid skall integrera historien med nutiden. De sammanfattar sina tankar om den nya humanistiska experimentella arkeologin i några punkter:

- Senses and emotions are effective means for achieving knowledge and understanding of the past as well as the present.
- Humanistic experimental archaeology is an excellent arena combining objective experiments and sensual and emotional exploration.
- Anachronisms promote experiences of the past; the understanding is developed by clashes between the present and our concepts of the past.
- New methods of documentation and communication will develop when anachronisms, the body and the senses are integrated into the experimental archaeology.
- Cooperation between academic archaeology and archaeological open-air museums and other institutions for live interpretation in experimental archaeology needs to be encouraged.
- The ambition to combine technical and sensory/emotional perspectives is crucial for the success for a future experimental archaeology with a humanistic approach (Pettersson & Narmo 2011).

Deras tolkning av den experimentella arkeologin ser helt annorlunda ut än den utgångspunkt jag hade när jag påbörjade avhandlingsarbetet. Min ambition har alltså från början varit experimentell arkeologi i sin klassiska form. Experimentell arkeologi skall hålla samma standard som övrig forskning och experimenten måste vara välgrundade i arkeologiskt material, rigoröst genomförda och noggrant rapporterade (Olausson 1987). Detta skriver Olausson på 1980-talet och jag håller fullständigt med. Den experimentella arkeologin är nästan alltid ett lagarbete. Här förenas de tekniskt kunniga och hantverksskickliga med dem som innehar teoretiska och arkeologiska kunskaper. I få fall förenas dessa i en och samma person och därför är det viktigt att alla parter har insikt i både teori och praktik för att kunna berika varandra (Olausson 1987). Även detta är en viktig aspekt som kommer att diskuteras vidare.

Experimentell arkeologi har dock i många fall utförts med brist på kontroll och dokumentation och i former som rör sig mellan experiment, förmedling och upplevelse av historia. Där har experimentets resultat i många fall varit prioritet nummer två, efter den publika verksamheten. Anledningarna till detta kan variera, men den vanligaste har sannolikt att göra med i vilket syfte man utför sina experiment. Inom museivärlden framställer man ofta olika historiska miljöer och historiska sammanhang med syftet att förmedla, ge upplevelser och skapa förståelse för vår historia. I många fall utförs då experimentell arkeologi utan specifika frågeställningar, utvalda metoder för dokumentation och möjligheter att mäta experimenten.

Problemet är att experimentell arkeologi i viss mån, just på grund av sin speciella förmåga att fungera som ett förmedlingsinstrument mellan arkeologer,

museiarbetare och en publik, har mist en del av sin trovärdighet inom akademiska arkeologiska kretsar (Forrest 2008). Den experimentella arkeologin har med andra ord flera utomordentliga användningsområden för vilka metoden är utmärkt. Det vore dock bättre om man kunde utveckla och använda den experimentella arkeologins speciella möjligheter, både för att på ett gott vetenskapligt sätt ge svar på frågor som den "traditionella" arkeologin inte har möjlighet till och dessutom använda den som ett unikt medium mellan arkeologer och människor som vill lära sig mer om vår historia. Det är även min övertygelse att dessa två delar av den experimentella arkeologin inte skulle behöva motverka varandra – det kräver dock att man inte kompromissar bort den faktiska forskningen för att anpassa sig till publiken.

Arkeologer och historiker kan lära mycket från en utvecklad experimentell arkeologi. Det är dessutom precis som Petersson och Narmo skriver viktigt att uppmuntra samarbete mellan de akademiska institutionerna samt de museer och andra institutioner som bedriver historisk experimentell verksamhet. Min uppfattning är dock att vi inte skall slänga ut barnet med badvattnet och avfärda den klassiska experimentella arkeologin som anakronistisk. Experimentet är en mycket vanlig forskningsmetod som används inom naturvetenskaplig forskning inom nästan alla fält. Att ifrågasätta dess relevans i sökande efter svar på hypoteser om vår historia likväl som medicinska eller fysikaliska problem vore kortsiktigt och insiktslöst. Men efter att ha utfört experimenten inom avhandlingsarbetet är jag nödgad att tillstå att mitt synsätt i viss mån har vidgats. Min ambition var att utföra tekniska experiment men faktum är att det inte var det enda som hände. Under resans gång blev upplevelsen av smidet av jordbruksredskapen och brukandet av dem en viktig läroperiod. Utifrån "*the humanistic approach*" (Petersson och Narmo 2011) där känslor och upplevelser är avgörande för den experimentella arkeologins framtid är min uppfattning att upplevelser under experimentet definitivt ger en extra dimension åt forskningen och till de människor som utför experimenten. Därför är jag beredd att till viss del vidga mitt perspektiv, eftersom det vore synd att inte dela med sig av denna sida av projektet. Detta förändrar dock inte min ursprungliga ambition om det mätbara experimentet. I en avhandling från 2003, "Tension and Tradition", undersöker Kristina Creutz spjutspetsar från yngre järnålder runt Östersjön. Inom ramen för avhandlingen utfördes ett antal experiment där man smidde repliker av spjutspetsar. Målet var inte att framställa den perfekta rekonstruktionen av en spjutspets. Det var snarare att rekonstruera smedens arbetsprocess, men i första hand ville Creutz vinna kunskap om hur man tillverkade spjutspetsar och vilka problem som kan uppstå under processen. Hon skriver att "*undoubtedly many interesting and important questions arose during our experimental work; the experimental archaeology made it possible to penetrate deeper into the world of the spearheads, and it also contributed to a further understanding of the x-ray pictures*". Det gav även större insikt i flera delar av hantverket, som erfarenhet, specialistkompetens, organisation, atmosfär och de personliga variationerna (Creutz 2003:143). Detta är ett intressant och insiktsfullt sätt att arbeta

med och se på experimentell arkeologi. Det är min erfarenhet att den experimentella metoden ger möjligheter till både ny kunskap, djupare analys av teknisk art och upplevelser. Upplevelserna ger ytterligare dimensioner och tolkningsmöjligheter åt den forskning som bedrivs. Upplevelsen av utförandet av experimentet ger komplexitet till tekniken och reser nya frågor som historiska källor och arkeologiska kontexter inte berör.

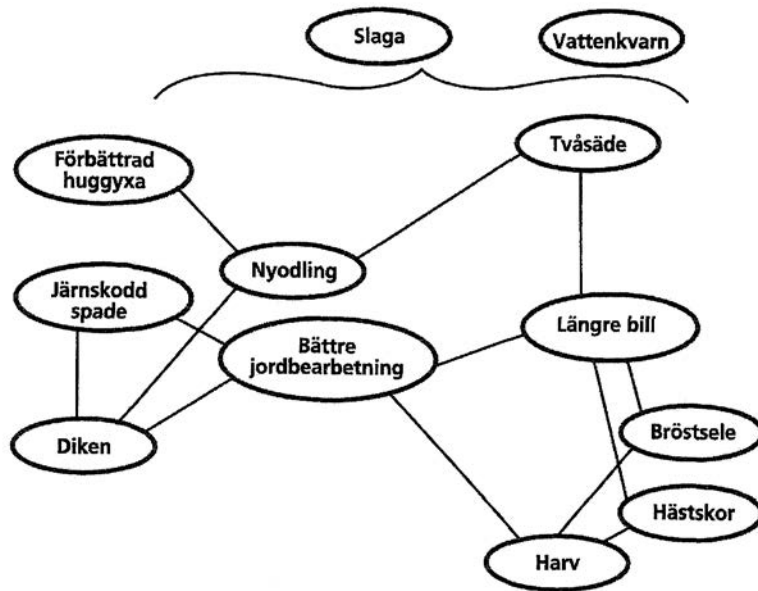
## 2.4 Tekniska komplex

Myrdal har under sina studier av jordbrukets historia presenterat en teori om tekniska system och deras komponenter vilka han kallat tekniska komplex. Hans tes är att de olika elementen i produktionsprocessen eller de olika delarna av jordbruket hänger samman i olika system eller som Myrdal beskriver det, i tekniska komplex. De olika delarna är kopplade till varandra där flera företeelser växelverkar med flera andra. I det tekniska komplexet fungerar alla delar samverkande och en nyhet som passar in kommer att tas upp i systemet medan andra innovationer kommer att stötas bort. Ett etablerande av ett nytt system tar därför lång tid när det gamla komplexet fortfarande är rådande. Ny kunskap och nya tekniker läggs på hög utan att användas förrän hela det gamla komplexet bytts ut mot ett nytt system. Denna förtryckta teknik realiseras då som ett nytt tekniskt komplex med väl anpassad och allmänt spridd teknik. Språnget tas inte förrän det nya tekniska komplexet har möjligheter att bli ett fullvärdigt alternativ (Myrdal 1997).

Utifrån tanken om det tekniska komplexet utgör den första delen av järnåldern den period då det tekniska komplex utformas som långt senare byts ut under äldre medeltid. Århundradena efter Kristi födelse skedde en ekonomisk expansion. I Skandinavien infördes då ett nytt tekniskt komplex som bland annat var avgörande för bättre möjligheter att samla in foder. När lien och räfsan gjorde entré blev en mycket mer effektiv foderinsamling möjlig och därmed stallning av boskapen under större delar av vintern. Stallningen gav möjlighet att i större utsträckning gödsla då man fick tillgång till en, om inte ny, naturresurs så en möjlighet att effektivt använda den. Gödslingen ger möjligheten till permanenta åkrar och för att forsla både gödsel och foder krävdes vagnen. Vid de permanenta åkrarna användes den separata billen av järn för första gången. Slätterängarna tog form i landskapet och omvandlingen medförde ett intensivare utnyttjande av markerna. Den totala avkastningen inom jordbruket ökade och så även befolkningmängden (Myrdal 1997). Under den yngre järnåldern användes samma tekniska komplex men det effektiviserades i viss mån. Arbetsproduktiviteten ökade och de små sädesskärorna ersattes av skäror med längre blad. Den tidiga järnålderns korta och breda lie blev längre och smalare och räfsorna blev bredare (Myrdal 1997).

Under den första delen av medeltiden införs ett nytt tekniskt komplex. I centrum för detta komplex står jordbearbetning och nyodlingar. Den järnskodda





Figur 2:1. Medeltida agrartechniskt komplex. Källa: Myrdal 2004

spadens införande gör att diken för första gången systematiskt grävdes över åkrarna. Årdrets järnbill blev längre och det gjorde att jorden blev bättre bearbetad. I delar av landet infördes även tvåsådet och den nya längre billen gjorde det lättare att bryta trädan. I västra Sverige infördes vid denna tid även plogen med vändskiva. Till detta komplex hör även förbättringar av bearbetningar av säden. Slagan och vattenkvarnen införs och bröstsele och hästskor blir vanliga. Harven tillkommer även den för att förbättra jordbearbetningen vid bearbetning av träda. Efter den stora expansionen kom en period av tillbakagång. I Sverige sammanfaller detta kronologiskt i det närmaste med att pesten drabbade landet. Detta var ödeläggelsens period och kallas ofta för den medeltida agrarkrisen (Myrdal 1997). Tekniskt så utvecklades och effektiviserades detta komplex även under denna period. Den längre lien slog igenom och såg från och med denna tid ungefär ut som liarna sett ut fram till idag, med en rät vinkel mellan blad och orv samt två knaggar på orvet (Myrdal 1997). Arbetsproduktiviteten förbättrades således igen.

Myrdal ställer upp tre grundhypoteser: den första består i att arealproduktivitet och arbetsproduktivitet inte ökar samtidigt. Den andra hypotesen är att samhällsliga förändringar även de sker i två icke samtidiga faser. Samhällets organisation av produktionsförhållanden sker antingen på en av Myrdal kallad lägre nivå eller på en högre. Den tredje hypotesen är en kombination av de två tidigare där Myrdal sammankopplar arealproduktivitet med omvandling i de lägre nivåerna och arbetsproduktivitet med en omvandling i de högre samhällsnivåerna.

Intensifiering	Effektivisering
Arealproduktivitet	Arbetsproduktivitet
Samhällsomvandling låg nivå	Samhällsomvandling hög nivå
(äldre järnålder och äldre medeltid)	(yngre järnålder och yngre medeltid)

I en växelverkan skulle man kunna säga att ett intensifierat utnyttjande av naturresurser ger grunden för en ny samhällsordning. En sådan följs av en effektivisering av det nya systemet genom ökad arbetsproduktivitet vilket gör det möjligt för den så kallade "överbyggnaden" att forma en ny struktur. Detta skulle sedan följas av ett nytt system och en ny omstrukturering från grunden (Myrdal 1988). Början i vågrörelsen beskrivs som en förändring av ägande, identitet och samarbete och den avslutande delen av vågen som en återhämtande period då effektiviseringar av samhället på en högre nivå kan öka överskottet och möjligheterna att diversifiera samhället. Befolkningen tenderar att följa samma växelverkan som tidigare beskrivits, med en ökad befolkning under tider av intensifiering och en minskad befolkning under tider av effektivisering (Myrdal 1988).

Mot tanken om tekniska komplex skulle man kunna ställa en så kallad enfaktormodell. En av de mest kända klassikerna på detta område presenteras i "Medieval technology and social change" av Lynn White Jr (White 1962). I boken återger White tre fallstudier: stigbygelns betydelse för feodalismen, den medeltida agrara revolutionen och den medeltida utvecklingen av mekanik. White beskriver utvecklingen utifrån möjligheten att en enda uppfinning kan påverka och styra utvecklingen av Europas historia. Problemet är att utredningen om exempelvis stigbygel, hur den underlättade krigsföring till häst och gav möjligheter till nya maktpositioner, inte är helt ogrundad men att den inte heller innehåller hela sanningen. White skriver i sitt andra kapitel om den agrara revolutionen under den tidiga medeltiden. Här redovisar han ingående övergången från årder till plog. Där anför han flera argument för att plogen, trots att den krävde så mycket mer dragkraft, ändå var mycket effektivare ur flera aspekter. Han talar om hur plogen sparade tid då man endast behövde plöja en gång över fältet i stället för att korsärja. Det handlar också om spridningen av metoden med tresäde och dess effekter både för människor och djur. I kapitlet om plogen argumenterar White för en utveckling baserad på flera faktorer som gemensamt skapar den agrara revolutionen, vilket motsäger bilden av White som en forskare som inte tar hänsyn till de komplexa system som omger enstaka innovationer. Ett decennium senare tar Perdue upp problemet med teknologisk determinism inom agrara samhällen. Han jämför Lynn Whites klassiska "enfaktormodell" med multifaktorsmodeller av Cofino och Huang. Hans slutsats är att det inte är möjligt att en enda teknisk faktor kan skapa stora socioekonomiska förändringar. Sådana förändringar skapas av många faktorer, inte minst miljö- och kulturbetingade. Tekniska förändringar är inte deterministiska och teknik lägger snarare band på utvecklingen (Perdue 1995). I detta passar även teorin om det tekniska komplexet väl in. Att ta hänsyn till komplexiteten i vår historia och dess utveckling är ett måste, men kanske bör vi även inse att studier av



specifika tekniska fenomen eller processer kan ge information om hur historien utvecklats och varför. Studier av enstaka fenomen behöver inte vara fel, även om de endast ger mindre delar av ett pussel, inte hela bilden.

## 2.5 Förbruknings- och konsumtionsmönster i teorin

När det handlar om att sätta in resultaten av slitageexperimenten i en medeltida kontext av konsumtion och förbrukning har jag delvis tittat på konsumtionsteori. Konsumtionsteorier handlar oftast om konsumtion av varor under senare delar av historien än medeltiden. Detta är ju inte så konstigt då det kanske är lättare att diskutera denna form av faktorer i en genomgående monetär ekonomi där vi kan relatera till priser. Källorna gör att vi under de tidigare delarna av historien behöver se konsumtionen i andra former och mönster. När det gäller järn har Per Hallén i sin avhandling använt sig av en modell som är formulerad av Jan de Vries, z-varumodellen (Hallén 2003:24, de Vries 1993). Den bygger på att konsumtionsmönster förändras vid prisförändringar och vid förändringar i behov eller önskemål. Hallén poängterar att för att modellen skall fungera krävs en marknad utanför det enskilda hushållet vilket han förutsätter fanns på 1700-talet. Utgångsläget är att gården (hushållet) fungerar med en relativt hög grad av självförsörjning. Man tillverkar produkter lokalt och en del av dem säljer man på en marknad. För en del av dessa intjänade pengar kan man sedan köpa varor på marknaden. Det finns alltså varor som man säljer och varor som man köper. De Vries konstaterar sedan att ökningarna av priser på livsmedel, alltså den egna agrara produktionen, ger en ökad konsumtion av varor som är köpta på marknaden. Därmed ger det en ökad specialisering i samhället. Ökningen av inköpta varor och specialisering beror då på att jordbrukaren väljer att lägga mer tid på jordbruket eftersom det är lönsamt. Flera arkeologer och historiker har skrivit om den ökade specialiseringen i samhället under den första delen av medeltiden och även kopplat detta till järnet (Hyenstrand 1974, Myrdal 1985).

Det som styr vår konsumtion kan ha olika orsaker. Men enligt tidigare forskning förändras vissa mönster inom vår konsumtion av järn under den första delen av medeltiden. Dels ökar storleken på vissa jordbruksredskap (Myrdal 1985) och dels ökar antalet påträffade järnföremål vid arkeologiska undersökningar exempelvis vid Pryssgården (Borna-Ahlkvist 1998), man använder även i högre grad järnredskap som förbrukas under användning.

## 2.6 Teoretiska utgångspunkter

Den teoretiska grunden för avhandlingsarbetet lutar sig främst på ett antagande om att arkeologiska föremål kan ge oss information om vår historia. Vid studier av teknik hamnar forskare ofta i en evolutionistisk tankebanan där allt utvecklas

mot ett större, bättre, mer produktivt och komplext samhälle. Framstegstanken har varit och är mycket stark inom forskningen kring teknikteori. Men teknik är inte detsamma som produktivitet och våra teknologiska val styrs av många olika faktorer. Av dessa handlar vissa om en högre produktivitet eller en mindre insats av arbete medan andra är kulturella och sociala. Vår värld och människorna i den är komplexa och våra val motiverade av många olika aspekter.

Hur teknisk förändring sker förklaras ofta med två synsätt, dels den rationella processen inriktad mot ett specifikt mål där de bästa innovationerna väljs ut, dels en process av "trial and error" som samlar små modifieringar slumpvis under en produktionsprocess. Min inställning är att olika synsätt på teknisk förändring kan vara relevanta för olika platser och tider. Men vi som forskare gör oss ofta skyldiga till att primitivisera den teknik vi studerar snarare än att över-skatta den. För att inte underskatta våra förfäder så lutar jag åt den intentionella vägen för de flesta förklaringar till förändring. Min utgångspunkt är att "trial and error" i vissa fall kan ha gett ny kunskap men att vi sökte ny kunskap avsiktligt och förfinade tekniken genom aktiva val.

Att studera föremål eller redskap för deras egen skull har av humanistiska och samhällsvetenskapliga forskare ansetts som forskning utan mening. De teorier vilka jag tidigare nämnt, "chaine opératoire" där man undersöker människan genom studierna av tillverkning och användning av material (Dobres 2010), Latours ANT där både mänskliga och icke mänskliga aktörer bildar ett nätverk genom relationer till varandra (Latour 2005) samt Barads tanke om att människan tar en för tydlig roll i universums mittpunkt (Barad 2007) ligger till grund för min syn på de jordbruksredskap jag arbetat med. Jag har valt att inte använda mig av dessa teorier till fullo men de har stärkt mig i min grundläggande syn på redskapen som en viktig del av vår historia värda att studera.

Min hypotes är att vi inte kan uttala oss om jordbrukets faktiska konsumtion av järn utan att veta mer om hur slitaget påverkat redskapen och därmed förbrukningen av järn. Med den utgångspunkten sattes slitageberäkningsmetoden samman. I denna metod ingår en stor del experimentell arkeologi vilket reser ett antal frågor om möjligheterna att återskapa det förflutna och att vara objektiv. När det gäller experimentell arkeologi är forskaren mycket aktiv och skapar den miljö som studeras. Det omöjliggör en falsk uppfattning av objektivitet, i stället skapar denna situation en möjlighet att beskriva alla aktörer (exempelvis arkeologiska objekt, människor, djur, natur, väder och relationer). Problemet är då naturligtvis att identifiera alla aktörer som påverkar processen. När det gäller möjligheten att helt återskapa det förflutna så kan vi konstatera att detta inte är möjligt. Att genom experiment skapa simulerade historiska situationer anser jag dock vara en av få möjligheter till ny kunskap och insikter om tekniska processer inom vissa områden som exempelvis slitage.

Den experimentella forskningen ger oss även mer kunskap och upplevelser än dem vi frågat efter. För att åskådliggöra detta synsätt vill jag här beskriva det genom ett exempel. Inom avhandlingsarbetet ingår det att analysera, tillverka

repliker av och använda två exemplar av medeltida årderbillar. Syftet med detta är att mäta det slitage som uppstår vid ärjandet och göra en mätbar beräkning av hur många gram järn och stål som slits per ärjad kilometer. Under slitageexperimentet med ärjning har upplevelserna av ärjandet gett ytterligare förståelse för flera moment i det medeltida jordbruket. Förutom svaret på frågan om slitage i antalet gram per kilometer har vi i arbetsgruppen fått insikt i flera andra frågor som inte ställts i förväg. När det gäller ärjandet har exempelvis vikten av stenröjning på åkrarna blivit tydlig, att en relativt stor del av arbetstiden med ärjning ligger i transporten av årder och hästar till och från åkern och att det är viktigt i vilket geometriskt mönster som åkern är utformad och i vilka mönster man väljer att ärja. Dessutom kan man vederlägga förutfattade meningar om hur ärjandet gått till. Ibland förekommer exempelvis påståenden om att man när man upptäcker en sten i åkern kunde lyfta upp årdret över stenen och på så vis undvika densamma. Detta kan vi konstatera vore näst intill omöjligt på grund av att det är tungt och obekvämt att lyfta årdret. Denna typ av insikter, eller skall vi kanske benämna dem upplevelser, kommer att redovisas tillsammans med experimentella, mätbara fakta och parametrar. Jag anser både att de är intressanta och relevanta för tolkningar av den medeltida agrarhistorien och för fortsatt forskning.

Teorin om tekniska komplex användas som utgångspunkt för tekniska förändringar som sker under den expansiva delen av medeltiden. Hypotesen i fråga om tekniska komplex är att det agrara tekniska komplexet är knutet till det tekniska komplexet som handlar om järnproduktion. Utifrån förändringen av det agrara tekniska komplexet ser vi hur det sker stora förändringar samtidigt i järnproduktionens komplex. De tekniska komplexen kan även kopplas samman med befolkningsökningen. Dessa förändringar möjliggör hypotetiskt den förändrade konsumtionen. Ytterligare en hypotes är även att den agrara delen av järnkonsumtionen är betydande i relation till andra kategorier av järnkonsumtion. Genom de experimentella metoderna och möjligheterna till hypotetiska beräkningar av slitage blir det möjligt att se omfattningen av förbrukningen inom jordbruket.

Huvudfrågan i avhandlingen handlar dock om förbrukning, slitage och konsumtion och utgångspunkten är att förhållandet och synen på konsumtion och förbrukning av järn förändras under medeltiden. Genom det arkeologiska materialet är det möjligt att se en sådan förändring. Med hjälp av z-varumodellen kan vi se på konsumtionen generellt och dess påverkan på samhället. Här knyts konsumtion, hushållets resurser, en fungerande marknad och grad av specialisering inom samhället ihop och vi har möjlighet att diskutera även distributionen av järnet.



# 3. Metod

För att komma längre än tidigare forskning gjort i ett ämne krävs nytt källmaterial, en ny teori eller metod eller en ny kombination av äldre teorier och metoder. I detta fall finns inget nytt källmaterial att tillgå. Därför krävdes en ny strategi och en kombination av metoder. För att komma åt frågan om förbrukning av järn eller det vi här kallar slitage krävs experiment i Grith Lerches (1994) anda. Men för att utföra experiment med mätning och uppskattning av slitage som mål krävs mer ingående kunskap om de redskap som skall undersökas. För att få svar på vilka material och metoder som använts vid tillverkningen av de medeltida redskapen behövs metallurgiska analyser av redskapen med frågor utifrån material och smidesteknik. Utifrån de svar vi får kan vi bättre tillverka repliker av medeltida redskap för vidare experiment. För att använda redskapen på rätt sätt krävs också där en kunskap om medeltida åkerbruk och slätter. De resultat experimenten resulterar i skall sedan ge möjligheter till beräkning av slitage i ett vidare perspektiv.

Utifrån dessa tankegångar har undertecknad satt samman en undersökningsmetod i form av en process i en serie av fem steg vilka av nödvändighet måste följa kronologiskt efter varandra vid utförandet av undersökningen. Vi kan kalla den för slitageberäkningsmetoden.

*Steg 1: De medeltida redskapens utformning och vikt studerade genom bevarade arkeologiska föremål.*

*Steg 2: Metallurgisk analys av utvalda arkeologiska föremål vilken svarar på vilka material som använts samt hur redskapen har tillverkats och brukats.*

*Steg 3: Experimentell arkeologi med smidesexperiment för tillverkning av medeltida repliker av analyserade redskap i steg två. Här tillverkas repliker utifrån resultat och analyser i steg ett och två.*

*Steg 4: Experimentell arkeologi genom brukande av medeltida repliker för uppmätning av slitage. Här används de i steg tre tillverkade replikerna vid experiment med ärjning och slätter vilket ger en möjlighet att mäta slitaget på redskapen vid brukandet.*

*Steg 5: Slitageexperimentets utfall och beräkningar av innehav och förbrukning av järn och stål inom det medeltida jordbruket. Här undersöks slitaget och de siffror som experimenten i steg fyra gett för att sedan ligga till grund för beräkningar av järnförbrukningen inom jordbruket genom slitage.*

Denna metod med fem steg som måste utföras i kronologisk ordning har ett potentiellt problem. Den ger tyvärr mycket lite utrymme för oförutsedda händelser när projektet ska genomföras under en begränsad tid, som i fallet med denna avhandling, under fyra år. Den praktiska utgångspunkten är framför allt att experimentell arkeologi kan ge oss unik information om vår historia. Genom att arbeta med och försöka att återskapa de tekniker som användes under vår historia kan vi få tillgång till kunskap som annars hade varit oåtkomlig för oss. Det finns många problem när man arbetar med experimentell arkeologi, oavsett område. Att upprepa en historisk teknologisk process till punkt och pricka är omöjligt, eftersom vi befinner oss i en annan tid med andra förutsättningar och utgångspunkter. Men det är inte omöjligt att besvara forskningsfrågor kring forntida teknik med hjälp av experiment. Att som i detta fall arbeta med smidesteknik och jordbruksteknik för att mäta konsumtion av järn och stål är sannolikt det enda sättet att komma närmare en uppskattning av förbrukningen utan att använda sig av allt för grova gissningar. Inga svenska medeltida källor eller arkeologiska material kan hjälpa oss att få klarhet i hur snabb och omfattande förslitningen av redskapen var i jordbruket.

I följande kapitel kommer en beskrivning av avhandlingsarbetets förutsättningar och metodiska steg att beskrivas först generellt och sedan utifrån de fem steg med vilka slitageberäkningsmetod har utförts.

### 3.1 Tvärvetenskap och samarbetspartners

Ett antal människor, institutioner, verksamheter och kollegor har haft stor inverkan på detta avhandlingsarbete. Under planeringen av avhandlingsarbetet stod det med all tydlighet klart att mitt avhandlingsarbete inte var någonting som undertecknad kunde ”skriva” eller än mindre utföra själv, och då menar jag inte den akademiska miljö eller handledning som alla doktorander har behov av. Arbetet kräver en tvärvetenskaplig utgångspunkt. För varje metodiskt moment i arbetet krävdes samarbete med en eller flera experter på just denna del av ämnet. De vetenskapliga analyserna och experimenten är helt beroende av de kompetenta specialisterna och deras kunskaper och möjligheter att utveckla och analysera ett experiment eller en analys.

Samarbetspartnerna har var och en haft olika kompetensområden, det har i vissa fall handlat om akademiska expertområden, i andra fall om hantverksmässiga kompetensområden samt i flera fall en kombination av båda. Många olika faktorer som påverkar forskningsprocessen, ibland föreställer man sig att det

endast finns en möjlighet att göra rätt – problemet är att det oftast inte är så enkelt. Det är heller inte säkert att man som forskare är övertygad om vilken tolkning som är den rätta. I mötet mellan en arkeolog och en expert, exempelvis i form av en mycket skicklig hantverkare, möter man frågor som man aldrig själv kunnat ställa sig, då den teoretiska kunskapen om ett ämne endast sträcker sig så långt. Det finns även parametrar som handlar om tid, ekonomi, tillgängligt material och annat som påverkar processen och de val som formar forskningsprocessen.

Ett exempel är den del av processen som handlar om att bruka de repliker som framställts för att efterlikna de medeltida redskap som valts ut. Här samarbetade jag med Sollentuna kommun och de som arbetar med att driva de historiska odlingarna på Östra Järvafältet. I detta fall handlade det om en ständig kommunikation och omprövning och nya val vid de tillfällen när oplanerade händelser inträffade och problem måste lösas relativt snabbt. Vädret, växtligheten, dragdjuren, redskapen och mina medarbetares erfarenhet var helt avgörande för de beslut som fattades. Min bedömning är att kommunikation, kompromiss och beslut har fungerat bra. Det handlar alltså om att skapa en funktionell forskarmiljö där alla bär med sig relevant kunskap. Samarbetet är en oändlig källa till inspiration. Likväl som vår verklighet idag är komplex är även historien mångfacetterad och kräver diskussion och många par ögon för att kunna ses klarare. Planen för de olika samarbeten som krävs är att med öppet sinne diskutera hur vi bäst kan svara på den vetenskapliga fråga som för ögonblicket är ställd. Att detta ger en process präglad av kommunikation, diskussion och gemensamma beslut säger sig självt. Med detta sagt vill jag dock poängtera att alla fel och brister i föreliggande avhandling endast är mina egna.

## 3.2 Hur svarar vi då på frågor kring vår historia?

Den tvärvetenskapliga och gränsöverskridande vägen är mitt val. I denna avhandling föreligger resultat från flera olika discipliner och utgångspunkten är att finna en möjlig väg till ny kunskap. Myrdal har myntat uttrycket källpluralism när det gäller att finna vägar till svar trots de fragmentariska källor som ofta står oss till buds. Här har även jag valt att använda en vetenskaplig pluralism vars syfte är att bäst besvara mina frågor. Detta är avhandlingens största styrka och men kan också bli dess svaghet.

Agrarhistoria tillsammans med arkeologi och experimentell arkeologi är avhandlingens utgångspunkt och basen för arbetet. Men runt om finns metallurgi, historia, etnologi och tribologi vilka har varit nödvändiga för att uppnå målet med avhandlingen. Med andra ord är resultaten och deras tillkomst sprungna ur flera av dessa discipliner. Jag kan idag konstatera att det finns många skäl att använda sig av denna mångdisciplinära approach, men att det även finns skäl att



avstå, i alla fall inom ramen för ett avhandlingsarbete på grund av den tidsmässigt snäva ramen.

Det krävs ett antal kunniga samarbetspartners som är skickliga experter, som hantverkare och jordbrukare, vilka även de behöver ha en god insikt i vad avhandlingsarbetet syftar till för att kunna genomföra arbetet. Sannolikt är detta avhandlingsarbete mer av ett projektarbete än ett ordinärt forskningsuppdrag i avhandlingsform. För att använda sig av flera olika metoder som metallurgiska analyser och experimentell arkeologi krävs inte bara goda finansärer utan även uthållighet och en stor mängd tid. Goda kommunikationsegenskaper samt flexibilitet är också lämpliga egenskaper. Avslutningsvis kan man säga att denna multidisciplinära metod kräver hårt arbete i flera bemärkelser och även ett visst mått av tur.

### 3.3 Slitageberäkningsmetod steg I

I den inledande fasen handlade det om att identifiera och undersöka medeltida fynd av jordbruksredskap. Med andra ord att finna medeltida arkeologiska objekt inom rätt kategorier för att sedan dokumentera dem. Även om min utgångspunkt är arkeologens handlade det inte om att gräva i jorden. Denna gång handlade det om att utnyttja redan uppgrävt material. För att finna rätt objekt krävs flera ingångar, dels genom sökande i litteraturen, dels sökande i museernas samlingar.

De handgripliga efterforskningarna bedrevs hos Statens historiska museum, med landets största samling av arkeologiska föremål från olika tider. Jag begränsade mig till de samlingar som huvudsakligen består av medeltida material. Under detta arbete har jag tittat på hela det medeltida arkeologiska materialet som förvaras på Statens historiska museum (SHM), i Stockholm. I sökandet har jag valt en handfast väg vilken i förstone verkade avskräckande, men som har visat sig relativt effektiv. I stället för att endast söka mig fram genom de nätbaserade söktjänster som finns tillgängliga har jag valt att faktiskt titta i alla de lådor med fynd som finns i samlingarna. Detta kan tyckas vara en gammalmodig metod men genom denna metod har jag undgått flera problem. Det första problemet är att alla samlingar, fyndplatser och arkeologiska objekt inte är digitaliserade. Det andra problemet är att det inte alltid är korrekt information eller oftare för lite information i databaserna. Vissa fynd har helt enkelt bedömts vara någon annan typ av föremål eller har inte kunnat identifieras som annat än ”järnföremål” eller ”järnredskap”.

Ytterligare en fördel med detta tillvägagångssätt är att man lär sig redskapens formspråk. Genom att se och avfärda tusentals föremål för att hitta rätt får man en känsla för hur det medeltida formspråket i järn ser ut. Janken Myrdal hävdar att för att minimera riskerna för feltolkningar bör man lära känna hela den medeltida materiella kulturen och dess föremål. Det krävs tid och övning för att



kunna uttolka vad föremålen har att förmedla. Myrdal hävdar att för att bygga upp en kännedom om ett föremålsmaterial handlar det om att arbeta med materialet under cirka två år. Även efter en uppbyggd ”språkkänsla” finns naturligtvis en ganska stor mängd föremål som inte går att tolka på grund av bristande kännetecken eller utmärkande detaljer. I mitt sökande efter medeltida jordbruksredskap och utvecklandet av kännedomen om dem har jag tagit hjälp av flera ytterst kompetenta antikvarier och arkeologer vilka väglett mig i samlingarna. Utan deras kännedom om samlingarna hade sökandet tagit åtskilligt längre tid, om det ens varit möjligt.

Nästa steg är dokumentationen av de fynd som identifierats i samlingarna. Redskapen har vägts och mätts, fotograferats och ritats av. De spår av slitage som kan identifieras redovisas, liksom föremålets nuvarande skick. De föremål som identifierats genom arkeologiska rapporter har endast presenterats om deras skick, vikt och datering varit tillräckligt noggrant angivna i rapporten. Valet av de föremål som kommer att redovisas i avhandlingen har utgått ifrån deras datering och bevarandegrad. Jag begränsar mig till fem olika redskapskategorier, de tidigare nämnda billar, hackor, spadar, liar och skärar. Tre av kategorierna är föremål som bearbetar jorden och två är skärande verktyg som bearbetar olika typer av växter. Detta betyder att kategorierna ser olika ut, med olika egenskaper men även vissa likheter.

Det finns trots allt ganska stora problem med att söka efter vissa kategorier av fynd som inte varit föremål för forskning i någon högre grad tidigare. Att som forskare resa land och rike runt för att identifiera enstaka fynd i läns museernas gömmor är inte alltid möjligt, både av tidsskäl och av ekonomiska orsaker. Därför tvingas man välja. Jag har i först hand valt Statens historiska museums samlingar. Vidare har jag sökt igenom cirka 520 arkeologiska rapporter. Rapporterna är utvalda genom användning av sökfunktionen inom SAMLA på Riksantikvarieämbetets hemsida. Vid sökning på arkeologiska rapporter, sökordet ”medeltid”, kom 520 rapporter från arkeologiska undersökningar som rapporterats mellan åren 2000–2014. Vid denna genomgång kan man konstatera att det innebär vissa svårigheter att använda denna typ av material. Många gånger fattades möjligheten att datera redskapet tillräckligt noggrant och i flera fall föll redskap bort på grund av bristande dokumentation och publicering i fråga om mått och vikt. Att uppsöka alla platserna där föremålen förvaras för att väga och mäta själv har tyvärr inte rymts inom budget eller tidsramar.

Sex kategorier av redskap undersöktes i samlingarna och två kategorier utslöts eftersom allt för få fynd kunnat identifieras. De kategorier som bearbetar jorden är billar, hackor och spadar. Billarna är sällan i bitar, då de består av tjockare järn som inte går sönder i första taget. Kanske är det därför som de är ganska sällsynta i museernas samlingar. Billarna innehåller så mycket järn att de på grund av värdet sannolikt återanvändes i de flesta fall. Det kan naturligtvis också finnas andra skäl, som att vi inte har sökt på rätt ställe eller att de helt enkelt inte är så vanliga. Spadskonungarna är inte lika tunga, men i många fall skrymmande. Spa-

darnas syfte är att bearbeta jorden och spadskoningen skall underlätta skärande av jorden. Denna typ av fynd påträffas oftast hela eller i större identifierbara delar. Hackor och plogbillar har inte undersökts vidare då antalet medeltida fynd var för få.

De skärande redskapen lie och skära är vanligare fynd i arkeologiska kontexter men har en helt annan utformning. Redskapen är smala, lätta och vassa. Många gånger hittar vi arkeologer endast mindre delar av liar och skäror. Ibland kan vi helt enkelt inte skilja dem från andra eggredskap och även om vi lyckas ger bitarna endast begränsad kunskap. Redskapen kommer att redovisas med detaljerad information om mått och vikt samt arkeologisk identifikation. Valet av föremål begränsas till de som har uppskattats ha en bevarandegrad till minst 80 %. Dessa fynd kommer att ligga till grund för beräkningar av järninnehav och behov av järn.

Inom ramen för denna första del av avhandlingsarbetet skulle ett beslut fattas om vilka fyra föremål som skulle analyseras i nästa metodsteg och stå modell för de repliker som planerades. Här fanns flera faktorer att ta hänsyn till. Dels behövde vi ett någorlunda komplett redskap, dels skulle det vara möjligt att få göra en provtagning av föremålet för en metallurgisk analys, och sist men inte minst skulle redskapet vara i sådant skick att en provtagning skulle ge möjlighet till analys. I detta fall skulle undertecknad bedöma om redskapet var tillräckligt komplett och intressant för en undersökning. En representant för SHM skulle bedöma om man ansåg att ett förstörande ingrepp (med andra ord en provtagning) på föremålet kunde beviljas. Slutligen skulle en representant för GAL bedöma om, och i så fall hur, en provtagning skulle kunna utföras på redskapet. Den diskussion som följde var givande men naturligtvis relativt utdragen då ett stort antal parametrar skulle penetreras och tas hänsyn till. Det val som gjordes blev så vitt jag kan bedöma bra för undersökningen. Men hänsyn och i viss mån kompromissvilja var nödvändig för att hitta fyra föremål som passade alla dessa kriterier. Valet av fyra arkeologiska fynd som skall stå modell för de nytillverkade billarna och liarna har skett i samarbete med Elisabeth Regner vid Statens historiska museum och Lena Grandin vid Riksantikvarieämbetet/UV GAL.

Valet av fynden har gjorts utifrån fyra kriterier:

1. Arkeologiska fynd från en medeltida kontext
2. Redskap av typerna årderbill och lie
3. Två liar med olika utformning samt två årderbillar med olika utformning
4. Arkeologiska fynd lämpade för provtagning och metallografisk analys

### 3.4 Slitageberäkningsmetod steg II

Nästa steg i slitageberäkningsmetoden handlar om att genom metallurgisk analys få svar på vilka egenskaper redskapen hade, vilka material som använts och hur de hade tillverkats. Här gällde en av diskussionerna mellan undertecknad

och RAÄ UV GAL om analysen skulle omfatta endast metallografisk analys eller även kemisk analys. I detta fall ansåg representanten för GAL att en kemisk analys inte skulle ge mig så mycket mer information om mina frågeställningar jämfört med enbart en metallografisk. I min föreställning om vad som skulle göras så hade jag inkluderat en kemisk analys men insåg under diskussionens gång att det inte var nödvändigt utifrån de frågeställningar som jag själv hade valt. Här krävdes det dock att en expert kunde värdera analysmetoderna utifrån mina frågeställningar.

Under järnframställningens hela historia har man producerat järn med olika hårdhet (kolinnehåll) som gett järnet skiftande egenskaper, alltifrån det hårda stålet till det mer smidiga och lätt formbara järnet. Att använda järn med olika kolhalt har gett olika egenskaper som främst använts i olika tekniska sammanhang. Exempelvis liens hårda stål som vällets in i ett blad av mjukare järn, vilket resulterat i att det var lättare att bryna och slipa lien på plats vid användning, i stället för att exempelvis göra lien vass genom knackning med hammare. Var och hur utvecklade man en sådan konstruktion och hur har den påverkat redskapets användning inom jordbruket?

De arkeometallurgiska analyserna skall svara på frågan vilka egenskaper järnet har och därmed även redskapens egenskaper. Analyserna skall bidra med svar på hur redskapen tillverkats. Redovisningen kommer att bestå av material (järn eller stål), kvalitet och sammansättning samt i vilken mån de skillnader som finns är signifikanta och kan bedömas vara avsiktliga.

När det gäller arkeometallurgiska analyser finns det flera metoder att välja på. Med dagens nya teknik kan man analysera järnets kemiska sammansättning utan att behöva skada det arkeologiska föremålet. Trots det har jag valt att använda mig av en äldre metod, som innebär att det krävs provtagning på artefakterna. Skälet till det är att den nya tekniken tyvärr inte kan svara på mina frågor, eftersom den är utvecklad för analys av stålindustrins produkter av idag. Det betyder att man utgår ifrån att stålet är homogent, inte korroderat och saknar slagginneslutningar. Analyserna kan inte tala om hur man sammanfogat olika järn och stål för bästa egenskaper. Det som behövs är metallografisk analys för att analysera både sammansättning av järn och stål och hur redskapet är tillverkat. Den första delen av analysen av ett föremål är provtagningen.

Järnredskapen provtas genom att en bit kapas, sågas eller klipps av från föremålet så att ett tvärsnitt skapas. Det är naturligtvis fördelaktigt om tvärsnittet täcker så stor yta som möjligt, gärna från ytterkant till mer centrala delar för att kunna se såväl fördelning av kol och/eller fosfor som smidestekniker. Efter att ett tvärsnitt skapats slipas och poleras det för att kunna ges en metallografisk analys, vilket innebär undersökning i mikroskop vid hög förstoring (Grandin 2011). Detta är förstas ett problem när vi hanterar värdefulla arkeologiska artefakter. Målet är att utvinna så mycket ny kunskap som möjligt, samtidigt som föremålet fortfarande har kvar grunddragen av sin ursprungliga form och sitt antikvariska värde. Massföremål som exempelvis spik kan man hantera annorlunda, men mer sällsynta arkeologiska artefakter måste hanteras mycket varsamt. För

att svara på frågor om järnredskaps egenskaper och tillverkning är provtagning och analyser för närvarande den enda vägen.

Efter att metallytan på provet har polerats kan den metallografiska analysen börja. Analysen genomförs på en slipad och polerad yta av det provtagna järnet. Proverna etsas också med syra för att ”framkalla” olika texturer som är karaktäristiska för järn, stål respektive gjutjärn. Förutom att bestämma järnets sammanställning kan man se förekomsten och fördelningen av slagginneslutningar och hur stycket har bearbetats fram till det färdiga föremålet. Bland annat kan man tydligt se om föremålet är sammanvävt av flera olika materialtyper (järn/stål/fosforjärn) och om det har blivit härdat eller genomgått andra former av temperaturbehandlingar för att få fram olika typer av egenskaper som är lämpliga för olika funktioner (Grandin 2011).

Förutom den metallografiska analysen kan man även göra en kemisk analys. Ett prov som analyseras metallografiskt kan också analyseras med flera olika kemiska metoder. Genom dessa kan man kvantitativt fastställa t.ex. innehåll av fosfor eller mangan. Halter av spårämnen som kobolt eller nickel kan också bestämmas. Små punkter, några mikrometer stora, kan analyseras och därför är det möjligt att se skillnader mellan t.ex. en inväld stållegg och omgivande, mjukare järn (Grandin 2011).

Motsvarande analyser kan göras av eventuella slagginneslutningar för att få en vägledning om vilken malmtyp som använts i framställningen eller om några komponenter har tillsatts under processernas gång (Grandin 2011). Den kemiska analysen som ger oss halter av spårämnen används främst för proveniensbestämning. Med andra ord för att vi om möjligt ska få veta varifrån olika metallföremål kommer. Inom detta avhandlingsarbete har inga frågor om proveniens ställts, varför en kemisk analys inte prioriterades. Det finns dock andra analyser som blir möjliga efter en provtagning på ett järnföremål. Exempelvis  $^{14}\text{C}$ -metoden, som kan ge oss mer information om dateringen av ett föremål (Grandin 2011).

### 3.4.1 Datering

Järn kan numera dateras med  $^{14}\text{C}$ -metoden. Dateringen görs på kol som ingår i metallfasen, dvs. i stålet. Mängden prov som behövs för datering väljs med utgångspunkt från fyndets kolhalt. Eftersom kolet är kemiskt förenat med järnet (*legerat*) finns inga kolstycken att genomföra vedartsanalyser på. Det är inte heller möjligt att avgöra kolets ålder (Grandin 2011). Det finns med andra ord vissa problem med att utföra dateringar på detta sätt. Det hela handlar om hur och när kolet kommit in i metallen och därmed föremålet. Det vi daterar är med andra ord inte föremålet utan kolet som är inneslutet i metallen. Kolet är tillverkat av olika typer av träd och har därmed olika egenålder. Det kan komma från en gammal ek eller ett mycket yngre vedmaterial. Normalt sett föredrar en arkeolog små kvistar eller prov där vedartsanalysen visar på yngre träd. Men i detta fall har

vi inte sådana möjligheter. Kolet som analyseras kan härstamma både från tillverkningen av järnet eller smidet av föremålet. Detta innebär att ett redskap kan vara tillverkat av gammalt återanvänt järn och det vi daterar är den äldsta processen. Eventuell kan man även ha använt fossilt kol (stenkol) vilket resulterar i orealistiskt höga åldrar (Grandin 2011). De arkeologiska fynd som provtas för analys inom detta arbete kommer även att dateras med  $^{14}\text{C}$ -analys om det finns tillräckligt med kol att analysera. Detta för att komplettera de arkeologiska dateringar som finns för fynden, inte som enskilt dateringsunderlag.

### 3.5 Slitageberäkningsmetod steg III och IV

Steg III och IV i avhandlingsarbetets undersökningsfas handlar om experimentell arkeologi, mer konkret om att framställa och bruka två av de redskapskategorier som valts ut för undersökningen. Syftet med dessa experiment har i första hand varit att utföra mätbara slitageexperiment. Inga specifika åtgärder har vidtagits för att använda experimenten i publikt syfte. Under experimenten med ärjning och slätter har dock redskapen använts i ett historiskt brukat landskap som är mycket välbesökt. Vi har vid förfrågan och när människor stannat för att titta förklarat vad vi gör och varför. Men vi har inte anpassat våra experiment efter tider eller platser vilka skulle ha varit speciellt gynnsamma ur ett publikt perspektiv. Vi har sökt att utföra arbetet när det varit bästa möjliga förhållanden ur jordbrukssynpunkt.

Experimentet är en vetenskaplig empirisk metod som oftast används för att testa en hypotes om orsakssamband. Under experimentet undersöker man en eller flera variablers påverkan på andra under kontrollerade former utifrån hypotes eller frågeställningar. Inom arkeologin handlar detta ofta om att återskapa en historisk företeelse för att undersöka dess orsakssamband. Med andra ord är det ett sätt att efterlikna en tidstrogen teknik för att lära sig av den, för att bättre kunna tolka och förstå vår historia. Min erfarenhet av experimentell arkeologi som metod är relativt stor och jag har deltagit i projekt av denna typ tidigare. Inom den gren av arkeologin där jag längst har varit en del av inom forskarsamhället, järnforskningen, är experimentell arkeologi vanligt förekommande både i Sverige och i övriga världen. Många är de forskare som arbetat experimentellt med järnframställning och blästbruk exempelvis Peter Crew, Lars-Erik Englund, Arne Espelund, Eva Hjärthner-Holdar, Henrietta Lyngström, Anders Ödman och Lars Erik Narmo. De har under en lång tid arbetat med järn och järnforskning med hjälp av arkeologi, historia och experimentell arkeologi. Ensamma i sitt fält är dock den grupp där även undertecknad ingår som bedriver experimentella försök med järnframställning i en replik av en medeltida masugn (Magnusson 2014). Här ingår flera forskare, både arkeologer, metallurger och arkeometallurger, vilka arbetar med att återskapa en process som redan var i allmänt bruk under medeltidens första del. Även inom Södra Råda-projektet, för vilket undertecknad

under en period var projektledare, var experiment, repliker och återskapande av arbetsprocesser i fokus. Projektet handlar om att återuppbygga en replik av en timrad medeltida kyrka och att under processen utveckla och undersöka de hantverksprocesser vilka var aktuella vid ett medeltida kyrkobygge.

Min förståelse för experimentell arkeologi och återskapande av arbetsprocesser var stor men min kunskap om den praktiska beredningen av åker och äng var ringa. För att kompensera för bristande förståelse för vilka parametrar som var viktigast var ansatsen för dokumentationen av utförandet av experimentet hög. Men det var även mycket viktigt att ha kunniga samarbetspartners vilka kunde vägleda mig i detta arbete. Med ambitionen att utföra experimenten på bästa sätt, där alla variabler kontrolleras och beskrivs, har jag påbörjat och avslutat detta avhandlingsprojekt. Detta kräver dokumentation, som i olika form beskriver de variabler som påverkar experimentet. Mätningarna av projektet har varit noggranna och utförligt dokumenterade och dokumentationen har utförts med olika sätt. Den skriftliga dokumentationens syfte har varit att tydliggöra vilka parametrar som påverkar experimentet och beskriva dessa. Under experimenten sker i vissa fall många processer parallellt därför är det bra att även ha stillbilder och rörliga bilder som komplement vilket jag har använt.

### 3.5.1 Experimentell arkeologi – smide, ärjning, slätter och slitage

Den experimentella delen av metoden börjar i steg III med smide av repliker av medeltida fynd. Fyra redskap har tillverkats i samarbete med Patrik Jarefjäll, smed och doktorand vid Göteborgs universitet, Institutionen för kulturvård. Att tillverka dessa redskap är en del av Patrik Jarefjälls doktorandstudier. Han är även lärare vid Hantverkslaboratoriet i Mariestad, som är ett Nationellt centrum för kulturarvets hantverk.

Smidesarbetets syfte var att framställa två liar och två årderbillar utifrån de arkeologiska förlagor som valts ut. De fyra föremålen ska tillverkas för att i så stor utsträckning som möjligt likna ursprungsfyndena både utifrån dokumentationen i steg I och analysen i steg II. Målet är att i möjligaste mån rekonstruera tillverkningsprocessen för redskapen och dokumentera den. Utifrån redskapens form, mått och vikt skapas nya modeller av de medeltida redskapen. I denna process används resultaten från den metallografiska analysen för val av material, smidesmetoder och värmebehandling.

Dokumentationen av arbetet var mycket viktig för att kunna beskriva den arbetsprocess som krävs för framställning av dessa redskap. Dokumentationen har skett genom intervjuer, foto, rörliga bilder och en experimentlogg där förutsättningarna och genomförandet av varje arbetstillfälle beskrivs och dokumenteras i detalj. Beskrivningar görs även av de metoder och verktyg som använts. Dokumentationen har utförts av undertecknad som närvarat vid alla experimentella försökstillfällen.



När experimentutrustningen är färdig genom steg III, i detta fall årderbillar och liar, återstår att planera bruket av redskapen och möjligheterna till dokumentation. Utgångspunkten var att i möjligaste mån återskapa realfallet med avseende på materialval, kontaktfrekvens, hastighet, tryck, temperatur och fuktighet. För att minimera resultatspridningen skall de individuella testerna vara så lika som möjligt. Med andra ord, vi försökte återskapa de medeltida förutsättningarna vad gäller de parametrar som påverkar slitage. Vi strävade även efter att vid de olika ärjningstillfällena ha så lika förutsättningar som möjligt. Valet att testa två billar och två liar tillverkade av olika material gjorde det möjligt att jämföra experimentresultaten av testerna.

Det viktigaste kravet på om ett test är relevant är att testet skall reproducera realfallets dominerande slitagemekanismer. Det vanligaste sättet att mäta slitage eller nötning är att väga materialet före och efter testet. Denna metod har jag valt för avhandlingens tester av slitage. En möjlighet för att utvärdera och identifiera felkällor är att vara observant på språng i slitagehastigheten. När man kan identifiera stora förändringar och variationer bör man kolla att ingen ytterligare parameter är avgörande (Jacobson & Hogmark 2005). Under experimentet bör man även undersöka slitaget noggrant. Vilken typ av slitage är det som påverkar redskapet? Man bör jämföra slitna ytor med orörda och studera den slitna ytan i tvärsnitt, för att se hur slitaget påverkat redskapet. Det är viktigt att även studera motytan, i detta fall jorden för billarna och slipredskapen för liarna. Det gäller att studera de dominerande slitagemekanismerna, inte de mest spektakulära spåren av densamma (Jacobson & Hogmark 2005).

Steg IV syftar till att testa desamma tillverkade modellerna i faktiskt jordbruksarbete för att kunna dokumentera slitage. Målet är att få fram en siffra på slitaget vid ärjning och slåtter. Siffran kommer att återges i gram per ärjad kilometer och gram per ärjad hektar för årderbillen och gram per tunnland för lieslåttern.

Slåtter och ärjningsexperimenten utförs i samarbete med Sollentuna kommun på Östra Järvafältet kring Bögs och Väsby gårdar. Här finns ett naturreservat och ett kulturlandskap med fornlämningar från bronsålder och framåt. Området är välbesökt och ligger geografiskt nära Stockholm och lägligt för ett stort antal människor i behov av rekreation i form av natur och kultur. Här bedrivs idag ett historiskt jordbruk med tvåsådesåker och historisk skötsel av åker och äng. Experimentet är delvis planerat inom Sollentuna kommuns årliga verksamhet samt delvis med hjälp av utökade medel under säsongerna 2012, 2013 och 2014. Målet var att under två säsonger använda de nytillverkade replikerna av medeltida redskap vid ärjning och slåtter för att sedan utvärdera det slitage som kunnat uppmätas.

På flera platser kommer slåtter att bedrivas med de två liarna. Här handlar det primära slitaget om hur ofta och hur mycket man slipade eller knackade lien. Det är naturligtvis svårt att få fram historisk dokumentation om dessa detaljer. Planen är därför att utföra arbetet med lien så som känns bäst för den som slår, men att dokumentera detta väl. Dokumentationen kommer att innehålla vem

som slår, hur lång tid, var (med en beskrivning av landskapet), vilken typ av växtlighet som slås och hur ofta och mycket som slipning, knackning eller skärpning av lien sker. En omfattande dokumentation av lien utförs innan experimentet påbörjas. Desamma inkluderar foto, ritning, mått och vikt. Samma procedur utförs sedan efter den första och efter den andra säsongen. Mätningarna och dokumentationen är grunden för de beräkningar av slitage och järnåtgång som följer av användningen.

Årdret dras av två hästar med en nytillverkad replik av billarna sammanfogad med ett yngre årder. Att som Grith Lerche tillverka hela årdret (i hennes fall en hjulplog) skulle kräva för stora resurser och för mycket tid inom ett avhandlingsarbete. I detta fall är syftet huvudsakligen att undersöka påverkan och slitage på järnbillen, vilket inte kräver undersökning och tillverkning av ett helt nytt ekipage. Experimentet utförs med ärjning under vår och höst på åkrar som under flera år brukats med historiska metoder. Dokumentation av experimentet kommer att ske före start i form av dokumentation av replikerna och det årder som de fogas till. Under ärjningen kommer inmätningar med GPS att ske för att dokumentera antalet kilometer samt hur och var ärjningen har skett. I samband med varje tillfälle kommer även en detaljerad beskrivning av väderförhållanden och jordstruktur att genomföras. Dokumentationen av modellerna inkluderar foto, ritning, mått och vikt. Denna procedur utförs före experimentens start samt efter den första och den andra säsongen.

## 3.6 Slitageberäkningsmetod steg V

I det sista steget av metoden handlar det om att beskriva vad slitage är och hur det är möjligt att beräkna. Det betyder att vi börjar med att beskriva slitaget och hur det uppstått och vilka parametrar som påverkar utfallet. Avslutningsvis beskrivs de beräkningar av slitage som utförs utifrån de resultat som dokumenterats i steg IV.

### 3.6.1 Tribologi

I detta avhandlingsarbete handlar huvudfrågan om slitage. En i sammanhanget väsentlig fråga är därför; vad är slitage och hur uppkommer det? Detta skall vi nu titta lite närmare på under rubriken tribologi. Tribologi kommer från det grekiska ordet *tribo*, vilket betyder gnida. Tribologi är ett interdisciplinärt forskningsfält som omfattar både kemi, fysik, materialvetenskap, metallurgi, mekanik och hållfasthetslära. Tribologi är läran om ytor i kontakt under relativ rörelse. Den behandlar alla fenomen som handlar om nötning, friktion och smörjning, med andra ord läran om ytor i rörelse eller allt som rör sig. Ett faktum är att vi i dagens samhälle har stora kostnader för slitage. Men det problemet



arbetade man med att lösa på teknisk väg redan under medeltid och tidigare. Att begränsa slitaget och därmed kostnader för material, arbete och "driftsstörningar" har säkert varit en naturlig del av människans tillvaro under hela hennes historia som användare av föremål och verktyg (Jacobson & Hogmark 2005).

Slitage är en process där redskap, verktyg, maskiner eller andra produkter gradvis förstörs genom normal användning. Den typ av slitage som vi undersöker här handlar primärt om nötning. Med nötning menas förlust av material från en yta som resultat av friktion. Nötning sker mellan två ytor av fasta material som glider mot varandra. Det kan närmast beskrivas som att de slipar mot varandra. Nötning, friktion och smörjning ingår i vetenskapen tribologi. Därför var det naturligt att vända sig till Ångströmlaboratoriets Tribologigrupp som arbetar inom tillämpad materialvetenskap. Där har jag fått hjälp och råd av professor Staffan Jacobson och samarbetat med doktorand Peter Forsberg. Nedan kommer jag kort att sammanfatta några tribologiska begrepp och teorier och därefter försöka förklara det slitage vi undersöker utifrån dessa. Beskrivningen av ämnet tribologi och de begrepp som här presenteras är hämtade från en grundläggande lärobok i ämnet tribologi av professor Staffan Jacobson och professor em. Sture Hogmark (Jacobson & Hogmark 2005).

Här följer några grundbegrepp inom tribologi;

Tribosystem – ett system med ytor i mekanisk kontakt under relativ rörelse

Triboytor – ett tribosystems kontaktytor

Nötning – förlust av material från en triboyta (det vi kallar slitage)

Friktion – när en triboyta rör sig mot en annan vilket genererar en bromsande kraft

Den enorma komplexitet som karakteriserar många olika tribosystemen gör det mycket svårt att förutsäga livslängd och nötningstakt. Tribosystem påverkas av otaliga parametrar som brukar delas upp i tre kategorier:

*Konstruktionsparametrar* kan innebära till exempel belastning, spänning, hastighet, frekvens och ytbeskaffenhet. I fallet med årdret handlar det här om hur årdret är utformat och hur väl det glider i jorden.

*Materialparametrar* betyder grundmaterialets kemiska sammansättning, struktur och mekaniska egenskaper. I fallet med årderbillen handlar det om järnets sammansättning och hårdhet.

*Miljöparametrar* innebär omgivningens temperatur, fuktig eller torr luft eller saltvatten. I vårt fall handlar det inte så mycket om temperatur utan framför allt om fukt och hur torr eller fuktig jorden är och hur växtligheten ser ut.

Det finns många orsaker att arbeta med att försöka motverka slitage. Huvudsakligen kan man sammanfatta dessa orsaker i några punkter:

- Kvalitet och prestation
- Ökat motstånd mot nötning och repning
- Längre livslängd
- Minskad förbrukning av material och arbetstid
- Bättre funktion under längre tid och minskad risk för haveri

De ekonomiska besparingarna som kan göras är stora och kan delas upp i längre livslängd för redskapet, lägre driftskostnader genom underhåll, reparationer och byten av delar, reducerade kostnader för arbetstid, material och energi vid reparationer. En annan stor besparing är om man kan undvika stillestånd i arbetsprocessen. Exempelvis är det under vårbruket förödande om en avbruten årderbill gör att man tvingas vänta med sådden i dagar, eller om vädret slår om, i veckor (Jacobson & Hogmark 2005).

### 3.6.2 Nötning ett annat ord för slitage

Nötningen betyder som nämnts ovan förlust av material från en yta. Det är en av flera skador som kan uppkomma. Vi går inte in på övriga typer i någon större utsträckning då nötningen, eller slitaget, är i fokus för denna undersökning. För att studera tribologiska händelser och egenskaper krävs studier av ytor. Nötningsegenskaperna (de egenskaper som påverkar slitage) bestäms av materialets yt-skikt, vilket kan skilja sig från basmaterialet. Utifrån en förståelse av ytskiktet kan vi dra slutsatser om den eventuella nötningen. Nötningen sker i det som kallas öppna eller slutna tribosystem. Det som här är av intresse är det öppna tribosystemet (*slutna tribosystem är ofta en del av maskiner som hjullager eller annat där nötningen är begränsad inom ett slutet system, vilket helt kan kontrolleras*). I ett öppet tribosystem är det däremot endast den ena triboytan som hör till själva konstruktionen. Motytan tillförs utifrån, till exempel den steniga jorden mot årderbillen. Öppna tribosystem är i princip inte möjliga att helt kontrollera. Ofta har de en större nötningfrekvens än ett slutet system, då ett öppet system inte går att påverka i samma utsträckning, t.ex. genom att smörja. De jordbruksredskap som undersökts och redovisas i denna avhandling är samtliga att betrakta som verkande öppna tribosystem (Jacobson & Hogmark 2005).

Den mest uppenbara och i detta fall intressanta slutsatsen är att nötningen ger materialförlust som förbrukar redskapet. Vissa så kallade slitdelar (*vilket bland våra kategorier skulle motsvaras av årderbillen och spadskoningen*) som kan nötas ner mer eller mindre fullständigt innan de blir oanvändbara. I andra fall kan nötningen påverka redskapets funktion. I våra fall går gränsen för årderbillarna där billen inte längre repar sina färor i marken tillräckligt djupt och därmed inte gör sitt jobb. I fallet med lien handlar det om att slitage gör eggen slö vilket i sin tur

gör att vi behöver skärpa eggen med hjälp av knackning, slipning eller skärpning. Lien kan i princip användas så länge tillräckligt av bladet finns kvar att skärpa.

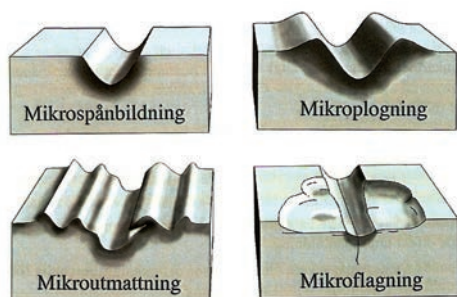
Nötningens förloppet inleds ofta med en gradvis förändring av materialet. Man talar om nedbrytningsstadiet, avverkningsstadiet och transportstadiet. I nedbrytningsstadiet försämras ytan sakta vilket nog är av mindre betydelse för exempelvis årderbillar. Avverkningsstadiet är då delar av materialet frigörs från ytan och transportstadiet är när det förs bort från ytan. Abrasiv nötning ger upphov till repande nötning. När nötningen på ytan uppstår genom olika stora repor är det lätt att överskatta de stora reporna. Man kan luras att tro att de stora märkena ger störst bidrag till nötningen även om de är glest fördelade över ytan. Här gäller det att ta reda på hur stor del av ytan som är täckt med små respektive större repor och koncentrera sig på den typ av repor som täcker den största delen.

Intressant är att det faktiskt inte finns en materialegenskap som heter nötningssmotstånd. Detta på grund av att nötning är ett komplext problem som varierar beroende på situationen. Det är därför svårt att uttrycka teoretiskt i siffror. Om vi ändå vill försöka är det bästa alternativet att utgå från faktiska experiment utförda i skala 1:1.

Det finns flera typer av nötning men den som är aktuell i föreliggande experiment är den som kallas abrasiv. Abrasiv nötning är det slitage som uppstår då hårda spetsar repar en mjukare yta. Slipning är alltså en renodlad form av abrasiv nötning vilken vi använder för att skärpa liar och skärbor. Abrasion dominerar ofta nötningen i öppna system som arbetar med exempelvis sten, grus eller jord. Det går till på detta sätt: En hård yttopp eller främmande partikel (*ett abrasivt element*) tvingas glida över en mjukare yta under tillräckligt hög last (tryck) och då bildas en repa. Ett bra exempel är när årderbillen dras genom jorden. Jordens sammansättning av abrasiva element är då avgörande, med andra ord om det finns hårda, vassa element i jorden. Dessa består allt som oftast av mindre stenar vilka har en hårdare yta än järnbillen. Repar formas genom att materialet avverkas från ytan eller bildar vallar. För att en repa skall bildas krävs följande:

- Det abrasiva elementet måste vara hårdare än det repade materialet
- Det abrasiva elementet måste vara fixerat så att det inte rullar mellan ytorna
- Den repande spetsen måste vara tillräckligt skarp
- Den repande spetsen måste vara tillräckligt seg för att inte brytas av eller trubbas av

Det finns två- och tre-kroppsabration och i vårt fall rör det sig om tvåkroppsabration. Tvåkroppsabration ger nämligen en typiskt randig struktur vilket inte den andra gör. De två kropparna som möts är då billen och den vassa sten som repar billen (Jacobson & Hogmark 2005). Ränderna uppstår på grund av att nötningen sker i en riktning, i fråga om billen så bildas reporna i samma riktning som de fåror som skapas i jorden, alltså från billens spets och bakåt.



Figur 3:1. Fyra mekanismer för abrasiv repbildning. Källa: Jacobson & Hogmark 2005:108

Mikrospånbildning är när ett abrasivt element skär ut en spåna ur ytan. Mikroplogning är när ett abrasivt element plöjer en fåra genom ytan, vilket alltså inte ger någon materialavverkning. Mikroutmattning är när ytan får många vallar efter upprepade plogningar vilket gör ytan spröd. Mikroflagning är när större bitar av ytan faller av vid repning (Jacobson & Hogmark 2005). I vårt fall handlar det om att årderbillen som möter jorden också möter olika stora stenar som är hårdare än årderbillens yta. Elementet måste också vara fixerat, med andra ord repar en sten i tung och hård jord mer än en sten i lätt och luftig jord som lättare glider undan. Stenmaterialet måste även vara tillräckligt hårt, skarpt och segt för att kunna repa årderbillen.

Den parameter som mest påverkar den abrasiva nötningstakten är alltså tribo-materialets hårdhet, i detta fall billens hårdhet. För att undvika abrasiv nötning skall man alltså öka materialets hårdhet i ytan. Det finns dock en komplikation i denna ekvation. När hårdheten ökar minskar för metallers del även plasticiteten, lika med formbarheten hos materialet. Detta innebär mer mikrospånbildning än mikroplogning, vilket i sin tur betyder att man avverkar mer material istället för att materialet flyttas till vallar på billens yta. Hårdhet kan ju även ha andra effekter på ett redskap eller en maskindel. I vårt fall får man tänka sig att en viss seg- het i materialet var nödvändig för att undvika att billen brister och går sönder vid längre och hårdare användning eller vid en kollision med en större sten. Ab- rasiva element finns i alla former och storlekar. Beroende på hur de har formats och vad de består av kan de vara runda eller mycket vassa och skarpa. Storleken på elementen påverkar också nötningshastigheten, till exempel när man använder ett sandpapper, då ett grövre sandpapper är mer effektivt än ett med finare sandkorn. I vårt fall är de nötande elementen de stenar som finns i den åkerjord vi ärjar eller brynet som skärper lien. Växterna är oftast inte tillräckligt hårda för att själva repa järnet i billen, lien eller skäran.

## 3.7 Källkritik

Avslutningsvis kommer vi till ett avsnitt jag kallat källkritik men som huvudsakligen handlar om hur vi ser på de svåraste frågorna inom ramen för metodkapitlet i denna avhandling. Hur skall vi hantera forskning med få case? Eller med andra ord: ett relativt sparsamt fyndmaterial samt arkeologiska analyser och experiment med ett mindre statistiskt underlag?

De analyser och experiment som utförs inom avhandlingsarbetet är på grund av kostnadsskäl och begränsningar i tid relativt få. De arkeologiska medeltidsdaterade redskapsfynden är även de ett fåtal. Frågan är därför hur vi skall ställa oss till materialet och de svar som följer. En enkel lösning på problemet vore att överlåta denna typ av undersökningar till större, längre och kostsammare projekt. Vad gäller fynden är detta inte ett alternativ som löser problemet. Avseende den experimentella sidan har inga experiment av denna sort hittills utförts i Sverige, endast en undersökning i Danmark (Lerche 1994). Det alternativ som jag själv förespråkar är att se undersökningen som en pilotstudie vilken ger indikationer på hur historien kan ha sett ut, i brist på flera och utförligare undersökningar och säkrare bevisning. Kunskapsuppbyggnad måste starta någonstans och vi bör inte avfärda ny kunskap endast på grund av att den har få case eller ett mindre statistiskt underlag, utan se det som en grund för vidare forskning.

Att hantera fyndgrupper som inte innehåller massmaterial och där de ”hela” exemplaren är relativt få är ett problem. Hur långt kan man dra slutsatser ur ett torftigt källmaterial? Det kan vara vanskligt att generalisera utifrån ett fåtal experiment eller ett fåtal föremål. Med andra ord skulle det vara värdefullt med en större experimentell verksamhet (Olausson 1987). Myrdal visar på en annan möjlig väg till större kunskap, källpluralismen (Myrdal 2009). I fallet med slitage är det svårt att få fram flera källor till hur mycket järn som förbrukades under svensk medeltid och hur omfattande slitaget var. Men en alternativ metod som Myrdal framlägger är att studera vår historia i teman, med ett mer holistiskt perspektiv. För denna fallstudie om slitage skulle det betyda att den endast är en del av en större helhet, vilket skulle kunna stärka undersökningen.

För att arbeta med experimentell arkeologi och mätningar av slitage krävs noggrannhet. Parametrarna när man brukar jorden eller bedriver slätter är oändliga i sin variation. För att kompensera för denna rikedom av möjligheter har vi bara ett val – en noggrann dokumentation, men vi kan konstatera att de beräkningar som presenteras senare endast är exempel på hur förbrukningen kan ha sett ut. Beräkningarna kan användas för att få en bättre generell bild av konsumtionen och förbrukningen än vi tidigare haft tillgång till. Beräkningarna skall inte ses som absoluta siffror på en exakt förbrukning.

En aspekt på min avhandling är att se den som en pilotstudie för en ny metod, där man söker nya vägar att få ett bättre underbyggt underlag för studier av förlorat järn och var i processen järnet försvinner. Genom slitageberäkningsmetoden med redskapsstudier, metallurgisk analys, tillverkning av repliker samt

repliker i praktiskt bruk med mätning av slitage och möjligheten till generella beräkningar, anser jag att vi sannolikt kommer närmare än tidigare i vår uppskattning av behovet av järn och stål inom jordbruket under medeltid.

Hur man kan och bör värdera föreliggande källmaterial och experiment är inte helt enkelt. När det gäller det arkeologiska materialet kan vi vara säkra på att de redskap som presenteras här är från en medeltida kontext och att de är använda i det syfte som de tolkats till. Jordbruksredskap tillhör inte de svåraste kategorierna att identifiera och deras funktion är till stor del utredd. Den metallurgiska analysen är en specifik vetenskap där man beskriver de tillstånd som metallen befinner sig i och utifrån detta beskriver hur den har hanterats. En av de felkällor som man här kan anföra är att vi endast har tittat på små delar av redskapen. Detta är naturligtvis ett problem. Det har dock aldrig varit ett alternativ att få skiva upp föremålet på längden och bredden för att kunna ta fram all tänkbar information. Ingreppet vid provtagningen är en kompromiss mellan behovet av bevarande och behovet av ny kunskap.

För den experimentella delen av avhandlingsarbetet kan man generellt ifrågasätta i vilken mån dessa experiment är relevanta för frågeställningarna. Det har inte varit praktiskt möjligt att till 100 % efterlikna den medeltida situationen och de medeltida materialen. De möjligheter som fanns har vi nyttjat, men där vi tvingats göra val som inte varit trogna mot historien, har vi dokumenterat våra val för att man skall kunna ta ställning till hur detta kan ha påverkat resultatet.

Slutsatsen är dock att de historiska och arkeologiska källorna är otillräckliga för att få fram ett mått på slitage. Detta gör att vi måste pröva genom experiment som så långt som möjligt återskapar den historiska situationen. Där bör man sträva efter att isolera parametrar som kan mätas och dokumenteras. Det viktiga är att vi har arbetat med experiment som varit nödvändiga för att vi ska få ny kunskap som inte funnits tillgänglig i arkeologiskt eller historiskt källmaterial. Detta har lett såväl till nya frågor som till nya resultat vilka bör verifieras med fortsatt forskning.



## 4. Avgränsning

Jordbruksredskap av järn är ämnet för denna avhandling. De finns i många arkeologiska kontexter och fynden utgör ett värdefullt källmaterial till kunskapen om hur de användes och hur de tillverkades. I det fortsatta forskningsarbetet vore det naturligt att utgå ifrån en sammanställning av arkeologiskt daterade redskapsfynd. En övergripande avgränsning av undersökningen är medeltida järnredskap använda inom jordbruket. De redskap som valts ut är lie, skära, årder- och plogbill, spade och hacka. Även hästens tillbehör som hästskor och seldon och delar av kvarnen som är tillverkade av järn skulle kunnat vara aktuella men urvalet är baserat på om redskapet eller objektet endast används inom jordbruket. Det finns naturligtvis även andra kategorier av järnföremål som använts inom jordbruket som inte redovisas här. Exempelvis yxan och kniven som båda var multiverktyg och användes dagligen inom jordbruk, men även till annan verksamhet. Dessa fyndkategorier förtjänar vidare enskilda studier av järnkvalitet och konsumtion. När det gäller delar till kvarnar så har dessa valts bort på grund av bristen på fynd. Jag redovisar fynd av ovan nämnda redskapskategorier men kommer inte att diskutera redskapstyper. Typerna redovisas huvudsakligen i kapitlet Forskningsläge och bakgrund men är inte en huvudfråga för denna avhandling.

Av de redskap som initialt valts, lie, skära, årder- och plogbill, spade och hacka, har två kategorier uteslutits efter undersökningens första steg. I Statens historiska museums samlingar påträffades mycket få hackor och plogbillar från medeltid vilket gjorde att dessa kategorier uteslöts från vidare undersökningar.

Av de fyra kategorier av jordbruksredskap som återstod för studien kunde endast två kategorier testas i experimentella försök. Anledningen till att endast två kategorier valdes var den budget en utökad undersökning skulle ha krävt. De två kategorier som valdes för slitagetest var årderbillen och lien. Valet av årderbillen och lien är grundat på uppdelningen mellan redskap som slits av jorden och eggredskap som skall skära. Spaden, hackan och årdret är de redskap som används för bearbetning av jorden. Bland dessa är valet av årderbillen baserat på tre faktorer. Den första är att när det gäller hackor har vi mycket få arkeologiska fynd och historiska belägg. I valet mellan spaden eller årderbillen ger Grith Lerches tidigare experiment med plogbillar ett intressant jämförelsematerial vilket

är en fördel. Den sista faktorn som avgjorde valet är att plogen och årdret, trots att ämnet är mycket väl diskuterat inom forskningen, saknar väsentliga och intressanta uppgifter om tillverkning och slitage. Spaden som inte ännu är lika väl undersökt får därför anstå till framtida slitageforskning. När det gällde valet mellan lien och skäran så föll valet på lien på grund av den förändring redskapet genomgår under medeltiden. Skäran är även den ett mycket intressant redskap som använts under en mycket lång period och till många olika ändamål. Dess långa historia är ett intressant ämne, men valet av lien handlar om förändring och brist på forskning under den utvalda perioden.

De två redskap som valts ut för slitageberäkningsexperimentet är följkattli- gen lien och årderbillen. Här har jag valt att tillverka två repliker av årderbillar och två repliker av liar för att kunna jämföra utfallet av experimenten. Man kunde ha valt att göra en årderbill, en spadskoning, en skära och en lie men resultatet av en sådan undersökning skulle ha varit svårare att dra slutsatser av. Därför får slitageberäkningsmetoden användas på spadskoning och skära i framtida forskning.

Kronologiskt avgränsas avhandlingsarbetet till perioden 1000–1520, med andra ord den klassiska definitionen av medeltid i Sverige. Jag lutar mig även mot den kronologiska ram som Janken Myrdal använt i sina studier av det agrara Sverige. Denna period i Sveriges historia definieras av ett uppbrott från vikingatidens hövdingasamhälle in i en ny tid där kristendomen blev den övervägande trosuppfattningen. Man skulle även kunna kalla denna period katolsk tid i Sverige, då övergången till den protestantiska läran och valet av den nya konungen Gustav Vasa sker i början av 1500-talet.

Geografiskt avgränsas undersökningsområdet till det som under medeltiden skulle kunna betecknas som den svenska delen av riket Sverige: Götaland, Svealand och närliggande landskap. Undersökningarna utförs med bas i Uppsala och Stockholm där även huvuddelen av experimenten utförs och kommer därför att ha en tendens att favorisera de östra delarna av Sverige.



# 5. Forskningsläge och bakgrund

Det här kapitlet inleds med en genomgång av forskningen kring avhandlingsens huvudfråga om slitage och behovet av järn. Efter följer en bakgrund kring det medeltida järnet där utgångspunkten för tillgången på järn i form av blästbruk och masugnsbruk diskuteras för att sedan följas upp med en översikt om medeltida smide och experimentella försök. Sedan följer en genomgång av medeltida åkerbruk och slätter vilket leder oss in på de faktiska jordbruksredskapen och de fyra redskapskategorier som valts ut för undersökning. Kapitlet avslutas med en genomgång av tidigare metallurgiska undersökningar av jordbruksredskap.

Många forskare har poängterat såväl jordbrukets som järnets roll i vår historia och järnets betydelse för samhällets framväxt (se t.ex. Duby 1986:107ff, Myrdal 1985, 1996, Hyenstrand 1972, 1977). Järnproduktion och jordbruk är sedan länge viktiga grenar inom historisk och arkeologisk forskning. Idag bearbetas t.ex. frågor om hur produktionen av järn format Sveriges geografiska och politiska struktur (Lindkvist 2015). I den senaste utgåvan av Svensk Nationalatlas "Bergsbruk – gruvor och metallframställning" beskrivs ett hantverk som varit av största vikt för Sverige under 4500 år. Än idag är bergsbruket betydande för oss och under 2000-talet har gruvhanteringen expanderat. Sverige producerar mer stål än någonsin och är f.n. den största producenten av järnmalm i Europa. I Atlasen konstateras att "*för människan är järn den viktigaste metallen, mätt i volym, värde och allsidig nytta*" (Nyquist 2011). Men människan måste tillfredsställa sina basbehov och utan jordbruk kunde inte befolkningen försörjas, detta gällde även under medeltiden.

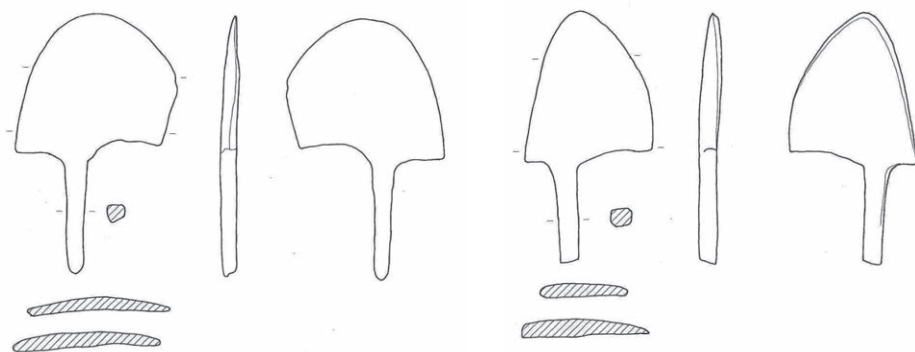
Järnet och jordbruket är med andra ord knutna till varandra, men synen på järnet har varit och är ännu ofta fokuserad på andra företeelser. Det är vanligt att sammankoppla järn och stål med krig och död. I en relativt ny publikation om hur historien har påverkats av metaller poängteras järn och stål som material till vapen vilka till stor del har förändrat och styrt historiens förlopp (Goody 2012). Synen på järn och stål som grundläggande för vapenmakt och krigföring är

något ensidig. Kanske har järn och stål i lika hög grad förändrat och påverkat historien inom även andra mer fredliga områden, som exempelvis jordbruket.

## 5.1 Behovet av järn och frågan om slitage

Medeltiden var en period med fallande järnpriser (Franzén 2010), samtidigt som efterfrågan och produktion av järn ökade (Karlsson 2015). Exporten av järn från Sverige uppvisade också tidigt ett marknadsspråk som tyder på specialisering (Berglund 2015, Wallander 2015, Crew 2015). Jordbrukets järnbehov har behandlats i olika studier, där även jordbruksredskapens storlek har diskuterats (Myrdal 1985, 2012). I kungsgårdsräkenskaper från 1500-talet redovisar smideslängderna hur mycket järn som användes där (Myrdal & Söderberg 1991). En central fråga har varit slitagets påverkan, något som Myrdal har återkommit till (Myrdal 2005). Frågan har åsidosatts och det har inom svensk forskning inte gjorts några mer omfattande eller ingående försök att beräkna slitage och därmed behovet av järn.

Den som mest genomgripande arbetat med frågan om slitage är den danska forskaren Grith Lerches avhandling (1994), där hon utfört experiment med danska plogar. Hon konstaterar att förslitningen av plogbillen är stor och ger ett bra underlag för att beräkna järnåtgången. Hennes undersökningar är de enda som på ett konkret sätt behandlar slitage, men hennes utgångspunkt var att undersöka hur man plöjde under medeltid, inte enbart slitaget på plogbillarna. Lerche ville nå ökad kunskap om den historiska hjulplogen och dess inverkan på landskapet genom att kombinera arkeologiska undersökningar, redskapsanalys och experiment med observationer av plogen och dess påverkan på landskapet. Det slitage som Lerche mätte gällde slitaget på både träet och plogbillarna. Hon upptäckte då att man aktivt försökt minimera slitaget på plogen inte enbart med plogbillar av järn utan även med hjälp av armering av sulan på plogen med flinta. Lerche poängterar hur viktigt det är att förstå hantverket och arbetsprocessen. Utifrån skriftliga källor, nästan aldrig författade av någon som själv plöjt en åker med hjulplog, är dessa möjligheter mycket begränsade (Lerche 1994). Kanske säger det även oss som forskare något om problemen med att förstå ett hantverk genom artefakter och text. Lerche utför en mycket viktig undersökning men utnyttjar dock inte till fullo sitt omfattande material. En kvarvarande fråga rör slitaget och järnets sammansättning, en viktig fråga som kräver metallurgiska analyser. Lerche hade inte utfört några metallurgiska analyser innan experimenten påbörjades. Ett av hennes viktigaste resultat är dock att slitaget på järnet var stort och att nya plogbillar krävs ofta (Lerche 1994). Lerche räknar dock inte i avhandlingen ut hur stort slitaget är per ytenhet eller per plöjd kilometer. Detta lämnar hon till läsaren, men har i senare publikationer gjort liknande beräkningar. Enligt min uppfattning möjliggör hennes experiment något mycket viktigt, nämligen att mäta slitage i relation till den faktiskt brukade åkern.



Figur 5:1. Nyborgsbillen och Odensebillen. Källa: Lerche 1994:37–38

Huvudtanken var att utifrån danska arkeologiska fynd sätta samman och tillverka en komplett fungerande hjulplog. Eftersom inget komplett fynd finns bevarat valde Lerche att utgå från flera skilda fynd för att sätta ihop en hjulplog, som är ett relativt komplicerat redskap. Jag kommer här inte att beskriva tillverkningen av hjulplogen vilket i sig är en både fascinerande och intressant process. Jag fokuserar istället på replikerna av de billar som sattes på hjulplogen då dessa är det relevanta jämförelsematerialet till föreliggande studie. De två arkeologiska fynd som stått modell för Lerches rekonstruktioner är Odensebillen som finns på Odense Bys Museer (Mus. Nr 664/1956) samt Nyborgsbillen på Nyborg Museum (Mus. Nr 3758). Lerche anser att billarna sannolikt är från 13–1400-tal, med andra ord från sen medeltid, men de är inte säkert daterade. Nyborgsbillen påträffades 1958 nära en gård vid det senmedeltida slottet i Nyborg (Stora Belt). Odensebillen har funnits på Odense Bys Museer sedan 1955, utan datering och proveniens. Man kan fråga sig varför Lerche valde ett fynd som Odensebillen som saknar grundläggande data. Anledningen var att Nyborgs- och Odensebillen 1978 var de enda arkeologiska fynden av plogbillar, som var av rätt modell för att passa i den hjulplogsmodell som Lerche ville rekonstruera.

När Lerche lät tillverka hjulplogen var året 1979. Detta är idag över trettiofem år sedan. Sedan dess har ingen gett sig på uppgiften att göra ett liknande försök. Vid valet av järn till plogbillarna fanns ingen forskning på området att tillgå, men som arkeometallurgisk expert kontaktades Vagn Fabritius Buchwald. Lerche poängterar att experimentet med tillverkningen av hjulplogen inte hade fokus på smidesteknik utan först och främst på slitaget. Därför prövades järn av olika hårdhet. Senare diskussioner med Buchwald 1990, vilka hänvisas till i avhandlingen, sammanfattas så här av Lerche: Buchwald hävdar att de smidda produkter som används på en medeltida gård normalt var heterogena när det gäller fosfor- och kolhalter och att mellan- och högkolhaltigt stål inte var något man vanligen använde. Lerche skriver sedan att *"Due in particular to the variation in phosphorus, iron tools might vary in hardness from about 100 to a high hardness of"*

250.” (Lerche 1994:53). Hon menar också att tillverkning av stål var en kostsam process som användes till exempel för knivar. Mjukare järn användes till exempel till hästskor, spikar, spadar, byggnadsjärn och plogbillar (Lerche 1994:53). I följande kapitel om slitage kommer detta påstående att diskuteras mer ingående.

Smidet utfördes i en smedja i Lejre. De första tre plogbillarna var gjorda av mjukare järn med en kolhalt på 0,3 %. Vid smidet användes en ässja med bälgar och bearbetning på ett städ. Här tillverkade man inte bara plogbillarna utan även den kedja som användes för att sammanlänka plog, dragdjur och en rist. Efter att ha sett att slitaget var förvånansvärt stort kunde Lerche konstatera att hon behövde tillverka ytterligare tre plogbillar för att kunna byta med när slitaget blivit för stort. Två av dem tillverkades med samma material vid smedjan i Lejre. Den sjätte billen tillverkades av en smed vid Nationalmuseum i Danmark och gjordes av olegerat stål med en kolhalt på 0,7 %. Denna bill glödgades efter smidet och var mer hållbar mot slitage än de tidigare plogbillarna.

Lerche ville att replikerna skulle vara så nära originalen som möjligt. Hon stötte dock på problem eftersom de arkeologiska fynden som utgjorde modeller var slitna och i slutfasen av sin användningstid. Hon beslutade sig för att försöka göra en rekonstruktion av hur plogbillen borde ha sett ut som ny samt kopior av de faktiska fynden. Lerche utförde dock inga metallurgiska analyser av järnet som de faktiska fynden var tillverkade av. Av de sex smidda plogbillarna som användes vid experimentet var nummer 1 och 6 de som smiddes större än de arkeologiska artefakterna. Billarna utformades utifrån det slitage som man kunde dokumentera. Tanken var att se hur en större symmetrisk bill skulle se ut efter slitage. De fyra övriga billarna smiddes som repliker på Odense- och Nyborgsfynden. I tabellen nedan benämns de billar som gjordes större än de upphittade arkeologiska fynden som rekonstruktioner till skillnad från de övriga som benämns som repliker.

Tabell 5:1. Tabell över utformning av billar vid experimentella försök av Grith Lerche. Alla mått i mm. (L= längd B= bredd T= tjocklek)

Bill nr	Original från	Symmetrisk	L	B (blad)	T	Tånge L/ B×T	Replik/ Rekonstruktion
1	Odense	X	320	170/133	15	113/24×16	Rekonstruktion
2	Nyborg		267	145/112	15	110/25×15	Replik
3	Odense		252	130/96	14	95/25×17	Replik
4	Odense		240	126/90	14	90/18×18	Replik
5	Nyborg		254	140/100	16	105/16×16	Replik
6	Odense	X	315	180/114	17	105/17×25	Rekonstruktion

Källa: Lerche 1994 (tabell III)

Tabell 5:2. Tabell över järnslitage på billar vid experimentella försök av Grith Lerche med tillägg av de två sista kolumnerna till höger av Catarina Karlsson.

Bill nr	Ny (g)	Använd (g)	Förlust (g)	Använd (m)	Förlust i gram / Använd km =	Förlust i g/ km
1	2 380	1 422	958	82 006	958/82,006 =	11.68
2	1 612	1 364	248	57 360	248/57,360 =	4.32
3	1 244	1 068	176	41 537	176/41,537 =	4.24
4	1 442	1 354	88	19 344	88/19,344 =	4.55
5	1 809	–	–	–	–	–
6	2 850	2 386	435	91 507	435/91,507 =	4,95

Källa: Lerche 1994 (tabell XXX och XXXII)

Tabell 5:3. Tabell över järnslitage på billar vid experimentella försök av Grith Lerche med andel kol och hårdhetstest.

Bill nr	Använd (m)	Förlust (g)	Förlust (g) / Använd (km) =	Förlust i g/ km	% C	HV
1	82 006	958	958/82,006 =	11.68	0,3	HV 147±2
2	57 360	248	248/57,360 =	4.32	0,3	HV 147±2
3	41 537	176	176/41,537 =	4.24	0,3	HV 147±2
4	19 344	88	88/19,344 =	4.55	0,3	HV 147±2
5	–	–	–	–	0,3	HV 147±2
6	91 507	435	435/91,507 =	4,95	0,7	HV 270±8

Källa: Lerche 1994:54 (tabell XXX och XXXII)

I tabellerna kan man se att förlusten av järn är remarkabelt större på plogbillen som har nummer 1, men även något större på nummer 6. Dessa två är rekonstruktioner, inte repliker av föremål. Detta kan ha orsakat det större slitaget. Tyvärr är den ena av dessa av ett hårdare material vilket visar ett mindre slitage, hur mycket som beror på hårdhet respektive rekonstruktionen är svårt att säga. Dels kan vi tolka rekonstruktionstolkningen som det riktiga värdet på hurdant slitage vi kan vänta oss – eller vi kan tvivla på att ett slitage av denna enorma magnitud skulle vara möjligt ur ett ekonomiskt perspektiv. Men vi kan även tydligt se att bill nummer 6, som är hårdare än de övriga, inte slits lika mycket som den jämförbara nummer 1. Lerche konstaterar dock att järnets hårdhet leder till en avgörande skillnad av slitaget, vilket indikerar att järnets kvalitet är en viktig faktor. Lerche ställer dock frågan om lokala smeder hade kompetensen att smida denna typ av plogbillar och om bönderna hade råd att köpa dem (Lerche 1994:187). Lerches försök i Danmark kommer att användas som jämförelsematerial i det avslutande kapitlet.

Inom tidigare forskning har experiment med jordbruksredskap med undantag från Lerche i många fall handlat om förhistoriska redskap. Exempelvis har man fått resultat vilka visar att metallskäror är cirka 1,5 gånger effektivare än motsvarigheten i flinta, liksom att redskapets effektivitet står i direktförhållande till handtagskonstruktion och eggens bearbetning och skärpa. Man har även utfört experiment med hackor vilka visar att man kunde bearbeta cirka 50 m<sup>2</sup> per timme i tidigare brukad mark (Korobkova 1992). Ingen av dessa undersökningar har dock varit inriktade på järn och slitage. Intressant i sammanhanget är dock slitage på årderbillar av trä som har undersökts experimentellt i Danmark. Det har visat att man i princip behövde byta träbillen efter mellan 1–3 dagar vid bearbetning av åkermark på grund av det slitage och de påfrestningar träbillen utsattes för (Myhre 2002:198, Welinder & Pedersen 2004). Att den järnscodda billen förenklade och förbättrade ärjningen står med andra ord utom allt tvivel och sätter incitamentet för järnbillar i ett viktigt perspektiv.

Inom svensk historisk forskning har framförallt Pär Hansson och Per Hallén behandlat behovet av järn. Järnålder och tidig medeltid studeras i Hanssons avhandling vars syfte var att "*kvantifiera samhällets i bruk varande järnmängd under vikingatiden*" (Hansson 1989). Utgångspunkten var vägda järnföremål från yngre järnålder, fördelade på ett antal kategorier från flera museisamlingar. Hansson betecknar själv den vidare undersökningen av gårdens järnmängd som arbiträr, med andra ord till viss del godtycklig. Han kommer fram till att ett gårdshushåll hade ett innehav av järn på i genomsnitt cirka 48 kg. För beräkningens skull har han uppskattat hur många exemplar av varje föremålstyp som gården behövde. Exempelvis att varje gård behövde 5 kittlar vilket påverkar utfallet rejält eftersom kittlarna tillsammans väger i medeltal nästan 14 kg.

I fråga om järnets omsättning och förslitning hävdar Hansson att det är ett osäkert ämne men beräknar att järnföremålen i genomsnitt höll i en generation, det vill säga 30 år (Hansson 1989). I detta fall jämför Hansson alla järnföremål som behövs på en gård och hoppas att olika grad av slitage jämnar ut sig i längden. Hanssons beräkningar om det totala järnbehovet i Sverige är i många fall baserade på uppskattningar med relativt otillförlitligt underlag, trots dessa invändningar sympatiserar jag med hans försök att göra förhistorien tydligare. Hans bidrag till grundforskningen om vikingatidens järninnehav i hushållen är ändå en god grund för vidare forskning om järninnehav.

Per Hallén har i sin avhandling *Järnets tid* (2003) studerat järninnehav under tiden 1750–1870. Hallén redovisar en utförlig genomgång av förslitning på främst jordbruksredskap. Han kommer fram till att det är mycket svårt att beräkna men att det finns olika nivåer, från 10 % för de föremål som verkar mot jord, till ingen förslitning alls på vissa kategorier, som byggnadsjärn. Halléns avhandling är mycket intressant. Han söker skatta den årliga konsumtionen av järn i förhållande till den totala hemmamarknaden och exporten av järn (Hallén 2003). En viktig hypotes som han presenterar är att ett ökat innehav av järn avspeglar en ökande specialiseringsgrad samt att anskaffandet av järnföremål stod



i relation till ökade sädespriser. Med andra ord att anskaffningen av järn ökar när det relativa järnpriset sjunker. Undersökningen utgår från de föremål av järn som redovisas i bouppteckningar från sju utvalda områden fördelade över Sverige. Järnet delas in i åtta kategorier och utifrån uppskattade vikter av föremålen kan författaren urskilja ett kronologiskt och geografiskt mönster i järninnehavet under den aktuella perioden. Jag anser att Hallén har ett bra grundmaterial. Hans hypotes om slitage på cirka 10 % av föremålets vikt per år vid verkan mot jord är intressant men det han redovisar är procentuella utfallet av slitage i relation till redskapets vikt. Min utgångspunkt är att utfallet av slitage är intressantare om det relateras till hur ofta och länge redskapet faktiskt brukas.

Tabell 5:4. Halléns uppskattning av slitage i procent per år över föremålskategorier.

Kategorier	Nivå I %	Nivå II %	Nivå III %
Jordbearbetningsredskap – delar som verkar mot jord	10	7	5
Jordbearbetningsredskap – övriga delar	1	0,5	0,25
Gårdsredskap	3	1,5	0,25
Maskiner	1	0,5	0,25
Fordon	5	2,5	0,25
Inre hushåll	2	1	0,5
Smide	2	1	0,5
Övrigt hantverk	1	0,5	0,25
Byggnader	–	–	–

Källa: Hallén 2003:172

När det gäller slitage så handlar det om 5–10 % för jordbearbetningsredskap och 0,25–3 % när det gäller övriga redskap, enligt Hallén. Brittiska medeltida godsräkenskaper visar ett slitage på 13–17 % per år. En plog som bestod av 13,6 kilo järn behövde årligen ett tillskott på 1,8–2,3 kilo järn (Kitsikopoulos 2000:247). Intressant är att båda dessa undersökningar väljer att redovisa hur mycket järn som används procentuellt utifrån redskapets vikt. Ett problem är då att man kanske inte vet vilken ursprungsvikten är och om den minskar, minskar samtidigt då slitaget? Utifrån min synvinkel är det kanske mer intressant hur mycket man kunde ärja eller skörda med sina redskap.

Varken Hansson eller Hallén diskuterar hur järnets kvalitet kan ha påverkat utfallet. Att som Hansson jämföra alla kategorier av föremål och redskap när det gäller slitage är helt omöjligt, liksom att som Hallén uppskatta slitaget i procent utifrån föremålets vikt snarare än deras brukande. Snarare orsakas olika grad av slitage av föremålens utformning, material och brukande. Det krävs närmare studier för att kunna konstatera faktiskt slitage i relation till redskapets

brukande. Carl-Johan Gadd konstaterar redan tidigare i sin avhandling ”Järn och potatis” att det under Halléns ”Järnets tid” sker en mycket viktig förändring av jordbruksredskapen, nämligen tillgången på järn. Enligt Gadd kunde då den agrara produktionen öka, vilket gav förutsättningar för en stor befolkningsökning (Gadd 1983). Gadds slutsats om 1700-talet liknar i mångt och mycket expansionsfasen under medeltid.

Redan tidigare hade Carl-Johan Gadd för nästan samma tidsperiod som Hallén, 1750–1860, studerat jordbrukets utveckling och samhällsförändring i Skaraborgs län. Gadds syfte var att studera den förändring som sker under tidsperioden och orsakssambandet mellan befolkningsökning och jordbruksutveckling. Den tidsperiod som såväl Gadd som Hallén valt har en kraftig befolkningsökning gemensam med den första delen av medeltiden. Hur är det då möjligt att försörja en kraftigt ökad befolkning? Gadd konstaterar att en viktig faktor var förändrade redskap, som t.ex. järnplogar och djupharvar, vilket gjorde att dragdjuren kunde användas effektivare. Järnet i redskapen gjorde att antalet dragdjur kunde minskas och därmed deras behov av foder från ången. Detta möjliggjorde även nya åkerarealer på den före detta ången (Gadd 1983). Vad gäller den eviga frågan om *hönan och ägget* talar Gadd för att förändringen i jordbruket kommer före ökad befolkning. Han poängterar dock att detta gäller i Skaraborg 1750–1860 och inte behöver vara giltigt för andra tider och platser (Gadd 1983).

Hos Lerche och Gadd, till skillnad från Hansson och Hallén, intar jordbruket, inte järnet, den centrala platsen. Alla ser dock ett tydligt samband mellan de två. Jordbrukets utveckling var till stor del beroende av en kontinuerlig, tillräcklig tillgång på järn. Här spelar innehav och slitage på redskapen en central roll. Konsumtionen, med andra ord det järn som förbrukas inom det historiska jordbruket, är viktig. Lerche använder inte själv begreppet konsumtion men hon ägnar en stor del av sin avhandling åt att studera slitaget på sina hjulplogar och hävdar att åtgången på järn och järnets kvalitet måste ha varit centrala frågor för den medeltida åkerbrukaren. Lerches experiment tydliggjorde att själva järnbillen var den del som oftast behövde bytas på plogen, då den utsattes för störst påfrestning och slitage. Hon kan också visa att järnets (kolhalt) hårdhet var avgörande för hur slitaget påverkade billen (Lerche 1994).

Vikten av undersökningar av konsumtion, slitage, material och kvaliteter är stor. Tillgången på järn med olika kolhalter och dess kvalitet är huvudfrågor och bör ha påverkat användningsområdena liksom efterfrågan på järn. För att fortsätta arbetet där Lerche slutade behöver vi undersöka själva billen bättre. Det medeltida järnet och dess egenskaper, smidesteknik och analyser är viktiga komponenter för ökad kunskap om järnkonsumtion och slitage.

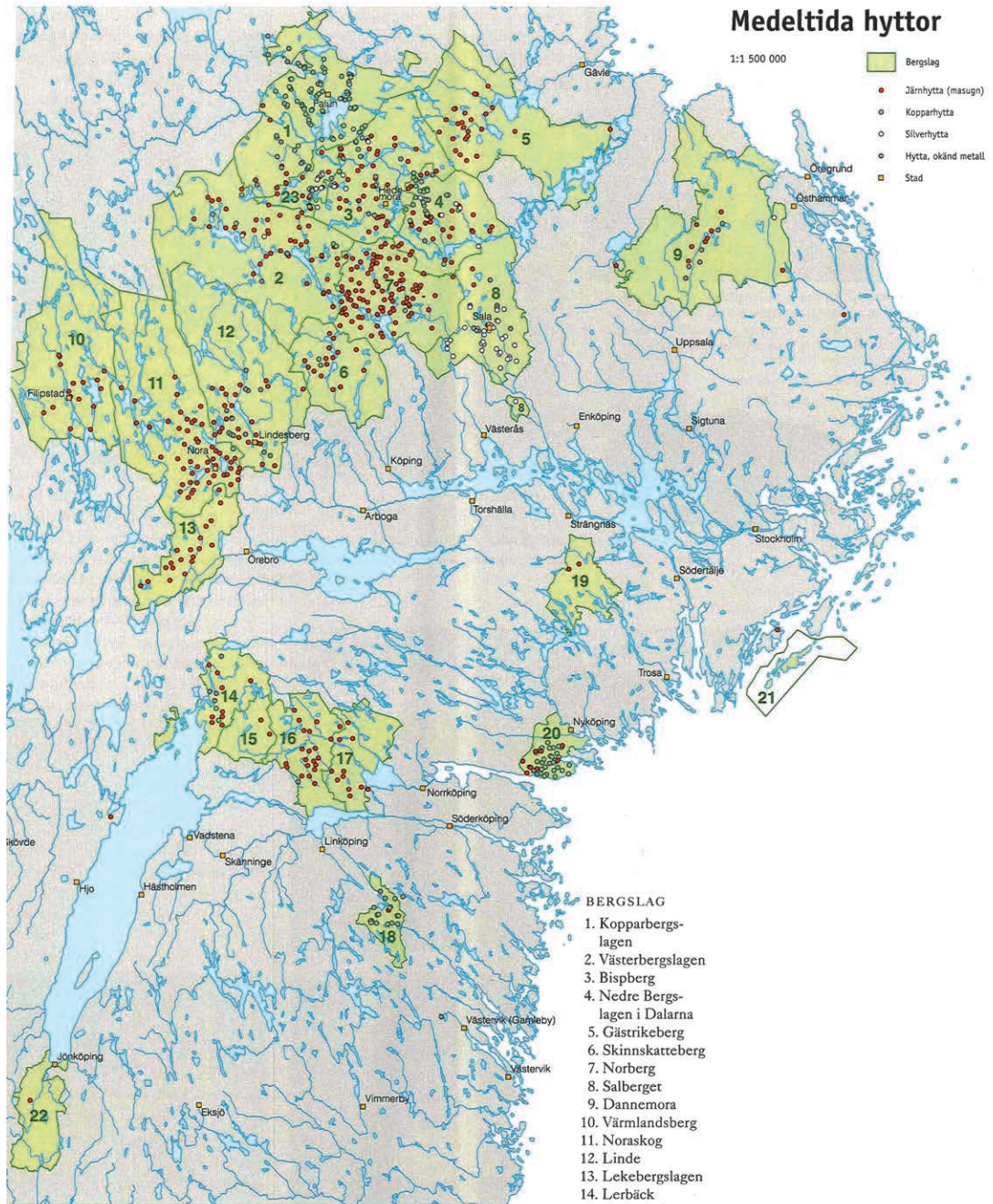




Figur 5.2. Utbredningen av blästbruk. Källa: Sveriges Nationalatlas 2011:33

## 5.2 Det medeltida järnet

För att tillverka de flesta jordbruksredskap behövdes trä, järn och goda kunskaper om både järn och stål. Under medeltiden förändrades produktionen av järn radikalt. Från rödjord, myr- och sjömalms i blästor till produktion i större skala med bergmalm i masugn. Den första delen av medeltiden präglas av intensifiering och expansion och detta avspeglas både i den agrara produktionen och järnproduktionen, i form av både blästbruk och hyttbruk (Karlsson 2015, Pettersson Jensen 2015, Magnusson 2015, Berglund 2015). Vissa blästbruksområden utvecklas och blomstrar samtidigt som våra medeltida bergslager växer fram. Med



Figur 5:3. Utbredning av medeltida hyttor och bergslager i Sverige. Källa: Sveriges Nationalatlas 2011:44



utgångspunkt från Myrdals resonemang handlar det om en växelverkan mellan intensifierat utnyttjande av naturresurser och effektiviserade arbetsinsatser vilket ger grunden för en ny samhällsordning (Myrdal 1988). Uttaget ur redan nyttjade resurser i form av rödjord och myrmalm ökade i Småland och Jämtland och en ny resurs togs i bruk i form av bergmalmen. Här kan man diskutera om och när bergmalmen först började användas. Några få exempel på fynd av bergmalm finns från förhistoriska järnframställningsplatser, dessa kan dock ses som undantag (Hjärthner-Holdar 2006:111). Genombrottet för masugnen sker senast under 1100-talet och under 1200-talet byggs störst antal masugnar under medeltiden (Pettersson Jensen 2012). Sannolikt har enstaka fall även förekommit redan under 1000-talet. Den stora vågrörelsen som går från en grundläggande uppbyggnadsfas till en effektivisering av systemet sker inte bara inom jordbruket utan även inom järnproduktionen. Under perioden efter expansionen läggs ett antal masugnar ner och produktionen inom bergslagera stabiliseras och effektiviseras.

Vi har en god överblick över blästbrukets utbredning genom fornminnesinventeringarna, men eftersom blästbruk och blästerugnar använts för att framställa järn under en extremt lång period, från bronsålder fram till 1800-tal, innebär detta att vi har ett dateringsproblem när vi ser på kartan över utbredningen av blästbruk. Lämningarna spänner alltså över en period på närmare 3000 år.

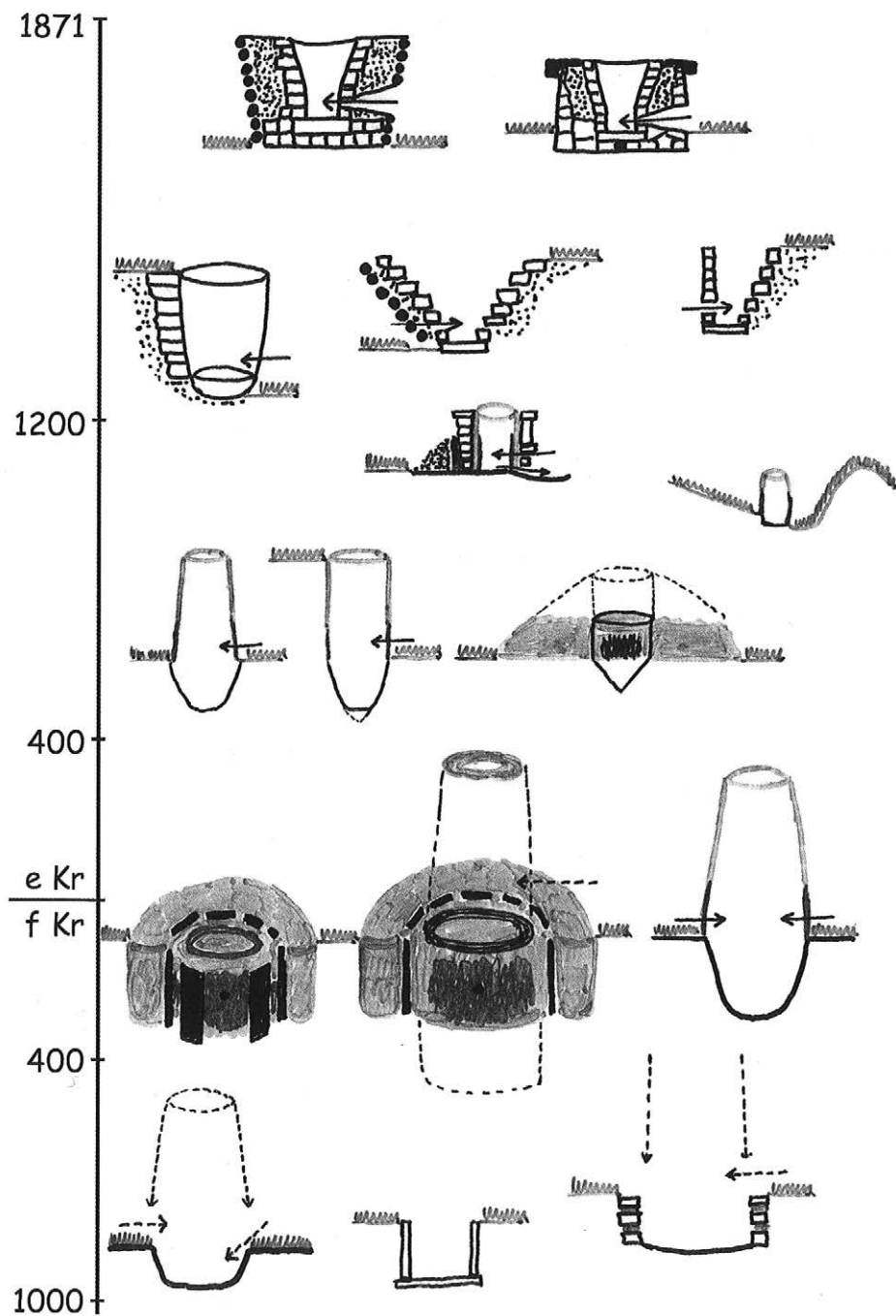
## 5.2.1 Blästbruk

Översiktligt kan man säga att den svenska forskningen kring blästbruk präglats av Magnussons (1986) analyser ur ett långtidsperspektiv samt Hjärthner-Holdar (1993, 2013) som fokuserar på introduktionen och den vidare utvecklingen i metallurgiska miljöer under bronsålder. Englund (2002) tar ett helhetsgrepp och inriktar sig på definitioner, teknik och terminologi. Pettersson Jensens nyligen publicerade avhandling (2012), som primärt behandlar bergsbruket, diskuterar även kopplingar mellan blästbruk och masugnens introduktion i Bergslagen. När det gäller masugnar och kopparhyttor tyder allt på att gången har varit den omvända, jämfört med järnets introduktion. Sannolikt har masugnen introducerats före kopparhyttorna och kunskapen har möjligen kommit från kunniga masmästare (Bindler & Rydberg 2015, Pettersson Jensen 2015).

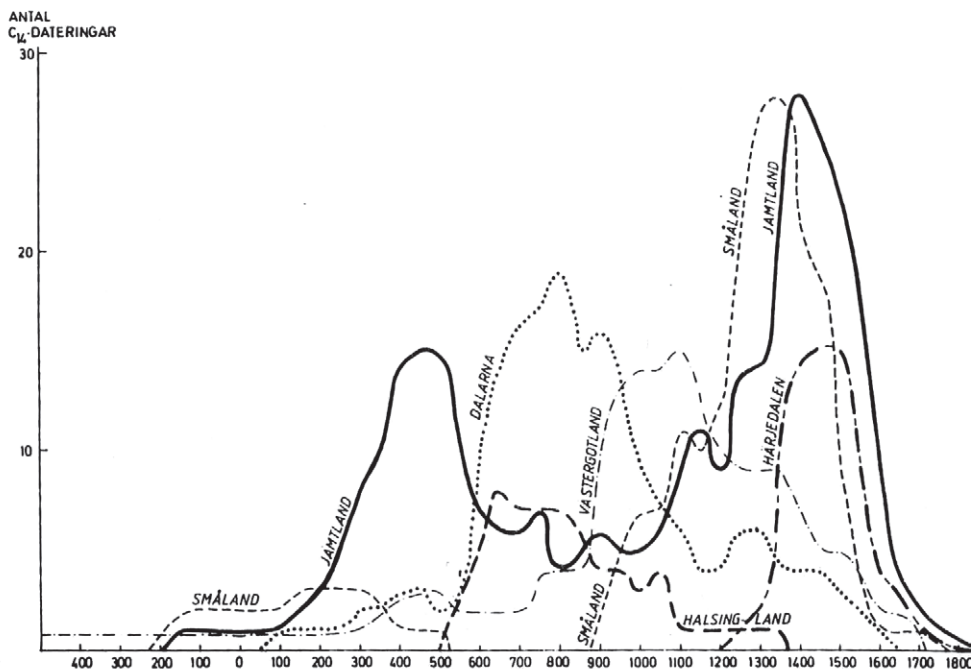
Under den långa tid då blästbruket varit ett mycket viktigt hantverk i Sverige har tekniken genomgått flera skeden av förändringar. Under medeltid var den vanligaste blästerugnen en lertätad, stenbyggd schaktugn med slagguppsamlingsgrop och ett ganska långt avstånd mellan luftintag och ugnsbotten. Ugnen användes många gånger och slaggerna bildade varp på blästplatsen (Hjärthner-Holdar 2009).

Vid inventering av blästplatser handlar det framför allt om registrerade slaggvarp. Många har försökt uppskatta hur mycket järn som producerats i relation till den slagg som återfinns på blästplatserna. Det senaste inom denna forskning

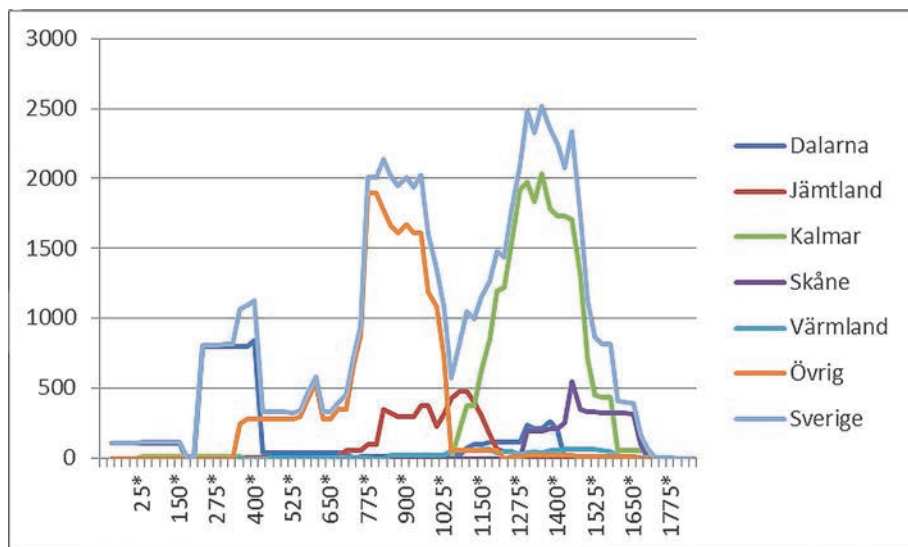
# BLÄSTUGNARNAS FÖRÄNDRING UNDER 3000 ÅR



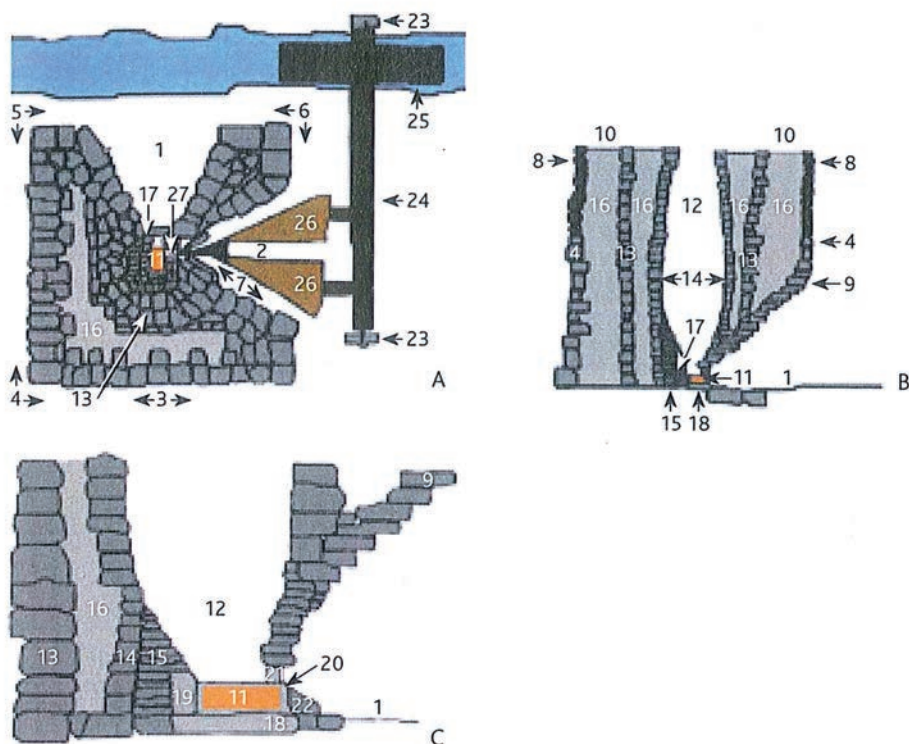
Figur 5:4. Blästerugnarnas förändring under 3000 år. Källa: Englund 2002:331



Figur 5:5. Blästbruksdateringar från olika delar av Sverige. Källa: Magnusson 1986:226



Figur 5:6. Frekvensfördelning över Sveriges registrerade blästbrukslaggar ur Slaggsdatabas. Källa: Berglund 2015:111



Figur 5:7. Principskiss över den medeltida masugnen med utgångspunkt från Lapphyttan, Hyttehamn och Garneys skisser. Källa: upprättad av Catarina Karlsson och Gert Magnusson, med terminologi efter Rinman 1789. A. Masugn i plan B & C. Masugn i profil

#### Masugnsterminologi

1. Utlagsbröst	11. Ställe	21. Timpel
2. Formbröst	12. Pipa	22. Damsten
3. Bakvägg	13. Ringmur	23. Lagersten
4. Utanmur	14. Pipmur	24. Hjulaxel
5. Vattenpelare	15. Fyllmur	25. Vattenhjul
6. Mellanfoten	16. Fyllmaterial	26. Bälgar
7. Blåsväggen	17. Ställmuren	27. Formöppning
8. Mulltimmer	18. Bottensten	28. Dragtrumma
9. Tak med överkrängningsteknik	19. Ryggsten	29. Dräneringsmaterial
10. Krans	20. Sidostenar	30. Bearbetad marknivå

ger en relation mellan järn och slagg som förhåller sig som 1:1 viktmässigt (Bentell 2015, Hjärthner-Holder 1997). Inom projektet "Järnet och riks bildningen" har en annan viktig sammanställning gjorts av alla registrerade slagghvarp i Sverige uppdelade på landskap. Här har man försökt att uppskatta volymen av kända slagghvarp i Sverige.

## 5.2.2 Bergsbruk

Den tekniska förändringen när masugnar började anläggas i Sverige kom att förändra järnframställningen (Karlsson 2010). Bergsbruk med hyttor växte fram och kring dessa formades med tiden de nya bergslagerna. Därefter får järnhanteringen mer karaktär av industri än av hantverk. Med hjälp av masugnarna kunde man minst tiodubbla produktionen per plats och dygn (Magnusson 1997). Den stora innovationen för Bergslagen var bergmalmsbrytningen där en helt ny naturresurs kunde nyttjas. Hjärtat i bergslagerna var själva masugnarna ur vilka det flytande järnet kom. Hjärtat var dock endast en liten del av systemet. Råvaror skulle brytas, huggas, bearbetas och transporteras till hyttan. Tackjärnet skulle förädlas för att bli smidbart, transporteras och säljas (Karlsson & Pettersson Jensen 2010). Ur berget växte nya ekonomiska förutsättningar, sociala grupperingar och idéer som fick konsekvenser för hela samhället.

Det som definierar och skiljer en masugn från en blästerugn är framför allt fyra saker. Masugnen har kapacitet att reducera bergmalm till tackjärn, den är byggd för kontinuerlig drift, den drivs med hjälp av vattenkraft och den producerar tackjärn som måste färskas. Färsningen innebär att kolhalten sänks och att järnet blir smidbart istället för hårt och sprött. Det finns även exempel på blästerugnar som drevs med vattenkraft. De utvecklas under medeltid men endast några exempel är kända (Åstrand 2012).

Lapphyttan i Norbergs bergslag var en av de första masugnarna som arkeologiskt undersöktes i Sverige. Där visade dateringarna att järntillverkning skett redan under 1100-talet och därmed var och är Lapphyttan den äldsta kända masugnen i Europa. Ett mindre antal masugnar har sedan dess undersökts i Sverige och Europa (Karlsson 2005, 2010, Karlsson [red] 2010). Det finns dock indikationer på att masugnar konstruerades ännu tidigare (Magnusson 2003, Bindler 2015). Vi har med andra ord ett unikt metallurgiskt kunnande i det tidigmedeltida Sverige. Ett annat exempel på det är masugnen i Hyttehamn där man under 1300-talet tillverkat osmundar precis som i Lapphyttan men med en vattendriven hammare. Här påträffades bokad manganmalm på hyttbacken. En intressant hypotes är att man har experimenterat med att blanda mangan med järnmalm för att producera manganhaltigt tackjärn i Hyttehamn, för att kunna göra ett bra stål. Mangan ökar hållfastheten och motståndet mot slitage. Det förbättrar även hårdbarheten hos stålet (Karlsson 2005). Det intressanta med denna typ av uppgifter är att de visar på en stor metallurgisk kunskap, likväl som ett mycket utvecklat intresse för järnets och stålets egenskaper.

## 5.2.3 Mellan blästa och masugn

De två teknikerna för järnframställning möts under den intensiva perioden under första delen av medeltiden och producerar tillsammans en mycket stor mängd järn. Totalt känner vi till minst 700 medeltida järn-, koppar- och silverhyttor från

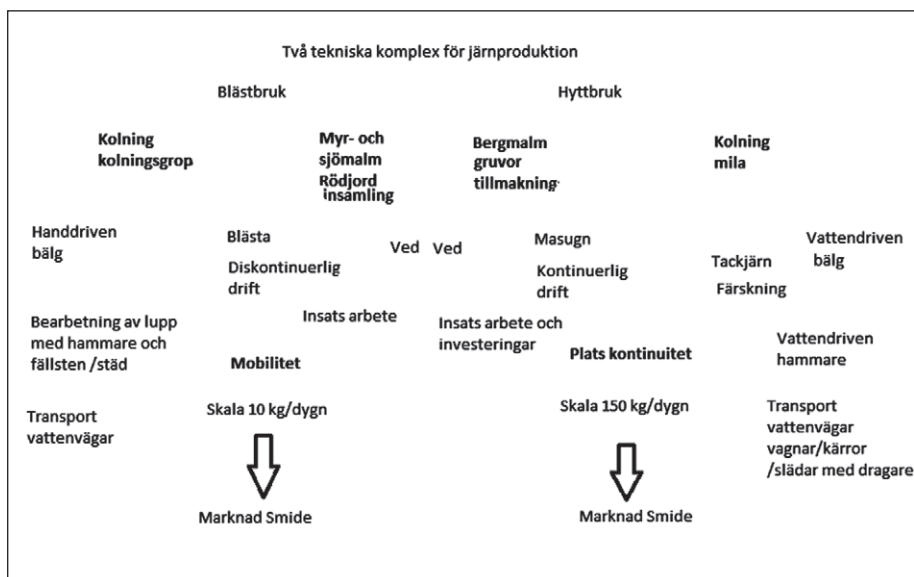
medeltid. Ökningen av järnproducerande masugnar går under denna period från 0 till minst 460 stycken, sannolikt fanns det fler. Mängden järn som producerades vid varje masugn är mycket svårt att uppskatta men utifrån Raven von Barnekows räkenskaper från 1366–67 kan vi anta att en masugn producerade minst 1,5 ton järn per år (Karlsson & Pettersson Jensen 2010:263). Pettersson Jensen konstaterar att det i området runt Norberg funnits cirka 120 hyttor vid 1300-talets början (Pettersson Jensen 2012:245). Om vi uppskattar att det under 1200-talet i Sverige lågt räknat fanns minst 200 aktiva hyttor med masugnar kan vi ändå konstatera att produktionen i Bergslagen har gått från 0 till minst 300 ton tackjärn per år. Under den första delen av medeltiden producerade flera landskap järn genom blästbruk. Den totala mängden registrerad slagg ligger runt 70 000 m<sup>3</sup>. Nästan 35 % av denna kommer från Småland, närmare bestämt Kalmar län (Berglund 2015:110). Detta område har även dateringar från tidsperioden 11–1300-tal (se figur 5:5). Vi kan med andra ord anta att det sker en relativ ökning även av produktionen av blästbruksjärn under denna period, snarare än en minskning som en konsekvens av masugnsteknikens införande. Den dramatiska ökningen av produktionen av järn passar väl in i denna allmänt expansiva period.

Att uppskatta den relativa ökningen av järnproduktion från 1000-tal till 1300-tal är naturligtvis mycket svårt men det rör sig sannolikt om minst en tredubbling. De siffror som jag här presenterat är faktiska produktionstal. Om vi väljer perspektivet producerat järn per capita dämpas den drastiska ökningen av periodens stora befolkningsökning. Men ändå ökar andelen producerat järn sannolikt snabbare än befolkningen. Med andra ord, trots en fördubbling av folkmängden ser vi ändå en ökad tillgång till järn per capita (Karlsson 2015).

Relationen mellan blästan och masugnen och de människor som använde dem har i den senaste forskningen förtydligats. När det gäller Norbergs bergslag har blästbruket en stark anknytning till de förhistoriska bygderna. Liknande kopplingar har även kunnat beläggas i Dalarna (Pettersson Jensen 2012:103, Ersgård 1997, Sandberg 1994:32). I stora delar av Norbergs bergslag har blästbruket organiserats inom hushållet. Denna slutsats drar Pettersson Jensen som kan se starka band mellan tomt, gravar och blästplatser. Även om blästorna lokaliserats till utmarken har de sannolikt kontrollerats och sanktionerats från hushållen, inom ett system som påminner mycket om bergsmansorganisationen. En gård med blandekonomi med jordbruk, boskapsskötsel och järnhantering som tillsammans bildar en ekonomiskt hållbar enhet med utrymme för specialisering. Pettersson Jensen drar slutsatsen att masugnsdriften uppkommer inom en tradition av järnframställning som grundats på blästbruk (Pettersson Jensen 2012:104, Hjärthner-Holdar 2007, 2008). Detta har dock föreslagits redan tidigare av Sten Lindroth i hans bok om gruvbrytning och kopparhantering vid Stora Kopparberget (Lindroth 1955).

Även forskare från andra delar av Europa hävdar idag att de första masugnarna i Europa är svenska. Här gör man dock i vissa fall kopplingar till





Figur 5:8. Tekniska komplex blästbruk och hyttbruk. Källa: upprättad av Catarina Karlsson

Kina och mongoler som en möjlig väg för kunskapsimpulser (Goody 2012:132). Inom svensk forskning är det dock ingen som ansett sig kunna se några indikationer i den vägen. Pleiner hävdar att masugnen sannolikt framträder under samma tidsperiod i Sverige och Tyskland (Pleiner 2000), trots att man till dags dato i Tyskland saknar dateringar som underbygger detta.

Utvecklingen var explosionsartad i Norberg, men den stora expansionen av hyttor skedde under 1200- och 1300-talen och vändes till nedläggning av hyttor under 1400-talet. Enligt Pettersson Jensen fanns under 1300-talet cirka 120 verksamma hyttor inom Norbergs bergslag. Antalet hyttor hade minskat till cirka 80 år 1539. Under den intensiva perioden hade man till viss del varit fristående från den agrara sektorn men under effektiviseringen återknöts banden i detta område (Pettersson Jensen 2012:212). En bergsmannaorganisation växte sig stark, präglad av järnproduktion och agrarproduktion i symbios. Norbergs bergslag är ett av 23 svenska bergslagsområden med ursprung i medeltid.

Vi har i det vi kallar Sverige idag under högmedeltiden två fungerande tekniska komplex (se figur 5:8) som båda arbetar med järnframställning. Under den intensiva perioden fungerar blästbruk och hyttbruk samtidigt, utifrån geografisk spridning. Där masugnen gör sitt intåg mattas blästbruket av och försvinner i många fall. Men i Småland, där vi befinner oss långt ifrån bergslagerna, ökar blästbruket markant under samma tid. Under den period när det tekniska komplexet effektiviseras försvinner blästbruket successivt. Blästbrukets tekniska komplex tonar successivt bort efter den stora medeltida expansionen medan masugnens tekniska komplex tar över och används än idag.

## 5.3 Det medeltida smidet

I detta avsnitt behandlas smeden, smidesredskap, smidesteknik och järn och stål i olika former.

### 5.3.1 Smeden och hans verktyg

I rubriken ovan står det ”*hans verktyg*” och smedsyrket är ett yrke som i stor utsträckning förknippas med män. Detta kan vi konstatera trots att inga genusperspektiv har prioriterats i denna avhandling där slitage och förbrukning är huvudteman. Smeder är redan under medeltiden en utpräglad grupp av specialisthantverkare med särskilda kunskaper, även om de naturligtvis utövade sitt hantverk med olika skicklighet. Bevarade smidesartefakter visar dock att det fanns en utbredd kompetens. Smederna kunde allt ifrån att sko en häst till att tillverka mycket avancerade damaskerade vapen med flera lager av olika järn- och stålkvalitéer. Detta krävde en högst utvecklade smidesskicklighet med kunskap om järnet, stålet och smidet som inte stod långt efter dagens teknik. I Sverige finns ett relativt stort antal bevarade smidesdekorer från medeltid. Dessa står sig väl när det gäller det ornamentala smidet i jämförelse med övriga Europa, även om vi kan konstatera att vissa fynd i England och Frankrike överträffar det svenska materialet (L. Karlsson 1982).

Smeden under yngre järnålder och medeltid har av historieforskningen setts på olika sätt. Vissa har valt att tillskriva dem hög status och anseende utifrån den hantverksskicklighet som de representerar. I Anna Hed Jakobssons (2003) avhandling, i vilken smederna ägnas en betydande del, framställer hon smederna och järnproducenterna som en och samma grupp av människor. Jag vill till viss del skilja dessa båda grupper åt. Järnproducenter utvinna järn ur myr eller berg med blåsta eller masugn. Smeden hanterar den råvara som producenterna framställt och omvandlar råvaran till handelsvaror, redskap och nyttföremål. Dessa föremål används, säljs/bytes eller exporteras. I vissa fall kan det naturligtvis röra sig om samma fysiska personer men oftast rör det sig om olika yrkesgrupper. Jag menar att en järnproducent sannolikt ofta även är en smed. Det har vi flera tydliga exempel på (Magnusson 2015, Pettersson Jensen 2012, Karlsson 2010). En smed är dock inte alltid en järnproducent. Under förhistorisk tid och medeltid finns många, många fler smeder fördelade över landet än det finns järnproducenter. Järnproducenterna finns i vissa områden där gynnsamma förhållanden ger möjligheter i form av råvaror till järnproduktion, smeder finns liksom järnet i alla delar av landet.

Smederna kan dock delas upp i olika grupper, exempelvis den skickliga yrkes-smeden, bysmeden samt bondesmeden. Under medeltid fanns även andra typer av smeder, exempelvis vapensmeder och till och med sporrsmeder (Karlsson 1998). Utifrån arkeologiska fynd vet vi tämligen bra vilken utrustning smeden hade under medeltid. Antalet redskap och verktyg i en smedja var och är relativt



*Figur 5:9. Medeltida städ från Västergötland. Foto: Catarina Karlsson.*

stort. Den kanske viktigaste symbolen för smidet är städet som inte direkt kan kategoriseras som ett verktyg. Städet är vanligen mer stationärt än övriga föremål, på grund av sin vikt. Det finns dock mindre typer av portabla städ. Städet är gjort av järn och utformas idag i det närmaste på samma sätt som under medeltiden. Det finns även mindre så kallade fältstäd som används när man behöver skärpa kalla blad av olika slag. Denna typ av städ slogs ner i en stubbe eller liknande för att fästas. De användes dock primärt inte av smeder utan av den som behövde skärpa en lie eller skära i fält (Pleiner 2006:96).

Järnet bearbetas oftast mot städet av hammaren. De kan se mycket olika ut, beroende på typ av arbete t.ex. smideshammare, kulhammare och slägga. Hammaren används vid olika moment av smidesarbetet, dels när det gäller alla sorters formning av järnet, dels när det gäller sammanfogande vällning och liknande. Hammaren används även tillsammans med andra verktyg vars uppgift är att klyva, dela eller göra hål i ett blivande föremål eller redskap. För att hålla det föremål som bearbetas och värms används tången. Det finns ett stort antal olika typer, t.ex. plattång, universaltång och rundtång. Det finns även många exempel på pincetter tillverkade av ett stycke. Både tången och pincetten fungerar som smedens förlängda hand. Värmen som gör en tång eller pincett nödvändig påverkar även dessa redskap. Därför krävs många gånger lagningar av tänger som blivit för varma och förlorat sin ursprungliga form. Viktiga är även de verktyg

som hugger, klyver och gör hål och här finns ett stort antal olika exempel på redskap som gör samma tjänst som idag.

Ett av de mest anmärkningsvärda arkeologiska fynden av smidesverktyg påträffades vid plöjning 1936 vid Mästermyr på Gotland. I och nära intill en kista i ek fann man mer än tvåhundra föremål från sen vikingatid (Berg & Arvidsson 1983). Där ingår en mönsterstämpel och en blyplåt med avtryck efter stämpeln som daterar fyndet till 900–1000-tal (Trotzig 2014). Verktygen som ingår i Mästermyrfyndet liknar till stor del smidesverktyg som använts redan i romarriket, men de är även mycket lika dagens smidesverktyg. Smedens verktyg utformades tidigt under järnåldern och spred sig över Europa. Grundtyperna har överlevt ända in i våra dagar och används av smeder varje dag. Mästermyrsfyndet innehåller ett hundratal verktyg. Detta är sannolikt en fullständig uppsättning för en yrkessmed. Fyndet innehåller även verktyg för andra typer av hantverk och kanske rör det sig om en smed som tillhandahåller varuprover på vilka typer av redskap han kan tillverka.

Stationära smeder arbetade i en smedja. I smedjan fanns härd, bälg, vattentunna och kolupplag. Det var viktigt att kunna se förändringar i färger hos järnet. För detta krävdes ibland ljus och ibland mörker för att arbetet skulle kunna utföras. Därför var stället ofta placerat framför dörröppningen (Tobiassen 1981, Karlsson 2010). Om tak och rökutsläpp vet vi lite men sannolikt fanns en öppning ovanför härden. I Sverige var smedjorna oftast tillverkade av timmer men delvis även av sten.

Härden har utformats på olika sätt, beroende på plats och tid. Ässjan är den konstruktion som omger härden. Den kan vara stationär eller flyttbar, rund, kvadratisk eller rektangulär (Pleiner 2006). Under svensk medeltid handlade det oftast om uppbyggda, fyrkantiga ässjor byggda av sten och lera. Vid den uppbyggda ässjan kunde smeden stå och arbeta och de har påträffats under sen järnålder på elitplatser och i städer från 1100-talet (Hjärthner-Holdar 2010). Bälgens uppgift är att höja och sedan hålla temperaturen stadigt hög i ässjan. Bälgen består av ett munstycke och en säck som pressar luften in i härden. Rörelsen drivs av hand- eller fotkraft eller med hjälp av ett vattenhjul. För att järnet och stålet skulle bli tillräckligt varmt och därmed plastiskt krävdes minst 700° C i ässjans härdrum, ibland ända upp till 1200° C. Även vatten var nödvändigt i smedjan, inte bara för att härda järn och stål utan även för att kyla av redskap. Därför fanns ofta en vattentunna eller ett vattenkär i smedjan (Pleiner 2006). För att elda i ässjan användes träkol. En del kol måste finnas i smedjan då åtgången var stor.

Smedjor i rural miljö har ofta kallats gårds- eller bysmedjor. Där tillverkades det som var nödvändigt för gården och byns behov. En viktig funktion var även att laga och smida om föremål. Smedjan kunde även tillverka specifika objekt som efterfrågades i städerna. I det medeltida Sverige skedde dock oftast manufakturen av redskap och föremål i städerna men det förekommer även spår av primärsmede i många städer, exempelvis Visby och Lödöse (Grandin & Hjärthner-Holdar 2011). I stadssmedjan tillverkades ämnesjärn och föremål för försäljning på den





*Figur 5:10. Dubbla bälgar till ässjan på Nya Lapphyttan. Foto: Catarina Karlsson.*

egna marknaden eller för export. Smederna var ofta specialiserade enligt medeltida skriftliga belägg (Karlsson 1998). Stadssmedjan lagade och smidde naturligtvis om stadens innevänares redskap och föremål vid behov. Produktionen handlade dock i huvudsak om tillverkning och smide av ämnesjärn, redskap och

föremål. Järnluppar omvandlades till ämnesjärn, ämnesjärn och osmundar till ting. Redskapen exporterades eller såldes på den lokala marknaden. Smedjor vid slott och kloster var också vanliga företeelser. Denna typ av större anläggningar var oftast självförsörjande och smeden var liksom snickaren eller stenhuggaren en del av den nödvändiga arbetsstyrkan. Här kombinerades den rurala och den urbana smedens uppgifter. Denne skulle kunna laga, smida om och tillverka allt av järn som behövdes, från spik och hästskor till vapen och jordbruksredskap. Smedens produktion utgörs av färdigt smidesgods och olika former av ämnesjärn och halvfabrikat. Det färdiga smidesgodset innefattar allt från hästskor, spik och byggnadsmaterial till vapen, jordbruksredskap eller utsmyckning.

### 5.3.2 Smidesteknik

Omkring 1200 f. Kr kom för första gången färdiga föremål av järn till Sverige. Vid samma tid började även framställning av järn och smide av föremål. Bruket av järn i vardagen började faktiskt samtidigt i Sverige och Grekland. Från Grekland finns så tidigt som 1600 f. Kr fynd av järnföremål, dock enbart ett fåtal prestige-föremål. Efter 1200 f. Kr användes järnet även i vardagen och efter 1050 f. Kr användes det till eggverktyg, vapen och jordbruksredskap (Hjärthner-Holdar & Risberg 2004). Då kan man redan framställa både kolfritt mjukt järn och kolstål. Redan de första föremålen är eggredskap vilket visar att järnet från början är ett bruksmaterial (Pleiner 2000, Hjärthner-Holdar 2009). Under den första användningen av järnet härdade man så vitt vi vet inte kolstålet. Härdning av kolstål som används som eggmaterial kommer i Sverige under förromersk järnålder (520 f.Kr.–Kr.f.). I Europa har man redan under motsvarande tid, under La Tené-perioden (450 f.Kr.–100 e.Kr.), använt både härdning av kolstål och mönstervällning av kolfritt järn, kolstål och fosforjärn. Under samma tid i Sverige har dessa tre olika järntyper framställts men vi har dock inga fynd av mönstervällning (Pleiner 2000, Hjärthner-Holdar 2011).

Den enklaste smidestekniken handlar om att forma järn från smältor, lupp eller fellujärn och ämnesjärn till föremål och redskap i ett stycke. Redskap tillverkade helt av stål fanns redan under bronsåldern (Pleiner 2006). Nästa steg var att välla samman olika material för att tillverka redskap eller föremål med bättre egenskaper. Sammanvällt järn kan få en större plasticitet och har en högre tålighet vid böjning. Redan mycket tidigt arbetade smeder med att effektivisera vissa delar av redskapen. Det handlade om att förstärka viktiga delar genom att kombinera järn med härdat stål, för att förbättra skäregenskaperna genom skarpa spetsar och eggar.

Sammanvällningen av järn och stål kräver goda materialkunskaper. Ett antal olika tekniker användes, t.ex. järn och stål eller järn-stål-järn. Att sammanfoga järn med en kärna av stål i mitten var en effektiv teknik som brukades främst för knivtillverkning men även till klassiska svenska liar. De tekniker som kan anses som svårast och som kräver den högsta nivån av kunskap klassificeras av Pleiner

som de som involverar perfekt utnyttjande av olika material, som järn, fosforrikt järn och stål. Här kommer även den visuella effekten in, där det handlade om att tillverka inte bara effektiva utan även vackra redskap som kunde ge prestige åt bäraren. Denna typ av spetsteknik användes ofta till vapen och rustningar. Olika material fogades samman i en mönstervällning som ursprungligen utvecklades för att tillföra speciella egenskaper. Mönstret blev dock ett tecken på kvalitet och utvecklades sedan för estetikens skull. Crew anser dock att mönster kan uppkomma när man bearbetar fosforrikt järn med en hög andel av arsenik vilket ibland har misstolkats som sammanvårdade kvaliteter av olika sort (Crew & Salter 1993, Hjärthner-Holdar 2010).

Under medeltid utvecklades även utmärkta metoder för att tillverka rustningar och pansar för män och hästar. Två mer fredliga hantverk var låssmide och klocktillverkning, båda avancerade specialisthantverk. Här krävdes såväl smedens som mekanikerns skicklighet. Kring det första millennieskiftet blev smidet i Europa jämnare och mer standardiserat (Pleiner 2006:237). Under högmedeltiden tillverkades ett större antal kategorier järnföremål än någonsin förut och smederna var i större utsträckning specialiserade. Under svensk medeltid är de tekniker som används redan utvecklade och smidet utvecklas snarare i omfattning än i teknisk skicklighet.

### 5.3.3 Järn och stål i olika former

Både hyttjärn och blästjärn såldes i olika former till olika pris. Efter framställningen av blästjärn i schaktugnar och tackjärn i masugnar förädlades järnet. Englund har gjort ett försök att kvalitetsbestämma medeltida järnprodukter.

Kvalitet	Värde (öre)	Hypotetisk tolkning
Blästjärn	5	0–1 gånger konsoliderat och tve- (fyr-) kluvet
Fälljärn	6	Omsmält, eventuellt yttätat och tve- (tre-, fyr-) kluvet
Tenjärn	(16)	1–2 gånger omsmält, smitt och format i tenar
Osmund	(20)	Omsmält (färskat) och hugget i tenar, alternativt omsmält (friskat) och hugget i tenar











*Figur 5:11. Tolkning av medeltida produkter med utgångspunkt från historiska källor och experimentell arkeologi. Källa: Englund 2002:278*

Ovan har Englund ställt upp blästjärn, fälljärn, tenjärn och osmund utifrån deras värde och sannolikt speglar detta även arbetsinsatsen och kvalitén på järnet.

Under järnålder och medeltid fanns ett stort antal olika typer av ämnesjärn på marknaden. De var ringformade (Dalarna, Gotland), tenformade (Dalarna) eller platt spolfformade (Gotland). Vissa ämnesjärn är redskapsformade som exempelvis spadformiga (Medelpad, Jämtland, Hälsingland med flera), lieformade (Öland, Småland), pincettformade (Öland) och yxformade ämnesjärn, men



Table 4.6. Iron bars, 0.0-0.3% carbon, for trading

Name, Synonym	Shape	Dimensions, cm Weight	Period	Examples where found	Figure
Double pyramid, bipyramidal bar, Spitzbarre		45 x 7 x 5 3-10 kg	Assyria Hallstatt La Tène	Khorsabad Switzerland Rhineland-Pfalz	71, 131
Oboli, obeliskoi 6 obeliskoi = 1 drakme. Spieti		50 x 0.5 x 0.5 0.1 kg	700-400 B.C	Greece, Etruria, Rome	76
Rectangular bar, Roman bar		30 x 5 x 5 5-7 kg	700 B.C.-400 A.D.	Etruria, Rome, Yugoslavia, ship wrecks	112
Currency bars, sword-shaped		75 x 3 x 0.5 0.5-0.6 kg	300 B.C.-0	Beckford, Danbury, England	135
Fellujern, Two-fingered blästerjern		30 (diam.) x (12-16) cm thick 5-16 kg	800-1400 A.D.	Mösstrand, Hardingbukti, Sweden, Ireland	102, 345
Mästermyr bar		40 x 3 x 0.5 cm 0.4-0.8 kg	900-1100 A.D.	Haithabu, Trelleborg, Gotland	-
Klode, four-fingered blästerjern		30 (diam.) x (8-10) cm thick, 4-12 kg	800-1600 A.D.	Denmark, Halland, Scania, Iceland	102, 163-166
Spade-shaped blästerjern		30 x 10 x 1 0.6-1.6 kg	800-1100 A.D.	Jämtland, Hälsingland	250
Loaf-shaped bar		12 (diam.) x (4-5) cm thick, 1-3 kg	900-1100 A.D.	Hungary	228
Phosphor tongues		8 x 2 x 0,3 10-20 g	1000-1200 A.D.	Scania	176

Figur 5:12. Ämnesjärn. Källa: Buchwald 2005:103

även de som är formade som plog- och årderbillar (Englund 2002:275, Pleiner 2006:43ff). Kanske handlade det om att tillverka halvfabrikat för att ytterligare smide skulle vara minimalt, därmed även arbetsinsats, förlust av järn och kostnader. De spadformade ämnesjärnen är mycket tunna och skulle sannolikt inte användas för annat än sådant som skulle ha tunt gods, exempelvis kittlar (Hjärthner-Holder 2010). Det finns även ämnesjärn i större dimensioner vilka är mindre bearbetade, kanske för tillverkning av större föremål.

Under medeltiden utvecklas bruket av osmundar som inte vidarebearbetats. De såldes i fat som en exportvara, känd från skriftliga källor i England, så tidigt som 1280-talet (Wallander 2015, Calissendorff 1971). Osmund är delar av ett

härdfärskat tackjärn. Det färskade och omsmälta tackjärnet formades till en rund kaka och höggs upp i 24 ungefär lika stora stycken (Wallander 2015), med en genomsnittlig vikt på 283 g (Björkenstam 1993). Efter en omfattande inventering av kända medeltida osmundar i Sverige kan Wallander konstatera att medelvikten under 1200-talet fram till 1400-talet ligger på cirka 260 g, för att under den sista delen av medeltiden öka till cirka 290 g (Wallander 2015:138).

När det gäller smedens produktion så förekommer föremål av järn och stål i alla tänkbara arkeologiska kontexter som gravar, depåfynd, boplatser, städer, kloster, borgar, handelsplatser och så vidare, dock sällan vid undersökningar av agrara lämningar som åkrar, röjningsrösen och liknande. Vi påträffar med andra ord fynd av jordbruksredskap, inte där man använt redskapen, utan snarare där de förvarats, lagats, sålts eller tillverkats.

### 5.3.4 Tidigare experiment med järnframställning och smide

Ett stort antal experiment med framställning av järn och smide har utförts under många år. Jag kan här inte redogöra för dem alla. Jag kommer därför att endast redogöra för de experiment som har relevans för den forskning som presenteras i denna avhandling. Den största andelen av de experiment som publicerats handlar om framställning av järn i blästa, några experiment handlar om smide och några få om masugnsprocessen.

När det handlar om järnframställning i blästa är de bästa exemplen i Sverige Englund's avhandling med presentationer av experiment med blästbruk i Trane-mo och Hjärthner-Holdars och Crews experiment med reducering av malm (Englund 2002:206ff, Hjärthner-Holdar m.fl. 1997). I Danmark har ett antal experiment utförts både med smide och blästa, bland annat av Henriette Lyngström vid The Historical-Archaeological Experimental Centre, Lejre (Lyngström 1997, Joosten m. fl. 1997). I Norge har flera intressanta experiment och studier utförts av Arne Espelund och Lars Nørback (Espelund 1997, Nørback 1997).

En av de mest erfarna forskarna som utfört experiment med järnframställning och smide är Peter Crew. I hans experiment med blästjärn har han undersökt förlusten av järn i de olika stadierna av framställning och smide. Han uppskattar att ett kg färdigsmidda järntenar skulle ha krävt ca 100 kg träkol och cirka 25 dagars arbete. Han har sammanställt en tabell vilken ger ett exempel på råmaterialåtgång, järn och slag vid järnframställning och smide.

Tabellen på nästa sida visar blästbruk och smide i form av råmaterial, järnframställning och slagprodukter. Här blir det tydligt att träkolsåtgången är stor vid både framställningen av järnet och under smidet. Träkolsåtgången minskar dessutom inte successivt under processen utan är stor även under den sista delen av smidet. Det blir även tydligt hur järnet minskar successivt i vikt vid vidare bearbetning.

Tabell 5:5. Crews experiment med råmaterialåtgång, järn och slagg vid järnframställning och smide. Kolumn 1 (fr. v.) anger vilken del av processen som avses, nästa kolumn anger vilka råmaterial som använts i detta skede i kg, nästa kolumn anger resultatet i kg den sista kolumnen visar hur mycket avfall som processen i detta skede gett i kg.

Process	Raw materials	Output	Waste products
Smelting	Ore 7,6 kg Charcoal 28 kg	Bloom 1,7 kg	Ore, iron fragments, slag for recycling 1,8 kg. Waste slag 4,5 kg.
Bloom smithing	Bloom 1,7 kg Charcoal 10 kg	Billet 0,9 kg	Slag 1 kg
Billet smithing	Billet 0,9 kg Charcoal 8 kg	Short bar 0,65 kg	Slag 0,3 kg
Bar smithing	Short bar 0,65 kg Charcoal 15 kg	Long bar 0,45 kg	Slag 0,3 kg
Totals	Charcoal 61 kg	Bar Iron 0,45 kg	Waste slag 6,1 kg

Källa: Crew 1991:35

Tabell 5:6. Crews experiment från framställning i blästa till ämnesjärn.

Process	Input wt. g	Hets (No)	Min	Pre/heat	Input lost	Per heat	Output wt.g	App den	Approx yield	Iron lost
Smelting	7600						1700		40 %	60 %
Bloom/ Billet	1700	24	150	6,25	48 %	2 %	880	5,5	21 %	19 %
Billet/ Bar	880	19	150	7,9	28 %	1,4 %	630	6,2	15 %	6 %
Bar /C. Bar	630	19	50	2,6	18 %	0,9 %	516	7,5	12 %	3 %
Total		62	350		70 %					88 %

Källa: Crew 1991:33

I ovanstående tabell visar Crew hela processen från framställning i blästa till ämnesjärn. Här visar han också att förlusten är markant under hela processen. Den procentuella förlusten är dock beräknad på vikten på malmen som använts och den ger 88 % i förlust. Beräknar man förlusten från blästugnens smälta blir den cirka 30 % från smälta till ämnesjärn.

Tomas Jacobson har gjort försök med att framställa osmundar. Hans experiment visar med all tydlighet att avbränningen är stor även vid framställningen

av ämnesjärn av osmundar. Vid experimentet framställdes 8 osmundar med vikter mellan 517 g och 222 g och med en medelvikt på 343 g. Dessa smiddes sedan samman till barrform med avsikten att få en så stor täthet i järnet att man skulle kunna erhålla en utgångspunkt för jämförelser med föremålsvikter. Fyra värmor åtgick för att smida ut klimparna till barrar med olika form och vikt.

Tabell 5:7. Experiment med smide av ämnesjärn från osmund.

	”Osmundvikt”	Ämnesjärnsvikt	Avbränna
1	241 g	144 g	41 %
2	302 g	216 g	29 %
3	440 g	379 g	14 %
4	334 g	287 g	14 %
5	349 g	196 g	44 %
6	346 g	285 g	18 %
7	222 g	198 g	11 %
8	517 g	436 g	16 %

Källa: Jacobson i manus



Figur 5:13. Osmundar från Hyttehamn. Foto: Catarina Karlsson.

Om man bortser från extremvärdena i försök 1 och 5, vilka får betraktas som misslyckanden från smedens sida, pekar resultaten på en avbränna kanske i storleksordningen 15–17 %. Vid smide av föremål utgående från barrar inom ovan redovisade viktområde kan man räkna med ytterligare en kraftig avbränna. Jacobson poängterar även att vid tillverkning av större föremål: yxor, plogbillar, liar etc. om man utgått från *osmundar*, har smeden först måst smälta samman dessa i härden till ett större stycke. Vid denna process måste man räkna med ytterligare en stor avbränna. Han hävdar även att man vid smide av större föremål sannolikt utgått från *icke upphugget luppjärn*, som efter ett antal vikvällningar gett ett större ämnesjärn. Vid en sådan metod kan man sannolikt räkna med en mindre avbränna än vid ovanstående metod (Jacobson i manus).

Englunds experiment i Tranemo visar hur densiteten ökar när slaggen smälts ut och järnet tätas. Han hävdar att vikvällning av tenjärn utan att det går av är möjlig vid cirka 7,3 g/cm<sup>3</sup>. Densiteten på rent järn är 7,86 g/cm<sup>3</sup>, på stål (0,85 % C) 7,8 g/cm<sup>3</sup>, på smidesjärn 7,6 g/cm<sup>3</sup> och på gjutjärn 7,2–5,7 g/cm<sup>3</sup> (Englund 2002:206ff). I tabellen nedan visar Englund hur densitet och kvalitet förändras i smidesexperiment under bearbetning av blästjärnet.

Tabell 5:8. Olika järnkvaliteter och densitet.

Kvalitet	Densitet g/cm <sup>3</sup>
Smälta, tätad, en upphettning	4,51
Lupp, fyra upphettningar	5,13
Lupp med begynnande blockform	5,42
Block	6,67
Ten	7,41

Källa: Englund 2002:221

Experiment utförda för att rekonstruera medeltida tackjärnsframställning i masugn är mycket sällsynta. Sannolikt på grund av att de är mycket tidskrävande och kostsamma. Det mest utförliga experimentet pågår sedan ett antal år i Norberg i Sverige. Projektet är unikt i Europa och ger oss möjligheter till ny kunskap om medeltida järnframställning. År 1994 uppfördes Nya Lapphyttan, en rekonstruktion av den äldsta daterade masugnen i Europa. Sedan dess har experimentella försök gjorts för att framställa tackjärn i masugnen. Efter ett antal år av experimentella försök lyckades man framställa flytande tackjärn i Nya Lapphyttan och nu pågår även försök med färskning av tackjärn i smedjan. Resultaten av experimenten kan ännu inte mätas ut i utfall mellan malm och tackjärn på grund av för få lyckade körningar. Men viktiga erfarenheter av förvärmningens betydelse, behovet av slaggbildande tillsatser, tätning av ugnen, cirkulationen i schaktet samt vattenhjul och bälgdrift har dokumenterats (Magnusson 2014).



## 5.4 Järnföremål

I detta avsnitt behandlas olika typer av järnföremål, järnkategorier innehav av järn.

### 5.4.1 Järnåldersgårdens innehav av järn

Vi återvänder till Pär Hanssons försök att uppskatta en gårds järninnehav under yngre järnålder. Hans utgångspunkt var att 11 personer bodde på en genomsnittlig gård. Tyvärr har inte Hansson presenterat hur den tänkta gården i övrigt var sammansatt, hur stor areal jordbruksmark (åker och äng) gården brukade och hur många djur (kor, oxar, hästar, får, getter) som fanns på gården. Hansson uppskattade vikten för de olika föremålen genom att väga så många hela föremål som möjligt från arkeologiska samlingar. Detta gör att vi har en god uppfattning om vilka fyndkategorier som förekommer i det arkeologiska materialet. Tyvärr har vi inte lika bra förutsättningar i fråga om antalet föremål per gård (Hansson 1989).

I tabellen på näst sida kan vi se att gårdens järn fördelas i flera kategorier. Jordbruket och hantverket har ungefär lika stora andelar, med en liten övervikt för jordbruket. Hästtillbehör och vapen är likvärdigt stora men avsevärt mindre än jordbruk och hantverk. Här är det värt att påpeka att inga hästskor är representerade i materialet, men den största andelen har det inre hushållet, med andra ord köket. Hansson har beräknat att 16 kg går åt i hushållet. Av dessa 16 kg är nästan 14 kg angivet till 5 kittlar som vardera ska ha vägt cirka 2,8 kg. Om man antar att gården skulle ha endast två kittlar blir utfallet 5,6 kg vilket skulle göra att hushållet skulle hamna strax under jordbruk och hantverk. Det finns ett problem med att ett enskilt föremål får så stor utslagskraft och det saknas argument för Hanssons val att räkna fem kittlar i ett hushåll för elva personer som ett normaltillstånd. Hallén som också poängterar att kittlarna är en stor konsument av järn har funnit att ett medelstort hushåll hade 2–4 kittlar (Hallén 2003:121) under 17–1800-talen, att Hansson beräknar att ett hushåll under yngre järnålder skulle ha fem kan tyckas överdrivet.

Angående jordbruket tar Hansson upp sex kategorier: Holkyxor, liar/skärar, lövknivar, årderbillar (plogskär), yxor och ullsaxar. Angående liar och skärar har Hansson tagit den lätta vägen och slagit samman dessa och angett ett högt tal för innehav men inte preciserat hur många av varje som var aktuellt. Att ha 140 gram som genomsnittsvikt för liar och skärar är antagligen för lite på grund av att dessa är använda och har utsatts för slitage, men det påpekar även Hansson. Vad gäller ullsaxarna så är jag tveksam till om de har hamnat i rätt kategori eftersom de lika gärna kunnat hamna under hantverk.

En stor andel av järnvikten för jordbruket står yxorna för. Hansson har räknat med tre holkyxor och fem yxor, en ytterligare yxa för hantverk och två som vapen vilket gör sammantaget elva yxor. Holkyxan som här också hänförs till

Tabell 5:9. En gårds innehav av järn under järnålder var enligt Hansson cirka 48 kg.

Jordbruk	Antal	Vikt g	Vapen	Antal	Vikt g	Inre hushåll	Antal	Vikt g
Holkyxor	3	1644	Pilspetsar	100	1300	Eldstål	5	95
Liar/Skärör	10	1400	Sköldbucklor	2	566	Kittelkedja	1	692
Lövknivar	3	2205	Spjut	2	642	Kittlar	5	13970
Plogskär	3	1095	Svärd	2	2364	Kärlhankar	5	635
Ullsaxar	3	252	Yxor	2	1282	Kärlkantsbeslag	50	250
Yxor	5	3205	<b>Summa</b>		<b>6154</b>	Nycklar	5	165
<b>Summa</b>		<b>9801</b>	<b>Häst</b>			Skrinhandtag	5	260
<b>Hantverk</b>			Betsel	3	747	<b>Summa</b>		<b>16067</b>
Borrar	3	690	Broddar	12	132	<b>Dräkt</b>		
Filar	3	165	Rembeslag	6	66	Bågspänne	1	21
Hammare	3	2511	Ryktskrapa	1	135	Ringnål	1	81
Hyveljärn	3	213	Sporrar	6	480	Söljor	10	230
Knivar	10	250	Stigbyglar	6	1518	<b>Summa</b>		<b>332</b>
Slägga	1	1410	Söljor	30	690			
Städ	1	450	Dragkrokar	3	171	<b>Summa total</b>		<b>48 118</b>
Stämjärn	1	173	Draglänkar	3	156			
Såg	1	93	Vagnskorg	1	1200			
Trädjärn	1	337	Bjällror	10	210			
Tväryxa	1	358	Rangel	1	114			
Tänger	2	2404	Rembeslag (rekt)	25	200			
Yxa	1	641	Rembeslag (häng)	25	250			
<b>Summa</b>		<b>9695</b>	<b>Summa</b>		<b>6069</b>			

Källa: Hansson 1989:73

Tabell 5:10. Hanssons jordbruksredskap med de enskilda medelvikterna presenterade.

Jordbruksredskap	Antal	Vikt g	Summa vikt g
Holkyxor	3	548	1 644
Liar/Skärör	10	140	1 400
Lövknivar	3	735	2 205
Plogskär	3	365	1 095
Ullsaxar	3	84	252
Yxor	5	641	3 205
<b>Summa</b>			<b>9 801</b>

Källa: Hansson 1989



jordbruksdelen skulle även kunna hamna i hantverksdelen. Inga hackor är representerade då Hansson inte hittade några i det arkeologiska materialet. Spadskoningar är heller inte upptagna då de inte förekommer under denna tidsperiod.

## 5.4.2 1500-talets smideslängder

I denna studie redovisas järnåtgången vid smide under 1500-talet på ett antal kungsgårdar i olika delar av Sverige. Studien är under publicering i Jernkontorets H-serie, redigerad av undertecknad. Enligt Myrdal så skiljde sig driften föga mellan kungsgårdar och omgivande gårdar. Odlingssystem, sädeslag och djurhållning var likartad. Vad gäller den övriga livsföringen var skillnaderna däremot enorma. Men om vi utskiljer järnet som användes till jordbruk bör talen vara av intresse även för generella sammanhang (Myrdal i manus). Tyvärr kan man konstatera att järnåtgången inom jordbruket är mycket varierande år från år. Ett längre perspektiv skulle vara nödvändigt för att få en överblick över en genomsnittlig årlig konsumtion. Av den sammanlagda konsumtionen av järn inom jordbruket gick hälften åt till årderbillar och plogbillar, resten till harvar, liar och skäror (Myrdal i manus).

I tabellen på nästa sida har både reparationer och nytillverkning tagits med. Här kan man utvärdera att enligt dessa smideslängder har det normalt krävt 3,5–6 kg järn för att nytillverka en bill (plog- eller årderbill). För att reparera en bill har det gått åt 1–2,5 kg järn. År 1563 kasserades fyra gamla billar som i genomsnitt vägde 1,2 kg och tolv stycken som vägde cirka 1,5 kg. Det har skett en konstant hög förslitning på billarna i jordbruket och i flera smideslängder nämns att billarna reparerades med tillskott av järn både vår och höst (Myrdal i manus).

En annan stor andel av förbrukningen som inte handlar om slitage handlar om förbrukningen vid smidet. Myrdal anger två möjliga orsaker, förnillning eller avbränning vid smidet. Förnillning kan man inte utesluta men att denna skulle vara så omfattande och genomgående behövs säkrare belägg för. Myrdal antar att förnillning och avbränning vid smide har varit de två största orsakerna till den stora järnåtgången (Myrdal i manus). Min åsikt är att avbränningen sannolikt är den absolut största boven i dramat. De siffror som redovisas är helt enkelt hur mycket järn som gick åt vid smidet av olika redskap inklusive avbränning.

Vi får även ta i beaktande att man av järnet ibland kan ha tillverkat hårdbart stål, som också hade en viss avbränning – om man inte köpte stålet färdigt vilket inte alltid redovisas i smideslängderna. Där redovisas i vissa fall ett tillägg angående stål men långt ifrån alltid. I fallet med liarna kan vi anta att man använde sig av stål och om det inte nämns i smideslängderna kan man fråga sig hur det gick till.

Ingen likvärdig genomgång har hittills gjorts av ett medeltida material vilket skulle vara av största intresse. Möjligen skulle ett engelskt medeltida källmaterial från större gods kunna ge denna typ av information. Myrdal och Johansson har dock gjort en sammanställning av 1500-talets smideslängder från ett antal

Tabell 5:11. Redovisad total järnåtgång till jordbruksredskap per år och gård (lispund 6,8 kg).

Gård/landskap	År	Järn i hela lispund	Järn i kilo
Uppland			
Ekolsund	1567	9	61,2
Ekolsund	1568	21	142,8
Östergötland			
Linköping	1545	0	
Linköping	1548	12	81,6
Stegeborg	1543	9	61,2
Stegeborg	1554	9	61,2
Tuna	1554	2	13,6
Småland			
SkällPeder	1559	3	20,4
SkällPeder	1560	3	20,4
Skälby	1561	2	13,6
Högsby	1559	5	34
Högsby	1560	3	20,4
Västergötland			
Tunaholm	1581	2	13,6
Tunaholm	1582	3	20,4
Höjentorp	1603	6	40,8
Höjentorp	1604	6	40,8
Höjentorp	1605	6	40,8
Höjentorp	1606	2	13,6

Källa: Johansson och Myrdal i manus

kungsgårdar, som anger vad som tillverkats i smedjorna i kungsgårdarna under 1500-talet. Johansson har delat upp alla nämnda föremål som smitts i nio huvudsakliga kategorier. Kategorierna är jordbruk, smidesdetaljer, kvarndetaljer, hantverk, bebyggelse, husgeråd och möbler, transport, skeppsdetaljer och krigsdetaljer. Det som inte passade in i några av dessa kategorier placerades i kategorierna reparationer, övrigt och okänt. I tabellen nedan får vi en fingervisning om hur många olika former som järnet smiddes i och användes till under 1500-talet. Med andra ord har vi ett arkeologiskt material från järnålder som kan ställas mot ett skriftligt källmaterial från 1500-talet. Vad kan detta säga oss? Möjligen kan vi här se skillnader i järnets användningsområden.

Det förtjänar att påpekas att vad som redovisas är inte det totala antalet föremål som tillverkades av järn under 1500-talet, endast det som omnämns i kungsgårdarnas smideslängder, med andra ord dessa smeders ekonomiska redovisning. Sannolikt köptes vissa föremål som inte tillverkades och sannolikt tillverkades andra typer av föremål utanför kungsgårdarnas sfär. Men det vi kan se är att järn användes till ett stort antal typer av föremål och redskap och att antalet föremål har ökat markant i jämförelse med den genomgång av föremål från järnåldern som redovisats.

Att jämföra arkeologiskt material från museer med skriftliga källor från en 500 år senare period är ett vanskligt företag. I dagsläget är detta dock vad som har stått oss till buds inom svensk forskning. Nyligen presenterade dock Hans Andersson m.fl. en genomgång av järnfynd i medeltida urbana miljöer vilken ger oss nya insikter. Jag återkommer dock till detta senare.

Vid en jämförelse mellan de båda sammanställningarna börjar vi med jordbruket. Hansson anför sju typer av redskap som även finner sin motsvarighet i smideslängderna, med ett undantag, ullsaxen. I 1500-talets längder återfinns vi när det gäller jordbruk delar till harvar, grepar, hackor och krattor som exempel på föremål som under järnålder inte fanns eller tillverkades av trä. När det gäller hantverk liknar de båda uppräkningsarna i det närmaste varandra men med tillägget att smide har en egen kategori under 1500-talet, vilken har ett antal mer specifika angivelser om redskap så som bälgformar och bälgpipor, vilka i viss mån under tidigare århundraden tillverkades av keramiskt material. De redskap som hör till det vattendrivna hammarsmidet förekom naturligtvis inte under järnålder, som t.ex. hammarblock, hjulnålar och hammarnål. Inte heller inom kategorin kvarndetaljer finns någon motsvarighet under järnåldern, då vattenkraften varken användes till att mala säd eller såga timmer i Sverige, vilket detaljerna till 1500-talets kvarnar behövdes till. Vad gäller vapen är detta inte en stor kategori, varken på järnåldersgården eller på 1500-talets kungsgårdar. Hansson har även kategorin "dräkt" vilken inte har någon motsvarighet i 1500-talets smideslängder. Detta betyder inte att det inte finns motsvarigheter även under 1500-talet, då det förekommer dräktdetaljer som knappar och hyskor i järn vilka uppenbarligen inte tillverkades eller nämndes i räkenskaperna. Det som Hansson dock benämner som häst- och detaljer till denna heter i 1500-talets

Tabell 5:12. Kategorier och benämningar på vad som tillverkats i kungsgårdarnas smedjor under 1500-talet.

<b>Jordbruk</b>	Skaffjärn	Slägga	Låsjärn
Betsel	Skruvsticka	Sperstoder	Murankare
Bila – se yxa	Stenhuggarjärn	Städ	Murslev
Billar – årderbillar	Tång	Stöpslev	Pinnar
Dragjärn	Vev	Synka	Plåtar
Grep	Vindspel	Underlag	Portjärn
Hackor	Spett	Ässja	”Pusjärn”
Harv – Harrfrar		Hjulnål	”Rame”
Harvtinnar		Hamarnål	Ramjärn
Hötjuv – se korntjuv	<b>Krigsdetaljer</b>		Ringar
Klawar	Byssor	<b>Byggenskap</b>	Skorstensjärn
Klifferjärn	Knoster	Aspar (haspar)	Skorstenshuv
Krattra	Järnslungor	Axeljärn	Skovlar
Krokar	Pilar	Bielkankor	Skrapa
Lie	Plåtar	Bindejärn	Spjäll
Plåtar	Sprittjärn	Bultar	Spjällformar
Ringar	Stålbåge	Bölejärn	Ugnsjärn
Räfsa	Stämpel	Dörr	Vindspel
Skära	Bojor	Dörragrepper	Wreta
Slagforckar	Fotjärn	Dörrjärn	
	Handklovar	Flaggstänger	<b>Övrigt</b>
	Kedjor	Fönsterjärn	Hengslar
<b>Hantverk</b>		Galdror	Hoffastar
Bultar	<b>Smide</b>	Galler	Hundekobblar
Filar	Armjärn	Gängjärn	Hålkär
Hacka	Bälgpipor	Hacka	Järnstång
Hammare	Bälgformar	Hakar	Järnstänger
Hengslar	Formar	Hammare	Järntråd
”Huggebroddar”	Formejärn	Hankar	Kilor
Huggjärn	Hammare	Hengslar	Killijärn
Håljärn	Hammarblock	Järngrind	Kistjärn
Järnvigg	Hankar	Klinkor	Kofot
Naffrar	Nageltorn	Krokar	Krampor
Rasp	Plåtar	Lås	Kran

Kringlor	Hacka	Halster	Huggjärn
Ljuster	Hakar	Handkvarn	Hästskor/söm
Lutor	Hammare	Kettligriper	Järngrind
Låppejärn	Hengslar	Ketzlafötter	Järnstång
Långjärn	Kilar	Kniv	Kniv
Länkor	Krillehiull	Korkar	Krokar
Mickor	Kvarnjärn	Krokar	Kvarnjärn
Märkejärn – se stämpel	Kvarnsegel	Ljusstakar	Kvannål
Osmundjärn	Kvarnsnes	Mortelstöt	Kvarnsegel
Pannor	Kvarntampar	Muggar	Lie
Plåtar	Långjärn	Persjärn	Långjärn
Ringar	Pannor	Ringar	
Skovlar	Ringar	Slev	Lås
Skållor	Saxar	Spickor	Ringar
Slipsten	Strockar	Spis	Skorstensjärn
Slutringer	Såg	Stekpanna	Skottkärra
Spik	Sågblad	Stekspett	Slåde
Spikstänger	Sågjärn	Steckspettsfot	Slägga
Spira	Sågtjuv	Sängfötter	Stecklar
Stolpar	Kvarntampar	Sängejärn	Stenhuggjärn
Strockjärn	Vev	Trefot	Städ
Stångjärn	Vindspel	Tungor på brandjärn	Sågblad
Sågblad		Ullkammar	Tång
Tramp	<b>Husgeråd/möbler</b>		Vev
Tenar	Brandjärn – se tungor som ovan	<b>Reparation</b>	Våg
Tenglikor	Brådspen	Billar	Yxa
Torsklod	Burk	Brandjärn	Ållettesjärn
Tungor	Dörslag	Dubbar	
Tunna (-band)	Eldgaffel	Dörtjärn	<b>Transport</b>
Yxa	Glödraka	Eldgaffel	Axel/Axeljärn
	Grytefata	Hacka	Dubbar
<b>Kvarndetaljer</b>	Grytor	Hakar	Hankar
Axeljärn	Grytgripe	Hammare	Hengslar
Bultar	Grytlock	Harvtinnar	Hjulejärn
			Hjulskenor
			Klämmor

Kärra	Ankarfly	Formeblad	Påsar
Kärrehjul	Bultar	Hammarbiig	Ringar
Ringar	Hakar	Klorackn	Skoppjärn
Hjulskenor	Jungfrur	Kniper	Skotspell
Skottkärra	Ringar	Knuper	Slev
Stenkärra	Rorslår	Knistell	Spedzformar
Stigejärn	Schötankare	Kållbettell	Rodesked
Tappar	Århank	Lodgrind	Storkuster
Tissejärn		Mular	Stöttisar
Vagnshjul		Mularslache	Windisar
Hästskor/Söm	<b>Okänt</b>	Pannor	Warensycher
<b>Skeppsdetaljer</b>	Anuarper	Parra	Wikiner
Ankare	Fisk	Penjärn	

*Källa: Myrdal och Johansson i manus, Karlsson 2015*

form transport. Det som behövdes för att sköta hästar är i viss mån detsamma men vi har två stora förändringar som sker under medeltid. För det första börjar man sko hästarna vilket medförde en rejäl konsumtion av järn. Under transport i 1500-talets längder ser vi att ett antal delar till kärror och vagnar nu tillverkas i järn till skillnad mot under järnålder. Det inre hushållet vilket av Hansson utpekas som den största konsumenten av järn under järnålder benämns som husgeråd och möbler hos Myrdal & Johansson. Här blir det tydligt att man använder järn till fler föremål som mortlar och muggar vilka har tillverkats av annat material tidigare. Vi kan även konstatera att järn nu i viss mån används till möbler vilket inte finns belagt från järnålder (ex. sängfötter och sängejärn). Avslutningsvis har vi en kategori kallad byggenkap av Myrdal & Johansson och som visar en skillnad som blir tydlig under medeltid. Under järnålder byggde man varken bostadshus eller andra byggnader med hjälp av järn. Under 1500-talet, kanske i synnerhet på kungsgårdarna, var det självklart att bygga med hjälp av järndetaljer. Här förekommer även en del redskap som användes för att bygga. Här kan man dock förutsätta att kungsgårdarna skiljer sig från både ett ruralt och ett agrart material.

Utifrån denna jämförelse kan vi se att järnet under vår historia tar större och större plats i vår vardag. Under järnålder förekommer järn i många olika former, redskap och användningsområden men under 1500-talet har antalet former och kategorier ökat. Till viss del har motsvarande redskap och objekt av trä börjat tillverkas av järn. Detta tyder både på en ökad tillgång på järn och kanske även ett sjunkande pris på järnet. Helt tydlig är dock den ökade konsumtionen av järnföremål och därmed järn. Hur mycket järn som användes inom de olika kategorierna får vi en större förståelse för genom de historiska räknenskaperna från

kungsgårdarnas smedjor. Här redovisas inte gårdens innehav av järn utan det som smiddes varje år för att nytillverka, laga och ersätta det järn som behövdes under året. Här har vi ett närmare mått på relativ konsumtion mellan de olika kategorierna.

Tabell 5:13. Järnförbrukning på kungsgårdar, fördelat i hela procentenheter (%) på ett antal användningsområden. (Skälby/Peder = Skälby/Pederstorp utanför Kalmar, för 1561 endast Skälby).

Gård/ Årtal	Jordbruk	Kvarn/ Såg	Smedja	Byggenskap	Husgeråd	Transport	Övrigt
Ekolsund 1567–68	36	12	0	10	4	9	30
Linköping 1545, 48	58	0	0	0	0	12	30
Stegeborg 1543	6	0	0	60	2	26	6
Stegeborg 1554	12	2	3	60	2	7	14
Tuna 1554	4	1	0	81	2	7	5
Skälby/ Peder 1559–61	31	0	0	44	0	7	18
Högsby 1559–60	36	22	11	5	3	3	19
Tunaholm 1581–82	4	5	8	58	1	7	17
Höjentorp 1603–06	11	7	3	42	1	27	5

Källa: Myrdal och Johansson i manus

I tabellen ser vi att utfallet är mycket olika. I tre fall är jordbruk den klart största posten inom järnkonsumtionen, i sex fall är byggjärn störst medan de övriga kategorierna är klart mindre. Här kan vi tänka oss att kungsgårdarna skiljer sig från vanliga gårdar. Sannolikt är jordbruket relativt sett den största kategorin på vanliga gårdar där man inte bygger med järn i lika stor utsträckning. Sannolikt är byggnadsjärnet även en mycket mer fluktuerande kategori då man behöver mycket järn vid nybygge men inte lika mycket vid underhåll. Jordbruket kan också fluktuera med större behov i viss mån men sannolikt i mindre omfattning.

Vi har nu chansen att jämföra ovanstående med uppgifter som Andersson, Hansen och Jeffery publicerat i en artikel där de går igenom arkeologiskt material från de medeltida städerna Bergen i Norge och Gamla Lödöse (Andersson m.fl. 2015). Sammanställningen visar en konsumtion i Lödöse på cirka 12 kg per



år, vilket enligt min mening är mycket lite även om det är en minimisiffra. Utifrån dessa beräkningar skulle då med Lödöse som norm de 15 medeltida städerna under 300 år ha konsumerat 52 ton järn. Denna siffra är sannolikt för låg, vilket även Andersson med flera antar, men om vi använder den som ett lägsta riktmärke kan vi ändå konstatera att städerna inte var storkonsumenter av just järn.

Genomgången av medeltida järnfynd ger oss en god inblick i vilka järnföremål som brukades i Bergen och Gamla Lödöse. Här kan vi se att den största mängden järnföremål tillhör kategorierna byggnader och hantverk. Några föremålstyper skiljer sig från mängden i fråga om antal. Den absolut största andelen av fynden var spik (11 433 st.) sedan följer fem typer vilka är mycket vanliga hästskor (574 st.), hästskosöm (947 st.), knivar (924 st.), båtnitar (935 st.) och tenar (1 082 st.) (Andersson m.fl. 2015:250ff). Utifrån dessa redovisade fynd kan vi få en bild av vilken typ av järn som brukades i störst kvantiteter i städerna.

### 5.4.3 200 år senare

I *Järnets tid* som behandlar åren 1750–1870 undersöker Hallén genom boupp-teckningar hur stort innehavet av järn på gårdar på landsbygden såg ut från mitten av 1700-talet fram till slutet av 1800-talet. Järnföremålen indelar han i åtta kategorier:

- Jordbearbetningsredskap: de större redskapen som användes på åkern, som plog, årder och harv.
- Gårdsredskap: spadar, liar, yxor med mera.
- Maskiner: såningsmaskiner och hästräfsor med mera.
- Fordon: vagnar, kärror och slädar men även hästuprustning som hästskor.
- Vapen och jaktredskap: även fiskeredskap ingår.
- Inre hushåll: allt som finns i boningshuset.
- Hantverk och smide: alla redskap för hantverk och snickeri.

Byggnadsjärn, den sista kategorin har behandlats separat. Den går nämligen inte att urskilja i boupp-teckningar och då har Hallén studerat brandförsäkringar istället. Även Hallén bygger delvis sina skattningar på vägda museiföremål.

Tabell 5:14. Översikt över andelen (%) av det totala järninnehavet av jordbearbetningsredskap och gårdsredskap.

Jordbruk	1750	1800	1815	1835	1855	1870
Småjordbruk	8+11= 19 %	10+10= 20 %	11+12= 23 %	17+10= 27 %	13+9= 22 %	18+9= 27 %
Medelstora jordbruk	17+9= 26 %	17+8= 25 %	20+9= 29 %	18+8= 26 %	21+7= 28 %	23+6= 29 %
Större bondejordbruk	14+7= 21 %	16+7= 23 %	16+7= 23 %	19+7= 26 %	23+6= 29 %	23+4= 27 %

Källa: Hallén 2003:81, 89

När det gäller innehavet av gårdsredskap presenterar Hallén en intressant tabell vilken visar hur många liar och skäror som man hade på gårdarna. Gårdarna är uppdelade i små, medelstora och större jordbruk. Små jordbruk (1–6 poäng), medelstora jordbruk (7–19 poäng) och större jordbruk (20–49 poäng), poängen fördelas utifrån innehavet av hästar (2 poäng), oxar (2 poäng) och kor (1 poäng).

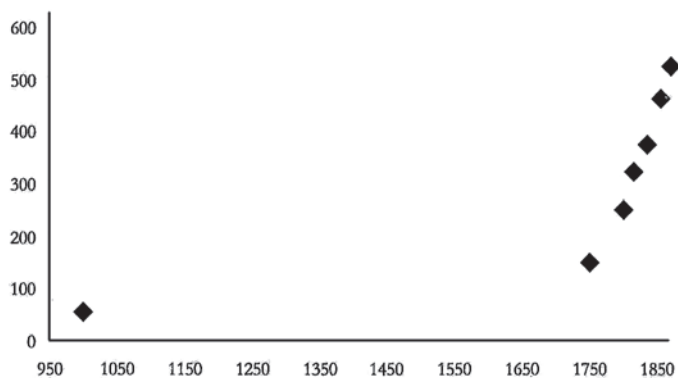
Något som skulle ha vara intressant för detta poängsystem är förbrukningen av hästskor. Hallén har inte tagit upp denna typ av föremål som enligt min mening är en typisk förbrukningsvara av järn. Hästskon blir vanligare under medeltid och förbrukar en hel del järn. Men kanske är denna kategori inte något som man tar upp i en bouppteckning. Inte heller Hansson tar upp hästskon vilket inte heller är så konstigt då den under järnålder inte är något utbrett fenomen. Under medeltid är dock detta ännu ett exempel på en järnprodukt vilken är tillverkad för att förhindra slitage (slitaget på hästens hovar). Intressanta siffror finns från Frankrike, vilka dock inte är medeltida utan senare. Det hävdas att en häst konsumerar cirka 8–10 kg järn per år och att en resa mellan Paris och Marseille, vilket är mellan 80–90 mil, skulle förbruka 25 kg järn för hästskor vid körandet av en ”charrette”, en mindre kärra som drogs av en häst (Sigaut 1998). För jordbruket blev hästen viktigare under medeltid och speciellt i de östra delarna av Sverige. Hästen drog inte bara kärror och vagnar för transporter utan ofta även årdret på åkern.

Här kan man se att antalet liar ökar betydligt under perioden och att skäror endast förekommer i vissa områden i landet. När det gäller förbrukning av järn skriver Hansson att de mest intressanta faktorerna måste ha varit slitage, skador och förlust av föremål. Han poängterar även att en betydlig förlust också har gjorts vid utvinning, utsmide och omsmide av järn. Hallén för en intressant diskussion om förslitning, om slitage och järn som förkommer. Han använder material från en arkeologisk utgrävning av en gård som brukats ända fram till 1900-talet. Där hittades mycket järn i jorden vilket Hallén anser vara ett bevis för att man inte varit så noga med att alltid smälta om allt järn (Sandberg 1987, Hallén 2003:167). Han poängterar att om man skall räkna med järn som försvann ur omloppet kan beräkningarna aldrig bli exakta. Hallén har dock gjort en tabell över skattat slitage i procent, fördelat på tre nivåer från max- till minimum.

Tabell 5:15. Jordbruksredskap.

Område	Redskap	1750	1800	1815	1835	1855	1870
Torna	Skära	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Lie	2,3		1,9	3,8	2,8	4,9
Kind	Skära	2,9	3,6	3,6	4,0	4,1	3,9
	Lie	3,1	4,2	11,0	8,0	8,1	9,1
Källand	Skära	1,3	0,5	1,0	0,2	0,1	0,0
	Lie	3,0	3,7	7,8	6,0	5,6	3,1
Kil	Skära		0,3	0,2	0,2	0,1	0,2
	Lie		9,0	13,3	11,4	13,4	7,8
Gamla Norberg	Skära		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Lie		10,0	14,3	16,3	15,0	18,0
Uppsalaslätten	Skära	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Lie	4,2	8,8	9,5	8,0	8,1	6,4
Lövånger-Nysätra	Skära		0,8	2,8	1,6	3,6	4,7
	Lie		4,1	6,5	3,6	8,0	9,0
Samtliga områden	Skära	1,1	0,7	1,1	0,9	1,1	1,3
	Lie	3,2	6,1	9,2	8,2	8,7	8,3

Källa: Hallén 2003:92.



Figur 5:14. Diagram över Hanssons och Halléns uppskattning av järninnehav på gårdar i landsbygdsmiljö. Källa: Hallén 2003:194

Sammanfattningsvis kan man säga att Hanssons uppskattning av en gårds innehav till 48 kg järn under yngre järnålder är intressant i sammanhanget. Vid undersökningen 1750 ligger genomsnittet på cirka 150 kg. Ökningen fram till 1870 vilket endast är 120 år ligger enligt Hallén på hela 350 kg vilket ger ett innehav på 500 kilo under slutet av 1800-talet. Utifrån detta drar Hallén slutsatsen att detta faktiskt är *Järnets tid* då en enorm ökning av konsumtionen blir tydlig.

## 5.4.4 Från ugn till åker och äng

Ett fungerande distributionsnät fanns redan under järnålder och under medeltid var det inga problem för den som behövde järn. Redan under bronsålder ingår Sverige i två stora nätverk för metalldistribution vilka sträcker sig så långt som till medelhavsområdet, främst Spanien och Cypern (Ling m.fl. 2013). Under medeltid producerades järn i många områden, som Bergslagen, Dalarna, Småland, Västergötland och Jämtland. Järnproduktionen skedde oftast på by- eller gårdsnivå på landsbygden. Vissa forskare anser att det under yngre järnålder sannolikt fanns män inom eliten vilka ägnade sig åt järnproduktion och var aktörer i ett handelsnät med entreprenörer som vi kan identifiera med hjälp av deras gravgåvor. Hjärthner-Holdar kallar denna maktstruktur heterarkisk (Hjärthner-Holdar m.fl. 2007), vilket betyder att den var föränderlig med oklara maktförhållanden. Hjärthner-Holdar ifrågasätter den generella tolkningen att järnproduktionen under järnålder har rört sig om en hushållsproduktion som i de flesta fall inte var inriktad på en marknad (Hjärthner-Holdar 2014). Jag håller fullständigt med om detta och vi vet att framställningen var nog för att försörja alla människor och gårdar i Sverige och mer än så.

Vi vet att alla människor inom gränserna för dagens Sverige hade tillgång till järn och stål. Det är svårt att tänka sig att någon vuxen människa var helt utan något redskap eller något föremål av järn eller stål, distributionen nådde med andra ord varje familj och gård i hela landet. Sannolikt till och med varje människa, men att diskutera de allra fattigaste i samhället under medeltiden är svårt. Dessa människor lämnar minst spår efter sig både i historiska och arkeologiska källor men det är inte otroligt att även den allra fattigaste hade en kniv eller ett eldstål av järn.

## 5.5 Medeltida åkerbruk

Forskningen kring medeltida åkerbruk har till stor del präglats av Janken Myrdals avhandling ”*Medeltidens åkerbruk*” vilken publicerades 1985. Den hade ett delat syfte, att rekonstruera det medeltida åkerbrukets verklighet i dess helhet samt att utifrån den dåtida agrartechniken ge underlag för en diskussion om teknikens betydelse för samhället utifrån ett brett spektra av olika källor, ifrån räkenskaper, lagar och rättskällor till mirakelberättelser, hushållsböcker, konst och arkeologi. (Myrdal 1985). I diskussionen om samhälle och teknik konstaterar Myrdal att den tekniska utvecklingen är viktig att studera inte bara för sin egen skull utan för att förstå samhället i sin helhet (Myrdal 1986).

Under medeltid brukades åkermarken i olika system. Ensäde innebar att hela åkermarken såddes varje år. Vid tvåsäde såddes halva åkermarken per år medan den andra halvan låg i träda. Tresäde betyder att två tredjedelar såddes medan en tredjedel låg i träda. I östra Sverige var tvåsätet vanligast, medan ensätet generellt dominerade i Västsverige. Tväsätet är belagt från omkring år 1000, med andra



Figur 5:15. Årderbruk från kalkmålning i Tensta kyrka i Uppland (1473). Foto: Catarina Karlsson.

ord ungefär jämnårigt med svensk medeltid, med start i Västergötland, Närke och Uppland (Myrdal 1985). Att använda trädan och växelbruket var då nytt i Sverige och gav åkrarna möjlighet att återhämta sig i stället för att bli utarmade.

Under medeltid användes både årder och plog i Sverige. Årdret är jämfört med plogen ett lättare redskap som inte förflyttar lika mycket jord. Årdret rispar åkermarken till skillnad från plogens fårör, där jorden genom vändskivorna vänds upp och blir liggande med jordsidan upp. Många gånger vänder man då upp jorden åt ena hållet från den tidigare plöjda marken. När årdret repar åkermarken blir resultatet en jämn fördjupning som öppnar upp jorden. Den jord som flyttar sig skjuts symmetriskt åt båda hållen. Arbetsmomentet är jerning behandlas mycket lite i de medeltida skrifterna. Kanske beror det på att jerning ansågs vara en så allmän kunskap att den inte behövde sättas på pränt. Dess syften är främst att luckra upp jorden inför sådd, mylla ner säd och/eller gödsel och att bryta trädan eller den gamla åkerstubben (Myrdal 1985). På våren när snön smält bort och när åkrarna var lagom fuktiga, eller kanske snarare lagom torra, påbörjades vårbruket. Om man ärjade en, två eller flera gånger vet vi inte men det finns exempel på olika lösningar. Källorna är mycket sparsamma när det gäller hur många gånger om året man bearbetade jorden. Men i landskapslagar från Uppland och Västmanland från omkring 1300 nämns att man i ett område med





Figur 5:16. Ärjad åker. Foto: Catarina Karlsson.

tvåsåde normalt bearbetade trädan två gånger på hösten och en gång på våren för att mylla ner utsädet. I början av 1500-talet nämns att man bearbetat trädan tre gånger under våren och sommaren (Myrdal 1999:122f).

Av årderbillar nämns två kategorier, vårbill och trädesbill, i inventarieförteckningar från 1300-talet, sannolikt med olika tyngd och uppgifter. Vårbillen (även kallat vårårdret eller myllesårdret) kan vi anta var till för att förbereda jorden för sådd och sedan mylla ner säden på åkern. Trädesbillen användes troligen som namnet antyder till att bryta trädan (Myrdal 1985).

När jag skriver att man skall bearbeta trädan – i sig en motsats eftersom grundtanken med trädan är att jorden ska vila – menar jag den växtlighet som uppkommer på trädan under viloperioden. Det som växte under denna period var huvudsakligen gräs men även blommor och örter. Efter att jorden under en sommar legat i träda bearbetades den på hösten inför kommande vårbruk. Att bearbeta åkerstubb innebar att man ärjar den nyss slagna sädesåkern för att bryta upp den stubb som är kvar av säden.

## 5.6 Medeltida slätter och boskapsskötsel

Under medeltid var boskapsskötsel och sädesodling de viktigaste delarna av jordbruket. I västra, centrala och norra Europa stallades djuren vintertid och valades under sommaren. I delar av Sverige gick hästar och får ute även vintertid. Under medeltid kan vi räkna med att stallningen och sommararbetet var ungefär lika långa (Myrdal 2012:227). Den kritiska begränsningen för djurhållningen var vinterfodret. Hur mycket foder som det var möjligt att samla var avgörande

för hur många djur man kunde hålla och det framgår tydligt att svält var ett ständigt hot. Vi vet att djuren minskar i storlek under medeltiden vilket kan ha flera orsaker, men kanske var det även ett medvetet val att ha mindre boskap då foderbristen var ett stort problem (Myrdal 2012:241ff). Höskörden eller slåttorn är än idag en del av årets skördearbete. Höskörden pågick under sommaren till augusti/september när sädesskörden började. För slåttorn använde man primärt lie. Till skörd av säd användes enbart skäran. Under medeltid utvecklades redskapen för slåtter betydligt. Liarna blev längre och räfsorna effektivare. Detta betydde att foder till djuren kunde samlas in på ett effektivare sätt. Färre människor kunde hålla fler djur. Efter digerdöden övergick man också i viss mån från det arbetsintensiva åkerbruket till den mindre arbetskrävande boskapsskötseln. Orsakerna var sannolikt såväl brist på arbetskraft som större tillgång på både ängsmark och betesmark (Myrdal 2012). Under senmedeltiden ökar antalet djur per hushåll. Denna förändring kunde ske med hjälp av effektivare liar och räfsor vilket innebar att det var möjligt för samma antal personer att samla större kvantiteter av foder och därmed hålla ett större antal djur (Myrdal 2012:257).

## 5.7 Det första järnet och jordbruksredskapen

Allt sedan de första jordbrukarna brukade jorden har man använt redskap för jordbearbetning och skörd av olika slag. Men när järnet började användas inom jordbruket blev det starten för en redskapsutveckling som fortfarande pågår. De tidigaste järnföremålen kommer från Främre Orienten och Egypten, tidsperioden före 3000 f.Kr. Det tidigaste härdade stålet kommer från Palestina och dateras till 1200 f.Kr. (Pleiner 2000).

I Sverige gick introduktionen av järn snabbt och helt utan förstadiet med järn som prestigeföremål, begränsat till elitkonsumtion. Snarare kom järnet med en förståelse för hela järnteknologin samtidigt. Föremål, framställning och smide startade på en gång. Här fanns stor tillgång på de råvaror som krävs för att framställa järn, vilket sannolikt var en starkt bidragande orsak till järnets snabba spridning. Produktionen var från början liten, men där ingick både redskap och vapen (Hjärthner-Holdar & Risberg 2009). Med andra ord har järnets introduktion sannolikt redan från början påverkat jordbruket i Sverige.

Det första jordbruksredskapet tillverkat av järn var skäran. Skäran var redan ett välkänt redskap och den skärande delen tillverkades tidigare av flinta eller brons. Vi har en ganska stor kunskap om skärorna under förhistorien, vilket till stor del beror på att många skäror legat som gåvor i arkeologiskt undersökta gravar. Under yngre bronsålder tog järnskärorna sakta över på bekostnad av bronsskärorna. Den första stora förändringen med det nya materialet kom dock långt senare, kring år 0, då redskapen fick längre blad och större skaft. Tekniken blev därmed mycket effektivare. Förutom säd skördades löv, vass, örter och frukt och



några av de föremål som undersökts experimentellt visade sig vara lövknivar, andra var kombinationsredskap som kunde användas både till säd och löv. Några av de mycket små skärorna användes till insamling av örter (Welinder & Pedersen 2004). Den rättuppstående skäran byttes ut mot den vidvinklade vilket möjligen visar en tydligare inriktning på sädesodling (och att boskapsskötseln avtog) och att det fanns ett större behov av en specialiserad sädesskära (Myrdal 1996). Introduktionen av kortlien under de första århundradena efter år 0 nästan fördubblade effektiviteten i slätterarbetet. Mot slutet av förhistorien dyker även långlien upp. Innovationerna hade knappast kunnat ske utan järnet då Cu-legeringar inte har samma hållfasthet och flinta inte lämpar sig för redskap i dessa dimensioner. Dessutom var ju både Cu-legeringar och flinta bristvaror i Sverige. Liens utveckling sker i mellersta och norra Europa då vi med ett kallare klimat har ett större behov av vinterfoder. Lien blir under järnåldern längre och längre och därmed även mer effektiv. Myrdal (1996) poängterar att det sannolikt inte var smidestekniken som var den springande punkten utan tillgången på järn. Man kunde nämligen smida långa svärd redan under äldre järnålder. Sannolikt krävdes dock en stor ökning av skickliga smeder som klarade av att smida långa liar när behovet ökade efterfrågan. Jag tror dock att det kanske handlar om en kombination av ökad tillgång på järn, smidesskicklighet hos ett större antal smeder samt förändrade behov inom jordbruket.

Årdret beskrivs som ett universalredskap med syfte att bereda jorden. Årdret användes i alla möjliga funktioner, som att bryta träda, bekämpa ogräs, luckra upp jorden samt för sådd och bearbetning efter skörd. Årdret var från början ett träreddskap som använts sedan neolitikum i Sverige. Under 700-talet f.Kr. började de första årdren av järn att dyka upp i delar av Europa. Den första kända årderbillen av järn från svenskt område är från Vallhagar på Gotland och har daterats till 400–500-talet e.Kr. Med järnbillen som skydd för de trädelar som ärjade jorden kunde man få mindre slitage än om man använde ett årder som helt var av trä. Myrdal föreslår att skälet till att bruket av årderbillar kommer mycket senare än järnskärorna i Sverige, är tillgången/åtgången på järn, då han antar att förslitningen av årdret är större än på lien och skäran (Myrdal 1996). Jag anser att Myrdal sannolikt har rätt i att bruket av järn som slitdelar (för att minska slitage) sannolikt kommer vid en punkt när tillgången, distributionen och "priset" på järn tillåter detta.

Joachim Henning hävdar att plojen har använts redan tidigt i Europa. Han utgår från arkeologiska fynd som tyder på att symmetriska billar även kan ha använts på en plog. Den vanliga tolkningen är annars att den asymmetriska billen hör ihop med plojen medan den symmetriska billen alltid suttit på ett årder. Henning hävdar att man använt en löstagbar vändskiva som kan sitta både på vänster och höger sida av plojen vilket skulle innebära att man behövde en symmetrisk bill. Det arkeologiska beviset för detta är en löstagbar rist vilken kunde fästas på valfri sida av dragstången. Han har även kunnat identifiera asymmetriskt slitage på symmetriska billar från 600-talet och framåt (Henning 1987:54ff).

Historiska källor nämner att man kan ha använt årdret lite mer som en plog genom att det lutats åt en sida. Det innebar dock inte att jorden vändes på samma sätt som med en plog. Detta beskrivs av den romerske författaren Columella (Lerche 1994:210). När det gäller plogar är slitaget större på den ena sidan vilket Lerches experiment liksom arkeologiska fynd visar. Om man använt årdret på det sätt som beskrivits ovan skulle slitaget sannolikt skilja sig åt på sidorna. Detta är inget som jag har kunnat dokumentera i mina undersökningar av svenska årderbillar. En slutsats av detta är att årdret här vanligen användes i upprätt position. Det finns dock en möjlighet att de billar som har ett asymmetriskt slitage kan ha använts på detta sätt. Denna typ av asymmetriska billar finns inte representerade i det svenska medeltida materialet som jag gått igenom.

Sammanfattningsvis skriver Myrdal att det under äldre järnålder endast var för skörd som järnet användes, men att tre viktiga saker hände kring mitten av det första årtusendet. Skäran med upprättstående blad ersattes med den vidvinklade, liens blad blev längre och smalare (och fick en vidare vinkel) och järnet började användas vid jordbearbetning. Dessa nyheter krävde mer järn och han betecknar det som ett språng för järnkonsumtionen. Nästa språng tas efter cirka 500 år och vi är då framme vid vår undersökningsperiod.

## 5.8 De medeltida jordbruksredskapen

De medeltida jordbruksredskap som valts ut för undersökningen (se kapitel 4) presenteras här i följande ordning: lien, skäran, årdret och spaden.

### 5.8.1 Lien

Lien var från början utformad för att slå hö. Den har senare även blivit ett skörderedskap för säd som råg och korn. Det finns exempel på olika liar: slätterliar, skördeliar, buskliar och sjögräsliar eller fräkenliar. Störst skillnad var det dock mellan långlien och kortlien. Kortlien användes huvudsakligen under förhistorisk tid–medeltid, långlien från medeltid och framåt. I det medeltida England illustreras lien som ett slätterredskap men även för skörd av korn, havre, råg, ärtor och bönor (Goodall 2011:82). Vi kan dock anta att dess huvudsakliga uppgift under medeltid i Sverige var slätter av hö.

Kortlien är mest lämpad för stenig och oländig mark. Den förekommer i två varianter, en med blad upp till 65 cm och ett skaft vilket man håller med båda händerna. Den andra har ett kortare blad, upp till 40 cm, och man håller den med enhandsfattning. Under andra hälften av medeltiden träder långlien fram och tar en självklar plats i slätterarbetet. Lien består huvudsakligen av två delar, orvet och liebladet. Orvet tillverkades av trä, liebladet av järn, i vissa fall stål. Jämfört med skäran har lien både ett längre blad och ett längre skaft. Ett problem var att balansera bladet så att det inte blev för tungt i spetsen. Liebladen på

de första liarna var relativt korta. När bladen sedan blev längre och längre var en lösning på problemet att göra vinkeln mellan bladet och orvet vidare (Myrdal 1999).

Under den tid vi undersöker här uppnår lien enligt Myrdal sin perfekta form, den som de flesta tänker på när någon nämner ordet lie. Lien har då ett långt lieblad och ett långt orv med två knaggar (handtag). Orvet kunde vara rakt eller böjt. I Skandinavien var det raka orvet det vanliga till skillnad mot andra delar av Europa. Under medeltiden fick orven två knaggar, men ännu under 1800-talet förekommer enknaggade liar (Erixon 1931:204–213, 1957:24).

## 5.8.2 Liebladet

Lietillverkningen utfördes under historisk tid av specialiserade hantverkare, ofta kallade just liesmeder. Liesmidet har med andra ord haft en egen ställning inom smedyrket, men det har även utförts av smidesbönder som under vinterhalvåret specialiserade sig på liesmide (Lamm 1964). Smeden kunde behöva flera år för att lära sig behärska tekniken tillräckligt bra (Jonell Ericsson 1980:410). Fram till slutet av 1800-talet producerades lieblad framför allt i små järnbruk eller bysmedjor där man även lagade liarna efter användning.

Liebladet har huvudsakligen tre former:

Kortlie: Kort och brett blad med vidvinkel och rätvinkel (30–40 cm) långt och smalt blad med vid vinkel mellan blad och tånge samt inåt böjd spets (40–70 cm)

Långlie: Långsmalt blad med rät eller spetsig vinkel mellan blad och tånge (50–130 cm) (Myrdal 1982:58, Steensberg 1943:103ff, Lamm 1977:110, Pettersson 1982)

Enligt en omfattande undersökning av lieblads längd och vikt som gjorts av Janken Myrdal, finns ett spann mellan knappt 60 cm upp till 110 cm, där de längsta liarna upplevs som långa och de runt 60 cm som korta. Den rekommenderade längden på ett lieblad från 1900-talets början i en textbok om jordbruksskötsel var 80–100 cm, vilket stämmer med Myrdals resultat (Myrdal 2005:14). Maskin- och redskapsprovninganstalterna konstaterar att de bästa och stadigaste liarna finns i mellanskiktet av de undersökta liarna, mellan 80–90 cm och 800–900 gram. De kortaste och minsta liarna ligger kring en vikt från 300 gram och uppåt.

Liarna blev längre och längre vilket effektiviserade slättern och den tidigmedeltida lien med ett kortare böjt orv byttes ut mot ett rakare orv med ”handtag”. Vinkeln mellan bladet och tången (och därmed orvet) minskar också med tiden. Under vikingatid dominerade en lie med cirka 120–140° vinkel mellan tånge och blad. Längden på bladet var då 40–50 cm. Under tidig medeltid minskade vinkeln till 95–115° medan längden på lien förblev den samma. Under senmedeltiden ökade längden på bladen upp till 80–90 cm och vinkeln minskade

till 90–100°. Kortorvslien användes i en båge mot marken där gräset högs eller slogs av. Den modernare långlien används mot grässvålen i en halvmåneform och lyfts inte från marken om det inte är tvunget (Myrdal 1999). Man kan förstå utvecklingen mot längre orv och större och längre lieblad som en konsekvens av att slättermarkerna i större utsträckning var hävdade, stenfria och plana men också för att man började använda lien även vid skörd på relativt jämna och stenfria åkrar.

När det gäller hur liar tillverkats under medeltiden vet vi egentligen ganska lite. Få metallografiska undersökningar har gjorts men vi kan anta att proceduren i viss mån varit liknande under långa tider. Redan de första källorna som talar om liesmide visar att vi i Sverige har en metod med ikluvet eggstål i lien. I Norge och Danmark förekommer liksom på kontinenten liar av mjukare homogent stål vilket skärptes genom kallhamring (Lamm 1964).

Svenska liar är ofta tillverkade på detta sätt vilket också har beskrivits från flera historiska miljöer, inte minst från liesmidet i Lima med omnejd i Dalarna, där stålet inte når fram till ryggen på bladet, inte heller till knäet eftersom dessa delar skulle tåla slag och häftiga böjningar (Matsson 1982:334). Det mjuka järnet delas men inte helt genom, för att lägga in stål vilket beskrivs av flera forskare (Buchwald 2008:47, Jonell Ericsson 1982:409 ff, Norén & Enander 2001). Alternativt kan två lager av mjukt järn läggas på ömse sidor om ett stål istället för ett inlägg av stål i ett stycke järn. Denna typ av liesmide kan delas upp i ett antal olika moment som följer varandra i en kronologisk ordning enligt följande: upphuggning, iklyvning, vällning, räckning, tillsmide, peening, slätning, riktning, härdning, efterriktning och slipning (Lamm 1964).

### 5.8.3 Liens skärpning med olika metoder i Sverige och Europa

Att bryna, slipa och skärpa redskap och eggverktyg är lika gammalt som de skärande verktygen. Under äldre tid har man skärpt redskap av sten, horn, ben och metall. Under förhistorisk tid har man använt fast berg likväl som lösa stenar för att skärpa sina verktyg (Larsson 1989). I Sverige har vi en sed som skiljer oss från stora delar av övriga Europa och även Asien i fråga om hur vi hanterar lien. Här har vi som tradition att slipa liar med stålegg för skärpa dem. I Norge förekommer också sliplien men enligt norsk forskning är den ett senare fenomen som framför allt slår igenom när tillgången på stål ökar, enligt Espelund även när de runda slipstenarna blir vanligare (Espelund 2006). Varför skiljer sig vår tradition från övriga Europa? Sannolikt handlar det om tillgången på hårdbart stål. I Sverige fanns en större tillgång på hårdbart stål än på de flesta andra platser.

Bland Europas länder har Sverige haft störst tillgång på bergmalmer med låg fosforhalt. Detta innebär att malmen var speciellt lämpad för att använda i en masugn för framställning av järn och stål. Det färskade tackjärnet blev till

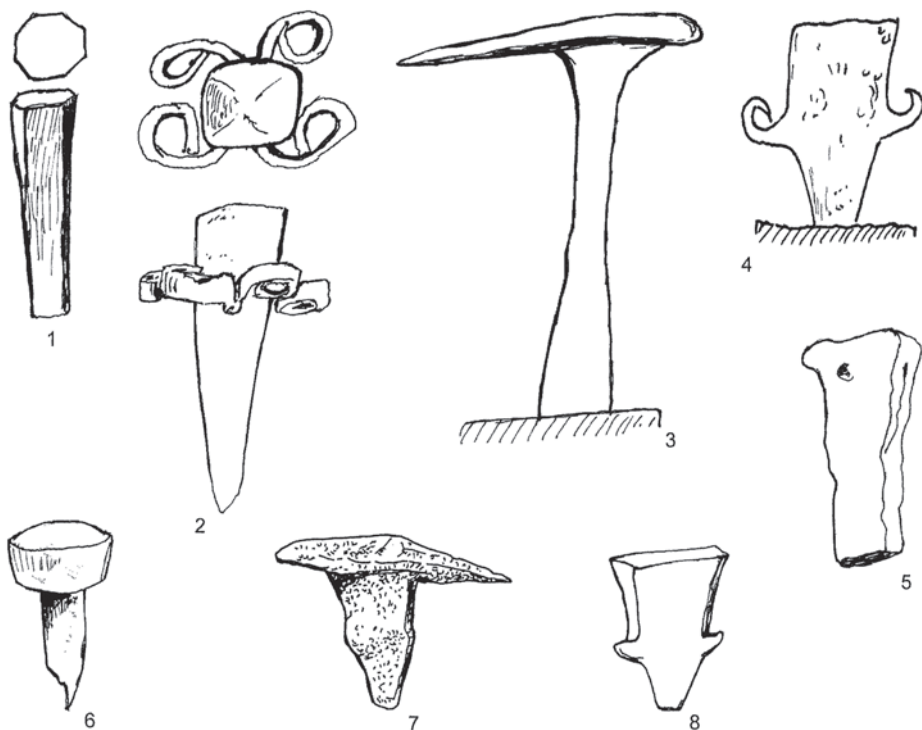
förnämligt järn och stål med katalansmidet som enda riktiga konkurrent i Europa under medeltiden (Björkenstam 1990:158ff). Det järn som framställdes i blästerugnar i Danmark och på kontinenten innehöll fosfor vilket gjorde att det inte tog upp kol i samma utsträckning. Att härda denna typ av järn och stål var då enklare att göra med hjälp av kallhamring (Espelund 2006). Här uppstod med andra ord två olika traditioner som levde kvar även när bristen på hårdbart stål var avhjälpt. I Sverige med omnejd smiddes liar med inlägg av stål mellan ett mjukare järn där eggen sedan slipades skarp med hjälp av slipsten. I Danmark och större delarna av Europa smiddes eggen ut och knackades sedan i kallt tillstånd hård och skarp.

I Norge har Arne Espelund (2006) hävdad att bruket av inlagt stål i lien och slipning av liebladet tillhör historisk tid och att det sannolikt föregåtts av knackade liar under förhistorisk tid, en hypotes som dock inte styrks av några metallografiska undersökningar. I Sverige har ingen diskussion i ämnet förts. Att man kunnat slipa lien även innan de runda slipstenarna började tillverkas kan vi anta. Bruket av svärd från bronsålder och framåt har förutsatt att man har slipat dem, så därmed skulle även sannolikt en lie kunna slipas vid behov. För att kunna konstatera knackning av liar krävs mer forskning.

Kallhamring för att skärpa en lie kallas knackning av lien. Det betyder ett kallsmide av den yttersta delen av bladet, 2–5 mm. Vid knackningen tunnar man ut eggen och får den ytterst vass. Samtidigt sker en kallhårdning av eggen. Stålet är därför något mjukare från början än på en traditionell svensk sliplie. Kanske handlar detta även om det fosforförande järnet. Man kan därför inte knacka på en ”stälad” lie tillverkad för slipning. Då går det flisor ur den hårdare, varmhärdade eggen. En stor fördel med knackningstekniken är att den inte kräver tunga redskap som slipstenen. Det som behövs är hammare och ett litet städ som man kan ta med i fält. Städet slås ner i änden på en trækubbe eller en stubbe i skogen och sedan kan man knacka sin lie (Rosengren 2013). Lagning av skador på eggen och dålig skärpa kan åtgärdas redan vid ängen. Nackdelen är att eggen är känsligare för skador från sten och sly.

Vad gäller fynd av hammare och städ av detta slag har undertecknad inte utfört någon inventering inom denna undersökning, men det är intressant att konstatera att vid en titt på vårt mest välbevarade och kända fynd av smidesredskap finns ett föremål som kan tolkas som ett fältstäd. Av SHM är det registrerat som ett sparrhorn, med andra ord en del av ett större städ. Enligt min mening skulle ett föremål kunna fungera både som sparrhorn och fältstäd. Fyndet från Mästermyr har en spetsig ände som skulle kunna slås ner i en stubbe likväl som att fogas in i ett hål i ett större städ. Denna typ av fältstäd är vanligare i övriga Europa och anses där inte ha tillhört smedens verktyg utan snarare bondens, eller helt enkelt vem som helst som ville hålla skärpan på sin lie eller sin skära i fält (Pleiner 2006:96ff).

Den svenska traditionen bygger på att slipa fram en vass egg av stål. Lien slipas på roterande slipsten för att få en fin yta med tillräcklig skärpa. Att slipa en



Figur 5:17. Olika typer av europeiska fältstäd. Källa: Pleiner 2006:99

lie på en rund slipsten  r en konst och utan stöd måste sliparens båda händer hålla bladet fixerat i r tt vinkel under hela slipningen. Vid lieslipning handlar det under historisk tid främst om den runda slipstenen som drivs med vev eller trampa för att rotera mot lien. Äldre slipstenar har ett runt h l medan dessa under senmedeltid ersätts med ett kvadratisk h l. Slipstenen framställs oftast av relativt finkorniga sandstenar och används huvudsakligen till att slipa större järnredskap som liar, yxor eller svärd (Kresten 1996:18). En av de mest kända platserna för tillverkning av slipstenar i Sverige  r Orsa i Dalarna. Orsasandstenen  r typisk och g r ofta att identifiera. Vid undersökningar i Sigtuna har man kunnat belägga slipstenar från Orsa från slutet på 900-talet till mitten på 1000-talet. Tidigare fynd av Orsaslipstenar förekommer i Söderköping från 1300-talet och i Uppsala från 1500-talet. Detta innebär att stenindustrin i Orsa  r som minst tidigmedeltida liksom bruket av slipstenar (Kresten 1996:18, Elfwendahl & Kresten 1993). Den tidigaste kända bilden av en roterande slipsten finns i Utrechtsaltaren, en fransk handskrift från 800-talet (Trotzig 2014:151).



## 5.8.4 Att behålla skärpan

När lien är slipad eller knackad till skärpa vill man behålla den, det gör man med bryne och liesticka. Bryningen bör göras med jämna mellanrum under brukandet av lien och pågå i 5–10 minuter. För att få det riktigt vasst kan man även ha ett finkornigare bryne eller en liesticka med eller utan slipmedel. Huvudsakligen användes sannolikt brynet, som även fungerade för att skärpa andra eggverktyg, exempelvis knivar. Skillnaden mellan ett bryne och en slipsten ligger inte i typ av stenmaterial utan i utformningen. Brynet har en avlång form och är ett handverktyg. Tillverkningen av brynen och slipstenar, från samma plats och av samma typ av sten, är mest känt från Orsa och Gotland (Larsson 1989). I Dalarna ligger även Transtrands socken som ofta kopplas till liesmide och därifrån kommer de äldsta kända brynena, från yngre järnålder. Här fanns även ett stenbrott kallat Liebryngruvan. Sannolikt kan man sammankoppla detta med järnframställning, smide och tillverkning av liar. Det har även förekommit att man tillverkat brynen i Västerbotten, Småland och på Öland (Larsson 1989).

Från Eketorps borg, daterad till sent 1100-tal och tidigt 1200-tal, finns inga fynd av runda slipstenar, däremot fler än 1000 brynen i kategorierna handbrynen, liggbrynen, hängbrynen och nålbrynen. Handbrynet liknar mest dagens bryne för att skärpa eggredskap. Liggbrynet är så stort och tungt att det måste ha brukats liggande. För att slipa liar eller skärar handlar det sannolikt om handbrynen och liggbrynen. Vid Eketorp har över 800 hela eller fragmentariska handbrynen påträffats, men även så många som 54 liggbrynen. Liggbrynet har sannolikt kronologiskt föregått slipstenen och troligen gäller det samma för handbrynen, när man behövde skärpa sin lie i fält (Wallander 1998:126).

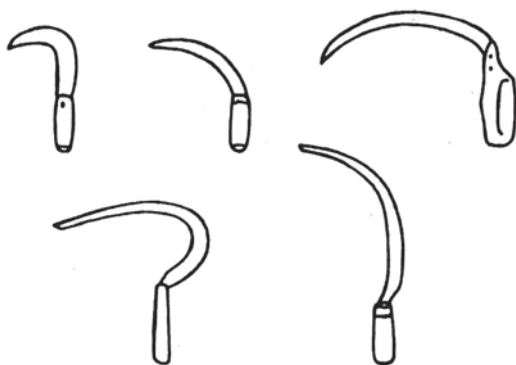
Liestickan är ett gammalt verktyg, som brukade vara en nära halvmeter lång sticka i ek eller al (Rosengren 2013) vilken man likt ett bryne drar längs med liens egg. Liestickan kunde även göras effektivare, exempelvis av gran som dop-pats i kåda, tjära eller beck och sedan beströts med sand för att kunna slipa lien, om det var brist på goda brynen (Larsson 1989).

## 5:9 Skäran

Redan under neolitikum användes skäran för att skörda de första sädesslagen. Skäran bestod då av trä och flinta men den hade samma funktion och i stort samma utformning som under järnåldern. Skäran är huvudsakligen objekt för förhistorisk forskning, när det gäller medeltid och historisk tid är den mer sällsynt.

Med skäran hugger eller skär man en handfull sädesstrån åt gången. Den användes långt fram i tiden, ända fram till 1800-talet. Skäran har brukats i många delar av världen under tusentals år. Endast några få föremål, som yxan och kniven, har en längre känd användningsperiod. Skäran slogs till slut ut som skörderedskap av lien men efter en relativt långdragen process. Med skäran går skördarbetet långsammare men spillet blir mycket mindre. Enligt landskapslagarna på





Figur 5:18. Skärar. Källa: Myrdal 1982:54

1300-talet användes endast skära till skörden. I vissa delar av Svealand tog lien över som skörderedskap under 1500-talet men det var under 1700-talet som den fick sitt stora genombrott. Under medeltiden var skäran ännu det viktigaste skörderedskapet. Vid skörd med skära arbetade män och kvinnor sida vid sida då säden skars av med skäran och därefter bands samman i kärvar. Kärvarna torkades, för att se-

dan köras in för att tröskas. Vid tröskningen användes under medeltiden slagan, vilken var en nyhet på 1000-talet (Myrdal 1986).

I Sverige fanns två huvudsakliga typer av skärar under medeltiden, vinkelskäran och bågskäran. I England, tiden mellan 1066–1500, har Goodall identifierat två huvudsakliga typer av skärar (Goodall 2011:82) vilka i det närmaste motsvarar bågskäran med vinkelrät egg och vinkelskäran med vid böj (Myrdal 1985:122). Under äldre järnålder var det dominerande skörderedskapet en vinkelskära med kort blad. Den var fortfarande vanligast under yngre järnålder men hade då i allmänhet längre blad och en skarpare vinkel mot skaftet. Under medeltid fortsatte vinkelskärans blad att växa på längden och handtaget modifierades. Bågskäran började användas under 1200-talet i de östra delarna av Sverige, men det tog lång tid för den att slå igenom. Enstaka exemplar är kända från Gotland, Öland och Skåne. I Eketorp har man till exempel påträffat rester av sju vinkelskärar jämfört med endast en bågskära. Från Alvastra kloster finns tre vinkelskärar men endast en bågskära från 1400-talet. I Mälardalen, Västsverige och Östergötland spreds bågskäran under 13–1400-talen. I Småland och delar av angränsande landskap användes vinkelskäran fortfarande och vidareutvecklades också med ett ännu längre blad (Myrdal 1999). Under medeltid i Sverige förekom följaktligen två sorters vinkelskärar och en typ av bågskära.

Bågskäran tog med tiden över och slog ut vinkelskäran. Bågskäran var bättre balanserad i handen och den hade även möjlighet att skära mer säd åt gången än vinkelskäran. Den var dock svårare att smida och krävde mer järn. I arkeologiska material är det inte ovanligt med delar av skärar och liar. Det kan vara svårt att skilja dem åt, speciellt när det gäller den vidvinklade skäran och kortlien med vid vinkel. Har man delar av tången eller skaftet kan det underlätta. Skärorna har vanligen en rak tånge eller sätts fast med hjälp av nitar. Huvudpoängen är att man precis som på en kniv har ett skaft som inte är tillverkat för att tas av. På liar har man prioriterat möjligheten att byta blad men även kanske möjligheten att justera bladet i relation till orvet. Det skiljer också på längden och enligt

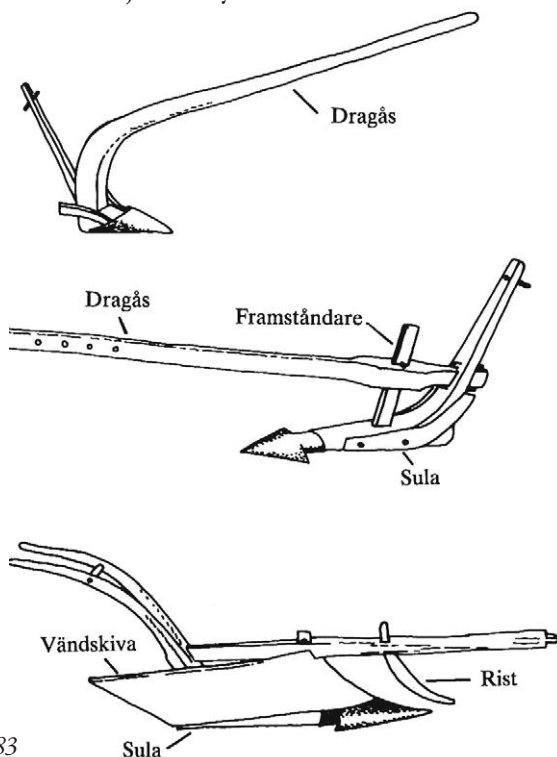
uppmätningar i Norge förekommer skäror med blad upp till 25 cm medan kortliarna är kring 40 cm. Längden är dock till föga hjälp om man inte har turen att undersöka ett helt komplett exemplar. I allmänhet har dock lien bredare blad och rakare egg (Myrdal 1982).

## 5.10 Årdret

Åkerbruket är centralt inom jordbruket i Sverige under medeltid. Tillsammans med boskapsskötsel bildar åkerbruket grunden för större delen av den produktion som sker under denna period. I åkerbruket är bearbetningen av jorden, gödning och växtrotation de viktigaste delarna. Under medeltiden förekommer bearbetning med årder och med plog. Billen är den del av plogen eller årdret som bearbetar jorden och den del som här undersöks närmare eftersom den tillverkas av järn. Årderbillen sätts på ett årder och plogbillen på en plog. Myrdal har gjort en grundläggande genomgång av billar i sin avhandling och den bildar utgångspunkt för mitt vidare arbete (Myrdal 1985).

Årdret har använts ända sedan bronsåldern. Det består huvudsakligen av tre delar, dragås, sula och framståndare. Dragåsen fästs vid sele och dragdjur, sulan vilar mot jorden och vid den är årderbillen fäst. Framståndaren sammankopplar dragås och sula och möjliggör för den som ärjar att styra.

Under bronsålder och tidig järnålder användes både bågårder, krokårder och tresidigt årder. Under äldre järnålder infördes även den separata årderbillen av järn. Bågårdret får en större utbredning under vikingatid och medeltid (Jirlow 1970). Arkeologiska fynd av bågårder finns från Uppland, Dalarna och Södermanland. Kalkmålningar från 14–1500-talet visar att högårder och bågårder dominerar i Mälardalen medan tre- och firsidiga årder är vanligare i Östergötland (Myrdal 1986:85). Under vikingatid och tidig medeltid



Figur 5:19. Årder. Källa: Myrdal 1985:83

dominerar bågårdret i östra Sverige och Dalarna. Under senmedeltiden övergår man i dessa områden till högårder. Bågårdret fortsatte då att användas i södra Västergötland. Högårdret behöll sin position i östra Sverige in till nyare tid.

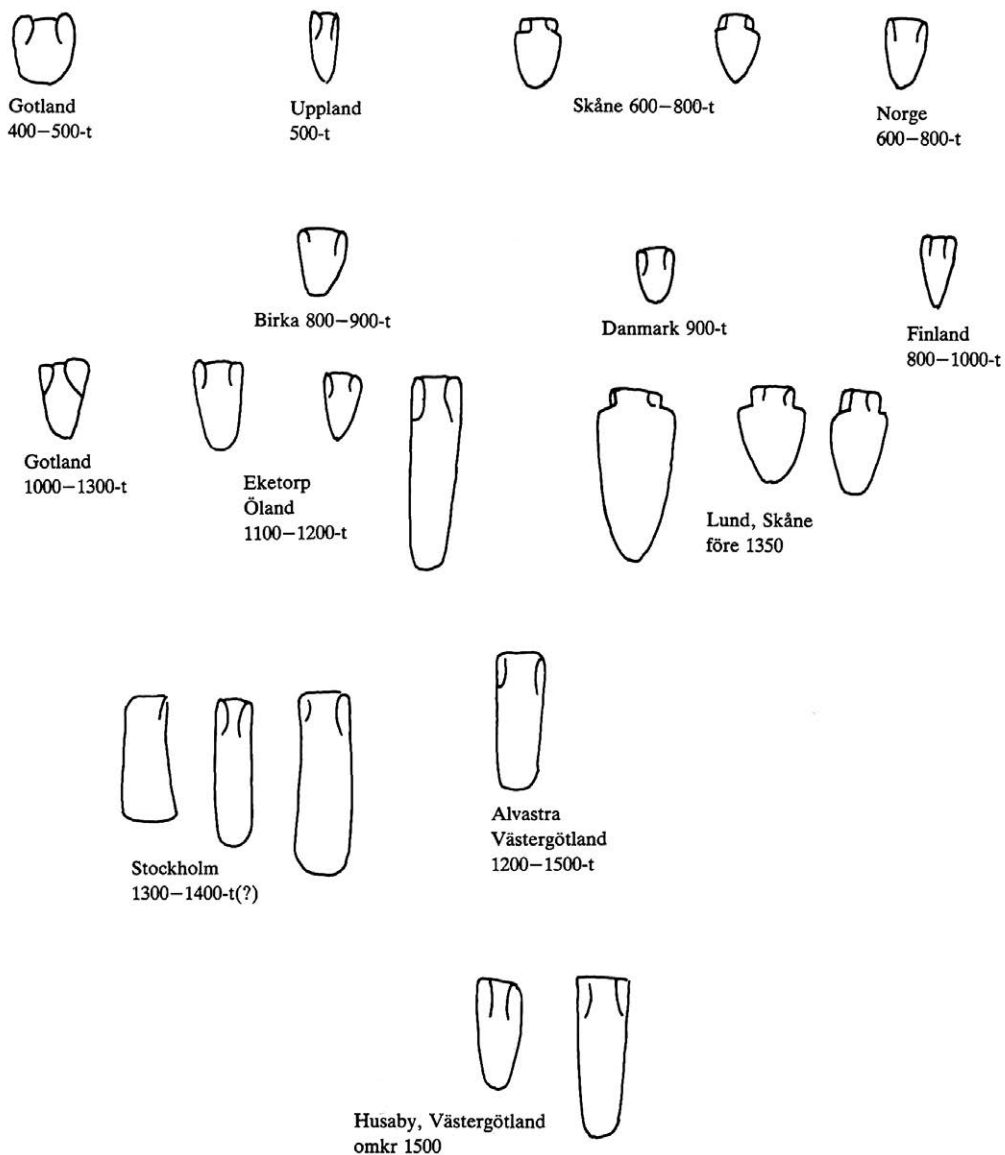
Årdret är ett sammansatt redskap där delarna är utbytbara och vi kan räkna med att delar byttes och lagades i omgångar. Mest utsatt för påfrestningar var den del av årdret som ristar fårorna i jorden. Därför har man redan under järnålder förstärkt denna del med en järnbill för att minska och fördröja slitaget men även göra redskapet mer tåligt. Järnbillen betydde säkert att redskapet bättre kunna bereda jorden och kanske även bearbeta svårare jordar. Under medeltiden blev järnbillarna större och kunde därmed lättare bearbeta hårda jordar och träda (Myrdal 1985). Den vanligaste varianten från Sverige är skaftlappsbillen som trädde på längst fram på årdrets sula. Andra varianter finns från Europa och är utformade på olika sätt. När det gäller slitaget finns en lösning med en bill som läggs på sulan och efterhand matas fram i takt med att den slits. Årderbillar är dock en relativt liten kategori i det arkeologiska materialet. Även i brittiska genomgångar av arkeologiskt material är plog och årderbillar sällsynta, speciellt i jämförelse med hur ofta de förekommer i medeltida skrifter och illustrationer (Goodall 2011:77). Kanske är detta en följd av att järnet från slitna billar återbrukats.

Av figuren kan man enkelt se hur billarna ökar i storlek från 1000-talet och framåt (Myrdal 1985). Även i Norge har man kunnat dokumentera en skillnad mellan årderbillarna från järnålder vilka vanligen var relativt små och tunna och vägde runt ett par hundra gram. Årderbillarna från medeltid är betydligt större och väger enligt uppgift mångdubbelt i jämförelse med de tidigare billarna (Öye 2002:332). Detta betydde också att årdret blev mer hållbart och kunde bearbeta tyngre jordar.

Det finns olika möjligheter att fästa årderbillen på årdret. Skaftlappsbillen träas på som en hylsa mellan skaftlapparna. Billar med tånge sätts fast precis som andra redskap med tånge. Under historisk tid spikar man ofta fast billen, men det är inte känt från svensk medeltid. I övriga världen finns ytterligare ett antal lösningar. Men vi kan ändå konstatera att de medeltida årderbillarna från Sverige är mycket homogena och att det finns en tydlig tradition med skaftlappsbillar. Skaftlappsbillen är lätt att ta av, dels för att skydda billen, dels när den behöver bytas.

Årdret är ett redskap som inte kräver mer än en häst eller två oxar som dragare. Det är lättare än en plog och består av färre delar. Årdret har använts på mindre och mer ojämna åkerytor men även på större ytor. Ett av de största problemen var sannolikt slitaget av sulan vilket till viss del löstes av järnbillen. Med årdret ärjar man jorden vilket betyder att man ristat spår i jorden, luckrar upp den och rensar den från gräsvålen. Jorden bearbetas i repor, ibland i ett ruttmönster, vilket kallas korsärjning. Årdret har även andra fördelar, det kan också användas för sådd, då man myllar ner säden med hjälp av årdret.

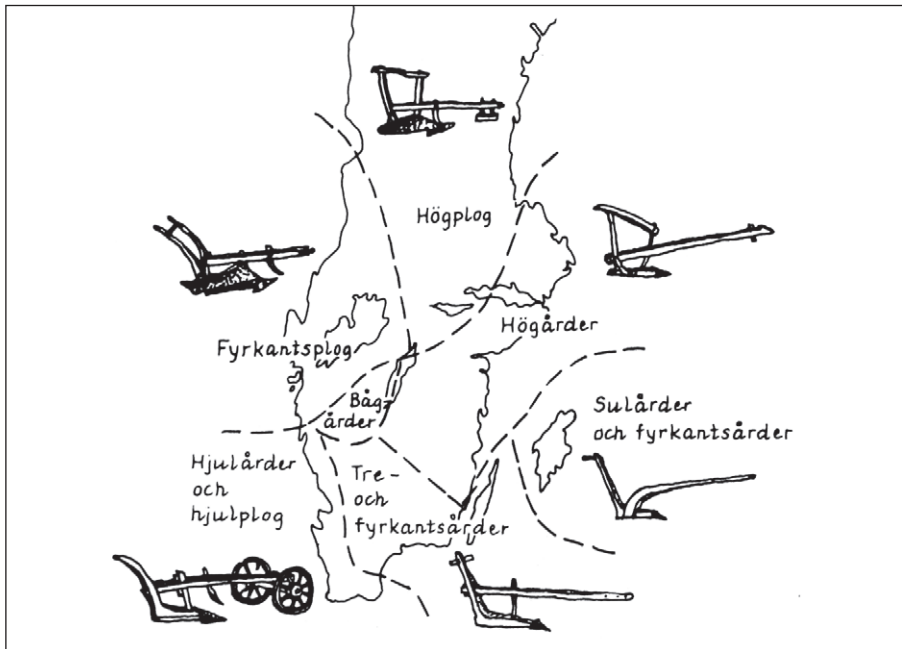
De olika typer av årder som huvudsakligen används under medeltid i Sverige är bågårder, högårder, firsidigt och/eller tresidigt årder.



Figur 5:20. Svenska årderbillar. Källa: Myrdal 1985:90

Krokårdret är en svängd mindre trädstam som utgör både dragås och sula. Här sätts en bakståndare fast i sulan. Detta är den enklaste varianten och en av de äldsta.

På bågårdret är bakståndaren och sulan ett stycke. Bakståndaren är fäst vid sulan. För att det ska bli ett tresidigt årder sätts en framståndare mellan sula och dragås på bågårdret.



Figur 5:21. Krokårder, bågårder, tresidigt årder, sulårder, firsidigt årder och högårder. Källa: Myrdal 1985:82

På sulårdret är de tre huvuddelarna enskilda delar. För att få ett firsidigt årder sätts en framståndare mellan sula och dragås på sulårdret.

Högårdret har ytterligare en tvärsåla ovanför dragåsen. Detta är handtaget som förlängts framåt.

Årderspår är inte helt ovanliga inom det arkeologiska källmaterialet och de är bokstavligen spår av ärjning. De skapas när årdret rispar jorden och billen ibland går ner i örört lager. Vid arkeologiska undersökningar syns årderspåren som mönster av odlingsjord i obrukad jord. Efter en snabb genomgång av drygt 20 arkeologiska rapporter som nämner årderspår kan man konstatera att denna typ av lämning många gånger är styvmoderligt behandlad. Syftet med genomgången var att se om det var möjligt att identifiera användningen av olika typer av årderbillar genom den dokumenterade bredden på årderspåren. Bland de arkeologiska fynden av årderbillar kan vi identifiera två typer av skaftlappsbillar, den ena spetsig och den andra rak. Det förefaller som om den spetsiga är från förhistorisk tid och den raka från medeltid. Genom årderspårens bredd och form borde man då kunna identifiera vilken typ av billar som använts. Tyvärr lämnar rapporteringen av årderspår en hel del att önska i jämförelse med andra anläggningar. I endast fyra fall har man dokumenterat bredden på årderspåren och ingen har redovisat någon profil. Man nöjer sig oftast med att identifiera årderspåren och klassificera dem till korsärjning samt att diskutera datering.





*Figur 5:22. Årderspår från arkeologiska undersökningar vid Yngsjö, korsärjning och parallella rader. Foto: Sydsvensk Arkeologi AB.*

Det är med andra ord inte möjligt att med hjälp av gamla rapporter matcha årderspår mot olika biltyper. Men vid framtida arkeologiska undersökningar av årderspår är detta en möjlighet att nå ökad kunskap. Den spetsiga billen lämnar smalare årderspår om endast den allra nedersta delen av spåret är bevarat. Spåret kan också i större utsträckning växla i bredd då årdret kan gått på olika djup.

Profilen från den spetsiga billen skulle även i viss mån visa avsmalnande spår. Den raka billen skulle däremot lämna bredare och jämnare spår med en mer rektangulär profil.

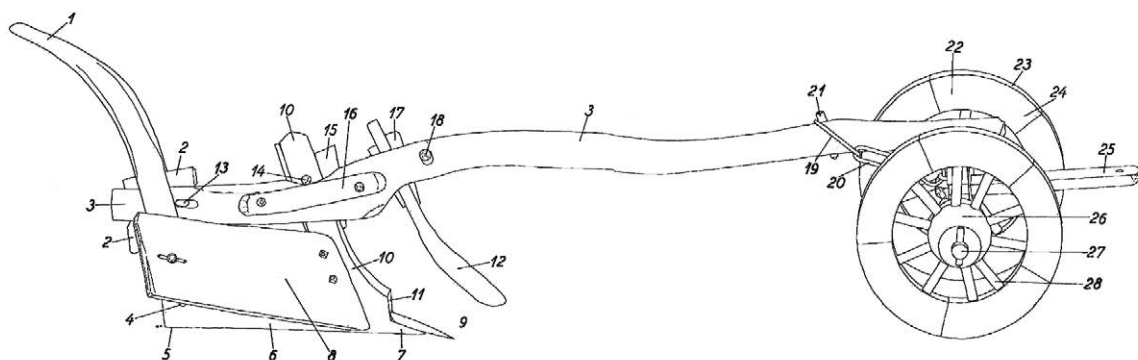
Städerna har ofta setts enbart som konsumenter av jordbruksprodukter men sanningen är att de även står för en del av produktionen. Stadsborna har kanske varit självförsörjande i högre grad än man tidigare trott (Lindberg & Lindeblad 2013, Öye 1998:7). Där har man även haft en mer utvecklad specialisering av odlingen i kålgårdar, trädgårdar, humlegårdar och örtagårdar. En av de mest genomgripande arkeologiska undersökningarna inom en medeltida stad på senare år gällde Skänninge. Här bestod de så kallade stadsjordarna av cirka 600 tunnland åkermark under första delen av 1500-talet (samt ängsmark om cirka 230 lass hö) (Lindberg & Lindeblad 2013:276). Vid undersökningen kunde man urskilja en förändring senast under början av 1200-talet. Innan dess begränsades åkermarken genom ett antal diken där årderspårerna löpte parallellt med dikenas längdriktning. Ny åkermark som etablerades visade dock ett tydligt ruttmönster efter korsärjning (Lindberg & Lindeblad 2013:281). En uppskattning är att tegstorleken var 31×16 meter vilket motsvarar cirka 500 m<sup>2</sup> (Lindberg & Lindeblad 2013:283). Det man huvudsakligen odlade var sannolikt råg och korn (Myrdal 1999:38).

### 5.10.1 Årder eller plog

I denna avhandling kommer ploget endast att få en marginell uppmärksamhet, men relationen mellan plog och årder måste ändå beröras. Frågan har många gånger ställts inom forskningen, varför man i östra Sverige inte har anammat ploget utan fortsatt använda årdret. Undersökningen av årderbillen är till viss del relevant även för plöjningsredskap eftersom de i stor utsträckning liknar varandra under denna period.

Ploget kräver jämfört med årdret större insats av dragdjur. Den största tekniska skillnaden mellan årdret och ploget är vändskivan. Den är placerad bakom plogbillen som bryter den jord som sedan vänds av vändskivan. Ploget är ett tyngre redskap än årdret och metoden med vändskivor gör att det krävs mycket större dragkraft till ploget än till årdret. Den vända jorden anses underlätta för utsädet, och vänder även bort ogräs och träda. Den kan också användas för att bearbeta tyngre jordar. Ploget sparar arbete för bonden, då en åker inte behöver plöjas lika många gånger som den måste ärjas. Enligt Banham måste åkrar som bearbetas med årder ärjas ett antal gånger innan de var redo att sås (Banham 2014). Det krävs dock en helt annan investering i dragdjur för en plog, oftast behövs två oxpar, i vissa fall tre eller fyra beroende på typ av jord. En fördel med ploget är de ryggade åkrarna, som endast kan bildas med en plog som förflyttar jorden. Om en teg plöjs så att jorden välts in mot tegens mitt bildas en upphöjning eller rygg i längdriktningen. Fördelen med ryggade åkrar är att vattenavrinningen mellan åkrarna blir mycket bättre (Myrdal 1985, Lerche 1994).

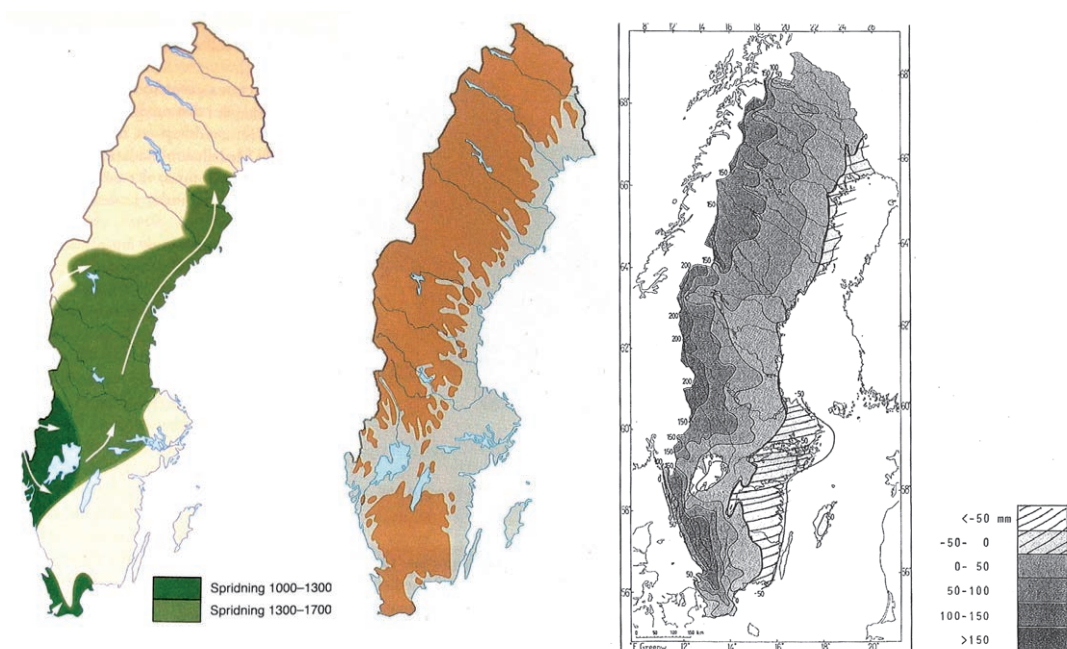




Figur 5:23. Hjulplog. 1. The stilt and handle, 2. The beam-wedges, 3. The beam, 4. The stilt tenon and peg, 5. The heel of the sole, 6. The sole, 7. The tongue of the sole, 8. The mould board, 9. The plough share, 10. The sheath, 11. The breast of the sole, 12. The coulter, 13. The beam cross peg, 14. The tenon hole and peg of the sheath, 15. Two wedges in the sheath hole, 16. The clamp for the plough axe, 17. Two wedges for the coulter, 18. A peg for the plough staff, 19. The draught collar, 20. The chain with the collar, 21. The draught peg, 22. A spoked wheel, 23. The rim of the wheel, 24. A felloe piece, 25. The draught board, 26. The bub, 27. The axle, 28. A spoke. 19–28 The forecarriage. Källa: Lerche 1994:14

Plögen förekommer i Centraleuropa under första hälften av 1000-talet, alltså innan vår svenska medeltid. Enligt Myrdal kommer den till Sverige från Danmark och Norge (Myrdal 1985). Han poängterar även att årdret och plögen kan användas i kombination, årdret till lätta jordar och plögen på tyngre jordar och för att bryta träda. Plögen nämns för första gången i skriftliga källor 1171 i Danmark, men arkeologiskt undersökta plogspår har nyligen daterats till 400-talet. Det indikerar att plögen kan ha introducerats i Danmark redan vid övergången mellan äldre och yngre järnålder. Samtidigt har ett växelbruk med höstråg och vårhavre kunnat beläggas genom arkeobotaniska undersökningar (Agersnap Larsen 2015 in print). Under medeltiden uppnår plögen en stark ställning i Danmark och då försvann även årdret i stora delar av landet. För Norges del konstaterar Myrdal (1985) att plögen fanns i söder under tidig medeltid, men att den inte dök upp i mellersta Norge förrän under senmedeltid.

I Sveriges Äldre Västgötalag nämns varken årder eller plog. I den Yngre Västgötalagen, som antas vara skriven under slutet av 1200-talet, nämns plögen. Lagen reglerar problemet med avplöjning när någon "stjal" jord av grannen med hjälp av vändskivan. Med andra ord var plögen så pass vanlig under 1200-talet i Västergötland att detta problem tas upp. Ett andra exempel är Hälsingland där plögen nämns i en lag 1314. I övriga svenska landslagar nämns endast årder. Myrdal (1985) konstaterar att fram till 1300-talet var årdret helt dominerande i Sverige utom i Västergötland. I Närke finns platser med ryggade åkrar daterade med <sup>14</sup>C-metoden (Sporrong 1978:84–89 1985:159, Ericsson 1999). Dessa dateringar är problematiska men vi kan liksom Myrdal konstatera att det sannolikt



Figur 5:24. Plogens spridning 1000–1300 och 1300–1700 samt högakustlinjen och Sveriges vattenbalans. Källa: Gadd 2009: 153, 161, 163

betyder att ryggade åkrar förekom under medeltid, åtminstone under 1400-talet, i Närke (Myrdal 1985). Men ännu under 1700-talet var årdret dominerande i östra Sverige, medan plogen dominerade i Västergötland samt i mellersta och norra Sverige. I de delar av Sverige där plogen introducerades under medeltiden användes fyrsidig plog (lågplög), i Skåne och Halland hjulplogar liksom i Danmark medan högplogen dominerade i de mellersta och norra delarna av Sverige.

Varför plogen inte snabbare sprider sig i Sverige har diskuterats under lång tid. Kanske speglar även frågan i någon mån hur man har sett på teknik. Ur ett evolutionistiskt och diffusionistiskt perspektiv handlar det ju just om varför någon inte tar upp en ny trend. Kanske borde man fråga sig varför man i ett samhälle där två företeelser finns (i detta fall årder och plog) väljer det ena eller det andra. Ragnar Jirlow, som var etnolog och verksam från och med 1950-talet, hävdade att spridningen av denna typ av teknik handlade om diffusion och kulturfärer och hans slutsats är att plogen kom från söder och väster och därför sist införs i östra Sverige (Jirlow 1970). En orsaksmöjlighet som diskuterats har varit steniga åkrar, att man valt årder framför plog av geologiska faktorer, som t.ex. den steniga moränen ovanför högakustlinjen. På vissa punkter stämmer dock inte resonemanget. Årder används inte endast på steniga moränjordar utan även på slättens lerjordar. En senare diskussion handlar om olika ekotyper, dels en mediterrän som använder årdret, dels en transalpin som använder plogen. Valet

mellan årder och plog skulle då handla om att antingen bevara fuktigheten i marken eller att minska den. Lever man i ett klimat där risken är att jorden blir för torr bör ett årder vara mindre påfrestande för jorden (Gadd 2009:154). I östra Sverige lider jordbruket ofta av så kallad försommartorka vilket gör att jorden blir för torr och grödan blir lidande (Gadd 2009, Stiernstedt 1995). Vid nutida experiment med plöjningsfri odling i Västergötland och Uppland visar experimenten lyckade utfall i Uppland men inte i Västergötland (Gadd 2009, Kritz 1997, Rydberg 1987). Gadd konstaterar då att om årdret var mer lämpat för platser där vattenavdunstningen var större än nederbörden, var östra Sverige i högsta grad lämpligt för årdret (Gadd 2009:163).

## 5.11 Spaden

Tidigare i kapitlet beskrivs det nya tekniska medeltida komplexet där en del av det nya är den järnskodda spaden. Sedan människan började odla har man självklart grävt och bearbetat jorden för att förbättra sin odling. Den järnskodda spaden fanns i romarriket redan 1000 år före dess introduktion i Sverige (Myrdal 1982, White 1962). Den var spridd till romarrikets gränser men introducerades inte förrän vid övergången till medeltid i mellan- och norra Europa, cirka 500 år efter romarrikets fall. Järnredskapen som presenteras här i övrigt har funnits även under järnålder även om de har varit i mindre skala och annat utförande. Spadskoningen är en ny innovation, men det handlar inte om ett nytt redskap utan en effektivisering där man för första gången har valt att använda järn till spadgrävning. I Danmark har spadskoningen daterats till omkring 1000-talet men i Sverige anser Myrdal att de första arkeologiska beläggen på spadskoningar är från 1200-talet. Då är de ännu ovanliga och bland annat talar det stora materialet från Eketorp III, vilket inte innehåller några spadskoningar, sitt eget tyska språk (Myrdal 1999:43). Spadskoningen gynnade sannolikt även mindre gårdar och odlingar som saknade dragare till plog eller årder. Spadbladen helt i järn finns inte alls under medeltid, men blir vanliga i Bergslagen under 1700-talet (Myrdal 1999).

De första grävningsredskapen hade ofta ett långt skaft med ett bredare blad i ena änden för grävningen. Skaftet blev kortare för att den som grävde skulle kunna lägga mer tyngd på spaden. Sedan tillkom ett handtag på toppen av skaftet i T-form eller triangelform. Spaden utvecklades från att ha en skuldra till två så att man skulle kunna öka trycket med hjälp av fötterna och därmed gräva i hårdare och tyngre jord. Den första järnskoningen med en skuldra kan ha liknat de tidiga årderbillarna av järn. Spaden fick även en spets i mitten av bladet för att bättre kunna bryta igenom jorden (Myrdal 2005). Den järnskodda spaden underlättade nyodling och dikesgrävning. Den träspade som man hittills använt sprack antagligen lätt om man exempelvis mötte sten vid dikesgrävning eller nyodling. Spaden har ett systerredskap i skoveln eller skyffel. Skyffeln har en rak

nederkant, och dess uppgift har huvudsakligen varit att samla upp och flytta exempelvis gödsel, sand eller snö. Spadens blad är rakt och utan kanter, skyffelns blad snarare lite skålat med kanter. Skuldrorna på en spade är raka och ämnade att utgöra fotens och skons underlag för nedpressning av redskapet genom jorden. Skyffelns skuldror är oftast istället sluttande och inte raka (Myrdal 1983). Här behövdes inte raka skuldror som fotstöd, här användes snarare hand- och armkraft. Järnskodda skovlar kom även de under medeltiden men träskovlar och -skyfflar har använts ända in i 1900-talet. Från England finns dock medeltida skyfflar med blad helt av järn. De tolkas dock som använda vid extrem värme, som exempelvis att skyffla aska ur en ugn (Goodall 2011:79). Fastsättningen av spadskoningen är till skillnad från årderbillen en permanent lösning med spikar i träet. När det gäller spadskoningar har man i England identifierat en typ av skoning som träs på träspaden och inte fästs med spik eller liknande (Goodall 2011:79). Denna typ av spadskoningar är inte känd från Sverige.

Myrdal har nyligen publicerat tesen att ökad spadodling låg bakom en del av den kraftiga ökningen för nyodling perioden 1000–1300. Denna typ av odling skall sedan ha försvunnit med den agrara krisen i slutet av medeltiden, då arbetskraft blev en bristvara och det agrara systemet effektiviserades (Myrdal 2015 in print). I Skandinavien odlades jorden på stora gods direkt, men även av underordnade jordbrukare i form av arrendatorer, livegna och torpare som hade arbetsplikt. Dessa människor var uppdelade i två olika kategorier: de som ägde dragdjur, och de som inte gjorde det – små torpare med små tomter som brukade marken manuellt. En ny och mer komplicerad bild framträder, när vi identifierar miljontals små bönder i Europa under den stora medeltida expansionen. Den odlingsareal som bearbetades med plog var naturligtvis större än den areal som odlades för hand. Men sannolikt har vi underskattat spadens betydelse för det småskaliga jordbruket under den intensiva nyodlingen. Spaden användes för flera viktiga uppgifter som dikning, fördämning, byggnation och många andra ändamål (Myrdal 2015 in print).

## 5.12 Tidigare metallurgiska undersökningar

Under sen järnålder är de olika järnkvaliteter som oftast påträffas i metallurgiska undersökningar kolfritt (ferritiskt) järn, fosforjärn, kolstål och lågkolhaltigt järn. Det allra bästa materialet i form av stål ”good carbon steel, tempered and annealed martensite” (Hjärthner-Holdar 2009:134) påträffas oftast i elitmiljöer och var enligt Hjärthner-Holdar kanske reserverat för vapentillverkning (Hjärthner-Holdar 2009). Hur det ser ut under medeltid vet vi något mindre om.

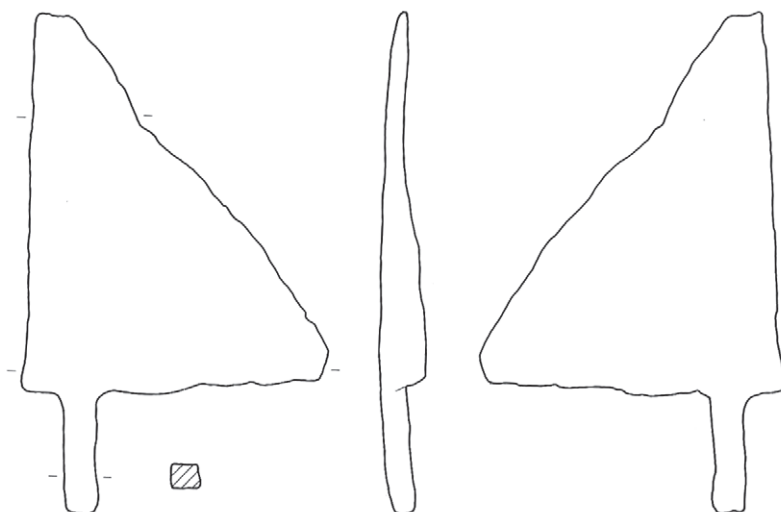
Relativt få metallurgiska undersökningar har gjorts av medeltida svenska jordbruksredskap, till skillnad från t.ex. svärd, knivar och ämnesjärn. När det gäller årderbillar har inga undersökningar av den typen publicerats och endast få undersökningar har gjorts av plogbillar, skärar och liar. Inte heller järnet i

spadskoningar har ännu analyserats närmare. I sökandet efter analyserade jordbruksredskap är det främst genomgången av GAL:s rapportserie samt de två senaste böckerna av Vagn F. Buchwald "Iron and steel in ancient times" och "Iron, steel and cast iron before Bessemer" som gett resultat. Buchwald har gjort en mycket noggrann genomgång av analyserat nordiskt material. Det rör sig tyvärr om relativt få jordbruksredskap totalt, vilket gör att jag har valt att redovisa analyser från både Danmark och Sverige och även för redskap som är äldre än undersökningsperioden. Antalet analyser har ökat under de senaste åren på grund av utvecklad teknik och ökad förståelse för värdet av metallurgiska analyser.

Vi kan konstatera att jordbruksredskap oftast inte är prioriterade i metallurgiska undersökningar men att de i relativt stor utsträckning har genomförts på flera föremålstyper som vapen, knivar, spikar, nitar, hästskosöm samt olika typer av ämnesjärn. När det gäller knivar eller nitar beror det sannolikt på att dessa kan sägas vara massmaterial vilka det är lättare att ta förstörande prover på (t.ex. Tomtlund 1973, Arrhenius 1974, Grandin 2004). Som exempel på detta har inte mindre än 400 knivar påträffats i Birkas garnisonsområde (Trotzig 2014). När det gäller vapen så har det sannolikt ett samband med det stora intresse som forskningen generellt ägnat åt denna föremålstyp (t.ex. Thålin-Bergman 2005, Pleiner 1978, Törnblom 1981). I fallet med olika typer av ämnesjärn och osmundar handlar det om att forskningen på detta område i många fall är inriktad på att ställa frågor om materialens kvalitet, kolhalter och så vidare (Hallinder 1978, Hallinder & Tomtlund 1978, Modin & Modin 1985, Wallander 2015, Berglund 2015). Det sparsamma antalet analyserade jordbruksföremål beror sannolikt delvis på lågt intresse för jordbruksredskap, något som även resulterat i att de inte alltid kan identifieras utan endast klassas som "föremål" eller "redskap". Analyser av massföremål är mycket lättare att genomföra, då problemen med provtagning på unika föremål är stora (*se tidigare diskussion i kapitel 3*). Utifrån de kategorier av jordbruksredskap vilka jag valt att avgränsa avhandlingen till finns endast två analyserade skäror och tre liar i det svenska materialet.

Två av liarna kommer från Bengtstorp i Närke. Liarna har analyserats av GAL sedan de hade påträffats vid undersökningen av ett järnåldersgravfält. Tyvärr var dateringarna som gjordes med  $^{14}\text{C}$  från liarna inte trovärdiga då en datering angav att den ena lien tillverkats kring övergången mellan neolitikum och bronsålder. Detta innebär att dessa analyser är mycket svåra att använda i en forskningsdiskussion. Den ena lien var en kraftigt korroderad kortlie, tillverkad av stål och mjukare järn, som var svår att analysera. Den andra lien var längre, vikt på mitten och tillverkad med ett inlägg av stål i ett mjukare järn. Metoden liknar mycket de senare historiska beskrivningarna av liesmide (Grandin 2007). En kortlie från Rimbo nämns i en av Helgö-publikationerna, den skall vara analyserad av Modin och har nummer 7482/65. Tyvärr har varken jag eller ATA (Antikvarisk-topografiska arkivet) lyckats få fram mer uppgifter om denna lie.





Figur 5:25. Aleröplogbillen. Källa: Lerche 1994:214

Den ena skäran som analyserats kommer från en förromersk grav från Tjärby i Halland. Skäran är en typisk vinkelskära med tånge. Ett prov togs i ett tvärsnitt ur skäran som visar ett triangulärt snitt från rygg till egg. En möjlig tolkning är att järnet i skäran är sammansatt av två olika material, ett mjukare och ett hårdare. Dessa material har sammanvällts så att det mjukare järnet har omslutit ett hårdare stål som placerats centralt i skäran och ut mot den skärande delen. Det har inte varit möjligt att konstatera någon härdning (Grandin & Andersson 2006, 2007). En skära från medeltid har också analyserats. Den påträffades i en smedja daterad till 1400-talet vid Valsta bytomt i Uppland. Den har ett triangulärt tvärsnitt där ryggen är upp till 5 mm bred. Föremålet är ihopsmitt av flera lager av olika kvalitéer. Blandningen visar att bladet är sammansatt av stål och mjukt järn, där ett centralt lager av stål löper ut i eggen. Skäran har också härdats (Hamilton m. fl 2012).

Ett antal analyser har även utförts i Danmark. Plogbillen från Alerö är ett arkeologiskt fynd av en plogbill som sannolikt är från 1500-talet. Plogbillen vägde ca 1,9 kg och var sammansatt av tre sammanvilda bitar med synliga vällfogar. Strukturen på järnet är heterogen och består av både ferrit och perlit. Kolhalten varierar mellan 0,005–0,2 %. Efter ett hårdhetstest kan man konstatera att på Vickersskalan ligger den mellan 125–200 HV 100 i hårdhet. Den är gjord av fosforrikt järn från dansk myrmalm. Efter att ha studerat ett prov taget vid plogbillens egg konstaterar man att plojen inte har blivit härdad, men att den kan ha blivit kallbearbetad med hammare och städ liksom man gör med knackliar (Buchwald 1991:266, Lerche 1994:215). Vickers hårdhetstest går ut på att med en pyramidformad diamantspets göra ett nedtryck i testmaterialet med en förbestämd last (10 g–1000 g). Resultatet blir ett mått på ett materials förmåga att motstå plastisk deformation, med andra ord dess hårdhet.



De hittills mest omfattande verken angående järn och stål är Vagn F. Buchwalds "Iron and steel in ancient times" och "Iron, steel and cast iron before Bessemer". Där sammanställer Buchwald många av de analyser som gjorts i Norden. I dessa verk kan vi även finna några jordbruksredskap även om de är sällsynta. Här finns även metallurgiska analyser med andra syften än att vinna mer kunskap om redskapens tillverkning och deras egenskaper.

Analyserna har främst syftat till att klarlägga vilken typ av järn som använts och var ifrån järnet kommer. Proveniensbestämningar kan vara av stort intresse men ryms inte inom ramen för denna avhandling. I Buchwalds verk redovisas även många hårdhetstester vilket gav ett intressant jämförelsematerial för de analyser som redovisas i denna avhandling.

Sammanfattningsvis ger de undersökta medeltida jordbruksredskapen en relativt homogen bild när det gäller hårdhetstesterna. Två plogbillar har undersökts, den första från Odense har ett spann av fem tester mellan 122–257 HV 100 och den ovan nämnda billen från Alerö har sju tester mellan 112–189 HV 100. Vi kan därmed konstatera att den högsta uppmätta hårdheten ligger på 257 HV 100. Två skärar har testats, från Aggersborg och Veksö, båda daterade till 1000–1300-tal. Skärorna har testats mellan fem och sju gånger var och visar resultat mellan 116–332 HV 100. Skäran från Veksö uppvisar störst hårdhet, mellan 232–332 HV 100. En lie från Veksö från 1100-talet har testats med fem testresultat mellan 143–228 HV 100 och en lie från Grönland av fosforjärn från 1200-talet med 116–132 HV 100 (Buchwald 2008:12, 164). Vi kan här se att generellt ligger hårdhetsmätningarna mellan 100–300 HV 100, endast ett enda mätvärde ligger över. De flesta mätningarna ligger i ett spann mellan 120–240 HV 100. Vi ser inte heller någon tydlig skillnad mellan de olika redskapskategorierna i denna typ av tester.

Allt som allt kan vi säga att de skärande redskap som analyserats består av såväl mjukare järn som stål, både när det gäller skärar och liar. Den plogbill som undersökts i Danmark bestod av ett mycket sammansatt, kallbearbetat material med olika kolhalter. Vad gäller spadskoningar har vi hittills ingen metallurgisk analys.



# I. Undersökningen del I.

## Jordbruksredskap av järn

Idetta kapitel kommer jag att redovisa det arkeologiska källmaterialet för denna undersökning. Det rör sig om medeltida jordbruksredskap av järn, eller snarare jordbruksredskap med delar av järn. Precis som idag var många jordbruksredskap under medeltid sammansatta av olika material. De som är intressanta för denna undersökning hade minst en del av järn.

Det finns flera skäl att sätta samman redskap av olika material. Jordbruksredskapen tillverkas framför allt av järn och trä. Under den första tiden under bronsålder och äldre järnålder användes järnet huvudsakligen till skärande redskap. Under förhistorisk tid och även senare har man sannolikt sparat på järnet som var dyrare och krävde en större specialkunskap än bearbetning av trä. Men det finns även andra anledningar att använda trä framför järn. Träet är inte lika tungt att hantera och det är lättare att forma och laga. I fallet jordbruksredskap kan man sammanfatta järnets funktion i tre primära varianter; skärande, förstärkande och slitagereducerande. Skäran och lien är lätta att kategorisera som skärande objekt. Årderbillen var både en förstärkning av en trädel samt en möjlighet att reducera slitaget. När det gäller spadskoningen handlar det delvis om en kombination av skärande, förstärkande och reducerande för slitaget. Hackan återkommer jag till nedan.

Här följer en presentation av de utvalda jordbruksredskap som tidigare presenterats; *lie*, *skära*, *årderbill* och *spade*. Varje redskapstyp kommer att redovisas separat. En sammanfattning av forskningsläget kring de olika redskapskategorierna har tidigare presenterats. De undersökta och dokumenterade föremål som gåtts igenom inom ramen för denna studie sammanfattas i tabellform. Vid undersökningarna av fyndkategorierna gav en av kategorierna mycket få indikationer. I de medeltidsmaterial som undertecknad har undersökt saknas hackor av den typ som kan ha använts inom jordbruket, några få hela exempel av hackor har påträffats men dessa har tolkats som sten- eller bergshackor. Några få exempel på möjliga jordbrukshackor finns men det rör sig endast om några fragment, även i Hanssons genomgång av arkeologiskt material fattas hackor (Hansson 1989:65). För att undersöka det eventuella bruket av hacka under svensk medeltid krävs en utvidgad undersökning vilken inte ryms inom avhandlingsarbetet. I

redovisningen saknas även plogbillar på grund av att de var mycket sällsynta i det genomgångna materialet. De få exempel på plogbillar vilka förekom var dessutom problematiska att datera. De sex kategorierna reducerades därför till fyra och hackan och plogbillen har uteslutits från den vidare undersökningen och därmed även ur redovisningen.

Redovisningen börjar med lien följt av skäran och årdret och avslutas med spadskoningar. För samtliga tabeller med mått- och viktangivelser gäller följande. Den del som är vägdd och mätt är endast av järn. I de flesta fall är detta inget problem då vi inte har några kompletta årder eller liar med orv att mäta eller väga. I fallet med spadar finns spadar att tillgå men de mått och vikter som anges gäller endast spadskoningar. Några av skärorna har fortfarande trähandtag eller delar av trähandtag kvar. Dessa har uteslutits ur undersökningen då det inte gått att väga endast järndelen. När det gäller de övriga fynden så har principen varit att endast mäta och väga hela fynd. Även detta är dock en bedömningsfråga i vissa fall. Om en mindre del av ett föremål fattas har jag dock i några fall valt att hellre fria än fälla då det har varit ont om hela fynd. Som gräns har jag dock satt att min bedömning skall vara att andelen av föremålet skall vara till mer än 50 % bevarat. I tabellerna redovisas alla mått i gram och millimeter. Syftet med redovisningen är att presentera ett antal medeltidsdaterade fynd med mått men framför allt vikt. Vikterna kommer att användas till en sammanfattning av behovet av järn i det medeltida jordbruket. Man kan konstatera att vikten på ett arkeologiskt föremål ofta saknas till förmån för fyndens mått. Den arkeologiska dokumentationen har med andra ord ofta prioriterat storleken på föremålen framför vikten.

## I.I. Arkeologiska fynd av liar

De arkeologiska fynden av hela lieblad är mycket få. Detta beror sannolikt på liebladets långa och smäckra konstruktion. Att påträffa delar av liar är dock inte speciellt ovanligt, vilket styrker argumentet att liens form och konstruktion bidrar till den höga fragmenteringsgraden. Utifrån denna iakttagelse kan vi då anta att när liarna blir längre blir även de hela fynden färre. På grund av att så få hela och väl daterade liar från medeltid finns att tillgå har jag valt att även redovisa några liar vilka uppskattningsvis har bevarats till hälften eller mer.

Nedan följer en kort genomgång av fyndomständigheterna för de fynd som redovisas i tabellen ovan. Alvastra är den största enskilda fyndplatsen för svenska liar tillsammans med Eketorp. Det stora och svärgenomträngliga dokumentationsmaterialet från decennier av undersökningar har på ett förtjänstfullt sätt retts ut av Elisabet Regner (2005). Utifrån denna genomgång kan man även dra vissa slutsatser angående dateringen av liarna. Tyvärr är få av dem kompletta, men här görs ändå ett försök att reda ut var respektive fynd påträffades, inklusive eventuell datering. Samtliga fyndnummer hänvisar till SHM:s katalog.

Tabell I:1 Liar.

ID (SHM)	Landskap	Socken, Plats	Datering	Andel i %	Vikt g	Längd mm	Bredd mm
23127 (373)	Ög	V Tollstad, Alvastra kloster	13–1500	100	340	810	36
23127 (374)	Ög	V Tollstad, Alvastra kloster	13-1500	100	350*	780	35
22111	Ög	V Tollstad, Alvastra kloster	1300-1550	70	94 (188)	187	30
22617	Ög	V Tollstad, Alvastra kloster	Medeltid	90	213 (234)	195+ 86	26
31597	Öl	Gräsgård, Eketorp	11-1300	100	332	455	26–35
31597	Öl	Gräsgård, Eketorp	11-1300	50	146 (292)	267	35
31597	Öl	Gräsgård, Eketorp	11-1300	50	136 (172)	318	32
15825	Up	Adelsö, Alsnöhus	12-1400	50	132 (264)	141	43
7764	Ha	Falkenberg, Falkenbergshus	1280-1434	50	43 (86)	140	18
34825	Up	Uppsala, kv. Toven	Medeltid	70	335 (436)	260	35
F 64311 F 63174	Up	Övergran, Pollista	700-1100	100	443	780	25
F 68341	Up	Övergran, Pollista	700-1100	70	291 (378)	257	34
23950	Vg	Gudhem, Gudhems kloster	Medeltid	90	199 (219)	178	32

*Källa: Underlaget till tabellen grundar sig dels på egna efterforskningar och dokumentation i SHM:s magasin, dels på SHM:s föremålskatalog samt rapporter och publikationer (de rapporter och publikationer som använts refereras i texten nedan)*

*\*Lien var för ömtålig att väga men efter okulär besiktning bedömdes den som något tyngre än (23127:373)*

Bokstavskombinationerna hänvisar till det rutsystem som användes vid de arkeologiska undersökningarna.

Fynd 22111:480: Dn:II kommer från Alvastra kloster, hus 19, i området öster om klosterlängan. Huset hade två våningar och dokumentationen är tveksam när det gäller fyndens lagertillhörighet. Huset har en datering från 1300-talet till en brand under 1500-talets andra hälft. Fynd 22617:176: Ic:I kommer antagligen

från kalfaktoriet, lika med köket, men det är väldigt svårt att avgöra från rutplanen. Fynd 23127:373–374 är ett relativt välbevarat lieblad och ett fragmentariskt. Båda påträffades i anslutning till (innanför eller utanför) norra väggen i hus 19. Huset har kallats det ”världsliga” huset och har föreslagits vara en gäststuga och en plats där man skötte kontakterna med den sekulära världen. Detta på grund av det stora antalet avvikande fynd som har mer med yttervärlden än med klostervärlden att göra. Liebladen kan knappast räknas till den kategorin. Dateringen av huset är generellt med start under 1300-talet och försvinnande mot slutet av 1500-talet.

Den andra stora fyndplatsen för jordbruksredskap från medeltiden är Eketorps borg på Öland. Här har ett stort antal mer eller mindre fragmentariska liar påträffats, varav tre klarade kriterierna för denna undersökning. Liarna tillhör den medeltida fasen och därför görs ingen närmare presentation med tanke på de generella dateringarna från borgen.

Lien från Alsnöhus kommer från de undersökningar som gjordes för närmare hundra år sedan och som finns anmälda i Fornvännen 1917 av Thordeman. Inget närmare står att finna om just lien, men den bör kunna ges en generell datering till medeltid. Borgen Falkenbergshus i Halland undersöktes 1885 och ett stort antal fynd finns registrerade under inventarienumret 7764. Ett av dem är en lie. Med tanke på dåtidens metoder och rapportering är inte proveniensens helt klar, men borgen och fynden kan generellt dateras till perioden från 1200-talets slut till 1434, när borgen brändes under Engelbrektsupproret. Lien från kv. Toven i Uppsala påträffades vid en arkeologisk undersökning 1980, med övergripande datering till medeltid.

Från undersökningarna av Pollista gamla bytomt finns ett stort antal fragmentariska järnföremål (Hållans & Svensson 1998). En övergripande datering anger 700–1100-tal för bytomten och en närmare datering än så kan knappast uppnås för liarna. Om lien från Gudhem finns inga närmare uppgifter men den kan få en allmän datering till ca 1200–1530. Gudhems nunnekloster var ett av de tidigaste klostren i Sverige efter Vreta och Alvastra. Det eldhärjades år 1529 och byggdes inte upp igen.

## I.II. Arkeologiska fynd av skäror

Det arkeologiska materialet av skäror är mångdubbelt jämfört med fynden av liar. Detta beror sannolikt på skärans konstruktion med ett kortare och böjt blad vilket gör den till viss del hållbarare än en lie. Men även här är det mycket vanligt med fynd av delar av skäror.

Nedan redovisas fyndomständigheter för fynden. Fyndet från Knista i Solentuna kommer från en medeltida bytomt. I rapporten hävdas med goda argument att fyndet är ”sannolikt medeltida” (Sillén 2009:21). Skärans är i två delar men tillsammans bildar de en närmast komplett bågskära. I Skänninge,



Tabell I:2. Skärör.

ID	Land- skap	Plats	Datering	Andel %	Vikt g	Längd mm	Bredd mm
F54 F55	Up	Sollentuna, Knista	Medeltid	100	199 61	332+ 160	28/32
F 16	Ög	Skänninge, Kv Fogden	Medeltid	100	700	-	-
21993	Go	Fole, St Hellvigs	1280–1350	100	163	345	24
22501	Ds	Bolstad, Dalaborg	1304–1434	100	66	250	24
F 769	Vä	Västerås, kv Domkyrkan	1450–1500	90	198 (218)	280	-
7040	Bo	Säve, Ragnhildsholmen	1250–1320	80	173 (201)	245	27
F 34	Sö	Botkyrka, Kumla gård	1400–1550	90	33 (37)	131	23
F 492	Sö	Strängnäs, Lunda gård	1100–1400	50	21 (42)	92	-
26025	Up	Sigtuna, S:t Gertrud	Medeltid	50	140 (280)	228	30
F 72507	Up	Övergran, Pollista	700–1100	100	64	240	27
17237	Ög	V Tollstad, Alvastra kloster	Medeltid	100	124	265	24
24344	Ög	V Tollstad, Alvastra kloster	Medeltid	100	203	310	22/36
19149	Ög	V Tollstad, Alvastra kloster	Medeltid	50	32 (64)	109	19
19149	Ög	V Tollstad, Alvastra kloster	Medeltid	80	120 (144)	225	22
19675	Ög	V Tollstad, Alvastra kloster	Medeltid	50	26 (52)	93	18
22959	Ög	V Tollstad, Alvastra kloster	Medeltid	50	32 (64)	138	19
24183	Ög	V Tollstad, Alvastra kloster	Medeltid	50	29 (58)	144	19
24183	Ög	V Tollstad, Alvastra kloster	Medeltid	50	42 (84)	141	27
31597	Öl	Gräsgård, Eketorp	1100–1300	90	120 (132)	354	27
31597	Öl	Gräsgård, Eketorp	1100–1300	80	135 (162)	298	28,5
31597	Öl	Gräsgård, Eketorp	1100–1300	80	118 (142)	224	32
31597	Öl	Gräsgård, Eketorp	1100–1300	50	53 (106)	223	25
31597	Öl	Gräsgård, Eketorp	1100–1300	50	58 (116)	238	38
31597	Öl	Gräsgård, Eketorp	1100–1300	50	82 (164)	148	34

*Källa: Underlaget till tabellen grundar sig dels på egna efterforskningar och dokumentation i SHM:s magasin, dels på SHM:s föremålskatalog samt rapporter och publikationer (de rapporter och publikationer som använts refereras i texten nedan)*

kv Fogden påträffades en skära i ett raseringslager direkt ovanpå ett hus daterat till 1400-talet. Det är rimligt att även förlägga dateringen av fynden till 1400-talet (Gustavsson 2013). Från St Hellvigs på Gotland kommer ett äldre lösfynd som i katalogen ges den relativt precisa dateringen 1200-talets slut – 1300-talets mitt. Fyndet gjordes tillsammans med flera andra daterande fynd med ovan

nämnda datering och det skedde innan en arkeologisk undersökning gjordes av medeltida husgrunder på platsen.

Dalaborgs borgruin i Bolstads sn, Dalsland, undersöktes 1939 och dateringen får anses tämligen säker eftersom borgen började uppföras 1304 och brändes ned vid Engelbrektsupproret 1434. Därefter har ingen verksamhet skett på platsen.

I Västerås, kv Domkyrkan undersöktes den så kallade Sysslomannens tomt nära domkyrkan. Skäran påträffades i ett väldefinierat brandlager från 1400-talets andra hälft (Bergqvist & Bäck 2009). Ragnhildsholmen nära dagens Kungälv var en borg som var i bruk endast under en begränsad tid, ca 1250–1320. Den blev en bricka i spelet mellan de nordiska kungarna vars riken möttes här. Av dessa skäl kom borgen att överges redan efter kort tid. Den undersöktes 1881–82 av Wilhelm Berg och fick en för denna tid ovanligt utförlig rapportering. Fyndomständigheterna för skäran kan inte direkt utläsas men dateringen till borgens brukningstid får anses mycket sannolik. Vid Kumla gård, Botkyrka undersöktes såväl gravar från yngre järnålder som hus och andra lämningar från järnålder fram till relativt modern tid (Beronius Jörpeland & Hamilton 2010). Skäran påträffades i ett avfallslager knutet till ett hus med datering till 1400-tal och som längst till 1500-talets början.

Lunda utanför Strängnäs är mest känt för de rika lämningarna av kultkarakter från yngre järnålder. Här fanns dock även en medeltida gårdstomt där flera mer eller mindre fragmentariska skäror påträffades. Endast F492 uppfyllde kriterierna såväl för bevarandegrad som för datering. Fyndet kom i det äldsta lagret i ett hus daterat 1300–1450 (Beronius Jörpeland & Skyllberg 2003). Skäran från kv S:t Gertrud i Sigtuna påträffades 1958 vid en undersökning av en medeltida husgrund på Fornhemmets tomt. Dateringen kommer enbart från SHM och närmare fyndomständigheter har varit svåra att klarlägga. För fynden i Eketorp och Pollista, se ovan under liar.

Från Alvastra kloster finns relativt många skäror bevarade, dock vanligen i fragmentariskt skick. Åtta fynd har klarat den här undersökningens kriterier. Tre kommer från hus 2 eller dess omedelbara närområde. Huset var en mindre trästuga med oklar användning. En av skärorna bedömdes på stratigrafiska grunder som äldre än huset, som uppfördes under sen medeltid (Regner 2005). De andra kom i raslager från huset som revs i början av 1500-talet. Övriga fem skäror kom mestadels i raslager i anslutning till klosterbyggnaderna och dateringen till medeltid får anses relativt säker.

### I.III. Arkeologiska fynd av årderbillar

Årderbillen är som tidigare poängterats årdrets slitdel som när den slitits ut kunde bytas och därefter smidas om. Billen är den del av årdret som gör den faktiska jordbearbetningen. Ett fåtal arkeologiska fynd av billar har gjorts från förhistorisk tid, något fler från medeltid. Vi kan i tabellen se att billarna i allmänhet växer sig större

under medeltid både när det gäller längd och vikt. Jag skulle vilja hävda att man kan se ännu en skillnad i billarnas utformning. Jämfört med de förhistoriska järnbillarna är de medeltida mindre spetsiga. Deras utformning är med andra ord jämnare längs hela billen med en rakare tvär kant i änden på billen. I tabellen redovisas endast billar som är så pass kompletta att deras mått och vikt kan uppmätas.

*Tabell I:3 Årderbillar. Samtliga av typen skaftlappsbillar och i denna tabell anges inte hur stor del i % som finns kvar av fyndet på grund av att de flesta billarna är relativt hela.*

ID SHM	Land-skap	Socken, plats	Datering AD	Vikt g	Längd mm	Bredd mm
34108	Sö	Härad, Härads-Kumla <sup>^</sup>	550–600	420	147	67
34000	Up	Adelsö, Birka <sup>^</sup>	800–900	250	135	95
F 574	Up	Gamla Uppsala, ^ Norra Gärdet	600–1000	621	180	84
F 52004	Up	Övergran, Pollista <sup>^</sup>	900–1000	300	120	90
31597	Öl	Gräsgård, Eketorp	1100–1300	301	133	78
31597	Öl	Gräsgård, Eketorp	1100–1300	200	104	63
31597	Öl	Gräsgård, Eketorp	1100–1300	903	300	87
F 864	Ög	Norrköping, kv Konstantinopel	1350–1450	2374	–	–
	Up	Sollentuna, Viby gård	1200–1400	1400	225	82
11056	Up	Stockholm, Norrlandsgatan 13	1300–1400	2 073*	247	64
11056	Up	Stockholm, Norrlandsgatan 13	1300–1400	2 073*	283	83
11056	Up	Stockholm, Norrlandsgatan 13	1300–1400	580	203	83
18393	Vg	Varnhem, Varnhems kloster	1200–tal	1 180	230	73
(SLM) 89090	Vg	Husaby, Husaby biskopsborg	1450–1500	500	180	80
(SLM) 89082	Vg	Husaby, Husaby biskopsborg	1450–1500	1 700	240	60
16538	Vg	Forshem, Aranäs borg	1250–1400	968	195	58

*Källa: Underlaget till tabellen grundar sig dels på egna efterforskningar och dokumentation i SHM:s magasin, dels på SHM:s föremålskatalog samt rapporter och publikationer (de rapporter och publikationer som använts refereras i texten nedan)*

*<sup>^</sup> Dessa billar hör inte till den medeltida perioden men finns med för att illustrera övergången från lättare till tyngre billar (de används inte för beräkningen av vikten på en medeltida genomsnittsbill)*

*\* Dessa två billar sitter ihop och kunde inte vägas separat, värdet i tabellen är för båda billarna*

Årderbillen från Härads-Kumla påträffades vid en arkeologisk undersökning 1992 (Drotz & Ekman 1995). Den kom i brandlagret i en hög, alltså i säkra, daterbara omständigheter. Hela årdret hade sannolikt lagts i efter kremationen, eftersom det fanns kvar obränt trä i läge intill billen, liksom mellan skaftlapparna. Den återfanns i gravfältets största hög, i den rikaste graven med många statusmarkörer. Tilläggas bör att inga övriga årderbillar påträffades på gravfältet. I Birka (Arbman 1943, Birka I:182) påträffades en årderbill i en grav daterad till 800–900-talen. Det rörde sig om Grav 562, en kammargrav med skelettgravskick. I den låg en årderbill, något skadad med tresidigt fäste. Övriga fynd pekade på nämnd datering. Den saknar i stort sett skaftlappar, men en fragmentarisk rest finns på ena sidan. Årderbillen från Gamla Uppsala, Norra Gärdet påträffades tillsammans med en samling obrända djurben i ett kulturlager av avfallskaraktär och dateringen får anses som säkerställd till vikingatid (Lindkvist 2005).

Från undersökningarna av Pollista gamla bytomt redovisas fyra skaftlappsbillar (Hållans & Svensson 1998). Fnr 52004 saknar den ena skaftlappen men förefaller komplett i övrigt. De andra är mer eller mindre fragmentariska. Samtliga finns avbildade i rapporten men utan kompletta fynduppgifter. Övergripande datering anges i rapport till 700–1100-talen. För fynden från Eketorp, se ovan.

Från undersökningar vid Viby gård, Sollentuna sn (Beronius-Jörpeland & Sander 1996:114) kommer en årderbill som ges en övergripande datering till 12–1400-tal. Den hittades i en stor grop, möjligen en källargrop, som innehöll ett stort antal fynd av varierande karaktär och datering. Till exempel fanns en stigbygel av en typ som är känd från Birka, en enkelkam från 1000–1100-tal, en blå glasknapp, vanligtvis daterad till tiden efter år 1200, en vridlåsnyckel av 1200-talstyp och över 3 kg djurben. Årderbillen som typ jämförs med Stockholmsbillarna. En datering föreslås till slutet av 1100-talet – början av 1200-talet.

Fyndet i Norrköping, kv. Konstantinopel består av en skaftlappsbill från en etableringsfas inom kvarteret som idag tillhör centrala Norrköping. Under 1300-talet användes området mest som betesmark men återkommande översvämningar från Motala ström gjorde att man valde att utföra stora markarbeten med utfyllnader i gamla sankmarker. Dateringen av den här fasen har satts till 1350–1450 (Karlsson, Menander & Heimdahl 2006). De tre Stockholmsbillarna påträffades vid grundgrävning år 1900, adressen anges som Norrlandsgatan 13. Ibland skrivs det även ”tomt 13” men i den första katalogen står det tydligt angivet som en adress. Annars borde kvartersnamnet, som är Oxen Större, ha angetts men det förekommer inte alls i handlingarna. Adressen ligger mellan Ålandsgatan (tidigare namn på Mäster Samuelsgatans östra del) och Jakobsbergsgatan. Fyndet kan i princip betraktas som slutet då det anges att billarna låg, tillsammans med några andra fynd, i en kopparkittel med en annan, uppochnedvänd kittel ovanpå som lock. Billarna registrerades först som hackor eller dylikt av järn. De daterades utifrån kittlar och andra föremål till 13–1400-tal, något som överensstämde med den <sup>14</sup>C-datering som gjordes i samband med den arkeometallurgiska undersökningen inom nuvarande projekt.

Fyndet från Varnhems kloster kommer från vattenkanalen i Abbotshusets sydtrum. Vattenkanalen löpte alltså igenom Abbotshuset (Hagberg [red] 2005) och det kan mycket väl ha funnits ett vattenhjul inom byggnaden, eftersom det finns ett fall på uppåt en meter där. Kanalen har också haft en funktion som transportör av avfall som kom via klostrets avancerade vatten- och avfallshantering. Abbotshuset byggdes efter en stor brand 1234. Abboten bodde på den övre våningen, medan det fanns flera mindre rum i bottenvåningen, där det fanns många fynd från metall- och glashantverk. Dateringen av billen kompliceras något av att flera äldre byggnader funnits just i denna del av området. Fynden antyder att bebyggelsen mycket väl kan vara äldre än klostret, kanske från den vikingatida gården Varnhem som donerades till cistercienserna 1150.

I Myrdal 1985 redovisas två billar från Husaby biskopsborg utanför Skara med angiven datering till slutet av 1400-talet respektive början av 1500-talet. Enligt noterna finns de i Skaraborgs Länsmuseum med nr 89090, 82. Årderbilen från Aranäs borg, Forshems socken återfanns i bottenlagren strax utanför borgens NV hörn. Därmed kan man anta att dateringen återfinns mellan 1250, som räknas som borgens anläggningstid och 1400, i alla fall inte yngre.

## I.IV. Arkeologiska fynd av spadskoningar

Här följer en redovisning av påträffade spadskoningar. Ovan nämner jag att jordbruksredskapen har olika primära funktioner och för spadskoningen gäller alla tre primära funktioner. Den skärande funktionen handlar i första hand om en förmåga att skära igenom grästov vid grävning och är kanske den viktigaste. Här är den runda spadskoningen att föredra då den lättare skär igenom en torva. Att gräva med en träspade igenom grästov kan man tänka sig var mycket arbetsamt och inte speciellt effektivt. Funktionerna stärkande och slitagereducerande är sannolikt även de viktiga för att ge spaden en längre brukningstid.

Här följer en redovisning av påträffade spadskoningar. Under arbetet med att inventera fynd insåg jag att många spadskoningar var raka. Dessa brukar vanligen tolkas som skoningar till skyfflar. Jag anser dock att man kan ha använt även dessa raxskonade spadar till grävning. De raka spadarna liknar snarare dagens kantspadar och bör ha varit möjliga att använda till "dikesgrävning" eller förbättring av exempelvis befintliga diken. Tolkningen av de raka spadskoningarna är även grundad på ett resonemang kring hur stort behovet kan ha varit av att järnsko skyfflar. Skyfflar används vanligen inte till arbete där en järnskoning är nödvändig eller ökar effektiviteten. Jag har därför delat upp fynden i två tabeller som redovisar spadar med rundad respektive rak skoning. I anslutning till tabellerna med arkeologiska fynd kommenteras de kontexter där fynden påträffats, framförallt i fråga om fyndomständigheterna.

Tabell I:4. Rundade spadskoningar.

ID	Land- skap	Plats	Datering	Skoning Form	Vikt g	Längd mm	Bredd mm	Tjock mm
F 72529	Up	Pollista	700– 1100	Rund	545	255	190	2/4
F 58993* F 60557	Up	Pollista	700– 1100	Rund	97+ 152	200	–	2/6
F56	Up	Sollentuna, Knista	Medeltid	Rund	857	290	220	–
ATA 6810/59	Ög	Vadstena slott	13–1540	Rund	475	195	265	3
Fid 837414	Ög	Alvastra Kloster	1400-tal	Rund	494	195	199	2/3
SHM 25033	Up	Österåker, Biskopstuna	Medeltid	Rund	610	262	196	2
SHM 25848:127	Up	Östra Ryd, Ullna	Medeltid	Rund	150	290	220	4

Källa: Underlaget till tabellen grundar sig dels på egna efterforskningar och dokumentation i SHM:s magasin, dels på SHM:s föremålskatalog samt rapporter och publikationer (de rapporter och publikationer som använts refereras i texten nedan)

\*Cirka 20 % fattas av spadskoningen

I Pollistarapporten (Hållans & Svensson 1998) redovisas två runda spadskoningar. Den ena, F 75529, var i det närmaste intakt, medan den andra utgjordes av två fragment, F 58993 och 60557. Båda skoningarna ges en övergripande datering till 700–1100-tal. Angående Knista, se ovan under *skärör*.

Diarienummer 6810/59 i ATA gäller en serie fynd, bland annat flera spadskoningar, från Vadstena. De kommer från undersökningarna 1959 som gällde slottet, framförallt borggården, men även under vallarna. Innan slottet byggdes, med byggstart på 1540-talet, fanns här stadsdelen Sanden. Invånarna avhystes men mycket av bebyggelsen återstod. Sanden har kallats ”Nordens Pompeji” med en viss överdrift. I fyndkatalogen anges 3 ”beslag för träspadar” under rubriken 7 Storgatan. Ytterligare en skoning finns från ”8 Norra huset väster ’Storgatan’”. En skoning kommer från ”23 Köket”, en från ”26 Gatukorset m Tegeln” och fyra från ”27 Söder Gatukorset”. I den mån formen på skoningen gått att bestämma har de fördelats på tabellerna för respektive form.

Skoningen från Alvastra kloster har varit svår att få närmare information om, men den inkluderas ändå, eftersom den med stor sannolikhet har en medeltida datering. Fynden från Biskopstuna, Österåkers sn har fått övergripande datering till medeltid. Det verkar rimligt i fråga om skoningen som påträffades i rasmassor vid biskopsborgen i Tuna. En närmare datering är sannolikt svårt att uppnå.



Den rundade spadskoningen från Ullna i Ö Ryds sn påträffades vid avtorvning av ett gravfält. Undersökningen gjordes 1955 och gravfältet har en övergripande datering mellan yngre romersk järnålder och vikingatid. Emellertid anges även lösfynd från medeltid och nyare tid. Omständigheterna och den kortfattade rapporten gör att en säker datering inte kan anges, men att den troligaste dateringen ändå är medeltid.

Tabell I:5. Raka spadskoningar.

ID	Land- skap	Plats	Datering	Spade	Vikt g	Längd mm	Bredd mm	Tjock mm
ATA 6510/59	Ög	Vadstena	Medeltid	Rak	203	218	470	2
ATA 6510/59	Ög	Vadstena	Medeltid	Rak	153	195	380	3
ATA 6510/59	Ög	Vadstena	Medeltid	Rak	168	205	390	2
ATA 6510/59	Ög	Vadstena	Medeltid	Rak	193	215	450	3
SHM 30717	Ög	Vadstena kv Handels- mannen	Medeltid	Rak	97	175	350	2
ATA 6810/59	Ög	Vadstena slott	Medeltid	Rak	199	230	450	5
ATA 6810/59	Ög	Vadstena slott	Medeltid	Rak	162	201	410	3
ATA 6810/59	Ög	Vadstena slott	Medeltid	Rak	145	220	340	6
ATA 7493/63	Ög	Vadstena slott	Medeltid	Rak	196	215	370	4
ATA 6810/59	Ög	Vadstena slott	Medeltid	Rak	264	190	620	2
ATA 5203/65	Ög	Vadstena, kv Hotellet	Medeltid	Rak	94	93	490	5
SHM 21068:848	Ög	Alvastra kloster	Sent 1400-tal	Rak	261	235	380	4
1345/83: 844	Da	Leksand Riksväg 70	Medeltid	Rak	216	145	225	2
Dnr 4135/88	Nä	Örebro, kv Tryckeriet	1350– 1425	Rak	236	235	470	3/2
ATA 4639/77	Up	Uppsala, kv Kransen 3	Medeltid	Rak	87	228	840	4/2
ATA 4639/77	Up	Uppsala	Medeltid	Rak	87	205	330	3/1

Källa: Underlaget till tabellen grundar sig dels på egna efterforskningar och dokumentation i SHM:s magasin, dels på SHM:s föremålskatalog samt rapporter och publikationer (de rapporter och publikationer som använts refereras i texten nedan)

Från Vadstena kommer huvuddelen av de raka spadskoningar som redovisas i tabellen. De åtta föremålen fördelar sig främst på två poster, med snarlika dnr: 6510/59 och 6810/59. Som fyndplats anges Vadstena eller Vadstena slott (se vidare ovan). Från Vadstena finns ytterligare två fynd i Kv. Handelsmannen där en undersökning utfördes 1973–74 av två äldre tomter med trähus och stenläggningar. Fyndet kan dateras till medeltid, sannolikt till 1400-talet, innan dess finns ingen bebyggelse på platsen. I Kv. Hotellet gjordes en undersökning 1965. Skoningen härifrån har sannolikt en datering som ligger relativt nära den från Handelsmannen, i alla fall tillhör den inte nyare tid (Ersgård 2002).

Alvastrafyndet (21068:848) finns avbildat i huvudkatalogen från Alvastra. Skoningen påträffades i hus 5, det så kallade Abbotshuset, i en del av huset med en främre dateringsgräns till 1470 (Regner 2005:101). För Leksandsfyndet har inga uppgifter om fyndomständigheter påträffats. Från Kv Tryckeriet i Örebro redovisas en spadskoning (Ljung 1994). Den återfanns i fas 2, vars bebyggelse daterats till 1300-talets senare hälft och 1400-talets början. Båda fynden från Uppsala kommer sannolikt från Kv Kransen och hör uppenbarligen till dnr 4639/77. Här finns ingen undersökningsrapport men i boken *”Kransen – ett medeltida kvarter i Uppsala”* (red Ehn & Gustafsson 1984) som också är Upplands fornminnesför. Årsskrift 50, finns en del kompletterande information bland annat att *”Före år 1300 saknas bebyggelse i detta område. Det hade dessförinnan nyttjats som odlingsmark och kanske för bete”* (1984:15).

## I.V. Sammanfattande översikt över redskapens järnvikter

Här kommer en sammanfattning av de utvalda föremålskategorierna att redovisas och en medelvikt för varje typ av föremålskategori kommer att presenteras. Denna medelvikt kommer senare i avhandlingen att ligga till grund för antaganden om innehav av järn i fallet jordbruksredskap på gårdsnivå under medeltid.

*Tabell I:6. Översikt över redskapens järnvikter med utgångspunkt från genomgång och tabeller ovan, alla viktuppgifter i gram.*

Redskap	Antal hela	Medelvikt i gram	Totalt antal	Uppskattad medelvikt i gram
Lie	4	366	13	287
Skära	7	226	17	214
Årderbill	10	1 168	–	–
Årderbill (tidig)	6	348	–	–
Spadskoning rund	7	483	–	–
Spadskoning rak	16	173	–	–

*Källa: Sammanställning av tabellerna ovan I.1–5 ovan*

Genomgående för hela fyndmaterialet gör både slitage och dåliga bevarandeförhållanden att vikterna alltid är lägre på ett arkeologiskt fyndmaterial än om vi skulle ha välbevarade och oanvända föremål att tillgå. Resultatet är att de vikter som presenteras alltid ligger i underkant av de ursprungliga vikterna. Det största problemet med att uppskatta vikten på en lie med utgångspunkt från ett arkeologiskt material är att det finns mycket få hela liar bevarade. Därför redovisar tabellen även ett antal delar av liar där jag uppskattat hur mycket av den ursprungliga lien som påträffats. Tanken var att i någon mån utvidga underlaget. Medelvikten av de uppskattade liarna är cirka 80 g lägre än de som bevarats hela. Det finns flera möjliga förklaringar, sannolikt är min uppskattning något för låg, eller också är de liar som inte bevarats hela, kanske något tunnare och skörare och väger därmed något mindre. När det gäller skärar finns ett stort spann i vikt och storlek. Även här ligger den uppskattade medelvikten något lägre. Medelvikten utifrån de hela skärorna är dock något mer pålitlig då det finns flera hela skärar att tillgå.

Årderbillarna har delats in i två grupper, en tidig där det ingår ett antal billar från sen järnålder och tidig medeltid och en med medeltida billar. Här syns tydligt att det finns två skilda typer av billar, en som är längre och tyngre och en tidig som är mindre men också lättare. Detta bekräftar iakttagelser som redan tidigare redovisats av Myrdal. Förutom storleken och vikten förändras även utformningen av skaftlappsbillen. Den tidiga skaftlappsbillen är spetsigare i sin egg (den del som först ristar jorden), den medeltida skaftlappsbillen har snarare en rak egg vilket inte uppmärksammats av tidigare forskning.

Spadskoningarna är uppdelade i runda och raka. Här kan vi se att de runda spadskoningarna är mer än dubbelt så tunga som de raka skoningarna, vilket till stor del får anses vara en konsekvens av konstruktionen. Den raka skoningen täcker enbart spadens blad medan den rundade skoningen omfattar även redskapets sidor.

Hansson har i sin avhandling (1989) gått igenom ett stort fyndmaterial från järnålder, till viss del äldsta medeltid. I sina beräkningar har han lagt samman de två fyndgrupperna liar och skärar och konstaterar att de i genomsnitt väger 140 g. I undersökningen ovan kan vi se att våra faktiska och uppskattade siffror överstiger denna vikt (lie 366 g, 287 g, skära 226 g, 152 g). Närmast hamnar den uppskattade vikten för skärar. Skillnaderna beror sannolikt på att föremålen under medeltiden ökar i vikt. Årderbillarnas vikter överensstämmer väl, med 365 g i jämförelse med Hanssons 348 g (Hansson 1989). De tyngre årderbillarna ingår inte i Hanssons fyndmaterial, inte heller spadskoningarna, vilka Hansson inte har identifierat från denna period.

## I.VI. Fyra jordbruksredskap utvalda för rekonstruktion

Vid valet av de två årderbillarna som skulle stå modell för de repliker som skulle smidas ville jag välja två så olika typer som möjligt. Jag valde därför två billar som vid okulär granskning skilde sig så mycket som möjligt ifrån varandra. Båda var skaftlappsbillar, vilket är den typ som används i Sverige under denna tid. Den ena billen är dock smäcker och ger ett intryck av god smideskonst medan den andra är relativt tjock och inte så väl utförd i sin form. Med andra ord, även om billarna är relativt lika i längd och bredd skiljer de sig åt till sin konstruktion. Billen från Varnhem väger dessutom mer än ett halvt kilo mer än den från Stockholm. Då det finns relativt få årderbillar i det arkeologiska materialet fanns även en tanke om att dessa två, vilka båda påträffats vid 1900-talets början, skulle genomgå <sup>14</sup>C-analys för att bättre säkra deras dateringar.

### IV.I.I. Årderbill från Stockholm

Den första av de årderbillar som valts ut för metallurgisk undersökning och underlag till en replik är ett fynd från Norrlandsgatan 13 i Stockholm. Föremålen hittades på ett ansenligt djup vid grundgrävning på ovannämnda adress år 1900. Flera järnföremål låg i en kopparkittel med en annan kittel stjälpst ovanpå. Fyndet köptes in till Statens historiska museum från ägaren B. Johansson för 40 kronor. Fyndet består av två kopparkittlar, en liten järngryta, en skära, en del av en lie, några beslag och sist men inte minst tre årderbillar. Billarna är av skaftlappstyp och relativt långa 20, 23 och 28 centimeter, och 7–8 cm breda. Till utformning och material är de relativt lika vid en okulär besiktning. För undersökning valdes den 20 cm långa som vägde 580 g. Valet var lätt eftersom de båda andra två rostade samman och inte går att skilja åt. På samma fyndplats har ett krus påträffats vilket kan dateras till 13–1400-talen. Det är därför rimligt att utifrån fyndplats och daterade fynd anta att dessa billar är senmedeltida. Dateringen är dock osäker och en kompletterande <sup>14</sup>C-analys kommer att redovisas i nästa kapitel.

Fyndet vid Norrlandsgatan består av ett antal järnföremål av vilka några är trasiga, vilket antyder att de förvarats i kitteln för att smidas om. Sannolikt tillhörde de en smed från staden eller någon som väntade på att byta eller sälja dessa järn- och stålvaror. Under senmedeltid låg Norrlandsgatan 13 precis som idag norr om Helgeandsholmen och strax väster om Nybroviken vilken då sträckte sig avsevärt längre in mot nordväst än idag.

När man talar om Stockholm under medeltid är det framför allt Stadsholmen, Helgeandsholmen och Gråmunkeholmen som avses. Norrlandsgatan ligger på det som kallas Norrmalm som under denna tid tillhörde S:t Jacobs kapell och inte stadens församling (Dahlbäck 1995). Fyndet gjordes med andra ord inte i den medeltida staden utan strax norr om. Möjligen kan det i området även ha funnits en smedja som vi dock saknar kännedom om.



*Figur I:1. Årderbill från Norrlandsgatan 13 SHM 11056. Foto: Lena Grandin.*

### I.VI.II. Årderbill från Varnhems kloster

Den andra årderbillen var från Varnhems kloster i Västergötland. Innan klostret byggdes fanns på platsen en träkyrka och därefter en stenkyrka. Stenkyrkan tros ha uppförts senast på 1040-talet och är därmed det äldsta belägget för en stenkyrka på svensk mark (utanför Skåne). Enligt  $^{14}\text{C}$ -dateringar från 2007 har den äldsta kristne mannen som begravdes där dött någon gång under perioden 780–970. Den helhetsbild som  $^{14}\text{C}$ -dateringarna ger gör det troligt att den kristna begravningsplatsen togs i bruk under 900-talet (Vretemark 2011). Tilläggas bör att när Varnhems kloster anlades vid mitten av 1100-talet fanns ännu inte Sverige.





Figur I:2. Årderbillen från Varnhem. Foto: Lena Grandin.

Klostret i Varnhem gynnades av den Erikska ätten som i gengäld bereddes vilorum där. Under 1150-talet utbröt en konflikt mellan klostret och Erik den heliges drottning Kristina Björnsdotter. År 1234 eldhärjades klostret och lades i ruiner. Initiativ togs då av Birger jarl och andra medeltida finansiärer att bygga upp klostret igen, denna gång vackrare och präktigare än förut. Klostrets ägor konfiskerades år 1527 och klosterbyggnaderna brändes av danska trupper år 1566. Kyrkan restaurerades grundligt 1911–23 och 1921–29 skedde utgrävningar i hela den centrala delen av klostret; vidare utgrävningar skedde 1976 och 1977.

Årderbillen kommer från de utgrävningar som skedde på 1920-talet. Billen är 20 cm lång och cirka 7,5 cm bred. Den väger 1180 g. Fynden från klostret har generell datering till 1200–1500-tal. Myrdal anser att det är rimligt att även årderbillen kan hänföras till denna tidsperiod (Myrdal 1986:178, Sigsjö 1980). Dateringen är dock osäker och en kompletterande <sup>14</sup>C-analys kommer att redovisas i nästa kapitel.

### I.VI.III. Två liar utvalda för rekonstruktion

När man vill studera liar finns ett mycket stort problem i fråga om fyndmaterialet. Det finns mycket få kompletta liar från medeltid. Däremot är det inte alls ovanligt med arkeologiska fynd betecknade som liefragment eller del av lie. Att utifrån en bit av ett lieblad tillverka en hel replik skulle vara mycket vanskligt och betyda en stor andel gissningar angående längd, bredd och vinklar. Det fanns därmed mycket få exemplar att välja emellan. Utgångspunkten var även att välja två så olika liar som möjligt. I det fallet har vi lyckats med en kortlie, som har en bred vinkel mellan blad och tånge samt en långlie med en mindre vinkel mellan blad och tånge. Syftet var även att om möjligt lyckas hitta en sliplie och en knacklie för att kunna studera båda dessa metoder för skärpning.

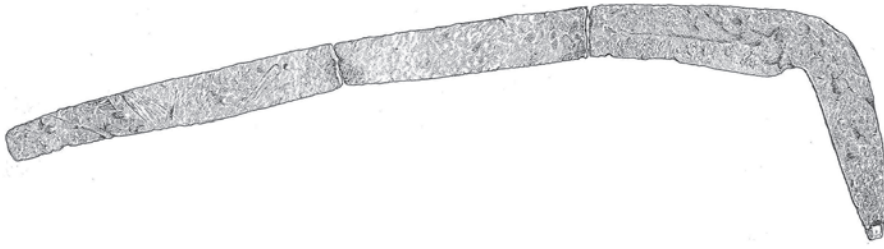




Figur I:3. Eketorp III och fördelningen av jordbruksredskap. Källa: Borg 1998:58, figur 45.

#### IVI.IV. Lie från Eketorps borg på Öland

Eketorps fornborg är den sydligaste borgen på Öland, belägen vid kanten av Stora Alvaret. Eketorps borg är en ringborg. Vid arkeologiska undersökningar av ringborgen har tre faser i dess historia identifierats, Eketorp I, II och III. Eketorp I var den första befästningen med datering till sen romersk järnålder omkring 300–400 e.Kr. Denna fas övergår i det som kallas Eketorp II, ett till synes välordnat bondesamhälle daterat till perioden 400–700 e.Kr. Borgen låg sedan öde till slutet av 1100-talet, men kom att användas igen under 1200-talet, denna fas kallas Eketorp III. Fem av de 19 forntida ringborgarna på Öland har liksom Eketorp återbrukats under tidig medeltid. Det medeltida Eketorp var en boplats som användes under en relativt kort period, mellan ett halvt och ett sekel. Den



Figur I:4. Lien från Eketorp. Källa: Borg 1998:73

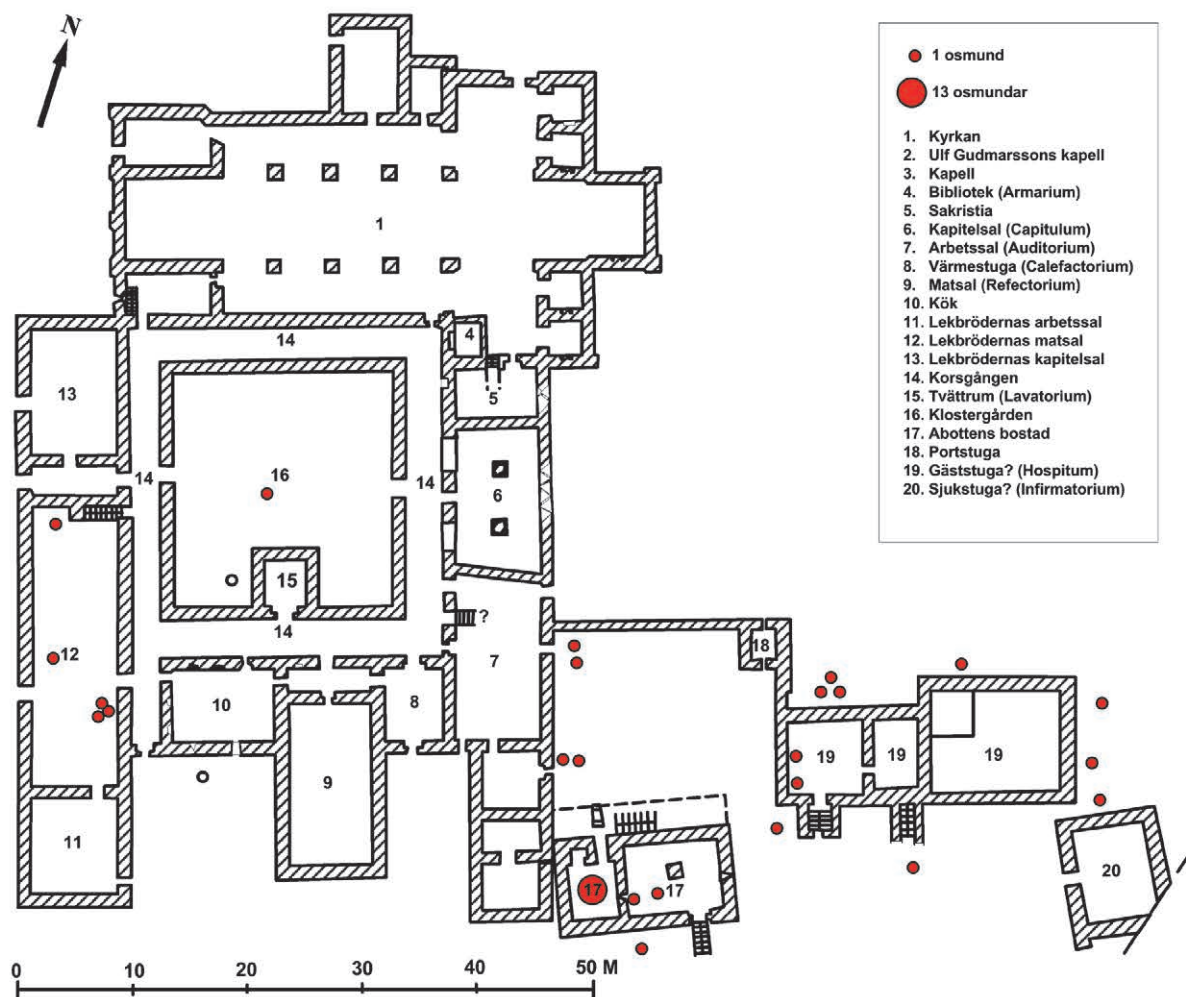
noggranna arkeologiska undersökningen av den avgränsade platsen har gett oss ett ovärderligt fyndmaterial vilket ger en ovanligt detaljerad inblick i tidigmedeltida liv.

Många jordbruksredskap har påträffats vid Eketorp III med exemplar både för jordbearbetning, slåtter och skörd – tre årderbillar och tre delar av årderbillar, ett tiotal mer och mindre intakta lieblad samt 35 delar av skäror. Den lie som är utvald för att vara representant för kortliarna var omnämnd V28:27 (637) och är den bäst bevarade lien i materialet. Lien påträffades i hus ”96” i den norra delen av borgen, alldeles intill muren. Gruppen av hus där är benämnda ”salting stores” vilket jag tolkar som förråd eller magasin för saltning. På den östra sidan ligger flera förråd och på den västra sidan stallbyggnader (Borg 1998:67). Lien är med andra ord inte påträffad i en smedja eller liknande men tolkningen som ett fynd vilket väntar på omsmide är ändå relevant anser jag. I förrådshuset kan man ha förvarat såväl användbara som trasiga redskap vilka skulle återanvändas.

”Vår” lie hittades i tre väl samlade delar och har troligen varit avsedd att smidas om. Bladet är inte speciellt brett och förmodligen berodde detta på slitage. På bladets ena sida kan en fåra anas i järnet, cirka 10 mm nedanför ovankanten. Det har diskuterats om denna typ av ränder eller fåror markerar stålets översta del på liebladet (Nyman 1965:540). Detta återkommer vi till senare i kapitlet om metallurgiska undersökningar. Liebladets fullständiga längd är 41 cm och den vida vinkeln mellan bladet och tången är cirka 110° vilket är signifikant för kortliar. Två av de andra fragmentariska liarna från Eketorp III kan möjligen vara delar av långliar (Y 14:91 samt Z 17:52). Inga runda slipstenar påträffades vid utgrävningarna på Eketorp. Kortlien har därmed sannolikt slipats på ett liggbryne och skärpts under användning med ett handbryne (Wallander 1998:126).

#### IV.IV. Lie från Alvastra kloster i Östergötland

Alvastra kloster är ett cistercienserkloster beläget vid Ombergs fot i Östergötland. Det grundades 1143 av munkar från det franska klostret Clairvaux och var tillsammans med Nydala det första cistercienserklostret i Norden. Alvastra kom i sin tur att grunda munkklostren Varnhem, Julita och Gudsberga. Alvastras



Figur I:5. Plan över Alvastra kloster. Källa: Wallander 2015:123.

abbot fungerade dessutom tidvis som faderabbot åt nunneklostren Askeby, Vreta och Riseberga. Klosterlivet varade utan kända avbrott tills klostret upplöstes omkring 1530 i samband med reformationen.

I Alvastra har såväl hela liar som flera fragment återfunnits. Två närmast hela liar var långliar och även de övriga fragmenten var från långliar. Lian som valdes för metallografisk undersökning och repliksmide är benämnd ”lie Alvastra kloster SHM 23127:373”. Den framkom under de tidiga arkeologiska undersökningarna av Otto Frödin. Lian är cirka 80 cm lång med ett blad som är upp till 3,5 cm brett. Lian återfanns i hus 19, ruta Ct.

Även lie 373 och 374 är hittade i ruta Ct, i det östra källarrummet i hus 19, det största av de tre stenhus som undersöktes i klosterområdet östra del (Regner

2005). Huset har haft två källarrum med separat ingång samt ett större rum på bottenvåningen med en stor eldstad. Stenhuset byggdes sannolikt under 1300-talets första hälft. Dörren mellan de två källarrummen har haft kraftiga dekorativa gångjärn samt ett stort men dekorativt lås, allt av 1400-talstyp. Huset var generellt rikt på fynd, inte minst hittades delar av en rustning i ett av källarrummen. Huset och källaren har brukats under 1300-talet och fram till reformationen under 1520-talet. Det är med andra ord sannolikt att liarna är senmedeltida. I samma ruta som liarna samt i angränsande rutor hittades också en hel del bränd säd (fynd nr 538 och 539) vilket möjligen kan ha ett samband med lien. Lien skulle i så fall ha använts som skörderedskap vilket inte var vanligt under medeltiden.

# II. Undersökning del II.

## Att analysera järnredskapens egenskaper

I detta kapitel kommer de metallurgiska analyser som utförts inom avhandlingsarbetet att redovisas. Först kommer en sammanfattande introduktion som handlar om järn och stål och hur man behandlar dem för att påverka järnet och stålets egenskaper. Sedan presenteras en sammanfattning av tidigare gjorda studier av de ovan nämnda redskapstyperna i framför allt Sverige och Danmark. Avslutningsvis redovisas analyserna av de fyra utvalda föremålen (två årderbillar och två liar). En generell genomgång av olika analysmetoder finns i kapitlet för metod. För den källkritiska analysen av de metallurgiska analysmetoderna, se kapitlet om källkritik. Analyserna är utförda i samarbete med GAL och huvudansvarig har varit fil. dr Lena Grandin.

### II.I. Om metall – järn och stål

De flesta produkter som används i dagens samhälle består av flera delar. Så har det också varit under historisk tid. Delarna har fogats samman med olika metoder. Varje del kan vara tillverkad av ett eller flera material. Dessa har oftast valts för att produkten, föremålet eller redskapet skall bli så bra som möjligt utifrån såväl funktionell som ekonomisk synvinkel (Mattson 1997). Ibland har man även haft andra kriterier, som exempelvis skönhet eller känsla, men när det gäller jordbruksredskap tror jag att funktion, tillgång och ekonomi framförallt styr valet av material. Men tradition och kultur kan också ha inverkat på valet.

Ett felaktigt val av material kan leda till att materialet överbelastas och går sönder. Den som tillverkar ett redskap måste därför veta att materialet uppfyller de krav man ställer på det. Ett antal faktorer som påverkar i valet av ett material kan vara att materialet är slitstarkt, lätt, enkelt att bearbeta, okomplicerat att sammanfoga och möjligt att återanvända (Mattson 1997). Det senaste som handlar om återanvändning kan låta som ett nytt miljötankande men skall snarare ses som en återgång till hur vi historiskt har hanterat olika material. Det är svårt att finna alla dessa egenskaper hos ett enda material vilket gör att vi allt som oftast får ägna oss åt bästa möjliga kombination av material för att få maximal

utdelning. Under medeltiden fanns färre material att använda än idag. Några av de flitigast använda materialen var trä, järn, koppar, keramik, sten, ull, lin, läder, näver, flinta och ben. De jordbruksredskap som jag har valt att studera tillverkades i första hand av trä och järn. Huvudsyftet med avhandlingen gör att mitt fokus ligger på den metalliska delen av redskapen.

När man valt järn har man valt att använda ett lite dyrare material, som inte alltid är enkelt att bearbeta, men som uppväger detta genom redskapets funktion blir bättre och effektivare. Det råder därför också något man kan kalla en viss konkurrens mellan olika material deras kostnad och egenskaper.

I vår natur är mineralerna ett av de vanligaste materialen, de fungerar som byggstenar i våra bergarter. Ett mineral är en förening av flera grundämnen, som metall (i form av oxider) och syre. Olika mineraler bildar de olika bergarterna. Mineraler som innehåller ekonomiskt utvinningsbara metaller kallas malmer. Med andra ord är malm både ett tekniskt och ett ekonomiskt begrepp vilket beror på vad som efterfrågas, till vilket pris samt vilken teknik som finns att tillgå (Mattson 1997). I Sverige är järnmalmerna magnetit och hematit de viktigaste bergmalmerna för bergsbruket, myr- och sjömalmen och rödjord för blästbruket.

Huvudfrågan i kapitel II är vilka egenskaper järnet och därmed redskapen hade? Redskapen kan ha en eller flera olika egenskaper och de kan bestå av sammansättningar av olika typer av järn för bästa effekt. Järn är ett metalliskt grundämne med den kemiska beteckningen *Fe*. Uppskattningsvis består jordens totala massa av 35 % järn. Men det är inte bara världens viktigaste konstruktionsmaterial utan även ett livsnödvändigt grundämne för de flesta levande organismer.

Järn har ett antal legeringsämnen, där kol intar en särställning under förhistorisk och historisk tid. Kolhalten bestämmer till stor del järnets egenskaper. Järn med en lägre kolhalt är smidbart, medan järn med högre kolhalt, såsom vitt gjutjärn med 2 % kol och grått gjutjärn med 4 % kol, endast går att gjuta, inte att smida. Ju mer kol desto hårdare och sprödare blir järnet. Det vi kallar järn är många gånger legeringar och den vanligaste legeringen är stål. Stål med det latinska namnet chalybs eller aciarium är en legering där den största delen utgörs av järn. Järn som legeras med kol blir alltså stål. Stål består historiskt sett alltid av järn och kol i varierande mängd. De största fördelarna med stål är att det är formbart både i kallt och varmt tillstånd och att det kan härdas på flera sätt. Det går även att återvinna och använda många gånger.

Stålet kan i sin tur legeras med olika andra grundämnen för att ge det nya och förbättrade egenskaper. Det handlar då om att skapa de bästa materialegenskaperna för det tänkta ändamålet. Det kan tyckas som att jag överskattar den medeltida smedens kunskaper och teknik när jag talar om fysikaliska, mekaniska och andra egenskaper hos materialet. Men faktum är att även om smeden och jordbrukaren inte använde termerna densitet, smältpunkter och hållfasthet så kan vi konstatera att man redan då hade en mycket utvecklad kunskap om materialegenskaper. Genom att variera halterna av de olika legeringsämnena kan man



alltså skapa järn och stål med olika egenskaper. De egenskaper som man försöker påverka är oftast hållfasthet, formbarhet, hårdbarhet, yta och motstånd mot slitage. När man tillverkar verktyg är önskvärda egenskaper slitstyrka, eggskärpa, hårdhet och seghet. Under medeltida förhållanden var kol och mangan de enda legeringsämnen vi vet att man har avsiktligt använt. Med stigande kolhalt höjs hårdheten och hållfastheten, medan segheten minskar. Med mangan ökar hållfasthet och motstånd mot slitage. Det förbättrar även hårdbarheten.

Alla metaller består i fast tillstånd av kristallkorn vilka är uppbyggda av atomer ordnade i ett bestämt mönster. Hos rent järn förekommer två mönster i kristallkonstruktionen. Vid temperaturer upp till 910 °C har rent järn en kubiskt rymdcentrerad kristallstruktur som kallas ferrit. Vid temperaturer mellan 910–1400 °C har atomerna flyttat sig till en kubiskt ytcentrerad kristallstruktur, som kallas austenit. Vid temperaturer över 1400 °C övergår järnet igen till kubiskt rymdcentrerad struktur, deltaferrit. Vid 1538 °C övergår järnet till flytande form. Värme och olika temperaturer påverkar järn och stål och deras egenskaper förändras. Ibland när en smed vill bearbeta ett föremål påverkas stålet av värmen på ett icke önskvärt sätt och egenskaper som man värdesätter går förlorade. Man använder då olika sorters värmebehandling för att återge stålet de önskvärda egenskaperna. Man kan då dela in värmebehandlingen i två primära grupper, härdning och glödning. Härdning gör stålet hårt, ökar hållfasthet och slitstyrka. Glödning gör stålet mjukt, segt och formbart, det ger en finkornig struktur (Mattson 1997).

Stål har normalt en kolhalt över 0,4 % (även om kolhalter mellan 0,3–0,35 % också är hårdbara) och upp till något över 1 % är möjligt att härda. Verktyg som kräver seghet som hammare, tänger och knivar tillverkas lämpligen av stål med en kolhalt på cirka 0,6 %. För verktyg som bör ha en viss seghet, men framför allt hårdhet, som punsar och hårda mejslar, används stål med 0,9–1,1 % kol. Till mycket hårda verktyg som exempelvis filar är en kolhalt på 1,1–1,2 % lämplig (Trotzig 2014:113f).

Man väljer att härda ett material för att höja hårdheten, hållfastheten och slitstyrkan. Härdningen gör det möjligt att till exempel tillverka ett föremål som är lätt, litet och ändå starkt. Så här går det till rent tekniskt: stålet värms upp till en lämplig temperatur. Vilken temperatur som är lämplig avgörs av kolhalten. För att härda stål krävs en kolhalt på minst 0,3 %. Rent järn eller kolstål med lägre kolhalt kan inte härdas. Hårdheten ökar sedan med kolhalten till 0,7–0,8 %, varefter den sjunker igen. Stålet skall helt övergå till austenit vid uppvärmningen. Därefter kyls stålet hastigt genom att doppas i vätska, till exempel vatten. Den struktur som då uppstår är mycket hård och kallas martensit. Kylningen skall gå snabbt för bästa resultat och hårdhet. Det stycke stål som värmts och sedan kyls kan inte kylas lika snabbt i mitten. Därför talar man ibland om härddjup, vilket är lika med det yttersta skiktet. Kärnan innanför den härdade ytan kan fortfarande vara mjuk men ibland är hela stycket härdat det vill säga helt igenom (Mattson 1997).

Härdningen följs då av ytterligare värmebehandling, anlöpning, som gör stålet segt igen. Skälet är att härdningen gör stålet hårt och sprött och därmed praktiskt oanvändbart. För att ta bort inre spänningar (sprödheten) och öka segheten igen värms stålet upp till 150–650 °C. Därefter får det sakta svalna i rumstemperatur. En del av den martensit som skapades med härdningen återgår då till perlit. Anlöpningarna ökar segheten och minskar hårdheten. Detta gör att man får anpassa anlöpningen till önskad relation mellan hårdhet och seghet (Mattson 1997).

Glödgning används för att göra stålet mjukt eller för att återställa materialets inre struktur och egenskaper. Det kan bli nödvändigt efter bearbetning eller felaktig värmebehandling. Vid smide blir stål lätt grovkornigt. För att normalisera strukturen igen och förbättra seghet och hållfasthet används glödgning. Glödgning eller normalisering går till så här. Kolstål med kolhalt under 0,8 % värms upp till en temperatur som ligger 30–70 °C över det som behövs för en omvandling till autensit. Sedan låter man stålet svalna i luften vilket ger en finkornig blandning av ferrit och perlit. Stål som har en högre kolhalt värms upp för omvandling till autensit och cementit. Svalning i luft ger en finkornig blandning av perlit och cementit. Det är viktigt att svalningen går lagom fort. När det går för fort härdas järnet och blir hårt och går det för sakta blir strukturen grovkornig (Mattson 1997).

## II.II. Specialstudie av årder och lie

Inom detta arbete har metallografiska studier utförts på några få föremål. Att antalet inte var större beror dels på att den typ av föremål som här studeras inte är arkeologiska massföremål. De metallografiska studierna kräver att man tar prover från föremålet och därför påverkar dess yttre. Det är med andra ord en delvis förstörande process. Den andra orsaken till att de metallografiska studierna är få beror på att de kräver större kostnader då de måste utföras i laboratorium av specialister. De analyser som utförts redovisas i sin helhet i en rapport av Lena Grandin i bilagan *Liar och årderbillar, Metallografisk analys av jordbruksredskap av järn och stål. Föremål från Uppland, Västergötland, Öland och Östergötland*. Nedan följer en sammanfattning av rapporten med kommentarer av undertecknad.

Analyserna är gjorda utifrån de första två frågeställningarna som presenterades i det inledande kapitlet: Vilka egenskaper hade järnet och redskapen? Hur tillverkades redskapen? I kapitlet om metod beskrivs närmare hur provtagning och analyser går till. Avslutningsvis följer ett avsnitt som redovisar de <sup>14</sup>C-dateringar som utfördes på redskapen i samband med provtagningen för analyser.

### II.II.I. Årderbill från Norrlandsgatan 13, Stockholm, Uppland

Årderbillen från Norrlandsgatan är tillverkad av ett mycket homogent kolstål. Den innehåller endast en mycket ringa slaggmängd. Analysen har visat att när



Figur II:1. Årderbill från Norrlandsgatan 13 i Stockholm (t.v.) efter provtagning (t.h.). Foto: Lena Grandin.

man tillverkat billen har den efter sin utformning värmebehandlats genom härdning och anlöpning i flera steg. Så här sammanfattar Grandin sin analys:

*”Den analyserade årderbillen är tillverkad i ett mycket homogent stål med endast ringa slaggmängd. Den slagg som finns är koncentrerad till några få långsträckta stråk som är väl utsmidda och följer föremålets yttre former. Efter att föremålet fått sin form har det värmebehandlats i flera steg genom härdning och anlöpning. Längst ut i eggen syns detta som en homogen martensittextur. En bit från eggen förekommer också perlit som antyder att värmebehandlingen inte har varit jämn genom hela föremålet. Martensiten dominerar dock på den sida som är utan skaftlappar.”*  
(Grandin 2012:15, se bilaga).

### II.II.II. Årderbill från Varnhems kloster i Västergötland

Årderbillen från Varnhem är mycket rik på slagg, i jämförelse med föremål från såväl yngre järnålder som medeltid. Slaggen var så utmärkande att den syntes med blotta ögat vid provtagningen. En första reflektion var att det rörde sig om ett ofärdigt ämne som var tänkt för vidare bearbetning. Men analysen visar att billen är ett färdigt redskap som genomgått ett antal steg i sin bearbetning. Billen består av två olika järnkvaliteter, med ett eggstål infällt i ett fosforjärn. Eggstålet är cirka 4 mm brett och sträcker sig cirka 20 mm in från kanten. Hur långt det varit från början är dock svårt att säga på grund av nötning och korrosion.



Figur II:2. Årderbill från Varnhems kloster (överst) efter provtagning (underst). Foto: Lena Grandin.

Runt eggstålet finns fosforhaltig ferrit vilket sannolikt är det material som resten av billen är gjord av. Kolhalten är inte lika hög som i stålet från Stockholmsbillen och sannolikt rör det sig inte om mer än cirka 0,3 %. Billens fosforjärn innehåller flera tiondels procent fosfor. Den rikliga mängden slagg tycks inte ha påverkat ihopvällningen av stål och fosforjärn. Så här sammanfattar Grandin sin analys:

*”Föremålet är mycket rikt på slagg, jämfört med många föremål från såväl yngre järnålder som medeltid. Slaggmängden syns redan med blotta ögat på den snittade ytan. En sådan slaggrikedom skulle, vid en första anblick, kunna ge en uppfattning om nedsatt kvalitet och att föremålet inte fått sin färdiga form för användning. Men, analysen av föremålet visar dock en omfattande bearbetning i flera steg enligt följande beskrivning. Slaggen är visserligen rikligt förekommande, speciellt jämfört med årderbill SHM 11056, men den är också väl utsmidd i en dominerande riktning. Ett fåtal större inneslutningar i millimeterstorlek förekommer, men de flesta är betydligt mindre*



och väl utsträckta och antyder också att vikvällning har skett av järnet. Även metallens textur visar ett smide i flera steg. Föremålet består av två olika järnkvalitéer; ett eggstål som är infällt i ett fosforjärn. Eggstålet är inte speciellt omfattande utan är ca 4 mm brett och sträcker sig 20 mm in från kanten, vilket dock har varit längre ursprungligen eftersom de yttre millimetrarna var helt korroderade. Runt eggstålet finns fosforhaltig ferrit. Detta material omfattar resten av föremålets tjocklek, dvs. närmast eggen ca 3 mm och som mest i det undersökta tvärsnittet 100 mm. Eftersom det infällda eggstålet tar slut efter ca 20 mm och vi under resten av provets 15 mm inte ser någon annan sammansättning får vi anta att samma fosforhaltiga ferrit fortsätter vidare, även om detta inte är säkerställt. Eggstålet är en blandning av ferrit och martensit (anlöpt), vilket visar att kolhalten inte är lika hög, sannolikt inte mer än ca 0,3 %, varken som i årderbillen från Stockholm (SHM I1056) eller som i lien från Eketorp (SHM 31597). Att martensit förekommer visar dock tydligt att föremålet också är värmebehandlat – såväl härdat som anlöpt. Den dendritiska fosfortexturen som tyder på ett fosforinnehåll på flera tiondels procent fosfor är också beroende av värmebehandling. Föremålets slaggmängd förefaller därmed inte ha varit något hinder för smeden att fortsätta smidet med hopvällning av stål (lågkolhaltigt) och fosforjärn och värmebehandlingen av det.” (Grandin 2012: 19ff se bilaga).

### II.II.III. Lie från Eketorps borg på Öland

Lien från Eketorps borg på Öland är komplett men funnen i tre delar. Lien är uppbyggd på klassiskt vis med ett inlagt eggstål som löper centralt genom bladet men inte ända ut i ryggen.

Eggstålet omges av ett mjukare järn, så kallad sandwichvällning. Med utgångspunkt från den sprickbildning som syns vid eggstålets kontakt med det mjuka järnet är det troligt att järnet har delats, men inte helt igenom, för att föra in eggstålet. När lien har fått sin färdiga form har den värmebehandlats med härdning och anlöpning.

*”I lien finns ett inlagt eggstål som löper centralt genom bladet, men inte riktigt ända ut till ryggen. Eggstålet omges av ett mjukare järn. Med utgångspunkt i slaggens förekomst och den sprickbildning som syns vid eggstålets kontakt med det mjuka järnet är det troligt att det mjuka järnet har delats, men inte helt genom, för att lägga in stål som beskrivs t.ex. av Buchwald (2008, s 47) och Jonell Ericsson (1982, s 409 ff). Processen åskådliggörs också av Norén och Enander (2001). Att slagginneslutningarna är något vindlande kan också kopplas till anvisningen som syns okulärt på liens utsida (Fig. 21–22). I nivå med denna ser man hur slagginneslutningarna lämnar ytterkanten och böjer av in mot centrala delar i tvärsnittet (Fig. 25) och är*



Figur II:3. Lie från Eketorps borg. Foto: Lena Grandin.



Figur II:4. Det inlagda stålet i Eketorpsliens tvärsnitt. Foto: Lena Grandin (bilaga, Figur 23).

*något inpressade mot mer centrala delar. Det finns också slag som följer vällfogen mellan eggstålet och det omgivande järnet. När lien har fått sin färdiga form har den värmebehandlats med härdning och anlöpning för att få för ändamålet goda egenskaper bland annat hårdhet i kombination med smidighet och slittålighet. (Grandin 2012:19ff se bilaga).*

#### II.II.IV. Lie från Alvastra kloster i Östergötland

Det som är bevarat av denna lie är en tämligen homogen metall med små mängder innesluten slag. Slaggen är orienterad i en linje mellan rygg och egg. Det syns tydligt att materialet har vikts och vällts samman vid smidet. Kolhalten är relativt låg, troligen drygt 0,3 %. Metallen har värmebehandlats vilket har resulterat i ett mjukglödgat material. Vissa tecken tyder på att lien har smitts efter värmebehandlingen. Det gör materialet hårdare än kolfritt järn men ändå med en bibehållen seghet och kombinationen kan motverka deformation när redskapet används.

*”Det som är bevarat av denna lie är en tämligen homogen metall med små mängder innesluten slag. Den slag som finns är långdragen och orienterad längs en linje mellan rygg och egg, om än något vindlande. Slagginneslutningarnas orientering i kombination med en tydlig, samt ett fåtal mer diffusa, vällfogar visar att materialet har vikts och vällts samman vid smidet. Järnet är kolhaltigt men kolhalten är begränsad, troligen drygt 0,3 %. Metallen har dock värmebehandlats vilket resulterat i ett (mjuk) glödgat*





Figur II:5. Lie från Alvastra kloster vid provtagning. Foto: Catarina Karlsson.

*material där cementiten har rundade former. Möjligen har föremålet också smitts efter värmebehandlingen. Ett sådant material blir hårdare än kol-fritt järn men bibehåller också en seghet som tillsammans med hårdheten borde kunna minska deformation vid användning". (Grandin 2012:19ff se bilaga).*

Denna analys visar ett par avvikelser från hur den vanliga svenska lien och liesmidet skildras i våra historiska källor. Dels har vi inte funnit några spår av något inlagt eggstål. Eggen på denna lie var dock svårt anfrätt av korrosion, men om eggstålet varit likt det som fanns på Eketorpslien hade det lämnat tydliga spår. Grandin konstaterar även att lien kanske har bearbetats efter värmebehandlingen, med andra och med så kallat kallsmide. Indikationerna gör att min tolkning blir att lien är en så kallad "knacklie". Denna typ är den vanligaste bland liar i övriga Europa utanför Norden. Dessa liar slipas inte med slipsten utan bearbetas med en hammare och ett litet städ för att göra eggen skarp. Att denna lie är funnen i ett av våra tidigaste kloster, som byggts av cistercienser från Frankrike, passar ju mycket väl in i bilden. Antingen har man tagit med sig redskap från kontinenten eller fortsatt att tillverka redskap inom invanda kulturella ramar. Även om denna teknik inte var okänd här under tidig medeltid har den inte slagit igenom i Norden.

#### II.II.V. Sammanfattning av metallurgiska analyser

Sammanfattningsvis kan man konstatera att analysen av de fyra redskapen gett oss en fördjupad kunskap om medeltida jordbruksredskap. De fyra redskapen uppvisar olika typer av järn och stål i skiftande kombinationer. Vi visste redan att en bred och djup kunskapsbas om smide fanns under denna tid. Smederna kunde tillverka allt från mycket avancerat vapensmide till konstsmide i olika former. Nu vet vi dock att dessa kunskaper även i högsta grad användes vid smidet av jordbrukets redskap. I tabellen nedan kan vi se de olika typer av järn och stål som använts och hur de har behandlats med härdning och anlöpning för att skapa

goda egenskaper i form av hårdhet och seghet, smidighet och slittålighet. Urvalet av de fyra redskapen här visar att variationerna är större än man förut kunnat anta.

Hjärthner-Holdar framhåller att järn inte är rent järn utan oftast en legering av olika ämnen, med olika kvaliteter och kännetecken. Kvalitet kan också ofta betyda två saker, dels vilken typ av material det rör sig om som järn och stål, dels god eller dålig kvalitet på materialet i form av hur homogent materialet var och hur mycket slagg det innehåller (Hjärthner-Holdar 2010). Det kan med andra ord finnas järn och stål med god och dålig kvalitet.

*Tabell II:1. Översikt i förenklad form över de olika materialsammansättningarna i de analyserade jordbruksredskapen. Material I är det huvudmaterial som använts. Material II är ett kompletterande material som används i mindre omfattning (exempelvis eggstål). Tecken förklaring: < mindre än, > större än, <<mycket mindre än, >> mycket större än, ≤ mindre än eller lika med, ≥ större än eller lika med.*

Föremål	Plats	Material I Kolhalt	Material II Kolhalt	Härdning och anlöpning	Vikvällning A Sammanvällning B
Årderbill	Norrlandsgatan 13, Stockholm	Homogent stål Kolhalt > 0,5 %	–	X	
Årderbill	Varnhems kloster	Fosforhaltigt järn med slagginneslutningar Kolhalt << 0,1 %	Stål Kolhalt < 0,3 %	X	B
Lie	Eketorps borg	Mjukare järn Kolhalt 0,1–0,3 %	Stål Kolhalt > 0,5 %	X	B
Lie	Alvastra kloster	Homogent stål Lågkolhaltig Kolhalt ≥ 0,3 %	–	X	A

*Källa: Bilaga*

Utifrån Trozigs definition har stål normalt en kolhalt över 0,4 % upp till något över 1 % och är som sagt möjligt att härda (Trotzig 2014:113f). Utifrån detta resonemang kan vi se att årderbillen från Stockholm överensstämmer i och med att den är gjord av ett ”segt” stål som används till exempelvis knivar med en kolhalt på cirka 0,6 %. Även stålet i lien från Eketorp ligger inom denna kategori. Årderbillen från Varnhem har ett inlägg av ”stål” med en mycket låg kolhalt som ligger nära gränsen för stål vilken även överensstämmer med lien från Alvastra.

De båda undersökta årderbillarna är olika såväl till form som till materialval och tillverkningsteknik. Stockholmsbillen är smäckrare och tunnare än den grövre och tyngre Varnhemsbillen. Stockholmsbillen är tillverkad i homogent

härdat stål och i det närmaste slaggfri. Den är sannolikt tillverkad under sent 1200-tal eller tidigt 1300-tal och något yngre än billen från Varnhem. Det homogena härdade stål som man valt för att tillverka billen är i sig mycket intressant. Ingen hade innan denna analys gjordes gissat att man tillverkade billar av härdat stål, som man brukar se i sammanhang med vapen av olika slag.

Varnhemsbillen har många och stora slagginneslutningar i järnet vilket man brukar tolka som ett tecken på sämre kvalitet. Slaggen är dock mestadels väl utdragen och fördelad och föremålet är bearbetat i stor omfattning. Billen är tillverkad av härdat stål och järn med fosforhalter i storleksordningen några tiondels viktprocent. Järnet är mestadels kolfritt men har ett band med något förhöjd kolhalt närmast eggen. I billen finns även ett inlagt eggstål med en lägre kolhalt än stålet i Stockholmsbillen. Fosforinnehållet medför en förbättrad hårdhet i kombination med ökad seghet i materialet.

Varnhemsbillens datering sträcker sig fram till sent 1100-tal. Varnhems kloster grundades 1148 vilket gör att den kan antas vara från andra hälften av 1100-talet. Mindre sannolikt men inte omöjligt är att billen är äldre än klostret och att den tagits med dit när klostret anlades. Det innebär i så fall att även den kan komma från Alvastra kloster om munkarna som grundade Varnhems kloster kom därifrån.

Lien från Alvastra var så kraftigt korroderad att stora delar av eggen har gått om intet. Men de delar som vi kunnat undersöka är av homogent, lågkolhaltigt och värmebehandlat stål. Eftersom stora delar av eggen är borta kan vi inte helt bortse från möjligheten att det funnits ett eggstål inlagt, men om så var fallet var det inte likt det som använts till lien från Eketorp. Vi kan konstatera att dessa liar är tillverkade på olika sätt. Alvastralien har vi valt att tolka som en lie gjord utan eggstål. Detta skulle kunna indikera att lien är tillverkad för knockning, dvs att eggens skärpa knockas fram. Den liknar inte den vanligare skandinaviska modellen, med ett inlagt eggstål som slipas med bryne eller slipsten.

Lien från Eketorp har ett centralt inlagt eggstål som löper längs bladet, men inte ända ut i ryggen. Eggstålet omges av ett mjukare järn och lien är sannolikt tillverkad på det klassiska sätt som beskrivs i flera källor. Bland annat i liesmidet från Dalarna där stålet inte når fram till ryggen på bladet och inte heller till knäet, eftersom dessa delar skulle tåla slag eller häftiga böjningar (Matsson 1982:334). När smeden smitt Eketorpslien har han använt den klassiska liesmidesmetoden med formning av bladet, härdning och anlöpning. Hur lien har slipats kan man inte avgöra utifrån provet, men vi kan konstatera att den nöts mest på undersidan där det mjuka järnet slitits bort under användning. I vilken omfattning förslitningen har fått eggen att minska från sin ursprungliga form är svårt att avgöra. Det finns dock relativt mycket eggstål kvar i eggen. Eftersom lien påträffades i tre delar kan man dock konstatera att den inte skulle komma att användas igen. Cinthio har i sin tolkning av jordbruksredskapen i Eketorp föreslagit att den skulle smidas om (Cinthio 1998). Det är nog en trolig förklaring att lien tjänat ut sin roll, men att järnet och stålet inte gjort det.

En rimlig teori är att man planerat att tillverka knivar av lien och att man därför delat upp den i tre lagom stora bitar. Ett antal knivar från Eketorp har undersökts metallografiskt och en av dem stämmer in på hur en kniv av detta slag skulle kunna se ut. Kniven har ett eggstål som inte når ända ut i ryggen och en markerad fåra längs bladet, precis som lien (Arrhenius 1988, 1998, Grandin 2012). Om likheterna mellan kniven och den här undersökta lien handlar om likheter i tillverknings sätt eller om återbruk kan vi inte veta säkert.

I Cinthios beskrivning av Eketorpslien föreslår han att den hamrade fåran längs bladet visade hur långt in stålet gått. Vi kan nu konstatera att stålet sträckt sig mycket längre än så in mot ryggen. Kanske har denna fåra en annan funktion, som att stadga bladet, eller att ange hur långt man kan slipa ner lien.

De fyra analyserade jordbruksredskapen har alla olika materialkvalitéer. Här finns härdat anlöpt stål som enda material i en årderbill och som eggstål i en lie. Men också stål med en lägre kolhalt, tillsammans med ett kolfattigt fosforjärn i en årderbill, och som enda material i en lie. Alla föremålen är medeltida och har gemensamt att de genomgått en bearbetning i flera steg med smide och värmebehandling. Det man kan konstatera är att det fanns många metoder att tillverka redskap. Vi kan inte säga utifrån detta begränsade material hur vanliga de olika metoderna är, om det handlar om funktionalitet, regionalitet eller kronologiska aspekter. Men vi kan ändå utifrån denna nya kunskap framställa flera nya hypoteser om hur det medeltida smidet och synen på redskap har tett sig.

De fyra redskapen är smidda av olika järnkvaliteter men en annan fråga är om utgångspunkten är olika sorters järn? Under denna tidsperiod tillverkades järnet huvudsakligen med hjälp av blästbruk eller hyttbruk, med andra ord i masugn (se tidigare kapitel). I blästbruket användes huvudsakligen limonitiska malmer vilket innebär rödjord, myrmalm och sjömalm. I masugnen användes bergmalm. Järn som tillverkats i blästerugn innehåller i princip alltid innesluten slagg. I ett järn som innehåller lite kol finns oftast en högre slaggmängd, i stål däremot en lägre andel. När det gäller ”våra” föremål är de tillverkade under en tid då vi kan konstatera att båda typerna av järnframställning förekom (se tidigare kapitel). Det är därför intressant att diskutera vilken typ av järn som varit utgångspunkten vid tillverkningen av de analyserade redskapen. Det har funnits förutfattade meningar om blästjärnet och dess sammansättning. Det sägs vara slaggrikare och bestå av ferritiskt järn. De senaste decenniernas forskning har dock visat att man så långt tillbaka som under bronsålder (Hjärthner-Holdar 1993) kunde tillverka homogent stål och inte bara fosforjärn. Varnhemsbillen som har en större mängd slagginneslutningar i fosforjärn är ganska typisk för ett blästjärn, men de övriga föremålen är svårare att ha en uppfattning om. I Sverige är dock fosforförande malmer mindre vanliga. Vår huvudfråga i avhandlingsarbetet när det gäller detta kapitel var hur redskapen tillverkats och vilka egenskaper de har. Hade vår fråga däremot varit fokuserad på vilken typ av järn man använt eller varifrån järnet kom skulle en kompletterande kemisk analys av slagginneslutningar vara en möjlig väg att gå. I vårt fall har jag valt att utesluta denna metod på grund av kostnaderna, relaterade till relevansen för avhandlingsarbetet. Grandin avslutar sin analys med

konstaterandet att: ”vi kan dra slutsatsen att det är högst troligt att de undersökta föremålen är blästjärn, även om motsatsen inte kan uteslutas” (Grandin 2012).

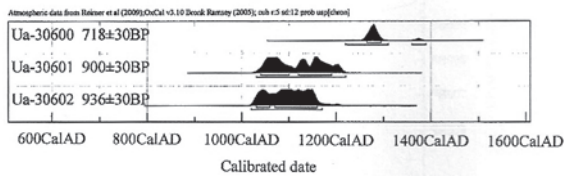
Möjligen kan man utveckla analysen något om man även tar hänsyn till föremålens fyndplatser. Lien från Eketorp kommer från en tidsperiod när man i denna region framställde stora mängder blästjärn (se tidigare kapitel). Årderbillen från Varnhem är kanske det mest tydliga exemplet på blästjärn som vi har. I Västergötland finns ett stort antal blästbruksplatser från 11–1200-talen. Där finns ju även en masugn under 1300-talets första hälft (Hyttehamn, se tidigare kapitel) men den kan vi nog i detta fall lämna därhän. Vad gäller lien från Alvastra kloster är den av en lägre kolhalt men fortfarande av stål, så här är det lite svårare att ha en klar uppfattning. Alvastra kloster var vid denna tid en av knutpunkterna i det medeltida ”Sverige”. Vi kan nog anta att man hade tillgång både till blästjärn, som tillverkades i stor kvantitet i Småland, och även till järn från Bergslagen som man hade täta kontakter med redan tidigt, genom gåvor av masugnar till klostret. En möjlighet är att denna lie tillverkats av någon som kommit hit från kontinenten eller har arbetat utifrån en kontinental tradition. Här är en gissning så god som någon. När det gäller Stockholmsbillen är den tillverkad av ett homogent härdat stål som är i det närmaste slaggfritt. Om något av föremålen är tillverkat av masugnsjärn från Bergslagen så är det troligen denna bill. Inte bara för att den är så gott som slaggfri, vilket inte utesluter att det är blästjärn, men den påträffades i Stockholm och är daterad till cirka ett århundrade senare än de övriga redskapen. Stockholm var under denna tid utskeppningshamn för Bergslagens masugnsjärn.

Vi kan endast gissa i dessa frågor ännu men ett så begränsat urval som fyra redskap har visat oss att det finns en mångfald i såväl tillverkningsstekniker som i materialval. Om man hade möjlighet att fortsätta denna studie och exempelvis analysera lika många föremål till eller fler kanske man skulle bli varse en ännu större mångfald.

## II.II.VI. Datering

Tre föremål har daterats med  $^{14}\text{C}$ -metoden med hjälp av de prover som togs för analys av föremålen. Lien från Alvastra kloster kunde dock inte dateras, eftersom det inte fanns möjlighet att utvinna tillräckligt med kol ur provet. Resultaten från dateringarna presenteras i sin helhet i bilagan.

- Stockholmsbillen är daterad till  $718 \pm 30$  BP (Ua-30600). Kalibrerade värden är 1220–1310 och 1360–1390 AD ( $2\sigma$ ) eller 1265–1295 AD ( $1\sigma$ ).
- Eketorpslien från Öland (SHM 31597) är daterad till  $900 \pm 30$  BP (Ua-30601). Det motsvarar kalibrerade värden på 1030–1220 AD ( $2\sigma$ ) eller 1040–1100 och 1120–1190 AD ( $1\sigma$ ).
- Varnhemsbillen (SHM 18393) är daterad till  $936 \pm 30$  BP (Ua-30602). Kalibrerade värden motsvarar 1020–1170 AD ( $2\sigma$ ) eller 1030–1060 och 1070–1170 AD ( $1\sigma$ ).



Figur II:6. Samtliga tre  $^{14}\text{C}$ -daterade föremål. Ua-30600 – SHM 11056, Ua-30601 – SHM 31597: V28:27 och Ua-30602 – SHM 18393:3 263.

Resultaten för Eketorpslien och Varnhemsbillen spänner över samma tidsperiod. Intervallet är tämligen stort, delvis på grund av att kalibreringskurvan här är flack. Tyngdpunkten i resultaten ligger i tidig medeltid. Stålbillen från Norrlandsgatan är senare, utan överlappning i tid med de båda äldre. Resultatet för stålbillen hamnar också inom ett klart snävare tidsintervall i medeltid, med största sannolikhet i den äldre delen av dateringsresultaten (se bilaga).



# III. Undersökningen del III.

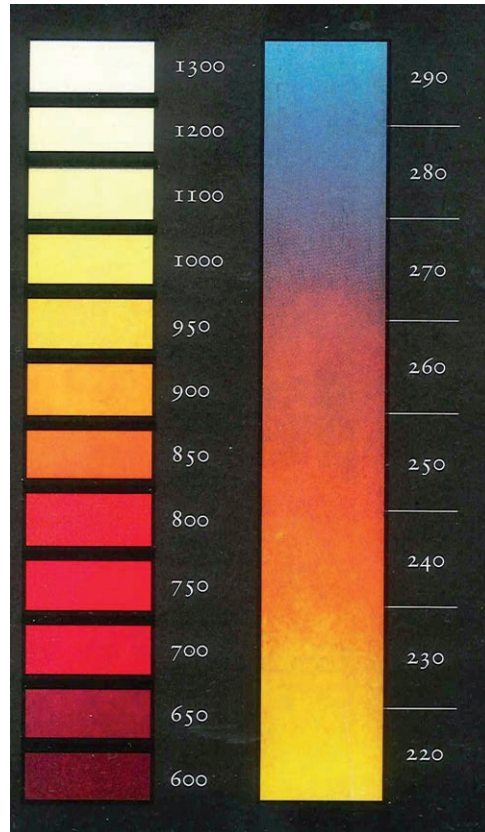
## Smide av repliker av medeltida fynd

Detta kapitel handlar om tillverkningen av två liar och två årderbillar, samtliga fyra repliker av tidigare presenterade arkeologiska fynd från medeltid. I kapitlet om smide av medeltida repliker kommer en introduktion om smide och smidesteknik att föregå redovisningen av själva tillvägagångssättet. Därefter följer en genomgripande redovisning av tillverkningen av var och en av de fyra replikerna – hur förberedelser gjorts och smidet utförts. Replikerna har tillverkats av smeden Patrik Jarefjäll, doktorand vid institutionen för kulturmiljövård, Göteborgs universitet.

### III.I. Smidesteknik

Här följer en kortfattad beskrivning av olika moment och smidestekniker. Denna beskrivning är till för dem som inte själva är smeder, har smitt eller har någon förkunskap i ämnet. Smide är en process där en metall bearbetas så att plastisk deformation uppstår. Plastisk deformation innebär att man flyttar om i strukturen av atomer och molekyler i metallstycket. Det finns två typer av smide, kallbearbetning och varmbearbetning. Idag förekommer kallsmede vanligen hos plåtslagaren och ett ordspråk säger att ”*djävulen tar en kallsmed*” på grund av att stålet spricker om man bearbetar det kallt. Metallstycket läggs på ett städ och med hjälp av hammarslag förändrar man materialets inre struktur och därmed uppnår materialet önskad form. Vid bearbetning i kallt tillstånd kan man få en bättre precision men mer kraft krävs för att forma järnet. Detta kallas kallsmede men här riskerar man att ett järn eller stål spricker eller bryts av om det är för hårt och sprött. Vid bearbetning under upphettning krävs det mindre krafter för att forma järnet till det redskap eller föremål som avses.

Värme och rätt temperatur är en central del av varmsmidet. Smide sker normalt mellan 700–1100 °C. Det handlar alltså inte om hur varmt det är i ässjan utan hur varmt själva järnet eller stålet har blivit. Hur varmt järnet är avgör du inte med en termometer utan med hjälp av det glödgade järnets färgskala. Det är



Figur III:1. Färgskala för uppvärmning angiven i °C. Källa: Enander och Norén 2006

av största vikt att kunna bedöma rätt temperatur för de olika smidesmomenten så att de slutgiltigt formar redskapen eller föremålen.

Vid rätt temperatur är järnet mjukt och lätt att forma. Om järnet är för varmt kan det börja "brinna" vilket betyder att järnet faktiskt smälter, oxiderar och försvinner. Å andra sidan skall man inte smida under 650 °C. Vid varmsmide är ässjan nödvändig och generellt krävs även städ och hammare för att utföra det nödvändigaste smidet. Utöver detta finns tänger, mejslar och ämbar för vatten. Ässjan och städet bör placeras mörkt vilket gör det lättare att avgöra järnets temperatur utifrån den färg som järnet har (se ovan). Det är mycket viktigt att få bra värme i ässjan. Men det är inte bara hettan som påverkar kvaliteten på smidet. Även valet av bränsle kan påverka järnets kvalitet. Bränslet i ässjan handlar i vårt fall endast om olika typer av träkol vilket var det som stod till buds för den medeltida smeden. För att få hetta i ässjan blåser man luft in i elden med hjälp av en bälg eller flera bälgar.

De huvudsakliga tekniker en smed använder sig av är glödgning, sträckning, stukning, klyvning, kapning, nitning och vällning. Nedan följer kortfattade beskrivningar av dessa metoder samt relevanta termer. För mer ingående beskrivning av metallurgiska förändringar i stål och järn, se föregående kapitel.

Glödgningen av metall görs för att minska hårdheten eller ge lämplig struktur för vidare bearbetning. Man talar om olika typer av glödgning såsom avspänningsglödgning och mjukglödgning (Modin & Modin 1985). Vid mycket hög temperatur kan man foga samman järnbitar, så kallad vällning. Sträckning eller räckning betyder att med hammare eller släga slå ämnet så att det blir smalare och längre. Stukning betyder att komprimera ett ämnes massa så att stängen blir bredare och kortare. Bockning avser att bocka eller böja ett ämne i en önskad vinkel. Ansättning betyder att man ger det ämne man arbetar med ett märke eller ett veck för att exempelvis markera var man skall sträcka ut eller räkka materialet.

Klyvning och kapning handlar om att dela ett ämne eller ett material. Med klyvning menas naturligtvis att dela på ett material eller ämne. Detta sker ofta med en klyvmejsel eller avskrot.

Nitning är en teknik där metallbitar sammanfogas med hjälp av en nit. Niten har ett huvud på ena sidan och bearbetas på den andra så att den håller emot på bägge sidor. Den kan inte öppnas utan att förstöras. En nit värms vanligen, men även kallnitning förekommer, och formas med en nithammare.

Vällning är en mycket gammal smidesteknik som används för sammanfogning av två eller flera järnbitar. De bitar som skall sättas ihop vitglödgas i ändarna och kan sedan fogas samman genom slag. Utformningen av fogytorna är viktiga för att temperaturen inte skall hinna sjunka för mycket, eftersom detta påverkar vidhäftningsförmågan. För att förhindra oxidation (*att stålet bränns*) använder man sand eller något annat flussmedel (*vilket sänker metallens smältpunkt*) och därmed underlättas sammanfogningen (skyddar metallen från syre).



Figur III:2. Ässja vid Nya Lapphyttan. Foto: Catarina Karlsson.

## III.II. Smidesexperimentets förutsättningar

Nedan följer en beskrivning av experimentell tillverkning av repliker av fyra medeltida jordbruksredskap utifrån den metallurgiska analys som redovisats i förra kapitlet. Men först vill jag ge en allmän bild av förutsättningarna för smidesexperimentet. Smidet utfördes av smeden, läraren och doktoranden Patrik Jarefjäll. Här följer en beskrivning av smedjan, dess utrustning och de verktyg som använts i olika delar av processen. Beskrivningarna av smedjan och verktygen redovisas för att klargöra under vilka förutsättningar experimenten bedrivits. Sist men inte minst; i inledningen av redovisningen av smidesexperimentet presenteras smeden och hans bakgrund.

Smedjan där vi har tillverkat replikerna efter de fyra medeltida redskapen tillhör Göteborgs universitet. Den ligger i Johannesbergsområdet i utkanten av Mariestad där Institutionen för kulturvård bland annat har ett Bygghantverksprogram. Smedjan byggdes år 2000 av hantverksprogrammet och är en knuttimrad stuga med jordgolv cirka 4×5,5 meter stor. I smedjan finns en ässja. Ässjan är byggd av plåt och bordet av tegel. Ässjan är 1×2 meter stor och har två formor. Formorna är rektangulära och cirka 0,3×0,22 meter stora, med ett djup av cirka 0,08 meter. Formorna har underbläster och blästerhål i botten med ett hål som var 30 millimeter i diameter, i blästerhålet finns konformad plugg som reglerar inflödet av luft. Den bläster som använts är en elektrisk fläkt.

I smedjan finns även två städ och en fjäderhammare av typen ABNO-hammare. Det städ som använts vid smidet av replikerna är det största städet, det väger 125 kg och är tillverkat i Kolsva. I smedjan finns även ett stolpskruvstäd som använts vid olika tillfällen.

De redskap som använts mest är smideshammaren på 2 kg, smideshammaren på 1,5 kg och Kolsvastädet. Den större hammaren har i stor utsträckning använts i stället för smidessläggan. Smidessläggan används när man arbetar två tillsammans, vanligtvis smeden och smedhalvan (*smedens lärling*). Smidessläggan har endast använts ett fåtal gånger och vid dessa tillfällen har undertecknad agerat som smedhalva. I brist på duglig medhjälpare har den tyngre smideshammaren använts när det varit möjligt och fjäderhammaren när större krafter varit nödvändiga. När jag i skrivande stund nämner vilka verktyg som används mest tenderar jag att i första hand beskriva de verktyg som är aktiva i processen. De verktyg som drar blicken till sig är de som rör sig och formar järnet. Helt nödvändiga för en smed är dock också de verktyg som förlänger hans hand och som ger möjlighet att hantera det varma järnet både i ässja och mot städ. Tängerna är smedens förlängda och värmetåligen händer, de verktyg som används hela tiden för att kunna hantera det varma järnet och stålet. Tängernas käftar är utformade på olika vis för att på bästa sätt kunna gripa om det varma järnet. Avskrotan är ett verktyg som placeras i ett hål i städet och som används för att hugga av eller dela på järnet. Källsätten formar järnet när en ränna eller skåra behövs. Varmmejseln delar på järnet eller klyver det vid behov.





*Figur III:3. Smeden Patrik Jarefjäll i arbete. Foto: Catarina Karlsson.*



*Figur III:4. Fjäderhammaren vid räckning. Foto: Catarina Karlsson.*



*Figur III:5. Smideshammare och städ i Mariestad. Foto: Catarina Karlsson.*

Den smed som arbetat tillsammans med mig med detta arbete och som stått för smidesexpertisen är Patrik Jarefjäll. Under vårt arbete har vi många gånger diskuterat hur vi på bästa sätt skulle lösa olika frågor, som vi inte kunnat förutse och planera för. Att i möjligaste mån utföra arbetet med att tillverka medeltida repliker har diskuterats och utförts i samarbete. Patrik är en kunnig smed och har arbetat i flera kulturhistoriska projekt. Han är anställd som doktorand och lärare vid Institutionen för kulturvård vid Göteborgs universitet som återfinns i Mariestad. Här utbildas studenter inom byggnadshantverk, landskapsvård och trädgård. Jarefjäll undervisar inom snickeri och virkesberedning och hans forskningsämne handlar om samband mellan utförande av hantverksmoment inom snickeri och smide och verktygens utformning.

### III.III. Att tillverka en årderbill

Här kommer den experimentella tillverkningen av två repliker av medeltida årderbillar att beskrivas. Först redogörs för arbetet med en replik av årderbillen från Stockholm och sedan följer en beskrivning av smidet av repliken av billen från Varnhem i den kronologiska ordning som arbetet utfördes. Att vi valde att börja med billen från Stockholm var på grund av att arbetet med att få fram blästjärn för smidet av Varnhemsbillen tog längre tid än övrigt material.

#### III.III.I. Årderbill från Norrlandsgatan 13 i Stockholm, Uppland

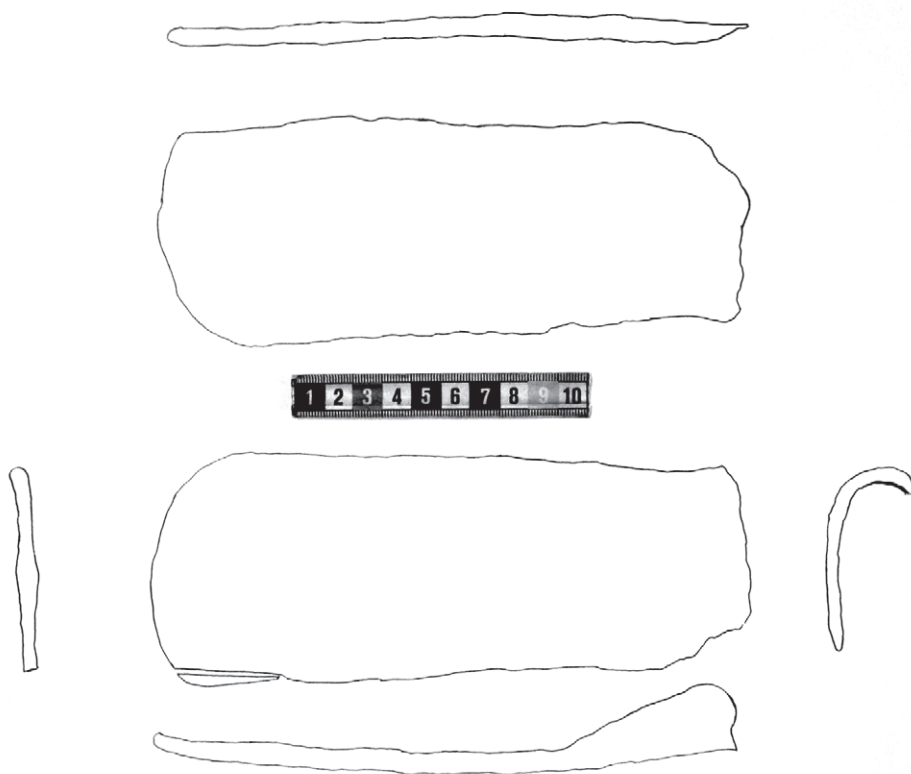
Smidet av denna kopia beskrivs i korthet. För mer detaljerad information kan man läsa smidesloggen där hela dokumentationen från experimentet redovisas.

#### III.III.II. Förberedelser

Innan vi påbörjade smidet dokumenterade vi den ursprungliga årderbillen mycket noga och upprättade en konstruktionsritning. För att den skulle bli så lik originalet som möjligt studerade vi tillsammans med Lena Grandin hennes analyser av billen (se förra kapitlet). Utifrån hennes metallografiska undersökningar valde vi vilka material och metoder som skulle användas för att tillverka billen. Vi skulle tillverka en årderbill i härdat stål med homogen struktur. Tillverkningen utfördes under våren för att årderbillen skulle vara klar innan vårbruket skulle ta sin början och nästa del av experimentet skulle starta (se del IV av undersökningen).

Det andra steget innan det faktiska smidet var att smeden gjorde en formningsanalys av billen. Formningsanalysen innebär att man från ett ämne, lera eller plast, med samma form som det ursprungliga materialet, gör upp en plan för

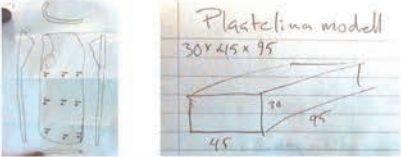














Figur III:6. Ritning av årderbill SHM 11056, vikt 573 g, längd 201 mm, bredd 77 mm, och tjocklek 5–9 mm. Källa: Upprättad av Catarina Karlsson och Patrik Jarefjäll

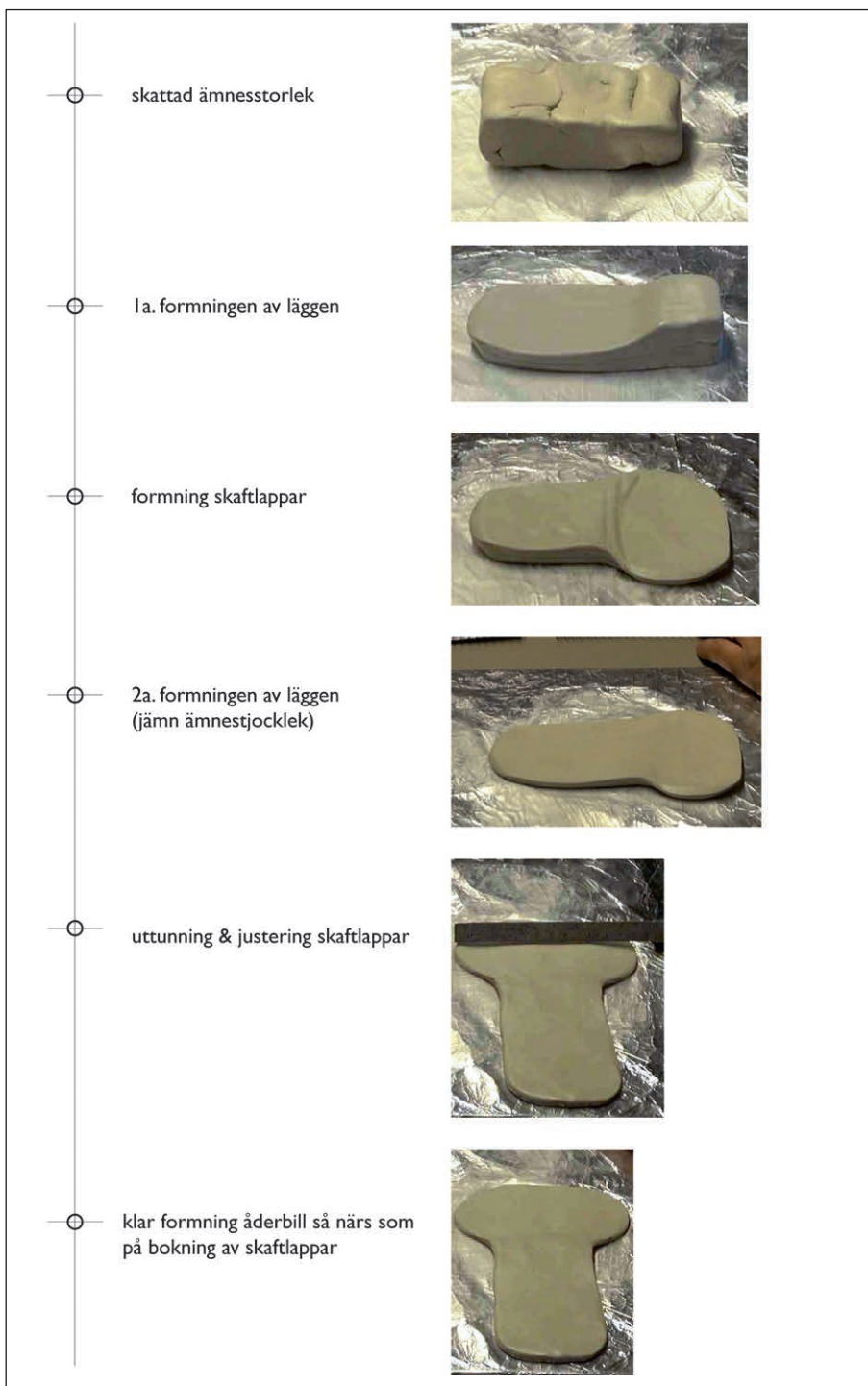
hur materialet rent fysiskt skall utformas och i vilken ordning. Smeden tillverkar en bill i ett mer lättbearbetat material. Vi vet inte om smeder utförde denna typ av beräkningar och förberedelser under medeltid men vi kan vara säkra på att man förberedde sig för att nyttja materialet på bästa sätt. Här planerar smeden hur mycket material som behövs och i vilka steg materialet skall formas till en årderbill. Denna analys blir sedan ett smidesschema som talar om i vilken ordning billens olika delar skall utformas.

I valet av material till årderbillen diskuterade vi olika alternativ. Vi prioriterade ett stål som hade ungefär samma kolhalt som Stockholmsbillen, utifrån Lena Grandins muntliga uppgifter och analyser, med andra ord 0,5 % eller strax över. Vi valde ett vanligt stål, SIS 1672, som går att köpa hos vanliga leverantörer, med en kolhalt mellan 0,45–0,6 %. Detta är ett hårdbart stål som ofta används till smide av verktyg. Övrigt material som använts är träkol av blandat lövträ och blandad ved, endast till stickor och för tändning av ässja. Vatten hämtades från Vänern och höll ett pH-värde på cirka 7,4, sanden innehåller kvarts och fältspat och kommer från Råda i Västergötland.

steg	formning & logganteckningar	kommentar
1	<p>uppskattad storlek på utgångsämnet 30x45x95</p> 	<p>efter tillgängliga materialdimensioner, vikt och "känsla"</p>
2	<p>formning av utgångsämnet till måtten ovan</p> 	<p>svår tolkat avslut på anteckningen: 1+1 min smide</p>
3	<p>första formningen av läggen</p>  <p>anteckning 3: nedsättning anvisning, 30 sek</p> <p>anteckning 4: räckning lägg framåt, 3 värmningar varje om 1min</p>	<p>tidsangivelsen avser sannolikt värmningen för nedsättningen</p> <p>vid ca 00.40</p>
4	<p>första formningen av skaftflikarna</p> 	
5	<p>andra formningen av läggen</p>  <p>anteckning 6: räckning lägg framåt ca 10 mm, 2 värmningar varje om 1min</p>	<p>anteckningen vid 02.20 uppgiften om dimensionen fördes in efter mättkontrollen vid steg 6</p>
6	<p>mättkontroll tjocklek</p> 	<p>nu (ca 02.50) kompletteras anteckningarna 5 &amp; 6 med uppgiften om tjocklek</p>

Figur III:7. Formningsanalys. Källa: Upprättad av Patrik Jarefjäll

steg	formning & logganteckningar	kommentar	
7	<p data-bbox="389 220 698 242">måttkontroll bredd på lägg och justering av läggbredden</p> 	<p data-bbox="885 305 1055 371">mellan 03.08 - 03.50 utförs kontrollen, justering av övergången mellan lägg och skaftflik genom stukning utförs 03.20</p>	
8	<p data-bbox="389 425 751 447">ny måttkontroll bredd på lägg och småjusteringar av eggens bredd</p> 	<p data-bbox="885 533 951 551">03.57 - 04.10</p>	
9	<p data-bbox="389 604 988 644">måttkontroll mot ritning av bredd och längd på lägg och småjusteringar av eggens bredd, och form efterjusteringen</p> 	<p data-bbox="905 657 1062 711">anteckning 7: pena egg rätt bredd, 2 värmingar varje om 1min</p> <p data-bbox="905 729 1062 778">anteckning 8: forma egg i rätt form, 1 värmingar varje om 1min</p>	
10	<p data-bbox="389 793 731 815">mätning och justering av skaftflikar, kontroll mot ritning</p>  <p data-bbox="389 966 773 988">anteckning 9: tunna ut skaftflikar 2 värmingar varje om 1 min</p>	<p data-bbox="817 966 902 988">06.05 - 07.40</p>	
11	<p data-bbox="389 1017 665 1039">avslutande kontroll mot uppmättningsritning</p> 	<p data-bbox="632 1039 830 1133">anteckning 10 vidare: bockningar skaftflikar + justering 3 värmingar varje om 1 min. Justeringarna kopplade till passning med tråkärna</p> <p data-bbox="632 1142 780 1164">anteckningen vid 08.25</p>	<p data-bbox="846 1184 1027 1224">slutlig form före bockning av skaftflikar</p>



Figur III:8. Smidesschema. Källa: Upprättad av Patrik Jarefjäll

### III.III.IV. Repliksmide

Vi startade smidet med en bit av det utvalda stålet. Sedan följde utformning av ämnet genom räckning till 45×30×00 mm vid cirka 1100 °C – med hjälp av fjäderhammare och tång. Sedan följde avspänningsglödning  $\geq 500$  °C och kapning av ämnet till önskad längd, då vägde ämnet 850 g. Därefter var ämnet klart för bearbetning, grov formgivning och rundning av kanter med 2 kg hammare, tång och städ. Efter en första bearbetning delas ämnet upp med en skåra (se bilden nedan) inför fortsatt smide. Den ena halvan skall skidas till bladet och den andra halvan formas till skaftet (*med de två skaftlapparna*), skåran görs med en källsätt, 2 kg hammare och städ. Sedan följde räckning, när man sträcker ut stålet och formar det, av både blad och skaft.

Efter bearbetning av blad och skaft kommer den första utformningen av skaftlapparna. Skaftlapparna bearbetades med hjälp av både hammare och städ, men även med hjälp av fjäderhammaren. Efter skaft och skaftlappar bearbetades bladet igen. Denna gång slogs bladet ihop för att breddas med hjälp av hammare och städ. Efter detta följde normalisering i härden i cirka fyra timmar. Här avslutades den första dagens smide. När den andra dagen började hade vi ett ämne med blad och skaft och påbörjade skaftlappar. Ämnet vägde då 833 g.

Ämnet värms åter upp, vänds och värms på andra sidan och är färdigt för bearbetning vid 1100–1200 °C. Slutbearbetning av blad och skaftlapparna påbörjas. Bladet breddas med hammare och städ. Formning av skaftlappar i cirka 800 °C, med hammare och städ. Skaftlapparna formas runt städets fyrkantiga horn. Formandet av skaftlapparna fortsätter och ämnet är åter i härden för värmning två gånger innan vi är klara. Billämnets värms åter upp och bladet bearbetas något innan skaftet riktas i vinkel mot bladet. Vid två tillfällen värms bladet upp och riktas med en liten vinkel neråt med hammaren. Nu är utformningen av årderbillen färdig och endast härdning och anlöpning väntar.

Vatten värms uppskattningsvis till cirka 60–70 °C. Avkylning av bladet sker i det uppvärmda vattnet. Efter härdningen testas eggen med fil. Billen värms åter



*Figur III:9. Det uppvärmda ämnet med en tydlig markering (vilken gjorts med källsätt) som visar vilken del som skall utformas till bladet till vänster och skaftet till höger. Foto: Catarina Karlsson.*





*Figur III:10. Utformning av blad och skaft. Foto: Catarina Karlsson.*



*Figur III:11. Vinkel mellan blad och skaft. Foto: Catarina Karlsson.*

upp i ässjan inför anlöpning av bladet och kyls i varmt vatten, billen får en blå färg efter anlöpningen. Avslutningsvis värms skaftet upp för att forma skaftlapparna runt städets runda horn. Efter att skaftlapparna är klara glödgas skaftet och billen är färdig för att passas på träfoten.





Figur III:12. Årderbill från 1300- talets Stockholm samt rekonstruktionen ovan. Foto: Catarina Karlsson.

I tabellen nedan presenteras en sammanfattning av hur smidesexperimenten har utfallit. De parametrar som jag har valt att presentera är naturligtvis inte de enda som är intressanta men de ger en god bild av förloppet. En tabell med samma parametrar följer även efter beskrivningen av smidet av de övriga replikerna. Precis som presentationen är tabellen uppdelad i dagar vilket inte har någon annan bäring på experimentet än att de utgör dess dokumentationsfaser. Under kolumnen timmar presenteras hur många timmar som vi faktiskt arbetat under dessa dagar. Moment anger vilka smidesmoment som klarats av under dagen samt i vilken ordning det skett. Material visar vilka utgångsmaterial som använts under dagen. Vikt anger billämnets vikt i början och i slutet av dagen angivet i gram. Kol presenterar hur mycket kol som använts under dagen angivet i kilo.

Tabell III:1. Sammanfattning av smidet av Stockholmsbillen.

Dagar	Timmar	Smidesmoment	Material	Vikt g (före)	Vikt g (efter)
Dag I	3	Utformning av blad och skaft.	Stål (SIS 1672)	850	833
Dag II	2,5	Utarbetning av skaftlappar. Riktning av bill. Härdning. Anlöpning.	Stål (SIS 1672)	833	801
Summa	5,5				

Källa: Dokumentation över smidesexperiment

### III.III.V. Sammanfattning av smidet av repliken av Stockholmsbillen

Vid smidet av repliken av Stockholmsbillen gick hela processen ganska smidigt. Vi upprättade en ritning och utgick ifrån den när vi utförde formningsanalys och smidesschema. Formningsanalysen för hur materialet rent fysiskt skall utformas och i vilken ordning ger följderna för smideschemat. Det består i att man gör ett grovt schema över vilka faser som ingår i smidet av exempelvis ett verktyg, från ax till limpa – eller snarare från ämne till bill.

Vi använde materialet SIS 1672, ett hårdbart stål som ofta används till smide av verktyg. Smidet gick bra och utformningen var inga problem. I processen använde vi ett nytt material men även stenkol, vilket inte var planerat. Att vi inte smidde med träkol var för att vi inte hade planerat och inköpt i tid. Billen blev lik den ursprungliga men lite tyngre. Detta hade vi dock till viss del beräknat, då den ursprungliga billen saknar en skaftlapp och är korroderad. Den bill vi smidde vägde 801 g, att jämföra med den ursprungliga billens 573 g. Repliken vägde med andra ord 228 g mer än den ursprungliga. Kanske är det lite mer än vad den ursprungliga billen vägde i nyskick, men sannolikt inte mycket då den saknade en skaftlapp. Utformningen blev mycket trovärdig.

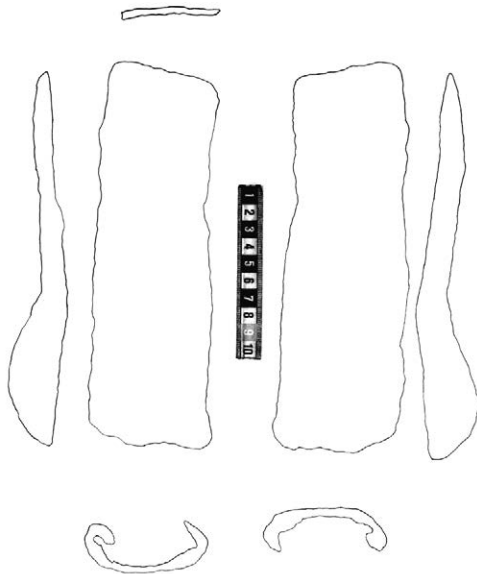
Det tog endast fem timmar att utforma, härda och anlöpa det ursprungliga ämnet till den färdiga billen. De fem timmar vi räknade var det faktiska smidesarbetet, i smedjan. Den planering som föregick är inte inräknad, inte heller den tid som krävs för förberedelser i själva smedjan. Det tar även tid att skaffa det material som behövs; järn, kol, vatten, ved, sand och rätt verktyg. Endast en liten del av det ursprungliga materialet, cirka 50 g, eller cirka 17 %, försvann i smidesprocessen.

## III:IV. Årderbill från Varnhems kloster i Västergötland

Smidet av Varnhems kopian beskrivs nedan. För mer detaljerad information kan man läsa smidesloggen där hela dokumentationen från experimentet redovisas. Smidet av Varnhemsbillen tog mycket längre tid än vi hade beräknat – det skulle krävas sju dagars arbete innan Varnhemsbillen kunde avslutas.

### III.IV.I. Materialval

Denna gång beslutade vi oss för att tillverka en replik av ett material som smeden var mycket ovan vid. Till Stockholmsbillen, med ett relativt slaggfritt och homogent härdat stål, låg det nära till hands att använda ett nyare stål som tillverkats med moderna metoder. Där skulle utfallet bli relativt lika, eftersom vi kunde



Figur III:13. Ritning av årderbill, Varnhemsbillen SHM 18393 vikt 1173 g, längd 230 mm, bredd 73 mm, tjocklek 3–12 mm. Källa: Upprättad av Catarina Karlsson och Patrik Jarefjäll



Figur III:14. Årderbill SHM 18393. Foto: Lena Grandin.

välja ett stål med likartad kolhalt. Varnhemsbillen var en mycket annorlunda uppgift. Den var med all sannolikhet tillverkad av blästjärn. Den innehåller fosfor och ganska mycket föroreningar av slagg. Vi ville därför tillverka billen av blästjärn. Ett problem är att blästjärn inte går att köpa i vanlig mening. Dessutom är det svårare att bearbeta för en

nutida smed som inte är van vid blästjärnets specifika egenskaper. Till slut hittade vi dock en möjlig samarbetspartner i Tranemo. Där har ett antal personer arbetat med experimentell järnframställning med blästor under de senaste 20 åren. De har arbetat tillsammans med forskare och i Lars-Erik Englunds (2002) avhandling om blästbruk beskrivs stora delar av experimenten.

Vi hade turen att få tillgång till nytillverkat blästjärn utan att behöva göra det själva, vilket hade varit intressant men skulle ha inneburit ett ytterligare moment som hade varit svårt att hinna med att arrangera inom ramen för avhandlingsarbetets utsatta tid. Tyvärr hade vi inte ekonomiska möjligheter att analysera blästjärnet innan vi använde det. Detta betyder att vi inte kan veta exakt vilken kvalitet järnet håller.



Figur III:15. Blästjärn från Tranemo. Foto: Catarina Karlsson.

I valet av material till årderbillens stålning diskuterade vi olika alternativ. Vi prioriterade ett stål som hade lägre kolhalt än det vi använt till Stockholmsbilen. Vi valde ett vanligt kolstål SIS 1770. Vad gäller träkol, vatten och sand se beskrivning av smide av Stockholmsbilen. Efter förberedelser med torkning av sand och införskaffande av träkol började smidet.

### III.IV.II. Repliksmide

Blästjärnen märkta med V+VIII placeras i ässjan för värmning inför förvällning. Smeden tillför kvartssand över ämnesjärnen. Han tar ut ämnena i ässjan och borstar dem med stålborste och strör på sand för att åter värma dem i ässjan. Detta görs för att förbereda förvällningen. En första bearbetning, vällning av båda ämnena med 1,5 kg:s hammare vid städet. Ämnena värms åter i ässjan och nytt kol läggs på härden. Båda ämnena tas ur härden och får kvartssand strödd över sig. Vällningen med hammare och städ fortsätter och de båda ämnena går ihop. Bearbetningen på städet fortsätter nu med den lite tyngre 2,5 kg:s hammaren. En spricka i ämnet måste gå ihop. Det blir problem med att få upp välltemperaturen, mer sand, träkol och värmning behövs. Ämnet snurras i härden.

Ämne I värms i härden. Tanken är att även det skall vällas ihop med de andra två ämnena som nu är ett. I härden söker smeden en bra välltemperatur. Med hjälp av borstning med stålborsten, mer sand och kol värms stycket upp mer och mer. När ämnet har en nästan flytande yta har det en bra välltemperatur. Efter en första bearbetning vid städet sitter nu även ämne I fast vid de två tidigare





Figur III:16. Sammanvällning av blästtenar till större stycke. Foto: Catarina Karlsson.

ämnesjärnen. Förvällningen av ämnet är färdig och tre blästtenar sitter nu ihop efter första bearbetningen. Nu bearbetas den andra änden av ämnet. Ämnet består nu av tre sammanvällda blästjärnstenar. Ämnet placeras vid härden för långsam avsvälning (det väger nu cirka 1500 g). Det är nu sammanvällt av tre blästtenar märkta I, V och VIII och är ett ämne på cirka 1,5 kg. Billämnet placeras i ässjan för värmning. Här söker vi åter igen en välltemperatur på cirka 1100 °C. Smeden släcker med vatten runt i ässjan för att spara träkol. Sedan stålborstning, sand och justering av draget. Smeden vänder ämnet i härden och söker en jämn och bra temperatur.

Bearbetningen med 2,5 kg:s hammare på städet börjar. Här väller smeden ihop ämnet, men är inte nöjd med temperaturen. Mer sand, träkol och justering av draget. Temperaturen är fortfarande för låg. Efter tre bearbetningar på städet och in och ut ur ässjan är temperaturen äntligen bra. Det gnistrar av brinnande järn och stål vilket visar på bra temperatur för vällning. Vällningen går ihop och ämnet tar form. Ämnets sträcks ut och välls ihop i cirka en halv minuts bearbetning med hammare och städ innan det åter värms i ässjan. Värmning och bearbetning görs cirka fem gånger. Under denna tid fylls det även på kol, härden justeras, draget justeras och en av tängerna måste lagas då den blivit för varm och ändrat form. Efter att vällningen är klar börjar en ny fas.

Smeden markerar mitten av ämnet med slägga och en källsätt, för att kunna vika ämnet och välla ihop det dubbelvikt. Med slägga och hammare viker smeden ämnet på städet. Han borstar det med stålborste och strör på sand. Det är dags för en paus, ämnet väger nu cirka 1320 g. Under pausen skall mer kol införskaffas. Åter från pausen värms ämnet upp och vällningen fortsätter, denna gång med hjälp av fjäderhammaren. Efter fem uppvärmningar i ässjan, mer sand och bearbetning i fjäderhammaren lika många gånger, går ämnet till slut ihop. – ”*Där satt han*” sa smeden med ett förlösande skratt. Man kan som åskådare till denna arbetsprocess konstatera att det kräver en stor koncentration och närvaro i nuet för att hitta den exakta temperaturen för vällningen. Temperaturen uppfattas då endast av smedens olika sinnen, synen bedömer vilken färg ämnet har och de



*Figur III:17. Billämne med omslag av nytt blästjärn. Foto: Catarina Karlsson.*

olika verktygen får avgöra känslan på ytan. Även hörseln är ett viktigt verktyg och vid ett tillfälle har smeden sagt sig arbeta bättre utan hörselskydd så han hör ässjan och järnet bättre.

Efter detta genombrott fortsätter bearbetningen men remmen som driver fjäderhammaren halkar av. Vällningen fortsätter, fem gånger till bearbetas ämnet i fjäderhammaren och värms i ässjan. Till slut är ämnet  $40 \times 20 \times 240$  mm och den sista etappen för dagen påbörjas med att ämnet värms upp efter en paus och bearbetas i fjäderhammaren och tunnast ut. Den ände av ämnet som skall vara bredare och hysa skaftlapparna viks ihop, med hjälp av en klyvmejsel som gör ett veck samt släggan som viker vecket. Tre gånger värms denna ände i ässjan och bearbetas i fjäderhammaren. Det går inte så bra och till sist så släpper vällningen och den vikta biten ramlar loss från ämnet.

Utgångspunkten är nu två sammanvårdade blästtenar, 891 g och 148 g ( $35 \times 30 \times 200$  mm och  $65 \times 45 \times 17$  mm). Vi kan konstatera att de två bitarna tillsammans väger strax över ett kilo men ganska långt under den ursprungliga billens vikt på 1173 g. Vi beslutar att värma ytterligare en blästjärnsten för att utjämna den bristande vikten. Den bit som fallit bort (148 g) tar vi bort ur ekvationen. Kvar blir då vårt ursprungliga ämne på 892 g samt den nya tenen på 535 g.

Den extra tenen läggs på ässjan för värmning. Planen är att värma den, förvälja den, platta ut den och vika den i tre delar. Under denna process skall fjäderhammare samt hammare (2,5 kg) på städet användas. Sju gånger värms tenen



upp, bearbetas, tunnas ut och slås ihop. Smeden söker rätt temperatur och använder sand, men materialet är frasigt, spretigt och svårbearbetat.

Ämnet bearbetas i ässjan fyra gånger och med fjäderhammare. Smeden borstar ämnet och bearbetar det inför vikning på fyra. Viket markeras med hjälp av källsätten med spår i järnet. Ämnet viks på städet och brister i två delar (vilket inte var avsiktligt). De två delarna sätts samman med en tång som håller ihop dem. Åter värms ämnet i ässjan och bearbetas i fjäderhammare. Bitarna fäster vid varandra och välls samman. Ena änden vill dock inte riktigt fästa och efter cirka sju omgångar i ässja och fjäderhammare vill det ändå inte riktigt fästa bra. Smeden värmer då det tidigare ämnet i ässjan, tanken är att det är dags att sätta samman de två stora bitarna. Ämnet värms i ässjan och bearbetas med slägga och källsätt. Smeden skrapar av ämnena och gör dem rena från avfall och glödska (oxiderat järn), sandar dem och sätter ihop de två ämnena. Smeden arbetar förgäves med sammanvällningen och använder till sist en slägga. Ämnet faller i golvet, det går isär. Vi kan konstatera att de två ämnena nu väger 1293 g. Det ursprungliga ämnet på 892 g samt den nya tenen på 535 g, tillsammans alltså 1427 g, har redan tappat 134 g i vår process. De båda ämnena som nu är ett ämne, men ännu inte sammanvällt, värms i ässjan. Sammanvällningen tar tid och ämnet bearbetas både i fjäderhammare och med hammare fastsatt i skruvstäd. Hela tio gånger värms ämnet upp i ässjan. Äntligen är vällningen klar. Ämnet väger då 1171 g, nästan exakt som den ursprungliga billen men ändå en besvikelse. Den vidare bearbetning som krävs för att utforma ämnet till en bill kommer att bränna mer järn och billen kommer därför att bli för liten i alla fall. Vi diskuterar en ny ten på 801 g som tillägg till den gamla.

Utgångspunkten är nu att ämnet väger 1171 g och vi lägger till ytterligare en järnbit på 251 g. Den mindre biten värms och bearbetas i fjäderhammaren en gång. Därefter är det dags att värma ämnet i ässjan (den stora biten). Den mindre biten sveps omkring den större. Tre gånger bearbetas och värms den mindre biten (svepet) som ska svepas kring den övre delen av billämnet. Bearbetningen sker med både fjäderhammare och hammare (3,5 kg). När svepet formas runt billämnet används skruvstädet för att hålla billämnet. Till slut passar svepet runt billämnet och de båda glödgas tillsammans, borstas och sandas för att förbereda sammanvällning. Svepet och ämnet välls ihop och bearbetas med hammare och fjäderhammare. Efter fem gånger är vällningen klar.

Billämnet värms i ässjan, borstas och bearbetas i fjäderhammaren. Även bilens bladdel bearbetas. Efter några korta omgångar på städet och på fjäderhammaren formas även skaftdelen. Plötsligt släpper svepet. Bearbetning och värming börjar om. Smeden viker ämnet och infogar svepet mellan billämnet samt sammanfogar ämnet med ett svepband i skruvstäd. Ämnet värms och ny vällning påbörjas. Smeden askar ur ässjan och vi diskuterar kol och gaser i ässjans centrum. Han är inte nöjd med värmen och utfallet av vällningen. Ämnet värms åter i ässjan och bearbetas snabbt i fjäderhammaren. Vällen tar och svepet passas in med hårdare bearbetning i fjäderhammaren. Smeden säger att utan öronproppar har



Figur III:18. Billämne. Foto: Catarina Karlsson.

han bättre känsla och han prövar sig fram till detta ögonblick när vällen tar och de båda järnbitarna går samman till en. Ämnet väger nu 1091 g och vi avslutar.

Utgångspunkten var nu ett ämne som väger 1091 g (med en lös bit). Ässjan tänds och diskussionen om sidobläster vore att föredra när man använder träkol fortsätter. Kanske blir det för mycket syretillförsel på ämnet? Bearbetning av ämnet, 30 sekunder på lilla ämnesbiten, med 1,5 kg:s hammaren och åter till ässjan.

Bearbetning av den stora ämnesbiten med 1,5 kg:s hammare, tång och städ. Smeden sandar ämnet, värmer och bearbetar i fjäderhammaren och på städet. Smeden söker efter den rätta välltemperaturen. Han justerar kolet och blästern och strör på mer vällsand. Bearbetning med hammare på städ och åter i ässjan för fortsatt bearbetning. Ämnet väger nu 974 g. En reflektion är att det går åt mycket kol för att lyckas med en fungerande välltemperatur.

I ässjan placeras en bit stål inför stålning av billen. Bearbetning av stålet på städet med hammare. Smeden kapar stålet med tanden på städet och värmer det åter i ässjan. Nu påbörjas ett nytt moment där smeden klyver billens egg med en klyvmejsel och hammare för att kunna infoga stålbiten. Billen sätts fast i skruvstädet och klyvmejseln slås ner i ämnet med hammaren. I den klivna eggen infogas en stålbit på 60 g och sedan värms billen med stålet tillsammans. Ämnet sandas och i ässjan justeras kolet och blästern. Sammanvällningen av billen och stålet sker med bearbetning på städet med hammare (1,5 kg) två gånger och sedan med fjäderhammaren. Smeden söker åter välltemperatur och arbetar vid ässjan. Här bearbetas kolet med raka, kolskyffel och pik. Mer sand på eggen och hårt och fokuserat arbete för att hitta rätt temperatur. Nu bearbetas ämnet två gånger med fjäderhammare och värms sedan för utformning av skaftlappar. Två gånger bearbetas skaftlapparna med fjäderhammare. Nu kapar smeden eggen med vinkelslip, för att skapa en bättre egg utan fnas i kanten. Billämnet värms åter för fortsatt smide och utformning av skaftlapparna. Billämnet väger nu 924 g. Vi diskuterar nu att lägga till ett extra blästjärn på 544 g och avslutar sedan.

Billämnet väger nu 924 g. Väger nytt ämne (475 g) och värmer det i ässjan. Det är åter dags att söka välltemperatur för den nya blästjärnstenen. Smeden

vänder och vrider på tenen i ässjan och bearbetar den i fjäderhammaren för att bredda den. Han söker välltemperatur, ämnet är färdigt för vällning och väger då 412 g. Billämnet bearbetas, breddas och tunnas ut.

Billämnet och det extra ämnet väger tillsammans 1287 g. Vid sju-tiden tän-der vi ässjan och värmer billämnet. Smeden vänder och vrider ämnet i ässjan. Nu värms skaftdelen av billämnet. Smeden bockar till skaftlapparna och viker in dem med hjälp av hammare och städ. Ämnet värms åter för sammanvällning med den sista blästtenen. Fyra gånger välls ämnena ihop och bearbetas med fjäderhammaren. Ämnet väger nu 1149 g. Ämnet värms åter i ässjan inför förvällning av sista tillägget. Smeden söker välltemperatur fokuserat, ny sand, nytt kol, vänder, vrider och justerar drag, kol och iakttar ämnet. Det är färdigt för att bearbetas på städet. Ämnet värms och mycket gnistor slår upp vid bearbetning

Tabell III:2. Sammanfattning av smidet av Varnhemsbillen.

Dagar	Timmar	Smidesmoment	Material	Vikt g (före)	Vikt g (efter)	Kol kg
Dag I	1,5	Förvällning. Sammanvällning.	Blästjärn I – 885 g VIII – 275 g V – 450	1625	1500	9,5
Dag II	5	Vällning.		1500	891 + 148 = 1041	12
Dag III	7	Vällning. Utbearbetning av blad och skaft.	Blästten 535	891	1171	17,5
Dag IV	5	Vällning av extra ämne. Sammanvällning		1075 g + 251	1091	10
Dag V	1,5	Stålning av billen.	Stål (1672) 60	1088	924	5
Dag VI	1	Förvällning av extraämne.	Blästten 475	475	412	7,5
Dag VII	5,5	Stålning med nytt stål. Utarbetning av skaftlappar. Riktning av bill. Härdning. Anlöpning.	Stål (1672) 101	1287	859	15
Summa	26,5		Blästjärn 2620 Stål 161		859	76,5

Källa: Dokumentation över smidesexperiment

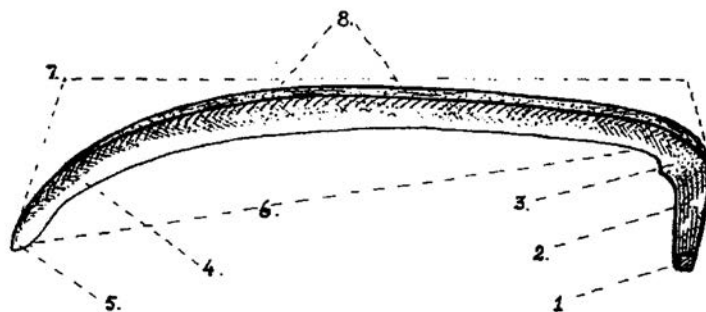
på städet. Smeden konstaterar att vi nog får ståla om billen. Billen bearbetas i fjäderhammaren och smeden väller ihop eggdelen med hammare. Vi hämtar torra sand. Ämnet bearbetas fem gånger i fjäderhammaren och värms och sandas emellan. Ämnet väger nu 929 g och det nya stålet väger 101 g. Ämnet åter i ässjan och mer sand. Nästa moment är att bearbeta skaftlapparna.

Bearbetning sker med hammare (1,5 kg) på städet. Fyra gånger bearbetas och värms skaftlapparna. Sedan följer en ny klyvning av eggen för att föra in det nya stålet. Billämnet klyvs med klyvmejsel i skruvstädet. Stålet passas in och eggen bearbetas med fjäderhammare efter att mer sand har applicerats. Efter två bearbetningar om cirka 5 sekunder var fäster stålet och vi tar en paus. Skaftet värms efter pausen och utformningen av skaftlapparna fortsätter. Två gånger bearbetas skaftlapparna med fjäderhammaren och efter det fem gånger med hjälp av hammare på städet. Smeden rundar skaftlapparna kring det lilla hornet. Skaftlapparna är klara. Billens vinklar formas med hammare (1,5 kg). Ämnet värms inför härdning. Billämnet härdas i vattenbadet. Billämnet placeras åter i ässjan för anlöpning i 30 sekunder. Billen är färdig.

### III.IV.III. Sammanfattning av smidet av repliken av Varnhemsbillen

Vid smidet av Varnhemsbillen gick det hela inte lika smidigt som med Stockholmsbillen. Den ursprungliga Varnhemsbillen var gjord av fosforrikt blästjärn med rester av slagg. Därför var det självklart att tillverka även repliken av blästjärn, om det var möjligt. Lyckligtvis fick vi hjälp av en grupp blästsmeder från Tranemo (se tidigare kapitel om blästbruk). Vi fick generöst med blästjärn tillverkat av myrholm. Utan järnet från Tranemo hade vi sannolikt inte kunnat göra experimentet med blästjärn. Det skulle inte vara möjligt att hinna utföra experimentet med blästbruk inom avhandlingsarbetets fyra år.

För smeden Patrik Jarefjäll var det första gången som han smitt med blästjärn. Blästjärn finns ju inte att tillgå eller köpa, om du inte tillverkar det själv. De järntenar som vi fick från Tranemoprojektet vägde från knappa kilot ner till ett par gram. Det första som behövde göras var att välla samman ett antal tenar till ett tillräckligt stort ämne som kunde räcka till Varnhemsbillen. Tenarna behövde dock sträckas ut och vällas samman för att få ett homogent och smidbart järn vilket vi inte var medvetna om när vi började. Tenarna var för små för att tillverka en så stor bill vilket fick experimentet att bli mycket svårt att utföra. Sammanfattningsvis kan man säga att alldeles för lång tid och alldeles för mycket material gick åt för att framställa Varnhemsbillen. Problemet var i huvudsak sammanvällningen av ett antal av de mindre blästtenarna. Vällningen i ässjan och vid städet gjorde att vi fick en mycket stor avbränning eller järnförlust eftersom järnet var svårt att värma till rätt vällningstemperatur och sedan svårt att välla samman. Kanske skulle en analys av blästjärnet kunnat förklara delar av svårigheterna med smidet.



Figur III:19. Lien och dess delar: 1. thorn, 2.tang, 3. angle, 4. front bow, 5. point, 6. edge, 7. back, 8. fold. Källa: Myrdal 2005

### III.V. Att tillverka en medeltida lie, Alvastralien

Här kommer den experimentella tillverkningen av två repliker av medeltida liar att beskrivas.

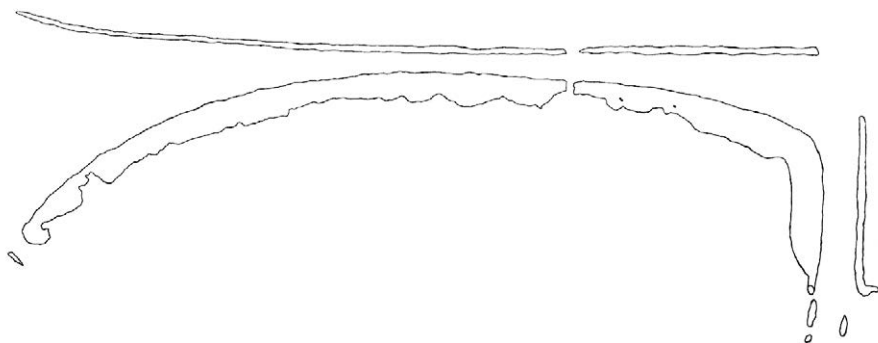
När det gäller liesmide finns betydligt fler källor att tillgå än för smidet av ärderbillar. Det finns till skillnad från billarna några historiska beskrivningar att tillgå (se kapitel om forskningsläge).

Alvastralien är en av två liknande liar som påträffats i Alvastra kloster. Efter den metallurgiska analysen kunde vi konstatera att den är tillverkad på ett annat sätt än Eketorpslien (se förra kapitlet). Alvastralien är längre men har inget inlagt stål i eggen. Eftersom eggen var mycket ankommen så är det möjligt att vi missat ett inlägg i den yttersta delen av eggen, men en lie med stålslag har oftast som Eketorpslien stål som går längre in mot bakkanten. Alvastralien är även enligt analysen bearbetad i kallt tillstånd. Dessa två indikationer (brist på stålslag och kallbearbetning) gör att jag har tolkat lien som en knacklie. Det var redan från början ambitionen att hitta både en sliplie och en knacklie att analysera och testa experimentellt, eftersom jag tror att knackandet förekommit i Sverige trots att det sällan har dokumenterats. I Sverige har den slipade lien under historisk tid varit helt dominerande, trots att en helt övervägande del av Europa använt knacklien såväl i historisk tid som idag.

### III.VI. Förarbete och materialval

Vi gjorde i fallet med Alvastralien två repliker av två olika material. Nedan redovisas Alvastralien II eftersom den valdes för att utföra slätterexperimenten. I smidesloggen redovisas dock båda replikerna (*Alvastralien I och Alvastralien II*).

Tillsammans analyseras ritningarna av det ursprungliga arkeologiska objektet och en planritning upprättas till den replik som skall tillverkas. Smeden arbetar med en modell och kommer fram till en formningsanalys. Han använder ett lättbearbetat, runt material, 30 mm i diameter och 80 cm långt. Därefter utformas ett smidesschema som går ut på att först räcka, sedan forma, därefter peening och



Figur III:20. Ritning av Alvastralien (det ursprungliga arkeologiska objektet) vikt  $194 + 146 = 340$  g, längd 670 mm, bredd 24 mm, tjocklek 6–2,5 mm. Källa: Upprättad av Catarina Karlsson och Patrik Jarefjäll

riktning. Vi valde i detta fall att använda ett nytt stål av typen SS 2225. Vårt ämne (utgångspunkten) var avhugget med mejsel och vägde (efter vissa justeringar) 543 g och var  $31 \times 10 \times 170$  mm stort.

### III.V.II. Repliksmide

Ämnet bearbetas i fjäderhammaren till  $10 \times 300$  mm. Ämnet kapas i omgångar för att formas till rätt storlek och vikt. Slutligen har vi ett ämne som väger 543 g och är cirka 31 cm. Nu börjar räckning och formning av det som skall bli liens lår. Ämnet värms och bearbetas fyra gånger. Sedan följer en utformning av brommen (se figur III:19 nr 1) vilket kräver fyra värmningar och bearbetningar med hammare mot städ. Brommen kyls av i vattenbad. Sedan följer ytterligare bearbetning av låret samt böjning av knäet med hammare och städ. Bearbetningen kräver även den fyra omvärmningar. Nu värms den del av ämnet upp som ska bli bladet på lien. Räckning av bladet i fjäderhammaren påbörjas. Fem gånger värms och räcks bladet ut med fjäderhammaren. Sedan följer en bearbetning med smideshammare av bladet för att forma det till en triangulär eggform från ett rektangulärt ämne. För att bearbeta hela bladet på detta sätt krävs hela elva uppvärmningar. Detta har även att göra med att bladet blir tunnare och tunnare och därför kyls av fortare under bearbetningarna. Efter detta arbete har vi ett lieämne som är 50 cm och väger 503 g. Efter en paus värms ämnet åter i ässjan och en bearbetning och räckning av bladet fortsätter. Räckningen pågår med tio värmningar från spetsen till knäet. Sedan justeras knäet då låret blivit en aning för kort. Sedan bearbetas och sträcks bladet ytterligare i fyra omgångar. Lieämnet är 58 cm och väger 484 g.

Ämnet värms upp och räckningen fortsätter på brädden för att skapa ett tunnare och bredare blad med smideshammaren. Efter sju bearbetningar så





*Figur III:21. Räckning av lieämnet. Foto: Catarina Karlsson.*

krävs en justering av knäet vilket måste böjas igen med hjälp av tre värmningar och arbete med smideshammaren. Efter detta följer arbete med att rikta upp lieämnet. Efter ytterligare uppvärmning påbörjas peening av eggen, från spets till knä. Peening innebär att man slår med en mindre hammare för att skapa ett tunnare blad. Detta är ett moment som pågår i över en timme med cirka 25 värmningar och lika många bearbetningar av bladet. Lieämnet väger 463 g.

Det avslutande arbetet handlar om att bearbeta lien till de rätta vinklarna, vilket innebär böjning av spets och knä samt justering av blad. När vi anser oss klara återstår endast en liten justering av brommen som är lite för lång och kapas för att stämma enligt den arkeologiska förlagan.

### III.V.III. Sammanfattning av smidet av repliken av Alvastralien

Då detta är beskrivningen av smidet av Alvastralien II kan man konstatera att detta gick helt enligt planen. Eftersom vi redan hade gjort en lie av denna typ och eftersom materialet fungerade bra gick arbetet relativt fort.

Tabell III:3. Tabell över smidesexperiment med Alvastralien.

Dagar	Timmar	Smidesmoment	Material	Vikt g (före)	Vikt g (efter)	Kol kg
Alvastralien						
Dag I	2,5	Formning, räckning	SS2225	543	484	7,5
Dag II	2,5	Räckning, formning, peening, riktning		484	455	5,5
Summa	5					13

Källa: Dokumentation över smidesexperiment

### III.VI. Eketorpslien

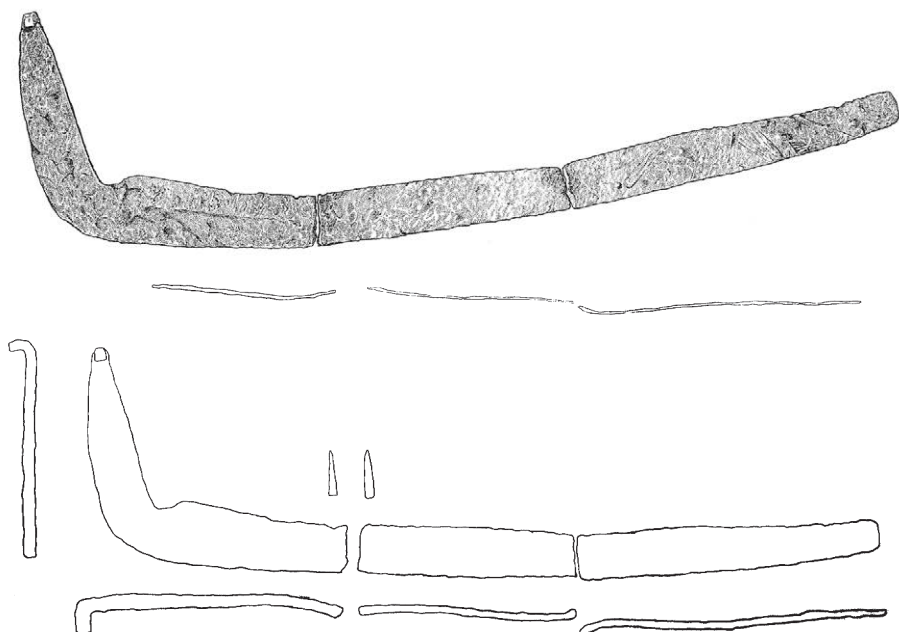
Eketorpslien påträffades på Öland vid undersökningarna av Eketorps borg. Lien är en stälad sliplie tillverkad i enlighet med äldre liesmidesteknik. Smidet av denna kopia beskrivs nedan. För mer detaljerad information kan man läsa smidesloggen där hela dokumentationen från experimentet redovisas.

#### III.VI.I. Förarbete och materialval

I fallet med Eketorpslien valde vi att använda ämnesjärn av blästjärn i kombination med ett nutida stål. Blästjärnsämnet vägde 634 g och var 420×77×7 mm stort. Stålet var SIS 1770, ett ämne som vägde 126 g och var 200×20×4 mm stort. Efter en formningsanalys skrivs ett smidesschema vilket innebär att sträcka, sedan vika för att foga in stål och sedan räcka, forma och slipa.

#### III.V.II. Repliksmide

Blästjärnet värms i ässjan. Markeringar sattes på ämnet för att visa var räckningen ska börja på blästjärnsämnet. Därefter började räckning av ämnet med hjälp av fjäderhammare samt hammare och städ. Bearbetningen pågick i tre omgångar, sedan värmdes stålet i ässjan. Räckningen av blästjärnet fortsatte en omgång till och sedan markerades på ämnet var en vikvällning skulle göras. Nu började bearbetningen av stålet med hjälp av fjäderhammare. Fem gånger bearbetades



Figur III:22. Ritning av Eketorpslien (det ursprungliga arkeologiska objektet) 332 g, längd 455 mm, bredd 26–35 mm, tjocklek 5,5–1 mm. Källa: Upprättad av Catarina Karlsson och Patrik Jarefjäll, *Cinbio* 1998:73 V 28:27 LH

stålet med hjälp av fjäderhammaren och återuppvärmdes i ässjan. Efter detta vägde stålämnet 126 g. Det var dags att aska ur, vilket betyder att man tar bort aska och slagg ut själva ässjan.

Blästjärnet värms åter i ässjan. Sedan påbörjas vikkvällning av ämnet. Nu fortsatte vällning av låret med 2 kg:s hammare vid städet. Vällen tar och nu följer passning av stålet. Det betyder att stålet passas in mellan delarna i blästjärnet. Blästjärnet sätts i skruvstycket och stålet passas in emellan blästjärnet. Stålet hamras fast för att hålla det på plats. Hela ämnet värms upp i ässjan inför en sammanvällning av de båda bitarna. Smeden värmer järnet och stålet och söker efter rätt välltemperatur. Först välls bakdelen mot låret och vällen tar. Detta betyder att blästjärnet och stålet förenas och välls samman. Sedan välls spetsen samman och efter detta mitten av lieämnet. Sammantaget bearbetas och värms lieämnet 10 gånger innan vällningen är klar. Strax före fem avslutas den sista vällningen och vägde ämnet 651 g och var 270×30 mm stort och 10 mm tjockt.

Innan ämnet värms i härden märks det blivande knäet ut. Medan ämnet värms arbetar smeden med justering av de tänger som skall hålla i ämnet. Glödbädden bearbetas för att ge en god och jämn värme. Vid nio påbörjas bearbetningen av ämnet för att sträcka ut det. Åtta gånger bearbetas ämnet i fjäderhammaren och värms i ässjan. Lieämnet väger nu 593 g. Ämnet är för

stort och vi kapar av en bit. Biten väger 131 g (och ämnet därför 462 g). Nu bearbetas det som skall bli eggen och spetsen med hjälp av smideshammare (2 kg). Låret och brommen bearbetas med smideshammaren och därefter kyls lieämnet av. Tre gånger bearbetas knäet med smideshammaren. Nu väger ämnet 388 g.

Bladet bearbetas och sträcks med fjäderhammare vid tre tillfällen. Det bearbetas med smideshammaren, sex gånger värms ämnet och sträcks ut. Bladet bearbetas ytterligare tre gånger med smideshammaren och två gånger med hjälp av fjäderhammaren. Bladet är nu 38 cm, det fattas fortfarande 4 cm för den rätta längden. Arbetet fortsätter med fem värmningar och nu är vikten 388 g. Bearbetning av lår, knä och egg fortsätter med smideshammare, fem gånger med värmningar emellan. Nu värmer smeden upp hela bladet för normalisering och låter det ligga bredvid härden för att sakta svalna. Efter lunch värms lieämnet åter upp och bearbetas kort, därefter mäter vi lien och då fattas fortfarande nästan en centimeter. Tre gånger värms och bearbetas bladet i närheten av knäet och till slut är lien lagom lång. Då läggs ett spår från spets till knä på lien som nu väger 368 g.

Nu slipar vi eggen längs hela bladet (med 120 slippapper). Efter slipningen av eggen väger lien 338 g. Lien läggs åter i ässja för värmning och normalisering. Hela lien värms och flyttas i ässja för att värmas samtidigt. Vi värmer vatten inför härdning. Lien dras fram och åter i härden för att värmas. Lien sänks och härdas i det varma vattnet. Lien värms åter i ässjan inför anlöpning och kyls sedan åter i vattnet till härdtemperatur ca 800 °C. Lien visar en fin blå färg. Lien riktas i ljummet tillstånd mellan hammaren och städet. Repliken av Eketorpslien är klar.

Tabell III:4. Sammanfattning av smidet av repliken av Eketorpslien.

Dagar	Timmar	Smidesmoment	Material	Vikt g (före)	Vikt g (efter)	Kol kg
Dag I	2	Räcka – vika – foga in stål – räcka	Blästjärn Stål 1770	634 + 126	651	4
Dag II	3,5	Räcka – forma – slipa		651	368 (efter slipning) 338	13,5
Summa	5,5					17,5

Källa: Dokumentation över smidesexperiment

### III.VI. Dokumentation

Det viktigaste vid ett experiment av denna typ är naturligtvis att testa olika variabler mot varandra i ett kontrollerat sammanhang. Dokumentationen handlar om hur man kan kontrollera sammanhanget och beskriva det för att experimentet skall vara möjligt att återskapa. I det här fallet har experimenten dokumenterats av

undertecknad, skriftligt och med stillbilder. Smeden och doktoranden Patrik Jarefjäll har även dokumenterat hela processen med rörliga bilder.

Skriftligt har undertecknad dokumenterat alla moment i smidet; vilka verktyg som använts, på vilket sätt och under hur lång tid. Dokumentationen innehåller vilka material som har använts och i vilka mängder. I samband med den skriftliga dokumentationen har även skisser upprättats av undertecknad för att illustrera hur smidesprocessen har format materialet till redskap. Vad gäller stillbilderna har undertecknad vid de olika smidesmomenten dokumenterat såväl ämnet som processen.

Rörliga bilder har spelats in med hjälp av en filmkamera. Filmen har spelats in från en fast plats i smedjan (se fig.). Hela processen har spelats in men vid pauser har även filmdokumentationen stoppats. Ur filmen har vissa av de foton som illustrerar avhandlingens smidesexperiment tagits.

### III.VII. Sammanfattning och utvärdering

Smidet har om möjligt utförts för att försöka rekonstruera den process som kan ha skapat de medeltida objekten. Utifrån den metallurgiska undersökningen och analysen har vi dragit slutsatser om hur redskapen tillverkats och försökt att återskapa en liknande process. I vissa delar av processen har vi av olika skäl varit tvungna att kompromissa och ibland ge avkall på strävan efter en process som efterliknar den medeltida. Det viktiga och huvudsakliga syftet har dock varit att framställa repliker som liknar dem som använts under medeltid. Därför har vi ibland valt att arbeta på ett anakronistiskt sätt. Att i en hel process, från malm till färdigt redskap, efterlikna en medeltida process hade inte varit möjligt inom ramarna för detta doktorandarbete.

Valet av vilka material som skulle användas till smidet var viktigt för att redskapet skulle ha liknande egenskaper som de som analyserats. Problemet var hur man skulle välja för att i så stor utsträckning som möjligt skapa repliker som liknar de arkeologiska objekten. De järn och stål som vi idag har tillgång till är annorlunda än de som tillverkades under medeltid. Till största del är skillnaden renheten i materialet. Inneslutet i medeltida järn finns ibland slagger och annat material beroende på att man till skillnad från idag inte hade en sluten process. Vi vet dock att hantverksskickligheten var mycket stor och att man hade möjlighet att tillverka järn och stål av hög kvalitet. För att om möjligt jämföra original och repliker har vi utfört HV-mätningar, alltså mätningar av järnets och stålets hårdhet. Dessa resultat kommer att redovisas i kapitel V som behandlar slitage.

Begreppet hantverksskicklighet handlar inte bara om själva skickligheten i utförandet av smidet utan även om bedömning av material, temperatur och val av redskap. I beskrivningen av vad som händer när man smider är det svårt att i ord skildra en process där många sinnesintryck och sekundsnabba beslut utgör

en helhet. Vi har gjort ett försök att dokumentera och beskriva men slutresultatet blir ändå en sammanfattning där många detaljer och nyanser gått förlorade.

Smide skiljer sig från många andra hantverk – dels för att det utförs i hög värme, dels för att man hanterar en metallurgisk process som kan beskrivas genom Fasdiagrammet för järn och kol (se tidigare kapitel). Smide skiljer sig även från annan metallhantering och metallgjutning. Hantverket och de kunskaper det innefattar är under medeltid så viktigt att det tillsammans med järnframställningen tillhör en av grunderna för samhällets utveckling. När man smider tillverkar man ofta nödvändiga verktyg och redskap för andra hantverkare och hantverk, men även sina egna verktyg. Smeden är alltså inte i samma utsträckning som andra hantverkare beroende av andras skicklighet (om man undantar järnproducenter och kolare), men många är beroende av smeden. Alla hantverk som kräver skärande eggverktyg, som i detta fall jordbruk, men även skogsbruk, trähantverk, ull och textilhantverk, stenhuggeri, läderhantverk eller matlagning. Under arbetet är det heller inte ovanligt att smeden får tillverka ett specialverktyg för ett visst ändamål eller laga ett trasigt verktyg.

Eftersom värmen i järnet, stålet och ässjan hindrar smeden från att arbeta med händerna krävs även ett antal redskap. De har inte prioriterats i dokumentationen. I analysen av min egen dokumentation har jag noterat att jag fokuserar på verktyg som rör sig och arbetar, inte de som är stilla eller som kan ses som en förlängning av någons hand eller arm. Jag tror att vi oftast fokuserar på hammaren som bearbetar järnämnet. Det underliggande städet mot vilket järnet formas, likväl som tången som håller ämnet, får däremot inte alltid den uppmärksamhet de förtjänar.

Under smidesarbetet har vi endast använt träkol. Från början hade vi ambitionen att använda kol som kolats i kolmila, något som man dessvärre inte kan beställa från ett företag hur enkelt som helst. Vi beslöt därför att använda kol som finns tillgängligt på ett enklare sätt och dessutom till ett rimligt pris. Kolet kom från blandat lövträ och var av god kvalitet. Vi använde samma typ av kol under arbetet med alla fyra replikerna vilket gör att åtgången av kol är jämförbar mellan de olika arbetena.

När det gäller fjäderhammaren så kan man tycka att det är anakronistiskt att använda den typen av verktyg om man försöker återskapa en medeltida produktion och situation. I vår situation, med en smed och en person som dokumenterar, hade vi inte räknat med att vi egentligen hade behövt en smedhalva. En smedhalva är smedens medhjälpare eller, med ett annat ord, lärling. En person som endast är halv smed ännu och som inte behärskar hela hantverket. Smedhalvan hade bland annat som uppgift att slå med slägga eller hammare vid behov av grövre smide. I vårt fall har en hel del grövre smide utförts och i brist på smedhalva fick vi nöja oss med en fjäderhammare. Det är sannolikt så att det inte har påverkat resultatet av repliken i någon större utsträckning. Det kan dock ha påverkat arbetstiden vilken kan ha minskat då vi inte har behövt ta pauser i samma utsträckning som en smedhalva skulle ha behövt.



Vad gäller ässjan så är även den utformad på ett annat sätt än de medeltida ässjorna. Den medeltida ässjan var byggd med sten, ibland tegel och lerfodring. Den medeltida ässjan hade en handdriven sidobläster medan vår bläster drivits med el. Blästerluften i vår nutida ässja kommer underifrån, i den medeltida ässjan från sidan. Detta påverkar processen på olika sätt, var det svårt att få tillräckligt hög välltemperatur det fanns heller ingen möjlighet att omsmäla blästjärn i ett slaggbad, vilket skulle kunnat vara ett alternativ.

Resultatet av smidesexperimentet är acceptabelt då vi uppfyllt syftet att framställa fyra repliker av medeltida jordbruksredskap.

I tabellen nedan kan vi se att Varnhemsbillen skiljer sig från de övriga radikalt i fråga om åtgång på material och tid. För Varnhemsbillen har sammanlagt 2781 g blästjärn i form av tenar och stål använts, för att tillverka ett redskap som till sist vägde 859 g. Drygt tre gånger det färdiga redskapets vikt gick åt för tillverkningen. Detta är dock inget normalfall som vi kan använda i kalkyler om förbrukning av järn vid smidet av redskap. Slutsumman påverkades drastiskt av flera möjliga faktorer, som dock alla har samband med varandra.

- Sammanvällning av ämnesjärn till blästjärn
- Ässjans utformning
- Min och smedens kunskap om blästjärn
- Blästtenarnas kvalitet (*vilken vi inte har haft möjlighet att analysera*)

I vårt försök att tillverka en årderbill av blästjärn fick vi till vårt förfogande ett antal blästtenar vilka vägde mellan 400–800 g. För att tillverka billen som skulle väga strax under ett kilo var vi tvungna att välla samman flera tenar. I denna process att addera mindre stycken till ett större skedde den stora förlusten av järn. Det är dock troligt att man under medeltiden i ett sådant fall inte alls försökte välla samman tenar till ett stycke, eftersom det skulle vara mycket oekonomiskt. Sannolikt har man i första hand använt ett stort stycke från början. Om man var tvungen att köpa sitt järn köpte man sannolikt ett tillräckligt stort stycke för att slippa järnförlusten. I tredje hand, om det som stod till buds var för små ämnesjärn, tenar, osmundar eller föremål som skulle "återvinnas", är det sannolikt att man har smält samman tillräckligt antal i ässjan. Detta förordar även Tomas Jacobsson efter sina experiment med ämnesjärn och osmundar (Jacobsson i manus). Det skulle då göras med hjälp av ett slaggbad där ämnesjärnen smältes ihop till ett större stycke. Jag och smeden diskuterade detta efter några timmars vällningsarbete men beslutade att det tyvärr inte gick att genomföra inom rimlig tid, då en annan typ av ässja med sidobläster skulle behövas. Vi kan dock konstatera att sammanvällning av ämnesjärn vid städet städet kan orsaka stora förluster av järn.

När det gäller de övriga tre redskapen – Stockholmsbillen (17 %), Alvastralien (16 %) och Eketorpslien (40 %) – så är förlusten på de två första rimlig och acceptabel. När det gäller Eketorpslien så är det sannolikt så att förlusten dels beror på brist på kunskap om materialet, dels även på, som vi diskuterat ovan, att

vällning är mycket kostsamt och förlusterna stora. I det här fallet handlade det inte om att välla samman ämnesjärn för att få det att räckta till lien utan om att tekniskt sett foga in eggstålet i lien. Detta var man naturligtvis även tvungen att göra under medeltid, så här kan vi konstatera att det sannolika går åt mer järn. Kanske ligger vi dock i brist på materialkännedom och övning på en högre procent än nödvändigt. Vi kan dock konstatera att det sannolikt är så att procenten skulle ligga någonstans mellan våra 40 % och de procentsatser strax under 20 som Stockholmsbillen och Alvastralien uppvisar. Detta stämmer även mycket väl med Jacobsons experimentella studier vilka visar en avbränning och förlust på mellan 15–17 % vid smide av osmundar till ämnesjärn (Jacobsson i manus).

När det gäller åtgången på träkol har vi endast möjlighet att räkna på tre experiment på grund av att vi inte har korrekta siffror för Stockholmsbillen – Varnhemsbillen 2,9 kg/h, Alvastralien 2,6 kg/h och Eketorpslien 3,1 kg/h, vilket ger ett sammantaget snitt på 2,9 kg/h. För att kunna jämföra de olika experimenten har jag beskrivit kolåtgången i kol per timme. Jag har i detta fall inget referensmaterial att relatera till men det blir ju tydligt att skillnaden i åtgång av kol inte blir så stor. Under försöken uppfattade vi att åtgången på kol var mycket stor i vällningssammanhang men mindre under räkning och formning av ämnen och redskap.

När det gäller den arbetstid som anges i tabellen är det den effektiva arbetstid som gått åt vid smidet. Timmarna av förberedelser med anskaffning av material, formningsanalys och smidesschema ingår inte, inte heller de pauser för att äta eller vila som har varit nödvändiga. Det hade med andra ord inte varit möjligt att utföra dessa experiment med endast den effektiva arbetstiden, men att redovisa något annat vore inte möjligt. Redovisningen gäller med andra ord de timmar som smeden fått ägna åt att smida de medeltida replikerna, med redan väl utförda förberedelser. Men i ett medeltida sammanhang har smeden inte någon möjlighet att klara arbetet själv utan dessa timmar skall ses som att ett tvåmansjobb har utförts. Dels, vilket redan nämnts, var smedhalvan nödvändig för att svinga släggan åt smeden, dels han eller någon annan var också tvungen att hela tiden sköta bälgen eller bälgarna i ässjan. Att blästerluften var av största vikt och att det var ett kontinuerligt och viktigt arbete kan vi också konstatera. Blästerluften reglerar värmen i ässjan vilken i sin tur är av största vikt, till exempel vid vällning, där temperaturen är mycket viktig.

Tabell III:5. Åtgång av blästjärn, stål, kol och arbetstid vid smidesexperimenten.

	Blästjärn (g)	Järn/Stål (g)	Färdigt redskap (g)	Träkol (kg)	Arbetstid (h)
Stockholmsbillen		850	801		5,5
Varnhemsbillen	2620	161	859	76,5	26,5
Alvastralien		543	455	13	5
Eketorpslien	634 (-131)	126	368	17,5	5,5

Källa: Dokumentation över smidesexperiment

Tillverkningen av de två billreplikerna i smedjan visade sig vara en större och mer arbetsam uppgift än vi först räknat med. Stockholmsbillen gjordes i ett nutida stål och innebar inget större problem. Varnhemsbillen visade sig vara mycket mer svårhanterlig, på grund av att vi beslutat oss för att använda blästjärn som råmaterial. Sammanvällningen av blästjärnet till en tillräckligt stor enhet som skulle räcka för att smida en årderbill som väger 1173 g var inte lätt. Utbytet blev mycket dåligt och avbränningen mycket stor. Inför de framtida försöken är det dags att pröva andra vällningsmetoder. Hittills har vi vällt samman mindre stycken till ett stort genom upphettning och sammanfogande med hammare, på städ eller med fjäderhammare. Det hade varit bättre om vi arbetat med härdfärskning eller sammansmältning i härd. Denna metod rekommenderar Tomas Jacobson, efter sina smidesförsök med osmundar, för sammansmältning av större stycken (Jacobson i manus). För att förhindra att upphettad metall som utsätts för luft bildar glödska, varvid utbytet kan försämrans radikalt, användes sannolikt härdfärskning. Med all säkerhet förstod man att metallens egenskaper förbättras i kontakt med viss typ av smält slag vid hög temperatur. Därmed hade man principerna för härdfärskning. Det gällde alltså att exponera metallen för den smälta slagen. Vad som hände i härden därefter var dels att slagginneslutningar flöt ut i huvudmassan av slag, dels att kolhalten sjönk. Den tid den upphettade metallen är i luften är oxidation av metallen svår att förhindra, så slaggsyddet var mycket betydelsefullt (Bentell 2015). Denna beskrivning skulle kunna visa en väg hur man kan välla samman flera mindre blästtenar till ett större stycke med hjälp av härdfärskning. Metoden förhindrar avbränning av järn men minskar också den stora kolåtgång som vi kunnat se under våra vällningsförsök. Det skulle även behövas experiment med sidobläster vid vällning för att kunna ge bättre underbyggda svar på bränsleförbrukning och avbränning.



# IV. Undersökningen del IV. Experiment med årder och lie vid Järvafältet

De praktiska experiment som gjorts med årder och lie har utförts i samarbete med Sollentuna kommun, vid naturreservatet Östra Järvafältet norr om Stockholms stad. Planeringen av experimenten påbörjades redan vid starten av arbetet med avhandlingen. Mina första kontakter med Olof Lundkvist, som arbetar med historiskt jordbruk på Järvafältet, skedde under hösten. De ärjningar och den lieslåtter som skulle utföras var dock det fjärde ledet i kedjan av undersökningar som bildar slitageberäkningsmetoden. Slutsatsen var att några experiment inte kunde genomföras tidigare än ett och ett halvt år efter starten på avhandlingsarbetet. Efter att de metallurgiska analyserna var färdiga, påbörjades arbetet i smedjan vilket redovisats i föregående kapitel. Här framgår också varför endast två årderbillar och inga liar blev klara för användning efter smidet under vintern 2012. Våra beräkningar av hur mycket tid som skulle krävas i smedjan var en underskattning, något som ledde till att liarna fick tillverkas under följande vinter. Ärjningsexperimentet har med andra ord utförts under två år (*2012 och 2013*) och slåtterexperimentet under två år (*2013 och 2014*). Resultaten från experimentet vid Järvafältet kommer att presenteras i fyra delar, en del för varje redskapsreplik: Stockholmsbillen, Varnhemsbillen, Alvastralien och slutligen Eketorpslien. Men först kommer en presentation av det område där större delarna av experimenten har utförts.

## IV.I. Östra Järvafältet

Mellan Bögs gård och Väsby gård i Sollentuna kommun strax norr om Stockholm finns ett område där odlingslandskapet är mycket välbevarat. Här har jordbruket präglat landskapet från bronsålder och fram till idag. Sollentuna kommun arbetar med att levandegöra och sprida kunskap om vårt landskap och hur det formats av odling under lång tid. Här arbetar man med traditionella metoder, som därmed hålls vid liv. Samtidigt bibehålls ett landskap som minner om



*Figur IV:1. Sverigekarta med Östra Järvafältet markerat. Källa: Upprättad av Lena Berg Nilsson*

vår historia. Traditionellt ängsbruk med lieslätter bedrivs på flera historiska slättermarker. Ängarna fagas på våren, slås med lie i juli–augusti och efterbetas av får, hästar och kor när höet är bärgat. På åkern intill Väsby gård odlas hö i en vallodling som slås med hästdragen slättermaskin. En åker som förr brukats i tvåsåde brukas nu återigen med hästdragna redskap. Rågen skördas med lie och tröskas sedan med slaga. Allmogeåkern vid Väsby odlas med växelbruk som användes från mitten av 1800-talet till in på 1900-talet. Här har en sjuårig växtföljd som infördes på Väsby gård under 1890-talet rekonstruerats. Växtföljden var: träda, råg, vall (klöver och timotej), vall, vall, korn och havre. Men idag odlas en gröda åt gången på åkern. På allmogeåkern odlas även andra grödor som var vanliga under 18–1900-tal, som rovor, potatis, ärtor och lin. Flera träd i odlingslandskapet hamlas för att ge lövfoder åt gårdens djur. Vid Väsby Båtsmanstorp används torpets åker och äng på historiskt sätt. Man har ställt i ordning flera gamla maskiner och många redskap som används, till exempel vagnar, slättermaskin, årder, harvar, rensverk, slagor, räfsor och liar (Dalén & Lundkvist 2006). Här bedrivs

ett gediget arbete riktat mot allmänhet och skolor för att sprida kunskap om historisk odling, landskapsvård, arkeologi och naturvård.

Fornlämningarna i området talar om för oss att området varit bebott och brukat sedan bronsålder. De fossila åkrarna visar var bronsålderns bönder tog upp de första odlingarna. Från järnåldern finns en fornborg, gravfält, stensträngar, boplatser och åkrar. Under järnåldern koloniserades nya delar av området och föregångarna till Väsby och Bögs gårdar anlades.

Väsby Båtsmanstorp kallas en av åkrarna, Båtsmanstorp är känt sedan 1725. På Järvafältet delades gårdarna in i områden (rotar) under Roslags 1:a Kompani. Varje rote var skyldig att utrusta ett torp och försörja en soldat eller båtsman åt kronan. Torpet låg cirka 600 meter norr om Väsby gård. Båtsmannens torp bestod av ”stuga med behöfliga uthus, kåltäppa, ½ tunnland åker samt äng till två sommarlass hö”. Under fredstid arbetade han på gårdarna som de andra torparna. Mot slutet av 1800-talet infördes allmän värnplikt. Soldattorpen





Figur IV:2. Karta över det historiska landskapet mellan Väsby och Bögs gårdar. Här kan vi se Väsby Båtsmanstorp markerat med (E), Allmogeåkeren vid Väsby markerad med (B) och Tvåsädesåkeren vid Bög markerad med (F). Källa: Karta från Sollentuna kommun



Figur IV:3. Båtsmanstorpets åker. Foto: Catarina Karlsson.

lades ned och år 1885 flyttade den sista båtsmannen från torpet. Därefter bodde det folk där som jobbade på gårdarna i närheten. Själva torpet brann sedan ner till grunden år 1928. Idag syns en husgrund, rester från spismuren och jordkällaren och båtsmannens syrenbuskar på torpets plats. Under 2006 öppnades markerna kring torpet upp igen och båtsmannens gamla åker och äng brukas nu åter med gamla metoder (källa: [www.sollentuna.se](http://www.sollentuna.se)).



Figur IV:4. Tvåsådesåker ärjad. Foto: Catarina Karlsson.

Allmogeåker ligger vid Väsby gård med odlingar av olika äldre åkergrödor. Den innehåller också andra äldre åkergrödor som lin, rova, ärtor och potatis. Åkeren håller den odlade biologiska mångfalden från förr levande (källa: Sollentuna kommuns hemsida).

Tvåsådesåker kallas åkergårdet söder om Bögs gård som brukas i tvåsåde, på samma plats som det låg enligt den äldre geometriska kartan från år 1636. Tvåsåde användes på Bögs och Väsby gårdar från tidig medeltid till slutet av 1800-talet. Dagens tvåsådesåker brukas med årder och harv och på åkeren växer grödor av gamla lantsorter, tillsammans med de ogräs som i naturen följer de olika sädesslagen. I moderna åkrar är de mer eller mindre utrotade (källa: Sollentuna kommuns hemsida).

Tabell IV:1. Åkrarnas brukade arealer under experimenten.

Plats	2012 m <sup>2</sup>	ha
Båtsmanstorp	520	0,052
Allmogeåker	635	0,066
Norra Tvåsådesåker	910	0,091
Södra Tvåsådesåker	745	0,075

Källa: Dokumentation över ärjningsexperiment





*Figur IV:5. De båda arkeologiska fynden av årderbillar tillsammans med replikerna. Från vänster Varnhemsbillen, replik av Varnhemsbillen, Stockholmsbillen samt replik av Stockholmsbillen. Foto: Catarina Karlsson.*



*Figur IV:6. Järnårdret med monterad träsula. Foto: Catarina Karlsson.*

De åkrar som ärjats inom dessa experiment har under en längre tid brukats med historiska jordbruksmaskiner och fordon. Det betyder att inga tyngre jordbruksfordon har brukat marken. Därför skiljer sig jorden här sannolikt från de omkringliggande åkrarna där maskiner som väger åtskilliga ton har komprimerat marken och packat samman jorden. Skulle vi gjort experimenten på denna typ av åkrar kan vi räkna med att de skulle ha varit hårdare vilket möjligen skulle ha påverkat resultatet. Åkrarna ärjades med samma årder men med de två olika replikerna av årderbillar, Stockholmsbillen första året och Varnhemsbillen andra året.

Under experimentet har vi använt ett årder av stål som man tidigare använt på Järvafältet. Stålarðret väger 32,5 kg, har två handtag och en dragås. I planeringen inför ärjningen diskuterades om vi skulle använda oss av ett äldre träårder vilket i större utsträckning skulle ha liknat den medeltida situationen. Vi konstaterade dock att det var en fördel att använda ett årder som vi var säkra på skulle hålla under hela försöksperioden och dessutom ett årder som vi hade tillgång till och visste att det fungerade. Utgångspunkten var ju att testa de nysidda replikerna och vår slutsats var att detta årder skulle fungera utmärkt för det syftet.

*Tabell IV:2. Träårder från Nordiska museets samlingar med mått (m) och vikt (kg), tabellen redovisar även vilken typ av årder och vilka delar som fanns kvar.*

Årder NM nr	Typ	Bill	Rist	Sula	Dragås	Styr- stång	Höjd m	Längd m	Vikt kg
131 551	Årder	X	-	X	X	2	0,8	1,6	11,0
131 702	Högårder	X	-	X	X	1	0,9	1,6	8,6
178 010	Bågårder	X	-	X	X	1	0,5	1,75	12,2
178 011	Högårder	X	-	X	X	1	0,8	3,4	19,4
79 555	Bågårder	X	-	X	X	1	0,8	3,2	13,0
178 931	Högårder	X	-	X	X	1	0,9	3,6	17,8
178 932	Högårder	X	-	X	X	1	0,7	2,7	10,0
179 507	Bågårder	X	-	X	X	1	1,1	3,2	22,3
232 188	Högårder	X	-	X	X	2	0,8	3,2	23,6
232 175	Högårder	X	-	X	X	1	0,8	2	25,0
75 293	Högårder	X	X	X	X	1	0,8	2,65	15,0
78 330	Högårder	X	-	X	X	1	0,8	3	10,8
79 319	Högårder	X	-	X	X	1	0,9	2,8	10,4

*Källa: Dokumentation över Nordiska museets samlingar*

För att försäkra oss om att detta årder inte hade helt andra förutsättningar än äldre modeller av trä gjordes en mindre undersökning av årder på Nordiska museet. Utifrån tabellen ovan över historiska träårder ser vi att vikterna varierar

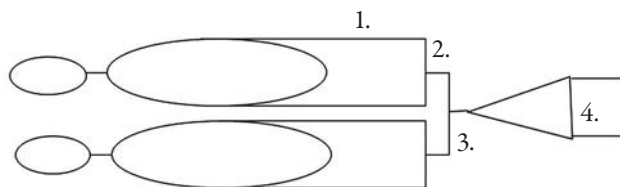


Figur IV:7. Nytillverkad träsula av ek där den varma billen passas in. Foto: Catarina Karlsson.

mellan 8–25 kg. Dessa vägda årder har länge förvarats i Nordiska museets samlingar vilket betyder att träet är mycket torrt. Träårder som används är fuktiga vilket även gör materialet segare och bättre. Om vi räknar med att årdren vägde cirka 30 % mer i fuktigt eller blött tillstånd blir vikterna mellan 10,4–32,5 kg vilket innebär att vårt årder ligger i den högsta delen men inte skiljer sig helt från träårdren. De årder som redovisas här är inte medeltida men de är av samma typer som fanns på medeltiden och utformade i trä på ett liknande sätt. Årdren är utvalda med kriterierna att de ska vara så kompletta som möjligt, oskadade och av typer som även förekom under medeltid.

Nästa steg var att tillverka en sula (den nedre delen av årdret) som kunde monteras på vårt årder som vi nu kallade Väsby I (*I står då för den första träsula av ek som fästs på årdret*). För att fästa billrepliken vid det nutida årdret tillverkades en sula med en årderfot där järnbillen skulle träs på. Sulan skruvades fast på årdret och årderfoten anpassades till den medeltida billens utformning. Järnbillen kunde därefter slås fast på träfoten och behövde inte några extra fastsättningsanordningar. Eftersom billen dras mot jorden fastnar den endast hårdare på träfoten efter ett tag. Den riskerar med andra ord inte att trilla av i myllan.

Träsulorna som använts har alla tillverkats av ek. Ek, bok och masurbjörk är de träslag som har identifierats arkeologiskt i träårder och av dem var ek det enklaste alternativet. Detta alternativ kändes även naturligt då ek förekommer i stor mängd vid Järvafältet och de övriga träslagen skulle ha krävt en avsevärt större ansträngning att skaffa. Träsulorna tillverkades av Patrik Jarefjäll tillsammans med undertecknad. För den första sulan användes ett tidigare torkat ekämne.



Figur IV:8. Schematisk skiss över dragdjur och årder. 1. Draglinor, 2. Svänglar, 3. Våg, 4. Årder. Sammantaget är ekipaget cirka 4,5 meter långt (från hästens bringa till årdrets träsula slutar). Källa: Upprättad av Catarina Karlsson

Den brast dock den andra gången vi använde den, efter cirka 4 km ärjande, var-efter vi bestämde att vi skulle lägga något mer möda på denna del av årderexperimentet. De nästa två sulorna var också tillverkade av ek, men av snedvuxen ek från Järvafältet. Här försökte vi använda träets struktur för att stärka årderfoten. Den tillverkades så att träets fibrer följer från fotens bakkant fram till billens fäste. Årderfoten höll i cirka 12 km och nästa, som är tillverkad av samma trästycke, höll resten av det första årets ärjningar. Den brast först vid den första ärjningen år två, sannolikt på grund av att den torkat ut under vintern. Träfötterna med den svängda trästrukturen håller längre men man kan konstatera att även de går sönder när man kör på en större jordfast sten.

Hästarna som har dragit årdret är två nordsvenska hästar vid namn Opid och Caruzo. Caruzo är 6 år och Opid 11 år och de ägs och körs av Tom Meurling som arbetar för Sollentuna kommun. Hästarna står stallade vid Väsby gård och sköter alla de körslor som det historiska jordbruket kräver. De arbetar både på fälten, vägarna och i skogen. Hästarna har varit selade med loksele. Opid har haft en värmlandssele och Caruzo en finnloke. Hästarna har till största delen dragit årdret i par. När vi har kört med endast en dragare har vi använt Caruzo. Hästarna har som sagt selats med loksele som sedan kopplats till två par draglinor vilka har suttit i två svänglar. Svänglarna har kopplats till en våg vilken sätts fast i årdret. Körkarlen har sedan styrt ekipaget med vanlig partöm.

Sist men inte minst det viktigaste av allt. Förutom de två eminenta hästarna hade jag även två ypperliga samarbetspartners under ärjningen vid Järvafältet. Tom Meurling som äger och kör hästarna samt Olof Lundkvist som varit ansvarig för årdret. Meurling är en mycket kunnig körkarl som känner sina hästar väl, vilket är en nödvändighet för att något som detta skall fungera utan större problem. Båda känner markerna kring Järvafältet väl och Lundkvist är dessutom en agrarhistoriker som i många fall har deltagit i undervisningen på kurser i agrarhistoria vid SLU. Han är även en mycket kunnig praktiker som man kan diskutera stora och små problem och funderingar med. Att man inte ensam kan planera och förbereda eller genomföra denna typ av experiment är uppenbart. Men ett fungerande samarbete där man hittar lösningar på det man ställs inför är inte bara guld värt, det är en nödvändighet.





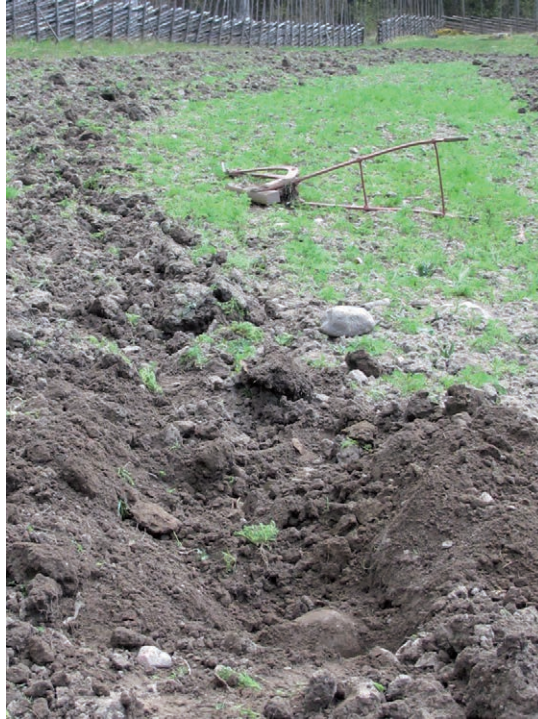
*Figur IV:9. Opid och Caruzo (Caruzo i förgrunden) selade vid årdret. Foto: Catarina Karlsson.*

Olof Lundkvist är folkhögskolelärare och agrarhistoriker. Han har varit projektansvarig för restaureringen och aktiviteterna i det historiska landskapet i Östra Järvafältets naturreservat under ett antal år. Från slutet av 1980-talet har Olof arbetat med slätter och floravård.

Tom Meurling är tillsynsman och naturvårdare i Sollentuna kommuns naturområden. Han är ansvarig för all den hästkörning som behövs för att bruka det historiska odlingslandskapet i Östra Järvafältets naturreservat. Hans hästar används även inom kommunens naturvårdsarbete med skogskörning och slätter. Tom är engagerad i Skogshästen, föreningen för körning med häst som är aktiv över hela Sverige.

## IV.II. Ärjningsexperiment med Stockholmsbillen

Under två säsonger utfördes den experimentella ärjningen vid Järvafältet strax norr om Stockholm. Våren och hösten 2012 användes repliken av Stockholmsbillen och våren och hösten 2013 användes Varnhemsbillen. Ärjningen utfördes på tre platser där historiskt åkerbruk under en längre tid bedrivits genom Sollentuna kommun.



*Figur IV:10. Båtsmanstorpet under den första ärjningen. Foto: Catarina Karlsson.*

### IV.III. Våren

Vårt experiment började i maj med den norra delen av tvåsädesåkern. Det var en solig dag med enstaka moln och det var någorlunda torrt i markerna. Jorden var plöjd under hösten och hade legat orörd över vintern. Vi körde en dryg timme under förmiddagen. Vi ärjade i en medsols rörelse cirka 22 varv. Efter det första varvet justerades dragpunkten cirka 2 cm uppåt och sedan gick det lättare. Den första halvan av ärjningen var djupet cirka 10–15 cm och den senare delen mellan 15–20 cm. När vi hade ärjat hela åkern avslutade vi. Den första ärjningen gick utan problem och gav oss en mycket bra start på ärjningsexperimentet.

I efterhand kan man se att den första dagens ärjningar gick bra men att tekniken inte var direkt fulländad. Det var relativt många stopp och i någon mån ryckig körning. Detta berodde sannolikt till stor del på att hästarna inte riktigt var på det klara över vad som förväntades av dem. Det var dessutom problem med att få årdret att ärja fåror med ungefär samma djup.

Åkern vid Väsby Båtsmanstorp ärjades första gången fyra dagar senare, inte utan vissa problem. Där fanns stenigare partier och efter bara dryga 20 minuter och drygt 800 meter körde vi på en sten som bröt träfoten på årdret, strax



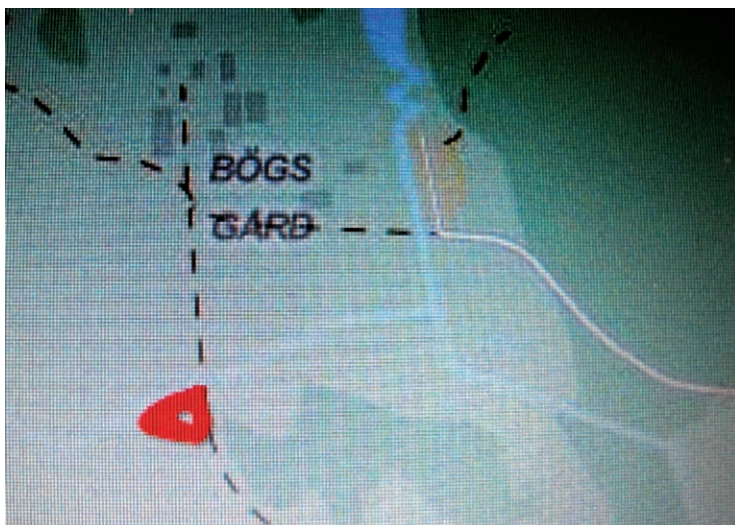
*Figur IV:11. Stenen som bröt träsulan. Foto: Catarina Karlsson.*

ovanför järnbillens kant. Försöket avbröts för att återupptas igen en vecka senare med en ny träsula. Då gick det bättre och hela åkern blev ärjad som planerat. Efter att vi bytt träsula på årdret första gången gjorde vi ytterligare en justering av årdret. Vi satte dit en fot framför träsulan och billen. Denna fot förhindrar årdret att gå för djupt ner i myllan och gör att det ligger på en jämn och stadig nivå. Idén med en fot eller ett hjul längst fram på årdret är inte ny. Den har använts under långa tider av bönder på olika platser. Djupet ligger nu konstant på mellan 10–15 cm. Det underlättar även för hästarna då vi inte lika ofta kör fast i jorden.



*Figur IV:12. Årdret med fot. Foto: Catarina Karlsson.*





Figur IV:13. Allmogeåkern, inmätning av ärjandet. Foto: Catarina Karlsson.

Sammantaget ärjades Båtsmanstorpet med drygt 3 km inmätta fåror. Hästarna började nu hitta ett lugnt och jämnt tempo. Jorden var något fuktig och ärjningen gick mycket bra. Årdret gick mer följsamt i en fuktigare jord än i en mycket torr. Den torra jorden är klumpigare och i viss mån hårdare, men när den blir fuktig är den mer homogen. Den nya foten på årdret fungerade utmärkt och tempot blev lugnare och jämnare, utan de ryckiga påfrestningar som uppstår när årdret går för djupt.

Allmogeåkern ärjades första gången i slutet av maj utan problem. Här ärjade vi drygt 3,6 kilometer. När vi började var jordskorpan hård, det var 20 °C varmt och sol vilket hade torkat ut jordens ytskikt. Hela åkern var beväxt med mycket ogräs.

Under denna ärjning fungerade allt bra men vi hade problem med både växtlighet och sol. Att marken var för torr och för beväxt för att det skulle vara idealiskt var klart. Men även under medeltiden var man sannolikt försenad med sin ärjning ibland. Detta innebar ett antal stopp för att rensa årdret från den växtlighet som sätter sig fast kring redskapet. Värmen var även den kännbar för både hästar och körkarl och flera vattenpauser var nödvändiga.

#### IV.II.II. Hösten

Den norra delen av tvåsädesåkern ärjades igen i slutet av augusti, återigen utan problem. Väsby II fungerade bra. Vädret var bra, molnigt med lätt vind och cirka 20 °C varmt. Jorden var lagom fuktig och det kändes mycket lätt att ärja. En hel del ogräs hade växt på åkern. Ärjandet gick sakta, stadigt och lugnt. Den norra delen av tvåsädesåkern ärjades med 3,2 kilometer.

Den södra delen av tvåsådesåkern ärjades endast en gång under 2012, i början av september. Orsaken var att råg odlades där. Efter att rågen skördats med lie ärjades stubbåkern. Detta försök fick dock avbrytas på grund av att vi körde på en sten. Träfoten brast strax över järnbillens kant. Det var ju inte första gången detta hände. Denna gång brast dock träsulan i slutet av vår ärjning och vi beslutade att lämna de kvarvarande varven utan åtgärd. Vi hade då hunnit ärja 2,9 kilometer. I den södra delen av tvåsådesåkern ligger en åkerholme i mitten av åkern. I dess kanter ligger en del odlingssten från olika tidsperioder. Ett antal av stenarna var av samma storlek som den sten som låg under mark och som gjorde att Väsby II:s träsula brast. Eftersom stenar förflyttar sig i jorden kan man konstatera att det som drabbade oss är något som inte går att undvika helt även om man försöker rensa åkermarken från sten. Tyvärr är detta ett arbete som inte tar slut.

Allmogeåkern ärjades första gången i slutet av maj och en andra gång i mitten av september, vid båda tillfällena utan problem. Inför den andra omgången krävdes en ny träsula och Väsby III blev ett faktum. Väsby III:s träsula var tillverkad av samma lokala ekstycke från Järvafältet som Väsby II.

Allmogeåkern ärjades trots regn och lite för fuktig mark, cirka 2,7 kilometer blev resultatet. Den fuktiga åkerjorden fastnade både på årderbillen och på träsulan. Ett flertal gånger var vi tvungna att stanna för att rensa bort lerig jord och växter som fastnat. Årdret gick tyngre i den fuktiga marken och hästarna fick arbeta hårdare än vanligt.

Åkern vid Båtsmanstorpet ärjades igen i slutet på september, denna gång utan större incidenter. Delar av åkern är dock stenigare än andra delar och här försökte vi rensa bort sten och markera ett par markfasta stenar. Vi körde på två mindre stenar men Väsby III höll. Efter 2,2 kilometer var vi klara med åkern vid Båtsmanstorpet. Vädret hade varit gynnsamt med cirka 10 °C och sol. Marken var lagom fuktig och ärjningen fungerade bra.

Den sista ärjningen för året 2012 utfördes på norra delen av tvåsådesåkern. Detta var inte planerat utan var en sista utväg då vi planerat att ärja på en annan åker. Den var dock för vattensjuk på grund av ihärdigt regn under hösten. Vi kunde bara ärja halva den norra delen av Tvåsådesåkern (östra delen) då vådrets makter inte stod oss bi. Det fortsatte att regna och även här blev det för vått.

Vi hade nu kommit så långt i våra experiment att vi kände en viss tillförsikt inför ärjandet. Därför skulle vi som höstens sista uppgift pröva något nytt. Vi skulle använda endast en dragare, Caruzo. Eftersom hösten hade varit regnig var det ganska tungt att ärja i den vattensjuka marken, inte direkt idealiska förutsättningar för Caruzo. Efter lite inledande problem med att få Caruzo att tycka att det var en bra idé att göra hela arbetet utan sin arbetskamrat så kom vi igång. Ärjandet gick bra men eftersom regnet fortsatte att ösa ner fick vi avbryta försöket. Caruzo gick inte långsammare än vad de båda hästarna skulle ha gjort tillsammans. Men hans arbetsbörda var tung och han fick anstränga sig maximalt i den mycket blöta åkerjorden. Här avslutades ärjningsexperimentet med Stockholmsbillen.

Tabell IV:3. Sammanställning av ärjningsexperiment med Stockholmsbilen.

Datum	Plats	Dragare	Km	Tid min	Km/h	Vikt före g	Vikt efter g	Slitage g	g/ km
040512	Norra tvåsådesåkern	Opid Caruzo	3,20	48	3,2/0,8= 4	801	793	8	2,5
080512	Båtsmanstorp (avbrutet)	Opid Caruzo	0,85	22	0,85/0,37= 2,3	793	790	3	3,5
160512	Båtsmanstorp	Opid Caruzo	2,50	41	2,5/0,68= 3,7	790	784	6	2,4
240512	Allmogeåkern	Opid Caruzo	3,64	46	3,64/0,77= 4,7	784	778	6	1,6
220812	Norra tvåsådesåkern	Opid Caruzo	3,20	38	3,2/0,63= 5	778	771	7	2,2
040912	Södra tvåsådesåkern (avbrutet)	Opid Caruzo	2,90	48	2,9/0,8= 3,6	771	762	9	3,1
180912	Allmogeåkern	Opid Caruzo	2,70	44	2,7/0,73= 3,7	762	755	7	2,6
200912	Båtsmanstorp	Opid Caruzo	2,20	32	2,2/0,53= 4,2	755	749	6	2,7
021012	Norra tvåsådesåkern	Caruzo	0,73	13	0,73/0,22= 3,3	749	747	2	2,7
Summa/ medel- värde			21,92	332	21,92/5,5= 3,98			54	2,46

Källa: Dokumentation över ärjningsexperiment

I den första kolumnen anges när ärjningen ägde rum, i den andra anges platsen. I den tredje kolumnen anges vilka som drog årdret. Vid de åtta första tillfällena drogs det av hästarna Opid och Caruzo tillsammans, vid det sista tillfället endast av Caruzo. Den fjärde kolumnen anger antalet ärjade kilometer, som mätts in med hjälp av GPS vid varje försökstillfälle. Av denna kolumn framgår att antalet ärjade kilometer kan variera betydligt på samma åker. Detta beror på hur tätt man ärjat och i vilken mån man utnyttjat hela ytan på ett bra sätt. Det kan även påverkas av vilken väg man väljer och om det då innebär ett visst mått av ärjande på samma yta för att underlätta dragdjurens gång. Den femte kolumnen anger det totala antalet minuter som ärjats, där pauser och andra stopp dragits ifrån. Nästa kolumn anger hur fort ekipaget har kört med årdret. Här kan man utläsa att hastigheten i snitt har varierat mellan 2,3–5 km/h. Den sista ärjningen, med



endast en dragare, ligger inom spannet på 3,3 km/h men under genomsnittet som blev 3,98 km/h. De två följande kolumnerna anger årderbillens vikt i gram före och efter respektive ärjning. Resultatet av slitaget redovisas i nästa kolumn i gram. Den sista kolumnen redovisar antalet förslitna gram per kilometer, något som växlar mellan 1,6–3,5 g per kilometer.

#### IV.II.III. Slitage på Stockholmsbillen

Slitaget på den nytillverkade repliken var tydligt redan från första ärjningen. Precis som Grith Lerche påpekar i sin slitageanalys kan man från början se hur järnet slits och blir blankpolerat.

Slitaget sker över hela ytan på billens ovansida, med mindre och större repor. Den största delen av slitaget sker på den yttersta eggdelen på jordsidan. Detta stämmer även väl med det slitage som kan dokumenteras på den ursprungliga Stockholmsbillen från Norrlandsgatan.

Efter experimenten med Stockholmsbillen kan vi konstatera att 54 g har nötts av från repliken. Detta resultat är helt klart signifikant och ger en indikation på vilken omfattning av slitage som man kan räkna med vid liknande förhållanden under medeltid. Med liknande förhållanden menar jag med en liknande stålbill och i liknande jordmån.



*Figur IV:14. Replik av Stockholmsbillen, nytillverkad, (över) samt nötter efter användning (under). Foto: Catarina Karlsson.*



Figur IV:15. Varnhemsbillen på plats på årdret. Foto: Catarina Karlsson.

### IV:III. Ärjningsexperiment med Varnhemsbillen

Inför den andra fältsäsongen av experimentellt ärjande var teamet; alltså Olof Lundkvist (årderförare), Tom Meurling (hästkarl) och undertecknad tillsammans med hästarna Opid och Caruzo ett "erfaret" ärjarsteam. Eftersom vi nu visste hur man skulle utföra denna typ av experiment så var förberedelserna mindre omfattande. Vi bokade in ett antal datum för att påbörja beredningen av jorden inför vårbruket under april. Vi fick dock avboka dem alla då vådret varit kallt långt in på våren och jorden var för våt att ärjas och ännu inte hade rett sig.





*Figur IV:16. Allmogeåkern före och efter ärjning. Foto: Catarina Karlsson.*

Vi fick vänta till början av maj med vårt vårbruk. Vädrets makter har en stor inverkan på beredningen av åkerjorden idag, likväl som för tusen år sedan. Att anpassa sig till detta är både en nödvändighet och en konst.

#### IV.III.I. Våren

Årtvåskulle vi ärja med repliken av en årderbill från Varnhem från 11–1200-talet. Denna årderbill var gjord av blästjärn och med en inlagd stålegg i framkanten (*se tidigare kapitel*). Årderbillen var något smalare mellan skaftlapparna och något

längre än Stockholmsbillen. Eftersom den träfot som vi använt under förra säsongen inte passade till denna nya järnbill så anpassades träfoten till den något smalare billen. Träfoten hade förvarats tillsammans med de två billarna på mitt kontor under vintern. Den första dagen av våra ärjningsexperiment är två började på Allmogeåkern en solig och vacker dag i maj.

Efter nästan tre kilometer gav träsulan upp och bröts av. Efter ganska många kilometers ärjande under hösten var den modifierade träfoten ett minne blott. Den första dagen av experimentet var jorden torr och lite hård och klumpig. Träfoten gick av efter 38 fåror upp och ner längs åkern utan att någon sten varit den utlösande faktorn. Den brast alltså efter hög belastning men kanske på grund av tidigare sprickor. Efter dagens ärjande var det dags att lösa problemet med den trasiga träsulan till följande dag då nästa pass var inbokad. Sulan var bruten relativt långt fram vilket gav möjlighet att justera den och få järnbillen att passa ytterligare en gång. Kanske var denna lösning inte idealisk men i jämförelse med att tillverka en helt ny träsula ansåg vi att det var en bra och relativt snabb lösning.

Dagen efter började vi ärja vid Båtsmanstorp. Vädret var molnigt men med uppehåll. Jorden var något mindre torr efter nattens regn. Efter cirka 30 fåror bryts träsulan igen efter mötet med en sten. Modet tröt lite men dagen efter var det tänkt att vi skulle fortsätta vårt ärjande. Att ytterligare en gång göra om samma sula för tredje gången var inte att tänka på. Jag åkte då hem och inventerade de övriga träsulorna som vi använt under förra säsongen. Jag hittade en som vi inte använt från förra året och påbörjade arbetet med att bearbeta träet för att passa Varnhemsbillen.

Nästa dag började vi med att sätta förra årets oanvända träsula på årdret. Det var en strålande morgon med sol och värme. Den nygamla träfoten var av ek precis som alla de övriga träfötterna. Vi började klockan nio och efter cirka en meter så gick träsulan av direkt. Efter tre haverier på tre efter varandra följande dagar så var det bara att erkänna sig besegrad av elementen, åkern och träsulorna.

Träsulorna som använts under de tre dagarna hade alla efter en mindre påfrestning än tidigare brutits av. Det var dags att reflektera över varför. Eftersom denna avhandling inte primärt handlar om andra delar av årdret än järnbillarna så kommer det här inte att i detalj beskrivas hur träsulorna tillverkades. Men det var dags att ta nya tag och tillverka nya träfötter. Sannolikt så hade träfötterna förvarats helt fel för att man skulle kunna använda dem efter en vinter. Träfötterna var tillverkade av färsk ek och torkade under vintern när de förvarades i rumstemperatur. Sannolikt hade det då bildats sprickor i träet vilka under det första vårbruket gett efter inför påfrestningen vid ärjandet.

Efter tillverkningen av två nya träfötter tillsammans med Patrik Jarefjäll i Mariestad var det dags att avsluta vårbruket. Vi var nu inne i slutet av maj och snart var det för sent. Den sista dagen för ärjandet i slutet av maj bearbetades Södra Tvåsådesåkern vilken var relativt väl beväxt.



*Figur IV:17. Norra Tvåsådesåker före och efter ärjning. Foto: Catarina Karlsson.*

Det var mulet med cirka 15 °C varmt. Jorden var lagom fuktig efter att det regnat rejält under flera dagar innan. Det gick mycket bra och jorden föll isär längs sidorna på årdret på ett sätt som det endast gör när fuktigheten är den rätta. Under detta arbetspass så ärjades hela 4,5 km. Vi avslutade vårens något prövande arbete på ett mycket positivt sätt. Nu låg en period av vila under försommaren framför oss innan starten för slätterexperimentet och därefter höstens ärjningar.

#### IV.III.II. Hösten

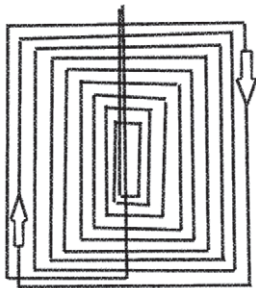
Under hösten ärjades Södra Tvåsådesåker, Allmogeåker samt Norra Tvåsådesåker. Sannantaget cirka en mil uppdelat på tre ärjningar, en i slutet av augusti, en i slutet av september och en i början av oktober.

Vid den första ärjningen på Södra Tvåsådesåker ärjade vi till skillnad från övriga gånger på kvällen och började vid 17-tiden. Eftersom denna åker har en åkerholme i mitten så kräver ärjningen en speciell cirkulär variant.





Figur IV:18. Foto sista träsulan. Foto: Catarina Karlsson.



Figur IV:19. Skiss över ärjningsmönster på Allmogeåkern. Källa: Upprättad av Catarina Karlsson



Figur IV:20. Tvåsådesåker före och efter ärjning. Foto: Catarina Karlsson.



Efter 3,5 km av ärjning så avslutades arbetet med ytterligare en avbruten träsula. Denna gång var det dock sannolikt inget fel på träfoten men vi hade stött på en relativt stor sten under mark. Detta skedde trots att vi hade plockat sten under pauser och inför ärjandet. Stenen som bröt av träsulan låg cirka 10 cm under mark och var cirka 30×40 cm stor. Det blir tydligt för oss att det gäller att känna sin åkerjord inte bara på ytan men också under, då stenen i denna åker åsamkat oss mycket möda trots att den inte var synlig för ögat.

Efter detta haveri så gjorde vi en sista justering av träsulan. Denna träsula höll de följande sex kilometrarna utan problem och det var mycket skönt att vi hade löst problemet. Det vi gjort var att vi ändrat utformningen av träsulan så att järnbillen satt längre upp på träsulan. Detta innebär att träsulan stödjer järnbillen längre ner. Eftersom Varnhemsbillen är något smalare i sin utformning och mellan skaftlapparna än Stockholmsbillen krävdes en modifiering för att skapa samma hållfasthet. Nästa tillfälle var i september då det var Allmogeåkerns tur att beredas för hösten. Vädret var soligt och jorden hade en perfekt fuktighet. Jorden var smidig och ärjandet gick mycket bra. Efter 3 km avslutades ärjandet av Allmogeåkern.

Den sista ärjningen för hösten genomfördes i oktober på Norra Tvåsädesåkern. Experimentets sista ärjning pågick i närmare en timme och mättes upp till ca 3,2 km. Den avslutande dagen var det vackert väder och åter igen var jorden precis lagom fuktig vilket gjorde ärjandet lätt. När vi avslutade ärjningen kunde vi konstatera att vi ärjat ca en mil varje vår och höst i två år. Sammantaget blev det ca fyra mil som gett upphov till såväl kunskap och glädje som tänkvärda problem.

### IV.III.III. Slitage på Varnhemsbillen

Efter ärjningarna med repliken från Varnhem kan vi konstatera att 54 g har nöts av från denna replik. Detta resultat är märkligt nog exakt detsamma som efter experimenten med Stockholmsbillen. Med Stockholmsbillen hade vi dock ärjat 2,12 km längre än med Varnhemsbillen. Under den första experimentsäsongen ärjades 21,92 km, under den andra 19,8 km. Detta betyder att det genomsnittliga slitaget var högre på Varnhemsbillen än på Stockholmsbillen, i genomsnitt för Varnhemsbillen 2,72 g per km jämfört med 2,46 g per km för Stockholmsbillen. Jordmänen var densamma då samma åkrar brukats med båda billarna. Årdret är detsamma och träsulorna är utformade på samma sätt. Hästarna och vi som brukat jorden är också de samma under båda säsongerna. Möjligen har vår kunskap och skicklighet ökat i någon mån. Vad gäller väderförhållandena så är de lika föränderliga som man kan förvänta sig. Vi har dock haft möjligheten att i de flesta fall ha kunnat välja lämpliga tidpunkter, något som innebär att vädret har påverkat i minsta möjliga mån. Den största skillnaden mellan experimenten är själva billarna och järnets kvalitet vilket kommer att diskuteras vidare längre fram.

Tabell IV:4. Tabell över slitage på Varnhemsbillen.

Datum	Plats	Dragare	Km	Vikt före g	Vikt efter g	Slitage g	g/km
060513	Allmogeåkern	Opid Caruzo	2,8	859	852	7	2,5
070513	Båtsmanstorp	Opid Caruzo	2,8	852	843	9	3,2
080513	Allmogeåkern (avbrutet)	Opid Caruzo	–	843	–	–	–
290513	Södra Tvåsådesåkern	Opid Caruzo	4,5	843	830	13	2,9
210813	Södra Tvåsådesåkern	Opid Caruzo	3,5	830	820	10	2,9
230913	Allmogeåkern	Opid Caruzo	3,0	820	813	7	2,3
011013	Norra Tvåsådesåkern	Opid Caruzo	3,2	813	805	8	2,5
Summa/ medel- värde			19,8			54	2,72

Källa: Dokumentation över ärjningsexperiment

I den första kolumnen anges när ärjningen ägde rum, i den andra anges platsen. I den tredje kolumnen anges vilka som drog årdret. Den fjärde kolumnen anger antalet ärjade kilometer, som mätts in med hjälp av GPS vid varje försökstillfälle. Av denna kolumn framgår att antalet ärjade kilometer kan variera betydligt på samma åker. Detta beror på hur tätt man ärjat och i vilken mån man utnyttjat hela ytan. Det kan även påverkas av vilken väg man väljer och om det då innebär ett visst mått av ärjande på samma yta för att underlätta dragdjurens gång. De två följande kolumnerna anger årderbillens vikt i gram före och efter respektive ärjning. Resultatet av slitaget redovisas i nästa kolumn i gram. Den sista kolumnen redovisar antalet förslitna gram per kilometer, något som växlar mellan 2,3–3,2 gram per kilometer.

## IV.IV. Dokumentation

Under ärjningarna av våra tre åkermarker har en minutiös dokumentation följt varje steg i processen. Inför och efter varje ärjning har årderbillen vägts. Varje ärjning har mätts in med GPS och dokumenterats i en logg med alla tidpunkter, färör och pauser. Åkrarna har också fotograferats före och efter ärjning.



*Figur IV:21. Replik av Varnhemssvillen, nytillverkad, ovan samt nött efter användning nedan.  
Foto: Catarina Karlsson.*

## IV.V. Sammanfattning av ärjningsexperimentet

När man inleder ett nytt experiment eller ett arbete som man inte har utfört förut har man alltid en första inlärningsprocess. I det här fallet gällde den såväl människor som djur. I planeringsfasen handlar det om att förutse så många olika scenarier som möjligt och vara förberedd på olika utfall. Problemet är att man i många fall ställs inför situationer som man inte kan förutse. I vårt fall hade vi förberett oss genom att ställa i ordning de redskap som skulle användas samt att ha extra utrustning om något skulle gå sönder. Det man inte kan förbereda är inläringen, att köra årdret och hästarna är en speciell uppgift som kräver övning. Under den första våren lärde vi oss hur man hanterar ett årder för att det skall löpa så smidigt som möjligt. Hästarna lärde sig successivt hur de förväntades gå i åkern mellan den ärjade och den obearbetade marken.

### IV.VI. Årdret

När det gäller de rekonstruerade årderbillarna av järn och stål är slutsatsen att båda fungerat utmärkt vid ärjningen. Billarna har fungerat under hela experimentet. De har utsatts för slitage men inte för påfrestningar som har varit för stora. Billarna har med andra ord inte spruckit, böjts eller gått sönder på något

sätt. Detta betyder att våra repliker har varit funktionella för sitt syfte. De har ärjat åkern, brutit träda och åkerstubb utan att bli för hårt åtgångna. Vi har dessutom vid tre tillfällen kört på större stenar (över 5 kg) vilka var dolda under marken, utan att årderbillarna har fått någon större skada. Därmed kan vi konstatera att billen varit tillräckligt hård för att göra jobbet men samtidigt tillräckligt flexibel för att ta emot större stötar utan att brytas. Det har även fungerat utmärkt att sätta dit och ta av årderbillen vid varje ärjningstillfälle. Båda billarna hade skaftlappar liksom de medeltida och kunde sättas dit och tas av utan problem. Vi har heller inte vid något tillfälle tappat billen i åkern (förutom när träsulan brustit). Det betyder att det i vårt fall inte har varit något problem med en lös bill till skillnad mot de billar som senare under historisk tid spikades fast på årdren. Att sätta billen på träsulan kan man enkelt göra med handen om passformen är bra. Vi har inte haft behov av några kilar eller något att binda kring billen för att få den på plats. Underhand driver motståndet i jorden billen att sitta hårdare fast vid ärjandet och ibland fastnar även lera mellan träsulan och billen. Detta har betytt att billen inte går att ta av med handkraft när man är färdig men med ett par lätta slag med hammare eller nacken på en yxa så har billen släppt och vi har haft möjlighet att förvara den säkert. För att vara på den säkra sidan och inte spräcka billen eller repa den har jag vid avtagning lagt en liten träbit mellan redskap och bill.

Träsulan däremot är en helt annan historia. Om syftet med denna avhandling hade varit att testa hur man tillverkade årdrets träsula så får jag tillstå att vi hade misslyckats. Men vi har även lärt oss en hel del på vägen. De tillfällen då vi kört på sten och träsulan gått av har vi inte kört speciellt fort. Det som hänt är att vi kört på större stenar som legat mellan 0,10–0,15 m under markytan och varit omöjliga att se. Stenarna har varit relativt stora, med diametrar som överstiger 0,30 m. De stenar som orsakat haveri är så stora att de inte har rubbats ur sitt läge när vi kört på dem. Efter att träsulan brustit ett par gånger kan man lättare förstå stensträngar och röjningsrösen och det enorma arbete som lagts ner på att röja sten i åkrar. Det är mycket lättare att plocka sten en liten stund om dagen än att byta ut delar av årdret mitt i vår- eller höstbruket. På grund av att åkerbruket till stor del handlar om rätt tidpunkt för ärjningen blir en trasig del av ett årder ett större problem än man kan tro. Ett trasigt årder kan betyda att man går miste om en tidpunkt då jorden har rätt fuktighet och vädret är gott. Innan årdret fungerar igen kan en två veckors regnperiod ha startat vilket skulle göra att man blir sen med sådden.

Man kan konstatera att den svaga punkten på vårt årder var övergången från järnbillen till träsulan. Här bröts sulan av vid alla tillfällen som den gick sönder. Genom Grith Lerches erfarenheter var jag förberedd på att vi skulle kunna råka ut för haverier. Vi hade därför från början tillverkat flera träsulor för att ha i beredskap. Men efter att ha undersökt den första sulan som brast kunde man ganska tydligt se att det som behövdes var ett stycke trä med speciella egenskaper. Därför började vi söka efter ett trästycke vi kunde forma längs med dess egen inneboende struktur. Efterhand modifierade vi även den del av träet där billen trädde på så att billen satt något högre upp för bättre stöd.



*Figur IV:22. Träsulans främre del med avbruten ände fortfarande fast i järnbillen. Foto: Catarina Karlsson.*

Som tur var hade en ek på Järvafältet nyss fällts och den hade växt i en mycket lämplig rundning. En del av den blev till två nya träsulor (Väsby II, III). Det gav oss även en extra dimension att använda en ek från Järvafältet till årdret. Man kan anta att den medeltida bondens kunskaper om trä och om att tillverka trädelar till årderbillar till stor del översteg vår. De medeltida böndernas kunskaper grundade sig sannolikt på både erfarenhet och överförd kunskap. Urvalet av trä samt omsorgen vid tillverkningen tog säkert hänsyn till hur arbetsamt och opraktiskt det kunde vara att laga och justera årdret. Dessutom var risken att om årdret gick sönder missade man sin chans att ärja vid bästa möjliga tillfälle, med de bästa väder- och därmed även jordförhållandena. Att en träsula brister är dock inte det värsta som kan hända, det skulle vara värre om järnbillen brast. Då krävs ett omfattande smidesarbete eller en ny bill. Det innebär att man kan se träsulan som en säkerhetsventil som brister före järnbillen och avvärjer ett större och mer omfattande haveri. Detta är dock endast en hypotes då det inte finns några arkeologiska spår som styrker detta. Lerche har en teori om infästning mellan dragare och plog vid sina experiment då fästet gjordes med en vidja för att brista vid eventuella oförberedda stopp (Lerche 1994).

Efter den första säsongens ärjning lärde vi oss även något mer som säkerligen var självklart för medeltida bönder och trähantverkare. Om man som vi använt färskt trä till årdrets sula så påverkas sulan i hög grad av att förvaras i rumstemperatur över vintern. Träet spricker och blir sprött och därmed inte hållbart för sitt syfte. Sannolikt förvarade man inte årdret varmt under vintern, snarare kallt och fuktigt, vilket hade varit bättre i det här fallet.

En stor förändring som vi gjorde efter den första körningen var att sätta dit en stödjande fot framför årderbillen. Foten är en vanlig del på något senare årder och den förhindrar att årdret går för djupt. Efter den första körningen kunde vi konstatera att vi ibland körde fast med årdret neråt i myllan vilket gjorde



att dragarna fick ta i extra och rytmen blev ryckig. Efter att foten satts på var detta dock inget problem längre och ärjningarna blev enklare och mer följsamma.

Sammanfattningsvis har dock årdret med träsulan och billen fungerat på ett utmärkt sätt. Det blir dock relativt uppenbart att när man ibland hör talas om att årdret var så lätt att man kunde vända runt det enkelt med handkraft – och kanske även lyfta det över en sten i åkern – så har man inte ärjat med årder av vår nordiska typ. Som vi visade i tabellen över träårder från Nordiska museet så skiljer sig inte vårt årder väsentligt i vikt från övriga i samlingen. I vårt fall har det inte varit aktuellt att vid något tillfälle lyfta årdret under körning. Inte heller har man burit det längre än man har varit tvungen till. Sannolikt har man fraktat det till och från åkern på kärra eller vagn.

## IV.V.II. Dragdjuren

Efter att ha sett hästarna vid årdret, både i par och Caruzo ensam, kan man konstatera att det inte går så mycket fortare för två hästar att dra än för en. Den stora skillnaden ligger nog snarare i hur länge man kan arbeta. Med två hästar vid årdret räcker kraften längre. Men det krävs en viss fart för att årdret smidigt skall gå att styra och köra. Är jorden för hård eller för blöt och tung blir ärjandet ryckigt och osmidigt. Årdret fastnar och hästarna måste dra loss det, vilket kräver extra kraft och gör att man kommer ur rytmen. Att vi dragit för hårt och därför drabbats av haverier med trasiga träfötter tror jag inte. Den hastighet som ekipaget haft har kommit naturligt. När vi körde för sakta var det problem med att hålla en stadig linje och när vi körde för fort blev det snabbt ryckigt och mindre stabilt. Att det skulle skilja sig om ärjandet utfördes med oxar istället för med hästar kan stämma till viss del då oxar har ett annat temperament än de flesta hästar. De kollisioner med underliggande stenar som vi har haft hade dock inte kunnat undvikas med oxar. Att oxarna skulle ha stannat när årdret kört in i något eftersom de går långsammare och därmed inte haft sönder sulan är inte möjligt. Vid de kollisioner med en sten under mark som har brutit vår träsula har hästarna också stannat. Det har dock skett när ett brott i träet redan uppstått. Skillnaden i fart mellan hästar och oxar kan dock inte vara så stor då det vore omöjligt att köra årdret i raka fåror mycket långsammare än vi har kört.

Under majoriteten av experimentet har Olof Lundkvist kört årdret och Tom Meurling skött körningen av hästarna. Uppskattningsvis 25 % av tiden har Meurling kört både hästar och årder. Detta är mer överensstämmande med den medeltida verkligheten. Att vi har valt att oftast ha två personer handlar om inläringen av ärjandet. Efter dessa två säsonger är det inga som helst problem för Meurling att sköta ekipaget själv. Att vi har haft två personer under delar av våra experiment har dock inte påverkat utfallet av slitaget på billarna. För oss handlar det om att både lära sig att hantera hästarna och årdret. Hästarna har även de lärt sig efter hand och blev mer och mer lättmanövrerade. För en erfaren medeltida bonde var detta vardagsmat och sannolikt inget problem alls, möjligen förutom när han skulle träna in en ny häst.



Figur IV:23. Fårar i genomskärning på Norra Tvåsådesåkern efter sista ärjningen. Foto: Catarina Karlsson.

Om hästarna går i par måste de lära sig att den ena hästen går på obruten mark medan den andra parhästen går i den senast ärjade fåran. Problemet är då att hästen som går i fåran hellre vill gå på den obrutna marken, eftersom det är mindre tungt och ojämt på den oärjade delen av åkern. I fallet med en häst så går hästen på den oärjade delen av åkern.

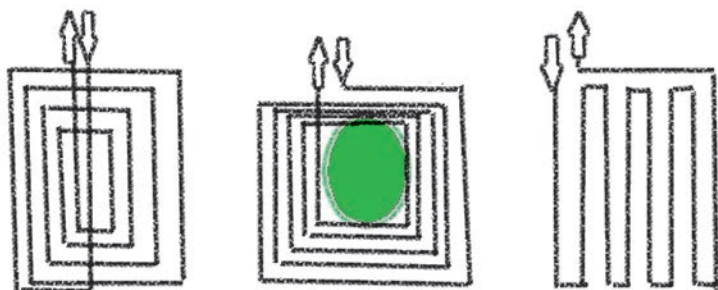
#### IV.V.III. Åkern

Ett av de viktigaste inslagen vid körning med årdret är att få hästarna att gå så att man får ett jämnt mellanrum mellan fåror. Självfallet är det inte alltid exakt samma avstånd mellan fåror men syftet är att hela åkerjorden skall vara påverkad när vi har ärjat klart. Det betydde i vårt fall att vi ärjade med cirka 3,5 fårar per meter. En fåra var med andra ord mellan 0,25–0,30 m bred. En jämförelse med Grith Lerches experiment med den danska hjälplogen visar att fåornas bredd där i snitt mätts upp till 29,6 cm (Lerche 1994:80). I princip motsvarar det vår bredd, alltså ca 3,5 fårar per meter. Under ärjande med våra billar har vi alltså konstaterat att vi berett åkern tillräckligt för brukande med ärjning av 3,5 fårar per meter. Åkrarna har satts med olika sädeslag vilka sedan har skördats (*eftersom detta inte är en del av undersökningen kommer jag inte att redovisa utfallet här*). Detta utan att ha korsärjat men med ärjning av åkern både höst och vår. Liksom Henning skriver att man har breddat billarna för att slippa korsärja (Henning 1987) så tror jag att de billar vi ser under medeltid, som både är längre och tyngre men även har en tvärare avslutning på bladet, är gjorda för att ärja enkla fårar och inte korsärja. De äldre och något spetsigare billarna kanske passade

bättre för korsärjning på mindre åkrar med lättare årder. När billarna inte har en tydlig spets blir det även lättare att hantera slitaget av billarna då de kan göras längre och användas längre tid utan att slitaget förändrar formen. Detta innebar en skillnad från de kortare spetsigare billarna, som möjligen slets mindre för att de var spetsiga och inte hade en så stor yta i jorden, men som inte var lika effektiva i jordbearbetningen. När sedan spetsen slitits ner var denna typ av bill förbrukad. Kanske handlar detta även om förändringar i utformningen av årdret som var av betydelse när det gäller vilken typ av ärjande man valt.

När vi har ärjat så har djupet växlat mellan 0,1–0,2 m från topp till botten, med ett snitt 0,10–0,15 m. Detta har varit tillräckligt djupt för att rensa jorden från rötter, gräs, ogräs och tidigare skördad gröda (alltså halmstubben). Efter ärjningen har åkrarna harvats innan sådd skett av olika sädeslag. Det är dock tydligt att förekomsten av stenigare partier är ett problem vilket man är tvungen att hantera. På Järvafältet finns flera stensträngar och odlingsrösen från äldre och nyare tiders rensning av sten från åkrarna. Även under vårt experiment har högarna med odlingssten växt.

Ärjande under förhistorisk tid handlar för det mesta om korsärjning, vilket arkeologer ofta ser spår av. Ärjandet har då skett på längden och bredden vilket skapat ett rutmönster av fåror. Detta gäller framför allt från den tid när man hade mindre åkrar som ofta hade en kvadratisk eller rektangulär form. Vi har valt att inte korsärja våra åkrar då det sannolikt under medeltiden blev mindre och mindre vanligt när åkerjorden samlades kring byarna. Åkrarna skiftades och ett mönster med avlånga åkerparceller blev vanligare. Under denna tid började man sannolikt ärja precis som man plöjde, i ett mönster med parallella linjer. Hur man plöjer eller ärjar beror naturligtvis på utformningen av åkern och vad som är lämpligt och möjligt. Med ett årder som är lättare att styra än en plog (*på grund av att den dras av en eller två hästar och inte flera par oxar*) skulle man kanske kunna tro att det skulle vara lätt att bara ärja upp och ner. Men att vända ett ekipage med årder och häst eller hästar som är sammantaget cirka fyra meter långt tar ett ganska stort utrymme. Eftersom vi använt draglinor för att dra årdret är dock vår vändradie mindre än den var under medeltid då det vanligaste var att man använde en dragås (*se beskrivning av årder i tidigare kapitel*) vilken inte går att böja. Att vända efter varje fåra om antalet fåror är cirka 3,5 per meter, är med draglinor nästan omöjligt, med dragås omöjligt. Istället blir ett mönster likt nedan (*se fig. IV:24*) ett bättre alternativ om åkern är rektangulär eller kvadratisk. Är åkermarken oregelbunden blir det svårare och det behövs kanske speciella mönster utformade för just denna jord. Efter att ha ärjat med årder under två säsonger ser jag det som osannolikt att man har korsärjat längre och smälare åkertegar. Det skulle ha medfört ett enormt arbete att ärja på bredden när man i princip måste börja vända innan man hunnit fram i en rak position efter den senaste svängen. I vårt fall hade en av åkrarna, Södra Tvåsådesåkern, en åkerholme med odlingssten i mitten av östra delen. Detta medförde att det bästa mönstret inte skulle vara upp och ner utan snarare en cirkulär rörelse (*se nedan*).



Figur IV:24. Tre olika mönster för vår experimentella årderkörning. Källa: Upprättad av Catarina Karlsson.

När det gäller hur vi har ärjat på åkern så har vi praktiserat tre olika mönster, se ovan. När det gäller vändningarna och den del av åkern som kallas vändteg, med andra ord den del av åkern där man vänder, så finns olika strategier. Dels kan man utifrån ett mönster ärja så att man slipper vända så tvärt och ärja runt trots att detta innebär ärjning av samma område flera gånger. Dels kan man tänka sig att man lägger årdret ner och låter det släpas i vändtegen vilket vi provat på vid ett antal tillfällen. Det är dock möjligt att det är lättare att utföra detta med ett årder som saknar dragås och som är av metall, än ett träårder med en lång dragås av trä, vilken riskerar att brytas om man lägger ner årdret på sidan och drar det runt. Det tredje alternativet vore att bära årdret eller frakta det på någon slags liten vagn eller liknande runt vändtegarerna. Jag anser att alternativet att bära årdret inte är realistiskt då det skulle vara alldeles för arbetsamt. Att ha något hjälpmedel är möjligt men problematiskt då detta också måste flyttas från ena änden av åkern till den andra hela tiden vilket skulle vara mycket arbetskrävande. Jag anser att det mest troliga är att det funnits olika lösningar på detta problem. Kanske skulle andra källmaterial, som 1700-talets litteratur, kunna ge mer information om detta.

Vädret och jordens fuktighet är av största betydelse vid beredningen av jorden. Det är betydligt lättare för alla parter, både hästar och körkarl, om jorden är lagom fuktig. Den bör inte vara för torr, då är den hård och har stora lerkokor som lossnar och far runt. Den bör inte heller vara för blöt, då det blir tungt att dra och gå i leran som dessutom ideligen fäster på rist och årderbill som behöver rensas. Slutresultatet blir bättre om man har möjlighet att ärja vid en tidpunkt då jorden har rätt fuktighet. När ärjandet går bra skär billen i jorden som om den var smör och fårorna bildas smidigt i den formbara jorden.

#### IV.V.IV. Arbetstid

Vi kan lätt tänka oss att den medeltida bonden hade mycket att göra under både vår och höst. Att åkerbruket var nummer ett på prioriteringslistan kan man också anta då det tillsammans med boskapen var den huvudsakliga näringskällan.



Under våra experiment blir det tydligt att den tid som ärjandet tar i anspråk till stor del handlar om förberedelse och efterarbete. Innan ska man hämta dragdjur, sela på och förflytta hela ekipaget med årder och hästar till den åker som ska ärjas. När ärjandet är färdigt skall årder och hästar tillbaka. Hästarna skall selas av, göras rena och utfordras. Även årdret måste i vissa fall göras rent. Vi har endast dokumenterat själva ärjandet, inte förberedelserna eller efterarbetet. Men i vårt fall kan man konstatera att tiden på åkern och tiden för förberedelser och efterarbete varit nästan lika lång. Kanske kan man tänka sig att man kör längre tid och större ytor för att komma runt förberedelser och förflyttningar av redskap. Det är ju så att man inte bara kan spänna för årdret och köra till åkern utan årdret körs sannolikt på en vagn eller kärra. Här kan man även tänka sig att man logistiskt planerade sitt ärjande av tegarna för att minimera tidsåtgången. Utifrån vår dokumentation har vi ärjat cirka 4 kilometer i timmen, detta dock utan raster. Sannolikt handlar det snarare om 3 kilometer på en timme med mindre raster och justeringar av seldon och årder. Ibland måste hästarna vila ett par minuter, ibland måste de dricka, ibland måste seldonen redas ut efter att ha trasslat ihop sig, ibland måste årdret rensas från jord eller växtlighet.

#### IV.V.V. Från kilometer till hektar

När jag har beräknat slitaget på årderbillarna har jag angett det i gram per ärjad kilometer, på grund av att det var det enklaste och mest precisa måttet. Mer relevant är dock ett mått på hur många gram som slits per exempelvis ett hektar. Detta är naturligt då vi vet arealen på en åker. Problemet är dock att det beror på åkerns form hur effektiva vi kan vara med ärjade kilometer. I vårt fall har vi ärjat cirka 3,5 fåror per meter vilket skulle betyda 35 fåror per 10 meter. Vi hade dock en vändzon, vändtegen i båda ändarna på åkern, där vi går några extra meter efter varje fåra. Jag har här valt att göra ett räkneexempel utifrån alternativet att man ärjar raka fåror och inte använder korsärjning. Jag har dessutom valt att anta att man har använt den enligt min mening enklaste strategin att fortsätta ärja runt vändtegen.

Detta betyder att ju längre och smalare din åker är, desto mindre är din ”vändzon” och därmed blir dina extra meter färre. Här följer ett exempel med åkerarealer på en hektar vilka ser olika ut i formen. Dessa exempel är relativt realistiska, då A är helt kvadratisk och B och C är helt rektangulära. Vanligtvis är åkerytor inte helt fyrkantiga och inte heller helt platta. Det blir dock tydligt här att det delvis beror hur ytan ser ut, hur många kilometer som krävs för att ärja densamma. Om vi räknar med 3,5 fåror per meter på en hektar så skulle svaret bli 35 ärjade kilometer på både exempel A, B och C (*med andra ord*  $3,5 \times 100 \times 100 = 35\ 000$  meter). Men om man räknar med vändtegen så blir utfallet ett annat.

Exempel med en åker på en hektar, vilket är en mycket stor åker, men ett lättare räkneexempel än ett tunnland.



- A) 350 fåror som är 100 m långa. Från mittfåran till kanten är det 50 m, sedan successivt kortare väg mot mitten. Därefter blir det på motsvarande sätt allt längre mot den andra kanten. Det ger ungefär 50 m extra på varje ärjad 100 m fåra ( $350 \times 50 = 17500$ ). Det skulle i detta fall resultera i  $35 + 17,5 \text{ km} = 52,5 \text{ km}$ .
- B) bredd 50 m och längd 200 m ger ett helt annat utfall. Här behövs 175 fåror ( $3,5 \times 50 = 175$ ) vilka är 200 m långa. Från mittfåran till kanten är det 25 m. Här krävs också 35 km för att ärja fåror ( $175 \times 200 = 35000$ ) plus 25 m för varje fåra. Resultatet blir  $35 \text{ km} + 4,4 \text{ km}$  ( $175 \times 25 = 4375$ ) vilket ger 39,4 km.
- C) bredd 20 m och längd 500 m. Då behövs endast 70 fåror ( $3,5 \times 20 = 70$ ). Även här krävs 35 km för att ärja fåror ( $70 \times 500 = 35000$ ) samt 10 m extra per varje fåra på 500 m. Detta ger ett resultat på  $35 \text{ km} + 700 \text{ m}$  ( $70 \times 10$ ) vilket ger 35,7 km, i sammanhanget nästan en försumbar förlängning.

Utifrån denna beräkning kan man anta att längre och smalare åkrar var att föredra om man valt att inte korsärja, både för att man helt enkelt behövde gå med årdret en avsevärt kortare sträcka men också för att det sparade tid. Att gå rakt fram med årdret eller ploget är relativt oproblematiskt, men vid svängar krävs en större ansträngning både för dragdjur och körkarl. Vän av ordning frågar sig kanske varför man inte bara går rakt upp och rakt ner för att undvika dessa kilometer vid ändarna på åkern. I princip skulle man kunna göra det men det skulle innebära att du var tvungen att lyfta din plog eller ditt årder och bära runt det när väl dragdjuren lärt sig att göra en vändning på stället vilket inte är lätt. Dragdjuren tillsammans med årdret eller ploget har en relativt stor vändradie vilket man söker göra det bästa möjliga av med den typ av körningsmönster som beskrivs ovan.

## IV.VI. Slitage

Sammanfattningsvis kan man säga att slitaget i våra ärjningsexperiment ligger mellan 2,46–2,72 gram per ärjad kilometer. I våra experiment har utfallet varit cirka 1 gram per ar eller 100 gram per hektar. Det betyder att vi skulle ha ärjat en hektar på cirka 41 kilometer. Enligt beräkningarna ovan verkar det vara en rimlig siffra. I tabellen nedan kan vi även se att utfallet är 2,58 gram/km i snitt för de båda årderbillarna i beräkningen. Eftersom billarna skiljer sig åt i hårdhet och utformning är denna siffra kanske inte så intressant. Detta kommer vi dock in på i nästa kapitel som handlar om slitage.

Tabell IV:4. Tabell över slitage per kilometer.

Årderbillsreplik	Slitage i g	Ärjade km	g/km
Stockholmsbillen	54	21,92	2,46
Varnhemsbillen	54	19,80	2,72
Summa/medelvärde	108	41,72	2,58

Källa: Dokumentation av ärjningsexperiment

## IV.VI. Slätterexperiment

Att se någon med lie slå hö eller skörda säd är en av de mest typiska bilderna av jordbruk och jordbrukslandskap som man kan tänka sig i Sverige. Vi ser drängar gå på ången eller ett skördelag med män och kvinnor som sköter sina sysslor i slättern. Vid midsommarfirande ser vi fortfarande män och kvinnor med folkdräkt som med lie och räfsa utför skördedanser. Lien är därför kanske ett av de mest romantiserade redskapen vi kan träffa på. Intressant nog har den också en motbild i Liemannen där döden far fram över mänskligheten och skördar sina offer. Redskapet förekommer på kyrkomålningar från medeltid men också när dagens barn firar Halloween med lie och kåpa. Lien är med andra ord en mycket laddad symbol. Men den är också ett mycket personligt redskap. För människor som arbetar med lien ofta och mycket är din lie något som du helst inte lånar ut. Det är ett redskap som är personligt utformat eller anpassat för att passa dina fysiska förutsättningar, med ett lieblad som du vårdar på bästa sätt.

### IV.VI.I. Förutsättningarna för slätterexperimentet

Syftet med slätterexperimentet är det samma som för experimentet med ärjning, med andra ord att undersöka vilken förbrukning av järn och stål som krävdes för att bedriva slätter. Förutsättningarna är att slätter kräver ett skärande verktyg, vilket oftast är en lie, för att skära av den växtlighet som skall torkas och sparas till vinterfoder (*se tidigare beskrivning av medeltida slätter*). Kanske har man ibland använt en skära men det är sannolikt i ringa omfattning då skäran tar mer tid och kraft i anspråk. Experimentets två repliker ger oss möjlighet att även undersöka skillnader i järnåtgång för respektive sätt att skärpa lien, på grund av att Eketorpslien är en sliplie och Alvastralien en knacklie.

Även slätterexperimentet utfördes i samarbete med Sollentuna kommun vid Väsby gård på Järvafältet norr om Stockholm. Två anställda vid det historiska jordbruket vid Väsby gård har hjälpt mig att slå, Olof Lundkvist som presenterats tidigare, och Sara Lundkvist. Båda har stor erfarenhet av slätterarbete men inte lika stor erfarenhet av att arbeta med knacklie. Därför anordnades en kurs i lieknackning vid Väsby gård. Undertecknad undervisades tillsammans med samarbetspartners från Sollentuna kommun av Mats Rosengren. Han har även fungerat som ett bollplank när olika frågor om liebruk och slätter uppkommit. Rosengren har under ett antal år hållit kurser i lieslätter och lieknackning och en av Sveriges mest erfarna och kunniga på området. Han har även hjälpt oss att rekommendera orv till de båda liarna.

Under planeringen av avhandlingsarbetet var tanken att experimenten såväl med slätter som med ärjning skulle pågå under två sommarsäsonger. Smidet av Varnhemsbillen tog dock längre tid än beräknat så var det inte möjligt att smida alla fyra replikerna under den första våren. Under den andra våren, när ärjningsexperimenten pågick en säsong, blev de båda liarna färdiga och slätterexperimentet

kunde börja. Den första säsongen av slätter bedrevs med andra ord under sommaren och hösten 2013. Under denna period användes huvudsakligen Alvastralien. Planen var från början att använda båda liarna under två säsonger men det visade sig alltför tidskrävande. Det finns också ytterligare en förklaring till att Eketorpslien endast användes under en kortare period första säsongen. Anledningen till detta var att slättern med denna lie var mycket krävande och helt enkelt inte fungerade så bra med det orv vi valt. Jag återkommer till detta senare i kapitlet. Under den följande säsongen (2014) användes endast Eketorpslien, för att om möjligt få ett underlag även för denna replik. Slättern med Eketorpslien gick då mycket bättre men tyvärr var möjligheterna att slå begränsade under denna säsong, på grund av den ekonomiska situationen. De bidrag som generöst givits till de planerade experimenten var alla förbrukade och den hjälp undertecknad fick av Olof Lundkvist under denna säsong var då ideell (och min tacksamhet därmed så mycket större), men bekostades i efterhand av Sollentuna kommun.

## IV.VII. Slätter med Alvastralien

Slättern började i slutet av juli och fortsatte ända fram till slutet av oktober den första säsongen. Sommaren var torr och varm och slättern svårbemästrad under den första tiden, till största del på grund av att vädret ofta var för varmt. Det var möjligt att slå ett par timmar på morgonen eller förmiddagen men efter lunch var det helt enkelt för varmt och gräset för torrt. Under dessa förhållanden måste lien vara rakbladsvass för att kunna skära höet utan att det viker sig. Under morgontimmarna var gräset lättare att slå när morgondagen gjorde det friskare och mer motståndskraftigt och lättslaget. Sällan har vi i Sverige denna typ av problem men denna sommar bjöd på sitt allra soligaste väder vilket resulterade i att vi fick en liten insikt i vilka problem som man kan stöta på vid slätter på sydligare breddgrader.

Den lie jag kallar Alvastralien består av ett nytillverkat lieblad, en replik efter ett fynd av ett medeltida lieblad i Alvastra kloster (se förra kapitlet). Lien är ett sammansatt redskap bestående av två huvuddelar, orvet och bladet. Utgångspunkten för avhandlingen och grunden till dess syfte är att undersöka användningen och åtgången av järn och stål inom det medeltida jordbruket. Därför har främst liebladet varit i fokus för undersökningen. För att använda liebladet i ett experiment krävs dock ett orv. Vi vet inte hur orvet till Alvastralien har sett ut men vi har valt att sätta den på ett Oreboorv. Det har tillverkats i Danmark av en liten träindustri på Själland. Denna modell är specialutformad för arbete bland annat i vattendrag. Den har därför rundade kanter och är oljebehandlad. Orvet har tre lägen för den övre knaggen och sju för den nedre. Det är tillverkat av ask (Rosengren pdf). Vid slättern med Alvastralien har vi som ovan beskrivits använt knackning som metod för att hålla eggen skarp. Vid slättern har även bryne



*Figur IV:25. Hammare, städ och knackningsjigg. Foto: Catarina Karlsson.*



*Figur IV:26. Bryne och sticka. Foto: Catarina Karlsson.*



*Figur IV:27. Alvastraliens fastsättning med kil. Foto: Catarina Karlsson.*





*Figur IV:28. Alvastralien med orv. Foto: Catarina Karlsson.*



*Figur IV:29. Järvafältet. Foto: Catarina Karlsson.*





*Figur IV:30. Slätter med Alvastralien. Foto: Catarina Karlsson.*

och en eksticka använts. Alvastraliens blad som beskrivits i detalj i de tidigare kapitlen (*se metallurgiska analyser och smidesexperiment*) har knackats till skärpa med hjälp av hammare, städ och knackningsjigg, ett hjälpmedel som används för att underlätta knackningen.

På grund av att lien inte är jordlagd, med andra ord vinkeln mellan bladet och orvet, så har en liten träkil passats in mellan låret, brommen och orvet. Alvastralien har sammantaget under denna slätterperiod använts på ett tunnland mark. Detta tunnland var uppdelat på sex olika slätterområden vilka kommer att beskrivas nedan.

#### IV.VII.I. Slätter vid Norra Tvåsädesåkern

Runt den Norra Tvåsädesåkern på västra, östra och norra sidan finns ett band av fånggröda vilket utgör slätterområde 2. På den södra sidan går ett dike som slagits med Eketorpslien. I övrigt omges området av Bögs gårds åkermark som odlas med nutida metoder. Under tre dagar och sammantaget cirka fem timmars slätterarbete har 300 m<sup>2</sup> slagits. Slåttern har pågått under förmiddagarna när morgonens fuktighet varit kvar i vegetationen. Landskapet är plan åkermark och innebär inga stora problem vid slätter. Området skulle kunna beskrivas som hårdvall och det förekommer några enstaka stenar som rensats undan från åkern. Gräset är av valltyp och består av timotej, ängskavle, röllika, rödklöver och lite örter. Gräset har blommat över och har torra fröställningar. Slåttern gick relativt bra med cirka fyra bryningstillfällen i timmen vilket inte är onormalt.



*Figur IV:31. Tvåsådesåker vid slätter. Foto: Catarina Karlsson.*

#### IV.VII.II. Slätter vid Båtsmanstorpet

Vid Båtsmanstorpet ligger slätterområde 3. Det är vårt största slätterområde och omfattar nästan ett halvt tunnland. Området omger åkern vid Båtsmanstorpet och avgränsas av en väg i norr och skogsmark på övriga sidor. Landskapet är plan mark med inslag av gamla stubbar i hårdvall. Vallen består av frodigt gräs med inslag av älggräs. Här växer även mycket sly vilket gör det svårt att slå. Slyet består av björk, sälg och asp. Detta är nybruten mark och skulle kunna jämföras med en nyodlingsfas.

Under 13 dagar har slättern pågått under drygt 25 timmar. Det var mycket arbetsamt att slå området då slyn har gjort att liebladet ständigt har behövt bearbetning med sticka och bryne. Under perioden har även gräset blivit mycket blött, segt och svårslaget. Delar av växtligheten tyngs ned av vätan och ligger mot marken. Slyet gör att eggen måste brynas ofta och eggen viker sig ofta. Den är lite för mjuk för denna typ av slätter och kräver bryning och sticka för att räta ut eggen. Vid några tillfällen har grövre sly gjort märken i eggen.

#### IV.VII.III. Skörd vid Båtsmanstorpets åker

Åkermarken vid Båtsmanstorpet är lika med område 5. Där växte korn med stort inslag av åkertistel. Här slogs cirka 400 m<sup>2</sup> på endast drygt två timmar. Det var klart väder och torr vegetation och för detta ändamål fungerar lien relativt bra.

#### IV.VII.IV. Slätter vid Väsby äng

Slätterområde 4 är ängen norr om Väsby gård. På ängen ligger ett gravfält från järnåldern med ett antal stensättningar. Området är drygt 1000 m<sup>2</sup>. Växtligheten består av gräs och örter och det är ganska sent på säsongen. Slåttern i detta område pågick i 9 dagar, sammantaget ca 16 timmar, men i två omgångar. Området var svårslaget eftersom gräset var blött och inslaget av sten relativt stort. Flera gånger uppstod stenskadorna som krävde åtgärder. Lien fungerar bäst i högt och tätt gräs, sämre i kort och glest gräs.

#### IV.VII.V. Slätter vid Väsby gård

Slätterområde 6 är en del av Väsby gårds tomt. Växtligheten består av tät gräsväxt med frisk botten men med inslag av högre torrare gräs. Ytan är slät och stenfri men med inslag av buskar och träd. Här har det slagits cirka 550 m<sup>2</sup> under 5 dagar på nästan 11 timmar. Vädret var inte idealiskt, med fukt och vid ett tillfälle upptinad markfrost.

#### IV.VII.VI. Slätter vid Hanstakärret

Det sista slätterområdet, nr 7, där Alvastralien användes var Hanstakärret, som ligger öster om Väsby gård. Landskapet är åkeryta i en mycket fuktig, kärraktig miljö. Här växer övervägande grov starr (Jättestarr). På detta område blir det typisk våtmarksslätter. Under två dagar har cirka 450 m<sup>2</sup> slagits under tre och en halv timme. Arbetet med eggen med knackning och bryne var nödvändigt och ofta förekommande då växtligheten är mycket grov.

Tabell IV:5. Tabell över slitage vid slätterexperiment med Alvastralien.

Område	Datum	Tid (min)	m <sup>2</sup>	Sticka	Bryne	Knackning	Vikt g
Tvåsädesåker (2)	20130729	90		–	7		455
Tvåsädesåker (2)	20130730	120		–	9		
Tvåsädesåker (2)	20130731	105		–	7	1	455
Summa		5 h 15 min	290		23	1	454
	20130805					1	454
Båtsmanstorpet (3)	201308-2	240		–	12		
Båtsmanstorpet (3)	20130813	35		–	5		
Båtsmanstorpet (3)	20130816	60		–	5		
	20130821				1	1	

Båtsmanstorpet (3)	20130823	110		–	12	1	
Båtsmanstorpet (3)	20130826	15		–	4	1	454
Båtsmanstorpet (3)	20131022	60		3	6	1	
Båtsmanstorpet (3)	20131024	180		6	14	1	
Båtsmanstorpet (3)	20131027	105		2	13		
Båtsmanstorpet (3)	20131028	120		5	11		
Båtsmanstorpet (3)	20131029	150		–	10		
Båtsmanstorpet (3)	20131029	120		–	17		
Båtsmanstorpet (3)	20131030	120		–	12		
Båtsmanstorpet (3)	20131030	120		–	15		
Båtsmanstorpet (3)	20131101	120		–	20	1	
Summa		25 h 55min	2362	16	157	7	
Väsby äng (4)	201-0904	120		–	16	1	
Väsby äng (4)	20130905	120		–	15		
Väsby äng (4)	20130926	150		–	15	1	453
Väsby äng (4)	20130930	120		11	12	1	
Väsby äng (4)	20131014	65		–	9		452
Väsby äng (4)	20131014	110		2	15	1	
Väsby äng (4)	20131015	130		–	26		
Väsby äng (4)	20131016	75		9	8		
Väsby äng (4)	20131018	75		5	10		
Summa		16 h	1028	27	126	4	
Båtsmanstorpets åker (5)	20130927	2,33		12	6	1	
Summa		2 h 20 min	390	12	6	1	
Väsby gård (6)	20130930	120		2	14		
Väsby gård (6)	20131003	130		9	12		
Väsby gård (6)	20131004	60		4	12		
Väsby gård (6)	20131007	170		5	21	1	
Väsby gård (6)	20131010	160		4	24		
Summa		10 h 40 min	545	24	83	1	450
Hanstakärret (7)	20131102	180		13	8	1	
Hanstakärret (7)	20131102	30		–	4		
Summa		3 h 30 min	450	13	12	1	
Summa total		74 h	5065	92	407	15	450

*Källa: Dokumentation över slätterexperiment*

## IV.VII.VII. Sammanfattning av experiment med replik av Alvastralien

Slitaget på Alvastralien efter ett års slätterexperiment är marginellt. Under experimentet har ett tunnland slagits med denna lie. Under slättern har lien knackats åtta gånger. Emellan dessa omgångar har bryne använts på eggen 407 gånger. Efter att vi använt lien i område 2 och hälften av område 3 fick vi rådet av Mats Rosengren att ibland använda trästicka istället för bryne. Stickkan användes 92 gånger under slättern. Efter detta har endast 5 g av liens vikt gått förlorade. Detta är ett resultat som ligger nära det icke mätbara, med andra ord inom felmarginalen för vågen, som är 2 g. Under slättern av detta tunnland har förutsättningarna varit extrema. Slitaget borde vara maximalt då vi har utsatt lien för påfrestningar i form av sly, välväxt grov starr och gräs vilket har växt sig segt och starkt. Ambitionen för experimentet var inte att utsätta lien för maximalt slitage men vädrets makter bestämde förutsättningarna precis som de alltid gjort. Under försommaren var vädret varmt, torrt och vackert. Planen var att påbörja slättern under andra hälften av juli vilket vi också gjorde. Gräset var då redan relativt torrt och värmen var fortfarande betungande vilket gjorde att det bara var möjligt att slå ett par timmar i taget under morgonen då daggen gjorde gräset lättare att slå. Slätterarbetet drog ut på tiden och pågick även under hösten. Då blev gräset svårare och svårare att slå, det som växt sig starkt, torrt och kiselhaltigt var nu även blött och i många fall hade det lagt sig ner.

Sammanfattningsvis hade vi några olika problem under slätterarbetet. Ett av dem gällde hö som lagt sig i olika riktningar, vilket gjorde det svårt att slå. Höet var även i vissa fall visset, blött och segt, detta under den sista delen av slättern på hösten. Några av områdena hade också en stor andel ettårig sly. Dessa problem är naturliga vid slätter och har sannolikt inte bara drabbat oss utan även vid tillfälle den medeltida bonden. Vi kan dock konstatera att Alvastralien inte fått en lätt uppgift utan snarare satts på de hårdaste prov man kan tänka sig.

Vi har även haft problem med lien på grund av att eggen inte höll skärpan. Efter knackning har den dock blivit för mjuk och tunn och har ibland vikt sig i mötet med kraftig växtlighet och sly. Detta är dock barnsjukdomar som efter att lien används förändras, det kan naturligtvis även handla om en läroprocess hos den som brukar lien. Knackningen fortsätter att härda eggen så att den blir hårdare. Efterhand gjordes eggen lite trubbigare och därmed mer hållbar och då fungerade slättern bättre. Detta är också något som man skall ha med i beräkningen, att en kunnig jordbrukare som brukade lien många dagar om året naturligtvis anpassar eggen till den växtlighet han skall slå för dagen. Om lien knackas tunn och skarp för lättslaget gräs kan den formas lite trubbigare och grövre till en kraftig växtlighet. Det finns ju även möjligheten att ha flera liar passande för olika typer av lätt slätter.





*Figur IV:32. Eketorpslien med kort och rakt orv. Foto: Catarina Karlsson*

## IV.VIII. Slätter med Eketorpslien

Eketorpslien är en sliplie med inlagt stål i eggen. Lien är relativt rak och har ingen jordläggning. Bladet har också en större vinkel än 90 °C mellan blad och lår vilket vi diskuterat innebörden av under en längre period. Spetsen på lien är inte heller böjd vilket gör att bladet ibland fastnar. Båda liarna är smidda utifrån arkeologiska objekt där endast liebladen är påträffade. Vi vet med andra ord inte hur orven varit utformade. Under den första omgången tillverkade Olof Lundkvist ett kortare orv till lien vilket liknar de orv vi föreställer oss att man använt under järnålder och tidig medeltid. Under den andra säsongen användes ett tvåknaggsorv.

### IV.VIII.I. Slätter vid Tvåsädesåkern – första säsongen

Under 2013 användes lien endast på ett område av Olof och Sara Lundkvist. Orsaken var dels tidsbrist men också vissa problem med funktion mellan orv och lieblad. Det korta raka orvet fungerade inte så bra och det var svårt att slå. Ju lättare och torrare gräset var desto svårare var det. Det verkade dock fungera något bättre på fuktigare och grövre växtlighet.



Figur IV:33. Eketorpslien under användning av Sara Lundkvist. Foto: Catarina Karlsson.

Vi valde att prova Eketorpslien på det frodiga dike som skiljer Tvåsädesåkern i en nordlig och en sydlig del. Diket är ca 65 m långt och ca 1,5 m djupt och är ett fungerande dike som är vått och stenfritt. Sammantaget handlar det om ca 350 m<sup>2</sup> slättermark. Dikeskanterna var relativt branta och dikesbotten täckt av starr och älgräs. Slänterna består av grovt och storgvuxet vallgräs och örter och det finns inslag av slån. I botten av diket är det fuktigt medan växtligheten är friskare i de övre delarna som var mycket torra och svårslagna.

Sammanfattningsvis var intrycket att det var mycket svårt att arbeta med Eketorpslien. Vad problemen berodde på var vi inte säkra på utan diskuterade ingående om den vida vinkeln mellan bladet och låret gjorde att det var svårslaget. Bristen på spets och böjning av bladet gjorde att vi frågade oss själva om detta kunde vara en specialtie av något slag. Vi valde av dessa skäl att fokusera på Alvastralien under den första säsongen.

## IV.VII.II. Den andra säsongen

Som redogjordes för ovan skapade bristande finansiering problem med slutet på provserien. För att möjliggöra ett gott underlag för experimentet har därför slätter bedrivits även på Öland. Det kan tyckas som en tanke att den öländska Eketorpslien skulle prövas även på Öland. Förklaringen är dock att undertecknad där har tillgång till ängsmark för att fortsätta experimentet längre in på hösten även under den andra säsongen.

Efter diskussionerna under den första säsongen bestämde vi oss för att pröva Eketorpslien med en annan typ av orv. Vi gjorde det enklaste testet först och satte Eketorpsbladet på samma orv som tidigare använts till Alvastralien. Som vi tidigare konstaterat vet vi inte vilken typ av orv som använts till varken Alvastralien eller Eketorpslien. Vi vet att äldre liar från järnålder hade raka och kortare skaft men att orv som liknar de vi använder idag användes under senmedeltid i form av tvåknaggsorv och stjärtorv (Myrdal 1999:66). Sannolikt fanns en lika stor variation på orv som på brukare då knaggarna är delvis utformade efter personen som använde lien.

Vi kan därmed fastställa att vi inte med säkerhet kan veta vilken typ av orv som använts till de ursprungliga arkeologiska objekten. Eftersom orven inte är de primära undersökningsobjekten i avhandlingen har vi nöjt oss med att använda orv som fungerar tillsammans med bladet. Vi satte med andra ord Eketorpsbladet på ett Oreboorv från Danmark. Denna modell är specialutformad för arbete bland annat i vattendrag och skulle kanske passa (Rosengren pdf). Efter bytet av orv fungerade lien mycket bra. Det är dock tydligt att den fungerar bäst på något grövre material och allra bäst vid våtmarksslätter. Under denna andra säsong har lien använts på tre olika platser, Tvåsädesåkern och Hanstakärret på Järvafältet samt även på ängsmark i Böda på norra Öland. Under den andra säsongen har endast Olof Lundkvist och undertecknad utfört slätterexperimenten.

### IV.VII.III. Slätter vid Tvåsädesåkern

Södra Tvåsädesåkern utgör ett slätterområde. Landskapet är plan åkermark och innebär inga stora problem vid slätter. I detta fall var åkern beväxt med råg. Det var midsommarråg som såtts i september året innan. Rågen var i hög grad uppblandad med tistlar, råglosta (en typ av ettårigt gräs som mest förekommer i rågåkrar) och duvicker.

### IV.VII.IV. Slätter vid Hanstakärret

Det näst sista slätterområdet var Hanstakärret som beskrivits tidigare (öster om Väsby gård). Landskapet är en åkeryta i en mycket fuktig, kärraktig miljö i anslutning till ett vattendrag. Här växer övervägande grov starr (Jättestarr). På detta område blir det typisk våtmarksslätter.



*Figur IV:34. Hanstakärret efter slätter. Foto: Catarina Karlsson.*

#### IV.VII.V. Slätter vid Norrböda, Böda socken, Öland

Det sista slätterområdet ligger i Böda på norra Öland. Här har slätter förekommit på tre områden. Ett område utgjordes av gräsmark och äng inom ett grönområde och en tomt i anslutning till Norrbödagränd. Växtligheten här bestod av blandat gräs men huvudsakligen av timotej med inslag av hundkåx, hallon och örter. Nästa slätterområde ligger i anslutning till ett dike vid Skogsglantan, nära Norrbödagatan. Växtligheten bestod av högvuxna ormbunkar, hallon, björnbär, nässlor, gräs och årsväxt björksly. Det sista och största slätterområdet är en äng norr om Norrbödagatan. Landskapet är plan ängsmark och innebär inga stora problem vid slätter. Området skulle kunna beskrivas som frodig ängsmark, gräset är av valltyp och består av timotej, röllika, rödklöver och örter. I vissa områden av ängen fanns ett stort antal årsväxt björksly över hela ängen samt mindre, årsväxt eksly.

Tabell IV:6. Tabell över slitage vid slätterexperiment med Eketorpslien.

Område	Datum	Tid	m <sup>2</sup>	Bryne	Slipning	Vikt före g	Vikt efter g
Tvåsädesåkerns dike (1)	20130723	90		3	X	338	
Tvåsädesåkerns dike (1)	20130723	45		3	X		335
Tvåsädesåkerns dike (1)	20130724	105		5			
Tvåsädesåkerns dike (1)	20130725	75		3			
Tvåsädesåkerns dike (1)	20130729	150		2	X		334
Tvåsädesåkerns dike (1)	20130730	150		4			334
Summa 2013		10 h 15 min	350				334
Hanstakärret (2)	20140701	180	350	7	X		
Hanstakärret (2)	20140704	90	250	4	X		
Böda tomt (3)	20140718	60	200	4	X		
Tvåsädesåkern (4) södra delen	20140819	360	600	14	X		
Hanstakärret (2)	20140822	45	150	3	X		328
Hanstakärret (2)	20140824	30	130	4			
Hanstakärret (2)	20140828	360	525	12	X		327



Område	Datum	Tid	m <sup>2</sup>	Bryne	Slipning	Vikt före g	Vikt efter g
Böda tomt (3)	20140925	60	120	2			
Böda väggkant (5)	20140925	30	42				
Böda äng (6)	20140925	40	70	2	X		
Böda väggkant (5)	20140926	60	150	4			
Böda tomt (3)	20140926	90	200	3			
Böda äng (6)	20140926	110	220	4	X		
Böda äng (6)	20140927	240	680	12	X		
Böda äng (6)	20140928	300	825	15	X		319
Summa 2014		34 h 15 min					
Summa total		44 h 30 min	4862	110	13		319

*Källa: Dokumentation över slätterexperiment*

#### IV.VII.VI. Sammanfattning av experiment med Eketorpslien

Slitaget på Eketorpslien efter lite drygt en säsongs slätterexperiment är inte speciellt stort (19 g) det är dock fyra gånger mer än slitaget på Alvastralien (5 g) vilket kan betecknas som marginellt. Under experimentet har knappt ett tunnland slagits med denna lie. Lien har slipats 13 gånger. Emellan dessa omgångar har bryne använts på eggen 110 gånger vilket är signifikant mindre än de 489 gånger som brynet användes på Alvastralien. Efter detta har 19 g av liens vikt gått förlorade. Vi kan konstatera att lien varit bra och att den hållit skärpan under slätterarbetet. Eggen har fungerat och har vid slipning och bryning blivit vass och hållbar trots att förutsättningarna varit hårda. Slitaget borde vara maximalt då vi har utsatt lien för påfrestningar i form av vass, välväxt grov starr, grova ormbunkar, årssly och gräs vilket har växt sig segt och starkt.

Sammanfattningsvis hade vi några olika problem under slätterarbetet. Det första och största problemet var att det första orvet inte fungerade bra. Slätterarbetet blev tungt och svårt och lien upplevdes som nästan omöjlig att arbeta med. Efter bytet av orv blev upplevelsen en annan. Lien fungerade bra men var tydligt bättre på kraftigare vegetation och våtare marker än klassisk hårdvall. Vi ställde oss frågan om denna lie var en specialanpassad lie med starrslätter eller skörd av vass som huvuduppgift? Svaret är att den fungerar utmärkt vid starrslätter men även på torrare marker med grövre slätter, exempelvis små sly och buskar. Sannolikt har man inte använt denna lie till hårdvall utan snarare till våtmark, strandängar eller grövre växtmaterial. Därmed skulle jag vilja hävda



att lien som sammansatt redskap är intressant ur flera aspekter. Utifrån vilket orv bladet tittit på anpassar sig den som arbetar med lien för att slå på bästa sätt. Liebladet var som tidigare nämnts inte jordlagt och hade en vinkel som var relativt vid. Ändå var det möjligt att använda den på ett effektivt sätt.

## IV.VIII. Dokumentation

Under slätterexperimentet har dokumentationen utförts på annat sätt än när det gäller både smide och ärjande. I fallet med slättern har det inte varit möjligt för undertecknad att vara med och dokumentera under hela försöket. Den som skulle slå med lien var tvungen att kunna välja fritt utifrån väder och andra förutsättningar när slättern skulle utföras. På grund av värmen kunde slättern endast bedrivas på morgnar och under kortare pass. Därför beslutade vi att den som utförde slättern skulle dokumentera varje arbetspass i direkt anslutning. Datum, tid, väder, fuktighet och vegetation dokumenterats. Detsamma gäller antalet knackningar eller slipningar och antalet gånger bryne eller trästicka har använts på lien. De gånger som någon skada uppstått på bladet har även detta dokumenterats.

Dessutom har varje slätterområde dokumenterats enskilt. Områdena har beskrivits, med storlek, landskap och topografi. Dessutom har markförhållanden och växtsamhället beskrivits. Varje område har även fotodokumenterats före och efter slättern.

När det gäller slitaget så har liarna inte vägts efter varje arbetspass. Anledningen är att slitaget inte alls var lika stort som på årderbillarna. Att mäta före och efter varje pass skulle inte vara meningsfullt då förändringen är så liten att den ej är mätbar med vår utrustning. Vid några tillfällen har liarna vägts och resultatet redovisas i tabellen ovan.

## IV.IX. Sammanfattning av slätterexperimentet

Sammanfattningsvis kan vi konstatera att slätterexperimentet utfallit väl. Vi har avslutat experimentet med knacklierepliken från Alvastra och även med sliplien från Eketorp. Ungefär ett tunnland är slaget med vardera av de nytillverkade replikerna. Man kan naturligtvis alltid hävda att det skulle behövas ytterligare underlag för att utfallet skall bli mer tillförlitligt. Vi har dock fått rimliga uppmätningar av slitage som kan användas som riktmärken vid uppskattningar av konsumtion. Vi har även fått riktmärken som bekräftar antagandet att slipning av en lie i jämförelse med knackning ger en större åtgång av järn och stål samtidigt som vi kan konstatera att i jämförelse med årderbillarna är åtgången liten. Här följer dock en något mer detaljerad sammanfattning av slätterexperimentet.

## IV.IX.I. Liarna

Alvastralien har tillverkats med ett fynd av ett medeltida lieblad i Alvastra kloster som förebild. Främst har liebladet varit i fokus för undersökningen men för att använda liebladet i ett experiment krävs dock ett orv. Vi vet inte hur orvet till Alvastralien har sett ut men vi har valt att sätta den på ett Oreboorv. Denna modell är specialutformad för arbete bland annat i vattendrag och tillverkad av ask (Rosengren pdf).

Vad gäller Eketorpslien tillverkade Olof Lundkvist ett kortare och rakare orv av hassel. Tanken var här att efterlikna orv till kortare liar efter en norsk modell. Orvet skulle underlätta slätter i sluttande terräng. I Alvastrafallet fungerade orvet bra och vi var endast tvungna att göra en justering. Mellan brommen och knäet placerades en liten tråkil vilken gjorde bladets vinkel mot jorden lite bättre. Jordläggningsvinkeln ska enligt dagens praxis vara inställd så att man får in en fingerblomma (ca 1 cm) under lien när orvet hålls i arbetsställning. Jordläggningsvinkeln är som mycket annat personlig och beror på arbetsställning, om orvet är svängt eller inte och även på infästningen av bladet.

Varken Alvastralien eller Eketorpslien är jordlagda. Anledningen vet vi inte men det finns flera alternativ. Ett alternativ är att liebladen aldrig använts. Detta kan vi dock utesluta. Efter noggrann undersökning av de arkeologiska objekten har vi konstaterat att de använts tillräckligt mycket för att bli slitna. En annan orsak kan vara att man har haft svängda orv, vilka gjorde att man inte behövde jordlägga bladet för att arbetsställningen skulle bli god. Kanske hade man även som vi en annan typ av infästning som i sig skapade en vinkel. Det finns även en möjlighet att lägga en kil mellan låret på lien och orvet vilket skapar en viss vinkel. Vi kan konstatera att även lieblad vilka inte är jordlagda går utmärkt att använda vid slätter beroende på orvets utformning och bladets infästning. Vi har med andra ord inte jordlagt replikerna av liebladen innan vi använde dem utan använt dem som de ursprungliga arkeologiska objekten har återfunnits.

Alvastraliens blad har knackats för att få skärpa. Vid knackningen tunnar man ut eggen och får den yttersta delen vass. Samtidigt sker en kallhärdning av eggen. Stålet är därför något mjukare från början än vi är vana vid (Rosengren pdf). I detta fall var eggen definitivt mjukare än vad Olof Lundkvist var van vid. Eggen knackades för hårdhet och skärpa och dessemellan skärptes den med bryne och sticka. Hårdheten i eggen byggs upp succesivt och bladet blir därför bättre och bättre med tiden. Även detta gör att lien denna säsong har utsatts för extra hårt slitaget. Eggen blir sannolikt bättre och bättre under årens lopp och eggen blir inte bara vassare och hårdare och håller därför skärpan bättre, utan kanske minskar även slitaget något.

När det gäller knackningen har den utförts dels med hammare och städ, dels med knackningsjigg. Knackningsjiggen är utformad för att underlätta knackningen och möjliggöra att en jämn och stadig knackning blir enklare. När eggen blivit vass ska den vårdas. Under arbetets gång bryner man eggen försiktigt med



*Figur IV:35. De två replikerna av medeltida liar med orv. Foto: Catarina Karlsson.*



Figur IV:36. Knackning med hammare, städ och knackningsjigg. Foto: Catarina Karlsson.

jämna mellanrum (5–10 minuter). En riktigt vass egg brynes med ett finkornigt bryne eller en liesticka utan slipmedel.

Om detta inte räcker för att få eggen skarp kan man gå över till ett grövre bryne som hålls blött (Rosengren pdf). I vårt fall har vi använt tre brynen med olika grovlek. Brynet med den finaste ytan har använts oftast. De grövre brynen har endast använts vid enstaka tillfällen när behov uppstått. Efter rekommendation av Mats Rosengren började vi efter ett par veckors arbete att använda en trästicka av ek med vilken man rätar ut och i viss mån slipar bladet. Sammantaget knackades lien 15 gånger, brynet användes 489 gånger och trästickan 81 gånger under arbetet i 74 timmar. Utifrån denna beräkning kan man säga att lien knackats efter nio timmars användning, men att brynet i genomsnitt har använts ungefär var tionde minut vid slåttern.

Efter att vi fått rekommendationen om trästickan användes den var tjugonde minut och brynet var tionde minut. Utifrån data som redovisas i tabellen nedan kan vi också se att frekvensen är olika vid skilda tillfällen. Framför allt skiljer sig område 6 åt från de övriga när det gäller hur många skärpningar per timme som krävdes. Även när det gäller hur stor yta som kunde slås per skärpning är siffrorna mycket lägre än för de övriga. Man kan konstatera att slåttern på Väsby gårds tomt var svår och tog lång tid per kvadratmeter. I övrigt skiljer sig område 5 från de övriga. Där gick det mycket fort att genomföra slåttern och antalet kvadratmeter per skärpning blev därför mycket stort. Här handlar det om skörd snarare än slätter då det som slogs var Båtsmanstorpets åker med korn (även om inslaget av tistlar var stort).

Utifrån det stora antal gånger som lien behövt skärpas (när vi använt bryne eller trästicka) och det faktum att lien upplevdes som mjuk kan vi anta att

skärpningarna skulle ha ökat antalet m<sup>2</sup> som kunde slås per skärpning. När bladet successivt knackats hårdare hade det inte i samma utsträckning varit nödvändigt att räta ut bladet med bryne eller sticka.

Tabell IV:7. Sammanställning över slätterexperiment med Alvastralien. Med skärpning menas både sticka och bryne vilka har slagits samman.

Område	Tid	m <sup>2</sup>	Sticka	Bryne	m <sup>2</sup> / skärpning	Skärpning/h	Vikt g
2	5 h 15 min	290		23	12,6	4,3	456
3	25 h 55min	2362	16	156	13,7	6,6	
4	16 h	1028	27	126	6,7	9,6	
5	2 h 20 min	390	12	6	21,6	7,7	
6	10 h 40 min	545	13	166	3,0	16,8	450
7	3 h 30 min	450	13	12	18,0	7,1	
Summa	74 h	5065	81	489	8,8	7,7	450

Källa: Dokumentation över slätterexperiment

Tabell IV:8. Sammanfattande tabell över slätter med Eketorpslien.

Område	Tid	m <sup>2</sup>	Bryning	m <sup>2</sup> / bryning	Bryning/h	m <sup>2</sup> /slipning	Vikt g
1	10h 15min	350	20	18	2,0	–	338
2	11h 45min	1405	30	47	2,5	–	–
3	3h 30 min	520	9	58	3,0	–	–
4	6 h	600	14	43	2,3	–	–
5	1h 30 min	192	4	48	2,6	–	–
6	11h 30min	1795	33	54	3,0	–	–
Summa	44h 30 min	4862	110	44	2,5	374	319

Källa: Dokumentation över slätterexperiment

När det gäller Eketorpslien ser det lite annorlunda ut. Lien har använts på ett knappt tunnland, alltså lite mindre än Alvastralien. Lien har brynts med grovt och finare bryne (dessa har vi dock inte skiljt åt i dokumentationen). Lien har slipats med en slipsten. När lien har använts i Eketorp under 11–1200-talen har man inte haft runda slipstenar utan endast större liggande slipstenar. Det förekommer dock slipstenar av den handdragna runda modellen från ungefär denna tid i svenska medeltida städer (*se kap Bakgrund och forskningsläge*). Jag har därför valt att använda den runda slipstenen då detta är det nya under medeltiden och den slipningsteknik som därefter varit rådande.



Eketorpslien har använts i cirka 44 timmar och brynts 110 gånger. I jämförelse med Alvastralien har Eketorpsliens egg varit bättre på så sätt att man inte behövt bryna lika många gånger. Alvastralien bryntes cirka 6 gånger per timma och Eketorpslien 2,5 gånger i timmen. En stor del av anledningen kan vara att Alvastralien initialt varit för mjuk, något som dock som tidigare nämnts kan förändras med tiden. När vi jämför hur många gånger som liarna knackats respektive slipats är det ungefär lika, 15 knackningar respektive 13 slipningar. Alvastralien har dock använts nästan dubbelt så många timmar som Eketorpslien (74 respektive 44 timmar). Detta har sannolikt olika orsaker. Dels har vi med Eketorpslien ofta arbetat tillsammans, med andra ord har lien arbetat hela tiden och vi har turats om med att slå. Dels handlar det också om vilken typ av marker som slås. Med Eketorpslien har vi prioriterat grövre växtmaterial och stenfria ytor som går snabbare att slå. Dels kan det faktiskt bero på att Alvastraliens blad var mjukt och behövde brynas och rätas ut ofta.

När det gäller slitaget på liarna, primärt på Eketorpslien, handlar det helt enkelt om hur ofta man slipar sin lie. I vårt experiment har vi oftast slipat lien en gång om dagen vilket sannolikt är rimligt. Om man har tillgång till två eller flera blad kanske man byter blad på lien under dagen då de oftast inte är aktuellt att gå hem för att slipa lien på gården där slipstenen står. Hur snabbt slitaget uppstår beror med andra ord på hur mycket man slår per dag eller mellan slipningarna. Här kan vi också konstatera att slipning som skärpningsmetod sliter cirka fem gånger så mycket järn och stål som knacklien.

#### IV.IX.II. Slitage

När det gäller huvudsyftet med dessa experiment, att mäta slitage och förbrukning av järn och stål, kan vi konstatera att förbrukningen vid slätter är mycket liten. Efter att slätter bedrivits med Alvastralien på ett tunnland slättermark har endast 4 g förbrukats. Den slipade Eketorpslien minskade med 19 g. Alvastrabladet vägde 455 g vid start och lien skulle förslagsvis gå att bruka även om bladet minskade med 200 g. Mer än så är nog svårt att tänka sig då de delar av lien som väger mest; låret, knäet och liens nackparti, inte slits vid bruk. Men ändå betyder det att man skulle kunna använda endast en lie vid slätter av minst 50 tunnland. I vårt fall skulle det betyda cirka 3700 timmars arbete eller 154 dygn. En mer talande uppgift är att man skulle kunna slå 462 dagar (åtta timmars pass) med en lie utan att slita ut den. I det här fallet är dock ytan mer representativ än tiden då det var den första sommaren som lien användes och det antagligen gick saktare än vad det skulle göra kommande år.

I Arne Espelunds bok om liar konstaterar han att en lie som knackades kunde hålla i tio år medan en lie som slipades slets ut på ett par säsonger (Espelund 2006:5). Tyvärr åtföljs denna information inte av någon hänvisning men det skulle visa på att en knackningslie skulle hålla fem gånger längre än den som

slipades. Detta är mycket intressant då det stämmer relativt bra in på utfallet av de utförda experimenten.

*Tabell IV:9. Vid ett experiment som utfördes av Statens provningsanstalt i Stockholm gjordes särskilda provningar av liar från fabriken i Igelfors. Experimenten utfördes redan 1929 och gällde slipliar. Experimentet utfördes av Lantbrukskolans elever i Alnarp vid sädesskörd.*

Märke	Använd antal (h)	Vikt minsk- ning (g)	Minskning (g/h)	Bredd mot spetsen	Bredd på mitten minskning i mm
Skånsk Malmö 1	100	89	1,1	12	7
Skånsk Malmö 3	120	133	1,1	11	10
5A : 1	85	105	1,2	15	9
5A : 3	60	86	1,4	12	5
5A : 5	70	90	1,3	10	6
5A : 3	130	105	0,8	14	7
5A : 4	110	150	1,4	17	5
5A : 6	60	72	1,2	6	3
Roslagsliar 1	40	29	0,7	1	1
Roslagsliar 5	40	37	0,9	4	1
Roslagsliar 7	55	52	0,9	4	3
5A : 1	70	70	1	11	5
5A : 3	110	105	0,95	16	10
5A : 4	70	133	1,9	16	11
Summa	1120	1256	1,1		

*Källa: Adelsköld 1929*

I tabellen ovan anges inte hur stor yta som slagits, endast det antal timmar som lien använts. I mina experiment har ytan och inte tiden varit huvudsyftet i mätningarna för att göra översiktliga jämförelser möjliga. När det gäller tiden så kan våra experiment aldrig på lika villkor jämföras med slätter av säd på plan mark av vana slätterkarlar.

I vårt fall har minskningen varit cirka 4 g på 74 arbetade slättertimmar respektive 19 g på 44 arbetade timmar. I jämförelse med de experiment som utfördes 1929 (se tabellen ovan) är vårt slitage mycket litet, i genomsnitt så var ungefär 1,1 g per slättertimme. Kanske beror det på att slättern har gått sakta för oss. Vi kan inte veta hur stora arealer som slogs med liarna i experimentet från 1929. Skillnaden mellan provningarna och vårt experiment med knacklie är inte relevant men när det gäller vår sliplie så handlar slitaget om mindre än hälften av utfallet i experimentet från 1929. Sannolikt slog dessa skickliga slätterkarlar snabbare än vi och avverkade möjligen dubbla ytan på samma tid, så kanske skiljer sig inte mätningarna åt i så hög grad som man skulle kunna tro.

### IV.IX.III. Äng och arbetsinsatts

Det vi kan se i tabellen nedan är alltså att arbetstiden för slåtter är mycket olika för olika typer av slåtterområden. Detta beror naturligtvis på flera parametrar, dels på hur landskapet ser ut, men också på vilken växtlighet som skall slås, på fuktighet och täthet i växtligheten men även på vädret.

*Tabell IV:10. Tabell över exempel på hur växlande slåttertakten är på olika områden.*

Område	Tid	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup> /h
2	5 h 15 min	290	55
3	25 h 55min	2362	90
4	16 h	1028	64
5	2 h 20 min	390	167
6	10 h 40 min	545	51
7	3 h 30 min	450	128
Summa	74 h	5065	68

*Källa: Dokumentation över slåtterexperiment*

Med tabellen ovan vill jag illustrera att arbetstiden mellan slåtter i olika områden skiljer sig markant åt. I det här fallet handlar det inte om att personer med skiftande kunskap och skicklighet eller med olika redskap har bedrivit slåttern. Områden tar helt enkelt olika lång tid och medför varierande belastning såväl på människor som på redskap.

Det som redovisas här är alltså den takt med vilken en någorlunda erfaren slåtterkarl av dagens datum har slagit med en ny och ovan lie. De områden som slagits har inte varit plana stenfria ytor med frodig gröda. Det innebär att det möjligen motsvarar den omväxling som en medeltida bonde mötte vid slåtter. När vi jämför med senare historiska källor kan det tyckas ha gått mycket långsamt. Huvudsaken här var dock inte att redovisa hur lång tid det tog att slå ett visst område, snarare att visa på de skillnader som slåtter på olika områden kan medföra.

Under 1800-talet räknade man exempelvis med att en man på ett dagsverke skulle klara 1 tunnland av klöver och timotej och 1 ¼ tunnland av jämn ängsslåtter (Arrhenius 1882: 321, 326). Även Myrdal presenterar liknande siffror angående 1800-talets skörd. Ett tunnland tog cirka en dag eller 10 timmar för slåtter av säd (Myrdal 1996:158). Utifrån våra siffror med 74 respektive 44 timmar för ett tunnland istället för 10 timmar kan man här räkna med flera parametrar som även gällde för medeltida slåtter. Vi utgår från att det handlade om mindre, ojämnare och stenigare förhållanden än på 1800-talet när vi talar om skörd av säd på jämn åkermark. Säden är lättare att slå vilket vi även kan se i vårt eget experiment där man vid skörd på en åker slår ca 200m<sup>2</sup> i timmen, i stället för de

övriga platserna där man i genomsnitt slår 65 m<sup>2</sup> i timmen. Slätter i våtmark, skogsmark eller dikesrenar är med andra ord inte jämförbart med vare sig sädes-skörd eller slätter på jämn äng av klöver och timotej.

#### IV.IX.IV. Från tunnland till hölass

Att samla in foder till boskapen var på våra breddgrader helt nödvändigt för att boskapen skulle överleva vintern. För får, getter, kor och hästar krävdes hö. En ko behövde ca fyra lass hö för att överleva och en häst ca sex lass hö. Ett lass motsvarar ca 212 kilo och kallas för sommarlass, ett vinterlass väger dubbelt så mycket, ca 424 kg (Lindstedt 1883).

Under vårt experiment med slätter gjorde vi ett mycket litet test. Från tre av de sex områden som slogs med Alvastralien togs ett prov på hur mycket hö som bärgades per kvadratmeter. En kvadratmeter slogs, torkades och vägdes.

*Tabell IV:11. Tabell över mängd av hö i g/m<sup>2</sup> samt med utgångspunkt från detta en uppskattning av utfallet på ett tunnland.*

Område	Hö 1 m <sup>2</sup> (kg)	m <sup>2</sup> /h	Tunnland (5000 m <sup>2</sup> ) (kg)	Motsvarande sommarlass (212 kg)	Motsvarande vinterlass (424 kg)
Väsby äng (4)	0,238	64	1190	5,5	3
Båtsmanstorp (3)	0,378	90	1890	8,5	4
Väsby gård (6)	0,475	51	2375	11,0	5

*Källa: Dokumentation över slätterexperiment*

Vi kan i tabellen ovan se att utfallet på en kvadratmeter slättermark kan vara mycket olika. På Väsby gård handlar det om dubbelt så mycket hö per kvadratmeter jämfört med Väsby äng. Här kan vi också se att det hela hänger ihop med hur lång tid som krävdes för att slå ett område och hur många skärpningar per timme som användes. Väsby gård tog längst tid att slå men gav dubbel avkastning mot Väsby äng. Båtsmanstorpet som gick fortast att slå ligger dock mitt emellan i avkastning per kvadratmeter. Därför kan vi inte heller säga att tätare växtlighet och högre avkastning alltid tar längre tid.

Sammanfattningsvis skulle man kunna säga att om man vid en gård hade en häst och två kor skulle man därmed behöva:

2 kor×4 lass hö => 8 lass hö×212 => 1696 kg hö  
1 häst×6 lass hö => 6 lass hö×212 => 1272 kg hö

Med andra ord handlar det om cirka tre ton hö för en vinter på en gård med en häst och två kor. Utifrån vad vi kan se i tabellen ovan kunde slättern behöva omfatta allt emellan drygt ett tunnland till nästan tre tunnland beroende på hur

stor avkastning slättermarken gav. Att en knacklie skulle hålla för 50 tunnland slätter innebär att en lie kanske kunde hålla så länge som en mansålder (30 år) på en gård som beskrivits ovan medan en sliplie endast räckte i ett par säsonger.

Alla dessa beräkningar av arbetstid, slitage och vinterfoder återges exakt utifrån slätterexperimentets utfall. De skall dock inte användas som eller ses som exakta siffror och beräkningar som utan vidare kan överföras till andra sammanhang. Syftet är här att ge en relativt god utgångspunkt för vidare forskning och diskussioner kring hur slätter bedrivits och vilket slitage på en lie man kan förvänta sig. De siffror som presenterats ovan angående årderbillar och liar är enstaka exempel på hur slitaget kan ha sett ut under liknande förutsättningar. Dessa har sannolikt varierat under medeltid och därefter, varierande utifrån vilka redskap som använts och hur de tillverkats, utifrån vilken jord eller äng som brukats eller vilket väder som rått. Men utifrån dessa experiment vill jag hävda att vi har möjlighet till en bättre förståelse och utgångspunkt för såväl beräkningar av åtgång på järn och stål som förståelse för några av medeltidens vanligaste arbetsuppgifter.





# V. Undersökningen del V. Tribologi, slitage och slitageberäkningar

Det sista kapitlet börjar med att undersöka vad slitaget verkligen är och hur det uppstår för att kunna tolka de resultat som experimenten gett. Detta gör vi utifrån undersökningar av jordbruksredskapens tribologiska egenskaper, exempelvis hårdhet. Efter följer ett avsnitt med slitageberäkningar utifrån de experiment som utförts.

## V.I. Jordbruksredskapens tribologiska egenskaper

Det som främst gör att metaller lämpar sig ur friktions- och nötningssynpunkt är att de har hög hållfasthet och god seghet. De har även en förmåga att deformationshårdna, med andra ord att metallen hårdnar vid upprepat tryck. Det är denna egenskap som utnyttjas när man knackar en lie för att den skall bli hård och skarp. Den tål påfrestning i högre grad än andra material som inte har förmågan till plastisk deformation (*t.ex. att böjas utan att brytas*).

Intressant att notera är att järn och stål som böjs plastiskt och får en varaktig deformation därefter har förhöjd hårdhet. Det innebär att en metallkonstruktion som överbelastas förstärker sig själv och det krävs en högre belastning för att överbelasta nästa gång. Detta är högst relevant för våra knackliar, där vi medvetet plastiskt deformerar eggen för att få ett hårdare och skarpare material. Detta kallas i tribologiska sammanhang deformationshärdning. Härdning är även en metod där man genom upphettning gör järn och stål hårdare. Tyvärr åtföljs som tidigare nämnts ökad hårdhet och minskad seghet. Därför är det vanligt med en efterföljande anlöpning för att öka segheten.

Den medeltida bonden arbetade nästan dagligen med tribologiska system, precis som vi gör idag utan att reflektera över det. Man kan tänka sig att bonden faktiskt funderade över möjliga sätt att minska friktion (energiåtgång och nödvändig dragstyrka) och nötning (materialåtgång). När han (*enligt våra källor i form av bilder användes årdret och lien nästan alltid av män*) utformade ett redskap, som exempelvis ett årder, hade han med andra ord begrundat

materialval, konstruktionens utformning, last, glidhastighet, rörelse och temperatur.

Vi vet att man under medeltid nyttjade olika material för att tillverka så kallade slitdelar, som skulle hålla längre och vara lätta att byta när man väl var tvungen. Vi vet att man arbetade med utformningen av olika konstruktioner, som till exempel vagnar och vattenhjul, där friktion och smörjning var väsentlig. Det man lätt kan göra för att förbättra situationen är att minimera lasten och fördela den jämnt. Dessutom bör man undvika ojämna kontaktytor och runda av hörn och kanter vilket ger spänningskoncentrationer. Det är också bra att göra slitdelen större, vilket gör att den behöver bytas mer sällan. Om möjligt bör man låta slitdelen vara rörlig och välja hårda material och stål med perlitisk struktur, som kan omvandlas till martensit i ytskiktet av själva abrasionen.

Den faktiska nötningen eller slitaget uppstår vid mötet mellan den hårdare repande delen och exempelvis årderbillen. Slitaget sker genom att billens yta repas och delar av billen avverkas i reporna. Här ser vi ett exempel på hur nötningen ser ut (nedan). Den replik av Stockholmsbillen som vi använt vid experimenten vid Järvafältet har en typisk abrasiv nötning med repor som går från ett håll. Reporna på Varnhemsbillen ser ut på samma sätt.

Här kan vi tydligt se att det handlar om olika stora repor och repor av olika längd. För att undersöka hur våra repliker skiljer sig från de faktiska arkeologiska fynden har vi här utfört reptest, dels på Stockholmsbillen, dels på repliken av Stockholmsbillen. Här finns en möjlighet att testa hur mycket motstånd en yta gör vid en repning.

I figur V:4 ser vi när trycket från den repande spetsen ökar. Reptest: Stockholmsbill (blå): Hårdare och sprödare. Mindre repbredd vid samma last. Spricker vid högre laster vilket ger oregelbunden friktionskraft. Replik (röd): Mjukare och har en mer duktil deformation. Bildar mer vallar än Stockholmsbillen. Jämnare friktionskoefficient.

Vi kan på figuren (se fig. V:4) se att reptestet visar en viss skillnad mellan de två billarna. Testet genomfördes i en testmaskin som drar en exakt lika lång repa med lika stort tryck på proverna. Trycket ökas successivt och sedan registreras motståndet. Det som blir tydligt är att originalbillen från 1300-talet inte är lika homogen som vår replik, något som vi kan utläsa av att kurvan fluktuerar mer. Originalen är hårdare vilket visar sig genom att repbredden är mindre än vid samma tryck på repliken. Repliken bildar mer vallar på grund av att den är något mjukare och segare. Detta är ett väntat resultat men frågan är hur man skall tolka utfallet i fråga om nötning och slitage.

Resultatet av ett nötningstest (eller slitagetest) kan redovisas direkt som en uppmätt viktförlust eller volymminskning. Inom tribologin använder man även ofta en så kallad nötningkoefficient. Den räknas ut genom volymen av det bortnötta materialet, delat med den totala glidsträckan. Detta motsvaras av min tidigare redovisning av antalet nötta gram per kilometer.



Figur V:1. Den nötta billens repor i förstoring. Foto: Catarina Karlsson.



Figur V:2. Reptest på Ångströmlaboratoriet. Foto: Catarina Karlsson.

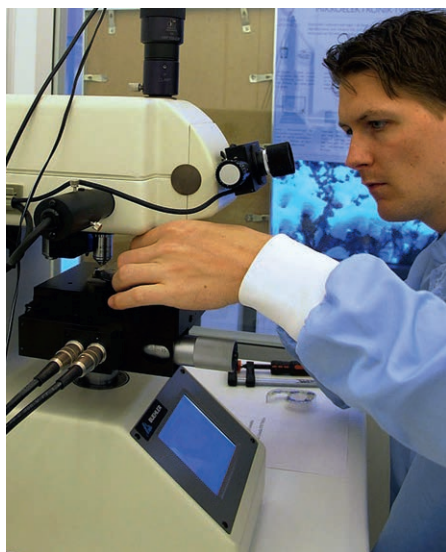
Vid ärjning möter årderbillen jorden. Jordartens partiklar trycker mot billen och repor uppstår. Dessa repor skapar antingen vallar i järnet och stålet eller så avverkas delar av materialet. Denna avverkning är vad vi mäter upp som slitage. När det gäller järn och stål handlar detta om de eviga motsatserna hårdhet och seghet. Om materialet är hårt skapas inga vallar men en avverkning sker. Är materialet segare skapar repan vallar i materialet (*materialet faller med andra ord inte av, det flyttas endast*) och därmed uppstår en repa men ingen förlust av material.

Slitaget beror med andra ord på hur många repor som uppkommer, hur breda de är samt i vilken mån avverkning sker. Utifrån detta kan vi sluta oss till att viktiga parametrar för slitaget är järnets och stålets egenskaper (*seghet kontra hårdhet*) samt jordartens sammansättning. Möjligheten för bonden att välja vilken jord man brukar är oftast mycket begränsad. Sannolikt påverkar andra parametrar mer, som exempelvis var marken ligger i förhållande till gården. Det handlar även till viss del om i vilket tillstånd jorden befinner sig, om den är fuktig eller torr. Denna faktor råder bonden i viss mån över. Det gäller med andra ord att välja i vilket väder ärjningen ska ske för att få minsta möjliga motstånd

och därmed färre och mindre repor vid mindre motstånd. Man kan också fråga sig i vilken utsträckning slitaget var en fråga för den medeltida eller historiska bonden. Grith Lerche antar att bondens huvudsakliga mål var att ha redskap som plöjde fina fåror och i andra hand kom frågan om priset på plogbillar och slitaget på dem (Lerche 1994:190). Jag tror att denna fråga i vissa fall var mycket viktig för en medeltida bonde. Att vinsten i form av slitage på billen skulle ätas upp mer eller mindre snabbt gav sannolikt bonden huvudbry. Här kan man ifrågasätta om bonden tänkte i form av vinst när det gällde att odla säden till sitt bröd. Kanske var tanken inte vinst, men att slippa nyinvesteringar eller att i alla fall skjuta upp dem var sannolikt viktigt. Vad kunde då den medeltida bonden göra? Ja, det som var lättast att kontrollera var sannolikt hårdheten på billen. Den jord man brukade, vare sig man ägde den eller var så kallad landbo, kunde man sannolikt sällan ändra på.

## V.II. Järnets och stålets hårdhet

Utifrån den kunskap vi nu har om öppna tribosystem, där endast en av ytorna för de flesta är möjlig att kontrollera, är hårdhetstester en väg att gå när det gäller att mäta den nötning som sannolikt skett. Det finns olika metoder för att mäta hårdhet men vanligast inom arkeologisk forskning är att använda ett så kallat Vickerstest (HV). Vickerstestet utvecklades i England redan 1925 och var tidigare känt som DPH-test (Diamond Pyramid Hardness Test). Metoden går ut på att en diamant pressas med ett visst tryck mot det material som skall testas. Efteråt mäts det avtryck som formats i materialet och utifrån avtrycket får man en siffra på hårdheten.



*Figur V:3. Hårdhetstest utförs av Peter Forsberg på Ångströmlaboratoriet. Foto: Catarina Karlsson.*



De hårdhetstester av Vickerstyp som presenteras här har gjorts vid Ångströmlaboratoriet med Microhårdhetsmätare. Testerna har gjorts i samarbete med Tribologigruppen vid Uppsala universitet och har utförts av doktorand Peter Forsberg i samarbete med undertecknad. Hårdhetstesterna utfördes i serier med ett antal prover på varje redskap för att minska riskerna för extrema värden eller felmätningar.

### V.II.I. Hårdhetstest av Stockholmsbillen

Proverna togs på billens ovansida, på den högra sidan mot eggen. Stockholmsbillens hårdhet låg i åtta fall av nio mellan 824–988 HV 100. Ett av proverna avvek och var endast på 456 HV 100. Möjligen träffade den nionde punkten en slagginneslutning i stålet vilket skulle kunna förklara det starkt avvikande värdet. Dessa värden är extremt höga och materialet är mycket hårt. Om detta är ovanligt eller ej behövs vidare forskning om och testning av hårdhet hos flera årderbillar för att avgöra.

Tabell V:1. Tabell över HV-tester av Stockholmsbillen.

Testpunkt	Arkeologiskt objekt	Testområde	HV 100
1	Stockholmsbillen	Längs repa mot egg	980
2	Stockholmsbillen	Längs repa mot egg	988
3	Stockholmsbillen	Längs repa mot egg	824
4	Stockholmsbillen	Längs repa mot egg Möjligen slagg?	456
5	Stockholmsbillen	Längs repa mot egg	894
6	Stockholmsbillen	Längs repa mot egg	900
7	Stockholmsbillen	Längs repa mot egg	840
8	Stockholmsbillen	Längs repa mot egg	829
9	Stockholmsbillen	Längs repa mot egg	824

Källa: Dokumentation vid Ångströmlaboratoriet

Hos stockholmsbillen har detta dock sitt pris, den har nämligen brustit och en av skaftlapparna har brutits av. Kanske har detta skett på grund av billens extrema hårdhet vilket också betyder att den blir sprödare och därför lättare bryts.

### V.II.II Hårdhetstest av Varnhemsbillen

Varnhemsbillen hade inte alls samma hårdhet. Där gjordes testerna på billens kant för att om möjligt se om vi kunde urskilja en hårdhetsskillnad mellan fosforjärnet och det stål som lagts in i eggen. Vi tog 15 prover och alla utom ett återfanns i spannet mellan 159–262 HV 100. Vi kan konstatera att järnet är mycket

mjukare än i den förra billen men att vi även här har ett ”internt” spann på drygt 100. Även här finns en mätning som sticker ut, med ett värde på 653 HV 100. Där har vi sannolikt prickat det stål som lagts in i billen.

Tabell V:2. Tabell över HV-tester av Varnhemsbillen.

Testpunkt	Arkeologiskt objekt	Testområde	HV 100
1	Varnhemsbillen	Vågrätt mot egg	218
2	Varnhemsbillen	Vågrätt mot egg	218
3	Varnhemsbillen	Vågrätt mot egg	206
4	Varnhemsbillen	Vågrätt mot egg	241
5	Varnhemsbillen	Vågrätt mot egg	198
6	Varnhemsbillen	Vågrätt mot egg	159
7	Varnhemsbillen	Vågrätt mot egg	175
8	Varnhemsbillen	Vågrätt mot egg	191
9	Varnhemsbillen	Lodrätt mot jordsidan	184
10	Varnhemsbillen	Lodrätt mot jordsidan	210
11	Varnhemsbillen	Lodrätt mot jordsidan	173
12	Varnhemsbillen	Lodrätt mot jordsidan	227
13	Varnhemsbillen	Lodrätt mot jordsidan	653
14	Varnhemsbillen	Lodrätt mot jordsidan	262
15	Varnhemsbillen	Lodrätt mot jordsidan	244

Källa: Dokumentation vid Ångströmlaboratoriet

### V.II.III. Hårdhetstester av de nytillverkade replikerna av årderbillar

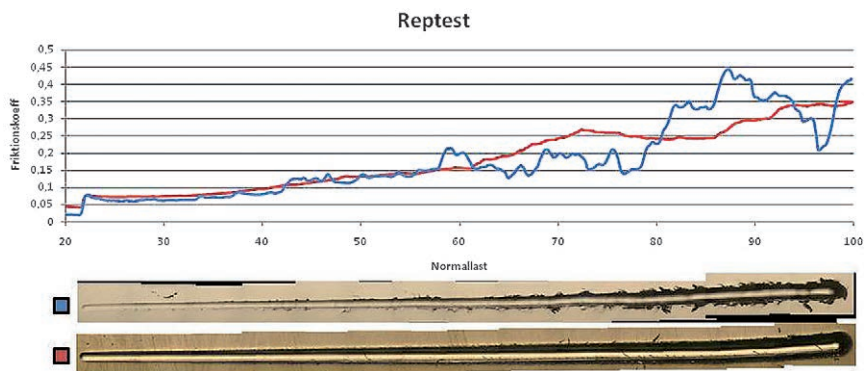
För att kunna jämföra resultaten vid slitageexperimenten har vi gjort samma tester på de repliker som vi använt i experimenten. Testet har visat att våra repliker avviker något från hårdhetsgraden i de ursprungliga billarna. Trots detta är testerna mycket intressanta, dels genom själva resultatet, dels genom att de kan visa olika slitage på olika hårdhet. Dessutom ger dessa prover oss möjligheten att använda oss av slitageexperimenten trots att de inte helt överensstämmer med de testade arkeologiska objekten. Eftersom proverna på replikerna presenteras här kan man nu och i framtiden titta på andra och nya hårdhetsmätningar på arkeologiska föremål och relatera till hur slitaget skulle ha sett ut. Här följer en presentation av HV-tester på de två replikerna av årderbillar. Även dessa tester har gjorts av Ångströmlaboratoriet.

Tabell V:3. Tabell över HV-tester av repliken av Stockholmsbillen

Testpunkt	Replik	Provets placering	HV 100
1	Stockholmsbillen	Längs repa från skaft till blad	412
2	Stockholmsbillen	Längs repa från skaft till blad	426
3	Stockholmsbillen	Längs repa från skaft till blad	430
4	Stockholmsbillen	Längs repa från skaft till blad	408
5	Stockholmsbillen	Längs repa från skaft till blad	454
6	Stockholmsbillen	Längs repa från skaft till blad	428
7	Stockholmsbillen	Längs repa från skaft till blad	428
8	Stockholmsbillen	Längs repa från skaft till blad	463
9	Stockholmsbillen	Längs repa från skaft till blad	443
10	Stockholmsbillen	Längs repa från skaft till blad	426

Källa: Dokumentation vid Ångströmlaboratoriet

Här kan vi se att repliken av Stockholmsbillen var mycket mjukare än originalet. Repliken ligger mellan 412–463 HV 100 i hårdhetsmätningen, originalet på 824–988 HV 100 i åtta fall av nio.



Figur V:4. Diagram över HV-tester av Stockholmsbillen (röd) och dess replik (blå). Källa: Upprättad av Peter Forsberg på Ångströmlaboratoriet

När det gäller Varnhemsbillen är replikens eggstål testat till 440–566 HV 100 och det mjukare blästjärnet till 358–463 HV 100. I originalet ligger spannet för blästjärnet mellan 159–262 HV 100. När det gäller stålet har mätningen endast en testpunkt på 653 HV 100, lite högre än på repliken. Det var lite svårt att exakt pricka det smala stålet i kanten. Här är alltså fallet det omvända, repliken är hårdare än originalet. Sammanfattningsvis är med andra ord stålet hårdare i det arkeologiska objektet men blästjärnet runt omkring mjukare.

Tabell V:4. Tabell över HV-tester av repliken av Varnhemsbillen.

HV- tester av repliker (HV 100 g)			
	Replik	Provets placering	HV 100
1	Varnhemsbill	Från egg och in	566
2	Varnhemsbill	Från egg och in	563
3	Varnhemsbill	Från egg och in	473
4	Varnhemsbill	Från egg och in	440
1	Varnhemsbill	Från egg och in	394
2	Varnhemsbill	Från egg och in	374
3	Varnhemsbill	Från egg och in	358
4	Varnhemsbill	Från egg och in	374

Källa: Dokumentation vid Ångströmlaboratoriet

## V.III. Liens hårdhet och slitage

Alvastralien och Eketorpslien har båda använts under en säsong och slagit cirka ett tunnland vardera av ängsmark av olika typ. De ängar och den våtmark som slagits har inte varit av den mest lättslagna sorten och liarna har fått utstå ett relativt hårt motstånd. Utifrån en tribologisk utgångspunkt så kan slitaget på lien beskrivas på följande sätt: Lien verkar i öppna tribologiska system så som de beskrevs tidigare i kapitlet. I liens fall handlar det följaktligen om flera öppna system – ett när lien möter ängens växtlighet, ett när den skärps med bryne och sticka och ytterligare ett när lien skärps genom knackning eller slipning. Här följer en beskrivning av de tre systemen.



Figur V:5. Närbild på Alvastraliens egg. Foto: Catarina Karlsson.

Det första systemet handlar om nötning och slitage som uppkommer vid själva slätterarbetet. Lien ska vara skarp och skära genom växtligheten på bästa sätt för att fungera som slätterredskap. Uti från okulär inspektion av liebladet och vägning har vi inte kunnat se påverkan från själva slätterarbetet förutom i de fall där eggen blivit skadad. Andra fall av påverkan är när eggen varit för tunn och mött för hårt motstånd i form av exempelvis mindre sly. Eggen har då inte gått sönder men ibland har den vikt sig, vilket gjort att det krävts arbete med ekstickan eller brynet för att räta upp eggen. Det är tyvärr svårt att skilja påverkan av slätter från nötning orsakad av den skärpning som utförs under slättern. Men i slättern träffar liens blad inte material som är hårdare, med undantag för de gånger liebladet slår i en sten och skador uppstår. Sannolikt är den nötning som kommer av liens arbete med slätter mycket litet.

Det andra tribosystemet, när vi skärper lien med bryne eller slipar den med slipsten, innebär det något helt annat än det första exemplet. Att använda bryne eller slipsten är att medvetet utsätta materialet för abrasiv nötning under kontrollerade former. Bladet slipas med hjälp av brynet eller slipstenen som är av natursten, i vårt fall av finkornig sandsten. Naturstensbrynen används tillsammans med vatten. Bryning sker för att ta bort den råegg som skapats vid slipning eller knackning, eller för att skärpa eggen efter en tids användning. Åtgärden innebär att man skapar en primär slipfas på någon tiondels millimeters bredd längst ut vid eggen, med någon grads högre vinkel än den slipade fasen (sekundär slipfas). När bryningen inte hjälper är det dags för knackning eller slipning igen. Med slipningen använder man helt enkelt den abrasiva nötningen för att skärpa eggen.



*Figur V:6. Närbild på Eketorpsliens egg. Foto: Catarina Karlsson.*



När det gäller knackningen av liebladet handlar inte heller detta primärt om nötning och slitage, förutom i de fall när man av misstag slår av en bit av eggen som blivit för tunn.

Knackningen innebär att man tunnar ut och komprimerar eggen och får den ytterst vass. Samtidigt sker en kallhärdning av eggen. Stålet är därför från början något mjukare i denna typ av lie, vilket gör eggen känsligare för skador från sten och sly (Rosengren pdf), vilket vi har erfarit med Alvastralien.

När det gäller liar av knacktyp kan man konstatera att slitaget är mycket litet men att slitaget vid slipning är cirka fem gånger större. Det lilla slitaget som förekommer på knacklien sker oftast vid bryningen samt vid skador, t.ex. vid slag i sten vid slätter eller fel knackning. Alvastralien testades med HV-test för att se hur hårt dess blad var. Här finns inget inlagt stål att testa så de sex punkterna är från olika delar av eggen.

Tabell V:5. Tabell över HV-tester av Alvastralien.

Testpunkt	Arkeologiskt objekt	Testområde	HV 100
1	Alvastralie	Egg	165
2	Alvastralie	Egg	151
3	Alvastralie	Egg	173
4	Alvastralie	Egg	171
5	Alvastralie	Egg	163
6	Alvastralie	Egg	170

Källa: Dokumentation vid Ångströmlaboratoriet

Vad gäller Alvastralien är provmaterialet ganska litet vilket möjligen gör att dessa siffror ter sig mer homogena. Här togs sex prover allt som allt. Samtliga mätningar på det arkeologiska materialet har gjorts på samma prover som togs för den metallurgiska analysen. Hårdheten spänner mellan 151–173 HV 100, med andra ord en skillnad på endast drygt 20 enheter. Vi kan konstatera att liens hårdhet inte var speciellt hög. Men den bevarade delen av eggen var inte den allra yttersta, vilken kanske var hårdare efter knackning.

### V.III.I. Rockwell-tester (HCR)

För att testa repliken av Alvastralien sökte vi olika möjligheter. De tester som gjorts av de arkeologiska objekten och billreplikerna utfördes innan liereplikerna var klara. I Mariestad hittade vi ett alternativ vid ett företag som arbetar med stål. Proverna gjordes i samarbete med RMIG Sweden AB och utfördes av Anders Berg. Dessa tester är gjorda i en hårdhetsmätare som heter Mitutoyo HR-200. Innan testet kalibrerades maskinen mot ett referensmaterial och det gav ett utfall på 0,5–1 i felmarginal. Här gjordes med andra ord inte HV-tester utan

något som kallas Rockwelltest. Nedan presenteras en kalibreringstabell mellan HV- och Rockwelltester, för att vi ska kunna jämföra resultaten från de olika testmetoderna. Rockwell-testet är ett hårdhetstest av ett material där hårdheten bestäms genom att man mäter djupet av penetration under stor belastning.

Figur V:6. Konverteringsdiagram mellan HV – HRC (Rockwell)

HV 100	HRC	HV	HRC	HV	HRC	HV	HRC
900	66.5	720	59.3	540	52.1	360	37.8
890	66.1	710	58.9	530	51.7	350	36.8
880	65.7	700	58.5	520	51.3	340	35.7
870	65.3	690	58.1	510	50.4	330	34.5
860	64.9	680	57.7	500	49.7	320	33.4
850	64.5	670	57.3	490	49.0	310	32.2
840	64.1	660	56.9	480	48.2	300	30.9
830	63.7	650	56.5	470	47.5	290	29.6
820	63.3	640	56.1	460	46.7	280	28.2
810	62.9	630	55.7	450	45.9	270	26.7
800	62.5	620	55.3	440	45.1	260	25.1
790	62.1	610	54.9	430	44.3	250	23.5
780	61.7	600	54.5	420	43.5	245	22.7
770	61.3	590	54.1	410	42.6	240	21.8
760	60.9	580	53.7	400	41.7	235	20.9
750	60.5	570	53.3	390	40.8	230	20.0
740	60.1	560	52.9	380	39.8		
730	59.7	550	52.5	370	38.8		

Källa: [www.momento.se](http://www.momento.se) 20120101

Tabell V:7. Tabell över HRC-test av repliken av Alvastralien.

Testmaterial	HRC	HRC till HV
Alvastralie I (blad ej knackat)	40	(HRC 40,8) HV 390
Alvastralie I (knackad egg)	67	(HRC 66,5) HV 900

Källa: Dokumentation vid RMIG Sweden AB utförd av Anders Berg

Tabell V:8. Hårdhet uppmätt på tre norska knackliar från Telemark museum.

Lie	Material	Hårdhet (HV) (medelvärde)
BM 1961-99	Perlit cirka 0,8 % C	329
BM 1961-101	Ferrit med lite perlit cirka 0,2 % C	122
BM 1962-134	Ferrit med lite perlit cirka 0,2 % C	112

Källa: *Espelund 2006:15*

I tabellen ovan presenterar vi ett resultat av speciellt intresse. Vi har testat liebladet, både där det var knackat och den oknackade delen. Replikens oknackade blad är enligt våra mätningar hårdare än den oknackade delen av Alvastraliens blad. Detta trots att upplevelsen av bladet vid slätter var att bladet var för mjukt. Efter knackning av bladet ökar hårdheten efter kallhårdning från 40 till 67 HRC eller i HV-siffror från 390 HV 100 till 900 HV 100 som är mycket hårt. För att dra mer omfattande slutsatser av detta krävs fler tester men detta är en första mätning av hur mycket kallhårdningen (knackningen) stärker liebladet. Espelund presenterar hårdheten hos tre norska knackliar från Telemark museum (Espelund 2006:15).

### V.III.II. Liens hårdhet och slitage – Eketorpslien

Eketorpslien användes så lite under den första säsongen att inga resultat kunde analyseras förrän efter följande säsong. Nedan presenteras dock de HV-tester som gjordes av eggstål och blästjärn i Eketorpslien. Vi tog fem prover var från stålet och järnet.

*Tabell V:19. Tabell över HV-tester av Eketorpslien.*

Testpunkt nr	Arkeologiskt objekt	Testområde	HV 100
1	Eketorpslien	Eggstål, från egg och in	1072
2	Eketorpslien	Eggstål, från egg och in	1088
3	Eketorpslien	Eggstål, från egg och in	1056
4	Eketorpslien	Eggstål, från egg och in	953
5	Eketorpslien	Eggstål, från egg och in	973
6	Eketorpslien	Blästjärn, mot egg	190
7	Eketorpslien	Blästjärn, mot egg	206
8	Eketorpslien	Blästjärn, mot egg	192
9	Eketorpslien	Blästjärn, mot egg	198
10	Eketorpslien	Blästjärn, mot egg	473

*Källa: Dokumentation vid Ångströmlaboratoriet*

I Eketorpslien har vi två tydliga material som enkelt kunde skiljas åt. Eggstålet var mycket hårt, mellan 953–1088 enheter, vilket ger ett spann på 130. Materialet runt eggstålet var mjukt, 190–206 enheter, och relativt homogent. Det sista provet visade 473 HV 100 och låg mitt emellan, ett resultat av att det togs precis i fogen mellan stålet och det omkringliggande järnet. Vi kan se här att blästjärnet runt eggstålet har ungefär samma hårdhet som Alvastralien, med andra ord ganska mjukt. Jämför man eggstålet med Alvastralien så är skillnaden enorm. Det är dock sannolikt så att den del av bladet som vi testat inte var den yttersta och därmed hårdaste delen. Jämför vi däremot eggstålet i Eketorpslien

med det kallhårdade liebladet på Alvastrarepliken så är skillnaden obetydlig. Dessa två eggar kan med andra ord ha varit likvärdiga i hårdhet och kanske även i skärpa. Vad gäller slipliar anger Espelund 120–150 HV 100 för det mjuka järnet och mellan 550–750 HV 100 för det härdade stålet (Espelund 2006:16).

När det gäller repliken av Eketorpslien så har vi inte utfört några hårdhetstester. Anledningen är att dessa i Eketorpsliens fall skulle ha krävt att vi sågat itu lien efter härdningen och testat densamma, eftersom vi inte kunde testa både järnet och stålet i en yttre mätning. Man skulle kunna hävda att vi borde ha sågat itu lien efter utfört slätterarbete för att testa dess hårdhet men det skulle även innebära att möjligheten att kontrollera lien försvann.

## V.IV. Slitageberäkningar

Med utgångspunkt från de experimentella undersökningar som utförts inom ramen för avhandlingsarbetet kommer här några exempel på beräkningar av slitage inom jordbruket samt behov och förbrukning för en medeltida gård. Den första beräkningen handlar om slitage inom årder- och ängsbruk. De beräkningar som utförs här utgår från de tidigare redovisade utfallen av experimenten. Alla beräkningar är dock hypotetiska och kan inte ses som absoluta tal men ger oss en möjlighet att bedöma storleksordningen av järnförbrukning orsakad av slitage.

### V.IV.I. Slitageberäkningar - förutsättningar för årderbruk

Här är de faktorer jag utgått ifrån i de beräkningar som här utförs:

Utifrån experimentens resultat uppgår slitaget till uppskattningsvis 100 g järn och stål per ärjad hektar (10 000 m<sup>2</sup>). Det betyder att varje tunnland (5 000 m<sup>2</sup>) som ärjas en gång ger ett slitage på 50 g järn.

*Tabell V:10. Ett genomsnittligt slitage är lika med cirka 100 g per ärjad hektar utifrån experiment med repliken av Stockholmsbillen.*

Plats	Slitage g	km	g/km	ar/ha	g/ha
Båtsmanstorp	6	2,50	2,4	5,2/0,052	120
Båtsmanstorp	6	2,2	2,7	5,2/0,052	120
Allmogeåkern	6	3,64	1,6	6,6/0,066	90
Allmogeåkern	7	2,7	2,6	6,6/0,066	100
Norra tvåsådesåkern	7	3,2	2,2	9,1/0,091	80
Norra tvåsådesåkern	8	3,2	2,5	9,1/0,091	90
Södra Tvåsådesåkern	9	2,9	3,1	7,5/0,075	120
Summa	49			49,3/0,49	100

*Källa: Dokumentation över slätterexperiment*

Utgångspunkten här är alltså repliken av Stockholmsbillen med en hårdhet på 412–463 HV 100. Detta är mycket mjukare jämfört med originalet men en mycket hög siffra jämfört med Grith Lerches hårdaste plogbill som hade en hårdhet på 262–277 HV 100. Varnhemsbillen ligger närmare Lerches resultat med ett spann mellan 159–262 HV 100 (ett avvikande värde på 653 HV 100 kommersannolikt från det stålsom lagts in i billen). Repliken av Stockholmsbillen ligger med andra ord emellan de testade arkeologiska fynden.

Den andra utgångspunkten är att man ärvade åkern med årder och att man använde sig av tvåsåde. Årdret vet vi att man använde i Uppland under medeltid och långt där efter (då skillnaden mellan årderbillar och plogbillar i Sverige inte är så stor (Myrdal 1986) blir utfallet kanske inte så olika om man ärvade eller plöjde). Att man använde sig av tvåsåde innebar att man endast brukade halva åkermarken varje år och lät den andra halvan vila i träda. Både ärvandet och tvåsådet är belagt i Uppland under medeltid men det återstår en mycket viktig fråga. Hur många gånger ärvade man sina åkrar per år? Man kan utgå ifrån att minimum var en gång på våren och en gång på hösten. Det finns dock historiska belägg för att man ärvade flera gånger för att jorden skulle beredas bättre och det finns de som hävdar att man använt årdret för att mylla ner säden vilket skulle ge en extra ärvning. Vi kan dock som minimum räkna med två ärvningar. Detta betyder att vi räknar med att man ärvade halva sin åkerareal två gånger om året med ett slitage beräknat till cirka 100 g/ha eller 50 g/tunnland.

Den tredje faktorn är hur mycket åker som ärvats. I det här fallet kan man ställa upp hypotetiska fall med olika stora medeltida gårdar som brukade olika mycket åkermark. Vi vet mycket lite om hur stora de åkrar var som man faktiskt brukade under medeltiden. Därför har jag valt att utgå ifrån det geometriska kartmaterialet från år 1630–1655 i dessa räkneexempel. Ett projekt vid Riksarkivet har gjort en unik samling med Sveriges äldsta storskaliga kartor tillgängliga via nätet. Detta digitala kartarkiv innehåller 12 000 kartor över byar och gårdar från perioden 1630–1655. Den areal åker och äng som redovisas på dessa kartor är inte komplett och därför har detta material endast använts för att göra en uppskattning av den genomsnittliga åker- och ängsarealen på härads- och landskapsnivå. Åkerarealen anges i tunnland vilket motsvarar cirka 5 000 m<sup>2</sup> (1/2 ha) och ängsarealen anges i lass vilket motsvarar ca 212 kilo skördat och torkat hö. För att få en uppfattning om den totala arealen åker och ängsmark har jag räknat ut den genomsnittliga arealen för att sedan använda ett skriftligt källmaterial från samma tid vilket ger en uppgift om antalet hemman i Sollentuna härad och hela Uppland.

Jag har valt att göra beräkningarna i tre olika rumsliga nivåer: gården, häradet och landskapet. Eftersom experimenten har utförts på Väsby och Bögs gårdar i Sollentuna socken i Uppland var det rimligt att utgå från Bögs gård. Ordet bög är här samma ord som idag heter böj eller bäge. Gården har förmodligen fått detta namn av att den ligger vid den södra buktiga änden av sjön Ravalen eller på grund av den kraftiga sväng vägen gör just vid Bögs gård. På Bögs gårds ägor, ca



500 meter rakt söder om gården, ligger bland annat den tvåsådesåker som brukats vid experimenten.

Utgångspunkten för beräkningarna är med andra ord Bögs gård, i Sollentuna härad i landskapet Uppland. Utifrån den databas (George) som upprättats med de geometriska kartorna från 1630–1655 som källa ser åker- och ängsarealen ut så här i genomsnitt ([www.ra.se](http://www.ra.se)).

Sollentuna härad (med 57 redovisade hemman i det geometriska kartmaterialet)  
1408 tunnland åker/57 hemman = genomsnittlig åkerareal 24,7 tunnland  
2163 lass hö/57 hemman = genomsnittlig ängsmark på 38 lass hö

För att få en uppfattning om värdet av dessa genomsnittliga arealer redovisas här delar av det statistiska materialet. Det som inte redovisas finns tillgängligt via Riksarkivets hemsida och databasen George. När det gäller åkerarealen var det minsta värdet 5,8 tunnland, det största 72 tunnland. Medianen landar på 21. Man kan även dela in datamaterialet i kvartiler vilket är fyra delar där medianen hamnar i mitten. Här kan vi se att hälften av de hemman som använts hamnar mellan 16,5 och 31 tunnland. Den genomsnittliga arealen på 24,7 tunnland verkar därmed rimlig.

*Sammanställning av uppgifterna om åkerareal i tunnland uppdelat i kvartiler*

5,6–14,7	16,5–21
21,7–31	31–72

Ängsarealen fördelar sig mellan som minst 7 lass upp till 120 lass hö. Medianen ligger på 32 och är därmed något mindre än det genomsnittliga hemmanet. När man tittar på kvartilerna ser man att hälften av de redovisade hemmanen ligger inom ett spann mellan 20 och 45 lass per hemman. Genomsnittligt ligger då 38 lass i överkant.

*Sammanställning av uppgifterna om ängsareal i lass, uppdelat i kvartiler*

7–20	20–32
32–45	45–120

Sammanfattningsvis har vi ett genomsnittsvärde på 24,7 tunnland åker och 38 lass hö i Sollentuna härad.

Landskapet Uppland (med 3 790 redovisade hemman i det geometriska kartmaterialet):

71 600 tunnland åker/3 790 hemman = genomsnittlig åkerareal 18,9 tunnland  
145 600 lass hö/3 790 hemman = genomsnittlig ängsmark på 38,4 lass hö

När det gäller åkerarealen var det minsta värdet 0,1 tunnland och det största 303 tunnland. I Uppland fanns med andra ord hemman med i princip ingen åker eller ängsmark, dessa återfanns oftast i skärgården där man främst fann sin utkomst ur havet. Det fanns även mycket stora kungsgårdar och den gård som har den största åkerarealen i materialet är Sätuna säteri. Medianen landar på 16,8. Här kan vi se att hälften av de hemman som är representerade i materialet hamnar mellan 10,6 och 23,5 tunnland. Den genomsnittliga arealen på 18,9 tunnland ligger i den övre delen.

*Sammanställning av uppgifterna om åkerareal i tunnland uppdelat i kvartiler*

0,1–10,6	10,6–16,8
16,8–23,5	23,5–303

Ängsarealen fördelar sig mellan 0,1 lass upp till 542 lass. Medianen ligger på 30 och därmed något mindre än det genomsnittliga hemmanet. När man tittar på kvartilerna ser man att hälften av de redovisade hemmanen ligger inom ett spann mellan 20 och 46 lass per hemman. Genomsnittligt ligger då 38 lass i överkant men det stämmer väl överens med de värden som redovisas i Sollentuna härad.

*Sammanställning av uppgifterna om ängsareal i lass uppdelat i kvartiler*

0,1–20	20–30
30–46	46–542

Sammanfattningsvis har vi genomsnittsvärde på 18,9 tunnland åker och 38,4 lass hö i landskapet Uppland.

Den gård som används som exempel var ett relativt normalstort hemman, i relation till de medelvärden som beräknats. I Sollentuna härad var medelgården större, cirka 25 tunnland åkermark och ängsmark för 38 lass hö. Vår gård är lite mindre än genomsnittet i denna jordbruksbygd, medan den ligger något över det genomsnittliga värdet för åkermark totalt i Uppland. Vi kan dock konstatera att denna gård är relativt normal i sitt sammanhang med 21 tunnland åkermark samt 28 lass starräng.

## V.IV.II. Slitageberäkningar – årsförbrukning årderbruk

I detta stycke skall jag beräkna en uppskattad årsförbrukning med hjälp av ovan redovisade premisser. Beräkningen sker som tidigare nämnts i tre nivåer: gården, häradet och landskapet. När det gäller gården finns faktiska uppgifter om åkermark och hölass vilka naturligtvis används. I fallen med häradet och landskapet har genomsnittliga storlekar på arealen för åker och äng beräknats utifrån det geometriska kartmaterialet från början av 1600-talet. Hur jämförbar är då åkerarealen under första delen av 1600-talet med medeltiden? Tollin anser att are-

alen är jämförbar i de fall där ägoförhållandena varit någorlunda stabila (Tollin 2010:26). I fallet Uppland är ägostrukturen av det stabilare slaget. Naturligtvis har förändringar (upp- och nedgångar) skett mellan medeltid och 1600-tal och det skulle kanske vara möjligt att utföra en beräkning med hänsyn till detta. Jag har dock valt att i denna hypotetiska beräkning använda mig av 1600-talets säkrare siffror.

På grund av att kartmaterialet inte är komplett så kan inte den faktiska åkerarealen redovisas. Därför har jag valt att beräkna genomsnittet av hemmanens innehav av åker och äng och sedan ta hjälp av ett annat historiskt källmaterial. I ”Frälsegodsens i Sverige under stormaktstiden”, del I band I, redovisar Johan Axel Almqvist antalet hemman vid mitten av 1600-talet. I Sollentuna härad har han angett 190 hemman (Almqvist 1931: 138–139). När landskapet Uppland skulle beräknas blir det lite svårare då Almqvist inte utgår från landskap. Här redovisas Uppland tillsammans med Södertörn men utan Simtuna, Toroslunda och Våla härader. Det blir tillsammans cirka 8 700 hemman (Almqvist 1931:492–493). Södertörn har sammantaget cirka 450 hemman (Sotholm 312 och Svartlösa 155 hemman). Simtuna, Torstuna och Våla härader har sammantaget cirka 650 hemman (Simtuna 324, Torstuna 177, Våla 155) vilket betyder att vi får lägga på 200 hemman på Almqvists beräkning. Detta gör att vi kan anta att landskapet Uppland har cirka 8 900 hemman under 1600-talet. I nästa steg kommer en årsförbrukning av järn att beräknas genom att använda slitageexperimentets utfall, Almqvists redovisning av hemman samt våra beräkningar av genomsnittlig åker- och ängsareal med hjälp av det geometriska kartmaterialet.

Utifrån dessa beräkningar av medelvärden av ängslass och åker och antal hemman så kan man beräkna ett närmevärde för hur mycket järn som förbrukats per år genom ängs- och åkerbruk.

### Årsförbrukning årderbruk

Gård

21 tunnland/2 (tvåsäde) => 10,5 tunnland

10,5×50 gram järn per tunnland

= 525 gram×2 (ärjningar) =>

1 050 gram järn per år

Sollentuna härad

Genomsnittligt 24,7 tunnland åker×190 hemman => 4 693 tunnland/2 (tvåsäde) =

2 347 tunnland brukad jord per år

2 347×50 gram järn per tunnland = 117 350 gram =>

117 kg×2 (ärjning vår och höst) =

234 kg järn per år

## Uppland

Genomsnittligt 18,9 tunnland åker×8 900 hemman = 168 210 tunnland/2 (två-säde) =

84 105 tunnland brukad jord per år

84 105×50 gram järn per tunnland = 4 205 250 g =>

4 205 kg×2 (ärjning vår och höst) =

8 410 kg järn per år = 8,4 ton per år

Med andra ord behövdes ett drygt kilo järn varje år till ärjningar av åkermarken för en normalstor gård. I Uppland har varje år följaktligen behövts 8,4 ton järn för att täcka slitaget från ärjning av åkermarken.

### V.IV.V. Slitageberäkningar – förutsättningar för slätter

Utifrån de experimentella försöken med två liar kan vi konstatera att förbrukningen av järn och stål är fem gånger så stor när man använder en lie som slipas jämfört med när man använder en lie som skärps med knackning.

*Tabell V:11. Tabell över slitage med knacklie (Alvastralien) och sliplie (Eketorpslien) med utgångspunkt från ett tunnland, 5000 m<sup>2</sup>.*

Liar (repliker)	Total slätter m <sup>2</sup>	Slitage i g	g/tunnland	g/hektar
Alvastralie	5065	4	3,9	7,8
Eketorpslie	4862	19	19,5	39,0

*Källa: Dokumentation vid slätterexperiment*

Sammanfattningsvis har vi genomsnittsvärden på 18,9 tunnland åker och 38,4 lass hö i landskapet Uppland.

### V.IV.VI. Från tunnland till hölass

Enligt Lindstedt motsvarar ett lass ca 212 kilo och kallas för sommarlass, ett vinterlass väger dubbelt så mycket, ca 424 kg (Lindstedt 1883). Under vårt experiment med slätter gjorde vi ett mycket litet test. Från tre av de sex områden som slogs med Alvastralien togs ett prov på hur mycket hö som bärgades per kvadratmeter. Utifrån detta experiment kan vi se att utfallet på en kvadratmeter slättermark kan vara mycket olika. På Väsby gård handlar det om dubbelt så mycket hö per kvadratmeter jämfört med Väsby äng.

I de historiska källorna förutsätter vi att när det nämns lass handlar det om sommarlass om inte annat skrivs. Per tunnland kunde man enligt uppgift räkna med en avkastning på 2–4 sommarlass (ca 400 kg hö). I våra experiment handlar det dock om 5,5–11 lass. Vad som skulle vara det rätta statistiskt sett är svårt

att säga med en så stor variation men här har jag valt att räkna med 4 lass per tunnland.

#### V.IV.VII. Slitageberäkningar – årsförbrukning vid slätter

Gård

$38 \text{ lass hö}/4 = 9,5 \text{ tunnland}$

$9,5 \text{ tunnland} \times 3,9 \text{ g järn per tunnland} = 37 \text{ g (Alvastralien)}$

eller

$9,5 \text{ tunnland} \times 19,5 \text{ g} = 185 \text{ g (Eketorpslien)}$

37 eller 185 g järn per år beroende på knackning eller slipning

Uppland

$38 \text{ lass hö}/4 = 9,5 \text{ tunnland}$

$9,5 \text{ tunnland} \times 3,9 \text{ g järn per tunnland} = 37 \text{ g}$

$9,5 \text{ tunnland} \times 8\,900 \text{ hemman} = 84\,550 \text{ tunnland}$

$84\,550 \text{ tunnland} \times 3,9 \text{ g järn per tunnland} = 329\,745 \text{ (Alvastralien)}$

eller

$84\,550 \text{ tunnland} \times 19,5 \text{ g järn per tunnland} = 1\,648\,725 \text{ (Eketorpslien)}$

Med andra ord cirka 330 kg eller 1 650 kg järn per år beroende på knackning eller slipning.

Denna typ av beräkningar är naturligtvis hypotetiska. Med utgångspunkt från Uppland har vi konstaterat att 1 650 kg järn per år går åt om man bedriver slätter med sliplie i jämförelse med 8 410 kg järn per år för ärjning. Här kan vi tydligt se att åkerbruket i jämförelse med slätter förbrukar 5 gånger så mycket järn per år. Här kan man invända att vi exempelvis vet att man inte endast använde årder under den här aktuella perioden i Uppland, men det ger oss ändå en indikation om att en stor andel av den totala järnkonsumtionen handlade om slätter och åkerbruk.





## 6. Resultat

**A**vhandlingens syfte var att söka bedöma hur mycket järn samt vilka kvaliteter av järn som användes för att bedriva jordbruk under medeltiden och huvudfrågan som följer:

*Hur mycket järn och stål kan ha förbrukats inom det medeltida jordbruket?*

Det mest påtagliga resultatet av undersökningarna enligt de förutsättningar som beskrivits i kapitel V är att 1 hektar ärad åker kräver 100 g järn och 1 hektar slagen ängsmark 40 respektive 8 g järn beroende på slipning eller knackning av lien.

Utifrån detta resultat kan vi också konstatera att den nya metod som jag satt samman i fem steg, slitageberäkningsmetoden, kan ge oss nya forskningsresultat.

Under smidesexperimenten kunde vi konstatera att utfallet är mycket olika under smidet av de fyra replikerna. De två replikerna som tillverkades av blästjärn hade mycket stora förluster under smidet, men även i det andra smidet kan vi konstatera en viss förlust.

*Tabell 6:1. Tabell över åtgång av järn och stål vid smidet av replikerna. Alla viktangivelser i gram.*

Objekt	Blästjärn	Järn/Stål	Färdigt redskap	Förlust	Förlust %
Stockholmsbillen		850	801	49	6
Varnhemsbillen	2620	161	859	1922	69
Alvastralien		543	456	87	16
Eketorpslien	634 (-131)	126	338	291	46

*Källa: Dokumentation av smidesexperiment*

När det gäller Stockholmsbillen är det material vi arbetade med sannolikt bättre än vad man kan förvänta sig från medeltid och avbränningen därför mindre

idag. I fallet med Varnhemsbillen är det tvärtom sannolikt att vår okunskap om blästjärn spelat en stor roll för den extremt stora avbränningen vid smidet av bilen. Alvastralien och Eketorpslien är sannolikt mer representativa. I Alvastralien har vi ett stål på 543 g vilket blir ett färdigt redskap som väger 456 g. Det motsvarar 84 % av ursprungsmaterialet och en förlust på ca 16 %. Eketorpslien tillverkades av 629 g blästjärn och stål och vägde till slut 338 g vilket motsvarar en avbränning på 46 %. Jag anser dock inte att dessa siffror bör användas för beräkningar av järnåtgång vid smide, men de ger ytterligare belägg för att avbränningen av järn under smidet var stor.

## 6.1 Behov och förbrukning för en medeltida gård

Utifrån dessa resultat och dokumentationen av redskapen i kapitel I kan vi ge ett resultat angående gårdsförbrukningen. Gårdsförbrukningen kan dels gälla ett årligt behov, dels vad som behövs för att nyutrusta en gård. Sannolikt anskaffas gårdens redskap successivt vid ett nybygge men sannolikt medförs även äldre använda föremål från föräldrahemmet. Vid det kontinuerliga brukandet av en gård ingår sannolikt även redskapen i gårdens inventarier och ärvdes eller köptes vid förändrade ägarförhållanden. I detta kapitel avser jag att göra en uppskattning av behovet av järn för agrart bruk på en medeltida gård. Som exempel kommer jag att använda den tidigare nämnda Bögs gård som vid början av 1600-talet innehade *21 tunnland åkermark samt 28 lass starräng*. På gården använde man sig av tvåsåde och vi förutsätter att de hade ett antal djur. Hypotesen är alltså att Bögs gård under medeltid var ungefär lika stor som på 1600-talet. För att sköta gården krävs ett antal jordbruksredskap av järn och naturligtvis även andra redskap, hus och föremål. Men här krävs även ett antal jordbrukare. Hemmanet ägs av kronan under 1600-talet och vi förutsätter att detta var fallet även under medeltid. Här brukade en kronobonde marken med sin familj.

Gården

10 tunnland åker odlades ena året

11 tunnland åker odlades andra året

28 lass starräng slogs varje år

De redskap som anges här kommer att i tabellerna representeras av järnvikter hämtade från föremålets medelvärde utifrån de redovisade arkeologiska fynden i tidigare kapitel.

Tabell 6:2. Tabell över hypotetiskt antal redskap i en normal redskapsuppsättning vid en gård under medeltid samt det totala järninnehavet för de utvalda kategorierna av jordbruksredskap.

Redskap	Antal	Vikt	Totalt
Årderbill	2	1 168	2 336
Spadskoning rund	2	487	974
Spadskoning rak	2	173	346
Lie	4	366	1 464
Skära	4	226	904
Summa			6 024

Källa: Tabeller I:1–5

Sammantaget kan man säga att de redskap som undersökts här endast utgör en liten del av det innehav av järn som fanns på en gård. Dessutom fanns många andra redskap som var nödvändiga för att bedriva jordbruk, men utifrån de uppställda premisserna kan vi säga att innehavet för dessa kategorier var som minst 6 kg.

Slitage per år för åkerbruk på en gård  
 21 tunnland/2 (tvåsåde) = 10,5 tunnland  
 10,5×50 g järn per tunnland  
 => 525 g×2 (ärjningar) = 1050 g  
 1050 g järn per år

Slitage per år för slätter på en gård  
 28 lass hö/3 = 9,33 tunnland  
 9,33 tunnland×19,5 g = 182 g  
 182 g järn per år vid slipning

När det gäller skärorna och spadskoningarna har vi i beräkningarna inga experiment att luta oss mot. Därför blir dessa siffror i högre grad en uppskattning. Skärorna till skörden skall användas på en lika stor åkeryta som årderbillen. Med andra ord skall säd skäras på 10 eller 11 tunnland varje år. Detta var naturligtvis ett omfattande arbete vilket krävde många händer. Skärorna skärptes sannolikt med brynen och därmed uppstod abrasiv nötning, men sannolikt inte i lika hög grad som liarna. Om vi uppskattar ett minimum av slitage till 1/4 av vad liarna slits på med vid slipning och ungefär lika mycket som liarna slits med vid knackning, då kan vi beräkna 10 tunnland×5 g per tunnland = 50 g.

Spadarna på gården användes i första hand för dikesgrävning, men även för andra sysslor som exempelvis grävning av land eller liknande i kälträdgården. Här handlar det om grova uppskattningar och ett antagande om hur mycket som grävs. En sådan beräkning blir alltför spekulativ varför jag har valt att avstå ifrån den.

Tabell 6:3. Tabell över hypotetiskt slitage per år på en gård.

Redskap	Slitage/År (g)
Årderbillar	1050
Liar	182
Skäror	50
Spadar	–
Summa	1282

Källa: Dokumentation och beräkningar av årdereperiment och slätterexperiment

Här kan vi se att såväl på gårdsnivå som i ett större perspektiv, är slitaget för åkerbruket helt dominerande.

## 6.2 Slitage och förbrukning i staden

Med utgångspunkt från dessa siffror kan man utföra ytterligare beräkningar, exempelvis kan vi titta på skillnader mellan stad och land. Andersson m.fl. har utfört en studie angående järnkonsumtion i städer. Om vi jämför våra siffror med motsvarande i städerna Lödöse och Bergen blir det ur ett agrart perspektiv mycket intressant (Andersson, Hansen, Jeffery 2015). Andersson m.fl. redovisar ett medeltal på 52 ton för 15 medeltida städer under 300 år. En jämförelse med åkerbruket i Uppland under motsvarande tid ger cirka 2 520 ton eller 48 gånger så mycket. Kanske är det enklare att helt enkelt jämföra ett år, vilket för de medeltida städerna skulle motsvara cirka 180 kg och för åkerbruket i Uppland 8 410 kg.

Ett annat sätt att relatera uppgifterna är att stadskonsumtionen motsvarar drygt 170 uppländska gårdar. Med tanke på att de medeltida städerna hade en relativt blygsam folkmängd, framstår skillnaden då som mindre anmärkningsvärd. Men oavsett om åkerbrukets beräkningar ligger i överkant, vilket jag skulle vilja hävda att de inte gör, och städernas förbrukning i underkant, kan vi konstatera att förbrukningen inom åkerbruket var helt dominerande i jämförelse med den urbana konsumtionen. Här skulle sannolikt en beräkning per capita ge tydligare utslag, men den måste göras utifrån långt drivna generaliseringar angående medeltida invånarantal. Under denna tid var också den urbana befolkningsandelen liten i jämförelse med den rurala.

Men det finns ytterligare en parameter att ta hänsyn till. Städerna under medeltiden har ofta setts enbart som konsumenter av jordbruksprodukter, men sanningen är att de även stod för en del av produktionen. Stadsborna var kanske självförsörjande i högre grad än man tidigare trott (Lindeberg & Lindeblad



2013). I städerna hade man även en mer utvecklad specialisering av odlingen, i kålgårdar, trädgårdar, humlegårdar och örtagårdar. Låt oss ta Skänninge som exempel. Där har omfattande arkeologiska undersökningar inom den medeltida stadens ägor utförts under senare år. De så kallade stadsjordarna omfattade ca 600 tunnland åkermark under första delen av 1500-talet, samt ängsmark om ca 230 lass hö (Lindeberg & Lindeblad 2013). Med samma beräkningssätt som tidigare skulle förbrukningen av järn inom åkerbruket i Skänninge under medeltiden se ut så här:

Exemplet Skänninge

$600 \text{ tunnland} / 2 \text{ (tvåsåde)} = 300 \text{ tunnland}$

$300 \times 50 \text{ g järn per tunnland}$

$\Rightarrow 15\,000 \text{ g} \times 2 \text{ (ärjningar)} =$

$30\,000 \text{ g eller } 30 \text{ kg järn per år}$

Av 15 städer i Sverige, med Skänninge som riktmärke, blir då summan 450 kilo järn per år för städernas medeltida åkerbruk. Detta är mer än dubbelt så stort behov av järn i jämförelse med det som redovisas i den ovan nämnda artikeln (180 kg per år).

## 6.3 Slitage och förbrukning i ett större perspektiv

De större perspektiven är alltid lockande och därför gör jag mot bättre vetande även en beräkning av åkerbrukets förbrukning av järn och stål under medeltid i Sverige. Det är naturligtvis omöjligt att nå fram till exakta siffror, men om vi skulle göra ett försök enligt de beräkningsgrunder som tidigare redovisats kan ett tillvägagångssätt vara följande. Utifrån de geometriska kartorna från 1640 går det att uppskatta ett genomsnitt på 12 tunnland åkermark per gård (Karsvall 2014), med andra ord är genomsnittet för Sverige mindre än motsvarande för Uppland. Med Myrdals antagande, att Sverige år 1300 hade ca 80 000 gårdar (Myrdal 2004), skulle den årliga förbrukningen eller slitaget uppgå till:

Årderbruk

80 000 gårdar i Sverige 1300

$12 \text{ tunnland} / 2 \text{ (tvåsåde)} = 6 \text{ tunnland}$

$6 \times 50 \text{ g järn per tunnland}$

$\Rightarrow 300 \text{ g} \times 2 \text{ (ärjningar)} = 600 \text{ g/år}$

$0,6 \times 80\,000 = 48\,000 \text{ kg} =$

$48 \text{ ton/år}$

När det gäller slätter finns inte samma beräkning av medelstorlek för ängsmarken. Därför utgår jag från drygt hälften av Upplands 38 lass motsvarande som för åkerbruket, jag har även valt att dela med fyra för att ligga i underkant.

80 000 gårdar i Sverige 1300

20 lass hö/4 = 5 tunnland

5 tunnland × 8 900 hemman = 44 500 tunnland

44 500 tunnland × 19,5 g järn per tunnland = 867 750 g

867 kg per/år

# 7. Diskussion

## 7.1 Förlust av järn vid smide

**E**n annan stor andel av förbrukningen som inte handlar om slitage gäller förbrukningen vid smide. Myrdal anger både försmällning och avbränning som orsak till den stora förbrukningen av järn vid smidet (Myrdal i manus). I smideslängderna har både reparationer och nytillverkning tagits med och det är ibland svårt att skilja dessa åt. Längderna anger att det normalt krävt 3,5–6 kilo järn för att nytillverka en bill. Tyvärr vet vi inte exakt vad billen vägde vid avslutat arbete, vilket gör att vi inte kan räkna ut avbränningen och förlusten av järn. Vi får även ta i beaktande att man av järnet som vi ser angett i lispund ibland kan ha bearbetats till hårdbart stål, vilket ger ytterligare avbränning – om man inte köpte stålet färdigt vilket inte alltid redovisas i smideslängderna. Där redovisas i vissa fall ett tillägg om stål men långt ifrån alltid. I fallet med liarna kan vi anta att man använde sig av stål i liarna och om det inte nämns i smideslängderna kan man anta att man kan ha tillverkat stålet själva.

Utifrån våra smidesexperiment kan vi också se att avbränning är en viktig faktor. Smidesexperimenten visar en tydlig skillnad där blästjärn har använts. Stockholmsbillen och Alvastralien har en avbränning på 6 % respektive 16 %, medan Varnhemsbillen och Eketorpslien har avbränning på 70 % respektive 46 % vilket är mycket stora tal. Enligt min uppfattning skulle detta helt kunna förklara de stora diskrepanserna när det gäller järnåtgång i smideslängderna från 1500-talet.

Peter Crew visar i sina experiment hela processen från framställning i blåsta till ämnesjärn. Här ser man att förlusten är markant under hela processen. Den procentuella förlusten är dock beräknad på vikten på den malm som använts och den ger 88 % i förlust (Crew 1991). Beräknar man förlusten från blästerugnens smälta blir förlusten cirka 30 % från smälta till ämnesjärn. Tomas Jacobsons smidesexperiment med osmundar som smiddes till ämnesjärn, vilka skulle ha samma täthet som redskap, visar att han har en avbränning mellan 11–44 % (Jacobson i manus). Han anser själv att de försök som gav 41 och 44 % avbränning var misslyckade men även detta blir en påminnelse om att sådant ibland kunde hända.

Utifrån Crews och Jacobsons experiment ser våra resultat kanske inte så udda ut. Avbränningen är stor och det är något att räkna med när man skall uppskatta behovet och förbrukningen av järn. Varnhemsbillen är ett misslyckande och vi kan konstatera att vi borde ha haft ett större stycke järn som utgångspunkt vid smidet. Men jag anser att vi sannolikt kan räkna med en avbränning på mellan 20–30 % vid smide av jordbruksredskap.

## 7.2 Årderbillens hårdhet och slitage

När det gäller slitage anger Hallén 5–10 % för jordbearbetningsredskap och 0,25–3 % när det gäller övriga redskap (Hallén 2003). Brittiska medeltida gods-räkenskaper visar ett slitage på 13–17 % per år. En plog som bestod av 13,6 kg järn behövde årligen ett tillskott på 1,8–2,3 kg (Kitsikopoulos 2000:247). Intressant är att båda dessa undersökningar väljer att redovisa hur mycket järn som används procentuellt utifrån redskapets vikt. Min utgångspunkt är att för att kunna beräkna slitage måste vi utgå ifrån brukandet av redskapen precis som Lerche gjorde i sina experiment.

Både Lerches undersökningar och de som presenteras i denna avhandling visar att slitaget var stort. I Lerches experiment tillverkades sex plogbillar. Nummer 5 användes inte och saknar därför resultat. Nummer 1 och 6 har jag diskuterat tidigare och de kommer inte att tas med i diagrammet, eftersom de inte är repliker utan rekonstruktioner. Möjligen är det så att det höga utfallet på nummer 1 beror på en annan utformning än den arkeologiska artefakten. Att slitaget inte är lika stort på nr 6 kan bero på att den är hårdare. För att undvika felkällor har därför nummer 1 och 6 uteslutits i diagrammet nedan. I tabellens första kolumn redovisas Lerches egen numrering, i den andra förlusten i gram per kilometer och i den sista redovisas HV-mätningen av plogbillen.

*Tabell 7:1. Tabell över slitage och hårdhet på repliker av plogbillar i Lerches experiment*

Plogbills-repliker nr	Förlust i g/kilometer	HV 100
1	11,68	147±2
2	4,32	147±2
3	4,24	147±2
4	4,55	147±2
5	–	147±2
6	4,95	270±8

*Källa: Lerche 1994*

Tabellen över vårt ärjningsexperiments slitage och hårdhet gäller de resultat som redovisats i kapitel IV och V. I den första kolumnen redovisas vilken bill som testats. I den andra beskrivs på vilken del av billen som testet gjorts. Detta är relevant eftersom Varnhemsbillen består av två sammansatta material, blästjärn och eggstål. Den tredje kolumnen redovisar det genomsnittliga slitaget på billen i gram per kilometer. Nästa kolumn beskriver spannet mellan de HV-mätningar som utförts på billen medan den sista kolumnen visar det genomsnittliga HV-värdet.

Tabell 7:2. Tabell över ärjningsexperimentets slitage och hårdhet på repliker av årderbillar.

Årderbillrepliker	Del av bill	Förlust i g/km	HV 100 Spann	HV 100 Genomsnittlig
Stockholmsbillen	Egg	2,46	412–463	431
Varnhemsbillen	Blästjärn	2,72	374–394	375
Varnhemsbillen	Eggstål	2,72	440–566	510
Varnhemsbillen	Blästjärn + Eggstål	2,72	374–566	443

Källa: Dokumentation vid Ångströmlaboratoriet samt slätterexperiment

I fallet med Varnhemsbillen har vi två värden att relatera till, ett som berör eggstålet och ett som gäller det kringliggande blästjärnet. Hårdheten på stålet är i genomsnitt 510 HV 100 och högre än det som är uppmätt på Stockholmsbillen av stål. Men blästjärnet har ett lägre värde 375 HV 100. I relation till Lerches resultat är våra billar mycket hårdare. I diagrammet nedan redovisas Varnhemsbillens genomsnittliga hårdhet med två punkter, en för eggstålet och en för blästjärnet. Förlusten i gram per kilometer som redovisas är dock den samma för både eggstål och blästjärn. Det var tråkigt nog inte möjligt att redovisa hur mycket av slitaget som har skett på stålet respektive blästjärnet. Vi kan anta att den största delen av slitaget skett på blästjärn, något som dock är mycket svårt att mäta.

Tabell 7:3. Tabell över slitage i g/km och hårdhet i (HV 100) över Lerches billar vilka är repliker (ej rekonstruktioner) samt denna avhandlings experiment. Varnhemsbillens två HV-mått representerar blästjärnet respektive stålet. Det övre måttet i tabellen när det finns två är ett medeltal, det undre ett spann mellan vilka mätningarna utfallit. Tyvärr har det inte varit möjligt att mäta slitaget separat mellan dessa två material, därför är slitaget i g/km detsamma för båda.

Årderbillrepliker	Förlust i g/km	HV 100 Spann
2 Lerches	4,32	149
3 Lerches	4,24	149
4 Lerches	4,55	149
Varnhemsbillen	2,72	84, 159–262
Varnhemsbillen	2,72	503
Stockholmsbillen	2,46	437, 412–463

Källa: Lerche 1994 samt dokumentation från ärjningsexperiment



Det finns flera parametrar som kan förklara skillnaderna i detta resultat. Det rör sig om olika redskapstyper som jämförs vilket betyder att de har olika form likväl som funktion. Plogbillarna från Danmark har en större yta som utsätts för slitage, vilket gör att nötningshastigheten ökar. Men framför allt har vi olika hårdhet i våra testmaterial. Lerches testmaterial har en hårdhet på mellan 145–149 HV 100 för järnplogen samt 262–278 HV 100 för stålplögen. Detta i jämförelse med den repliken av Stockholmsbillen som vi använt på Järvafältet som har en hårdhet på 412–463 HV 100. Vårt material är med andra ord mycket hårdare än det som använts i de danska testerna.

När vi nu kan konstatera att materialet i billarna är av vikt för slitaget, är analyserna och hårdhetstesterna av de arkeologiska fynden desto viktigare. Här har vi idag kommit längre än tidigare i vår forskning. Analyserna av Stockholmsbillen och Varnhemsbillen visar att den ena billen är gjord av stål och att den andra har en inlagd stålegg. Detta är nya rön som visar att man varit mycket noggrann vid tillverkningen av jordbruksredskapen. Vad gäller hårdhetstesterna visar de att Stockholmsbillens hårdhet i åtta fall av nio låg mellan 824–988 HV 100 vilket är mycket hårt. Ett av proverna avvek och var endast på 456 HV 100. Kanske träffade den nionde punkten en slaggineslutning i stålet, vilken inte var lika hård som det övriga materialet. Varnhemsbillen hade inte samma hårdhet. Här har testerna gjorts på billens kant för att om möjligt se om vi kunde urskilja en hårdhetsskillnad mellan fosforjärnet och det stål som lagts in i eggen. Här har vi spannet mellan 159–262 HV 100. Ett av proverna ligger på cirka 600 och där har vi sannolikt mätt ståleggen. Vi kan här se en tydlig skillnad mellan de två billarna. Under experimenten med repliken av Varnhemsbillen har vi sett ett slitage som är något större men inte så stort. Detta beror sannolikt på att skillnaderna i hårdhet mellan de båda billarna inte är så stora.

Enligt Lerches diskussion i sin avhandling har Vagn F. Buchwald hävdad att de smidda produkter som används på en medeltida gård normalt var heterogena när det gäller fosfor- och kolhalter och att mellan- och högkolhaltigt stål vanligen inte användes. Lerche skriver i detta sammanhang: ”*Due in particular to the variation in phosphorus, iron tools might vary in hardness from about 100 to a high hardness of 250.*” (Lerche 1994:53). Hon konstaterar också att tillverkning av stål var en kostsam process som användes till exempel för knivar. Mjukare järn användes till exempel till hästskor, spikar, spadar, byggnadsjärn och plogbillar (Lerche 1994:53). Vi kan konstatera att det hårdbara stålet har använts både i liar och i årderbillar under medeltid i Sverige. Det betyder dock inte att situationen inte kan ha varit annorlunda i det medeltida Danmark.

När jag påbörjade det experimentella arbetet inom ramen för denna avhandling visste jag mycket lite om slitage. Min hypotes var dock klar och tydlig. Vi kan inte uttala oss om jordbrukets faktiska konsumtion av järn utan att veta mer om hur slitaget påverkat redskapen. Min utgångspunkt var att graden och arten av slitage påverkades av många parametrar och att experimentella försök kunde ge en fingervisning och användbara exempel på hur slitage uppstår och

fungerar. Järnets egenskaper var den första parametern och dessa kan undersökas med hjälp av metallurgiska analyser och hårdhetstester. Åkerns karaktär var den andra parametern, hur åkern ser ut och hur stenig den är och vilka stenarter som förekommer. Detta är dock svårare för den medeltida bonden att göra något åt. En tredje parameter är väderförhållanden som också kan inverka. Denna parameter kan påverkas av bonden som sannolikt inte väljer att ärja när marken är alltför torr och hård vilket ger ökat motstånd och större slitage. Skälet kan vara att han vill undvika slitage men även för att ärjningen sannolikt blir tyngre för dragdjuren. Samma sak gäller naturligtvis även när det blir för blött i markerna.

Val av dragdjur – i våra experiment har vi använt hästar både i par och som ensamdragare. Trycket mot billen, det som påverkar slitaget, handlar inte om häst eller ox. Men med den långsammare oxen kan man kanske tänka sig att man hinner väja för större stenar på ett bättre sätt än med en något snabbare häst. Det finns dock en parameter här som man upptäcker när man ärjar, att det är ganska svårt att ärja riktigt sakta. En jämn och stadig, inte avstannande gång är att föredra, då årdret måste balanseras och styras. Vid plöjning har man sannolikt inte samma problem med att vingla i sidled då plögen i allmänhet har mer stöd i jorden.

Hastigheten är något som har diskuterats i samband med vilka dragdjur som används. Den varierar i våra försök mellan 2,5–5 km/h. I dessa blygsamma hastigheter påverkas inte nötningen i märkbar utsträckning. (Muntl. medd. Staffan Jacobson, professor i tribologi). En annan teori, att förslitningen är som störst initialt, kunde inte heller stödjas av Staffan Jacobson. En initial förslitning handlar om att redskapet anpassas till sin miljö och därefter slits mindre. I fallet med öppna tribosystem är detta inte aktuellt då omgivningen ständigt förändras.

### 7.3 När behöver man en ny årderbill?

Hur länge går det då att använda en bill, med andra ord, hur stort kan slitaget vara innan man måste låta smida om billen eller tillverka en ny? Vår replik av den medeltida Stockholmsbillen vägde 801 g medan originalet vägde 573 g. Att vår nutida bill var mer än 200 g tyngre berodde huvudsakligen på att den medeltida hade tappat en av skaftlapparna. Vi vet inte hur lång billen var från början men om vi utgår från hur den såg ut när den hittades kan vi göra en beräkning.

Men med hjälp av vår replik kan vi säga att vikten är ca 50 % på bladet fram till skaftlapparnas början, med andra ord vägde bladet ca 400 g. Bladet är ca 10 cm. Utgångspunkten är då att bladet väger 400 g och är 10 cm vilket gör att varje sliten centimeter skulle motsvara ca 40 g. Vad gäller Varnhemsbillen var i detta fall halva vikten  $859/2 = 430$  g av bladet och cirka 10 cm vilket ger ca 43 g per cm slitage. Vi kan utifrån experimentet anta att det krävs minst 5 cm nedanför skaftlapparna för att billen ska göra verkan i myllan. För Stockholmsbillen och Varnhemsbillen kan vi räkna med att de blir obrukbara när slitaget reducerat

dem med ca 5 cm till eller cirka 200 g från det utgångsläge i vilket den påträffades. Det skulle betyda att de hade ärnjning av cirka fyra tunnland eller två hektar kvar att göra. Det är dock möjligt att man utifrån det årder man använt har bedömt att billen är obrukbar och för kort för att bryta trädan. I fallet med Stockholmsbillen var den färdig för omsmide och den hade även tappat en av sina skaftlappar vilket naturligtvis är ödesdigert för dess funktion.

Vi kan konstatera att tidigare försök att uppskatta slitage på järn har varit för blygsamma. Inte när det gäller Grith Lerches experiment, men absolut när det gäller Hansson och Hallén. När Hansson i sin avhandling uppskattar slitaget till en generation (ca 30 år) så gäller det i alla fall inte redskap som brukas i jorden. När Hallén uppskattar ett slitage på ca 10 % per år för jordbearbetande redskap kommer han närmare men inte heller det räcker. En procentsats beror ju också på vad det ursprungliga föremålet väger och är svårt att applicera på olika typer av jordbearbetande redskap av olika vikt. I vårt fall med Stockholmsbillen kan vi konstatera att för att förbruka ca 10 % (ca 80 g) bör billen ha använts för två ärnjningar på mindre än ett tunnland. Eller, annorlunda uttryckt, den skall ha kört drygt tre mil i åkerjorden vid slitage på 2,5 g/kilometer ( $30 \times 2,5 = 75$ ). Med Varnhemsbillen skulle siffrorna bli något högre. Sammanfattningsvis är slitaget 40–45 g per centimeter vilket betyder att varje tunnland vilket vi har beräknat till 50 g slitage är lite mer än en centimeter.

I Grith Lerches experiment är resultatet att hennes plogbillar av järn kan plöja ungefär 2,5–3 ha innan de är slutkörda. En plogbill av stål kan hålla ungefär dubbelt så länge, 5–6 ha. Den del av plogen som näst efter billen slits fortast är sulan, som kanske kan användas dubbelt så länge som en stålplog. De övriga delarna kan användas mycket längre, kanske i flera generationer (Lerche 1994:194). Stockholmsbillen kan vi räkna med blir obrukbar när slitaget reducerat den med cirka 5 cm eller cirka 200 g. När det gäller Stockholmsbillen påträffades den tillsammans med två andra billar, varav den längsta var 28 cm lång. Om vi förutsätter att för varje tunnland som ärjas försvinner en dryg centimeter så kan man tänka sig att billen blir obrukbar när endast 15 centimeter är kvar av längden (skaftlapparna inklusive bladet). Det betyder att 13 centimeter och cirka 500 gram ( $13\text{cm} \times 40\text{g} = 520\text{g}$ ) kan förbrukas och därmed kan billen användas till cirka 5 hektar vilket skulle vara jämförbart med Lerches plogbill av stål.

Utifrån denna diskussion och beräkning kan man konstatera att man sannolikt önskade längre billar när man ökade åkerarealen för att slippa byta och skaffa nya billar lika ofta.

## 7.4 När behöver man en ny lie?

Utgångspunkten är att man använde sliplie och att lien väger cirka 340 g. Den största vikten på lien finns i nacken, knäet och låret, därför kan vi räkna med att lien sannolikt är obrukbar efter att 150 g har förbrukats genom slitage. Utifrån

våra experiment kan man då tänka sig att man skulle kunna använda lien till drygt sju tunnland (19,5 g per tunnland). Då bör man komma ihåg att vi slipade lien relativt ofta eftersom våra arbetspass oftast inte varade hela dagar. Även om vi skulle halvera förbrukningen skulle lien ändå bara räcka till 14 tunnland slåtter. Detta betyder att man sannolikt behövde ha flera liar vilket även kunde vara bra av flera skäl.





# 8. Konklusion

För att studera den medeltida järnkonsumtionen inom jordbruket behövde vi svara inte bara på hur mycket järn den medeltida bonden hade (*järninnehav*), utan även hur mycket som förbrukades, alltså försvann vid användning i form av slitage. Min forskning fortsätter där Grith Lerches slutade, med fokus på järnet och med målet att underlätta framtida forskning kring behovet av järn inom jordbruket.

## 8.1 Enligt slitageberäkningsmetoden kräver 1 hektar ärjad åker 100 gram järn

Denna studie söker finna en metod för att kvantifiera den mängd järn som behövs för att ersätta ett konstant slitage på årderbillar och liar med hjälp av slitageberäkningsmetoden. Metoden utgår från Lerches tidigare studier i kombination med metallurgiska analyser och beräkningar.

Slitageberäkningsmetoden ger oss möjligheter att beräkna och uppskatta slitage vid åker- och ängsbruk med utgångspunkt från uppgifter om brukade arealer vilket är något helt nytt. Vi kan utifrån ett historiskt källmaterial, kartmaterial och landskapsinventeringar uppskatta arealen på den brukade marken. Genom metodens resultat med ett hekto förbrukat järn per ärjad hektar ger detta oss nya möjligheter till generella beräkningar. De beräkningar som tidigare redovisats, med ett genomsnitt för Uppland på 8,4 ton järn per år och för hela Sverige på 48 ton per år för åkerbruket, bygger naturligtvis på stora generaliseringar. Men siffrorna ger en utgångspunkt för vidare diskussion och de ger oss en möjlighet att se på järn och stål ur ett nytt perspektiv – det agrara perspektivet.

Om dessa beräkningar tycks vara i överkant vill jag här ge ytterligare ett förtydligande. Mitt mål har varit att ge plausibla beräkningsgrunder för slitage av järn inom jordbruket, men tanken har även varit att i största möjliga mån ge beräkningar för ett minimum av slitage. Målet har varit att de publicerade siffrorna inte skall ge ett överdrivet resultat utan snarare vara ett exempel i underkant. I den andan har jag valt att göra alla beräkningar utifrån användning av tvåsåde (även kallat tvåskiftesbruk) vilket är det odlingsystem där minst yta brukas per

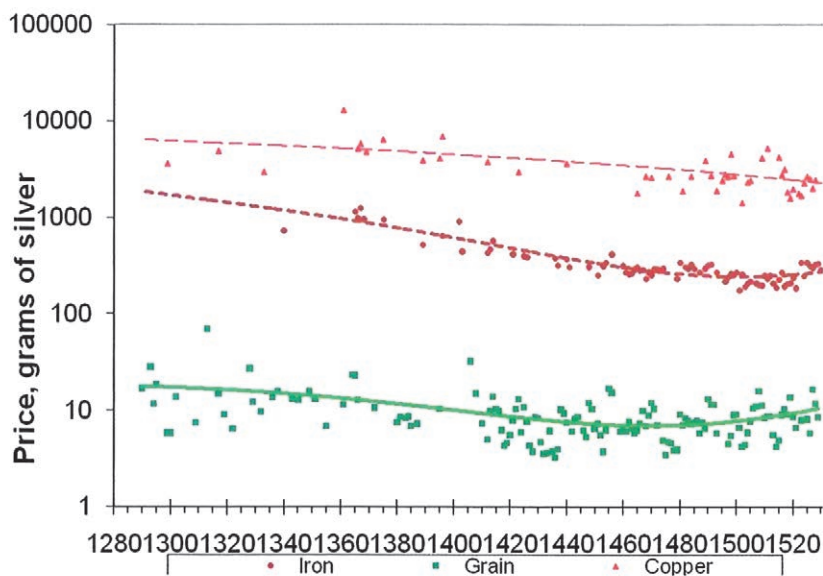
år. Jag har även valt att beräkna ärjning endast två gånger per år vilket är ett minimum för åkerbruket. Dessutom är mina beräkningar gjorda med utgångspunkt från enkla fåror vid ärjandet och inte korsärjning, vilket sannolikt skulle ge ett större antal ärjade kilometer och därmed ett större slitage. Utifrån dessa beräkningsgrunder kan jag säga att resultaten sannolikt anger ett minimum av slitage.

## 8.2 Järn och stål medför inte bara krig och död utan snarare jord och bröd

Utifrån experimentens resultat och beräkningarna av slitage inom åkerbruket kan vi konstatera att jordbruket varit en storkonsument av järn och stål. Järnet och jordbruket är med andra ord tätt sammankopplade med varandra, men synen på järnet har varit och är ofta fokuserad på andra företeelser. Ofta förknippar vi järn och stål med krig och död. I en relativt ny sammanfattning av hur historien har påverkats av metaller poängteras järn och stål som material till vapen vilka till stor del har förändrat och styrt historiens förlopp (Goody 2012). Att järn och stål är grundläggande för vapenmakt och krigföring stämmer säkert, kanske har järn och stål i lika hög grad förändrat och påverkat historien inom även andra mer fredliga områden, som exempelvis jordbruket.

Under medeltidens expansion blev årderbillarna inte bara tjockare och längre (Myrdal 1985), utan de var också gjorda av härdat stål. Konsumtionen av järn i jordbruket ökade under tiden för expansionen, inte bara på grund av att järnverktygen blev fler och större, men också genom slitage på redskap. Medeltiden är en lång period och under denna period kan vi se att priset på spannmål och järn går skilda vägar. I Johan Söderbergs forskningsdatabas som undersöker medeltida (1280–1520) priser i jämförelse med silver kan man konstatera att det medeltida järnpriset sjunker under hela perioden. Spannmålen har dock en lätt minskning i pris under den första delen av perioden för att sedan stiga under den senare delen av medeltiden där den brukade arealen liksom antalet människor sjunker. I dessa tider tenderar priset att sjunka på tekniskt avancerade varor, i Sverige och i övriga Europa. Priset var dock högt på livsmedel och spannmål (Franzén 2010:51). Detta tyder på att en kontinuerlig teknisk utveckling skedde inom järnproduktionen under medeltid. Vi kan även dra slutsatsen att all teknisk utveckling inom jordbruket, med avsikt att öka produktionen utan alltför stor arbetsinsats, var välkommen. Spannmålspriserna steg sannolikt på grund av bristen på arbetskraft under en tid med minskande befolkning.

Det stora problemet i sammanhanget är att vi inte har några prisindex att tillgå från hela medeltiden. De prisuppgifter vi har tillgång till startar under 1280-talet och visar alltså inte den första och mest intensiva perioden då de största förändringarna sker. Vi kan därför inte använda oss av mer konventionella konsumtionsmodeller. Man kan dock i viss mån applicera de Vries tankar om



Figur 8:1. Priser på järn, spannmål och koppar. Källa: Franzén 2010

jordbruket och dess inverkan på det övriga samhället. Däri poängteras att ett ökat pris på jordbruksprodukter som blir tillgängliga på en marknad i sig möjliggör en specialisering inom samhället (Hallén 2003, de Vries 1993). Vi vet att det skedde en omfattande nyodling under perioden mellan 1000–1300-talet. Vi vet också att under denna period utvecklades trädssystemet som gav en större avkastning inom jordbruket. Befolkningen ökade drastiskt och en stor förändring i livsföringen skedde både genom införandet av kristendomen samt den omfattande urbaniseringen. Urbaniseringen väljer jag här att se som en del i en specialisering av samhället där fler och fler människor inte arbetar med att huvudsakligen framställa sin egen mat. Det rurala samhället och det urbana utvecklas av nödvändighet i en symbiotisk process. I den urbana processen utvecklas även handel och monetarisering mot ett mer ekonomiskt tänkande i samhället (Franzén 2010). Det monetära systemet gör sitt inträde och gör priser och varor jämförbara, vilket i sin tur gör det hela enklare när det gäller en kalkylerad förlust av järn.

Under expansionen användes järnredskap som utsattes för hårt slitage. De nya större årderbillarna av stål innebar att nya jordtyper kunde odlas, med förbättrad effektivitet som följd. Detta var sannolikt av stor betydelse för den högmedeltida ekonomiska tillväxten och moderniseringen. Järnproduktion och konsumtion var avgörande för den samtida expansionen av åkermark. De tekniska förändringarna formade det nya landskapet. Den förbättrade årderbillen gjorde det möjligt för bönderna att lättare bryta ny mark. Mark som aldrig tidigare odlats förvandlades till åkermark och landskapet förändrades för alltid.

Högmedeltidens ekonomiska expansion och modernisering gjorde det möjligt att styra den ökande överproduktionen av livsmedel. Det ledde till nya metoder för reglering och organisation av produktionen, som i sin tur gjorde att hela samhället kunde förändras och utvecklas till en ny stat. Arealen åkermark ökade under högmedeltiden, tillsammans med skördens avkastning och Sveriges befolkning.

### 8.3 Järnet den tredje faktorn

Det är ett belagt faktum att befolkningsökning och jordbruksexpansion är två företeelser som hänger tätt samman i ett historiskt perspektiv (Myrdal 1985, 1996). Många forskare har även pekat på att järn är viktigt i denna typ av processer. Min absoluta övertygelse är att befolkningsökning, jordbruksexpansion och ökad tillgång på järn är tre företeelser som tillsammans bildar förutsättningen för expansion. Jorden och jordbruket är, tillsammans med berget och bergsbruket, centrala för vår historia vilket många forskare har poängterat. Jordbrukets och järnets symbiotiska historia har visat jordbrukets och järnproduktionens betydelse för varandra.

Ett grundläggande drag under medeltiden var expansionen då en växande ömsesidighet mellan den agrara och icke-agrara sektorn växte fram. Under perioden ökade behovet av järn dramatiskt, inte bara för att en större mängd järnredskap användes utan även för att järn användes på nya sätt inom olika sektorer i samhället. I Sverige var expansionen kännetecknande för århundradena fram till mitten av 1300-talet då digerdöden kom. Under expansionsperioden fördubblades Sveriges befolkning i storlek, i likhet med resten av Europa. Efter pesten hade befolkningen minskat till samma storlek som innan expansionsperioden (Myrdal 2011). Detta hade en stor inverkan på odlingen av åkermarken. I en sammanställning av pollendiagram syns förändringarna i det medeltida landskapet tydligt, först kolonisering och expansion, sedan ödeläggelse (Lagerås 2007).

Med utgångspunkt från Myrdals resonemang handlar det om att en växelverkan mellan intensifierat utnyttjande av naturresurser ger grunden för en ny samhällsordning vilket sedan övergår i en effektivisering av det nya systemet (Myrdal 1999). Symbiosen mellan det agrara samhället och det icke agrara i form av järnframställning gör att vi kan säga att den ökade produktionen av järn och stål möjliggör ett intensifierat och utökat jordbruk. Symbiosen mellan det agrara och järnproduktionen kan kanske redan tidigt påverkat jordbruket genom att vara en källa till en potentiell rikedom. Genom försäljning av järnet på en marknad skapades en förändring även i den övriga arbetsorganisationen (Svensson 1998:184). Det gav stöd åt de enskilda brukarenheterna eller familjehushållen som enskilt kunde driva en blästa och därmed förändra sina möjligheter. Även bergsbruket gav en utvecklad möjlighet till både produktion och konsumtion. Den stora produktionsökningen av järn under denna period är även den av

avgörande betydelse. Under denna period bryter den ett mönster av större avskildhet i produktionen till en övergång till en mer öppen produktion som i större utsträckning sker i byarna i Bergslagen snarare än i utmarken (Pettersson Jensen 2012). Även det är ett tecken på en mindre dramatisk syn på järnproduktionen.

Under den beskrivna perioden pågår inom järnproduktionen ett systemskifte. I enlighet med Myrdals teori om tekniska komplex vet vi att ett nytt tekniskt komplex ofta införs när alla delar i komplexet redan finns i kunskapsbasen, man är då redo att byta ut det gamla komplexet mot ett nytt. Blästbruket som var det rådande tekniska komplexet för järnframställning under förhistorisk tid får konkurrens. Bergsbruket med den nya masugnen växer snabbt fram till en mycket viktig näring. Utvecklingen sker inom geografiska områden med naturresurser som krävs i form av vattenkraft, skog och bergmalm. Samtidigt som det rådande komplexet med blästbruk avtar i närheten av de framväxande bergslagera, ökar det i andra regioner belägna längre ifrån bergslagera. Detta gör att man här har en mycket intressant möjlighet att forska kring hur de tekniska komplexen fungerar ur ett geografiskt perspektiv. Det är dock tydligt att en stor ökning av järnproduktionen sker under denna period, framför allt genom introduktionen av bergsbruket, men även inom blästbruket i vissa regioner. Denna gynnsamma situation gör att vi under denna period sannolikt har en genomgripande ökning av tillgången på järn och stål, vilket i sin tur ger möjligheter för både en agrar expansion och befolkningsökning. Men järnet räckte även till annat och därmed förändrades synen på järn och stål.

## 8.4 En ny syn på järn, stål och konsumtion

Jag vill hävda att under medeltiden förändras synen på järn och stål, från en förnyelsebar naturresurs som använts med respekt till nödvändiga redskap, till en förbrukningsvara som konsumeras och används på ett kalkylerat sätt. Men varför sker en mer beräknad förbrukning av järn och stål? Detta kan bero på större tillgång, ett större ekonomiskt utrymme eller sjunkande priser på järn. Det kan även ha att göra med en ändrad inställning till järn och stål som i ett ekonomiserat samhälle blir en prissatt vara bland många. Synen på beräknad förbrukning och slitage förändras. Slitaget var sannolikt en central fråga i samhället även då och ett problem som man sökte lösa, men kom här att ses mer ur ett ekonomiskt perspektiv.

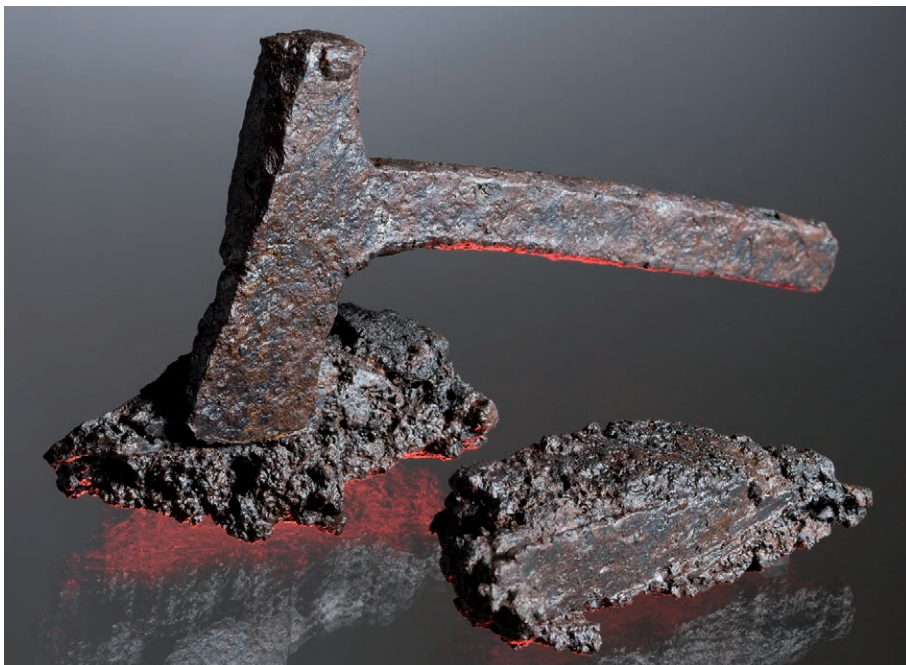
Genom arkeometallurgiska analyser kan vi konstatera att årderbillarna tillverkades av härdat stål eller hade en infällning av stål i eggen. I Eketorpslien har vi ett tydligt eggstål inlagt längs bladet. I Alvastralien ser vi en annan typ av smide med ett *"mjukare stål i hela eggen"* som kallbearbetats. Analyserna visar att det generellt är hög kvalitet på redskapen och att de representerar skilda metoder och tekniker för tillverkningen och att flera järn- och stålqualiteter har

använts i olika kombinationer. Utifrån analyser som gjorts tidigare kan vi även anta att de skärar som användes hade ett inlägg av stål i eggen. Vad gäller spadskoningar så vet vi idag inte lika mycket. Här kan vi hoppas på framtida analyser för att få veta mer. Med andra ord kan vi konstatera att i de jordbruksredskap som här undersökts och analyserats har råvaran även handlat om stål, inte bara järn. Att kvantifiera hur stor del av redskapen som generellt bestod av stål kräver omfattande ytterligare undersökningar. Det finns även många frågor som borde undersökas vidare när det gäller brukande av stålet. Men vi kan konstatera att det fanns en utbredd och gedigen kunskap om hur man bör smida sina redskap och vilka material som borde användas. Genom historien har järn framställts med olika hårdhet, allt från stål till mer flexibla smidbara järnqualiteter, så även när det gäller jordbruksredskap. Redskapen har i många fall bestått av järn och stål av olika hårdhet vilka sammanfogats för bästa resultat. Detta tyder på en utbredd kunskap om hur redskap på bästa sätt skulle tillverkas för att fungera och hålla så länge som möjligt. Ju mer stål som används desto större blir den totala konsumtionen av järn i smidesledet på grund av större avbränning vid bearbetningen. Men eftersom stålet håller längre mot slitage kanske det i viss mån kan uppväga detta, sannolikt har dock god funktion varit det primära målet.

Det finns tecken på att konsumtionen av järn under den första delen av medeltiden ökar. Dels ökar storleken på vissa jordbruksredskap (Myrdal 1986), dels ökar antalet påträffade järnföremål vid arkeologiska undersökningar, t.ex. vid Pryssgården (Borna-Ahlkvist 1998). Flera av järnföremålen förbrukas vid användning, som exempelvis hästskor. Hästskon började användas under vikingatid i Norden vilket ibland tolkas som en reaktion på att vägarna blir hårdare (Trotzig 2014:143, Ekman & Thanger 2007). Kanske handlar det även om att man väljer att använda järn till denna typ av förslitningsobjekt. Hästskon tillhör de vanligaste kategorierna av järnfynd från medeltid vilket visar att bruket snabbt blev utbrett (Andersson m.fl 2015). Ytterligare en kategori av järnredskap blir mycket vanligare under medeltid, det handlar om verktyg för stembearbetning. Under medeltid byggde man i Sverige allt mer i sten och de redskap som krävdes var sannolikt mycket viktiga att tillverka på rätt sätt. Ingen forskning har publicerats i ämnet men vi kan anta att slitaget på denna typ av redskap var mycket stort och även här ser vi en förändrad inställning under samma period.

Det utökade antalet kategorier av föremål som tillverkas av järn tyder på en ökad konsumtion under medeltid (Karlsson 2015). Ytterligare ett tecken på en förändring i hanteringen av järnet är övergången till osmundar. När järnet under förhistorien bytte ägare skedde det ofta i form av så kallade ämnesjärn. Det finns många typer av ämnesjärn, några av dem är mycket väl utsmidda och bearbetade och kan kanske betecknas som halvfabrikat, i steget mellan framställt järn och färdigsmitt föremål eller redskap. Under samma period, när masugnen gör sitt inbrott i Bergslagen, börjar vi producera osmundar. Osmunden är oftast ett färskat tackjärn upphugget i bitar. Dessa bitar brukade transporteras i fat för försäljning och export (Wallander 2015). Osmundarna och hur de finns tillgängliga på

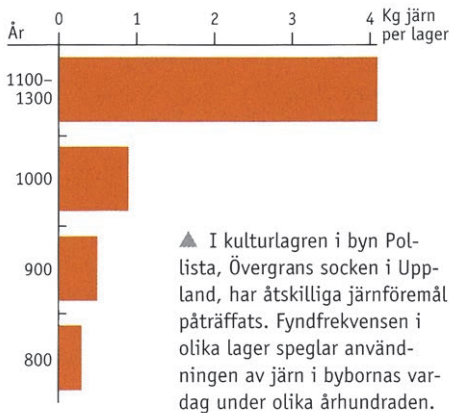




*Figur 8:2. Osmund och osmundyxa från Hyttehamn. Foto: Kenneth Sundh.*

fat i en marknad indikerar även det att järn är en förbrukningsvara som finns på en marknad i bulkformat, inte huvudsakligen i ett mer bearbetat format.

Kanske började ökningen av järnkonsumtionen stegvis redan under vikingatid vilket Ragnesten hävdar skedde i Västsverige (Ragnesten 1996), men en större och mer drastisk ökning sker under medeltid. Den förändring i konsumtionsmönster och förhållningssätt i relation till användning och förbrukning av järn och stål som vi kan spåra handlar kanske snarare om ett nytt tänkande. I det nya samhället, med en ökad specialisering och urbanisering, utvecklas nya system och ett nytt tänkande kring varor. Här kommer även ägandet in. Från ett tidigare samhälle där relationer människor emellan var det viktigaste i fråga om makt och status övergår i det nya samhället till en fråga om ägande. Ägandet och då framför allt jordägandet blev ett av de viktigaste tecknen, men också den viktigaste källan, till makt (Pettersson Jensen 2012). I vårt fall handlar det om järnet men kanske var synsättet mer allmängiltigt än så. En förändring i synen på arbetet förmedlades via kyrkan men även synen på ägande förändrades. I ett samhälle med högre grad av specialisering blir mat likväl som redskap och andra ägodelar i högre grad konsumtionsvaror. Med konsumtionsvaror menar jag då något som du vid behov kan köpa, sälja eller byta mot något annat. Därmed kan det ses som en vara med ett pris snarare än endast ett redskap eller föremål som du är i behov av eller som du själv har tillverkat. Denna förändring i synen på järn som



Figur 8:3. Illustration över antalet kilo järn per lager i Pollista. Källa: *The National Atlas of Sweden 2011*

konsumtionsvara möjliggör i större utsträckning en beräknad förlust vid förbrukning av järnet. När bonden vet att han måste beräkna att inhandla järn till en ny årderbill eller en ny bill vartannat år vet han även vad skörden är värd och kan räkna in det i ekvationen när han tar ställning till i vilken omfattning åkrarna skall brukas och ny mark odlas upp.

I fallet med konsumtion av järn och stål under medeltiden skulle jag vilja hävda att tanken på järnet förändras från betydelsefullt material med viktigt ändamål till att i högre utsträckning ses som en konsumtions-

eller förbrukningsvara vilket behandlingen av järnet indikerar. Det handlar inte bara om en utökad användning av järnet utan även ett förändrat mönster när det gäller var järnet faktiskt slutligen förbrukas. Under järnåldern slutar det framställda järnet i allmänhet, och sannolikt efter flera omsmältningar, antingen som förlorade föremål, slitage och avfall men även som gravgåvor och depositioner. Under medeltiden försvinner de två sistnämnda kategorierna och den slutliga förbrukningen sker som slitage, avfall och förlorade föremål. I detta fall kunde man även nämna den avbränning som sker vid omsmide av föremål men den har med all sannolikhet varit relativt lika under århundradena. Den förbrukning och konsumtion av järn och stål som diskuteras här har sedan dess ständigt ökat och har varit en nödvändighet för de förändringar och den utveckling som skett sedan medeltiden. Idag konsumerar vi 425 kg järn per person och år i Sverige.

Om vi antar att de Vries modell fungerar har vi dock ett problem vilket är att vi inte har några priser att relatera till när det gäller den första delen av medeltiden. Sjunkande järnpriser under medeltid har kunnat konstateras från och med 1280-talet (relativt spannmål). Priserna på spannmål sjunker dock också under samma period (Franzén 2010:52, Franzén och Söderberg 2006) vilket inte stämmer in på modellen. Genom ett diagram för priset på spannmål med en trendlinje ser vi att priset på spannmål sjunker från 1280-talet när diagrammet startar, fram till 1470-talet när trenden sakta svänger uppåt. Trots detta konstaterar ekonomihistoriker att det svenska samhället blev mer och mer kommersialiserat under denna period (Franzén 2010:52). Hur trenden på sadespriser såg ut innan 1280 vet vi inte men under denna period började en monetariserad marknad att ta form och vi kan anta att den dramatiska ökningen av nyodling och införandet av ett nytt jordbrukstekniskt komplex gjorde att det fanns mer tillgängligt spannmål än någonsin förr. I samband med detta

ökade även befolkningen drastiskt och om spannmålspriset sjönk eller steg under denna period är svårt att bedöma. Det som sannolikt hände var dock att det fanns en marknad för spannmål och andra jordbruksprodukter som under denna period blev mer och mer omfattande.

Under den första delen av medeltiden vet vi att många förändringar sker. En marknad växer fram som i högre grad bygger på ett monetärt system. I denna förändring är också urbaniseringen och ökad specialisering viktiga delar. Vi kan anta att vi har en marknad utanför det egna hushållet men den bygger fortfarande på såväl byte av varor och tjänster som monetära strukturer. När det gäller järnet finns en tydlig marknad och handel även under järnålder. Utifrån z-varumodellen kan vi inte på samma sätt undersöka denna period då vi inte har tillgång till prisindex, men vi kan säga att marknaden utanför hushållet existerar och byggs upp och modellen med varor för inköp och försäljning blir ett faktum. De Vries konstaterade att öknings av priser på livsmedel ger ett ökat överskott inom jordbruket och hushållen och därmed möjlighet till konsumtion av varor från en marknad. Detta skulle i sin tur leda till en ökad specialisering i samhället och ökad tillgång på järn.

Frågan är om vi för den första delen av medeltiden skulle kunna anta att eftersom det sker en ökad konsumtion på en marknad utanför hushållen samt en ökad specialisering har priserna på jordbruksprodukter under denna period ökat. Det vi vet är att vi har sjunkande priser på järn och spannmål från och med 1280-talet. Men kanske kan vi se på z-varumodellen på ett annat sätt under medeltidens första period. Möjligen har det under den första delen av medeltiden skett en ökning av priserna på jordbruksprodukter. Men kanske rör det sig snarare om en förändrad marknad med större tillgång och efterfrågan. Förändringen sker för att marknaden blir tydligare i form av en kommersialisering och finns inom hushållets räckvidd och det monetära systemets utveckling ger nya möjligheter både för hushåll och marknad.

## 8.5 Järn till varje människa, gård, äng och åker

Avslutningsvis skulle jag vilja poängtera att när man bedriver forskning kring jordbruk och järn på det här sättet kommer man mycket nära både människan, landskapet och redskapen. Man blir medveten om att vi alla är delar av en och samma ekvation. I enlighet med diskussionen i teorikapitlet kan man konstatera att tillsammans påverkar alla aktörer, både mänskliga och andra, de skeenden som skulle kunna betecknas som tekniska processer. Här ser vi med all tydlighet att även om människan styr årdret på åkern så styr hon inte hela den tekniska processen. Människor, djur, redskap, landskap, väder och relationer spelar alla roller som faktorer i lösningen på ekvationen. Med den utgångspunkten vill jag poängtera att järn och stål var viktigt inom jordbruket vilket i sin tur påverkade inte bara alla människor utan även vårt landskap och vårt dagliga bröd.

Tanken på att redskap av järn och stål berör både hela vårt landskap och alla människor är hisnande. Järnet nådde varje människa, gård, äng och åker under medeltid i någon form. Vi kan konstatera att detta inte var något nytt vid början av medeltiden. Under järnålder har skäran, lien och årderbillen påverkat landskapet. Människor har haft eldstål, knivar och allehanda föremål av järn vilka vi återfinner vid undersökningar av deras boplatser. Det finns mig veterligen inga järnåldersboplatser helt utan fynd av järn. Vi vet också att framställning av järn och smide av föremål har pågått sedan bronsålder i Sverige. Ofta föreställer vi oss att järnålder och tidig medeltid var perioder i historien när självhushållet i stor utsträckning var rådande i den rurala miljön. Men vi vet också att järn inte producerades av alla och i alla områden. Utifrån dessa påståenden skulle jag vilja dra slutsatsen att vi senast under järnålder har ett mycket väl utvecklat handels- eller bytessystem vilket klarar av att distribuera järn till alla gårdar, åkrar, ängar och människor. Här handlar det inte om ett avancerat system med gåvor av statusföremål eller lyxartiklar mellan rika stormän i en elit utan ett distributionsnät där alla är deltagare. Detta distributionsnät där järnet når från blästor och smedjor till åker och äng ligger på en basnivå. En basnivå där det inte handlar om lyxkonsumtion utan snarare om vardagens föremål vilka möjliggjorde försörjningen för järnålderns människor.

Många gånger tenderar vi att underskatta människors kunnande och tekniska processer från förhistorisk och historisk tid. I detta fall har vi sannolikt underskattat det distributionsnät som existerade redan under järnålder trots att vi har de flesta pusselbitarna för att kunna se dess utbredning och påverkan på samhälle, landskap och människor. Det betyder att järnet och stålet kan sammankopplas med stora delar av den medeltida historien. Med det perspektivet blir jordbruket endast en del av järnets och stålets historia men utifrån de nya resultat som presenterats här kan vi konstatera att det är en viktigare del av den agrara historien än vi tidigare vetat.

## 9. Framtida forskning

Efter att ha bedrivit forskning under de fyra år som ett avhandlingsarbete är avgränsat till avslutas arbetet med ett antal resultat. Men precis som för alla andra som genomför en forskningsprocess är den slutliga kontentan att man förstår hur lite man vet och hur mycket som återstår att lära och forska vidare kring.

De redskap som undersökts i denna pilotstudie är få och därför kan man bara hoppas att det kommer att finnas möjligheter att använda metoden på fler föremål och fler föremålskategorier. Vi behöver mer kunskap om material, kvaliteter och hårdhet på olika jordbruksredskap. Det behövs även mer forskning om åkern, dess utformning och jordens innehåll i relation till slitaget. Forskning kring korsärjning eller enkla fårar borde testas i relation till olika jordtyper och gröda. Jämförande studier av de olika typerna av årder som brukats borde utföras med utgångspunkten att se skillnader i teknik, handhavande och funktion mellan de olika årdertyperna. I samma anda borde en studie av årder och plog på två delade åkrar utföras för att se skillnader mellan bearbetning med årder och plog, med hänseende på gröda, ogräs, fuktighet och arbetsinsatts.

En mycket intressant undersökning borde vara att jämföra svenska och europeiska liar, med hänsyn till skillnader och likheter över en längre tidsperiod (exempelvis järnålder till och med 1700-tal). Hur var liarna utformade, hur var de smidda, vilka material har använts, vilken skärpningsmetod har använts och har det svenska stålet spelat en roll i utformningen? Förhoppningsvis kommer några av dessa frågor att prioriteras i framtida forskning.





# 10. Summary

*Lost Iron - requirement and consumption of iron and steel in agriculture in medieval Sweden* is the title of this thesis. The primary aim is to reach an estimation of the amount of iron required in agriculture during the Middle Ages in Sweden. We need to know – not just how much iron was used and for what purpose – but also how much were consumed by wear and tear when the different agricultural implements were in use. The thesis involves a review of archaeologically dated finds of medieval agricultural implements of iron. The implements' function and form was documented, with respect to iron quality, weight and wear. Based on the dated implements, we can study both agricultural techniques and iron consumption.

To answer these questions I have designed the Wear Calculation Method, a method in five steps. The basis is the design and the daily use of the implements which I have tried to simulate in the smithy and on the field. These are the five steps of the Wear Calculation Method:

I. Which agricultural implements of iron were used during the Middle Ages? A short description of dated archaeological finds of medieval agricultural implements (scythe, sickle, ard – and ploughshares, shovel and hoe) their function, design and weight.

II. What materials were used to make the implements and what characteristics did they have?

Metallurgical analysis was performed on four, selected medieval archaeological finds, two scythes and two ardshares. The ardshares came from Norrlandsgatan in Stockholm and from Varnhem monastery. The scythes came from Eketorp Fort and Alvastra monastery. Analyses were conducted in cooperation with the Geoarchaeological Laboratory in Uppsala (GAL), to determine the types of iron and steel, the design of the material chosen and the characteristics of the implements.

III. How did they forge the implements? This step was an experimental study where we produced replicas of the four implements analyzed in step

II, based on our interpretation of the metallurgical analysis. The forging of the replicas was conducted in collaboration with Patrik Jarefjäll, smith and doctoral student at the Department of Conservation, University of Gothenburg.

IV. How were the implements used and to what extent were they subjected to wear?

More experimentalarchaeological research was employed, in this step ploughing and haymaking. The replicas were put to use under strict control and the wear was measured. These experiments were performed at a farm using old farming methods, at Östra Järvafältet, north of Stockholm, in cooperation with Sollentuna municipality.

V. What is wear? How can we calculate how much iron that may have been consumed by medieval peasants? The nature of wear is discussed and consequently, how we can interpret the wear measured during our experiments at Östra Järvafältet. Our results form the basis for general calculations regarding the medieval agriculture iron consumption based on the documented wear in stage IV, in order to make a general estimate answering the overall issue of the thesis: How much iron and steel did an average medieval farm consume when using its agricultural implements during one year?

## Research, analyses and experiments

Step I: The first step includes a survey of agricultural implements of iron in the Swedish History Museum. The survey consists of a short description of dated archaeological finds of medieval agricultural implements (scythe, sickle, ard - and ploughshares, spade and hoe) their function, design and weight. The result of the research is summarized in the table below.

*Surveyed mean weight of agricultural implements (Tab I:6)*

Implement	Quantity	Mean weight g
Scythe	4	366
Sickle	7	226
Share	10	1 168
Share (early type)	6	348
Spade iron (rounded)	7	483
Spade iron (straight)	16	173

Step II: The archaeo-metallurgical analyses demonstrate a variation of iron quantities among the implements. Common features are that they are all worked in consecutive processes including forging and several heat treatments. Quenched and tempered steel is represented as a single alloy in a share as well as an inlay of edge steel in a scythe. A second scythe is poorly preserved, lacking its edge, but comprises homogeneous, heat treated low-carbon steel. Low-carbon steel, in combination with phosphoric iron, is present in a second share. This share is also much thicker and richer in slag inclusion than the share made of homogeneous steel (Grandin 2012). Throughout history, iron has been produced with different hardness, ranging from steel to more flexible, easily malleable iron. During the medieval period of expansion the ardshares not only became thicker and longer but they were also made of hardened steel. The consumption of iron in agriculture increased during the time of expansion, not only due to additional and larger iron tools, but also by wear on tilling implements.

Step III: During the 3<sup>rd</sup> step an experimental study was performed where we produced replicas of the four implements analysed in step II, based on our interpretation of the metallurgical analysis. The forging of the replicas was conducted by Patrik Jarefjäll, smith and doctoral student at the Department of Conservation, University of Gothenburg. The four implements were forged of bloomery iron, iron and steel. During the forging experiment consumption of bloomery iron, iron, steel, charcoal and working time was documented and measured. The conclusion is that while forging the loss of material is substantial.

*Consumption of bloomery iron, iron, steel, charcoal and working time during the forging experiment. (Tab III:5)*

Implement	Bloomery iron (g)	Iron/Steel (g)	Forged implement (g)	Charcoal (kg)	Working time (h)
The Stockholm ardshare		850	801		5,5
The Varnhem ardshare	2620	161	859	76,5	26,5
The Alvastra scythe		543	455	13	5
The Eketorp scythe	634 (-131)	126	368	17,5	5,5

Step IV: Experimental ardploughing and haymaking were carried out during two seasons at Östra Järvafältet, north of Stockholm, Sweden. Sollentuna municipality keeps the farmland alive by using traditional agrarian methods. The fields ploughed within this project thereby become part of a long farming tradition.

Three fields were ploughed during autumn and spring for two seasons and a number of meadows and wetlands for haymaking. The same ard was used but with the replica of the Stockholm ard share the first year and the Varnhem share the second year. The scythes were also used for one season each.

We used an ard from the 20<sup>th</sup> century and wooden soles mounted on the ard. All the soles were all made out of locally grown oakwood. Oak, beech and curly birch are recorded in ards from archaeological contexts. The draught animals were two North Swedish horses. Most of the time they worked in pairs but we also experimented with one horse. We could not distinguish any differences in the wear, neither in the speed of work. There was one great difference though – the horse pulling alone tired earlier and needed more frequent breaks.

The conclusion regarding the functionality of our replicas is that they performed adequate during the experimental phase. They were exposed to wear but they stood the test, the metal did not crack or break in any way. We were able to prove that our replicas did their job – ploughing fields, breaking fallow and mow-work.

The four replicas showed relatively even wear, which makes it probable that no unforeseen factors affected the end result. The wear was slightly higher on the Varnhem ardshare, likely due to the greater hardness of the Stockholm share. The higher wear on the Eketorp scythe is due to the two different types of sharpening which were used. The Eketorp replica was sharpened with a grindstone and the Alvastra replica by tapping with a small hammer and an anvil.

*Wear per km ploughed during the experiment (Tab IV:4)*

Replica	Wear in g	Ploughed distance/km	g/km
Stockholm replica	54	21,92	2,46
Varnhem replica	54	19,80	2,72
Sum	108	41,72	2,58

Step V: The last step of the method deals with calculations of wear based on the measured results in the last step. During the experiments with the ardshares the results were measured in gram per kilometer. But it is also interesting and often more compatible with data from written sources to measure how many grams that are worn off per hectare or any other given unit of land. The effect depends on the shape of the field. In this case we ploughed c 3,5 furrows per meter, equaling 35 furrows/10 m. But we had to have turning zones at both ends of the field where we had to walk some extra meters after completing each furrow.

In this example the furrows are straight, not using the method with criss-crossploughing. You can use the same example for criss-crossploughed fields; in this case the perfect field is shaped like a square rather than rectangular. Furthermore I have assumed that the farmer used the simplest strategy and continued to plough through the turning zone.

In reality this discussion about field shapes means that the more oblong and narrow your field is, the smaller your turning zone becomes, reducing the amount of surplus meters you need to turn around animal and plough at the end of the field. This becomes very apparent in this example with three differently shaped fields, all measuring 1 hectare. I might add that these three fields look rather unreal, since A is completely square while B and C are perfectly rectangular. In nature fields seldom are geometrically perfect like this, nor are they totally flat. But these unreal fields will serve to illustrate my point, that the character and the shape of the field decide how many kilometers you need to plough to work the whole field. If we continue to calculate with 3,5 furrows per meter in a hectare the answer would be 35 kilometer in all fields, A, B and C ( $3,5 \times 100 \times 100 = 35\ 000$  m). But if you include the turning zone the picture changes radically.

- A) 350 furrows, each 100 m long. The distance from the furrow in the middle to one edge is 50 m, the distance then decreases progressively as you get closer to the middle. The same applies when you work your way to the other edge. That means roughly 50 m extra per 100 m ploughed furrow ( $350 \times 50 = 17\ 500$ ), in all  $35 + 17,5$  km = 52,5 km.
- B) Width 50 m and length 200 m means a different result altogether. It is enough with 175 furrows ( $3,5 \times 50 = 175$ ) each 200 m long. From the middle furrow to the edge it is 25 m. In this field too it takes 35 km to complete the ploughing ( $175 \times 200 = 35\ 000$ ) plus 25 m extra for each furrow. In all that means  $39,4$  km = 35 km + 4,4 km ( $175 \times 25 = 4\ 375$ ).
- C) Width 20 m and length 500 m means that you will only need 70 furrows ( $3,5 \times 20 = 70$ ). You need the same 35 km to plough your furrows ( $70 \times 500 = 35\ 000$ ) and 10 m extra per 500 m furrow. The result is 35 km + 700 m ( $70 \times 10$ ) or 35,7 km, almost an insignificant extra distance.

Based on this calculation one might suggest that narrow fields were preferred if you chose not to criss-crossplough. It saved your time as well as man, material and animal power. To go straight on with your ard or your plough is quite easy but the turns demand greater efforts both from the animal and the carter. But why make these turns if they mean such an increase in effort? In theory you can lift up your plough and carry it while the animals turn on the spot, which in itself is a hard thing to learn for the animals. The carriage needs quite a lot of space to turn around (it can up to 6 km long). The described pattern has evolved through the centuries and it probably is the most rational way to plough a field with horse- or oxenpower.

To summarize this discussion about wear we have found that the wear in our ploughing experiment can be measured to 2,46–2,72 g/km or roughly 100 g/hectare. In other words – to plough one hectare we needed to walk about 41 km, which seems reasonable according to these calculations.

This is less than the wear Grith Lerche presented in her studies on Danish wheel ploughs (Lerche 1994), but it still is a substantial amount of iron. In comparison to Lerche's experiments, her shares were less hardened which may explain the different outcome. We do not know enough about possible differences in the quality of iron used in Denmark and Sweden and therein might be found part of the explanation.

The results from our experiments give us a starting point for calculations of wear in agriculture. I will give a few examples, based upon the following assumptions.

The wear is approximated to 100 g of iron and steel per ploughed hectare (10 000 m<sup>2</sup>), with conditions similar to the situation when the Stockholm replica was used. Its hardness was measured to HV 412–463, much softer than the original Stockholm ardshare, though it is very hard compared to Grith Lerche's hardest ploughshare, measured to HV 262–277. The Varnhem ardshare at HV159–262 is closer to Lerche's results. In other words, the measured hardness of the Stockholm replica is right between the recorded results from the archaeological finds.

The second assumption is that the fields were ploughed with an ard and that two-course rotation was employed. Ardploughing and two-course rotation are recorded from County Uppland during the Middle Ages but one very important question remains. How many times were the fields ploughed in a year? As a minimum we can assume once in spring and once in autumn. But we know from historical records that sometimes the fields were ploughed several times a year to process them better. Some researchers have also claimed that the ard was used to cover the seed which would give an additional ploughing. But in this example we assume two annual ploughings. Half of the total arable land was ploughed twice a year (two-course rotation), with a mean wear of 100 g/ha.

The third assumption concerns the amount of land that actually was put under the plough. In this case we have to use hypothetical cases with medieval farms of different sizes and corresponding differences in arable land. We know very little about the actual sizes of fields during the Middle Ages. In these test cases I have chosen to use geometrical maps from 1630–1655. The National Archives digital map archive contains 12 000 maps over villages and farms from that period. The areas of fields are not recorded at a sufficient level, so this material will only be employed to reach an approximation of the average arable land in the county. The arable land is stated in tunnland, a Swedish unit roughly equivalent to 5 000 m<sup>2</sup>, or ½ hectare. To reach an approximation on the total amount of arable land, I have worked out the average area and then used records stating the total sum of farms in the whole of county Uppland.

I have chosen to do my calculations on two different spatial levels, the farm and the county. One of the farms whose fields we ploughed in our experiment was Väsby Farm in Sollentuna parish, County Uppland and therefore it felt natural to use that unit for the farm level.



## Annual agricultural consumption

From these calculations you can reach an estimate of the amount of iron annually consumed by the needs presented earlier.

Väsby Farm

$21 \text{ tunnland} / 2 \text{ (two-course rotation)} = 10,5 \text{ tunnland}$

$10,5 \times 50 \text{ gram iron/tunnland}$

$\Rightarrow 525 \text{ gram} \times 2 \text{ (ploughings)} =$

$1050 \text{ gram iron a year}$

County Uppland

$\text{Average } 18,9 \text{ tunnland arable land} \times 8\,900 = 168\,210 \text{ tunnland} / 2 \text{ (two-course rotation)} = 84\,105 \text{ tunnland arable land a year}$

$84\,105 \times 50 \text{ g iron} = 4\,205\,250 \text{ g} =$

$4\,205 \text{ kg} \times 2 \text{ (ploughing spring and autumn)} =$

$8\,410 \text{ kg iron a year}$

In other words, you needed slightly more than an additional 1 kg of iron each year to plough the fields of a normal-sized farm in Uppland. Thus we may estimate the total amount of iron required in Uppland to cover up for the wear caused by ploughing to 8,4 ton a year. One conclusion emanating from this is that when the farmers increased their amount of arable land they also wanted longer ards shares to avoid having to acquire new ards shares more often.

Wear during annual haymaking was considerably less than the wear on the ards shares. We could estimate 3,9 g per tunnland while tapping the scythe to sharpen it and 19,5 g per tunnland while sharpening the scythe with a grindstone. This means that in County Uppland the annual wear could amount to approximately 330 kg or 1 650 kg iron depending on tapping or grinding the scythe. These types of calculations are of course hypothetical, but we can conclude that grinding leads to heavier wear, but in comparison to ards ploughing, haymaking is a small consumer of iron.

The larger perspective is always tempting and therefore, in spite of better judgment, I will also try to arrive at an estimate of the annual consumption of iron and steel in agriculture during the Middle Ages in Sweden. It is of course impossible to arrive at exact figures. Based on the geometric maps from 1640, it is possible to estimate an average of 12 acres of arable land per farm in Sweden (Karsvall 2014), in other words, the average for Sweden less than the equivalent of Uppland. With Myrdal's assumption, that Sweden in AD 1300 had about 80 000 farms (Myrdal, 2004), the annual consumption or wear through ards ploughing would amount to:

80 000 farms in 14<sup>th</sup> century Sweden  
12 tunnland/2 = 6 tunnland  
6×50 g iron per tunnland  
=> 300 g×2 ploughings = 600 g per year  
0,6 kg×80 000 farms = 48 000 kg =  
48 ton per year

With an annual loss of 48 tons of iron and steel in the fields through wear only in Sweden, we can only imagine the annual amount of iron required for agriculture throughout Europe.

## Iron, steel and medieval expansion

A fundamental feature of the expansion during the High Middle Ages, ca 1000–1300, was a growing interdependence between the agrarian and the non-agrarian sectors. The leap forward increased the need for iron dramatically, not only because a larger amount of iron implements were made and used – but because iron was used in new ways in many different sectors of society. One of the new applications of iron during this period was implements subjected to heavy wear. The new technology meant that new soil-types could be cultivated, with improved efficiency as a result. This was of great importance for the High Medieval economic expansion and modernization, where iron production and consumption and simultaneous expansion of arable land were vital. In Sweden this process was characteristic of the centuries between 1000 and 1400 AD. Between the end of the first millennium and the Black Death, which struck in the mid-14th century, the population of Sweden approximately doubled in size, much like in the rest of Europe. After the plague, in the 15th century, the population had decreased to the same size as before the expansion period (Myrdal 2011). This had a major impact on the cultivation of arable land. A recent compilation of pollen diagrams clearly states the changes in the medieval landscape, first colonization and expansion, then decline and abandonment (Lagerås 2007).

The technological changes shaped the new medieval landscape. The improved arshare enabled the farmers to claim new land more easily. Land that never had been cultivated before was turned into arable land and the landscape changed indefinitely. High Medieval economic expansion and modernization made it possible to control the increased surplus production of food. It led to new methods for regulation and organization of the production. This in turn enabled the whole society to change and to grow into a new state. The amount of arable land increased together with the harvest yield and the population of Sweden.

Thus it can be concluded that not only did the expansion of the agrarian sector and the opening of the landscape form the basis for mines and towns, but

also the reverse applied – populating mining districts in mountain-areas (in Sweden areas called Bergslagen) was essential for the agrarian expansion. Increase in iron production was a prerequisite for change in the Medieval Landscape and the rural development was closely interrelated to iron production and trade.



# 11. Referenser

- Adelsköld, K. F. 1929. Särskild profning av Liar. *Meddelande nr 228a från Styrelsen för Maskin- och redskapsprovningsanstalterna*, s 1–6. Stockholm.
- Agersnap Larsen, Lars. 2015 in print. The mouldboard plough in the Danish area. Evidence of much earlier usage than traditionally presumed. *Ruralia X* (abstract book and excursion guide).
- Almquist, Johan Axel. 1931. *Frälsegodsens i Sverige under storhetstiden*. Första delen: Stockholms och Uppsala län. Stockholm.
- Arbman, Holger. 1943. *Birka I – die Gräber. Untersuchungen und Studien*. Text. KVHAA Monogr. Stockholm.
- Arrhenius, Birgit. 1974. Om knivar och knivtypologi. *Fornvännen* 1974 (69), s. 105–110: ill.
- Arrhenius, Johan Petter & Lindqvist, Carl Adolf. 1882. *Landbrukspraktika. D. 1, Jordbrukslärans hufvudgrunder*. 4:e omarb. uppl. Stockholm.
- Andersson, Hans, Hansen, Gitte & Jeffery, Sonia. 2015. Järn och städer. Tankar kring det arkeologiska materialet i Bergen och Gamla Lödöse. *Järnet och Sveriges medeltida modernisering*, s. 215–258. Jernkontorets Bergshistoriska Skriftserie nr 48. Halmstad.
- Banham, Debby & Faith, Rosamond. 2014. *Anglo-Saxon Farms and Farming*. Medieval History and Archaeology. Oxford.
- Barad, Karen. 2003. Posthumanist performativity. Toward an understanding of how matter comes to matter. *Signs. Journal of women in culture and society*, vol. 28, no. 3, 801–831
- 2007. *Meeting the universe halfway. Quantum physics and the entanglement of matter and meaning*. Durham & London.
- Basalla, George. 1988. *The evolution of technology*. Cambridge.
- Bentell, Lars. 2015. Vad slaggsvarpen berättar – om tillverkning av koppar och järn innan och under medeltiden i Europa. *Järnet och Sveriges medeltida modernisering*, s. 259–298. Jernkontorets Bergshistoriska Skriftserie nr 48. Halmstad.
- Berg, Gösta & Arvidsson, Greta. 1983. *The Mästermyr Find: a Viking Age tool chest from Gotland*. Stockholm.
- Berglund, Bengt. 2015. Marknad och ämnesjärn. *Järnet och Sveriges medeltida modernisering*, s. 77–114. Jernkontorets Bergshistoriska Skriftserie nr 48. Halmstad.
- Bergqvist, Johanna & Bäck, Mathias. 2009. *Sysslomannens tomt och kök i medeltidens Västerås*. Riksantikvarieämbetet UV Bergslagen 2009:2.
- Berónius Jörpeland, Lena & Hamilton, John. 2010. *Kumla gård i Botkyrka*. Riksantikvarieämbetet UV Mitt, rapport 2010:25.
- Berónius Jörpeland, Lena & Sander, Birgitta. 1996. *Viby gård – livs- och vilorum*. Riksantikvarieämbetet UV Stockholm 1996:114.
- Berónius Jörpeland, Lena & Skyllberg, Eva. 2003. *Lunda gård – delområde G*. Riksantikvarieämbetet UV Mitt, dokumentation av fältarbetsfasen 2003:7.

- Bindler, Richard & Rydberg, Johan. 2015. Revisiting key sedimentary archives yields evidence of a rapid onset of mining in the mid-13<sup>th</sup> century at the Great Copper Mountain, Falun, Sweden. *Archaeometry*. Manuscript in review.
- Björkenstam, Nils. 1990. *Västeuropeisk järnframställning under medeltiden: [Iron production methods in medieval Western Europe]*. Jernkontorets Bergshistoriska Skriftserie nr 26 Stockholm.
- Borg, Kaj. 1998. Sammanfattning, i: *Eketorp–III. Den medeltida befästningen på Öland. Artefakterna*.
- Borna-Ahllkvist, Hélène. 1998. *Prysgården: från stenålder till medeltid: arkeologisk slutundersökning RAÄ 166 och 167, Östra Eneby socken, Norrköpings kommun, Östergötland*. Riksantikvarieämbetet, UV Linköping 1998:13.
- Buchwald, Vagn Fabritius. 1991. Jernframstilling i Danmark i middelalderen – lidt om bondeovne og kloder, i: *Aarbøger for Nordisk Oldkynighed og Historia*.
- 2005. *Iron and steel in ancient times*. København: Det Kongelige Danske Videnskabernes Selskab.
- 2008. *Iron, steel and cast iron before Bessemer*. København: Det Kongelige Danske Videnskabernes Selskab.
- Calissendorff, Karin. 1971. Om ordet osmund, i: *Om Osmund* (Tholander, E., red.). Jernkontoret.
- Cinthio, Hampus. 1998. Åkerbruk, i: *Eketorp–III. Den medeltida befästningen på Öland. Artefakterna*
- Creutz, Kristina. 2003. *Tension and tradition. A study of Late Iron Age spearheads around the Baltic Sea*. Diss. Theses and papers in Archaeology N.S. A 8. Jyväskylä.
- Crew, Peter. 1991. The experimental production of prehistoric bar iron. I: *The Journal of the Historical Metallurgy Society*, vol. 25, nr 1 1991, s. 21–36.
- 2015. Osmund from the perspective of the English sources. *Järnet och Sveriges medeltida modernisering*, s. 151–190. Jernkontorets Bergshistoriska Skriftserie nr 48. Halmstad.
- Crew, Peter & Salter, Chris. 1993. Currency bars with welded tips. *Bloomery Ironmaking During 2000 Years*, p. 11–30. I: Espelund, A. (red.). Seminar in Budaleb, Sør-Trøndelag, Norway, August 26<sup>th</sup>–30<sup>th</sup> 1991. Volume II. Trondheim.
- Dahlbäck, Göran. 1995. I medeltidens Stockholm. 2:a uppl.
- Dahlén, Rickard & Lundkvist, Olof. 2006. *Historiskt odlingslandskap mellan Bög och Väsby*. Sollentuna kommun. Sollentuna.
- de Vries, Jan. 1993. Between purchasing power and the world of goods: understanding the household economy in early modern Europe, i: Brewer, J. & Porter, R. (red.). *Consumption and the World of Goods*.
- Drotz, Margareta & Ekman, Tomas. 1995. *Kumla Ättebacke – 1000 år i Härads-Kumla*. Riksantikvarieämbetet, UV Stockholm, rapport 1995:32.
- Dobres, Marcia-Anne. 2010. The phenomenal promise of Chaine Opératoire. Mindfully engaged bodies and the manufacture of personhood in a regional perspective., i: Barndon, R., Engevik, A. & Öye, I. (red.). *The Archaeology of Regional Technologies. Case Studies from the Palaeolithic to the Age of the Vikings*.
- Duby, Georges. 1973. *Krigare och bönder, den europeiska ekonomins första uppsving 600–1200*. Stockholm.
- Duby, Georges & Bois, Guy. 1992. *The transformation of the year one thousand: the village of Lournand from antiquity to feudalism*. Manchester, Manchester Univ. Press.
- Duby, Georges & Postan, Cynthia. 1968. *Rural economy and country life in the medieval West*. London.
- Elster, Jon. 1983. *Explaining technological change*.
- Edgren, Bengt & Herschend, Frands. 1995. *Eketorp: den befästa byn på Ölands alvar*. Stockholm, Riksantikvarieämbetet.
- Elfwendahl, Magnus & Kresten, Peter. 1993. *Geoarkeologi inom kvarteret Bryggaren. Arkeologiska artefakter av sten från det medeltida Uppsala*. Rapport UV 1993:5. Stockholm.
- Ehn, Ola & Gustafsson, Jan-Helmer (red.). 1984. *Kransen – ett medeltida kvarter i Uppsala*.
- Ekman, Anders & Thanger, Ove. 2007. Hästskor: något om hovbeslagets historia i Norden från 800-tal till sent 1800-tal. Hällsta jordbruksmuseum.



- Englund, Lars-Erik. 2002. *Blästbruk*. Jernkontorets Bergshistoriska Skriftserie nr 40. Stockholm.
- Ericsson, Alf. 1999. Fossilt odlingslandskap i Närke. i: Ericsson, A. (red.). *Odlingslandskap och uppdragsarkeologi*. Artiklar från Nätverket för arkeologisk agrarhistoria. Riksantikvarieämbetet, Avdelningen för arkeologiska undersökningar, Skrifter 29, s. 10–28. Linköping.
- Erixon, Sigurd. 1931. Lantmannens lätta redskap. i: *Svenska kulturbilder. Band V*.
- Erixon, Sigurd. (red.). 1957. *Atlas över svensk folkkultur*. Del I, Materiell och social kultur.
- Ersgård, Lars. 1997. *Det starka landskapet: en arkeologisk studie av Leksandsbygden i Dalarna från yngre järnålder till nyare tid*. Riksantikvarieämbetet. Stockholm.
- 2002. Staden vid klostret. I.; Hedvall, R. (red.). *Arkeologi i Vadstena, nya resultat med utgångspunkt i undersökningarna i stadsdelen Sanden*, s. 103–116. Riksantikvarieämbetet. Arkeologiska Undersökningar Skrifter 46.
- Espelund, Arne. 1997. The "Evenstad" Process – Description, Excavation, Experiment and Metallurgical Evaluation. i: Nørbach, L. C. (red.). *Early Iron Production – Archaeology, Technology and Experiments*, s. 47–58. Technical Report Nr. 3. 1997. Historical-Archaeological Experimental Centre. Lejre.
- 2006. *Ljåsmiing, ljåslått og bruk av slipestein-bryne i tid og rom*. Trondheim.
- Forrest, Carolyn. 2008. The Nature of Scientific Experimentation in Archaeology. i: Cunningham, P., Heeb, J. & Paardekooper, R. *Experiencing archaeology by experiment: Proceedings of the Experimental Archaeology Conference, Exeter 2007*. Oxbow Books. Oxford.
- Franzén, Bo. 2010. Svenskt järn och den feodala rörelsen cirka 1000–1500. Ett ekonomiskt perspektiv på svensk medeltid. *Med Hammare och Fackla XLI*.
- Franzén, Bo & Söderberg, Johan. 2006. Svenska spannmålspriser under medeltiden i ett europeiskt perspektiv. *Historisk tidskrift* 2006 (126):2, s. [189]–214.
- Frödin, Otto. 1938. *Alvastra kloster*.
- Gadd, Carl-Johan. 1983. *Järn och potatis: jordbruk, teknik och social omvandling i Skaraborgs län 1750–1860*. Diss. Göteborg univ.
- 2009. Gränsen mellan plog och årder: orsakad av naturbetingelser eller av kulturspridning? *Agrarhistoria på många sätt: 28 studier om människan och jorden: festskrift till Janken Myrdal på hans 60-årsdag*, s. 151–172.
- Goodall, Ian H. 2011. *Ironwork in Medieval Britain and Archaeological Study*. The Society for Medieval Archaeology monograph 31. London.
- Goody, Jack. 2012. *Metals, Culture and Capitalism. An Essay on the Origins of the Modern World*. Cambridge University Press.
- Grandin, Lena. 2004. Kol-14-analys av stål från en småländsk kniv. Kort meddelande s. [127]–130: ill. *Formvännern* 2004 (99):2.
- 2007. Två liar från Bengtstorp: metallografisk analys och datering: RAÄ 34 och RAÄ 35, Täby sn, Närke. *Activity report / Geoarchaeological laboratory, Department of Archaeological Excavations, UV Uppsala, The Central Board of National Antiquities*. 2004/2006, s. 35–36
- 2011. *Järnframställning och smide under järnålder och medeltid: arkeometallurgisk undersökning av slagger från fyra platser i Hjortsberga socken, Blekinge, Hjortsberga socken, fornlämning 116, 121, 136: geoarkeologisk undersökning*. Uppsala: UV GAL, Avdelningen för arkeologiska undersökningar, Riksantikvarieämbetet.
- 2012. *Liar och årderbillar. Metallografisk analys av jordbruksredskap av järn och stål. Föremål från Uppland, Västergötland, Öland och Östergötland*. UV GAL Rapport 2012:4. Geoarkeologisk Undersökning.
- Grandin, Lena & Andersson, Daniel. 2007. *En skära från en föromersk grav i Tjärby. Metallografisk analys. Halland, Tjärby socken*. Geoarkeologiskt Laboratorium, Analysrapport 12-2006.
- Gustavsson, Jeanette. 2013. *Stadsgårdar i den medeltida stadens utkant*. Riksantikvarieämbetet UV Rapport 2013:50.
- Hagberg, Johnny (red.). 2005. *Ora et labora: Varnbems klosterkyrka under nio sekler*. Skara stiftshistoriska sällskaps skriftserie

- Hallén, Per. 2003. *Järnets tid: den svenska landsbygdsbefolkningens järninnehav och järnkonsumention 1750–1870*. Diss. Ekonomisk-historiska institutionen, Göteborgs univ.
- Hallinder, Pär. 1978. Spade-shaped currency bars. i: Lamm, K., Lundström, A., Modin, S., Pleiner, R. & Tomtlund, J-E.(red.). *Excavations at Helgö. V:1. Workshop part II*. Lund.
- 1978. Currency bars of Mästermyr type. i: Lamm, K., Lundström, A., Modin, S., Pleiner, R. & Tomtlund, J-E.(red.). *Excavations at Helgö. V:1. Workshop part II*. Lund.
- Hallinder, Pär & Tomtlund, Jan-Erik. 1978. Rod-shaped blanks from Helgö. i: Lamm, K., Lundström, A., Modin, S., Pleiner, R. & Tomtlund, J-E.(red.). *Excavations at Helgö. V:1. Workshop part II*. Lund.
- Hamilton, John, Werthwein, Göran & Grandin, Lena. 2012. *Smedja, bebyggelse och boplatsspår vid Vålsta bytomt, Uppland, Norrsunda sn*. Riksantikvarieämbetet UV Mitt 2012:7.
- Hansson, Pär. 1989. *Sambälle och järn i Sverige under järnåldern och äldre medeltiden: exemplet Närke*. Societas Archaeologica Upsaliensis. Aun 13. Uppsala.
- Hed Jakobsson, Anna. 2003. *Smältdegglars härskare och Jerusalems tillskyndare: berättelser om vikingatid och tidig medeltid*. Diss. Stockholm univ. 2003.
- Henning, Joachim. 1987. *Südosteuropa zwischen Antike und Mittelalter: archaologische Beiträge zur Landwirtschaft des 1. Jahrtausends u.Z*. Berlin.
- Hjärthner-Holdar, Eva. 1993. *Järnet och järnmetallurgins introduktion i Sverige*. Aun 16. Uppsala.
- 2006. Teknik i förändring. i: Ersgård, L. (red.). *Det förflutna är att räkna med*, s. 98–119. Riksantikvarieämbetet.
- 2009. Iron – the metal of weapons and wealth. i: Holmquist Olausson, L. & Olausson, M. (red.). *The Martial Society: Aspects of warriors, fortifications and social change in Scandinavia*. Theses and papers in Archaeology B, s. 133–144.
- 2009b. The Earliest Production of Iron and Steel in Sweden. i: *Sachsensymposium 58. Trondheim 2007*, s. 27–36
- 2011. *Gjutning och smide på Skeke under bronsålder och folkvandringstid*. Riksantikvarieämbetet UV GAL Rapport 2011:7.
- Hjärthner-Holdar, Eva, Forenius, Svante & Willim, Annika. 2014. A Roman Iron Age bloomery site in Gästrikland, Sweden. Evidence of a widespread trade? i: Cech, B. & Rehren, Th. (red.). *Early Iron in Europe*, Instrumentum Monographies 50, s. 261–276.
- Hjärthner-Holdar, Eva, Grandin, Lena & Forenius, Svante. 2013. Blästbruk – finns det en systematik mellan tid, rum och typ? i: Rundberget, B., Larsen, J. H. & Borse Haraldsen, T. H. (red.). *Ovnstypologi og ovnskronologi i den nordiske Jernvinna*, s. 24–38. Jernvinna i Oppland. Symposium på Kit-tilbu, 16–18 juni 2009.
- Hjärthner-Holdar, Eva, Kresten, Peter & Larsson, Lena. 1997. From known to unknown. Applications of Well-Known Experimental Iron Production to Archaeological Materials. i: Nørbach, L. C. (red.). *Early Iron Production – Archaeology, Technology and Experiments*, s. 15–26. Technical Report Nr. 3. 1997. Historical-Archaeological Experimental Centre. Lejre.
- Hjärthner-Holdar, Eva, Ranheden, Håkan, Rahmqvist, Sigurd & Seiler, Anton. 2007. Några avslutande reflektioner. i: *Land och sambälle i förändring. Uppländska bygder i ett långtidsperspektiv, vol. 4*. Arkeologi E4 Uppland – studier, s. 736–739.
- Hjärthner-Holdar, Eva. & Risberg, Christina. 2004. Snabba att ta järnet i bruk. *Forskning och framsteg*. 2004 [38]:7, s. 46–49.
- 2009. Technology of Iron: Choices and Innovation. I: *Materials and Manufacturing Processes*, 24, s. 981–986, 2009
- Hughes, Thomas, P. 1987. The evolution of large technical systems. i: Bijker, W.E., Hughes, T. P. & Pinch, T. (eds). *The social construction of technological systems*.
- Hyenstrand, Åke. 1972. *Järnframställning i randbygd och problemet Järnbäraland: en kartografisk studie*. Jernkontorets bergshistoriska rapporter. H 6. Stockholm.
- 1974. *Järn och bebyggelse: studier i Dalarnas äldre kolonisationshistoria*. Dalarnas museum. Falun.

- 1977. *Hyttor och järnframställningsplatser: några sammanfattningar kring inventerat material*. Jernkontorets bergshistoriska rapporter. H 14. Stockholm.
- Hållans, Ann-Mari & Svensson, Kenneth. 1998. *Pollista – bo och bruka under 1200 år*. Riksantikvarieämbetet UV Mitt, rapport 1998:110.
- Jacobson, Staffan & Hogmark, Sture. 2011. *Tribologi – friktion, smörjning och nötning*. Ångströmlaboratoriet 2005. Uppsala
- Jacobsson, Tomas (i manus.). Viktminskningen vid förädling av osmundjärn till ämnesjärn, i: Johansson, M. & Myrdal, J. *Preliminära register över vissa järnföremål med viktangivelser från 1500-talet*. Jernkontorets bergshistoriska rapporter. H-serien.
- Jirlow, Ragnar. 1970. *Die Geschichte des schwedischen Pfluges*. Nordiska museet. Stockholm.
- Johansson, Mats & Myrdal, Janken (i manus.). *Preliminära register över vissa järnföremål med viktangivelser från 1500-talet*. Jernkontorets bergshistoriska rapporter. H-serien.
- Jonell Ericsson, Britta. 1980. Industriella anläggningar. *Lima och Transtrand – ur två socknars historia I. Myrjärn och Smide*. Malung.
- Joosten, Ineke, van Nie, Matthijs & de Rijk, Patrice. 1997. i: Nørbach, L. C. (red.). *Early Iron Production – Archaeology, Technology and Experiments*, s 81–92. Technical Report Nr. 3. 1997. Historical-Archaeological Experimental Centre. Lejre.
- Karlsson, Catarina. 2001. Møre, järnet och människan. I: Magnusson, G. (red.). *Møre – historien om ett småland*. Kalmar läns museum. Kalmar.
- 2003. Bergsbruk: nya samhällen, system och identiteter. I: Karlenby, L. (red.). *Mittens Rike – arkeologiska berättelser från Närke*, s. 425–440. Örebro.
- 2007. The Hyttehamn Project – First Light on a "New" medieval Swedish Bergslag. *Norberg – Nora 700 Years of Iron Production*. Jernkontorets bergshistoriska rapporter. H 78. Stockholm.
- 2010. Den svenska masugnen med ett europeiskt perspektiv. *Med Hammare och Fackla XLI*.
- 2015. Ökad konsumtion av järn – en förutsättning för modernisering. Exemplet järnkonsumtion i medeltida åkerbruk. *Järnet och Sveriges medeltida modernisering*, s. 191–214. Jernkontorets Bergshistoriska Skriftserie nr 48. Halmstad.
- Karlsson, Catarina & Ask, Christer. 2010. *Hyttehamnsprojektet 2005–2008*. bergshistoriska rapporter. H 79. Stockholm.
- Karlsson, Catarina & Pettersson Jensen, Ing-Marie. 2010. Från malm till osmund. *Med Hammare och Fackla XLI*.
- 2011. Hyttorna och bebyggelsen. i: *Bergsbruk – gruvor och metallframställning*, s. 44–46. Sveriges National Atlas.
- Karlsson, Lennart. 1982. Nils Månsson Mandelgren och medeltida svenskt järnsmide. *Fornvännen* 77, s. 111–129.
- Karlsson, Pär, Menander, Hanna & Heimdahl, Jens. 2006. *Kvarteret Konstantinopel – omfattande profana lämningar i centrala Norrköping*. Riksantikvarieämbetet UV Öst, rapport 2006:9.
- Karsvall, Olof. 2014. Åkerstorlek 1640 som indikator på stora medeltida bebyggelser, i: Karsvall, O. & Jupiter, K. (red.). *Medeltida storgårdar – 15 uppsatser om ett tvärvetenskapligt forskningsproblem*. Acta Academiae Regiae Gustavi Adolphi CXXXI.
- Kitsikopoulos, Harry. 2000. Standards of living and capital formation in pre-plague England: a peasant budget model. *Economic History Review*. LIII. No 2.
- Kresten, Peter. 1996. *Stenföremål från Sigtuna 1: rapport, Uppland, Sigtuna, Raä 195*. RAÄ UV Uppsala GAL analysrapport nummer 6a-1996.
- Kritz, Göran. 1997. Jordbearbetning, sådd och skötsel av grödor. *Agrarhistoria* s. 139–152.
- Korobkova, G.F. 1992. Försök med forntida jordbruksredskap. *Fornida teknik* 2/92.
- Lagerås, Per. 2007. *The ecology of expansion and abandonment: medieval and post-medieval agriculture and settlement in a landscape perspective*. *Medieval and Post-Medieval Land-use and Settlement Dynamics in a Landscape Perspective*. Riksantikvarieämbetet. Lund.
- Langdon, Jack & Myrdal, Janken et al. 1997. *Medieval farming and technology: the impact of agricultural change in Northwest Europe*. Leiden, Brill.

- Lamm, Jan Peder. 1964. *Om liar: studier i svenskt liesmide med särskild hänsyn till det industriella liesmidet i Leksands socken i Dalarna*: Uppsats. Institutionen för nordisk och jämförande fornkunskap. Stockholms universitet.
- 1977. Om liar och liesmide. *Fataburen*. 1977, s. 107–140.
- Larsson, Jesper. 1989. *Dokumentation av brynstensbrott på Sälffället i Transtrands socken*. Dalarnas museums arkeologiska rapport 1989:9.
- Latour, Bruno. 2005. *Reassembling the social: an introduction to actor-network-theory*. Oxford: Oxford University Press.
- Lerche, Grith. 1994. *Ploughing implements and tillage practices in Denmark from the Viking period to about 1800 experimentally substantiated*. Herning, Kristensen.
- Lindberg, Sofia & Lindeblad, Karin. 2013. Stadsbornas odlingar. i: Hedvall, R., Lindeblad, K. & Menander, H. (red.). *Borgare, bröder och bönder. Arkeologiska perspektiv på Skånings äldre historia*. Riksantikvarieämbetet UV.
- Lindkvist, Ann. 2005. *Kring ett dike på Norra gårdet – arkeologisk undersökning av boplatslämningar från yngre järnålder i Gamla Uppsala*. SAU Skrifter 11.
- Lindkvist, Thomas. 2010. Riksbildning och statsbildning: regionala variationer i det blivande Sverige. *Med Hammare och Fackla XLI* s. 15–40.
- 2015. En medeltida modernisering. *Järnet och Sveriges medeltida modernisering*, s. 19–46. Jernkontorets Bergshistoriska Skriftserie nr 48. Halmstad.
- Lindroth, Sten. 1955. *Grubvrytning och kopparhantering vid Stora Kopparberget intill 1800-talets början*. Mit deutscher Zusammenfassung, Volym 1.
- Lindstedt, Karl. 1883. *Svenska meterboken*. Stockholm.
- Ling, Johan, Stos-Gale, Zofia, Grandin, Lena, Billström, Kjell, Hjärthner-Holder, Eva & Persson Per-Olof. 2014. Moving metals II: provenancing Scandinavian Bronze Age artefacts by lead isotope and elemental analyses. i: *Journal of Archaeological Science* 41, s. 106–132.
- Ljung, Jan-Åke. 1994. *Kv Tryckeriet: Närke, Örebro, Tryckeriet 10*. Riksantikvarieämbetet UV Stockholm, rapport 1994:69.
- Lingström, Henriette S. 1997. In the Borderland of Archaeology – Experimental Forging. i: Nørbach, L. C. (red.). *Early Iron Production – Archaeology, Technology and Experiments*, s. 27–36. Technical Report Nr. 3. 1997. Historical-Archaeological Experimental Centre. Lejre.
- Magnusson, Gert. 1984. Lapphyttan – En medeltida masugn i Karbenings socken. *Karbenning – en bergslagssocken*. Norberg.
- 1985. Lapphyttan – An example of medieval iron production. *Medieval Iron in Society*. Jernkontorets bergshistoriska rapport. H 34. Stockholm.
  - 1986. *Lägteknisk järnhantering i Jämtlands län*. Diss. Jernkontorets Bergshistoriska Skriftserie nr 22.
  - 1997. Bergsmän, Arbetare, Bönder, Gruvor, Hyttor och Oxar. *Svenskt järn under 2500 år. Från gruppigor och smeddrängar till operatörer*. Daedalus, Tekniska Museets årsbok nr 65. Stockholm.
  - 2003. Bergslagens bebyggelse under 1000 år. *Bebyggelsehistorisk tidskrift nr 43*. Stockholm.
  - 2010. Möre: järn och samhällsbildning i rikets marginal. *Med Hammare och Fackla XLI*, s. 267–294.
  - 2015. Järn i smålandet Möre. Kring teknik och bebyggelse i en medeltida skogsbygd. *Järnet och Sveriges medeltida modernisering*, s. 369–398. Jernkontorets Bergshistoriska Skriftserie nr 48. Halmstad.
- Magnusson, Gert. (red.). 2014. *Nya Lapphyttan – medeltida bergsmannakunskap rekonstruerad*. Jernkontorets bergshistoriska rapporter. H 80.
- Mathieu, James R. 2002. *Experimental Archaeology: Replicating Past Objects, Behaviors, and Processes*. BAR, International Series. Oxford.
- Matsson, Niss Hjalmar. 1982. Arbetsmetoder och smidesalster. *Lima och Transtrand – ur två socknars historia 1. Myrjärn och smide*. Malung.
- Mattson, Staffan. 1997. *Fakta om material*. Stockholm.

- Miller, Daniel. 1998. Why some things matter. i: Miller, D. (red.). *Material cultures. Why some things matter*. London.
- Modin, Helfrid & Modin, Sten. 1985. *Lapphyttejärn. En metallografisk undersökning och guide med arkeologiska kommentarer* (av Inga Serning). Delrapport från Lapphytteprojektet. Riksantikvarieämbetet och Jernkontoret.
- Myhre, Björn. 2002. Norges Landbruk, Landskap og Samfunn 4000 f.Kr.–800 e.Kr. *Landbrukshistorie I 4000 f.Kr. – 1350 e. Kr.*
- Myrdal, Janken. 1982. Jordbruksredskap av järn före år 1000. i: *Fornvännen 1982*, s. 81
- 1985. *Medeltidens åkerbruk. Agrarteknik i Sverige ca 1000 till 1520*. Diss. Stockholm.
  - 1988. Agrarteknik och samhälle under 2000 år. i: Näsman, U. & Lund, J. (red.). *Folkevandringstiden i Norden: En krisetid mellem äldre og yngre jernalder*. Aarhus
  - 1996. Jordbruksredskap av järn före år 1000. i: Perlinge, A. (red.). *Landbon, ladan och lagen och hägnaderna, arbetstiden och bygdelaget samt ytterligare 20 agrarhistoriska artiklar*, s. 43–69. Skogs- och Lantbruksakademien.
  - 1999. Jordbruket under feodalismen 1000–1700. *Det svenska jordbrukets historia. Vol. II*.
  - 1999. The Agrarian Revolution Restrained. Swedish Agrarian Technology in the 16<sup>th</sup> Century in a European Perspective. i: Liljewall, B. (red.). *Agrarian systems in Early Modern Europe: technology, tools, trade*. Skrifter om skogs- och lantbrukshistoria 13.
  - 2004. Motsatstänkandet i praktiken, ett historiefilosofiskt försök. *Folkets Historia. Volym 33*.
  - 2005. The perfect scythe – and other implements. i: *Journal of Nordic Archaeological Science 2005*.
  - 2012. *Boskapsskötsel under medeltiden. En källpluralistisk studie*. Nordiska museets handlingar 139. Stockholm.
- Myrdal, Janken (i manus). Källvärdering och järnkonsumtion, i: Johansson, M. & Myrdal, J. *Preliminära register över vissa järnföremål med viktangivelser från 1500-talet*. Jernkontorets bergshistoriska rapporter. H-serien.
- Myrdal, Janken & Söderberg, Johan. 1991. *Kontinuitetens dynamik. Agrar ekonomi i 1500-talets Sverige*. Stockholm.
- Norén, Karl-Gunnar & Enander, Lars. 2001. *Klassiskt järnsmide*. Stockholm.
- Norling, Anso. 2001. *Lieorv – tillverkning, tradition och funktion*. Agrarhistorisk uppsatskurs 10 p. SLU.
- Nyman, Anders. 1965. *Lie, liesmide*. KLNMX.
- Nyquist, Orvar. 2011. Swedish Mining and Metalworking – Past and Present. *The National Atlas of Sweden*. Stockholm.
- Nørbach, Lars Chr. 1997. An Experiment Using Wood as Fuel in a Slag-Pit Furnace. i: Nørbach, L. C. (red.). *Early Iron Production – Archaeology, Technology and Experiments*, s. 59–62. Technical Report Nr. 3. 1997. Historical-Archaeological Experimental Centre. Lejre.
- Olausson, Lena. 1987. *Experimentell arkeologi*. Sveg.
- Perdue, P. C. 1995. Technological determinism in agrarian societies. i: Smith, M. R. & Marx, L. (red.). *Does technology drive history? The dilemma of technological determinism*, s. 169–200. MIT Press Cambridge.
- Petersson, Bodil & Narmo, Lars Erik (red.). 2011. *Experimental archaeology: between enlightenment and experience*. Lund university, Department of Archaeology and Ancient History. Lund.
- Pleiner, Radomir. 1978. The introduction and conclusion from the report on metallographical examinations of tools, knives and arrow-heads. i: Lamm, K., Lundström, A., Modin, S., Pleiner, R. & Tomtlund, J.-E. (red.). *Excavations at Helgö. V:1. Workshop part II*. Lund.
- Pleiner, Radomir. 2000. *Iron in Archaeology. The European Bloomery Smelters*. Prag.
- Pleiner, Radomir. 2006. *Iron in Archaeology. Early European Blacksmiths*. Prag.
- Petterson Jensen, Ing-Marie. 2003. Medeltiden – en expansiv period i Norbergs bergslag. *Bebyggelsehistorisk tidskrift nr 43* 2002. Stockholm.
- 2012. *Norberg och järnet: bergsmännen och den medeltida industrialiseringen*. Diss. Stockholms universitet. Jernkontorets Bergshistoriska Skriftserie nr 46.



- 2015. Bergslagen modernt i alla tider – Gamla Norbergs bergslag och utvecklingen på Vikaberg och Garpenberg från förhistorisk tid till medeltid. *Järnet och Sveriges medeltida modernisering*, 399–446. Jernkontorets Bergshistoriska Skriftserie nr 48. Halmstad.
- Ragnesten, Ulf. 1996. *Bruk av järn i västsvensk förhistoria*. Lic-avh. Institutionen för arkeologi, Göteborgs univ. GOTARC Serie C No. 14.
- Regner, Elisabet. 2005. *Den reformerade världen: monastisk och materiell kultur i Alvastra kloster från medeltid till modern tid*. Diss. Stockholm Studies in Archaeology 35.
- Rinman, Sven. 1789. *Bergwerks lexicon*. Stockholm.
- Rosengren, Mats. 2013. LieMats Liekatalog 2013. Pdf. [www.liemats.se](http://www.liemats.se).
- Rydberg, Tomas. 1987. Studier i plöjningsfri odling i Sverige 1975–1986. *Rapporter från jordbearbetningsavdelningen. Sveriges Lantbruksuniversitet SLU. Uppsala*.
- Sandberg, Berit. 1987. *Björnsjöås. En gård i Göteborgs inland*. Studier i Nordisk Arkeologi nr 16.
- Sandberg, Fredrik. 1994. Järnet – gården – bygden. *Dalarna*. 1994 (64), s. 85–94.
- Sigaut, Francois. 1998. Le fer dans l'agriculture. i: Feller, L., Mane, P. & Pionnier, F. (red.). *Le village médiéval et son environnement*. Études offertes à Jean-Marie Pesez, s. 413–426. Paris.
- Sigsjö, Ragnar. 1980. *Varnhems kloster, Varnhems sn, Västergötland*. Arkeologisk undersökning 1976. Riksantikvarieämbetet och Statens historiska museer. Undersökningsverksamheten 1980:61.
- Sillén, Peter. 2009. *Hus och hägnad vid Knista bytomt*. Riksantikvarieämbetet UV Mitt, rapport 2009:31.
- Sporrong, Ulf. 1978. *Ryggade åkrar*. Stockholm.
- Stensberg, Axel. 1943. *Ancient harvesting implements: a study in archaeology and human geography*. Diss. København Univ., 1942.
- Stiernstedt, Petter. 1995. Årder, plog och plöjningsfri odling. Argument för olika bearbetningsätt 1700–1994. Uppsats i Agrarhistoria, SLU.
- Svensson, Eva. 1998. *Människor i utmark*. Lund Studies in medieval archaeology. Diss. Lund univ.
- Thordeman, Bengt. 1917. Alsnö hus, i: *Fornvännen 1917*, s. 102–114.
- Thålin-Bergman, Lena. & Arrhenius, Birgit. 2005. Weapon investigations, Helgö and the Swedish hinterland. *Excavations at Helgö XV*.
- Tobiasen, Anna Helene. 1981. *Smeden i eldre tid*. Inst. For folkelivsgransking/Univ.forl. Oslo.
- Tollin, Clas. 2010. Ägodomäner och sockenbildning i västra Östergötland: en rumslig studie om kyrkliga upptagningsområden och ägarförhållanden vid tiden för Alvastra klostrets grundande. SLU.
- Tomtlund, Jan-Erik. 1973. *Metallographic Investigation of 13 Knives from Helgö*. Early Medieval Studies 5. Antikvariskt arkiv 50.
- Trotzig, Gustaf. 2014. *Metaller, hantverkare och arkeologi*. Från nutid till forntid.
- Törnblom, Mille. 1981. Metallografisk analys av inläggningar i en vikingatida svärdsklinga. *Fornvännen 1981*, s. 24–25.
- Vretemark, Maria. 2011. Varnhem före klostrets tid, i: Hagberg, M. (red.). *Varnhems kloster före Birger Jarl: om klostrets rottrådar i tiden*. Skara Stiftshistoriska Sällsksaps skriftserie.
- Wallander, Anders. 1998. Brynen. *Eketorp III. Den medeltida befästningen på Öland*.
- 2015. Osmundar i svenskt arkeologiskt material. *Järnet och Sveriges medeltida modernisering*, s. 115–150. Jernkontorets Bergshistoriska Skriftserie nr 48. Halmstad.
- Welinder, Stig, Pedersen, Ellen Anne & Widgren, Mats. 2004. *Det svenska jordbrukets historia*. Bd 1, Jordbrukets första femtusén år: [4000 f.Kr.–1000 e.Kr.]. 2. [uppl.] Stockholm.
- White, Lynn. 1962. *Medieval technology and social change*.
- Åstrand, Johan. 2012. *Feodal järnhantering eller bondesmide – introduktion av vattenkraft vid järnhantering i sydvästra Sverige*. Uppsats i kandidatkurs i Historisk arkeologi. Institutionen för arkeologi och antikens historia. Lunds universitet.
- Öye, Ingvild. 1998. *Middelalderbyens agrare trekk*. Bergen.
- Öye, Ingvild. 2002. Landbruk under press 800–1350. *Landbrukshistorie I 4000 f.Kr.–1350 e.Kr.*



# 12. Lista över figurer och tabeller

## 2. Teori

Figur 2:1. Medeltida agrartechniskt komplex. Källa: Myrdal 2004

## 3. Metod

Figur 3:1. Fyra mekanismer för abrasiv repbildning. Källa: Jacobson & Hogmark 2005:108

## 5. Forskningsläge och bakgrund

Figur 5:1. Nyborgsbillen och Odensebillen. Källa: Lerche 1994:37–38.

Figur 5:2. Utbredningen av blästbruk. Källa: Sveriges National Atlas 2011:33

Figur 5:3. Utbredning av medeltida hyttor och bergslager i Sverige. Källa: Sveriges National Atlas 2011:44

Figur 5:4. Blästerugnarnas förändring under 3000 år. Källa: Englund 2002:331

Figur 5:5. Blästbruksdateringar från olika delar av Sverige. Källa: Magnusson 1986:226

Figur 5:6. Slaggförekomst i Sverige ur slaggdatabas. Källa: Berglund 2015:111

Figur 5:7. Principskiss över den medeltida masugnen med utgångspunkt från Lapphyttan, Hyttehamn och Garneys skisser. Källa: upprättad av Catarina Karlsson och Gert Magnusson, med terminologi efter Rinman 1789

Figur 5:8. Tekniska komplex blästbruk och hyttbruk samt karta över dess utbredning. Källa: upprättad av Catarina Karlsson, Pettersson Jensen 2015:404

Figur 5:9. Medeltida städ från Västergötland. Foto: Catarina Karlsson

Figur 5:10. Dubbla bälgar till ässja. Foto: Catarina Karlsson

Figur 5:11. Tolkning av medeltida produkter med utgångspunkt från historiska källor och experimentell arkeologi. Källa: Englund 2002:278

Figur 5:12. Ämnesjärn. Källa: Buchwald 2005:103, Berglund 2015:102

Figur 5:13. Osmundar från Hyttehamn. Foto: Kenneth Sundh

Figur 5:14. Diagram över Hanssons och Halléns uppskattning av järninnehav på gårdar i landsbygds-miljö. Källa: Hallén 2003:194

Figur 5:15. Årderbruk från kalkmålning i Tensta kyrka i Uppland (1473). Foto: Catarina Karlsson

Figur 5:16. Plöjda fåror (t.v.) och ärvade repor (t.h.). Foto: Catarina Karlsson

Figur 5:17. Olika typer av europeiska fältstäd. Källa: Pleiner 2006:99

Figur 5:18. Skärör. Källa: Myrdal 1982:54

Figur 5:19. Årder. Källa: Myrdal 1985:83

Figur 5:20. Svenska årderbillar. Källa: Myrdal 1985:90

Figur 5:21. Krokårder, bågårder, tresidigt årder, sulårder, fyrsidigt årder och högårder. Källa: Myrdal 1985:82

Figur 5:22. Årderspår från arkeologiska undersökningar, korsärjning och parallella rader. Källa: Syd-svensk arkeologi AB

Figur 5:23. Hjulplög. 1. The stilt and handle, 2. The beam-wedges, 3. The beam, 4. The stilt tenon and peg, 5. The heel of the sole, 6. The sole, 7. The tongue of the sole, 8. The mould board, 9. The plough share, 10. The sheath, 11. The breast of the sole, 12. The coulter, 13. The beam cross peg, 14. The tenon hole and peg of the sheath, 15. Two wedges in the sheath hole, 16. The clamp for the plough axe, 17. Two wedges for the coulter, 18. A peg for the plough staff, 19. The draught collar, 20. The chain with the collar, 21. The draught peg, 22. A spoked wheel, 23. The rim of the wheel, 24. A felloe piece, 25. The draught board, 26. The bub, 27. The axle, 28. A spoke. 19-28 The forecarriage. Källa: Lerche 1994:14

Figur 5:24. Högsta kustlinjen och Sveriges vattenbalans samt plogens spridning 1000-1300 och 1300-1700. Källa: Gadd 2009: 153, 161, 163

Figur 5:25. Aleröplögbillen. Källa: Lerche 1994:214

## I. Undersökningen – del I

### Jordbruksredskap av järn

Figur I:1. Årderbill från Norrlandsgatan 13 SHM 11056. Foto: Catarina Karlsson.

Figur I:2. Årderbillen från Varnhem. Foto: Catarina Karlsson.

Figur I:3. Eketorp III och fördelningen av jordbruksredskap. Källa: Borg 1998:58, figur 45

Figur I:4. Lien från Eketorp. Källa: Borg 1998:73

Figur I:5. Plan över Alvastra kloster. Källa: Wallander 2015:123

## II. Undersökningen – del II

### Att analysera järnredskapens egenskaper

Figur II:1. Årderbill från Norrlandsgatan 13 i Stockholm (t.v.) efter provtagning (t.h.). Foto: Lena Grandin

Figur II:2. Årderbill från Varnhems kloster (t.v.) efter provtagning (t.h.). Foto: Lena Grandin

Figur II:3. Lie från Eketorps borg. Foto: Lena Grandin

Figur II:4. Det inlagda stålet i Eketorpsliens tvärsnitt. Foto: Lena Grandin (Bilaga 1 Figur 23)

Figur II:5. Lie från Alvastra kloster. Foto: Catarina Karlsson

Figur II:6. Samtliga tre <sup>14</sup>C-daterade föremål. Ua-30600 – SHM 11056, Ua-30601 – SHM 31597:V28:27 och Ua-30602 – SHM 18393:3263

## III. Undersökningen – del III

### Smide av repliker av medeltida fynd

Figur III:1. Färgskala för uppvärmning angiven i grader Celsius. Källa: Enander och Norén 2006, Pleiner 2006:54

Figur III:2. Ässja vid Nya Lapphyttan. Foto: Catarina Karlsson

Figur III:3. Smeden Patrik Jarefjäll i arbete. Foto: Catarina Karlsson

Figur III:4. Fjäderhammaren vid räckning. Foto: Catarina Karlsson

Figur III:5. Smidesshammare och städ i Mariestad. Foto: Catarina Karlsson

Figur III:6. Ritning av Årderbill SHM 11056, vikr 573 g, längd 201 mm, bredd 77 mm, och tjocklek 5–9 mm. Källa: Upprättad av Catarina Karlsson och Patrik Jarefjäll

Figur III:7. Formningsanalys. Källa: Upprättad av Patrik Jarefjäll

Figur III:8. Smidesschema. Källa: Upprättad av Patrik Jarefjäll

Figur III:9. Det uppvärmda ämnet med en tydlig markering (vilken gjorts med källsätt) som visar vilken del som skall utformas till bladet till vänster och skaftet till höger. Foto: Catarina Karlsson

Figur III:10. Utformning av blad och skaft. Foto: Catarina Karlsson

Figur III:11. Vinkel mellan blad och skaft. Foto: Catarina Karlsson

Figur III:12. Årderbill från 1300-talets Stockholm samt rekonstruktionen till höger. Foto: Catarina Karlsson

- Figur III:13. Ritning av årderbill Varnhemsbillen SHM 18393 vikt 1173 g, längd 230 mm, bredd 73 mm, tjocklek 3–12 mm. Källa: Upprättad av Catarina Karlsson och Patrik Jarefjäll
- Figur III:14. Årderbill SHM 18393. Foto: Lena Grandin
- Figur III:15. Blästjärn från Tranemo. Foto: Catarina Karlsson
- Figur III:16. Sammanvällning av blästtenar till större stycke. Foto: Catarina Karlsson
- Figur III:17. Billämne med omslag av nytt blästjärn. Foto: Catarina Karlsson
- Figur III:18. Billämne. Foto: Catarina Karlsson
- Figur III:19. Lien och dess delar. Källa: Myrdal 2005
- Figur III:20. Ritning av Alvastralien (*det ursprungliga arkeologiska objektet*) vikt 194 + 146 = 340 g, längd 670 mm, bredd 24 mm, tjocklek 6–2,5 mm. Källa: Upprättad av Catarina Karlsson och Patrik Jarefjäll
- Figur III:21. Räckning av lieämnet. Foto: Catarina Karlsson
- Figur III:22. Ritning av Eketorpslien (*det ursprungliga arkeologiska objektet*) 332 gram, längd 455 mm, bredd 26–35 mm, tjocklek 5,5–1 mm. Källa: Cinthio 1998:73 V 28:27 LH

#### IV. Undersökningen del – IV

##### Experiment med årder och lie vid Järvafältet

- Figur IV:1. Sverigekarta med Östra Järvafältet markerat. Källa:
- Figur IV:2. Karta över det historiska landskapet mellan Väsby och Bögs gårdar. Här kan vi se Väsby Båtsmanstorp markerat med (E), Allmogeå kern vid Väsby markerad med (B) och Tvåsädeså kern vid Bög markerad med (F). Källa: Karta från Sollentuna kommun
- Figur IV:3. Båtsmanstorpets åker. Foto: Catarina Karlsson
- Figur IV:4. Tvåsädeså kern ärjad. Foto: Catarina Karlsson
- Figur IV:5. De båda arkeologiska fynden av årderbillar tillsammans med replikerna. Från vänster Varnhemsbillen, replik av Varnhemsbillen, Stockholmsbillen samt replik av Stockholmsbillen. Foto: Catarina Karlsson
- Figur IV:6. Järnårdret med monterad träsula. Foto: Catarina Karlsson
- Figur IV:7. Nyttillverkad träsula av ek där den varma billen passas in. Foto: Catarina Karlsson
- Figur IV:8. Schematisk skiss över dragdjur och årder. 1. Draglinor, 2. Svänglar, 3. Våg, 4. Årder. Sammantaget är ekipaget cirka 4,5 meter långt (*från hästens bringa till årdrets träsula slutar*). Källa: Upprättad av Catarina Karlsson
- Figur IV:9. Opid och Caruzo (Caruzo i förgrunden) selade vid årdret. Foto: Catarina Karlsson
- Figur IV:10. Norra delen av tvåsädeså kern under den första ärjningen. Foto: Catarina Karlsson
- Figur IV:11. Stenen som bröt träsulan och den brutna träfoten. Foto: Catarina Karlsson
- Figur IV:12. Årdret med fot. Foto: Catarina Karlsson
- Figur IV:13. Båtsmanstorpet inmätning av ärjandet. Foto: Catarina Karlsson
- Figur IV:14. Replik av Stockholmsbillen, nyttillverkad, ovan- och undersida (t.v.) samt nött efter användning (t.h.). Foto: Catarina Karlsson
- Figur IV:15. Varnhemsbillen på plats på årdret. Foto: Catarina Karlsson
- Figur IV:16. Allmogeå kern före och efter ärjning. Foto: Catarina Karlsson
- Figur IV:17. Norra Tvåsädeså kern före och efter ärjning. Foto: Catarina Karlsson
- Figur IV:18. Foto sista träsulan. Foto: Catarina Karlsson
- Figur IV:19. Skiss över Allmogeå kerns ärjningsmönster. Källa: Upprättad av Catarina Karlsson
- Figur IV:20. Tvåsädeså kern före och efter ärjning. Foto: Catarina Karlsson
- Figur IV:21. Replik av Varnhemsbillen, nyttillverkad, ovan- och undersida (t.v.) samt nött efter användning (t.h.). Foto: Catarina Karlsson
- Figur IV:22. Träsulans främre del med avbruten ände fortfarande fast i järnbillen. Foto: Catarina Karlsson
- Figur IV:23. Fårar i genomskärning på Norra Tvåsädeså kern efter sista ärjningen. Foto: Catarina Karlsson

Figur IV:24. Tre olika mönster för vår experimentella årderkörning. Källa: Upprättad av Catarina Karlsson.

Figur IV:25. Hammare, städ och knackningsjigg. Foto: Catarina Karlsson

Figur IV:26. Bryne och sticka. Foto: Catarina Karlsson

Figur IV:27. Alvastraliens fastsättning med kil. Foto: Catarina Karlsson

Figur IV:28. Alvastralien med orv. Foto: Catarina Karlsson

Figur IV:29. Järvafältet och Väsby gård med delar av slätterområden. Foto: Catarina Karlsson

Figur IV:30. Slätter med Alvastralien. Foto: Catarina Karlsson

Figur IV:31. Tvåsådesåker vid slätter. Foto: Catarina Karlsson

Figur IV:32. Eketorpslien med kort och rakt orv. Foto: Catarina Karlsson

Figur IV:33. Eketorpslien under användning av Sara Lundkvist. Foto: Catarina Karlsson

Figur IV:34. Hanstakärret efter slätter. Foto: Catarina Karlsson

Figur IV:35. De två replikerna av medeltida liar med orv. Foto: Catarina Karlsson

Figur IV:36. Knackning med hammare, städ och knackningsjigg. Foto: Catarina Karlsson

## V. Undersökningen – del V

### Tribologi, slitage och slitageberäkningar

Figur V:1. Den nötta billens repor i förstoring. Foto: Catarina Karlsson

Figur V:2. Reptest på Ångströmlaboratoriet. Foto: Catarina Karlsson

Figur V:3. Hårdhetstest utförs av Peter Forsberg på Ångströmlaboratoriet. Foto: Catarina Karlsson

Figur V:4. Diagram över HV-tester av Stockholmsbilen (röd) och dess replik (blå). Källa: Upprättad av Peter Forsberg på Ångströmlaboratoriet

Figur V:5. Närbild på Alvastraliens egg. Foto: Catarina Karlsson

Figur V:6. Närbild på Eketorpsliens egg. Foto: Catarina Karlsson

## 8. Analys

Figur 8:1. Priser på järn, spannmål och koppar. Källa: Franzén 2010:52

Figur 8:2. Osmund och osmundyxa från Hyttehamn. Foto: Kenneth Sundh

Figur 8:3. Illustration över antalet kilo järn per lager i Pollista. Källa: The National Atlas of Sweden 2011

# Lista över tabeller

## Kapitel 5

- Tabell 5:1. Tabell över utformning av billar vid experimentella försök av Grith Lerche. Alla mått i mm. (L= längd B= bredd T= tjocklek). Källa: Lerche 1994 (tabell III)
- Tabell 5:2. Tabell över järnslitage på billar vid experimentella försök av Grith Lerche med tillägg av de två sista kolumnerna till höger av Catarina Karlsson. Källa: Lerche 1994 (tabell XXX och XXXII)
- Tabell 5:3. Tabell över järnslitage på billar vid experimentella försök av Grith Lerche med andel kol och hårdhetstest. Källa: Lerche 1994:54 (tabell XXX och XXXII)
- Tabell 5:4. Halléns uppskattning av slitage i procent per år över föremålskategorier. Källa: Hallén 2003:172
- Tabell 5:5. Crews experiment med råmaterialåtgång, järn och slag vid järnframställning och smide. Kolumn 1 (f. v.) anger vilken del av processen som avses, nästa kolumn anger vilka råmaterial som använts i detta skede i kg, nästa kolumn anger resultatet i kg den sista kolumnen visar hur mycket avfall som processen i detta skede gett i kg. Källa: Crew 1991:35
- Tabell 5:6. Crews experiment från framställning i blåsta till ämnesjärn. Källa: Crew 1991:33
- Tabell 5:7. Experiment med smide av ämnesjärn från osmund. Källa: Jacobson i manus
- Tabell 5:8. Olika järnkvaliteter och densitet. Källa: Englund 2002:221
- Tabell 5:9. En gårds innehav av järn under järnålder var enligt Hansson ca 48 kg. Källa: Hansson 1989:73
- Tabell 5:10. Hanssons jordbruksredskap med de enskilda medelvikterna presenterade. Källa: Hansson 1989
- Tabell 5:11. Redovisad total järnåtgång till jordbruksredskap per år och gård (lispund 6,8 kilo). Källa: Johansson och Myrdal i manus
- Tabell 5:12. Kategorier och benämningar på vad som tillverkats i kungsgårdarnas smedjor under 1500-talet. Källa: Myrdal och Johansson i manus, Karlsson 2015
- Tabell 5:13. Järnförbrukning på kungsgårdar, fördelat i hela procentenheter (%) på ett antal användningsområden. Källa: Myrdal och Johansson i manus
- Tabell 5:14. Översikt över andelen (%) av det totala järninnehavet av jordbearbetningsredskap och gårdsredskap. Källa: Hallén 2003:81, 89
- Tabell 5:15. Jordbruksredskap. Källa: Hallén 2003:92.

## I. Undersökningen – del I Jordbruksredskap av järn

- Tabell I:1 Liar. Källa: Underlaget till tabellen grundar sig dels på egna efterforskningar och dokumentation i SHM:s magasin, dels på SHM:s föremålskatalog samt rapporter och publikationer (de rapporter och publikationer som använts refereras i texten nedan).
- Tabell I:2. Skärar. Källa: Underlaget till tabellen grundar sig dels på egna efterforskningar och dokumentation i SHM:s magasin, dels på SHM:s föremålskatalog samt rapporter och publikationer (de rapporter och publikationer som använts refereras i texten nedan).

Tabell I:3 Årderbillar. Samtliga av typen skaftlappsbillar i denna tabell anges inte hur stor del i % som finns kvar av fyndet på grund av att de flesta billarna är relativt hela. Källa: Underlaget till tabellen grundar sig dels på egna efterforskningar och dokumentation i SHM:s magasin, dels på SHM:s föremålskatalog samt rapporter och publikationer (de rapporter och publikationer som använts refereras i texten nedan).

Tabell I:4. Rundade spadskoningar. Källa: Underlaget till tabellen grundar sig dels på egna efterforskningar och dokumentation i SHM:s magasin, dels på SHM:s föremålskatalog samt rapporter och publikationer (de rapporter och publikationer som använts refereras i texten nedan).

Tabell I:5. Raka spadskoningar. Källa: Underlaget till tabellen grundar sig dels på egna efterforskningar och dokumentation i SHM:s magasin, dels på SHM:s föremålskatalog samt rapporter och publikationer (de rapporter och publikationer som använts refereras i texten nedan).

Tabell I:6. Översikt över redskapens järnvikter med utgångspunkt från genomgång och tabeller ovan alla viktuppgifter i gram. Källa: Sammanställning av tabellerna ovan I.1-5.

## II. Undersökningen – del II

### Att analysera järnredskapens egenskaper

Tabell II:1. Översikt i förenklad form över de olika materialsammansättningarna i de analyserade jordbruksredskapen. Material I är det huvudmaterial som använts. Material II är ett kompletterande material som används i mindre omfattning (exempelvis eggstål). Teckenförklaring: < mindre än, > större än, <<mycket mindre än, >> mycket större än, ≤ mindre än eller lika med, ≥ större än eller lika med. Källa: Bilaga Grandin 2012

## III. Undersökningen – del III

### Smide av repliker av medeltida fynd

Tabell III:1. Sammanfattning av smidet av Stockholmsbillen. Källa: Dokumentation över smidesexperiment

Tabell III:2. Sammanfattning av smidet av Varnhemsbillen. Källa: Dokumentation över smidesexperiment

Tabell III:3. Tabell över smidesexperiment med Alvastralien. Källa: Dokumentation över smidesexperiment

Tabell III:4. Sammanfattning av smidet av repliken av Eketorpslien. Källa: Dokumentation över smidesexperiment

Tabell III:5. Åtgång av blästjärn, stål, kol och arbetstid vid smidesexperimenten. Källa: Dokumentation över smidesexperiment

## IV. Undersökningen del – IV

### Experiment med årder och lie vid Järvafältet

Tabell IV:1. Åkrarnas brukade arealer under experimenten 2012. Källa: Dokumentation över ärjningsexperiment

Tabell IV:2. Träärder från Nordiska museets samlingar med mått (m) och vikt (kg), tabellen redovisar även vilken typ av årder och vilka delar som fanns kvar. Källa: Dokumentation över Nordiska museets samlingar

Tabell IV:3. Sammanställning av ärjningsexperiment med Stockholmsbillen. Källa: Dokumentation över ärjningsexperiment

Tabell IV:4. Tabell över slitage på Varnhemsbillen. Källa: Dokumentation över ärjningsexperiment

Tabell IV:5. Tabell över slitage per kilometer. Källa: Dokumentation av ärjningsexperiment

Tabell IV:6. Tabell över slitage vid slätterexperiment med Alvastralien. Källa: Dokumentation över slätterexperiment

Tabell IV:7. Tabell över slitage vid slätterexperiment med Eketorpslien. Källa: Dokumentation över slätterexperiment



- Tabell IV:8. Sammanställning över slätterexperiment med Alvastralien. Med skärpning menas både sticka och bryne vilka har slagits samman. Källa: Dokumentation över slätterexperiment
- Tabell IV:9. Sammanfattande tabell över slätter med Eketorpslien. Källa: Dokumentation över slätterexperiment
- Tabell IV:10. Vid ett experiment som utfördes av Statens provningsanstalt i Stockholm gjordes särskilda provningar av liar av från fabriken i Igelfors. Experimenten utfördes redan 1929 och gällde slipliar. Experimentet utfördes av Lantbruksskolans elever i Alnarp vid sädesskörd. Källa: Adelsköld 1929
- Tabell IV:11. Tabell över exempel på hur växlande slättertakten är på olika områden. Källa: Dokumentation över slätterexperiment
- Tabell IV:12. Tabell över mängd av hö i gram/m<sup>2</sup> samt med utgångspunkt från detta en uppskattning av utfallet på ett tunnland. Källa: Dokumentation över slätterexperiment

## V. Undersökningen del – V

### Tribologi, slitage och slitageberäkningar

- Tabell V:1. Tabell över HV-tester av Stockholmsbillen. Källa: Dokumentation vid Ångströmlaboratoriet Hos stockholmsbillen har detta dock sitt pris den har nämligen brustit och en av skaftlapparna har brutits av. Kanske har detta skett på grund av billens extrema hårdhet vilket också betyder att den blir sprödare och därför lättare bryts.
- Tabell V:2. Tabell över HV-tester av Varnhemsbillen. Källa: Dokumentation vid Ångströmlaboratoriet
- Tabell V:3. Tabell över HV-tester av repliken av Stockholmsbillen. Källa: Dokumentation vid Ångströmlaboratoriet
- Tabell V:4. Tabell över HV-tester av repliken av Varnhemsbillen. Källa: Dokumentation vid Ångströmlaboratoriet
- Tabell V:7. Tabell över HV-tester av Alvastralien. Källa: Dokumentation vid Ångströmlaboratoriet
- Tabell V:8. Tabell över HRC-test av repliken av Alvastralien. Källa: Dokumentation vid RMIG Sweden AB utförd av Anders Berg
- Tabell V:9. Hårdhet uppmätt på tre norska knackliar från Telemark museum. Källa: Espelund 2006:15
- Tabell V:10. Tabell över HV-tester av Eketorpslien. Källa: Dokumentation vid Ångströmlaboratoriet
- Tabell V:11. Ett genomsnittligt slitage är lika med cirka 100 g per ärjad hektar utifrån experiment med repliken av Stockholmsbillen. Källa: Dokumentation över slätterexperiment
- Tabell V:12. Tabell över slitage med knacklie (Alvastralien) och sliplie (Eketorpslien) med utgångspunkt från ett tunnland, 5000 m<sup>2</sup>. Källa: Dokumentation vid slätterexperiment
- Tabell V:13. Tabell över hypotetiskt antal redskap i en normal redskapsuppsättning vid en gård under medeltid samt det totala järninnehavet för de utvalda kategorierna av jordbruksredskap. Källa: Tabeller I:1-5.
- Tabell V:14. Tabell över hypotetiskt slitage per år på en gård. Källa: Dokumentation och beräkningar av årderexperiment och slätterexperiment

## Kapitel 7 Diskussion

- Tabell 7:1. Tabell över slitage och hårdhet på repliker av plogbillar i Lerches experiment. Källa: Lerche 1994
- Tabell 7:2. Tabell över ärjningsexperimentets slitage och hårdhet på repliker av årderbillar. Källa: Dokumentation vid Ångströmlaboratoriet samt slätterexperiment
- Tabell 7:3. Tabell över slitage i g/km och hårdhet i (HV) över Lerches billar vilka är repliker (ej konstruktioner) samt denna avhandlings experiment. Varnhemsbillens två HV-mått representerar blästjärnet respektive stålet. Det övre måttet i tabellen när det finns två är ett medeltal, det undre ett spann mellan vilka mätningarna utfallit. Tyvärr har det inte varit möjligt att mäta slitaget separat mellan dessa två material, därför är slitaget i g/km detsamma för båda. Källa: Lerche 1994 samt dokumentation från ärjningsexperiment

# Bilaga

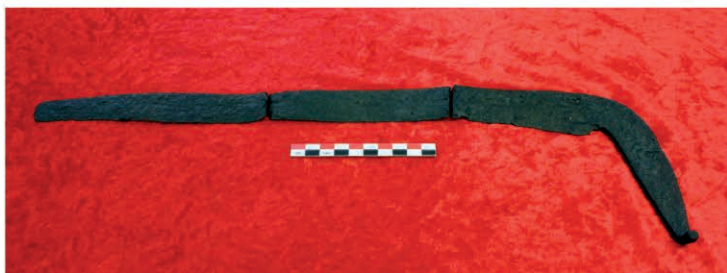
Liar och årderbillar, Metallografisk analys av jordbruksredskap av järn och stål  
föremål från Uppland, Västergötland, Öland och Östergötland.  
Författare Lena Grandin

UV GAL RAPPORT 2012:4  
GEOARKEOLOGISK UNDERSÖKNING

## Liar och årderbillar

Metallografisk analys av jordbruksredskap av järn och stål  
Föremål från Uppland, Västergötland, Öland och Östergötland

*Lena Grandin*



Riksantikvarieämbetet  
Arkeologiska uppdragsverksamheten  
UV GAL

Portalgatan 2A  
754 23 UPPSALA  
Växel: 010-480 80 30  
Fax: 010-480 80 47

e-post: [uvgal@raa.se](mailto:uvgal@raa.se)  
e-post: [fornamn.efternamn@raa.se](mailto:fornamn.efternamn@raa.se)  
[www.arkeologiuv.se](http://www.arkeologiuv.se)

Figur på framsidan: Lien SHM 31597:V28:27 från Eketorps borg, Öland. Överst hela lien. Underst tvärsnitt genom bladet med eggen till höger. Etsat prov som visar den mörkare inlagda eggstålet i ett omgivande mjukare järn.

© 2012 Riksantikvarieämbetet  
UV GAL Rapport 2012:4  
ISSN 1654-7950  
*Utskrift* Uppsala, 2012

## Sammanfattning

Arkeometallurgiska analyser har gjorts av fyra medeltida jordbruksredskap av Geoarkeologiskt Laboratorium (GAL) vid UV Mitt i Uppsala. Analyserna gjordes som en del i avhandlingsarbetet "*Medeltida jordbruksredskap av järn – teknik och konsumtion*" på uppdrag av Catarina Karlsson, institutionen för ekonomi, avdelningen för agrarhistoria vid Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU).

Resultaten visar en variation i förekomsten av materialkvaliteter bland två liar och två årderbillar. Det de har gemensamt är att de är bearbetade i flera steg med smide och värmebehandling. Bland redskapen finns härdat och anlöpt stål, dels som enda material i en årderbill, dels som inlagt eggstål i en lie. En annan lie, där eggen saknas, är tillverkad av homogent lågkolhaltigt stål som är värmebehandlat. Andra materialkvaliteter i form av stål med lägre kolhalt tillsammans med fosforhaltigt järn finns företrätt i en årderbill, som också är tjockare och betydligt rikare på slagg än den homogena årderbillen av stål.

Föremålen har daterats med  $^{14}\text{C}$ -metoden på det kol som finns legerat med järnet, dvs. i stålet. Kolhalten var tillräcklig för datering i tre av de fyra föremålen. Lien med invällt eggstål och årderbillen som har stål tillsammans med fosforhaltigt järn har båda en datering med tyngdpunkt i tidig medeltid. Årderbillen av härdat stål har ett dateringsresultat som tyder på att den är tillverkad något senare under medeltid.

## Abstract

Four Medieval agricultural implements have been analysed by archaeometallurgic methods. The analyses are included in a PhD-study in Agrarian History: "*Medieval agricultural implements of iron – technology and consumption*" made by Catarina Karlsson at the Department of Economics, Swedish University of Agricultural Sciences.

The results demonstrate a variation of iron qualities among two scythes and two shares, used for ard ploughing. The features they have in common are that they are all worked in consecutive processes including forging and several heat treatments. Quenched and tempered steel is represented as a single alloy in a share as well as inlay of edge steel in a scythe. A second scythe is poorly preserved, lacking its edge, but comprises homogeneous, heat treated low-carbon steel. Low-carbon steel, in combination with phosphoric iron, is present in a second share. This share is also much thicker and richer in slag inclusion than the share made of homogeneous steel.

The implements have also been dated by radiocarbon dating using the carbon alloyed with iron. The carbon content of the poorly preserved scythe was however too low for the applied method. For the other three implements the outcome was better. The scythe with steel inlay and the share with steel in combination with phosphoric iron are both dated to the Early Middle Ages, whilst the share made of homogenous steel is produced somewhat later in the Middle Ages.

## Inledning

Geoarkeologiskt Laboratorium (GAL) vid UV Mitt i Uppsala har fått uppdrag av Catarina Karlsson, institutionen för ekonomi, avdelningen för agrarhistoria vid SLU, att genomföra arkeometallurgiska analyser av medeltida jordbruksredskap. Uppdraget omfattar metallografisk undersökning och datering med  $^{14}\text{C}$ -metoden på kol i järnet för att besvara uppdragsgivarens frågeställningar kring järnfyndens järnsammansättning, hur de är smidda och deras datering. Analysen utgör en del av avhandlingsarbetet ”*Medeltida jordbruksredskap av järn – teknik och konsumtion*”. Analysen genomförs med hjälp av ekonomiskt bidrag från Allan Wetterholms Stiftelse till Catarina Karlsson.

## Material och metod

### Fynden

Uppdragsgivaren har valt fyra järnföremål, alla jordbruksredskap, för analys. Föremålen ingår i Statens Historiska Museums (SHM) samlingar och uppdragsgivaren har fått tillstånd för provtagning för analyser. Fortlöpande diskussioner har också förts mellan uppdragsgivaren, SHM och GAL om lämplig provtagning för att besvara de uppställda frågorna och samtidigt minimera ingreppen på föremålen.

De fyra föremål som nu analyseras är

- Årderbill SHM 11056 från Stockholm, Norrlandsgatan 13, Uppland.
- Årderbill SHM 18393:3263 från Varnhems kloster, Västergötland.
- Lie SHM 31597: V28:27 Fid 454006 från Eketorps borg, Öland.
- Lie SHM 23127:373 från Alvastra kloster, Östergötland.

### Provtagning

De båda årderbillarna har kapats med diamantklinga under kylning. Snitten gjordes nära ytterkanten tvärs genom eggen och snett ut mot närmaste långsidan. Båda årderbillarna är skaftlappsbillar med bred egg (Myrdal 1982) även om de är något slitna. Skaftlapparna (se figur 1 och 10) har använts för fastsättning av billen på årdret. I beskrivningarna nedan hänvisas till sida med respektive utan skaftlapp för att orientera proverna.

Samma provtagningsmetod användes för en av liarna (SHM 31597: V28:27), som är fragmenterad i tre delar, där ett tvärsnitt gjordes i anslutning till en brottyta vinkelrätt genom bladet. Provet omfattar såväl rygg som egg. Den andra lien (SHM 23127:373) är sämre bevarad och betydligt tunnare varför ett prov kapades med tång i SHM:s lokaler. Provet togs vinkelrätt genom bladet där dock enbart delen närmast ryggen fanns bevarad. Resten var korroderat varför eggdelen saknas i provet.



## Metallografisk analys

De metallografiska analyserna genomfördes på de kapade proven som gjutits in i plast och slipats och polerats, samt etsats (med 2 % nitallösning) för att kunna se järnets uppbyggnad och sammansättning. Vad gäller sammansättningen är det möjligt att urskilja rent järn (s.k. ferrit), kolstål med varierande kolhalter, gjutjärn med ännu högre kolhalter, samt fosforhaltigt järn, med hjälp av järnets texturer. Hur dessa är fördelade i det provtagna snittet framträder också, liksom om materialet har bearbetats på något speciellt sätt, t.ex. sammanvällning av olika lager med olika sammansättning eller om det har härdats.

Några termer som används för att beskriva metallen är *ferrit* som är mjukt järn utan kolinnehåll, *cementit* som är en förening av järn och kol ( $\text{Fe}_3\text{C}$ ), och *perlit* som är en struktur uppbyggd av omväxlande ferrit och cementit. Generellt medför alltså en större mängd perlit en högre kolhalt och ett hårdare material.

Det är också möjligt att se hur järnet har bearbetats t.ex. om olika stycken har sammanfogats. En sådan vällning skapar ibland en söm, eller en fog som syns som en avvikande linje i provet och ibland också kantas av slagg. Man kan också urskilja olika värmebehandlingar som härdning, dvs. en upphettning med påföljande snabb avkylning i t.ex. vatten. Den bildade strukturen kallas *martensit*. Ett härdat stål kan också anlöpas, för att minska sprödheten och martensiten omformas. Uppvärmning i form av glödgning, utan snabb avkylning, kan även ses i form av cementit som antagit rundare former, så kallad sfäroidisering.

Fosforinnehåll syns vanligen som en överpräglade dendritisk textur.

I järnföremål finns ofta små inneslutningar av slagg. Slaggen består vanligen av flera mineral, bland annat *olivin* som är ett järnsilikatmineral, *wüstit* som är en järnoxid, och en *glasfas* som är en finkornig huvudsakligen ickekristallin fas vars sammansättning kan variera över stora intervall.

Undersökningen genomförs i ett Zeiss Axioskop 40A polarisationsmikroskop utrustat med digitalkamera.

## Datering

Datering med  $^{14}\text{C}$ -metoden görs om resultaten från den metallografiska undersökningen visar att järnet innehåller tillräckligt mycket kol för att dateringen ska kunna genomföras. Dateringen sker på det kol som är i kemisk förening med järn. Kolet är följaktligen inte några inneslutna kolstycken, utan det kol som vid framställning och bearbetning av metallen har blandats med metallen till stål. Det innebär att vedartsanalyser inte kan genomföras och man kan ej definiera vilket träslag det är eller dess ålder.

Kolet extraheras vid förbränning av provet genom att  $\text{CO}_2$ -gas bildas (se bilaga 1). Denna omvandlas till grafit som är det som används i acceleratorbestämningen. Som tumregel kan man förenklat säga att det för en kolhalt på ca 2,0 % krävs 50 mg järn och för 0,1 % behövs 1 g järn för datering (Cook m.fl. 2001).

## Resultat

Resultaten av de metallografiska analyserna presenteras inledningsvis för varje enskilt föremål. Föremålen som helhet beskrivs inte specifikt i detta sammanhang utan tyngdpunkten ligger på de provtagna tvärsnitten.

Årderbill, SHM 11056, Stockholm, Norrlandsgatan 13, Uppland

Ett prov är taget i det närmaste vinkelrätt genom eggen, intill den ena långsidan (Fig. 1). Provet är 26 mm långt. Provet (Fig. 2) är som bredast (föremålets tjocklek) 4 mm och smalnar successivt av till ca 3 mm på ett avstånd av 3 mm från eggen. Därifrån är det avrundat i ett hörn, på sidan med skaftlapp, och formar en trubbig spets.



Figur 1. Årderbill SHM 11056 från Stockholm, Norrlandsgatan 13, Uppland. Till vänster sidan med rester av skaftlappar för fastsättning i övre vänstra delen. Överst till höger syns motstående sida. Nedre högra bilden visar årderbillen efter provtagning längs med en av långsidorna genom eggen. Foto: Mia Englund och Lena Grandin.

### Metallografisk analys

Provet domineras av metalliskt järn. Järnet omges av en tunn hinna av korroderat material. Längre in i metallen finns korrosion enbart längs en tunn central spricka i provet vinkelrätt långsidan där sprickan är parallell med avrundningen. Ett fåtal små sprickor, i ett krackelerat mönster, finns några millimeter från eggen, samt löpande rakt in från eggen.

Det förekommer slaggineslutningar men endast i mycket begränsad mängd och de som finns är utsträckta längs med långsidorna (Fig. 4). De är också samlade i två stråk i anslutning till respektive långsida. Det innebär att det är i det närmaste slaggfritt centralt i provet, framförallt närmast eggen. Ett fåtal inneslutningar mer centralt finns dock på ca 20–25 mm från eggen.

Slaggineslutningarna längs sidan med skaftlapp är uppdelade på två tunna stråk där det som löper närmast kanten innehåller flera faser;

wüstit, olivin och en glasfas. Ett stråk lite längre från samma sida innehåller endast en glasfas. Även slagginneslutningarna längs föremålets motstående sida innehåller enbart en glasfas. Detta stråk förekommer under en liten begränsad sträcka i anslutning till eggen. Det mer centralt belägna slaggsrånket, längst från eggen, innehåller olivin och en glasfas i några, medan såväl wüstit som glas förekommer i andra.

Alla inneslutningar är långsträckta, som mest ca 500 mikrometer, men ofta inte mer än storleksordningen 100 mikrometer. Deras bredd varierar från några mikrometer till som mest något tiotal mikrometer.



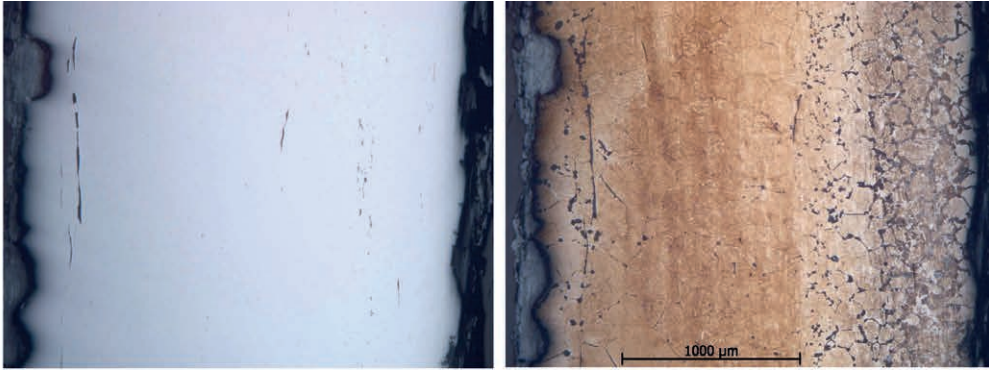
*Figur 2. Detalj på årderbill SHM 11056. Den provtagna snittytan är uppvänd och visar eggens avrundning (se även nästa figur). Foto: Lena Grandin.*

*Figur 3. Det ingjutna provet av årderbill SHM 11056. Provet är 26 mm långt (kortare än snittet i föregående figur). Det är slipat, polerat och etsat och visar i översikt metallens textur som visas i detalj i kommande figurer. Foto Lena Grandin.*

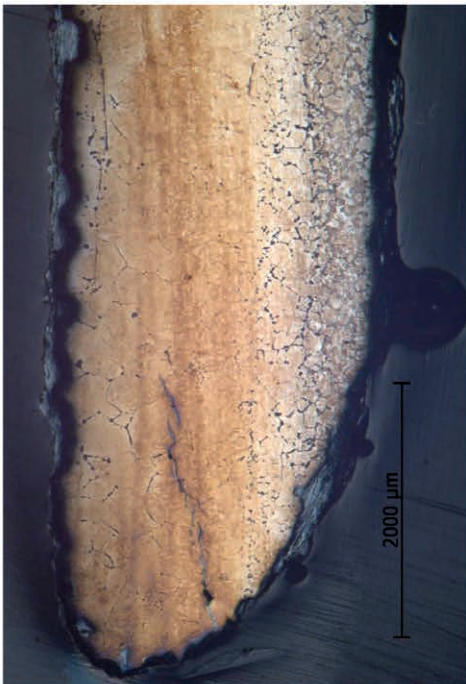


Vid etsning av provytan framträder en dominerande textur av anlöpt martensit (Fig. 4–8). Vid eggen och inåt till ca 1,5 mm från eggen förekommer i princip enbart martensit (Fig. 5, 7–8). Därefter uppträder martensit med perlitnoduler (Fig. 9) på sidan med skaftlapp. Även längs motstående sida övergår det så småningom, efter ca 12 mm till martensit och perlit, lokalt perlitdominerat, längs ytterkanterna medan det i kärnan är enbart martensit. Ungefär 15 mm från eggen är det dock martensit med perlitnoduler genom hela tjockleken. I detta område kan ett centralt stråk med större andel perlitnoduler urskiljas från omgivande martensitdominerande (Fig. 6) delar där kornen generellt är finkornigare längs sidan med skaftlapp och grövre i den motsatta. Det centrala perlitstråket sammanfaller med förekomst av centrala band av slagginneslutningar, som inte förekommer närmare eggen.





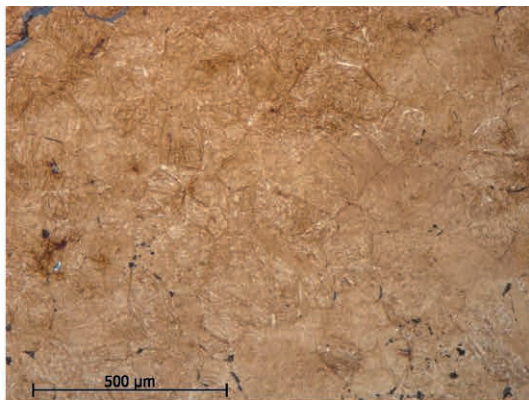
Figur 4. Årderbill SHM 11056. Detalj från mikroskopet, skala i högra bilden. Eggen är nedåt. Den vänstra bilden är på polerat prov som visar den ringa mängden slagginneslutningar som långsmala grå streck i den ljusa metallen. Bilden till höger är samma utsnitt som är etsat och visar den dominerande anlöpta martensittexturen (ljus brun). I högra halvan, och delvis i vänstra, finns små mörkare öar av perlit. Foto: Lena Grandin.



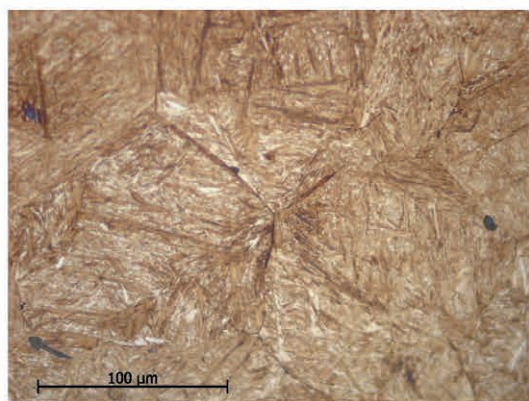
Figur 5. Årderbill SHM 11056. Detalj från eggen med dominans av martensit (ljus brun), men med inslag av perlit som mörkare öar i den högra delen. Foto från mikroskopet på etsat prov. Foto: Lena Grandin.



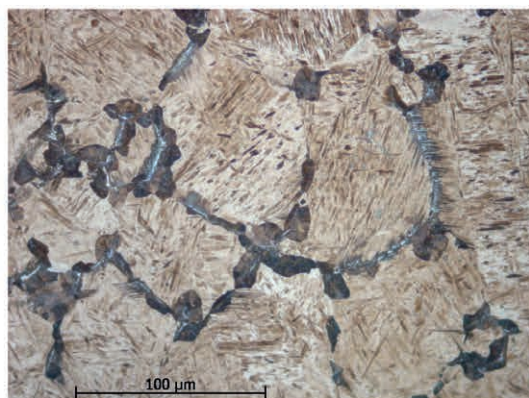
Figur 6. Årderbill SHM 11056. Detalj från ett område i övre delen av figur 3 med större ansamling av perlit i flera parallella stråk. Foto från mikroskopet på etsat prov. Foto: Lena Grandin.



Figur 7. Årderbill SHM 11056. Detalj på område som innehåller nästan enbart martensit.  
Foto från mikroskopet på etsat prov. Foto: Lena Grandin.



Figur 8. Årderbill SHM 11056. Detalj på område som innehåller nästan enbart martensit.  
Foto från mikroskopet på etsat prov. Detalj ur föregående. Mitt i bild ses kornkontakt mellan tre korn. Foto: Lena Grandin.



Figur 9. Årderbill SHM 11056. Detalj på område som innehåller martensit och noder av perlit. Foto från mikroskopet på etsat prov. Foto: Lena Grandin.



### Utvärdering

Den analyserade årderbillen är tillverkad i ett mycket homogent stål med endast ringa slaggmängd. Den slag som finns är koncentrerad till några få långsträckta stråk som är väl utsmidda och följer föremålets yttre former. Efter att föremålet fått sin form har det värmebehandlats i flera steg genom härdning och anlöpning. Längst ut i eggen syns detta som en homogen martensittextur. En bit från eggen förekommer också perlit som antyder att värmebehandlingen inte har varit jämn genom hela föremålet. Martensiten dominerar dock på den sida som är utan skaftlappar.

Årderbill, SHM 18393:3263, Varnhems kloster, Västergötland

Polerprovet, som är taget nästan vinkelrätt genom eggen (Fig. 10–12), är spolformat, ca 35 mm långt och 10 mm som bredast centralt. Det smalnar av till ca 6 mm mot eggssidan och ca 7 mm på motstående kortsida som är där snittet når ut till föremålets långsida. Eggssidan är dock inte den egentliga eggen då några millimeter allra ytterst var helt korroderade och fragmenterades i samband med provtagningen. Den bevarade delen av eggen når längst på den sida som har skaftlapp.



Figur 10. Årderbill SHM 18393:3263 från Varnhems kloster, Västergötland. I den övre bilden syns rester av de båda skaftlapparna för fastsättning till årdret till vänster. Eggen, till höger, är något avsmalnande jämfört med resten av föremålet. Foto: Mia Englund.





Figur 11. Årderbill SHM 18393:3263 efter provtagning längs med ena långsidan genom eggen. Allra ytterst är eggen korroderad vilket ses som en del grå ytor. Delar har också fragmenterats. Foto: Lena Grandin.



Figur 12. Det ingjutna provet av årderbill SHM 18393:3263. Provet är 35 mm långt. Det är slipat, polerat och etsat och visar i översikt metallens textur som visas i detalj i kommande figurer. Foto: Lena Grandin.

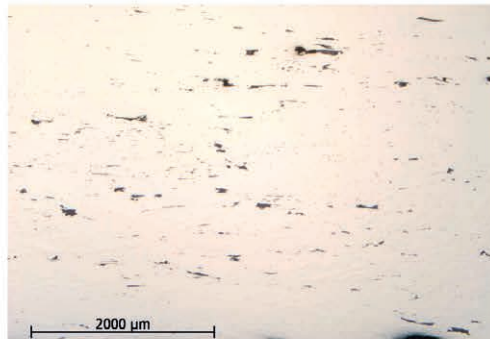
### Metallografisk analys

I provet framträder metalliskt järn med relativt stor mängd slagginneslutningar. Dessa förekommer i flera storlekar och former från stora (storleksordningen 1000 mikrometer långa och hundratals mikrometer breda) och oregelbundna (Fig. 13), via små (storleksordningen hundra mikrometer långa och tiotals mikrometer breda) och långsträckta i en dominerande riktning (Fig. 14–16) till ännu mindre (som mest 10 mikrometer stora) och i det närmaste cirkelformade, men följande samma stråk som de mer långsträckta inneslutningarna.

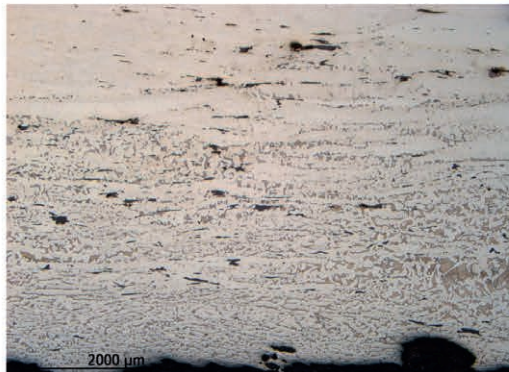
De flesta inneslutningarna, även de som är tämligen oregelbundna i formen, är utsträckta parallellt med tvärsnittets långsida, dvs. vinkelrätt mot eggen (Fig. 14–15, 18). Vad gäller deras sammansättning så förekommer två huvudtyper. Den ena varianten, som förekommer i såväl mindre som större inneslutningar, är kiselrika och består av mestadels enbart en glasfas. Ställvis dominerar glas och olivin och wüstit förekommer endast sparsamt. Dessa inneslutningar är ansamlade längs ca en tredjedel av bredden på tvärsnittet. Den andra varianten är järnrikare och innehåller en blandning av wüstit, glas och olivin i något varierande proportioner (Fig. 13). Denna typ av inneslutningar förekommer i resterande två tredjedelar av tvärsnittets bredd, där också den glasiga varianten uppträder, främst bland de mindre inneslutningarna.



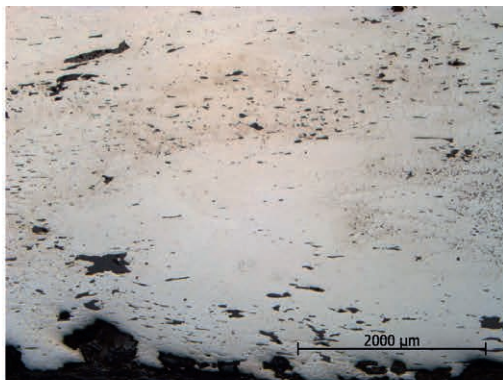
Figur 13. Årderbill SHM 18393:3263. Foto från mikroskopet på polerat prov där många och stora slagginneslutningar framträder i grått mot den ljusa metallytan, centralt i provet. Eggen till höger (utanför bild). Foto: Lena Grandin.



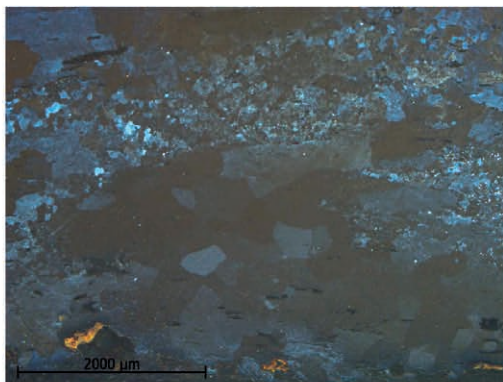
Figur 14. Årderbill SHM 18393:3263. Foto från mikroskopet på polerat prov med många och små slagginneslutningar i grått mot den ljusa metallytan, nära ena kanten. Eggen till höger (utanför bild). Foto: Lena Grandin.



Figur 15. Årderbill SHM 18393:3263. Foto från mikroskopet på polerat och etsat prov. Likartat utsnitt som i föregående figur. De brunfärgade fälten visar en martensittextur. Foto: Lena Grandin.



Figur 16. Årderbill SHM 18393:3263. Foto från mikroskopet på polerat och etsat prov. Eggen till höger i bild. Såväl slagg som textur i järnet antyder en u- (eller v-) formad omböjning med öppning till höger. Se samma utsnitt i följande figur. Foto: Lena Grandin.



Figur 17. Årderbill SHM 18393:3263. Foto från mikroskopet på polerat och etsat prov. Samma utsnitt som i föregående figur men ändrad inställning i mikroskopet. Här framträder texturen med hjälp av växelvis grovkornig och finkornig ferrit (större och mindre fält i olika grå nyanser). Foto: Lena Grandin.

Ett antal stråk av slagginneslutningar bildar U-formade mönster (Fig. 16–17). Detta antyder att järnet har vikts och vällts i flera riktningar, upprepade gånger. Huvudsakligen är inneslutningarna plastiskt deformerade, i varmt tillstånd, men lokalt finns sådana som har spruckit upp i mindre delar. Det senare är beroende både på smidestemperatur och slaggens sammansättning.

Etsning av metallen visar en uppdelning av olika kvalitéter som till stor del följer observationerna kring slagginneslutningarna. Den tredjedel av, eller närmast eggen nästan halva, bredden som domineras av glasiga slagginneslutningar utgörs av en blandning av ferrit- och martensitkorn (Fig. 15 och 18). Andelen martensit är högst centralt inom denna tredjedel, som också fortsätter ut mot den saknade eggen. Kolhalten når som mest upp till några tiondels procent. Andelen martensit avtar och kornstorleken minskar mot motstående sida, samtidigt som en dendritisk,

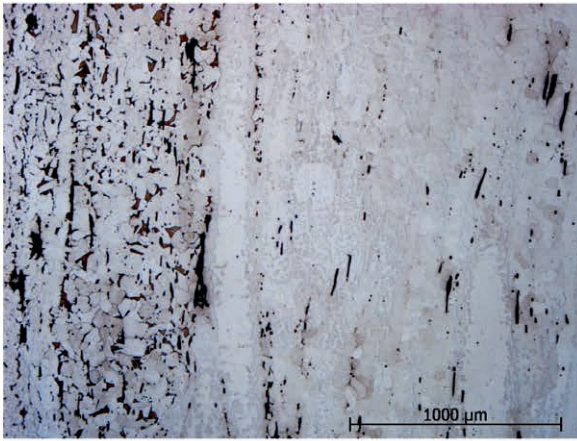


överpräglade textur, uppträder i ferritkornen (Fig. 18). Detta är en textur, på engelska omnämnd som "ghosting", som uppkommer när järnet innehåller fosfor.

I övriga delar av tvärsnittet är ferriten tämligen grovkornig och en överpräglade dendritisk textur förekommer regelbundet och visar ett fosforinnehåll (Fig. 16 och 20).

Den omböjning som slaggineslutningarna antyder, ca 20 mm från provets spets, sammanfaller med det område där stråket med martensit avtar successivt men väl definierat. Runt den något spetsiga avslutningen av martensiten finns en zon av fosforhaltig, tämligen grovkornig, ferrit som i sin tur kantas av slagg i finkornigare ferrit och utanför denna är det återigen grövre fosforhaltig ferrit (Fig. 16–17).

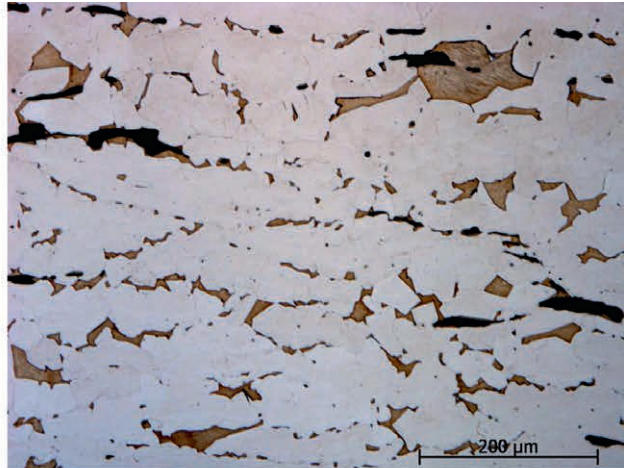
Fosforhaltig ferrit ses tydligt i anslutning till slaggineslutningar (Fig. 18) och förekommer även i de kolhaltiga områdena (Fig. 19–20).



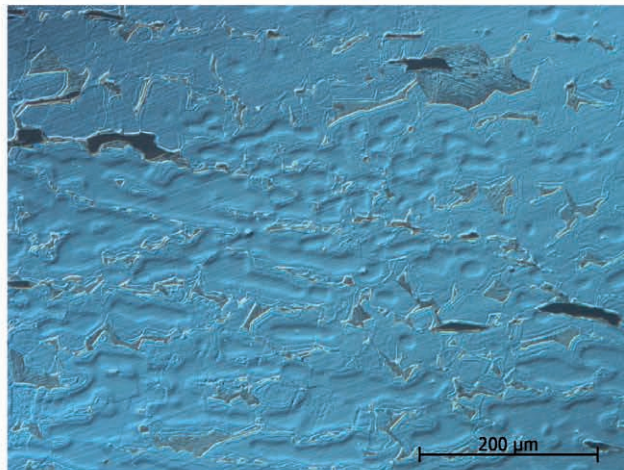
Figur 18. Årderbill SHM 18393:3263. Foto från mikroskopet på polerat och etsat prov. Eggen nedåt i bild. Fotot visar kontakten mellan martensitförekomst i vänstra tredjedelen (bruna fält) och fosforförande järn till höger. Det senare syns diffust som ett dendritiskt nätverk som är långsträckt parallellt med de gråsvarta slaggineslutningarna. Kontrasten i bilden har förstärkts för att detta ska framträda. Foto: Lena Grandin.

### Utvärdering

Föremålet är mycket rikt på slagg, jämfört med många föremål från såväl yngre järnålder som medeltid. Slaggmängden syns redan med blotta ögat på den snittade ytan. En sådan slaggrikedom skulle, vid en första anblick, kunna ge en uppfattning om nedsatt kvalitet och att föremålet inte fått sin färdiga form för användning. Men, analysen av föremålet visar dock en omfattande bearbetning i flera steg enligt följande beskrivning. Slaggen är visserligen rikligt förekommande, speciellt jämfört med årderbill SHM 11056, men den är också väl utsmidd i en dominerande riktning. Ett fåtal större inneslutningar i millimeterstorlek förekommer, men de flesta är betydligt mindre och väl utsträckta och antyder också att vikvällning har skett av järnet.



Figur 19. Årderbill SHM 18393:3263. Foto från mikroskopet på polerat och etsat prov. Eggen till höger i bild. Fotot visar detalj från kanten (jämför nedre delen av figur15) med förekomst av martensit (bruna fält). Foto: Lena Grandin.



Figur 20. Årderbill SHM 18393:3263. Foto från mikroskopet på polerat och etsat prov. Eggen till höger i bild. Samma utsnitt som föregående figur men annan inställning i mikroskopet som visar att det finns ett dendritiskt nätverk av fosforförande järn (topografisk effekt) även i det kolhaltiga området. Foto: Lena Grandin.

Även metallens textur visar ett smide i flera steg. Föremålet består av två olika järnqualitéer; ett eggstål som är infällt i ett fosforjärn. Eggstålet är inte speciellt omfattande utan är ca 4 mm brett och sträcker sig 20 mm in från kanten, vilket dock har varit längre ursprungligen eftersom de yttre millimetrarna var helt korroderade. Runt eggstålet finns fosforhaltig ferrit. Detta material omfattar resten av föremålets tjocklek, dvs. närmast eggen ca 3 mm och som mest i det undersökta tvärsnittet 100 mm.

Eftersom det infällda eggstålet tar slut efter ca 20 mm och vi under resten av provets 15 mm inte ser någon annan sammansättning får vi anta att samma fosforhaltiga ferrit fortsätter vidare, även om detta inte är säkerställt.

Eggstålet är en blandning av ferrit och martensit (anlöpt), vilket visar att kolhalten inte är lika hög, sannolikt inte mer än ca 0,3 %, varken som i årderbillen från Stockholm (SHM 11056) eller som i lien från Eketorp (SHM 31597). Att martensit förekommer visar dock tydligt att föremålet också är värmebehandlat – såväl härdat som anlöpt. Den dendritiska fosfortexturen som tyder på ett fosforinnehåll på flera tiondels procent fosfor är också beroende av värmebehandling.

Föremålets slaggmängd förefaller därmed inte ha varit något hinder för smeden att fortsätta smidet med hopvällning av stål (lågkolhaltigt) och fosforjárn och värmebehandlingen av det.

Lie, SHM 31597:V28:27 FID 454006, Eketorps borg, Öland

Lien från Eketorps borg på Öland är fragmenterad i tre delar och ett prov togs genom bladet i det mittersta fragmentet där så mycket som möjligt av bladet fanns bevarat och i anslutning till en brottyta (Fig. 21). Det undersökta polerprovet är ett triangulärt tvärsnitt genom bladet löpande helt från rygg till egg (Fig. 22–23). Dess längd är 27 mm. Bredden vid ryggen, dvs. basen av triangeln, är 4 mm. Bredden avtar successivt mot eggen, som är bråkdelar av en millimeter bred.



Figur 21. Lien SHM 31597:V28:27 från Eketorps borg, Öland. Infälld bild visar del som valts för provtagning. Foto: Mia Englund.





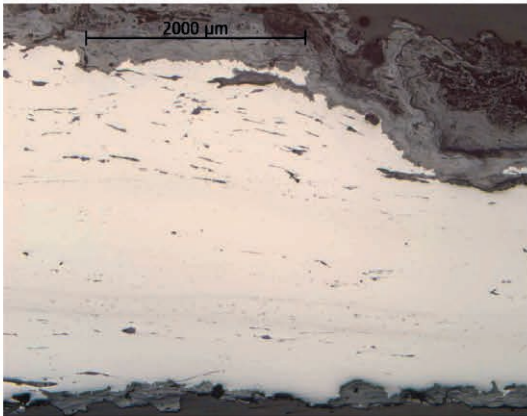
*Figur 22. Lien SHM 31597:V28:27 från Eketorps borg, Öland, före och efter provtagning. Foto: Mia Englund respektive Lena Grandin.*



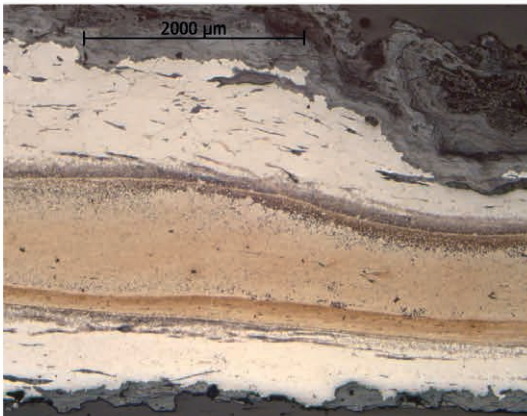
*Figur 23. Det ingjutna provet av lien SHM 31597. Provet kan beskrivas som en rätvinklig triangel med höjden 27 mm. Bredden vid ryggen, dvs. basen av triangeln, är 4 mm. Provet är den del som är borttagen i föregående figur varför bilderna är spegelvända. Det är slipat, polerat och etsat och visar i översikt metallens textur som visas i detalj i kommande figurer. Foto: Lena Grandin.*

### Metallografisk analys

Tvårsnittet beskrivs närmast av en rätvinklig triangel snarare än en likbent spetsig triangel vilket är vanligt bland eggredskap. Triangelns hypotenusa är inte helt rak utan böjer konkavt in mot eggen (spetsen) som därmed smalnar av närmare ryggen än vad den gjort om linjen fortsatt i samma riktning (Fig. 23). Tvårsnittstriangelns hypotenusa är också den sida på lien som har en tydligt markerad nedsättning för anvisning, ca 10 mm från ryggen (Fig. 22). I anslutning till denna del är metallen i tvårsnittet mer korroderad än i resten av tvårsnittet (Fig. 23–24).



Figur 24. Lie SHM 31597. Foto från mikroskopet på polerat prov. I ytterkanterna korroderat, speciellt övre delen, som grå ytor. Flera långsträckt små grå stråk är slaggineslutningar som framträder mot den ljusa metallen. Eggen till höger (utanför bild). Foto: Lena Grandin.

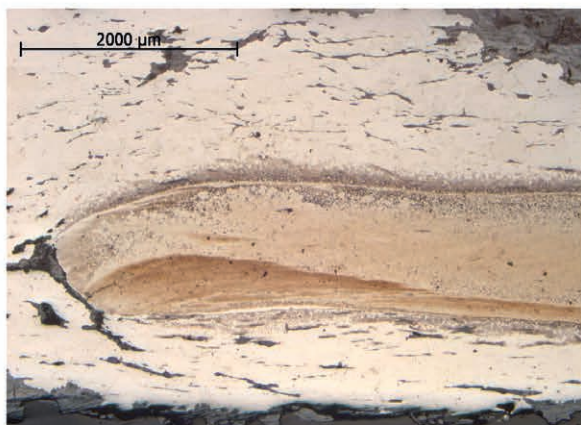


Figur 25. Lie SHM 31597. Foto från mikroskopet på polerat och etsat prov. Samma utsnitt som föregående figur. Ett centralt band av härdat stål (brunt) löper från eggen (till höger) mot ryggen (till vänster). Detta lager av stål är omgivet av mjukare järn på ömsesidor (ljust). Foto: Lena Grandin.

I mikroskop framträder relativt stora mängder innesluten slag (Fig. 23–27) fördelad över hela snittytan förutom allra närmast eggen där det är som mest slaggfritt (Fig. 28). Slaggen förefaller också vara mer koncentrerad närmare ytterkanterna och förekommer i något mindre mängd i ett centralt band. Inneslutningarna är samlade i flera parallella stråk, som löper något vindlande längs med långsidornas ytterkanter. När stråken av inneslutningar närmar sig ryggen, samlas de i det rätvinkliga hörnet, dvs. de som har följt hypotenusan lämnar denna och viker in mot motsatt sidas hörn (Fig. 23). Eftersom slaggen förefaller fortsätta ut i hörnet finns det inga tecken på att de böjer runt från ena sidan till den andra, dvs. det är inte möjligt att återfinna samma slagstråk längs de båda sidorna.

Att slagginneslutningarna inte tyder på hopvikning framkommer också i deras sammansättning som skiljer sig åt. De som ligger ytterst (närmast hypotenusan på triangeln) är rikare på kisel (glas och olivin) medan de på motsatt långsida är rikare på järn (innehåller glas och järnoxid).

De flesta slagginneslutningar är utsträckta längs med långsidorna men närmast ryggen finns en del betydligt större inneslutningar som också är oregelbundna i formen och i anslutning till några av dessa finns sprickbildningar. Generellt i övrigt är slagginneslutningarna större (storleksordningen några hundra mikrometer långa och tiotals mikrometer breda) i de yttre delarna, längs med de båda långsidorna, och betydligt mindre (storleksordningen några tiotals mikrometer långa och ett fåtal mikrometer breda) i mer centrala delar. En del av dem är så små att det är vanskligt att avgöra deras sammansättning. De flesta är dock tämligen kiselrika (består mestadels av glas) medan ett fåtal domineras av wüstit. Dessa mindre inneslutningar är mycket utdragna och har delvis gått av när de blivit utdragna under smidet.

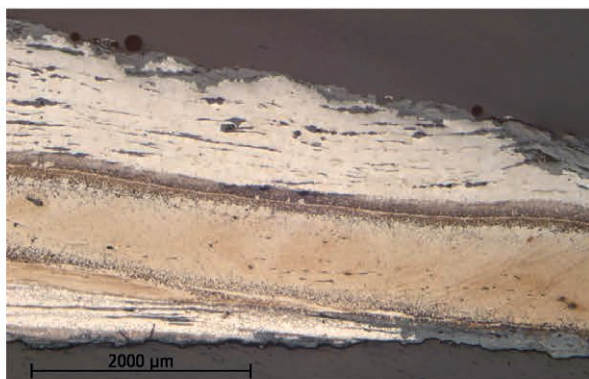


Figur 26. Lie SHM 31597. Foto från mikroskopet på polerat och etsat prov. Fortsättning mot ryggen från föregående figur där stålet inte når ända ut (i vänstra delen). Se även figur 23. Foto: Lena Grandin.

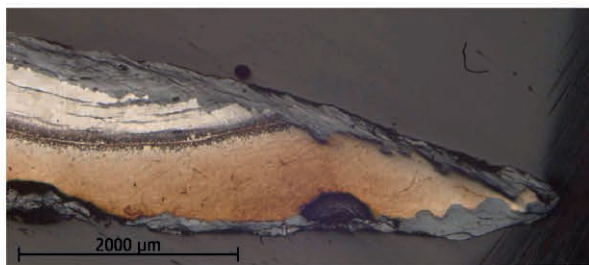


Efter etsning framträder en tydlig struktur med två olika kvalitéer med ett centralt band av härdat stål som löper från eggen mot ryggen, men inte ända ut i ryggen (Fig. 23, 25–29). Detta lager av stål är omgivet av mjukare järn på ömse sidor. Flera delmoment i tillveknigen kan därmed urskiljas med hjälp av detaljer i texturen.

Kärnan av stål är tämligen homogen i sin sammansättning och innehåller endast små mängder slagg (se ovan om slaggfördelning), även om det lokalt förekommer enstaka större inneslutningar. Detta centrala band, ca 1 mm brett, löper från eggen mot ryggen, men inte ända ut till ryggen utan stannar ca 3–4 millimeter från vad som är den nuvarande intakta ytan (Fig. 26). Detta centrala band omges av ett ferritiskt järn, dvs. kolfritt och mjukt, som innehåller betydligt större mängd slagg och delvis också större slagginneslutningar, främst nära ryggen. Med tanke på slaggens avböjning mot ett hörn och den sprickbildning (Fig. 23) som syns i samband med detta är det möjligt att det mjuka järnet har delats, men inte helt genom, för att lägga in stål som beskrivs t.ex. av Buchwald (2008, s 47) och Jonell Ericsson (1982, s 409 ff). Processen åskådliggörs också av Norén och Enander (2001). Alternativt har två lager av mjukt järn lagts på ömse sidor om stålet, vilket antyds av en möjlig vällfog mellan dessa nära ryggen. Det förefaller dock inte som om ett mjukt järn har vikts runt ett lager av stål.



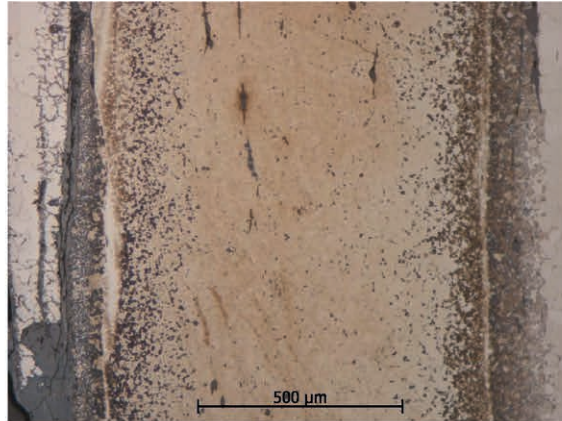
Figur 27. Lie SHM 31597. Foto från mikroskopet på polerat och etsat prov. Detalj där det mjuka järnet avtar på den undre kanten. Foto: Lena Grandin.



Figur 28. Lie SHM 31597. Foto från mikroskopet på polerat och etsat prov. Detalj på eggen med enbart stål längst ut. Foto: Lena Grandin.

Kontakten mellan stålkärnan och det omgivande mjuka järnet definieras tydligt av en ljus vällfog på båda sidor (Fig. 29). Kolhalten har dock blivit förhöjd i det mjuka järnet, i anslutning till vällfogen. Antingen har kol diffunderat eller så har järnet uppkolats lokalt i samband med hopvällningen av de båda materialen.

Längs vällfogen finns slag men inte i direkt kontakt med den utan på avstånd. Kolhalten är lokalt förhöjd även i anslutning till några ansamlingar av slag i ett område där det mjuka järnets förekomst smalnar av, närmare eggen.



Figur 29. Lie SHM 31597. Foto från mikroskopet på polerat och etsat prov. Detalj (roterad 90 grader från figur 27) på kontakten mellan det centrala stålet och omgivande mjukare järnet. Vällfogar syns som tunna ljusa band lodrätt i bilden. Eggen nedåt. Foto: Lena Grandin.

Det centrala bandet av stål når långsidornas ytterkanter på olika avstånd från eggen (Fig. 27). På den längre sidan, det som är tvärsnittstriangelns hypotenusa, tar det mjuka järnet slut ca 2,5 millimeter från den nuvarande eggen. Medan det på motstående långsida tar slut ca 6 millimeter från eggen. Troligen har det varit något längre ursprungligen. Diffusa texturer i den korroderade ytterkanten antyder att det möjligen varit lika långt som på den andra sidan.

Efter sammanvällningen av de båda materialkvalitéerna och utsmidningen till färdig form, har lien värmebehandlats. Den har härdats (värmats upp och snabbkylts) och därefter anlöpts (värmats upp vid lägre temperatur utan hastig avsvälning). Detta syns dels i den anlöpta martensittexturen i det centrala bandet (t.ex. fig. 29) och delvis i kontakten i det huvudsakligen mjuka järnet, men denna värmebehandling har också resulterat i den jämna kornform och kornstorlek som finns i det omgivande mjuka järnet. Det framträder också ställvis i det yttre huvudsakligen ferritiska området där sfäroidiserad cementit förekommer.

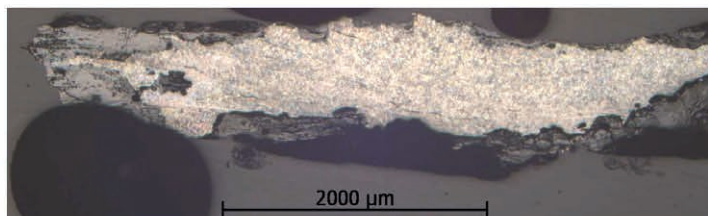
Lokalt finns perlitmoduler i det centrala stålet som antyder att uppvärmningen innan härdningen inte var helt genomförd. Överlag har det centrala bandet dock en mycket jämn textur, främst nära eggen (Fig 28).

### Utvärdering

I lien finns ett inlagt eggstål som löper centralt genom bladet, men inte riktigt ända ut till ryggen. Eggstålet omges av ett mjukare järn. Med utgångspunkt i slaggens förekomst och den sprickbildning som syns vid eggstålets kontakt med det mjuka järnet är det troligt att det mjuka järnet har delats, men inte helt genom, för att lägga in stål som beskrivs t.ex. av Buchwald (2008, s 47) och Jonell Ericsson (1982, s 409 ff). Processen åskådliggörs också av Norén och Enander (2001).

Att slagginnslutningarna är något vindlande kan också kopplas till anvisningen som syns okulärt på liens utsida (Fig. 21–22). I nivå med denna ser man hur slagginnslutningarna lämnar ytterkanten och böjer av in mot centrala delar i tvärsnittet (Fig. 25) och är något impressade mot mer centrala delar. Det finns också slagg som följer vällfogen mellan eggstålet och det omgivande järnet.

När lien har fått sin färdiga form har den värmebehandlats med härdning och anlöpning för att få för ändamålet goda egenskaper bland annat hårdhet i kombination med smidighet och slittålighet.



Figur 30. Lien SHM 23127:373, Alvastra kloster, Östergötland. Foto från mikroskopet på polerat och etsat prov. Nästan hela provet syns i fotot och visar en homogen metall. Eggen har varit till vänster, men säkerligen flera millimeter bort. Foto: Lena Grandin.

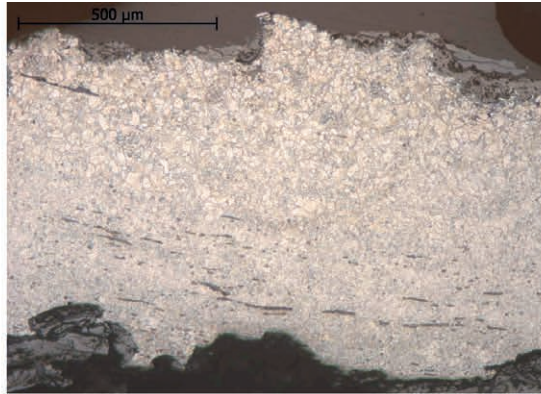
### Lie, SHM 23127:373, Alvastra kloster, Östergötland

Provet kapades med tång på fragmenterat lieblad i SHM:s lokaler. Endast en mindre del av tvärsnittet finns bevarat och delen närmast ryggen ingår i polerprovet. Eggdelen saknades helt. Längd: ca 7 mm. Även på bredden saknas de yttre delarna och endast en 1 mm bred kärna är bevarad, ställvis endast tiondelar av en millimeter bred till följd av mer djupt trängande korrosion.

### Metallografisk analys

I den bevarade kärnan av metall finns en del innesluten slagg. Denna är främst koncentrerad till provets halva som är längst från ryggen (Fig. 30–31). Slaggen är i stora drag orienterad från ryggen mot eggen i några parallella stråk. Dessa stråk är dock något böljande och böjer av något mot en central mittlinje, bort från ryggen. Även de enskilda slagginnslutningarna är långsträckta i samma riktning som stråket av inneslutningar. En del är dock mer cirkulära i formen i detta snitt. Bredden på inneslutningarna är i storleksordningen 3–7 mikrometer. Som längst kan de följas ca 100 mikrometer, men vanligen endast några tiotal mikrometer.





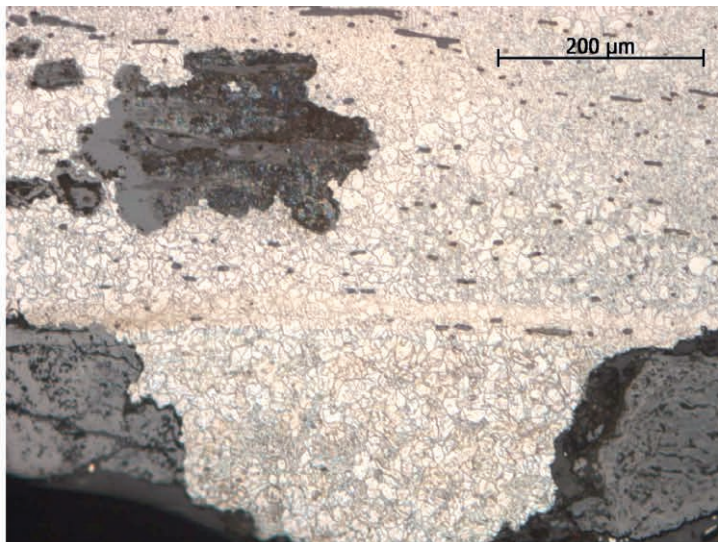
Figur 31. Lien SHM 23127. Foto från mikroskopet på polerat och etsat prov. Detalj ur centrala delen av föregående figur. Eggen till vänster. Ett stråk av långsmala, grå slagginneslutningar löper längs nedre kanten. Foto: Lena Grandin.

Slagginneslutningarna är likartade i sammansättning även om proportionerna mellan beståndsdelarna varierar något mellan dem. De består av en kiselrik glasfas och järnoxiden wüstit (Fig. 32–33). Slagginneslutningarna har rundade former och är utsmidda i varmt tillstånd och är mestadels väl fördelade över ytan. Endast lokalt finns någon enstaka större inneslutning.

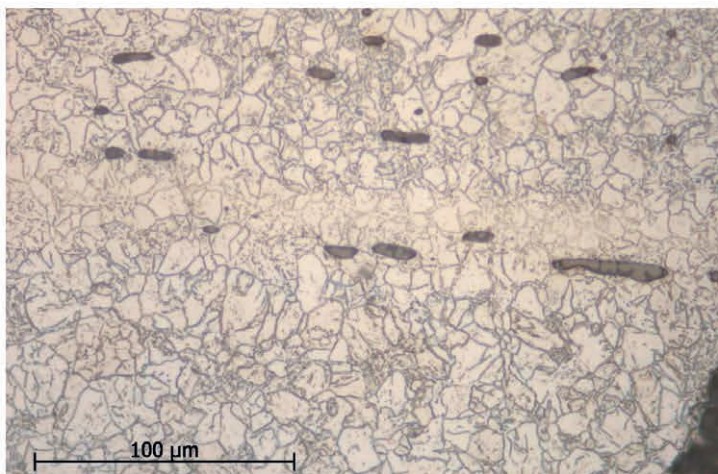
Efter etsning framträder en struktur som är tämligen homogen över hela den bevarade metallytan (Fig. 30). Lokalt kan en vällfog anas, även om den är något diffus (möjligen en ursprunglig fog som bearbetats mycket där gränsen delvis suddats ut av efterföljande värmebehandling). En vällfog är mer tydlig och kan urskiljas som en tunn ljus zon och även med hjälp av skillnader i kornstorlek längs med denna (Fig. 32–33). Likartade men mer diffusa zoner finns även runt några av slagginneslutningarna närmare ryggen. De grövre korna är några tiotals mikrometer stora, medan de mindre ligger mellan 5 och 10 mikrometer. Kornen är oregelbundna i formen med förtjockade kornkontakter till följd av att de är kantade av cementit. Cementit förekommer också som rundade former (Fig. 32–33) i kornen (sfäroidiserad).

#### Utvärdering

Det som är bevarat av denna lie är en tämligen homogen metall med små mängder innesluten slagg. Den slagg som finns är långdragen och orienterad längs en linje mellan rygg och egg, om än något vindlande. Slagginneslutningarnas orientering i kombination med en tydlig, samt ett fåtal mer diffusa, vällfogar visar att materialet har vikts och vällts samman vid smidet. Järnet är kolhaltigt men kolhalten är begränsad, troligen drygt 0,3 %. Metallen har dock värmebehandlats vilket resulterat i ett (mjuk)glödlat material där cementiten har rundade former. Möjligen har föremålet också smitts efter värmebehandlingen. Ett sådant material blir hårdare än kolfritt järn men bibehåller också en seghet som tillsammans med hårdheten borde kunna minska deformation vid användning.



Figur 32. Lien SHM 23127. Foto från mikroskopet på polerat och etsat prov. Detalj ur vänstra delen av figur 30. Eggen till vänster. Ett ljust band som kan följas horisontellt genom centrala delen är delar av en vällfog. Flera små, grå slagginslutningar löper längs med fogen, de flesta en bit från den. Större oregelbundna grå fläckar är rost. Foto: Lena Grandin.



Figur 33. Lien SHM 23127. Foto från mikroskopet på polerat och etsat prov. Detalj ur föregående figur på den ljusa vällfogen. Slaggen intill vällfogen innehåller både wüstit (ljus) och silikatrikare komponent i form av glas (mörkare grå). Eggen till vänster. Den etsade metallen visar rundade cementitkorn. Foto: Lena Grandin.

## Datering

De tre bäst bevarade föremålen, alla med mer eller mindre kolinnehåll har kunnat dateras med  $^{14}\text{C}$ -metoden med gott utfall. Ett fjärde föremål, den sämre bevarade lien från Alvastra kloster, kunde som befärat dock inte dateras. Resultaten från dateringarna presenteras i sin helhet i Bilaga 1. De visar att årderbillen av härdat stål, SHM 11056 från Norrlandsgatan i Stockholm, är daterad till  $718 \pm 30$  BP (Ua-30600). Kalibrerade värden är 1220–1310 och 1360–1390 AD ( $2\sigma$ ) eller 1265–1295 AD ( $1\sigma$ ). Lien från Eketorp på Öland (SHM 31597) är daterad till  $900 \pm 30$  BP (Ua-30601). Det motsvarar kalibrerade värden på 1030–1220 AD ( $2\sigma$ ) eller 1040–1100 och 1120–1190 AD ( $1\sigma$ ). Årderbillen, med fosforinnehåll från Varnhems kloster (SHM 18393) är daterad till  $936 \pm 30$  BP (Ua-30602). Kalibrerade värden motsvarar 1020–1170 AD ( $2\sigma$ ) eller 1030–1060 och 1070–1170 AD ( $1\sigma$ ).

Resultaten för de båda senare spänner följaktligen över samma tidsperiod. Intervallet är tämligen stort, delvis på grund av att kalibreringskurvan (se diagrammen i bilaga 1) är flack för dessa erhållna BP-värden. Tyngdpunkten i resultaten ligger i tidig medeltid men de tangerar och slutet av yngre järnålder. Stålbillen från Norrlandsgatan är senare, utan överlapp i tid med de båda äldre. Resultatet för stålbillen omfattar också ett snävare tidsintervall i medeltid, med största sannolikhet i den äldre delen av dateringsresultaten (se bilaga 1).

## Tolkning

Fyra jordbruksredskap har analyserats i denna studie, alla med olika materialkvaliteter. Här finns härdat och anlöpt stål, dels som enda material (årderbill), dels som inlagt eggstål (i lie), men också stål med lägre kolhalt tillsammans med fosforhaltigt järn (årderbill). Det de har gemensamt är att de är bearbetade i flera steg med smide och värmebehandling.

## Liar

En av liarna (SHM 23127 från Alvastra) var så kraftigt korroderad att det är svårt att helt tolka hur den en gång har sett ut men det som finns kvar av den är ett homogent stål (lågkolhaltigt) som är värmebehandlat. Eggen saknas varför det inte är möjligt att se om hela bladet varit homogent eller om det har funnits något inlagt eggstål av annan kvalitet närmare eggen. Om så har varit fallet har detta eggstål varit mer koncentrerat till eggen än i den andra analyserade lien. I den lien (SHM 31597 från Eketorp) finns ett inlagt eggstål som löper centralt genom bladet, men inte riktigt ända ut till ryggen. I denna omges eggstålet av ett mjukare järn. Den lien är sannolikt tillverkad på det sätt som beskrivs i många sammanhang, inte minst från liesmidet i Lima med omnejd i Dalarna, där stålet inte når fram till ryggen på bladet, inte heller till knäet eftersom dessa delar skulle tåla slag och häftiga böjningar (Matsson 1982, s 334). Lien från Eketorp har en antydning till en spricka i dessa delar, möjligen från delningen om det inte representerar en tidigare vällfog. I det fortsatta smidet av denna lie har smeden också följt de recept som beskrivs ovan med formning av

bladet, härdning och anlöpning vilket kan ses i texturerna i det analyserade tvärsnittet.

Hur lien har slipats och skärpts ser vi dock inga tecken på i provet. I tvärsnittet kan man dock ana att eggens omgivande mjuka järn har slitits mest på liens undersida. I vilken omfattning som eggstålet har minskat är svårare att avgöra. Men, det finns fortfarande mycket funktionsdugligt stål kvar. Denna lie beskrivs tillsammans med övriga järnredskap som hör till åkerbruket på Eketorp (Cinthio 1998). Enligt artikeln fanns en tolkning om att den skulle smidas om eftersom den påträffades i tre delar. Huruvida det är lämpligt, och hur det ska göras, och till vad, med de båda sammanvårdade materialtyperna är intressant att diskutera. Även om lien har bedömts som sliten visar de nu genomförda analyserna att det fortfarande finns eggstål kvar för en god funktion. Man kan fundera kring hur lien skulle återanvändas genom att jämföra med andra föremål med stålegg från Eketorp. Härifrån finns bland annat ett rikt knivmaterial där flera har undersökts metallografiskt (Arrhenius 1988, 1998). Flera olika tillverkningstekniker är beskrivna. Bland annat finns knivar med en central ställamell, i vissa härdat stål, i hela bladet mellan lager av mjukt järn som är en vanlig tillverkningsteknik. Bland knivarna finns också en som har samma konstruktion som lien, dvs. där eggstålet inte når ända ut i ryggen. Denna kniv har också en markerad fåra på samma sätt som lien. Om dessa likheter beror enbart på likheter i tillverkning eller återanvändning av utslitna större föremål till mindre kan vi inte belägga i detta sammanhang men det kan vara intressant att lyfta frågan återigen.

I beskrivningen av lien (Cinthio 1998) nämns också den välmarkerade fåran längs liebladet och att denna anvisning skulle kunna vara en gräns för järn av särskilt god kvalitet till eggpartiet. Analyserna nu har visat att det inte är hela sanningen. Visserligen finns ett särskilt gott stål i eggen, men detta stål är inte påvällt med anvisningen som gräns utan löper som ett centralt band, förbi anvisningen, mot ryggen.

### Årderbillar

De båda årderbillarna, med olika yttre former, visar sig också ha olika materialegenskaper. Den smäckrare SHM 11056, påträffad i Stockholm, har en betydligt tunnare egg än den grövre SHM 18393 från Varnhems kloster i Västergötland, med sämre definierad egg. Den tunnare, från Stockholm, är i det närmaste slaggfri och är tillverkad i ett huvudsakligen homogent kolstål som har härdats. Den grövre årderbillen, från Varnhem, har stora mängder innesluten slagg och också tämligen stora och oregelbundna slagginneslutningar som man inledningsvis skulle förvänta sig vara sämre för kvalitén. Slaggen är dock mestadels väl utdragen och fördelad och föremålet är, trots slaggmängden, bearbetat i stor omfattning. Årderbillen innehåller fosforhaltigt järn, med fosforhalter i storleksordningen några tiondels viktsprocent. Metallen är mestadels kolfri, men ett tunt band har en något förhöjd kolhalt som ökar hårdheten närmast eggen. Texturen visar också att materialet är härdat. Fosforinnehållet medför också en förbättrad hårdhet, i kombination med bra seghet i materialet.



De båda årderbillarna har därmed olika yttre former och är tillverkade av olika material med något olika egenskaper, men där smeden förefaller ha utnyttjat respektive material på bra sätt. Frågan om det rör sig om materialval för användning av billarna i olika sammanhang kan naturligtvis diskuteras, liksom den om det enbart rör sig om materialtillgång i varje enskilt tillfälle. Vidare visar dateringsresultaten att det finns en tidskillnad mellan de båda årderbillarna, där den som är av härdat stål är av senare datum – ett faktum som också kan vara av betydelse för att förstå skillnaderna i materialval och tillverkningsteknik mellan dem.

### Järnets tillverkning

De undersökta redskapen är smidda av flera olika kvalitéter och vi har diskuterat de smidestekniker som har använts för att bearbeta och kombinera dem. Det kan också vara intressant att i korthet belysa hur järnet har framställts även om detta inte har varit i fokus för undersökningen. Mycket förenklat kan man dela in järnframställningen i två olika tekniker, den äldre blästjärnstillverkningen och den yngre framställningen i masugn. Till största del användes limonitiska malmer, dvs. rödjordar samt sjö- och myrmalmer i blästugnen medan masugnen kördes med bergmalm. Detta är dock en sanning med modifikation och exempel på det motsatta finns också. Blästugnen användes i Sverige redan under yngre bronsålder. Vad vi vet idag togs masugnen i bruk i slutet av 1100-talet, men tekniken ersatte inte omedelbart blästjärnstillverkningen som fortsatte, även i stora skala längre fram speciellt i en del regioner. I mindre omfattning användes blästugnen även under 1800-talet bland annat i Dalarna.

De nu analyserade föremålen kommer följaktligen från en tidsperiod nära detta tekniksifte varför det är betydelsefullt att diskutera tillverkning och hur deras uppbyggnad och sammansättning speglar den ursprungliga framställningen. Några kännetecken för respektive process kan därför vara bra att ha i åtanke. Järn som har tillverkats i blästugnar innehåller i princip alltid innesluten slagg. Av fysikaliska och kemiska orsaker under processen blir slaggmängden högre i ett kolfritt än i ett kolhaltigt järn (stål). Vid den fortsatta bearbetningen av järnsluppen har smederna försökt minska slaggmängden genom utsmältning och smide. Efter omfattande smide har de ursprungligen större slagginneslutningarna kraftigt minskat i storlek och också fördelats i järnet. I det senare hyttbruket har det tillverkade gjutjärnet, med flera procent kol, i stället behövt avkolas, färskas, innan det kunde smidas till önskat föremål.

Det har länge funnits en förutfattad mening om att det äldre järnet var slaggrikare och som regel endast bestod av ferritiskt järn eller en heterogen blandning av ferrit och lite kolförande järn. De senaste decenniernas undersökningar har dock visat förekomst av såväl homogent stål som fosforjärn även under äldre järnålder. Likaså har det på senare tid framkommit att materialet även har värmebehandlats, t.ex. härdat, under denna period och några exempel på förekomst av fosforjärn, stål och värmebehandling presenteras. En typ av föremål som är goda representanter för såväl varierad sammansättning som smidestekniker och



som dessutom har undersökts tämligen väl är knivar. Vi kan därför använda dessa som jämförelsematerial i detta sammanhang.

Fosfor är ett ämne som förbättrar föremålets hårdhet och seghet och är tämligen vanligt i det arkeologiska järnet även om dess förekomst länge har förbisetts, eller när det har observerats har betraktats som undermåligt. Den senare bedömningen om kvalitet är dock ur en modernare järnframställnings synvinkel. Men, det gäller inte det förhistoriska järnet där det uppträder på annat sätt och snarare uppvisar positiva egenskaper för smidet och funktionen. Fosfor är ett vanligt förekommande ämne i sjö- och myrmalmer och har sannolikt sitt ursprung i malmen och har legerats med järnet redan under framställningen i blästugnen. Fosforjárn förekommer i järnåldersfynd på många platser. Som exempel finns knivar från yngre järnålder i Skåne; Uppåkra såväl som i Järrestads socknar. I båda fallen ingår fosforjárn i knivar som är uppbyggda av flera skikt där härdat stål i eggen omges av ett mjukare och flexiblare fosforjárn på ömse sidor. I några fall är lagren fler och knivarna än mer komplext uppbyggda (Grandin & Hjärthner-Holder 2003a, 2003b).

Form, funktion och materialsammansättning hos knivar har behandlats i större eller mindre omfattning i många studier. Bland annat har Arrhenius (1970) presenterat knivar från Birka och Helgö i Mälardalen. Tomtlund (och Genevois) (1973) har genomfört en specialstudie inklusive metallografisk analys av ett mindre urval av knivarna från Helgö. I undersökningen framkom flera olika typer av material och att dessa var sammanvållda. Mjukt järn, stål och härdat stål fanns i flera olika kombinationer. Senare har ytterligare knivar från Helgö undersökts (Modin & Pleiner 1978) med liknande utfall.

Enstaka knivar från andra platser från yngre järnålder har också studerats även om det inte är i större antal från respektive plats. Bland dessa finns ett urval från Uppåkra socken (Grandin & Hjärthner-Holder 2003a) och Järrestads socken (Grandin & Hjärthner-Holder 2003b) båda i Skåne. På båda dessa platser fanns flera knivar som var uppbyggda av flera lager där åtminstone två olika materialtyper har vållts samman. I det här fallet är grundprincipen att härdat kolstål, vilket utgör den skärande eggen, är sammanvållt med ett mjukare material med lägre kolhalt. Från två andra socknar i Skåne, V. Karaby och Åhus, finns knivar från vendeltid och vikingatid, där framförallt de yngre är tillverkade av flera material med en väldefinierad stålegg, och med tydliga tecken på värmebehandling i flera steg (Grandin & Hjärthner-Holder 2009).

Vi kan även nämna några knivar från yngre järnålder i Danmark, från norra Jylland, som har analyserats av Buchwald (2005, 301ff, 312ff). Flera olika typer förekommer där några hör till de som är hårdade och består av tre lager där en kärna av stål är omgivet av yttre band av mjukare järn.

En liten utblick kan i korthet dessutom göras till det brittiska området där flera studier har fokuserat på knivarnas morfologi i relation till uppbyggnad. En resumé av tidigare undersökningar av knivar omfattande perioden 400–900 AD har gjorts av Blakelock & McDonnell (2007) där motsvarande principer för knivarnas konstruktion diskuteras som i de

svenska knivarna. Även här dras slutsatsen att i många knivar är stålet av bra kvalitet och har värmebehandlats på kontrollerat sätt. I det brittiska materialet finns också fosforjárn företrätt.

Med ovanstående som exempel på referenser är det tid att återknyta till de båda liarna och årderbillarna som har undersökts metallografiskt. Goda slutsatser kan dras från detta men kemiska analyser skulle kunna ge ytterligare information om såväl järnets som den inneslutna slaggens sammansättning, för att avgöra deras framställningsteknik. En av årderbillarna har hög slaggmängd och fosforförande järn. Slaggmängden är mer karaktäristisk för blästjärn än hyttjärn – även om man inte omvänt kan dra slutsatsen att slaggfritt järn är hyttjärn eftersom slaggfritt blästjärn(stål) också är vanligt. Fosforjárn är, som belysts ovan, också vanligt förekommande i blästjärn, bland annat från järnålder och ett vanligt inslag i eggmaterial då metallen får en förbättrad hårdhet jämfört med det mjukare kolfria järnets samtidigt som det bibehåller en seghet.

Den andra årderbillen, och den bäst bevarade lien, utmärker sig i stället med lägre slaggmängd och värmebehandlat stål. För liens del rör det sig dessutom om sammanvällning av flera kvalitéter, likt knivarna som presenterats ovan. Det innebär att båda dessa stålföremål har uppbyggnad såväl som smidestekniker som finns väl företrädda för yngre järnålderns järnsmide. Även den sämre bevarade lien, med lägre kolhalt, har värmebehandlats och har en uppbyggnad som också finns bland yngre järnålderns knivar. Med tanke på att så liten del fanns att undersöka får vi dock tolka denna med något större osäkerhet än de övriga.

Med detta som bakgrund kan vi dra slutsatsen att det är högst troligt att de undersökta föremålen är blästjärn, även om motsatsen inte kan uteslutas, både på grund av slaggförekomst och järnets sammansättning. Tekniken att välla samman olika metaller, järn och stål, är också väl tillämpad under den tidsperiod då enbart blästjärn fanns att tillgå.

### Járn och stål i jordbruksredskap – en reflektion

De olika materialvalen är intressanta och kan ha olika orsaker som vi i korthet kan belysa men vilken eller vilka grunder som är riktiga kanske vi aldrig får veta. Vi kan diskutera funktionella aspekter i såväl smidet som för användningsområdet. För smeden kan det bero på både tillgång på råvaror och hur denne kunnat hantera dessa. Med utgångspunkt i analysresultaten kan vi dra slutsatsen att respektive material förefaller ha utnyttjats på bästa sätt utifrån sina egenskaper.

Föremålens användningsområden är naturligtvis också viktiga och kan, inte minst för årderbillarnas del, också bero på vilken typ av mark som skulle bearbetats. Det senare ger också en indirekt anknytning till olika regionala förhållanden som möjligen har haft inflytande på materialval. I detta sammanhang kan regionala traditioner också ha spelat roll för utformningen. Dessa fyra föremål utgör ett mycket begränsat urval av föremål och uppvisar olika metallkvalitéter. Frågan är hur representativa de är för liar och årderbillar, om de motsvarar de varianter som har funnits, eller om ytterligare material har använts inom åkerbruket.

## Referenser

- Arrhenius, B. 1970. Knivar från Helgö och Birka. *Fornvännen* 1970/1.
- Arrhenius, B. 1988. Knives from Eketorp. *Laborativ Arkeologi* 3, 97-124. Arkeologiska Forskningslaboratoriet, Stockholms universitet.
- Arrhenius, B. 1998. *Redskap med mångsidig användning. Knivar från Eketorp III*. I: Borg, K. (red.) Eketorp-III. Den medeltida befästningen på Öland. Artefakterna. Stockholm, 111–119.
- Blakelock, E. & McDonell, G. 2007. A review of metallographic analyses of early medieval knives. *Historical Metallurgy* 41(1), 40–56.
- Buchwald, V.F. 2005. *Iron and steel in ancient times*. Historisk-filosofiske Skrifter 29. Det Kongelige Danske Videnskabernes Selskab
- Buchwald, V.F. 2008. *Iron, steel and cast iron before Bessemer. The slag-analytical method and the role of carbon and phosphorus*. Historisk-filosofiske Skrifter 32. Det kongelige Danske Videnskabernes Selskab. Köpenhamn.
- Cinthio, H. 1998. *Åkerbruk*. I: Borg, K. (red.) Eketorp-III. Den medeltida befästningen på Öland. Artefakterna. Stockholm, 68–73.
- Cook, A.C., Wadsworth, J. & Southon, J.R. 2001. AMS radiocarbon dating of ancient iron artifacts: A new carbon extraction method in use at LLNL. *Radiocarbon*, Vol 43, Nr2A, 2001, p 221–227.
- Enander, L. & Norén, K-G. 2001. *Järnsmidesboken*. nielsen & norén förlag HB, Stockholm, Lars Enander Smide, Hudiksvall.
- Grandin, L. & Hjärthner-Holdar, E. 2003a. Järnsmidet i Uppåkra. Arkeometallurgiska analyser av föremål, ämnesjärn och smidesavfall. LUHM 31000, 31251, Uppåkra sn, Skåne. *Geoarkeologiskt Laboratorium, Analysrapport 7-2003*. Uppsala.
- Grandin, L. & Hjärthner-Holdar, E. 2003b. Metallhantverket vid storgården. Ett arkeometallurgiskt perspektiv. I: Söderberg, B. (red) *Järrestad. Huvudgård i centralbygd*. Riksantikvarieämbetet Arkeologiska undersökningar Skrifter 51, 309–340.
- Grandin, L. 2009. Knivar av härdat stål – likheter och skillnader i material och smidesteknik. Metallografiska analyser av knivar från yngre järnålder. Skåne, V. Karaby socken och Åhus socken. UV Uppsala Rapport 2009:21. Geoarkeologisk undersökning. Riksantikvarieämbetet. Avdelningen för arkeologiska undersökningar. Geoarkeologiskt Laboratorium. Uppsala.
- Jirlow, R. 1949. Bill och rist på förhistoriska plogar. *Fornvännen* 44, 218–236.
- Jirlow, R. 1981 (2:a uppl). Plov. KLNLM XIII
- Jonell Ericsson, B. 1982. Industriella anläggningar. I: *Lima och Transtrand. Ur två socknars historia*. Red S. Björklund. Malung.
- Matsson, N. H. 1982. Arbetsmetoder och smidesalster. I: *Lima och Transtrand. Ur två socknars historia*. Red S. Björklund. Malung.
- Modin, S. & Pleiner, R. 1978. The metallographic examinations of locks, keys and tools. I: Lamm, K. & Lundström, A. (red.) *Excavations at Helgö V:1 Workshop Part II*, 81-109. Kungl. vitterhets historie och antikvitets akademien, Stockholm.
- Myrdal, J. 1982. Jordbruksredskap av järn före år 1000. *Fornvännen* 77, 81–104.

- Norén, K-G. & Enander, L. 2001. Klassiskt järnsmide. nielsen & norén förlag HB, Stockholm, Lars Enander Smide, Hudiksvall.
- Nyman, A. 1981 (2:a uppl). Lie, liesmide. KLN M X.
- Tomtlund, J-E. 1973. Metallographic Investigation of 13 Knives from Helgö. *Early Medieval Studies* 5, 42–63. Antikvariskt Arkiv 50. Kungl. vitterhets historie och antikvitets akademien, Stockholm.

## **Administrativa uppgifter**

*Riksantikvarieämbetets dnr:* 424-04231-2011.

*Riksantikvarieämbetets projektnummer:* 12114.

*Projektgrupp:* Lena Grandin, Mia Englund och Eva Hjärthner-Holder

*Underkonsulter:* Ångströmlaboratoriet, Tandemlaboratoriet vid Uppsala  
Universitet

*Digital dokumentation:* förvaras på UV Mitt, Uppsala.

*Fotografier:* Mia Englund och Lena Grandin.

# Bilagor

## Bilaga 1. Resultat från datering av jordbruksredskapen. Resultatprotokoll och kalibrering från Ångströmlaboratoriet.



UPPSALA  
UNIVERSITET

Uppsala 12-05-09

Lena Grandin  
UV GAL, RAÅ  
Portalgatan 2 A  
754 23 UPPSALA

Ångströmlaboratoriet  
Tandemlaboratoriet

Göran Possnert

Besöksadress:  
Ångströmlaboratoriet  
Lägerhyddsvägen 1  
Rum 4143

Postadress:  
Box 529  
751 20 Uppsala

Telefon:  
018 - 471 30 69

Telefax:  
018 - 55 57 36

Hemsida:  
<http://www.angstrom.uu.se>

E-post:  
Goran.Possnert@Angstrom.uu.se

Resultat av  $^{14}\text{C}$  datering av metalliskt järn/stål från Uppland, Öland, Västergötland och Östergötland.

Järnet putsat på ytan och förbränt till  $\text{CO}_2$ -gas som i sin tur Fe-katalytiskt graffiterats före acceleratorbestämningen.

### RESULTAT

Labnummer	Prov	$\delta^{13}\text{C}$ ‰ VPDB	$^{14}\text{C}$ ålder BP
Ua-30600	SHM 11056 (Stockholm, Norrlandsgatan 13)	-27,3	718 ± 30
Ua-30601	SHM 31597:V28:27 (Eketorps borg, Öland)	-32,4	900 ± 30
Ua-30602	SHM 18393:3263 (Varnhems kloster, Västergötland)	-30 *	936 ± 30

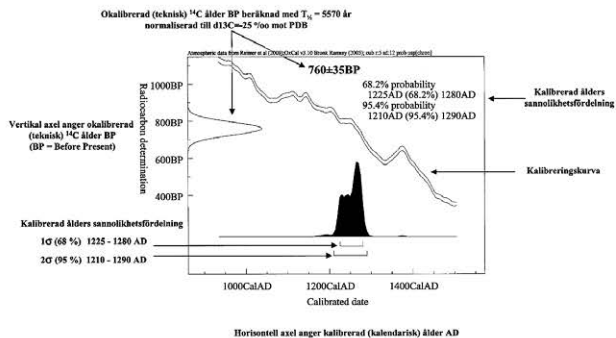
\* Antaget värde

Provet SHM 23127:373, *Alvastra kloster, Östergötland* var ej av tillräcklig kvalitet och har ej behandlats.

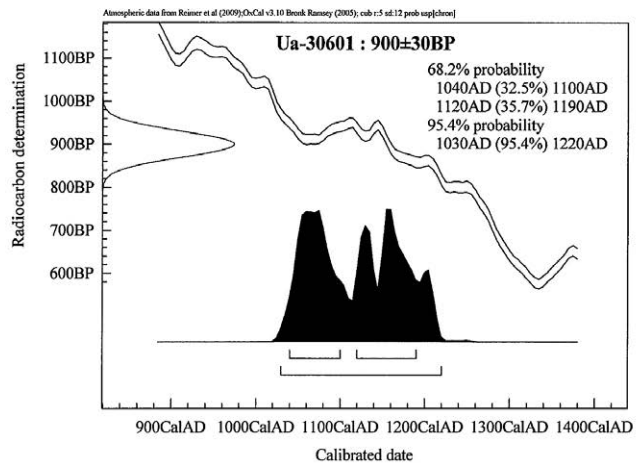
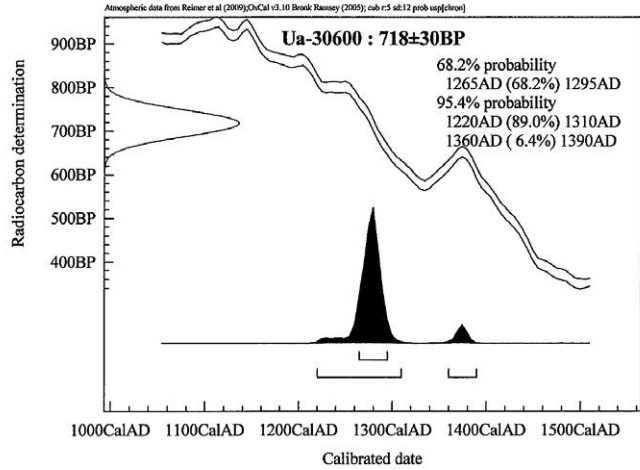
Med vänlig hälsning

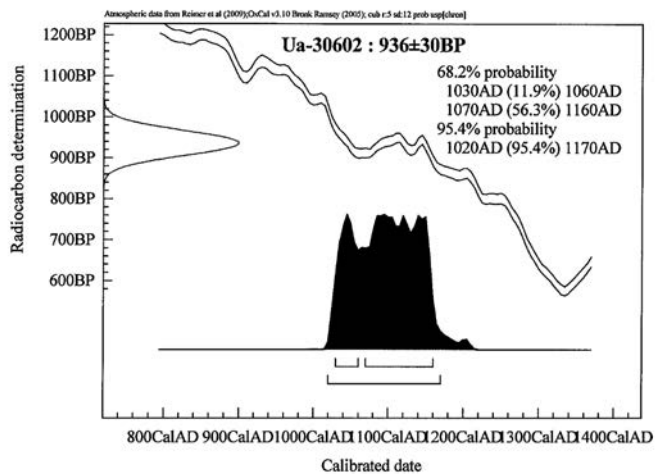
Göran Possnert/Ingela Sundström

### Förklaring till kalibreringsutskrift från programmet OxCal









Samtliga tre daterade föremål. Ua-30600 – SHM 11056, Ua-30601 – SHM 31597:V28:27 och Ua-30602 – SHM 18393:3263

