



**NORSK
HÅNVERKSINSTITUTT**
SENTER FOR IMMATERIELL KULTURARV

Avsluttande rapport M1780

Rekonstruksjon av austerrisk armérifle Girardoni M 1780

**Av Alf Holmaas Helland, Børsemakarfaget
Stipendiat i handverk ved Norsk håndverksinstitutt
24.08.2020**

Innholdsliste:

| | |
|---|----|
| Innholdsliste..... | 2 |
| 1 - Innleiing – kvifor Girardoni M1780? | 4 |
| 2 - Målsetjing for stipendiatperioden..... | 5 |
| 3 - Arbeidsmetodar | 6 |
| 4 - Historisk kontekst..... | 8 |
| 5 - Litt terminologi | 10 |
| 6 - Konstruksjonsprinsipp og verkemåte | 12 |
| 7 – Pneumatiske prinsipp og problemstillingar | 14 |
| 8.1 – Museumsbesøk i Suhl..... | 20 |
| 8.2 – Me byggjer smie | 21 |
| 8.3 – Me murar omn | 23 |
| 8.4 – Gjørklararbeid..... | 25 |
| 8.5 – Vindflaskene | 32 |
| 8.6 – Pakningar og ventilar | 46 |
| 8.7 – Løpet | 52 |
| 8.8 – Låsen | 59 |
| 8.9 – Stokken | 67 |
| 9 – Test av våpenet..... | 71 |
| 10 – Resultat og konklusjonar | 77 |
| Litteraturliste..... | 82 |



1 - Innleiing – kvifor Girardoni M1780?

Denne rapporten handlar om arbeidet rundt rekonstruksjonen av det einaste luftdrivne militærgeværet som verda nokonsinne har sett. Det vart oppfunne av det norditalienske multitalentet Bartholomeus Girardoni på slutten av 1770-åra og var i bruk av den austerriske hæren frå 1780 til 1806. Rifla var det mest hurtigskytande infanterivåpenet heilt fram til den amerikanske magasinrifla til Christopher M. Spencer i 1860.

M1780 er historisk sett noko av det mest merkelege, dristige og nytenkjande konseptet innanfor børsemakarfaget nokosinne. Aldri tidlegare har luft vore brukt slik som eit reint drivmiddel i handvåpen til infanteriet. Det finst svært lite dokumentasjon om bruken av rifla på slagmarka, men me veit ho vart sett inn i krigen mot Tyrkia 1787-1792 og i krigane på kontinentet fram til 1806. Etter 26 år forsvann så våpenet brått ut av arsenalet til den habsburgske hæren. Eit fåtal børsemakarar på kontinentet reproduserte desse riflene for aristokrati og adel i 1830-og 1840-åra, men etter at den moderne patrona gjorde sitt inntog, fall rifla i gløymeboka. Difor har me heller ingen levande tradisjon for våpentypen i Europa. Våpentypen heiter på tysk «Windbüchse», som me til norsk truleg best kan setje om til ordet «vindrifle». Denne termen eksisterar ikkje som eit omgrep i det norske språket, heller ikkje i det engelske. Det næraste er «air gun» eller «air rifle» som me til norsk har oversett til ordet «luftgevær». For Ola Nordmann har nok luftgeværet vorte sett på meir som eit leikety, ein enkel og harmlaus konstruksjon for blinkskyting på tivoli og som uhøgtideleg moro på 17. mai. Dei siste åra har populariteten til luftvåpen vakse, ikkje minst etter at skyting med luftrifle og luftpistol vart teken opp som olympisk disiplin i 1984.

Mange jegarar har i det siste brukt luftrifla som eit enkelt treningsvåpen det er billeg å øve med før jakta. I Noreg er jakt med luftvåpen forbode, slik det står i Lov om jakt og fangst av vilt, kapittel VI, paragraf 20: «Til felling av vilt under jakt kan bare brukes skytevåpen med ladning av krutt». Statusen til våpenet i Noreg i dag er difor ikkje så høg, og det er mange som ikkje reknar luftvåpen som «ordentlege» våpen. I Storbritannia har ein derimot lengje brukt luftrifler til felling av ymse småvilt, og heller ikkje den tyske våpenlova nemner at luftdrivne

våpen er ulovleg, så lenge krava til anslagsenergi i viltet er stetta. Mange stadar i verda vert kraftige luftrifler i dag faktisk brukt til felling av storvilt, så som hjort og villsvin.

2 - Målsetjing for stipendiatperioden

Målet eg sette meg å gjere i løpet av dei tre åra ved Norsk håndverksinstitutt (NHI) var temmeleg ambisiøst, men samstundes svært konkret: Å rekonstruere luftrifla M1780 og få henne til å fungere. Det høyrer enkelt ut, men det var det slettes ikkje. Enklare vart det heller ikkje av at eg ville gjere dette så langt som mogeleg på den måten og med det verktøyet som Girardoni hadde eller teoretisk kunne ha hatt. Men kvifor? I desse datatider er det enkelt å frese ut låskassar av massivt gods med CNC og lage pakningar med O-ringar og nitrilgummi, tankar i syrefast stål og liknande.

Det eg finn fascinerande med konstruksjonen, er kva Girardoni fekk ut av dei materiala og dei verktya han hadde, kombinert med dei tilverkingstekniske føresetnadane han hadde. Klarar me i det heile teke å kopiere bragda i dag, 250 år seinare? Har me det i hendene og hovudet? Og dersom me klarar det, har me ikkje då også gått saman med oppfinnaren eit godt stykke på vegen? Me vil ha møtt på dei same utfordringane og stanga hovudet mot den same veggen av grenser som naturlover og materialkvalitetar set. Me vil ha måtte tenkt mange av dei same tankane og gjort dei same kompromissa. På mange måtar er prosjektet ei reise attende i tid, ei reise som fører oss tilbake til dei elementære handverksmessige grepa. Skal produktet til slutt fungere, må handverket bak vere perfekt. Inga maskinering kan kompensere for slett handverk. For den austerriske soldaten i felt var handverket til Girardoni livsviktig. Det var skilnaden på liv eller død.

Bak desse grepa ligg det ei evne til å sjå problem, møte utfordringar, snu seg rundt, tenkje nytt og finne nye, enkle løysingar som fungerer. Denne evna til nytenking er ei av dei sterkaste drivkreftene i utviklinga av handverka, inkludert

børsemakarfaget. Eit av måla mine ved arbeidet var difor å få større innsikt i denne nytenkjingsevna gjennom å studere vala til Girardoni i si samtid. Gjennom å rekonstruere luftrifla etter dei arbeidsprinsippa og metodane som vart brukte i 1780-åra vona eg å få eit større innblikk i handverkaren sin tankegang. Er det arbeidsteknikkar me her har gløymt? Er det viktige moment her som den moderne børsemakar anno 2018 kan lære av og ta med seg vidare?

3 - Arbeidsmetodar

Strengt hemmelegald frå Keisar Joseph II i perioden 1779-1790 og etterfølgjaren hans Leopold II, gjer at det ikkje finst noko nedskrive dokument om korleis våpenet vart bygt. Då Girardoni vart tilsett hausten 1779, veit me at han måtte skrive under ein arbeidsavtale der han avla teieplikt om alt han tok føre seg i tenesta til keisaren. Patentet til Bartholomeus Girardoni vart ikkje frigjeve før etter 1815 då det austerriske forsvaret ga opp våpentypen. Det einaste me difor kan støtte oss på er å studere nokre få eksisterande eksemplar som har overlevd krigane og som no er å finne på museum rundt om i Europa. Utifrå å studere verktyspor og gjennom å setje oss inn i dei spesifikke tilverkingmetodane som me veit vart nytta tidleg på 1800-talet, kan me så danne oss eit bilete av korleis tilverkinga truleg har gått føre seg. På biletet under ser me undersida av låskassen.



Etter den ujamne overflata å døme er låskassen utan tvil laga ved støyping i sandformer.

Som tidlegare nemnd vart tilverkjingsprosedyren for våpenet helde strengt hemmeleg av det austerriske forsvaret. Ingen bøker eller artiklar nemnde noko om korleis rifla var vorten til. Det var likevel to rekonstruksjonsforsøk eg kunne støtte meg til: Det fyrste var eit amerikansk rekonstruksjonsforsøk av rifla under leiing av Dr. Beeman og kurator Ernie Cowan frå Chambersburg, Pennsylvania. Ernie Cowan klarte å lage fem kopiar av Girardonrifla med trykklufttankar i klinka stål og med pakningar av skinn. Det andre forsøket var gjort av engelskmennene Geoff Baker og Colin Currie som hadde prøvt å rekonstruere våpenet etter studie av ei original rifle frå militærmuséet i Tower of London. Replikaen deira var i kaliber .22 og hadde ventilar av kunststoff og ein mindre, sylindrisk trykklufttank i høglegert stål.

Dette var grunnen til at eg måtte finne ut meir: Difor reiste eg til våpenbyen Suhl i Thüringen, Tyskland, der eg tidlegare tok svennebrev som børsemakar. Her hadde kurator Michael Dürkoop på magasinet i Lauter tilfeldigvis to Girandoni-rifler på lager, og den eine var komplett. Dette vart ein unik sjanse til å studere våpenet på nært hald, fotografere det og ta korrekte mål. Det var ingen tvil, kassen var støypt i sand. Spora i midten av kassen der luftkanalen var støypt inn, var grove. Eit stort stykke arbeid stod framfor meg, større enn eg trudde. Eg trong også ein ny verkstad. Dette var high-tech anno 1780. Ville eg greie å reprodusere det?

4 - Historisk kontekst

Oppfinnaren Girardoni:

Bartholomeus Girardoni vart fødd i byen Cortina d'Ampezzo den 30.mai 1744. Han var klokkemakar av yrke og stod bak ei rekkje oppfinningar, deriblant ei flygemaskin, intrikate lommeur av tre og ei graveringsmaskin som han fekk ein pris for av kunstakademiet i Wien. I tillegg fann han opp skytevåpen. To av desse la han fram for keisar Joseph II. den 1. mars 1779: Det fyrste var ei krutt driven magasinrifle med magasin til høgre og venstre av løpet som kunne skyte tolv skott etter kvarandre. Det andre var ei luftdriven rifle med magasin for tjue skott. Etter testskyting fekk Girardoni tilslaget på begge våpentypene og i oppdrag å lage 1000 krutrifler og 500 luftrifler. Det viste seg seinare at dei kruttdrivne riflene hadde visse svake punkt som gjorde dei ueigna til militær bruk og Girardoni forkasta desse til fordel for vindriflene. I november 1779 flytta Girardoni saman med familien frå Ampezzo til bydelen Penzing i Wien, like nedanfor slottet i Schönbrunn, der han startar arbeidet med å byggje våpen for keisaren saman med medhjelparen sin, Franz Colli og eit par sveinar. Fram til sin død den 21. mars 1799 produserar han 1313 vindrifler for hæren.

Girardoni-rifla i Amerika -ekspedisjonen til Lewis & Clark:

Den 4. juli i 1803 kjøper den amerikanske presidenten Thomas Jefferson over to millionar kvadratkilometer land av ein pengelens Napoleon Bonaparte for den nette sum av femten millionar dollar. Området, «The Louisiana Territory», strekkjer seg frå New Orleans i sør opp langs Mississippi til Oregonskogane i nord og heilt vest til Californiabukta. Det tilsvarar om lag ein fjerdedel av det som i dag er USA. For å kartleggje området engasjerer han den tidlegare privatsekretæren sin, kaptein Meriwether Lewis og løytnant William Clark.

Saman med trettini utvalde soldatar set dei nedover Missouri med klinkbygde robåtar frå Camp Dubois ved St. Louis den 14. mai 1804. I over to år er dei borte og kartlegg vegen frå Missouri over Rocky Mountains heilt vest til Stillehavet, teiknar kart over nytt land og finn dyr og plantar dei aldri har sett før. Den 23. september 1806 kjem dei attende til St. Louis, alle saman, med unntak av ein, som fekk infeksjon i blindtarmen og ikkje stod til å redde. I dagbøkene dei førte,

ser me at dei har møtt over femti ulike indianarstammar på turen. Det kom likevel aldri til ein einaste valdeleg konfrontasjon, med unntak av då ei gruppe svartfotindianarar prøvde å stikke av med nokre hestar på slutten av ekspedisjonen og ein indianar vart skoten. Spørsmålet er: Korleis kan dette ha gått føre seg? Korleis var det mogeleg at ein heil tropp var ute i villmarka i over to år utan at nokon konflikhtar oppstod med dei innfødde?

Me veit at ekspedisjonen, «Corps of Discovery» hadde med seg ei luftdriven repeter rifle som etter alt å dømme må ha vore ei Girardoni. Rifla vart demonstrert fleire gonger for dei innfødde under ekspedisjonen og skal ha hatt ein avskrekkande effekt. Her er eit utsnitt av menig Whitehouse skriv i dagboka si den 30 .august 1804: Kaptein Meriwether Lewis er i ferd med å demonstrere luftrifla til Sioux-indianarane i området ved Calumet Bluff på bredden av Missouri, truleg i det som no er Nebraska: *"Captain Lewis took his Air Gun and shot her off, and by the Interpreter told them there was medicine in her, and that she could do very great execution. They all stood amazed at the curiosity; Captain Lewis discharged the Air Gun several times, and the Indians ran hastily to see the holes that the Balls had made which was discharged from it. Finding the balls had entered the Tree, they shouted a loud at the sight and the Execution that was done suprized them exceedingly."*

Indianarane var svært overraska, men kunne ikkje vite at ekspedisjonen berre hadde *ei* slik rifle, og ikkje førte, noko Lewis og Clark heller ikkje fortalde indianarane. Den avskrekkande effekten rifla difor ser ut til å ha hatt på indianarane er grunnen til at Dr. Robert Beeman går så langt som å kalle Girardonirifla *"The Most Important Individual Gun in American History"*. Det er ein kraftig påstand, men det kan hende at han har rett. Ekspedisjonen til Lewis og Clark er utan tvil den mest fredelige i amerikansk historie. Om det berre er på grunn av den austerrikske luftrifla, skal vere usagt, men at våpenet har bidrege til den historiske suksessoperasjonen er heva over ein kvar tvil.

5 - Litt terminologi

Avtrekkshake (tysk: «Abzugsstange», eng. «sear»): Den delen som låser spennstykket og står i umiddelbar kontakt med avtrekkjaren.

Cast-off (tysk: Rechtsschränkung): At bakskjeftet er lagt ut til høgre for senterlinja av løpet for å lette sikteprosedyren for ein høgrehandsskyttar.

Cast-on (tysk: Linksschränkung): At bakskjeftet er lagt ut til venstre for senterlinja av løpet for å lette sikteprosedyren for ein venstrehandsskyttar.

Hane (tysk: «Hahn», engelsk: «hammer/cock»): Den delen av mekanismen som tradisjonelt ligg utanpå låsen og som gjer at ein manuelt kan spenne opp slagfjøra.

Festeplate (tysk: «Studel», eng. «bridle»): Mothaldet for spennstykke. Festeplata held fast og lagrar opp spennstykket på innsida av låsen.

Glattbort våpen (tysk: «Waffe mit glattem Lauf/glatten Läufen», eng.: «smoothbore»): Våpen med løp utan rifling. Glattborte våpen vert i dag for det meste brukte til å skyte hagl med, i eldre tider vart dei også brukt til å skyte større kuler/prosjektil med, slik som rifler. Glattborte våpen er i regelen ikkje så presise som rifler på lengre hald.

Karabin (tysk: «Karabiner», eng. «carbine»): Kort og hendig rifle.

Korn (tysk: «Korn», eng.: «Front sight»): Framre del av dei opne siktemidla, er forma som ein sirkel, trekant, rektangel eller ein kombinasjon av desse.

Låsplate (tysk: «Schlossblech», eng. «lock plate»): Ei plate av stål/jern som held alle låskomponentane på plass.

Nål (tysk: «Stössel», eng. «striker»): Sylindrisk pinne som er hengsla til skeia. Nåla går gjennom låskassen bak og er ansvarleg for å øve press på ventilen så han opnar ein kort augneblink før skottet går.

Rifle (tysk: «Büchse», eng. «rifle»): Våpen med innvendig spiral. Spiralen set kula i rotasjon om sin eigen akse og fører til at prosjektilet får større presisjon på langt hald.

Fall i skjeftet (tysk «Senkung» eng. «drop»): Målet frå toppen av løpet ned til toppen av bakskjeftet. Fallet gjer det lettare for skyttaren å komme inn i siktebiletet.

Rørke (tysk: «Führungshülse für den Ladestock», eng.:»thimble«): Røyrforma delar i anten jern eller messing som er innfelt i underkant av forskjeftet og som held pussestokken på plass.

Slagfjør (tysk: «Schlagfeder», eng. «main spring»): Fjøra, anten bladfjør eller spiralfjør, som lagrar slagenergien i låsen.

Skei (tysk: «Löffel», eng.: «Spoon»): Særeigen del av låsen i Girardonisystemet som grip inn i spennstykket og vert ført bakover mot ventilen. Skeia gjer om den sirkulære rørsle til spennstykket til ei rettlinja rørsle.

Skur: (tysk: «Kimme», eng.: «rear sight»):Bakre del av dei opne siktemidla, har ei utsparring i midten der den fremste delen av siktemidla, kornet, skal plasserast.

Skuvar: (tysk; «Schieber», eng. «cross bolt»):Den rektangulære bolten i lademekanismen som hentar prosjektila frå magasinet. Skuvaren er opplagra i bakre enden av løpet med to endestopparar og ei lang returfjør som er tredd innover magasinrøyret.

Spennstykke (tysk: «Nuss», eng. «tumbler»): Den delen som overfører krafta frå hanen til slagfjøra.

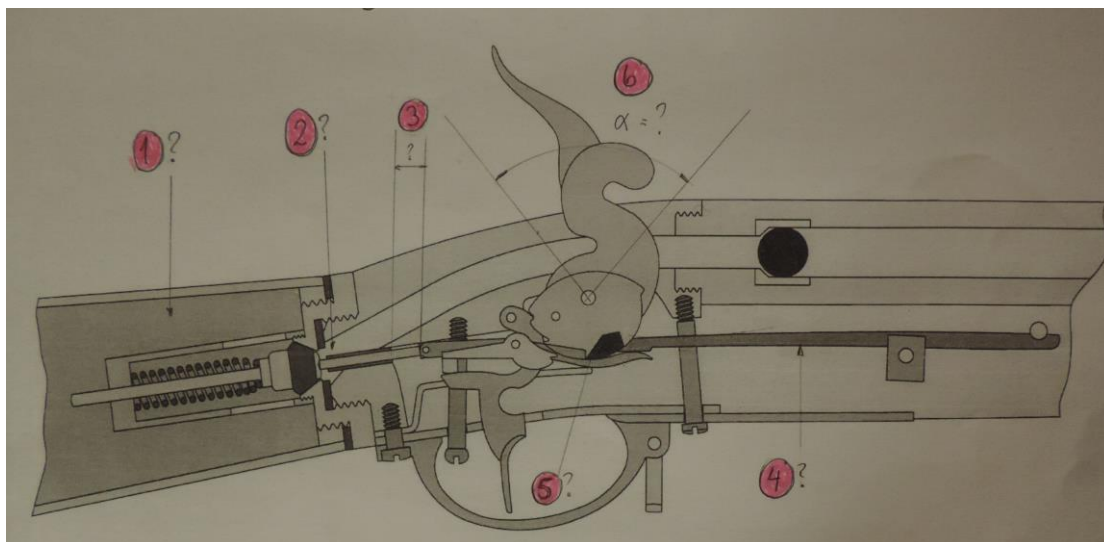
Stigning: (tysk: «Steigung», eng. «pitch/ pitch rate»):Kor krapp /bratt den innvendige spiralen i løpet er. Stigninga vert ofte oppført som lengda (i tommar) ei kule må flytte seg for å gjere ein heil omdreining om sin eigen akse. Døme: 1:14 (les «ein på fjorten») vil seie at kula snur seg ein heil tørn om seg sjølv i løpet av ei lengd på fjorten tommar (litt over 35cm).

Vindrifle (tysk: «Windbüchse», eng. «air rifle / air gun»): Rifle med komprimert luft som drivkraft. Lufta vart anten komprimert med ein blåsebelg, fjørdrivne stempel eller ho var komprimert på førehand, slik som i rifla til Girardoni. På norsk har me ikkje anna term enn «luftgevær» eller «luftrifle». Ordet kom truleg inn i det norske språket frå engelsk.

6 - Konstruksjonsprinsipp og verkemåte

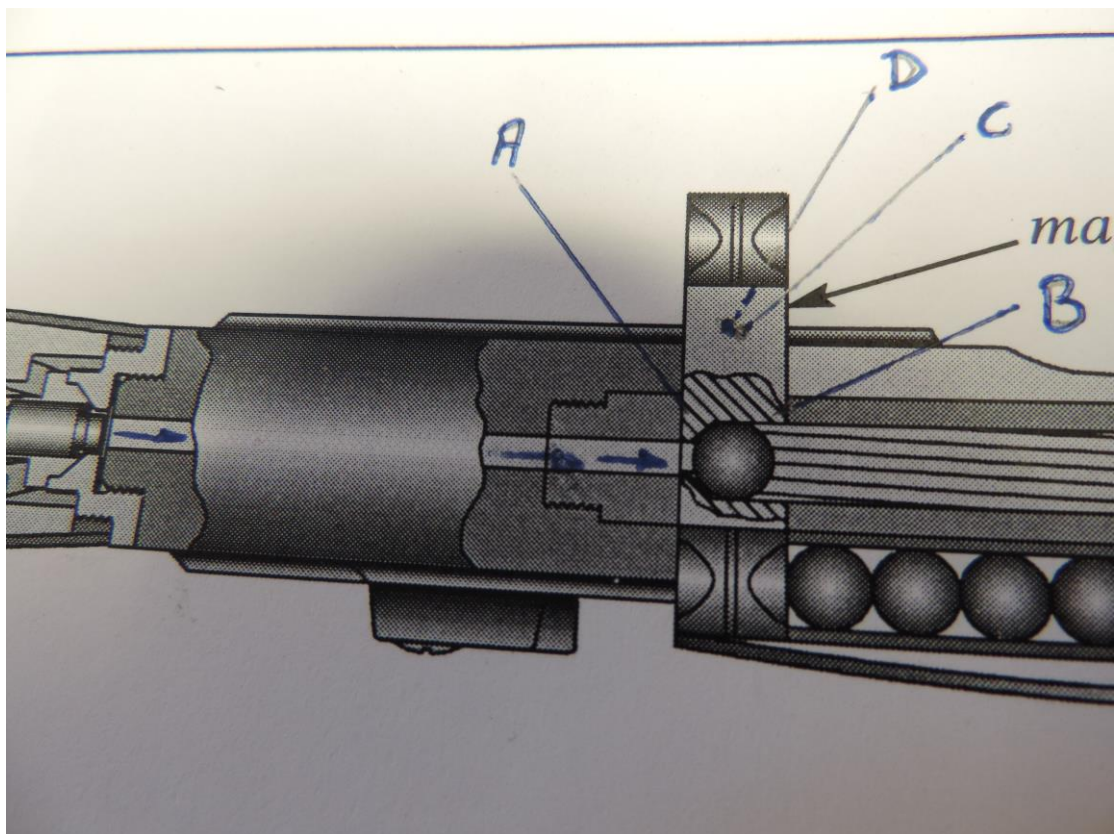
Denne rifla fungerer i prinsippet slik som ein tradisjonell munnladar gjer, bortsett frå at me har eit sideliggjande magasin og at krafta til hanen ikkje driv ein flintstein som lagar gnistar eller detonerer ei tennhette som lagar stikkflamme: Krafta i slagfjøra til vindrifla vert brukt til å opne ein ventil i ei flaske som inneheld komprimert luft. Tanken tener samstundes som bakskjefte (kolbe) for skyttaren og fyller slik to funksjonar.

Tanken om å nytte komprimert luft til å drive eit prosjektil framover var likevel ikkje noko nytt i 1780: Eldon G. Wolff peikar i boka si «Air Guns», s.13, på at David Rivault de Fleurence har skildra eit liknande våpen i verket sitt «Elemens d'Artillerie». Denne boka kom ut før 1608 og skriv at Marin Le Bourgeois frå Lisieux i Normandie skal ha vist eit liknande våpen for den spanskætta kongen av Frankrike, Henrik den 4. av Navarre, før 1600. Våpenet skaut pilar, var i enkeltskottsversjon og vart lada frå munningen. Ei vindrifle med magasin er likevel noko heilt nytt, og det er her Girardoni er nytenkjande og ser nytteverdien av ei fleirskotts rifle i militær samanheng som fungerer utan krut og i all slags vêr. Me skal sjå nærare på prinsippet:



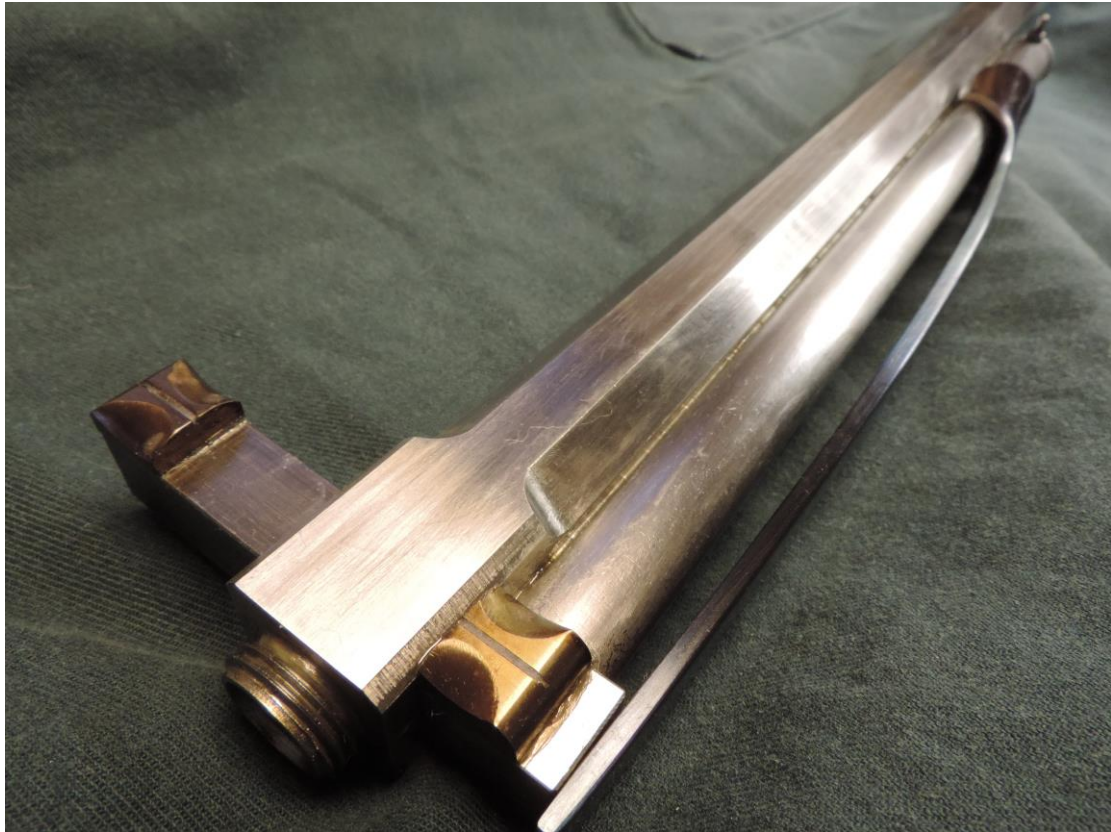
Inne i tanken (1) er det eit lufttrykk på om lag 50 bar. Ein skinnkledd ventil pressar mot eit ventilsete i messing og hindrar at lufta kjem ut utan at ventilhovudet vert pressa inn. Skjer dette, vil lufta leiast ut gjennom ein overstrøymingskanal (2) og rett mot prosjektilet. Det vil så verte pressa inn i riflinga i pipa og bli blåst ut av løpet, på lag med ei ert i eit blåserøyr. Impulsen

som skal til for å løyse ut ventilen kjem frå ei slagfjør i låsen (4) som sit inne i låskassen av messing. Når hanen (6) vert pressa bakover, vert fjøra tvinga nedover. Spennstykket går i inngrep med avtrekkshaken og stillingsenergien i slagfjøra vert lagra. Når avtrekkjaren vert pressa inn, svingar spennstykket seg rundt. Det slår inn på ein skeiforma låsdel (5) som rettar slagkrafta bakover. I enden av skeia er det hengsla inn ei nål (3) som går gjennom låskassen. Når nåla går bakover, pressar ho også inn ventilen i flaska eit stykke, slik at luft vert frigjort og kan strøyme ut gjennom kanalen. Impulsen er kort, for når spennstykket har rotert langt nok til at ventilen opnar seg, misser spennstykket kontakten med skeia. Lufttrykket samt returfjøra i tanken presser skeia under spennstykket og fram til utgangsposisjonen. Syklusen er ferdig og hanen kan spennast på ny til eit nytt skot. For å få til dette må eit nytt prosjektil plasserast i løpet. Slik løyser Girardoni utfordringa:



Prosjektilet, «A», ei rundkule i kaliber .460, ligg i ei halvmåneforma utsparring «B» i ein firkanta bolt «C». Firkanta klossar «D» som er gjenga ned i skuvaren avgrensar rørsla til skuvaren slik at det berre er to sluttposisjonar. I den fyrste posisjonen, der skuvaren er no, klemmer den lange, utvendige returfjøra på skuvaren og sørgjer for at kula er sentrert over kammeret. Når våpenet vert hella

lett oppover vil ei kule frå det pålodda røyrmagasinet på høgre hand rulle ned i den halvmåneforma utsparinga. Sleppe ein då skuvaren, vil fjøra automatisk presse kula på plass. Eit press på skuvaren er difor alt som skal til for å lade våpenet. I magasinet er det plass til tjue skott. Ein ladeklaff i front kan lett vippast til sides. Slik kan magasinet enkelt fyllast på sekund.



7 – Pneumatiske prinsipp og problemstillingar

Luftvåpen eller pneumatiske våpen har vore med oss lengje. Me veit at til og med Leonardo da Vinci nemnar ordet «luftvåpen» i sine skrifter, sjølv om det truleg ikkje er anna enn eit blåserøyret han har i tankane når han skriv: «....steinar...som...kulene i eit luftvåpen...» (Wolff, s. 3). Blåserøyret var i bruk som jaktvåpen på kontinentet i mellomalderen og er framleis i full bruk i jaktkulturane hjå mange urfolk i verda. På mange måtar kan me seie at luftriflene av i dag er ei direkte vidareutvikling av blåserøyret, der lufta frå lungekraft er erstatta med fjørdriven mekanikk som komprimerer lufta i

avfyringsaugneblinken eller, som i vårt tilfelle, hentar forkomprimert luft frå eit reservoar i våpenet.

Det er visse prinsipielle, men likevel kompliserte samanhengar som styrer funksjon og effekt i luftdrivne våpen. Luft har den eigenskapen at ho let seg komprimere. Væsker let seg som kjent ikkje presse saman på same måten. Me går ut frå fylgjande: Det atmosfæriske lufttrykket er ved 0 m.o.h. 1,01325 bar som tilsvarar 1,033kp/cm. Vanlegvis vert lufttrykk i SI-systemet oppgitt i eininga «pascal» ($1\text{Pa}=1\text{N}/\text{m}^2$). For å tydeleggjere teksten i oppgåva mi og gjere han meir lettfattelig, har eg vald å bruke eininga «bar» i staden. $1\text{ bar}=0,1\text{Mpa}=0,981\text{kp}/\text{cm}^2$. $1\text{ kp}/\text{cm}^2=0,987\text{ bar}$. For krefter nyttar me i staden for Newton (N) pund(p) og kilopund (kp). $1\text{kp}=9,80665\text{N}$.

Isoterm tilstandsending: Dersom ein pressar luft saman i eit lukka rom slik at volumet vert halvparten så stort som det opphavelig var, vil trykket stige til det dobbelte. Viss temperaturen held seg konstant i komprimerings- og dekomprimeringsfasen er det tale om ei isoterm tilstandsending. I dette tilfelle gjeld likninga til Boyle-Mariotte:

$$p \times V = \text{const.}$$

Denne likninga vil strengt teke berre gjelde dersom det er snakk om ideelle gassar. Luft er ei gassblanding som er sett saman av nitrogen (ca. 78 %), oksygen (ca. 21 %), litt CO₂, hydrogen og edelgassar som argon, neon, helium, krypton og xenon. Dersom trykket ikkje overstig 100 bar kan me sjå på luft som ein ideell gass. I våre eksperiment arbeidar me med trykk opp til 70 bar, sjølv om trykkflaskene vert trykkprøvde på 120 bar. Me kan i dei fleste tilfelle likevel ikkje nytte likninga til Boyle-Mariotte, ettersom kompresjonen og dekompresjonen av gassane skjer temmeleg snøgt i eit pneumatisk våpen. Er kompresjonsfarten/ dekompresjonsfarten stor eller isolerer veggene i tanken varmen/kulden, vil molekylære endringar gjere at temperaturen til den komprimerte lufta anten stig eller fell. Me må då nytte likninga til Poisson:

$$p \times V^\kappa = \text{const.}$$

Her snakkar me om ei adiabatisk tilstandsending i luftmolekyla, og eksponenten κ tek omsyn til temperaturpåverkinga. For luft set me $\kappa=1,4$. I eit vanleg

luftgevær av stempeltypen vil stempelet i sylindren presse lufta ned til eit volum på ca. 1 cm^3 . Trykket vil stige til ca. 150 bar og temperaturen vil auke frå 20°C til 950°C . Prinsippet er det same som tenningsprinsippet i ein dieselmotor, og me snakkar difor også om «dieseleffekten» i olja rifleløp som vert avfyrt utan prosjektil, og der ein av og til kan sjå ein stikkflamme komme ut av pipa, sjølv om det ikkje er krut i løpet.

I vårt tilfelle med prekomprimert luft på ståltankar vil temperaturen ikkje stige så fort, i alle tilfelle ikkje dersom me nyttar manuelle pumper til å få trykk på tanken. Luftflaska til vindriflene er også i dei fleste tilfelle av metall. På Girardonirifla er tanken av 2 mm tjukt stål, og overflata er temmeleg stor. På grunn av dette har me ei særskilt tilstandsending av lufta vår som ligg ein stad mellom den isoterme og den adiabatisk. Me kallar dette den polytrope tilstandsendinga. Her må me modifisere formelen til Poisson og setje inn ein eksponentiell verdi som ligg mellom 1 og 1,4. Me set eksponenten γ slik: $1 < \gamma < 1,4$, alt etter kva pumpe me nyttar, kor lang tid kompresjonen tek og kor godt veggene i ståltanken vil evne å leie bort varmen (kompresjon) og ta til seg varme (dekompresjon). Formelen vert då sjåande slik ut:

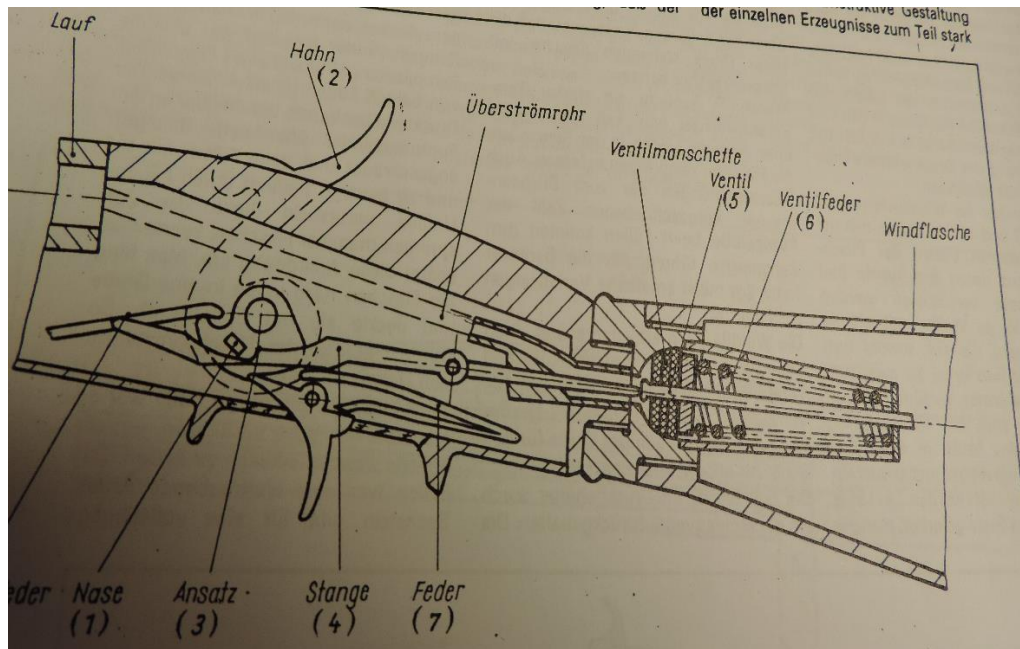
$$p \times V^\gamma = \text{const.}$$

I tilfellet med trykkflaskene til Girardoni vil det oppstå nok ein kompliserande faktor: Dersom lufta har gjennomgått ei tilstandsending, anten av adiabatisk eller polytrop karakter og vert lagra over tid, vil naturlegvis varmen i lufta som er fanga inne i tanken bli mindre, ettersom den innvendige temperaturen vil prøve å tilpasse seg yttertemperaturen. Då vil trykket i tanken gå mot den nedre grenseverdien som me ville fått etter ei isoterm tilstandsending. Denne trykkendinga kan og vil gå begge vegar, alt etter om yttertemperaturen er markant mindre eller større enn temperaturen inne i flaska. Er det svært kaldt ute og ein kjem raskt ut i kulda før ein skyt, vil difor trykket i flaska vere høgare enn om ein har vore lengre ute og tankveggane har vore utsett for kulde i lengre tid. Utifrå dette perspektivet kan ein godt forstå at trykktankane til Girardoni var kledde med skinn. Skinn isolerar betre enn metall og vil, alt etter skinntjukne og eksponeringstid, redusere eventuelt trykkfall i tankane i kaldt vêr. Trykkfallet vil gjere at skyttaren må korrigere for siktepunkt, ettersom treffpunktet naturleg

nok vil gå ned. Det same vil det maksimale talet på effektive skot som kan avfyrast før tanken må bytast eller pumpast opp att.

Fram til no har me omtala tilstandsendingar i lufta *før* avfyring. *Under* og umiddelbart *etter* avfyring vil det også oppstå endringar som påverkar trykket: I det me klemmer på avtrekkjaren til Girardonirifla og nåla slår inn i ventilen, skjer følgjande inne i flaska: Trykket vil falle, ettersom det er meir plass til den resterande lufta. Kor mykje trykket fell er avhengig av innervolumet i flaska. Ei flaske med eit lite innervolum vil gjennomgå eit større trykkfall enn ei flaske med eit større innervolum. Dei aller fleste flaskene til Girardoniriflene hadde eit temmeleg likt innervolum på ca. 700 cm³ eller 0,7l.

Når trykket går ned vil då også temperaturen i flaska gå ned. Dette mindre temperaturfallet vil ytterlegare redusere trykket inne i flaska. Når den frigiorte luftmengda brått kjem inn i luftkanalen inne i låskassen vil trykket i låskassen gå markant opp, samstundes som den førehandskomprimerte luftmengda som var låst inne i tanken brått vert mindre. Den resterande lufta i tanken vert då dekomprimert i rekordfart, ettersom det er meir plass til dei attverande luftmolekyla. Kor snøgt dette går avheng av volumet i luftkanalen som står til disposisjon for lufta og, til ein viss grad, av den innvendige temperaturen i låskassen. Størst trykkfall får ein når volumet innvendig i luftkanalen er så stort som det går an og låskassen i messing er kald. Krafta vil då også gå ned proporsjonalt med trykkfallet og lovmessig følgje formelen $F = \frac{p}{A}$: Når arealet «A» aukar og trykket «p» er konstant, vil krafta «F» minke proporsjonalt med auken av «A».



Interessant er det å sjå kva som skjer framover i systemet vårt:

- a) Noko av lufta vil forsvinne som lekkasje via skinnpakningen i den gjenga overgangen mellom flaske og bakre ende av låskasse. Her kan ein minimere trykktapet med gode, elastiske skinnpakningar.
- b) Noko av lufta vil sive ut mellom støytnål og røyret til støytnåla inn i sjølve låskassen. Kor mykje, avheng av kor god pasninga til støytnåla er i føringa si.
- c) Litt av lufta vil også sive ut i bakkant og forkant av den firkanta skuvaren. Her er det også pasninga mellom firkantholet i løpet og skuvaren som vil avgjere kor høgt trykktapet vert. Rett smøring mellom skuvar og firkantboring kan i til ein viss grad også tenkjast å redusere dette, men ei så perfekt pasning som er fysisk mogeleg å tilverke har stor effekt på resultatet.
- d) Sist, men ikkje minst: Noko av lufta vil sive ut mellom blykula og den rifla løpsveggen. Kula har ein rein tangential kontakt med løpsveggen ettersom ho er sfærisk i forma si, og kontaktflata er frå eit gassøkonomisk synspunkt så ugunstig som det går an. I tillegg til den minimale kontaktflata er det fleire parameter som spelar inn: Kor mjuk er blykula? Kor djup og kor brei er riflinga? Kor godt passar kula til pipa? Er kulene smurde? I så fall, kva for smurning er nytta? I kor stor grad reduserer

smurninga friksjonen i pipa og kor godt tettar ho mellom prosjektil og løpsvegg?

Felles for desse fire lekkasjepunkta er dette: Di høgare trykket er, di meir luft slepp ut via desse punkta. Og som me ser ovanfor, vil trykket p ikkje vere konstant, p vil minke. Og heile vegen vil lufta bli bremsa av ru overflater i system og låskasse.

I løpet skjer dette: Me får ein brå trykkauke i kammeret frå den augneblinken lufta treffer prosjektilet til den augneblinken kula set seg i rørsle og startar akselerasjonsprosessen. Dersom resterande trykk er stort nok, vil det øve ei stor nok kraft på prosjektilet til å setje det i rørsle og blåse det ut av pipa. I tillegg til friksjonen frå innerveggen i pipa møter trykklufta i tillegg ei torsjonskraft frå prosjektilet, som må snu seg om sin eigen akse i sin veg frå kammer og ut i friluft. Trykket bak prosjektilet aukar framover i pipa heilt fram til det punktet der summen av friksjonskraft og torsjonskraft er like stort som lufttrykket bak. Ser me bort frå tregleiken i massen til kula, vil ho frå dette punktet og framover misse fart. Friksjonskreftene frå løpsveggene saman med torsjonskreftene og den generelle luftmotstanden vil bremse prosjektilet på sin veg fram mot målet.

Trykket p inne i pipa, bak prosjektilet, minkar no proporsjonalt med at arealet A bak aukar. I tillegg fell temperaturen som eit resultat av trykkfallet og er med på å redusere trykket ytterlegare.

Alle desse prosessane går føre seg i eit tidsrom på nokre få millisekund og er svært vanskelege å måle. Berre ved å byte ut eitt parameter i slengen og halde rigid på dei andre konstantane kan me kartleggje effekten i det enkelte tilfelle.

Det me klarer å måle er dette:

- a) Utgangsfarten til prosjektilet, som regel i meter per sekund eller fot per sekund (m/s eller fps)

- b) Anslagskrafta til prosjektilet (anten i fotpund eller Joule (J), anten sett på som gjennomtrengjingskraft i eit homogent medium på ein normert avstand eller rekna ut, t.d. på formelen

$$E = \frac{(V^\circ)x (V^\circ)x \text{ kulevekt i grains}}{450240}$$

Dersom V° vert oppgitt i fot per sekund (fps), kjem svaret E ut i eininga fotpund. 1 fotpund = 0,671969 m/kg (kgm) eller 1,35582 Joule. 1 grain = 0,0648 gram eller 1 g = 15,432grs.

8.1 – Museumsbesøk i Suhl

Å sjå korleis denne rifla såg ut var vesentleg. Ettersom det ikkje fanst skriftlege kjelder å oppdrive som kunne dokumentere tilvergingsprosessen måtte eg studere eksisterande museumseksemplar. Det er svært få komplette rifler att av dei knapt 1500 børsene som totalt vart laga. Dei fleste er i hendene på private samlarar. Nokre få er tekne vare på av museum rundt om i verda. Eitt av dei var faktisk i samlinga til Waffmuseum Suhl. På dette museet hadde eg arbeid som praktikant under utdanninga mi i Tyskland og kjende godt til dåverande kurator, børsemakarmeister Michael Dürkoop. Han sa seg viljug til å stille opp og sa me skulle få til ein komplett demontering av alle delar så langt det var mogeleg.

Arbeidet gjennomførte me i løpet av ei haustveke i 2017. Eg fekk ta alle bilete eg ville og Dürkoop skaffa til veges all dokumentasjon som han fann om vindrifler på museet. Utan innsatsen til Michael Dürkoop kan eg trygt seie at me nok ikkje hadde fått kunne gjennomføre ein så nøyaktig rekonstruksjon som me gjorde. Mellom anna vart det klårt at Girardoni hadde støypt låskassene i sandformer, slik også Baker og Currie hevdar. Det var lett å sjå av den svært ujamne overflata inne i låskassen.



8.2 – Me byggjer smie

Vel heime i Noreg att var det eitt å gjere: Lage ein plan. Dette kom til å verte heilt annleis enn noko anna eg hadde gjort før. Skulle eg lage låskassane på den måten Girardoni hadde gjort det, så måtte dei støypast. Dei måtte støypast i sand. Eg måtte smelte messing med temperaturar på litt under 1000 °C. Slikt kunne eg ikkje gjennomføre i maskineringsverkstaden, og med vestlandsvêr og ni månader regn i året, var det berre eitt å gjere: Lage smie.



Oktober 2017: Børsemakaren har planert grunnen, fått opp ein ringmur i Leca og har fått opp reisverk av forskalingsmaterial han har resirkulert. Sperr med treungs røst. (sperrrelengd=3/5 av breidda til huset)



Desember: Taket er komme på, kisteborda på austre gavlen på plass, glas og dørar i, ferdig isolert og golvet av heimeskoren gran i 2"x6".

8.3 – Me murar omn



Stipendiaten prøver seg i murarfaget tidleg i februar 2018. No skal omnen til smelting, herding og anløpingsoppgåver lagast. Eit tonn med dansk tegl og eldfast stein er å sjå i bakgrunnen. Omnen skal kunne vere stor nok til å takle dei fleste av oppgåvene som ein kan møte på i rekonstruksjonsarbeidet.

Det enklaste ville vere å lage ein gassomn, men med få eigna brennarar på marknaden og stramme økonomiske ramar, var det lettast å konstruere eigne brennarar til formålet. Brennardysa er eit munnstykke til eit MIG sveiseapparat med ei opning på 0,8 mm som er montert i røyrovergangar. Kuleventilar gjer det mogeleg å regulere gassmengde individuelt til kvar brennar.



Eit askebeget i forkobra stål som seinare vert spjeld for oksygenregulering



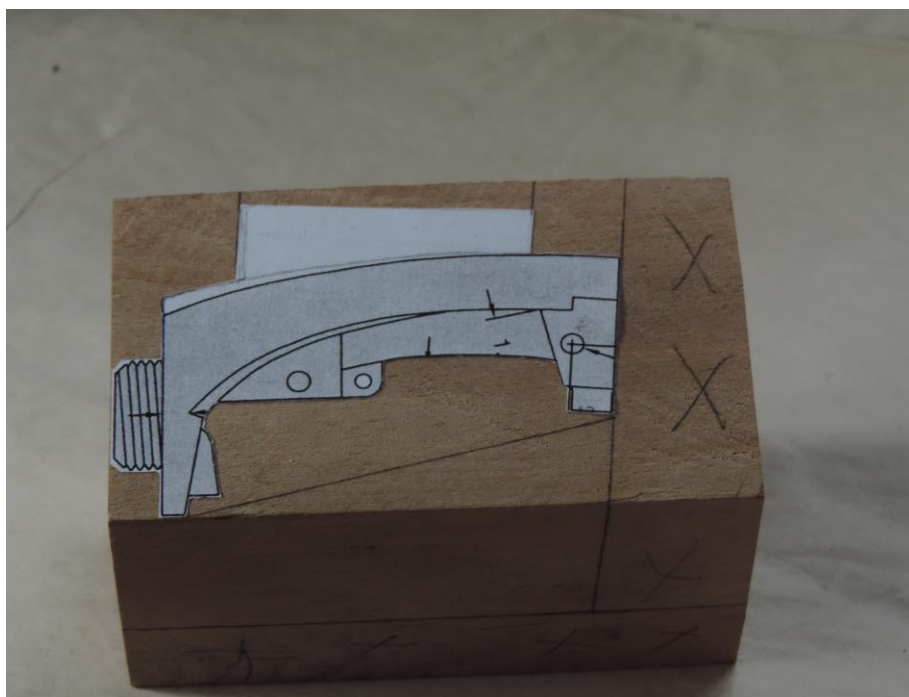
Brennarane, som er av injektortypen, dreg med seg oksygen frå lufta utanfor ved hjelp av trykket i brenngassen (propan). Gassblandinga gjer det mogeleg å nå temperaturar over 900 grader Celsius.



Påske 2018. Omnen er ferdig. Seks injektorbrennarar på plass i sine respektive brennrøyr, digitalt termometer og argonregulator for evt. bakgass på plass. Døra i eldfast stein er fiksert i eit bur av firkantrøyr i galvanisert stål

8.4 – Gjørklararbeid

For å få lage rifla, måtte eg ikkje berre innom tømrarfaget og murarfaget, eg måtte også prøve meg som gjørklar. Gjørklararbeidet inneber eigentleg tre større steg: Fyrst må ein lage ei arbeidsteikning. Utifrå arbeidsteikninga må ein lage ein plugg, ein modell i eit stoff som klarar presset frå formsand, som t.d. tre. Vidare må pluggen vere om lag 2,5 % større i alle retningar for å kompensere for krymping i både størkning og avkjøling av messingen. På biletet under kan du sjå at eg har teikna inn ei ekstra «finne» i toppen.



Det har eg gjort for å ha noko å halde emnet i under meisling, filing, fresing og dreining etter støyping. Legg også merke til at bakenden og framenden av låskassen ikkje er parallelle, men at fronten er lagt ca. 10 grader inn. Dette er gjort for å få bakskjeftet (tanken) til å stå slik at det er plass til kinnene til skyttaren og gje han ei fri siktelinje. Dette kallar me «Senkung» på tysk eller «fall i skjeftet» på norsk.



Steg nummer to er å lage formkassar med presise styringar, pakke formsanden, lage ein plan for å dele forma, pakke sanden rundt modellen samt planleggje og utforme nedløp der messingen skal inn og slagget skal fangast opp. Vidare må ein lage til lufting for å sikre seg at messingen flyt ut i alle deler av forma. Låskassen baud på ekstra utfordringar, ikkje minst fordi han ikkje er rotasjonssymmetrisk. Det er såleis ikkje mogeleg å lage ei halvform etter midten og kopiere henne om sin eigen akse. Holrom innvendig gjer at forma berre kan støypast ein veg. Ho må setjast på skrå i forma og det må lagast ein støypeskøyt etter ein metode som kallast «coping out». Denne metoden går ut på å la noko av forma stikke ut over planflata i formkassen og late den andre delen stikke tilsvarande inn i formkassen.

Noko av forma vil difor liggje over det øvre planet til formkassen og er spesielt utsett for ytre påkjenningar når ein skal flytte formkassane. Som det går fram av biletet under er dei to rektangulære sandprofilane utan støtte i sida. Låskassen måtte støypast med desse i ståande stilling for å unngå kollaps av sanden.

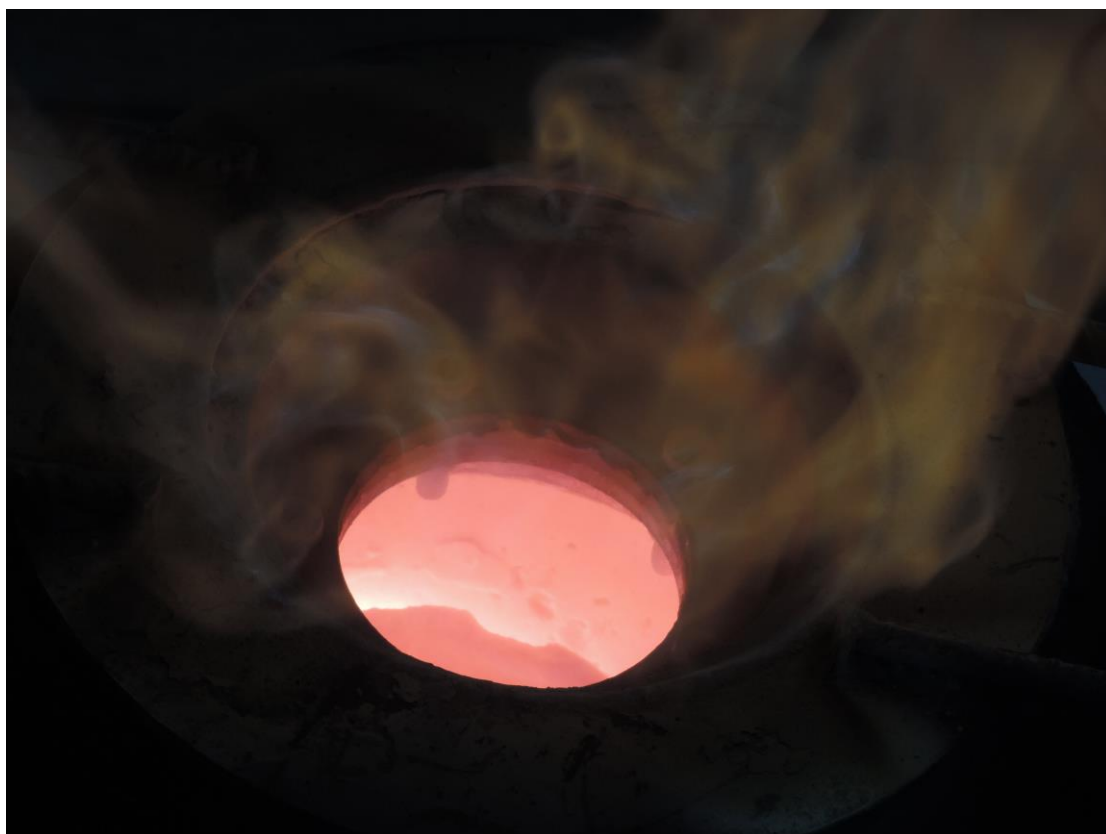


Den nedre formkassen får på denne måten ein haug med sand inn mot midten av forma, der skøyten mellom dei to sandformene går. Dette går fram av biletet under. Legg også merke til at fronten av låskassen er fullstendig dekt. Fronten har ein forsats på 10 grader og utan denne dekkta fronten ville det ikkje ha vore mogeleg å dele formkassane og ta ut pluggen før støyping.

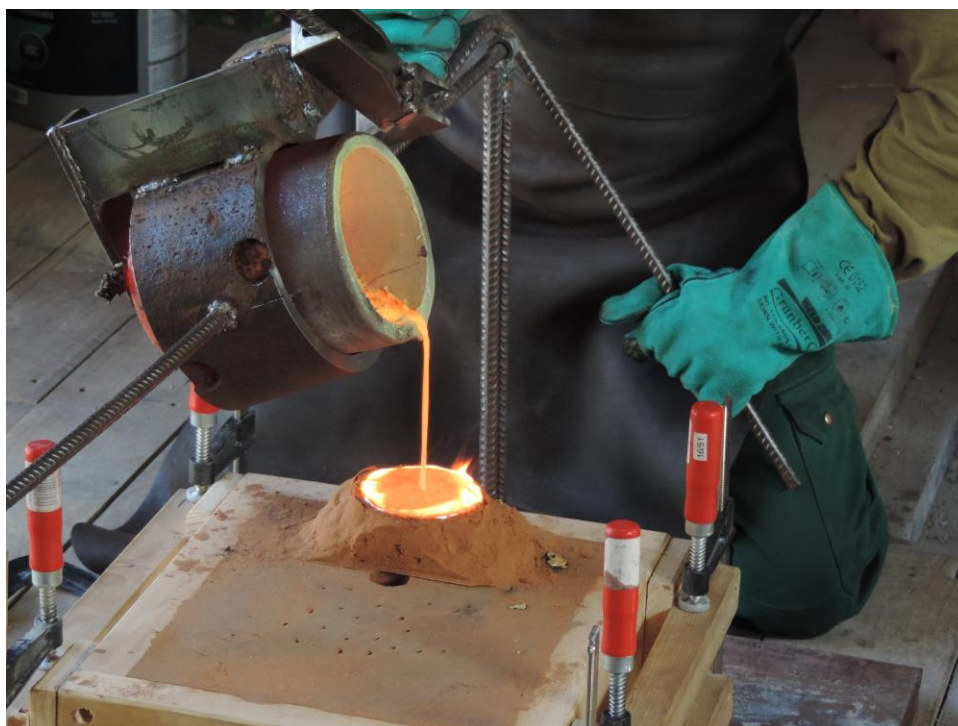


Steg nummer tre er å gjennomføre sjølv støypinga. Eg nytta gamle messinghylser som ikkje kunne ladast om meir. Desse hylsene var i ei temmeleg seig messinglegering, tambak. På grunn av den låge sinkgehalten hadde legeringa eit temmeleg høgt smeltepunkt, ikkje langt frå 1000 °C. Sidan godset var så tynt, var overflata på hylsene stor og oksideringa også. Sidan det oppsto mykje slagg måtte messingen fyrst raffineras i ein forstøyp. Eg støypte difor om messingen i barrar.

Messing i seg sjølv er inga enkel legering å ha med å gjere: Smeltinga måtte skje raskt og digelen måtte vere godt forvarma. Gjekk det for lang tid, fordampa nemleg sinken, ettersom han hadde ei mykje lågare smeltepunkt og fordampingspunkt enn koparen. Då steig også smeltetemperaturen til legeringa, som no hadde endra seg. Det måtte tilsetjast ny sink, og ekstra flussmiddel måtte tilsetjast, som kunne dra ut slagget som danna seg ettersom tida gjekk. Men når skulle ein helle i forma? Ein lekmann skulle tru at det var når me hadde nådd smeltetemperaturen i legeringa. Det er ikkje rett. Når ein tek digelen ut frå den verna atmosfæren i omnen til romtemperatur fell nemleg temperaturen med fleire hundre grader på få sekund. Dette tyder at legeringa er i ferd med å storkne *før* me får henne i forma, sjølv om ho ser heilt flytande ut. Difor må smelta liggje nokre hundre grader *over* smeltetemperatur når me tek digelen ut.



Kor mange grader over er og vert ei erfarings sak og avheng av sinkgehalten og kor lang tid det tek å få digelen ut og i helleposisjon. Rett før fylling av former må også smelta vere reinska for slagginneslutningar. Fyllinga må skje roleg, men jamnt.



Gjørtlararbeid er kompromisslaust samvitsfullt detaljarbeid. Sjølv den minste feil kjem til syne når formene skal brytast og delane gravast ut av formsanden. Dersom ein liten del av forma innvendig har kollapsa eller det har lagt seg eit rusk i luftekanalen kan to dagar med arbeid vere bortkasta. Det tok meg åtte forsøk å få til eit lytefritt emne utan porer. Når eg tenkjer attende på innsatsen som vart gjort i Wien i 1790-åra er det klart at dette var resultatet av eit lagarbeid. Støypinga vart heilt sikkert sett bort til eigne fagspesialistar, som vart kalla «Gelbgießler» («gulstøyparar»).

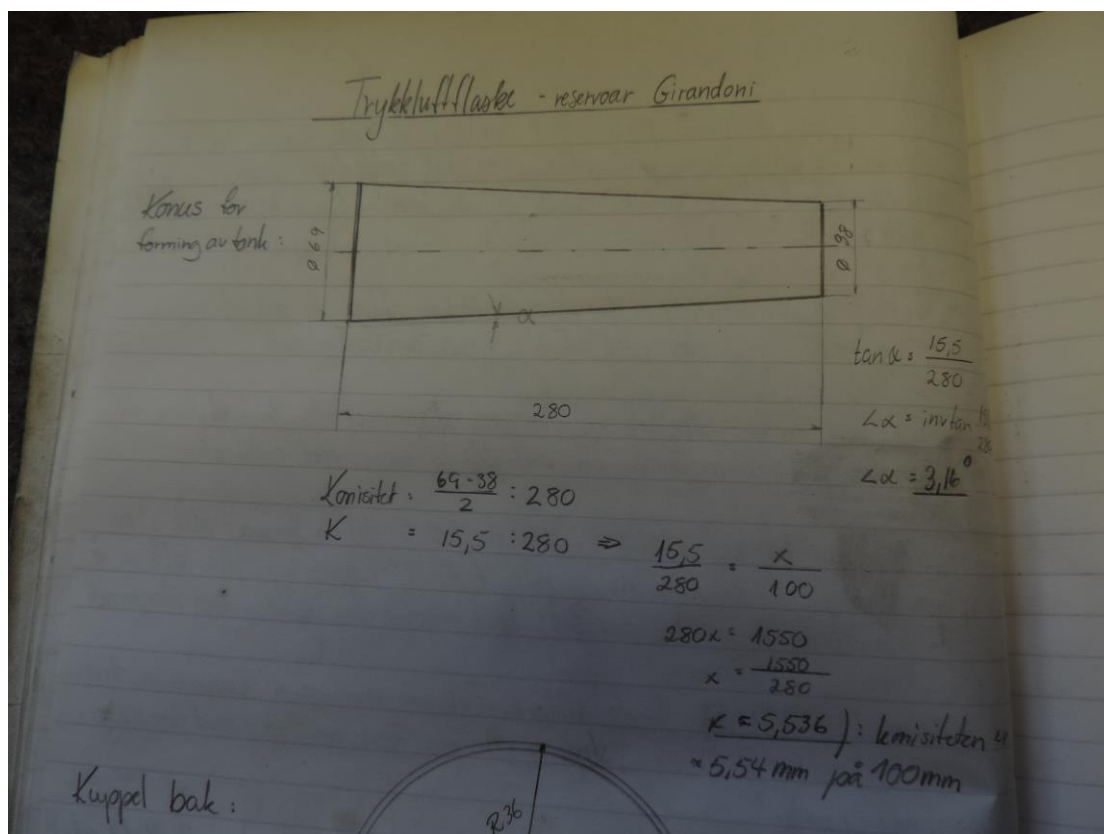
Ein måtte ofte stille seg spørsmålet: Kvifor messing? Kvifor ikkje stål? Stål tåler mykje større mekaniske påkjenningar enn messing. Gjengene, spesielt yttergjengene i bakkant av kassen, måtte tole store påkjenningar. For kvart magasin måtte det nemleg bytast lufttankar om riflene skulle ha nok trykk og prosjektila vere verksame på 100 meters avstand. Me veit frå brev frå arsenalet til Keisar Joseph II at legeringsproblem i låskassen var eit av dei største utfordringane ved våpenet. Paul Parey og Arne Hoff skriv i boka "Windbüchsen und andere Luftdruckwaffen" s. 73-74:" I 1794 taper østerrikerne i Nederland mange festningsverk til franskmennene. ...I 1799 blir det rapportert at bare 136 av totalt 500 rifler finner veien tilbake til arsenalet i Wien. Skadene er overveiende på låskassene, som er støpt i messing... " Så kvifor messing?

I og med at Bartholomeus Girardoni var urmakar av yrke var han trulig van med å arbeide i denne legeringa og hadde erfaring frå gjørtlararbeid. Mest truleg såg han mogleiken som låg i å setje dette arbeidet bort til andre, slik at han kunne konsentrere seg om maskinering og tilpassing av ferdige emne. I tillegg kan han ha tenkt på dei fordelane messing har samanlikna med stål med omsyn på korrosjon. Den låskassen som eg tok mål av i Suhl var like blank i dag som for 230 år sidan. Likevel, kan han ha undervurdert den brutale handsaminga låskassane hans skulle utsetjast for i felt?

I slaget i Lugos i september 1788 miste austerrikarane 20 vindrifler, men utover det er det lite å finne om kva soldatane syntest om riflene i praktisk bruk. Det einaste som er teke vare på for ettertida er ein rapport av grev Colloredo datert

21. juli 1789. Her skriv han at vindrifla har vore vanskelegare å bruke fordi ho er av ein meir kompleks natur: «...das Gewehr selbst, welches wegen seiner Construction mit ungleich mehr Aufmerksamkeit und Schonung als ein Feuegewehr behandelt werden muß...» Sett i ettertid kan det godt hende at sjølve låskassen er ein av hovudgrunnane til at rifla vert teken ut av aktiv teneste allereie etter tjue år. Me ser at seinare vindrifleprodusentar som Johann Contriner tek seg umaken med å lage låskassar i stål når han skal kopiere systemet til Girardoni. At låskassen vert reproduisert av fleire sivile børsemakerar i tida etter at konseptet vart oppgjeve av det militære er uansett eit prov på at systemet fungerte.

8.5 – Vindflaskene



Vindflaskene, lufttankane eller «resipientane», kjært barn har mange namn. I arbeidet med å rekonstruere vindriflene var dette ein av dei mest utfordrande delane å lage. Den einaste som eg veit har klart dette i nyare tid, er Ernie Cowan frå Chambersburg, Pennsylvania, som diverre gjekk bort i august 2018. Utan andre å spørje vart det til at eg tok ein god kikk på dei originale luftflaskene som var på museet i Suhl og prøvde å setje meg inn i korleis Girandoni kan ha gjort det: Hovuddel og kuppel bak veit me er laga av 2 mm tjukke jernplater. Jernplata er forma og klinka saman før saumen er tetta med messinglodd. Han har brukt smijern, for stål vart ikkje handelsvare før i 1857, då Henry Bessemer fann på å blåse oksygen inn i flytande råjern og slik kunne gjere materialet reint og fritt for porer.



Kuppelen bak er også laga av ei to mm tjukk jernplate som er forma til ei halvkule og så er hardlodda med messing i bakkant.



I front er det lodda inn ein ring av jern som er gjenga innvendig slik at ventilhuset kan skruast inn i tanken:

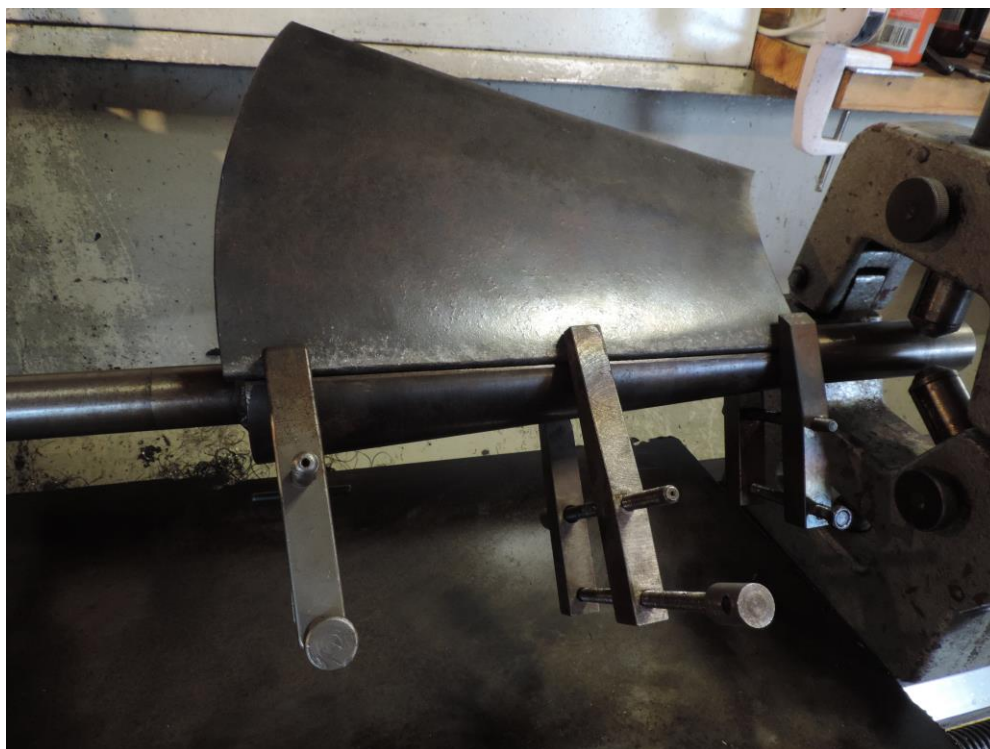


Det er mange spørsmål som reiser seg her: Korleis vart jernplatene bøygde til rett form? Korleis vart kuplane bak laga? Korleis vart tanken lodda saman? Det var berre eitt å gjere, nemleg å prøve å tenkje seg attende i tid. Hadde Girardoni tilgong på valser som kunne valse platene til rett form? Det kan hende, men er ikkje sikkert. Eg fann hammarmarke i tanken frå museet i Suhl, små buler som ikkje kan tilskrivast korrosjon.



Det mest nærliggjande å tru for meg er at platene vart skorne til som trapesforma bitar og varmforma rundt ein dor før dei vart klinka saman. Smed og forfattar Håvard Bergland trudde det same då eg rådspurde han i Seljord i Telemark i 2019.

Eg tenkte mykje på korleis denne forma skulle lagast. Me trong både ein innvendig dor og ein måte å forme stålet utvendig på. Løysinga vart å dreie ein dor som eg kunne spenne opp mellom bakkskiva og senterspissen i dreiebenken. Slik kunne eg halde plata samstundes som eg varma og drog henne rundt doren.

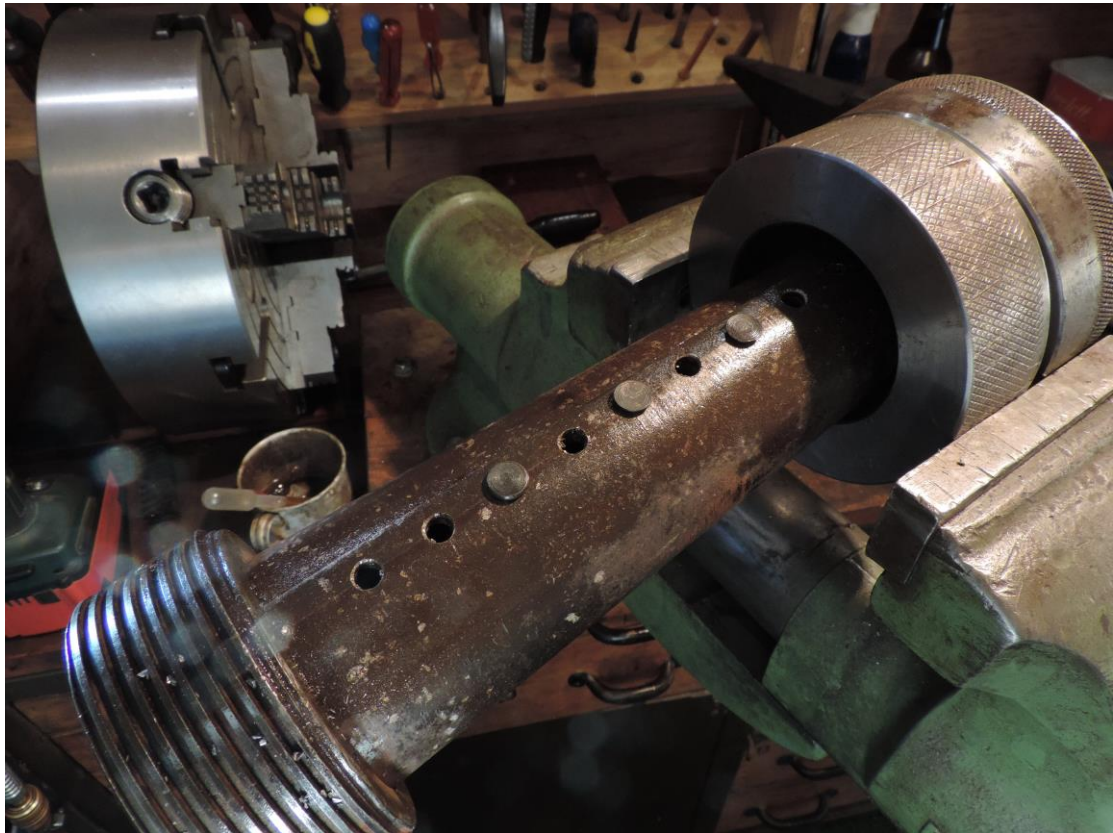




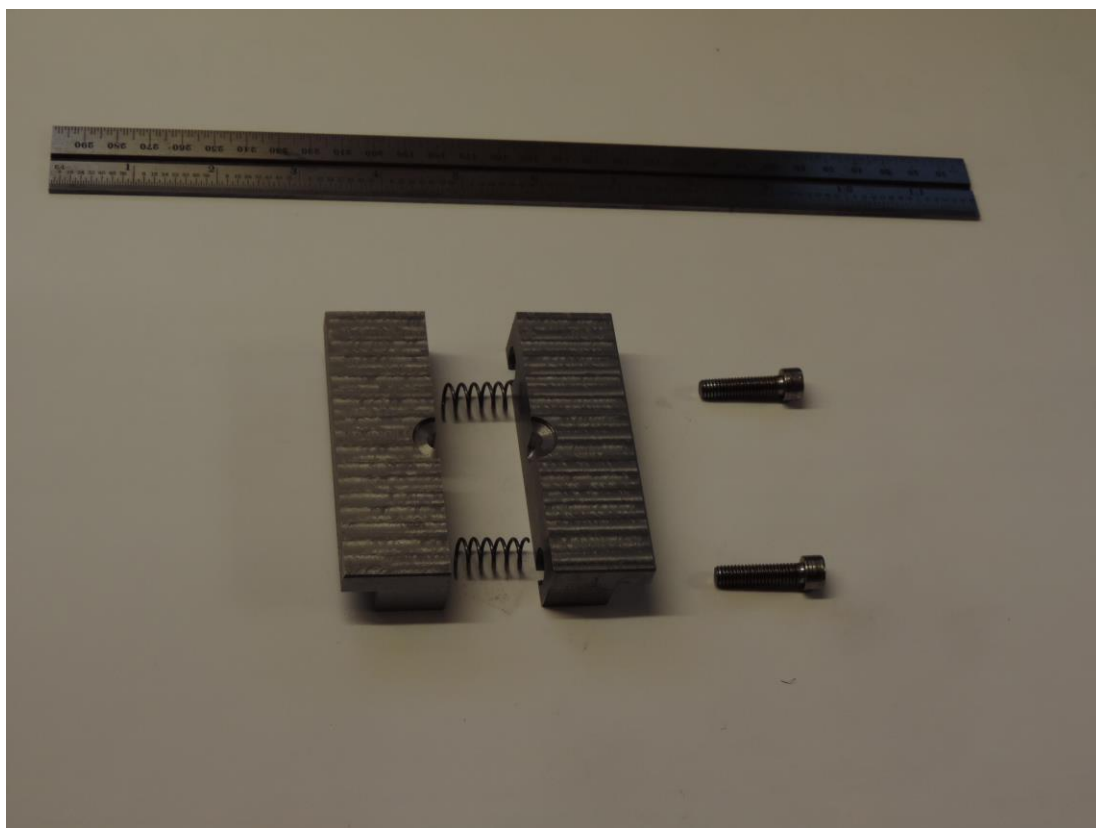
Spørsmålet vart då: Korleis skulle eg halde forma utvendig? Mi løysing vart å dreie ringar med ei konisk innerboring som kunne passe over doren når plata var forma. Tre slike ringar måtte til for å halde kremmarhuset av stål på plass. No var eg komen så langt at kremmarhuset kunne borast og klinkast:



Som mothald for klinkinga kunne eg bruke doren som eg hadde vikla platene rundt:



Naglar med flatt hovud var det vanskeleg å oppdrive, så eg laga eit verkty for å smi mine egne.



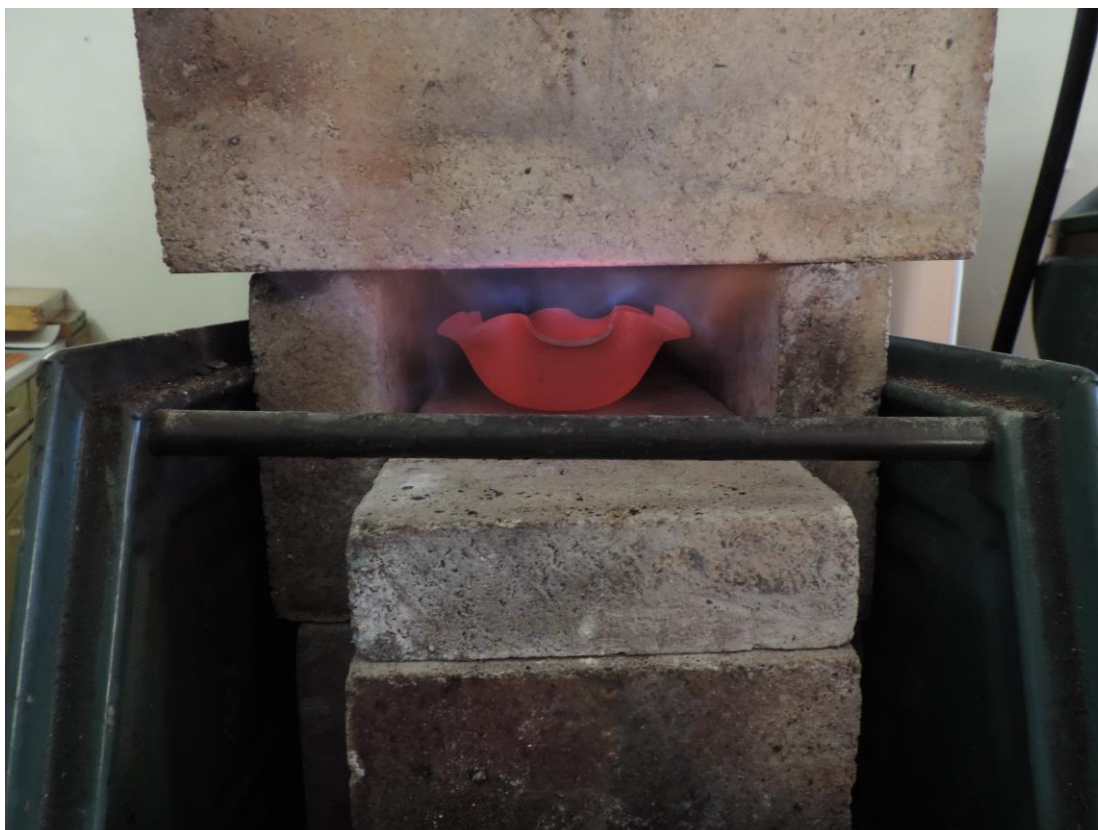
Naglane måtte lagast av det reinaste og mjukaste jernet som var å oppdrive, for dei måtte vere mjukare enn det materialet eg skulle saume. Eg nytta restar av gammal jernsaum, varma dei opp og smidde til ny saum med rett hovud i bakkane.

Endestykka til tanken var kuppelforma, og desse kuplane var laga av to millimeter tjukke jernplater. Dei var heller ikkje handelsvare, så eg måtte bruke dei mjukaste stålplatene eg kunne finne. Eg kan tenkje meg at Girardoni må ha varmforma rondellar (runde platestykke) og strekt dei rundt ei form. Det gjorde eg også. Truleg har Girardoni brukt ei skrupresse for å forme dei, og denne

løysinga gjekk eg også for.



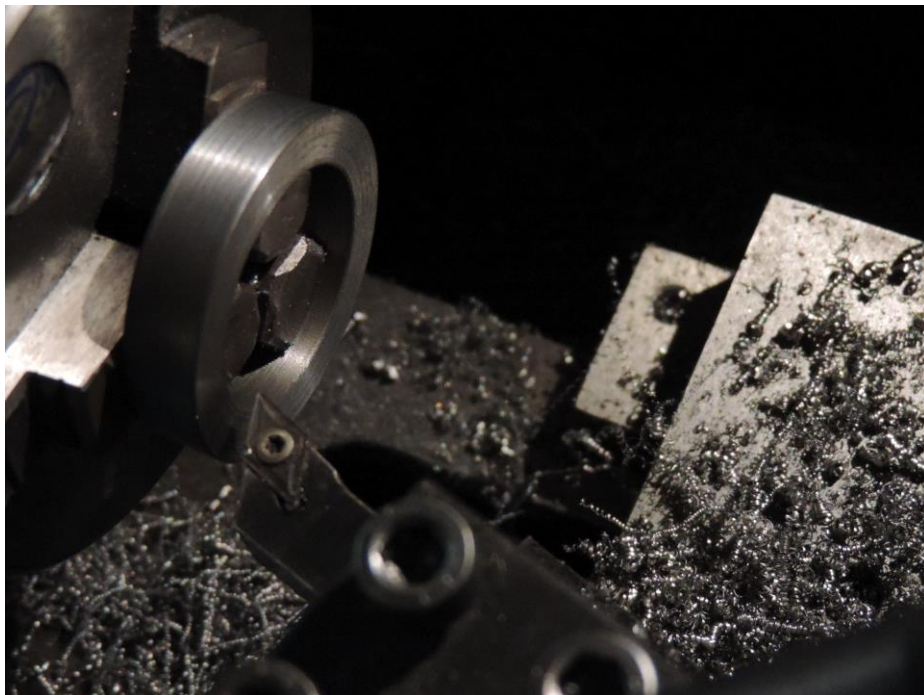
Mellom kvar pressing vart rondellane varmforma i ein liten omn eg laga meg av ein injektorbrennar og eit par eldfaste steinar:



Til slutt kunne eg finforme kuplane for hand over matrisa som eg hadde laga:



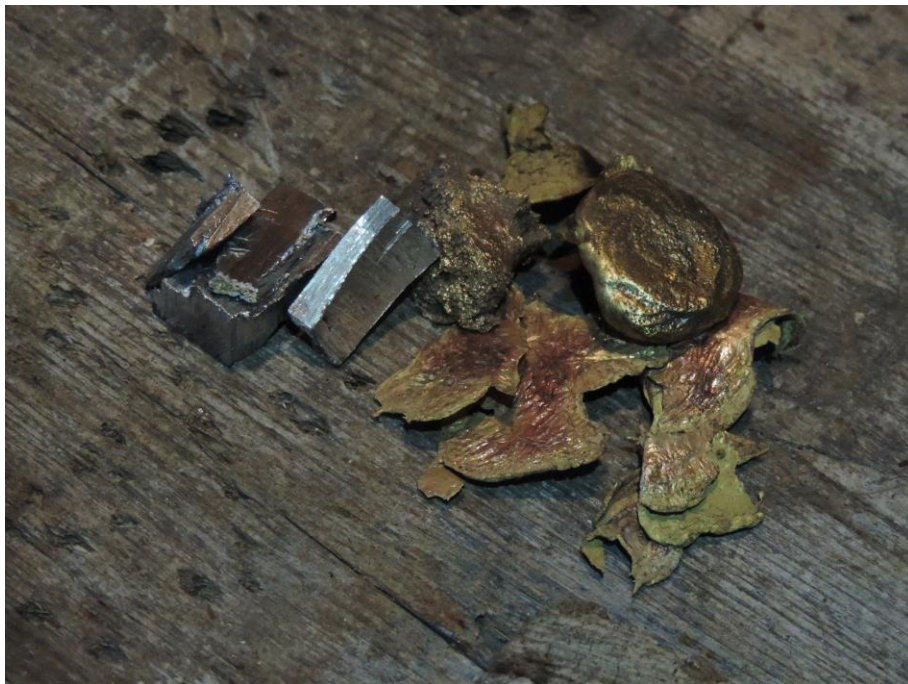
Men eg var langt frå ferdig: No måtte ringen i front også lagast. Ringen måtte utvendig vere svakt konisk slik at han flukta med innsida av tanken og loddefuga vart så brei som mogeleg.



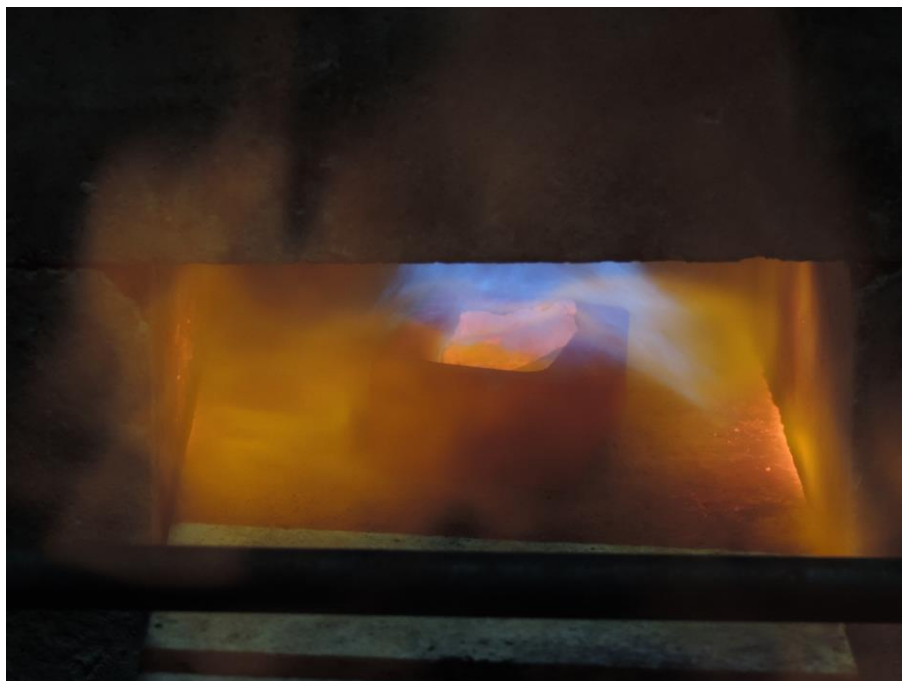
Men kva for lodd vart nytta for å hardlodde tankane slik at dei tolte det ekstreme trykket? Det er eit godt spørsmål, og på dette punktet var det museumsoriginalen frå Suhl som ga svaret: Messing.



Skulle dette gjerast autentisk måtte eg lage mitt eige messinglodd. Eit lodd som kan ha vore brukt skildrar Rupert Schützelhofer i boka «Die Technologie der Büchsenmacherkunst» frå 1922. Her blandar ein 5 delar messing med 2-5delar



sink. Eg brukte 5 delar messing og 3 delar sink. Messingen som eg nytta som utgangspunkt var barrar som eg hadde støypt av gamle messinghylser og som i utgangspunktet hadde ein låg sinkgehalt. Messingen smelta eg i ein grafittdigel under injektorbrennaren som eg hadde laga.



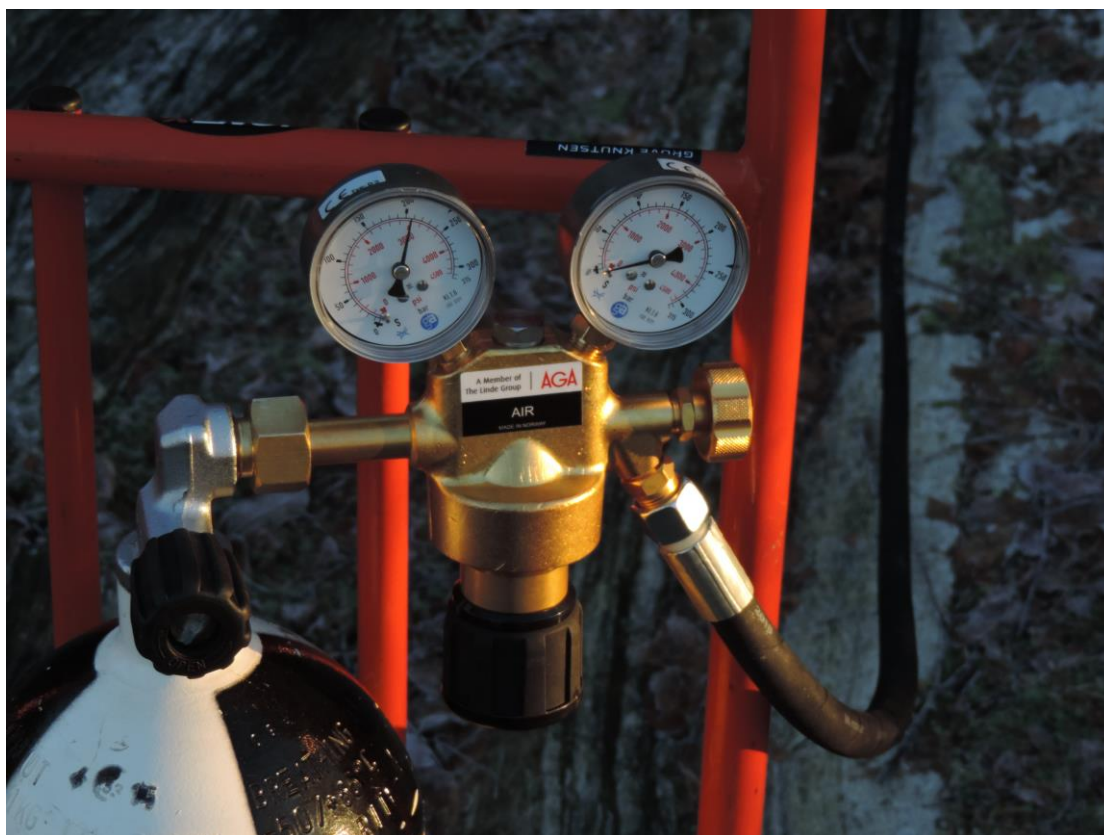
Med dette loddet hardlodda eg tanken. Å få han tett var ei utfordring, ettersom det ikkje berre var randa som skulle tettast, men også hola der saumen/naglane gjekk gjennom. Sjølve loddeprosessen var eit mysterium, og suksessen bak låg i rekkefølga: Fyrst måtte kjegla børstast heilt rein innvendig og avfeittast. Eg nytta grønsåpelut og kritt til dette, som er sterkt basisk og eg veit vart brukt til avfeittingsføremål. Så lodda eg tanken innvendig fyrst. Då varma eg tanken opp utvendig og hadde boraxpasta på innsida der også messingloddet låg. Slik unngjekk eg oksidasjon i loddefuga. Fyrst nytta eg propan, men det var ei utfordring å få heile tanken like varm samstundes. Løysinga vart å leggje tanken i essa og bruke trekol.



Essa har den fordel at det er lettere å lage ein konstant temperatur rundt heile tanken slik at alt loddet smeltar samstundes og ein ikkje må ettervarme loddepunkt og lage porer i legeringa. Etter lodding innvendig måtte tanken loddast utvendig. Her var det best å bruke propanflamme frå baksida og inn i kjegla for å få ein kjapp oppvarming av kjegla innvendig. Så måtte ringen loddast inn, og til sist kuppelen. Kuppelen måtte varmast frå sida og loddast rett opp og ned for å unngå oksidasjon frå flammen. Etter lodding kunne eg vaske tanken utvendig og innvendig før eg monterte tanken i dreiebenken og skar innvendige gjenge i ringen framme.

Eit adapter for å sjekke luftlekkasjar vart maskinert, skrudd på og tanken lagt i vatn for ein fyrste lekkasjetest på ca. 5 bar. Små porer i lodinga der det lak luft vart identifiserte og merkte. Etterpå vart heile tanken demontert, børsta rein og loddeprosessen kunne ta til på nytt. Tolmodet mitt vart sett på prøve mange gonger før eg hadde ein tank som var tett nok til at eg kunne trykkprøve han. Det var ei trøyst at også Girardoni hevda at trykktankane var noko av det mest arbeidskrevjande i prosjektet. Ettersom maksimalt arbeidstrykk skulle liggje på rundt 55 bar, ville eg vere sikker på at tanken ville klare det dobbelte. Difor kopla

eg til ein trykkregulator på ei dykkarflaske, pakka flaska inn i eit tjukt lag med not på ei palle, la palla langt nede i ei grøft og pressa luft inn i flaska til ho eksploderte.



Den fyrste flaska rauk på 80 bar. Den andre rauk på 120. Å bruke vatn til trykktest ville vore mykje meir ufarleg, men dette var ikkje noko Girardoni gjorde. Det var interessant å sjå at det aldri fauk splintar frå flaska då ho small. Den fyrste gongen rakna noko av saumen mellom kuppelen og flaska.



Den andre gongen løyste frontringen seg frå kjegla og sende flaska gjennom tre lag med sildenot og inn i ein berghammar. Trykktesten er den siste testen ein gjer med flaska. Når flaska då sviktar, må ein starte heilt frå byrjinga att. Denne opplevinga har Girardoni også hatt, sjølv om han måtte pumpe opp lufta manuelt. Akkurat i slike augneblinkar er det lett å forstå frustrasjonen til handverkaren.

Når ein ser ein slik lufttank er det umogeleg å forstå kor mykje arbeid som egentleg ligg bak. Det er mange detaljar i dette underkapitlet. Eigentleg er det mange fleire, og dette har eg skrive om i årsrapport for 2019. Likevel, eg vonar noko av dette kan vere med på å kaste eit lys over kva utfordringar Girardoni hadde då han ga seg i kast med framstillinga av 3000 lufttankar. At han klarte å lage desse i eit tempo av 100 stk. per veke er rett og slett imponerande. Girardoni rekna då med at 30 % av desse ikkje klarte trykktesten (Baker & Currie, s. 8).

8.6 – Pakningar og ventilar

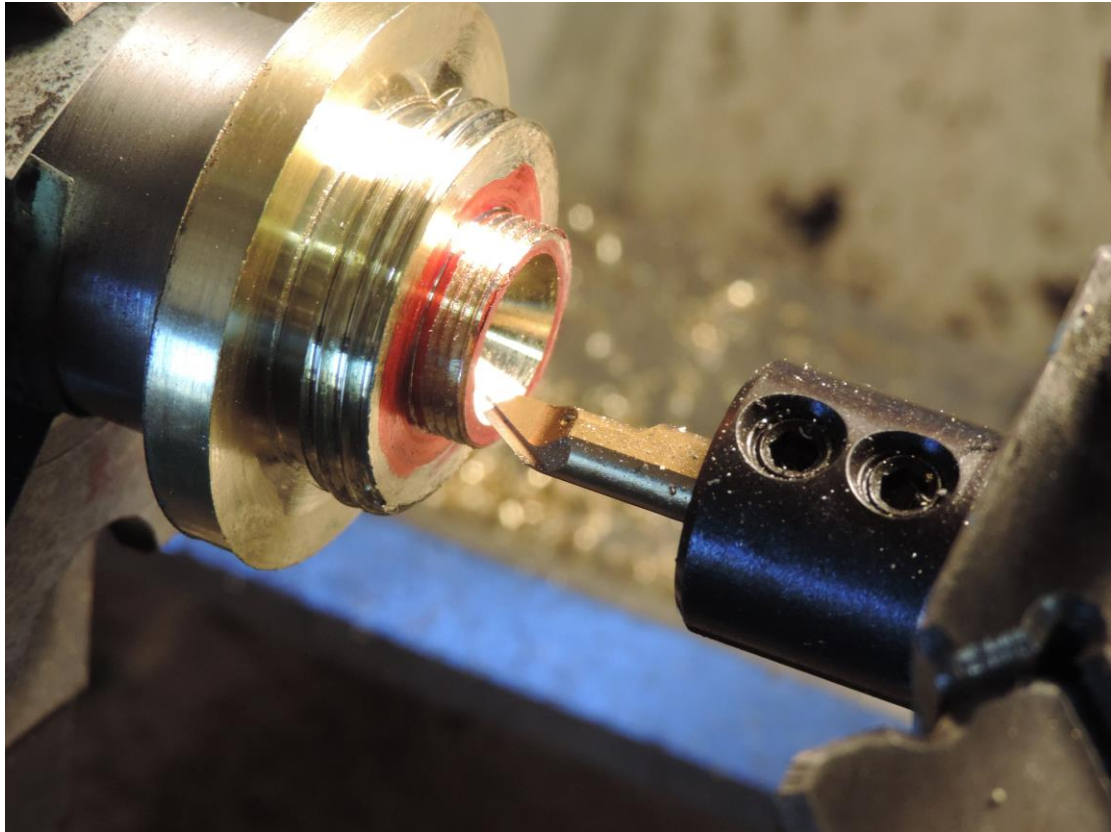
Her kjem me inn på noko av det vanskelegaste med rekonstruksjonsarbeidet: Me veit at Girardoni arbeidde mykje med å framstille pakningar og ventilar som kunne motstå eit trykk på over 50 bar og kunne halde seg tette over lang tid. Dette var svært vanskeleg, ettersom han berre hadde tilgong til naturmaterial som skinn og horn. Horn er mykje brukt som ventilmateriale for skytande spaserstokkar. Dei vart populære i Storbritannia i det 19. århundre. Eg har til no likevel ikkje funne at horn er brukt som ventilmateriale i vindriflene av Girardonitypen. Kvifor ikkje?

Horn er hardare, kan difor motstå eit større lufttrykk og er i det heile mindre påverkeleg for endringar i luftfukt. Skinnpakningar må alltid fuktast for å funksjonere. Vindriflene skulle difor også alltid bærast utan kolbe (Haller, s.43). Vindflaskene skulle bærast i den spesialsyddde skinnsekken med opninga vendt nedover (Haller, s. 44) for at vatnet («Speisse») skulle væte pakningen til ei kvar tid. Vart ikkje dette gjort, ville lufta etter kort tid sive ut og gjere våpenet ubrukeleg.

Lat oss sjå på konstruksjonen:



Biletet over er teke frå framsida av flaska. I midten ser du spissen på ventilen. Han ligg an mot eit ventilsete skrudd inn på baksida. Under ser du ventilsetet bli dreia med eit innvendig knivstål.



Sjølve ventilen er forma konisk med ein vinkel på ca. 30 grader. I bakkant er ein del av ein messingaksling som er dreia kon i framkant. Konen kan skruast fram eller attende, alt etter kor stort press ein vil ha på pakningen. Heilt bakerst sit ein firkantmutter som låser messingbiten, mest som ein kontramutter.



Eit ventilhus er skrudd over ventilen og held ventilen på plass under fjørtrykk:



Sjølve ventilsetet (under) er forma konisk og speglar forma til ventilen. Det minste utvendige gjengepartiet skal ta opp ventilhuset, det store passar til dei innvendige gjenga i flaska.



Når fjøra på innsida av flaska pressar på ventilen, vil ventilen leggje seg inn mot ventilsetet og tette. Er trykket utanfrå større, vil ventilen bli pressa bakover og

luft kan sleppe ut. Frå skriftlege kjelder veit me at Girardoni valde ein spesiell skinnkvalitet til desse pakningane. Han nytta det som vert kalla «Juchtenleder» på tysk eller «juftelær» på norsk.

Ordet «jufti» er russisk og tyder «par». Opphavleg var dette overlær for lette skinnstøvlar av kalv eller ku som austerriske skomakarar importerte frå Moskva og som vart vegetabilsk garva med ei blanding av tran og bork frå selje eller bjørk. Etter garving vart læret impregnert med bjørketjøre, og dette ga læret den særeigne, røykaktige lukta. Vanlegvis er ikkje vegetabilsk garva skinn spesielt vasstette. Bjørketjøra var likevel med på å gjere skinnet vasstett, utan at ein trong å tilføre feitt som elles ofte la seg utanpå. Pusteeigenskapane til læret vart også tekne vare på gjennom denne impregneringa.

Korleis juftelæret vart tilarbeidd etterpå er det ingen som kan gjere greie for lenger. Skinnet i ventilar frå museumsriflene er så oppsmuldra at det ofte kan vere vanskeleg å sjå den opphavlege forma på pakningane. Likevel, noko må vere gjort med desse pakningane. Etter at eg hadde støypt ventilhus og ventilsete og dreia til delane etter måla eg tok på muséet i Suhl, prøvde eg ut vanleg vegetabilsk garva kalveskinn. Eg fukta og forma det i ventilsetet før eg monterte og sette trykk på. Så lengje trykket var under 5 bar, gjekk dette greitt. Når trykket auka, vart fibrane i skinnet rive frå kvarandre.



Utrivinga starta i bakkant, der trykket frå tanken trengde inn mellom fibrane og braut dei frå kvarandre. Kva kunne gjerast? Baker og Currie skriv at læret kanskje var herda med ein gammal teknikk kjent frå saksarane si tid, då det vart laga drikkekar, knivslirer, hjelmar og lette rustningar i skinn ved å leggje dei i varmt vatn ei kort stund. Herdeprosessen gjorde at skinnet endra karakter og vart hardt, nesten som tre. Teknikken vert kalla «cuir bouilli» («kokt skinn» på fransk). Oppvarminga gjer at noko av tanninet i skinnet smeltar og tek nye former inne i fiberstrukturen, som fører til at fibrane låser seg mot einannan i nye posisjonar.

Handverkaren Jean Turner frå Salisbury har skrive ein artikkel om prosessen. Eg tykte denne idéen var så interessant at eg måtte prøve han ut:

Det er ulike måtar å herde skinn på. Ein måte er å tilsetje voks og varme opp, ein annan å leggje skinnet i eit gelatinbad, t.d. av griseknokar. Den mest radikale måten å herde det på er likevel å leggje det i varmt vatn ei kort tid. Vatnet må ikkje koke, elles kan skinnet verte for hardt og sprøtt. Målet er å finne den perfekte balansen mellom hardleik og seigleik, nett som når ein herdar ei slagfjør.

I denne teknikken fann eg ut følgjande: Ettersom skinnpakningen var så liten, trong eg ikkje ha han lenger enn ca. 25 sekund i det varme vatnet. Temperaturen måtte liggje på rundt 80 grader, som vart kontrollert med termometer. Var det kaldare, vart herdinga ufullstendig. Var det varmare, krakelerte skinnet. Etter at eg tok ut pakningen av vatnet måtte eg snøgt forme han til ventilsetet, for no var pakningen mjuk som gummi. Forminga gjorde eg ved å presse ventilen mot ventilsetet. Setet let eg rotere med så høg fart som eg klarte i urmakar-dreiebenken.



Etter to minutt var skinnet så hardt at det kjendest ut som treverk. No kunne eg montere ventilstanga i spindelen på benken og dreie bakkanten med eit stemjern.



Ventilen vart så dyppa i olivenolje for å halde han smidig. Eg fylte så litt vatn i flaska, monterte ventilhus med pakningar på flaska og sette henne opp ned ein dags tid slik at skinnen skulle stabilisere seg. Etterpå fylte eg 55 bar luft på flaska og let henne stå i nokre dagar. Det var ingen luftlekkasje å sjå i form av bobler. Fyrst då flaska vart liggjande flat, tørka ventilen såpass ut at lufta kunne sive ut. Det var imponerende å sjå korleis skinn kunne endre sin karakteristikk så radikalt og få ein slik hard, gummiliknande konsistens.

8.7 – Løpet

Løpet har utvendig ein åttekanta profil og smalnar av utover. Innvendig har det 12 grunne riflingar og er høgrevridd. Kaliberet er .460 eller 11,68mm.

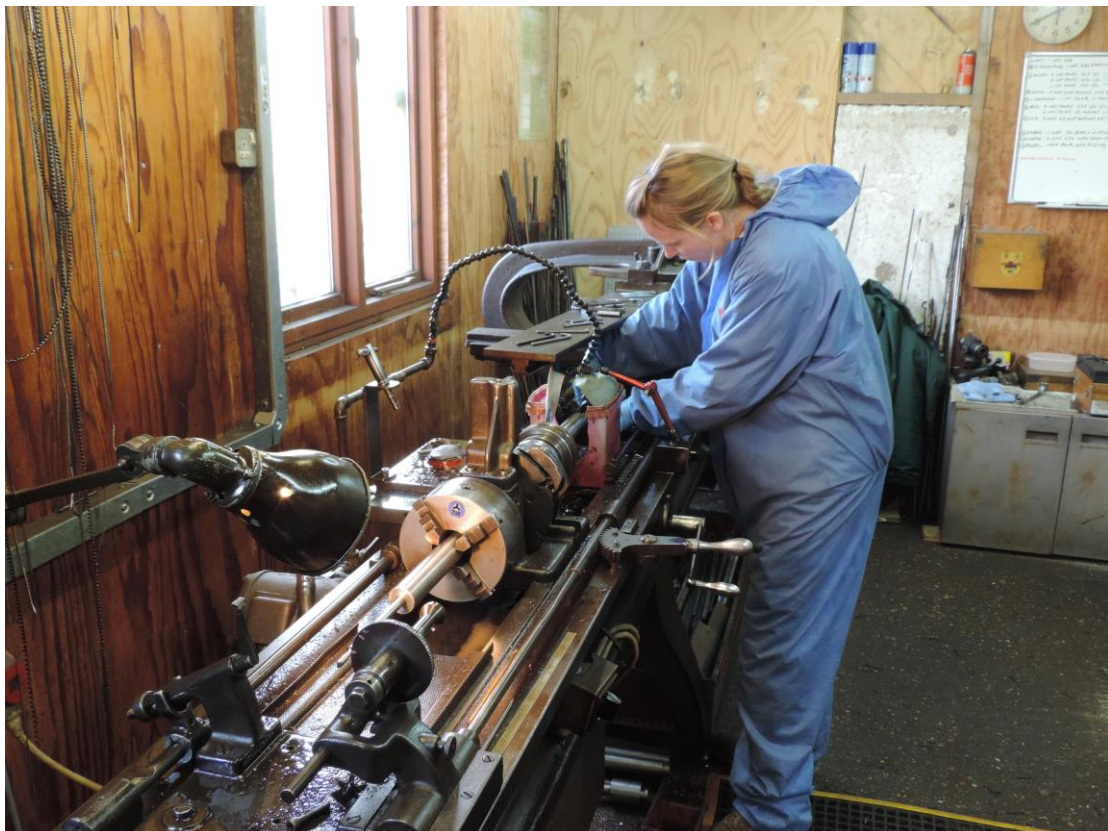


Eit slikt løp er ikkje hyllevare. Dessutan, det er ikkje mange att som kan lage slike løp i Europa lenger. Ein av dei få verksemdene som enno driv i faget er Arms Restoration Services i Essex. Dei lagar slike piper på bestilling.

For å få ein så korrekt innvendig pipeprofil som mogeleg, måtte eg ta ei avstøyping av løpet innvendig då eg var på vitjing i Suhl og tok mål av rifla. Til dette nytta eg ei vismutlegering som smeltar på litt under kokepunktet til vatn.

Vismutlegeringa har den eigenskapen at ho krympar minimalt etter storkning og såleis kan gje svært nøyaktige mål utan at me treng å skade løpet. Etter at pluggen vart støypt, vart han målt, kontrollert og sendt vidare til England. Arthur Ronald Smith i Arms Restoration Services, slipte så til eit verkty som kunne skjere den innvendige profilen i pipa. Det var 12 grunne riflingar som snudde seg ein gong om sin eigen akse på 36 tommar lengd. Ei så slak stigning er viktig, elles vil rundkula få for mykje rotasjon og verte overstabilisert. Roterer ho for langsamt, vil ho også komme ut av balanse i si flukt mot målet.

Etter at akslingsemna var bort, brotsja til rett mål og hona innvendig, vart det sendt til varmebehandling. Emnet vart spenningsgløda for å gjere strukturen i heile løpet så homogen som mogeleg og ta vekk soner i løpet som kunne vere hardare enn andre. Tara Smith skar så riflingane innvendig til rett djupn med ei amerikansk Pratt & Whitney løpsriflingsmaskin frå 1889 som Arthur hadde modifisert.



Denne maskina skava av ørsmå sponar i alle dei tolv spora heilt til spora nådde målet sitt på 0,2 mm. Å skjere bort sponane kallar ein «cut rifling» og det er truleg denne metoden Girardoni har brukt for sine piper også. Alternativt kan

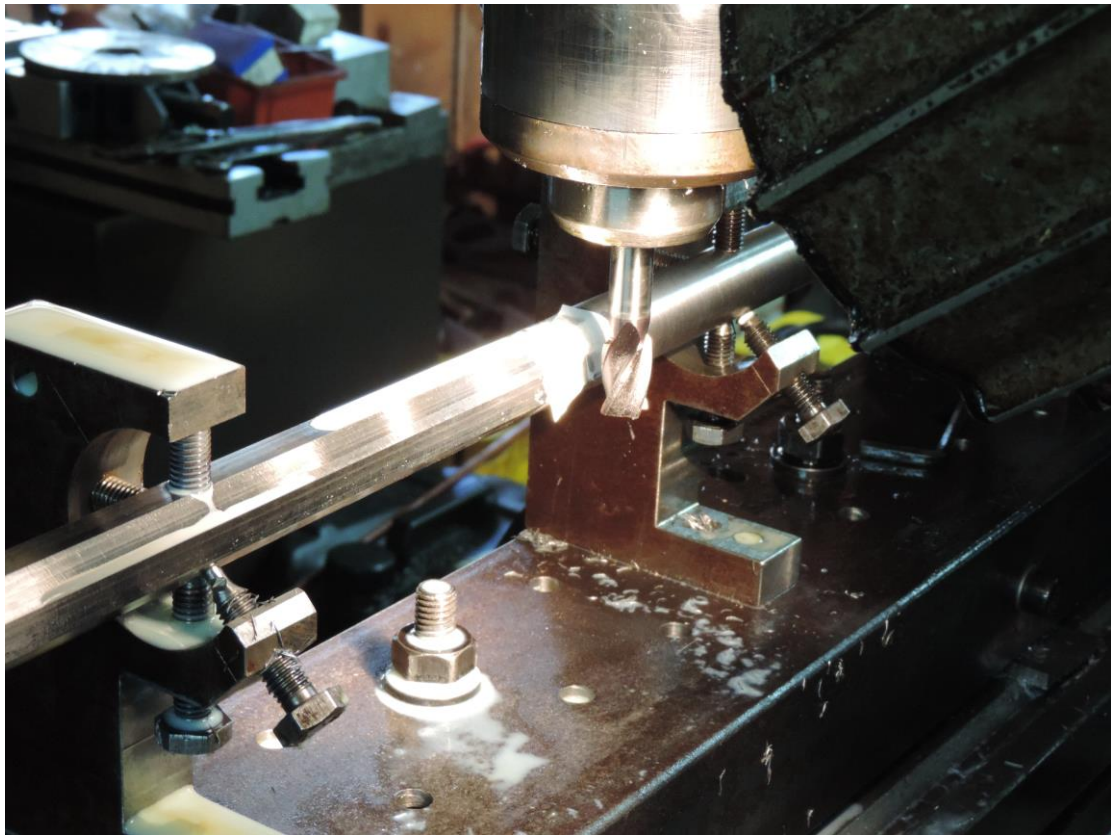
riflingane ha vore skrapa ut, såkalla «scrape cutting»: Dette er ein meir langsam prosess, der riflingsverktøyet vert skimsa opp med tynne papirstrimler før det vert drege gjennom løpet i ein spiral og dreg med seg ørsmå partiklar frå pipeveggen. Det var ikkje lett å få auge på verktysspor i originalpipa i Suhl, så det er framleis eit ope spørsmål om pipa vart skrapa eller skoren. Det me veit, er at det var desse metodane som var tilgjengeleg for løpsmakarane i 1790.

Etter riflinga skulle løpet leppast: Lepping er ein fintilarbeidingsmetode der innsida av løpsoverflata vert slipt med fin slipepasta for å fjerne alle merke innvendig som kunne oppstå etter rifletrekkjingsverktøyet. Dette var oppgåva til Len Martin på 82 år: Han støypte ein negativprofil av løpet innvendig i bly som vart innsett med ventilslipepasta og dregen stykkevis gjennom løpet opp til 800 gonger. Løpet var no nokre tusendels millimeter rommare bak enn framme, og denne innsnevringa var med på å gje kula maksimal føring og presisjon i munningspartiet.



Friksjonen i pipa var dessutan så jamn som ein kunne få han og risikoen for gasslekkasje mellom pipevegg og prosjektil var minimert.

Så vart løpet maskinert utvendig: Den koniske profilen vart fyrst dreia ned utvendig, slik at det var minimalt å frese bort. Løpet kom etterpå i ein spesialjigg i universalfresemaskina, slik at kvar av dei åtte flatene kunne fresast inn.

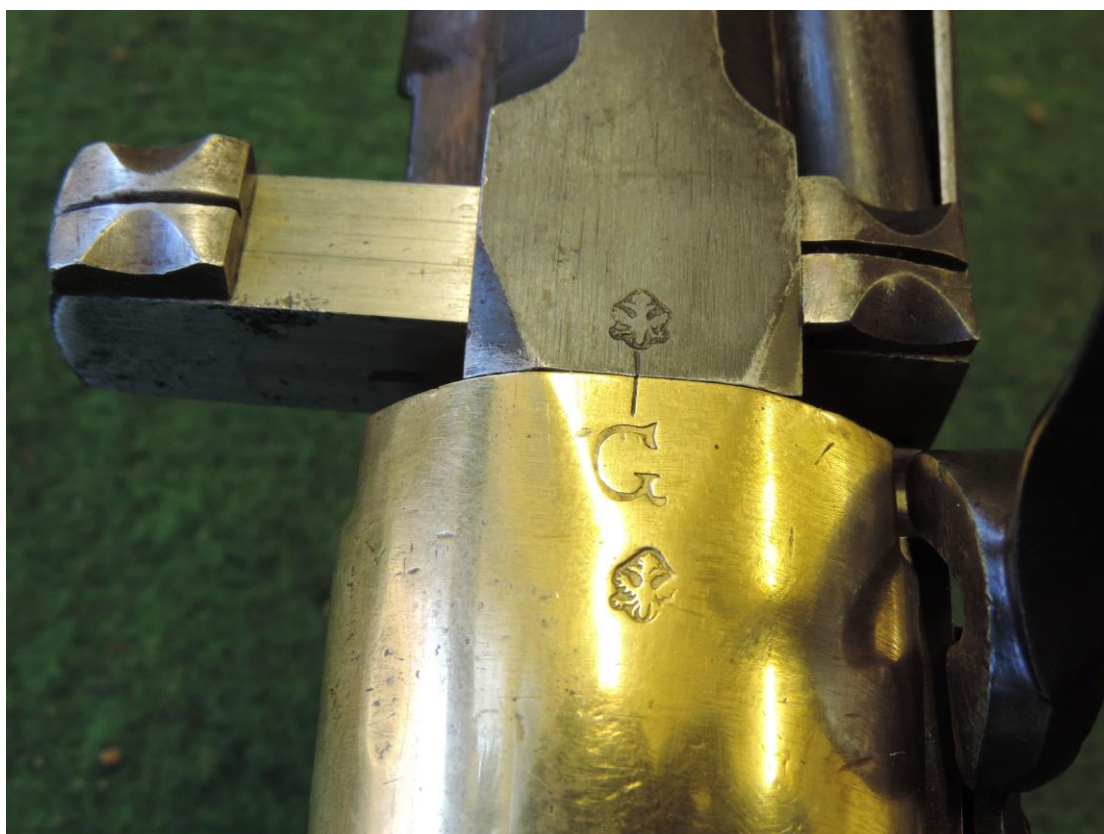


Oppspenninga var kritisk. Å ta for store kutt ville elles ha ført til at løpet kunne bøye seg til sides, få ujamne og for tynne vegger og såleis bli ubrukeleg. Heime i Noreg kunne eg spenne opp løpet i dreiebenken og skjere pipegjenge, slik at eg kunne skru løpet inn i låskassen. Her var det viktig å passe på at løpsaksen var konsentrisk med senter for pipegjenget, slik at alt låg på ei linje. Det var interessant å merke seg at pipegjenget var svært kort, berre ein kvart tomme. Kvifor? Truleg fordi ein kvart tomme var nok til å halde for trykket. Så korte pipegjenge er sjeldan å finne no til dags, og kanskje me har noko å lære her? Eit gjenga parti held enorme krefter, det såg eg berre i samband med trykkprøvinga av tanken. Tre enkle gjengeriller mot messing held godt sjølv opp mot vedvarande trykk over 120 bar.

Kammeret brotsja eg i same oppspenning som gjenging av pipa: Med ein radiusfres $R=6\text{mm}$ brotsja eg forsiktig inn ein overgangskonus til kula som var om lag $\frac{3}{4}$ av lengda til kula. Dette såg eg var gjort på museumsoriginalen i Suhl

også. Grunnen til dette var nok å sikre ein meir gradvis innpressing av prosjektilet i riflinga, slik at kula fekk ein mjuk start og ein jamn akselerasjon utover i løpet.

Reproduksjonar som har vore freista laga av Girardoni-rifla er ofte laga med eit todelt løpsløyding: Bakre ende med firkantopning for skubar er ofte maskinert for seg sjølv og så skrudd inn i pipa bakfrå. På museumsoriginalen var alt gjort i eitt stykke.



For å vere så tru mot originalen som mogeleg valde eg også denne varianten. Det var slett inga enkel sak, fordi du har berre eit forsøk. Kjem du over mål, er du over mål. Då kan du kassere løpet og starte på ny.

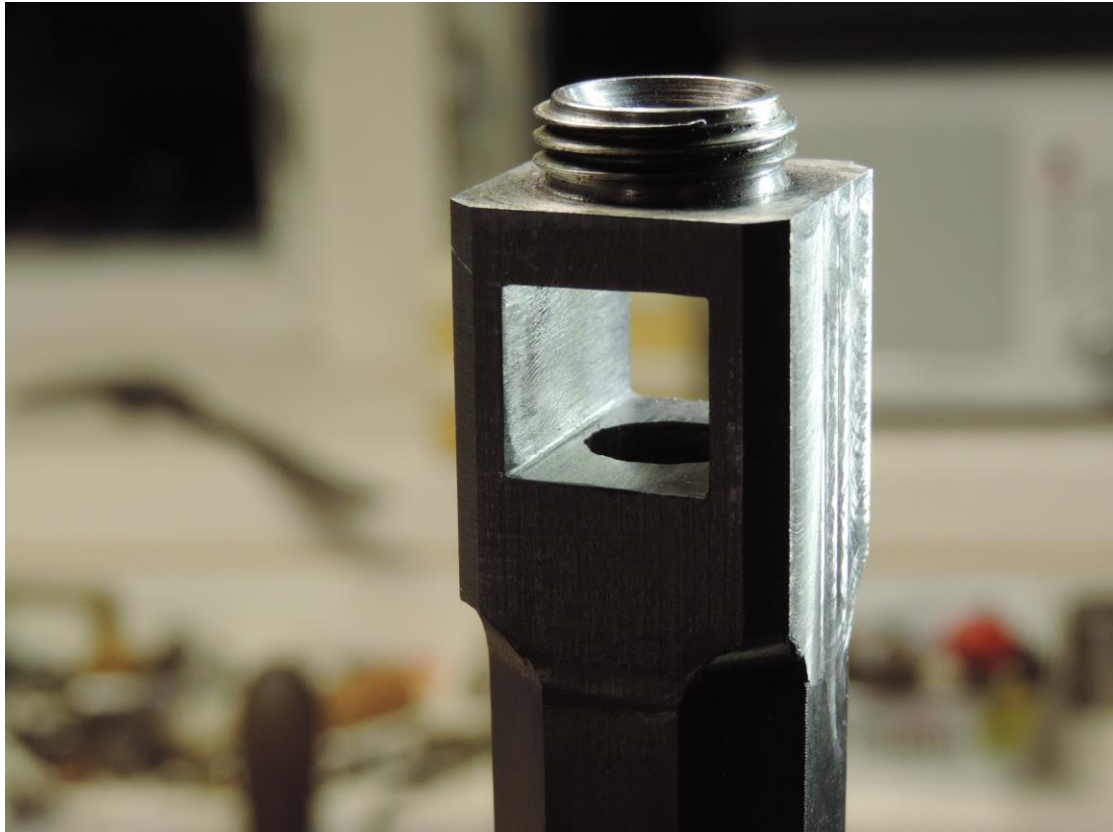
Martin Orro, vindriflebyggjar og tannlege frå California, USA, maskinerte ei konisk firkantopning. Utan ein viss konisitet, hevdar han, vil ikkje skuvaren tette godt nok i firkantopninga, luft vil sive ut og utgangsfarten på prosjektilet vil gå ned. Tanken verkar logisk, men ei konisk opning fann eg ikkje på originalen No.42 som ligg i Suhl. Museumsrifla viser nemleg til måla 14,3 mm i høgda og 13,4 mm i breidda. Måla er også dei same langs heile skuvaren, som etter det eg

kunne dømme, var heilt parallell. Også rifla som Baker og Currie målte opp i Leeds hadde ein parallell skuvar som gjekk i ei glidepasning.

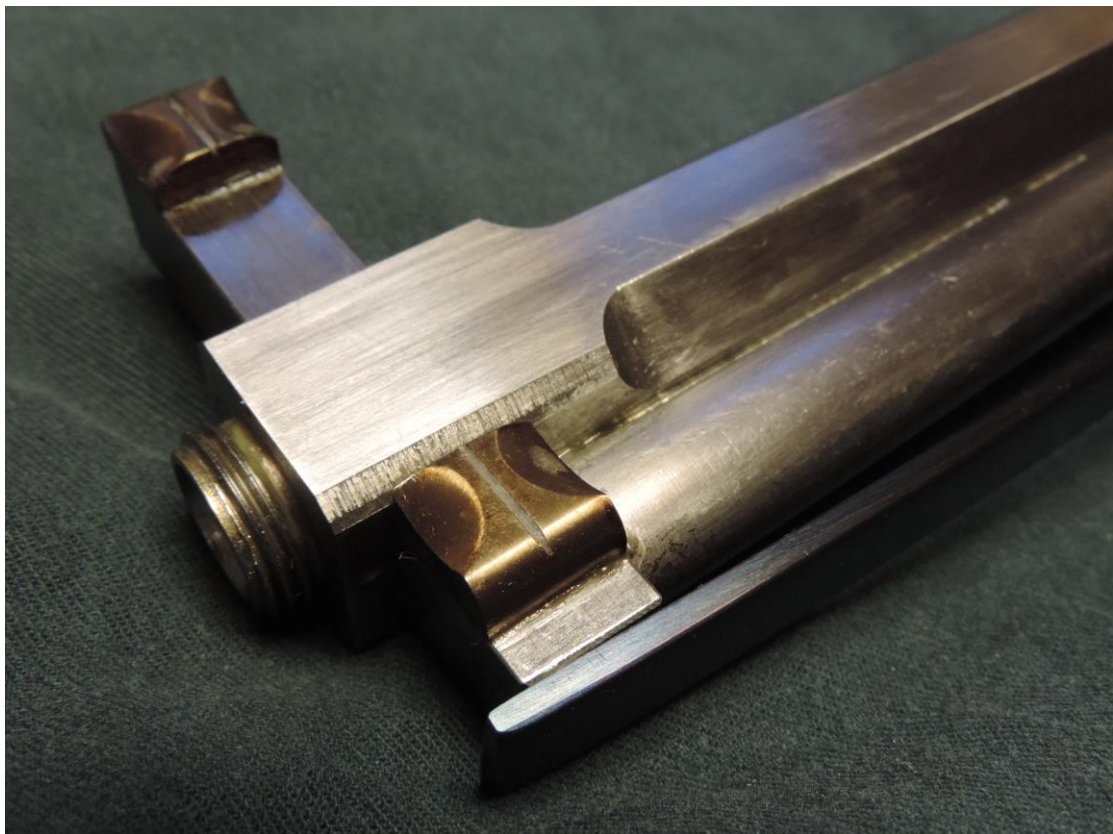
Det var ei stor utfordring å file inn ei slik glidepasning. Truleg har Girardoni hatt ein firkantbrotsj for å lette arbeidet med den firkanta opninga i løpet. Museumsrifla viser ei fullstendig parallell og rettvinkla opning med høg overflatefinish. Den fyrste rifla Girardoni bygde må han likevel ha filt og meisla opninga til, og det er eit tidkrevjande arbeid som krev pasningar som ligg innanfor ein hundredels millimeter. Dette skjedde nøyaktig 100 år før Sir Joseph Whitworth i Manchester laga si målemaskin som kunne måle så nøyaktig at han kunne dele ein tomme i ti tusen delar (1879). Likevel klarte Bartholomeus Girardoni å file og bryne så fine pasningar hundre år i forvegen. Slikt imponerar. Eg trong to forsøk før eg fekk til å lage ei tett pasning.



Erfaringa mi viste at det er særst viktig å halde firkantopninga heilt rein til alle tider. Ei lita stålfliis som legg seg mellom skuvar og opning er nok til å setje systemet i klem og rive både opning og skuvar. Då må opninga reparerast og glattast før ein lagar ny skuvar som forsiktig vert filt, brynt og tilpassa heilt til ein har ei god glidepasning.



ReturfjØra som ligg på sida må i tillegg vere sterk nok til å takle friksjonen og føre skuvaren attende i sentralposisjon når ein slepper skuvaren.



Lengda av løpet er også interessant: På originalen eg målte opp i Suhl er løpet 840mm. Dei seinare sivile reproduksjonane er ofte karabinar, dvs. våpen med kortare løp. Kvifor? Kan det ha med den innvendige friksjonen å gjere? Motivasjonen bak ei lang pipe kan liggje i den lange siktelinja mellom skur og korn. Ei lang siktelinje minskar i teorien faren for siktefeil på lange hald og gjer det lettare å halde pipa stødig.

Me veit også at Girardoni-rifla ikkje vart boren i felt med påmontert flaske. Flaskene måtte heile tida vere vendt med ventilhuset ned for å halde på fukta, slik at skinnventilane held seg tette (Haller s. 44). Haller skriv at når det ikkje er flaske på rifla, skal ei hette av tre («hölzerne Kapsel») vere påmontert gjengepartiet i enden. Utan flaske vil rifla slik vere om lag like kort og hendig å bære som ein karabin. Likevel, kan det lange løpet ha vore med på å redusere munningsfarten? Kan friksjonskreftene i løpet bremsa kula etter akselerasjonen frå den komprimerte lufta? Slike tilfelle kjenner me i børsemakarverda frå kal..22LR, der optimal løpslengd er litt over 20 cm. Etter dette vert prosjektilet bremsa ned. Å finne ut dette kan me i praksis berre gjere ved å montere eit testløp som vert kappa ned, cm for cm og måle farten til kvart prosjektil ved det same testtrykket.

8.8 – Låsen

Låsen imponerte meg. Han ser ikkje spesielt komplisert ut ved fyrste blikk, men i det enkle ligg det geniale. I grove trekk ser han ut som ein flintlås, etter prinsippa til hoffbørsemakaren til Henrik IV, Marin Le Bourgeois, men utan flint og

fengpanne.



Det fyrste som slår ein er den enkeltarma slagfjóra. Ho er perfekt til ei militærrifle ettersom ho er enkel å lage og erstatte i tilfelle brott. Den ekstra opplagringa gjer at fjørarmen vert endå kortare og spennkrafta aukar dramatisk, sjølv om fjóra tek liten plass i stokken. Den store spennkrafta er heilt naudsynt for å kunne trykke inn ventilen som står under eit flasketrykk over 30 bar.

Opplagringa av fjóra mot spennstykket er også svært gjennomtenkt. I den opphavelige flintlåsen går dette som regel berre via kontakt direkte til ei flate i spennstykket. Ein slik flatekontakt fører også til at noko av fjørkrafta går bort i friksjon. Løysinga med å setje inn eit ekstra ledd, eit kjedeledd («stirrup»), kjem i regelen mykje seinare og vert i hovudsak nytta i perkusjonslåsar. Hjø Girardoni er denne kontaktflata bytt ut med ei rulle i herda stål som er felt inn i spennstykket og som roterer fritt.



Denne rulla rører slagfjóra berre tangentialt og vil gje spennstykket, skeia og til sist nåla, ei heilt anna kraft til å trykkje inn ventilen enn elles. Det er ei enkel og effektiv kraftoverføring. Ho vil avgjere kor høgt trykk me kan nytte i rifla og difor også indirekte påverke farten på prosjektilet. Dette er særskilt viktig i våpen med hekkmontert lufttank, der lufta må gjennom ein lang kanal i låskassen for å nå fram til prosjektilet. Forsøk har vist at vindrifler med ein tank nærare kammeret, slik me finn det i dei sivile utgåvene med kuleforma tank rett under eller på sida av avtrekksbøylen, er meir effektive. Dei har i regelen større kulefart og skyt fleire skott per tank. Vegen mot prosjektilet er kortare, og då er også trykkfallet mindre.

Å lage låsen var teknisk sett ikkje den største utfordringa. Likevel, det var ei stor oppgåve å lage alle malane som skulle til for å lage låsen. I tillegg måtte det også lagast fleire fiksturar for å halde delane under maskinering, filing og tilpassing. Den mest kompliserte delen å tilverke var spennstykket, eller «die Nuß», som delen heiter på tysk. Denne låsdelen måtte lagast av eit stykke og det var store krav til dei mekaniske påkjenningane han skulle halde. Delen måtte vere hard nok til at ikkje hakka til avtrekkshaken vart utslitne. Samstundes måtte han vere

så seig at han ikkje knakk under dei mange tusen slaga mot skeia som han skulle halde ut.

Å treffe herdinga perfekt utan å kunne måle varmen med termometer krev lang erfaring. Eg løyste det ved å lytte til fila og kjenne kor godt ei ny sveitsarfil kunne ta «tak» i emnet etter anløping. Dersom fila ikkje beit, men glei over emnet med ein glasaktig lyd, var delen for hard. Meir anløping var då påkrevd. Kunne eg file delen der fila laga normale sponar og laga ein brummande lyd var delen for mjuk. Då måttte eg ta opp att heile herdingsprosessen. Kjensla av at fila akkurat tok og laga små sponar kombinert med ei lysare summing frå fil og emne var teiknet på rett hardleik. Denne måten å kontrollere hardleiken lærte eg av børsemakarmeister Axel Hommel, som stadfeste at dette har vore metoden børsemakarar i Suhl har brukt til alle tider.

Truleg er dette metoden som Girardoni nytta også. Når ikkje moderne termometer eller varmeomnar kan nyttast, er kombinasjonen av å lytte, kjenne og sjå det som kan gje handverkaren eit likt resultat frå gong til gong. Det kan verke forbløffande at denne metoden faktisk verkar svært godt. Føresetnaden er at stålet er kjent. Får ein ei ny legering i hendene, må sjølv sagt nokre av parametra endrast, så som herdetid, anløpingstid og anløpingsfargar.

Anløpinga eller avherdinga av delar som står under fjørpress slik som spennstykke, valse, hane og avtrekksstang risikerar alltid å verte ujamn. Tradisjonelt har polering, avfeiting og gradvis oppvarming over svak varme opp til ynskt farge i ein gitt fargeskala vore brukt. Oppfatning av fargar er likevel ulikt frå handverkar til handverkar, og om delen ligg ope til på ei metallplate eller inne i eit varnehjørne av ildfast stein varierar. Homogen avherding er, slik eg ser det, like viktig som homogen herding. Ein måte å gje delane ei lengre avherdingstid i konstant temperatur er å varme dei i brennande olje i ei viss tid. Nett denne

måten å avherde delane ser ut til å vere brukt i låsen til rifle no. 42:



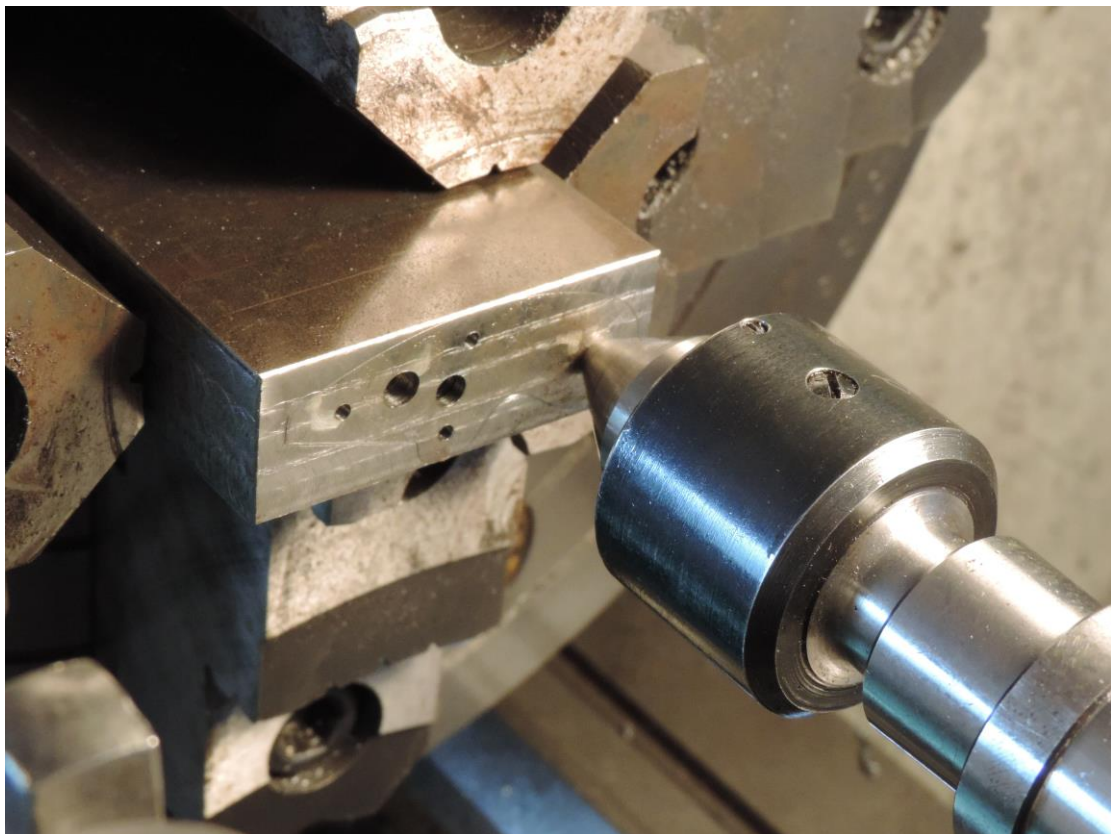
På fjøra er dette spesielt godt synleg: Eit mørkt, patinaaktig belegg låg utanpå stålet. Under demontering vart det tydeleg at dette måtte vere innbrent sot. Eg nytta også denne avherdingsmetoden i kopien av låsen: I ein hermetikkboks laga eg ei lita fordjuping. Delane vart lagt i fordjupinga og mineralsk olje helt over til delane var akkurat dekkja. Blekkboksen vart så oppvarma utanfrå heilt til olja kokte jamt. Så fordampa olja, heilt til me nådde tenntemperaturen. Delane låg no i den brennande olja i 5-6 minutt. Fjøra trong ikkje meir enn fem minutt. Gjekk det lengre tid, vart ho for mjuk. Spennstykket var tjukkare, så det låg i seks minutt. Lytteprøven med fil vart utført etterpå for å finne ut om delane hadde rett hardleik.



Oljeavherdinga har, slik eg ser det, fleire gode sider ved seg: Delane vert jamt oppvarma med temmeleg lik varme frå alle kantar i eit lite, avgrensa rom. Den brennande olja held ein konstant temperatur, og varmediffusjonen frå den tynne blekkboksen mot atmosfæren utanfor er også jamt lik. Tida er her den variable faktoren som avgjer graden av avherding. Avkjølinga etter å ha kjøvd den brennande olja er også gradvis og jamn. Avherdingsprosessen er enkel og ukomplisert. Den einaste ulempa er røyken som dannar seg og som gjer at denne metoden eignar seg best ute i opphaldsvêr.

Girardoni hadde etter det me veit, ikkje tilgong på fresemaskin. Fresemaskina slik me kjenner henne av i dag vert ofte tilskrive ingeniøren Eli Whitney USA og kom fyrst i 1818, over femten år etter at Girardonirifla vart teken ut av teneste. Å tenkje annleis og spenne opp låsdelane i dreiebenken i staden vart difor ein viktig del av rekonstruksjonsarbeidet.

Her set eg boringane i festeplata til låsen:



På biletet under er festeplata ferdig utfilt, men den eine innvendige radien manglar. Plata vert då lodda fast til ein stålkloss, spent opp og sentrert etter boringa i bakkskiva:



Så kan radien etterdreiast:



Låsplata har ei boring på midten. Denne boringa er for å setje inn ein dor eller rundpinne slik at låsen kan demonterast for puss og vedlikehald utan at ein er nøydd til å ta av slagfjóra. Patenten er enkel og rasjonell, slik me ofte ser det i dette våpenet.



Skal ein likevel ta slagfjóra ut av låsen, må ein spenne opp låseplata og nytte ein trekile eller liknande som ein hevarm. Elles er ikkje slagfjóra til å rikke, og ho har ei enorm kraft. Eg måtte til slutt lage to fjører, fordi den eine fjøra knakk under demontering av låsen. Løysinga var å lage ei fjørklemme som via ein gjenga arm gradvis kunne komprimere og dekomprimere fjøra under montering:



8.9 – Stokken

Skjeftet er av valnøtt, *Juglans Regia*, og dette var vanleg for militærvåpen i det 18. århundre. Det spesielle med trestokken er at det berre er eit framskjeft, i og med at trykktanken bak dannar bakskjeftet. Stokken er i eitt stykke, noko som stiller store krav til emnet. Sidan det er så langt og tynt er det særst utsett for spenningar og vridningar. Eg valde eit rettvakse emne av tyrkisk valnøtt.

Hausten 2019 gjorde eg nok ei reise til våpenmuséet i Suhl. Hovudårsaka var å studere mekanikken til rifla, men også for å ta grundige mål og bilete av skjeftet. Desse måla overførte eg til eit stykke polykarbonat (Plexiglas) som eg skar ut og kunne leggje på emnet.



Eit gjennomsiktig skant er ei god hjelp når ein skal leggje ut emnet på stokken. Før eg kom så langt, laga eg ein tredimensjonal mal av skjeftet i hardtre. Eg valde meg eit stykke eik i dimensjonen 50x50 mm. Så høvla eg alle sidene plane og i vinkel til kvarandre. Løp og låskasse vart skrudd saman og lagt på emnet. Det viktige å ta høgd for her var det såkalla cast-off eller «Schränkung» på tysk: For å lette siktinga vert bakskjeftet for ein høgrehandsskyttar vanlegvis lagt ut til høgre, slik at synsaksen til det høgre auget lettare fell overeitt med løpsaksen og dei opne siktemidla. Ein slik detalj finn ein ikkje alltid på militærgevær, men

Girardoni hadde tenkt på det, slik me kan sjå på biletet av originalrifla under. Pussestokken er her lagt parallelt med løpet for å få fram svingen i kolben:



Vanlegvis startar denne endringa i retninga på skjeftet i området rett bak avtrekket, ofte ved pistolgrepet. Her har me ikkje noko pistolgrep, så Girardoni valde ei anna og fiffig løysing: Ettersom låskassen er gjenga i bakkant er det ikkje lett å lage eit gjenge med ein annan vinkel. Dette kunne ha ført til konflikt med utgangsposisjonen til nåla for ventilen og kanalen til lufta. Girardoni valde difor å starte utleggjinga på skjeftet allereie i overgangen mellom bakenden på løpet og framenden på kassen.

Dette ser du av at det er «meir messing» å sjå under pussestokken enn over pussestokken ved bakenden av låskassen. Framenden på låskassen ser ut til å vere i rett vinkel til løpet. Det er han ikkje, dette er ein optisk illusjon. Fronten av låskassen er filt nokre grader utav vinkel, slik at både låskasse og kolbe svingar seg ut til høgre for skyttaren, om lag ein kvart tomme utforbi senter, målt ved bakenden til tanken. Dette tilsvarar det målet ein finn for «cast-off» på moderne jaktrifler. Systemet er i prinsippet enkelt å tilpasse for ein venstrehandsskyttar også: I så tilfelle er det berre å file vinkelen i front av låskassen den andre vegen.

Her kjem det inn ein komplikasjon: Etersom forskjeftet vårt er beint heile vegen og går frå munning heilt bak til bakenden av låskassen medan det er ein tydeleg knekk mellom løp og låskasse, kan ikkje pipa leggjast i senter av emnet vårt. Då får me for lite trevirke på den eine sida av låskassen. Modellen vår gjer at me kan unngå slike overraskingar.



Eit anna spesielt trekk med dette skjeftet er at det omsluttar låsen berre i nedkant. Dette er temmeleg unikt. Normalt er heile låsplata i kontakt med trevirke, men på M1780 er kontakten berre i nedkant. Difor må låseplata vere ferdig tilpassa låskassen *før* ein startar skjefting. Pasninga må vere heilt tett for å unngå at støv og fukt trengjer inn i mekanismen og forstyrrar funksjonen.



Ei interessant side ved skjeftet er at det er svært forseggjort: Detaljar som munningsbeslag, gjennomføringar for pussestokk og avtrekkjarbøyle er

ornamenterte med florale motiv.



9 – Test av våpenet

Utprøving av våpenet vart gjort før framskjeftet var ferdig og låskassen ferdig utfilt utvendig. Dette var mogeleg ettersom låsplata var montert direkte på høgre side av låskassen i messing. Frå venstre side går det an å sjå direkte inn i inngrepet av delane. Slik var det mogeleg å justere vinklar og studere angrepsflater, kontaktpunkt og fjørkrefter.



Då desse riflene vart laga, fanst det, så vidt eg veit, ingen måtar å måle utgangsfart på slik me kjenner det i dag. Å måle gjennomslagskraft var på den tida den lettaste måten å finne ut om rifla heldt måla. Kor effektiv var Girardonirifla eigentleg? Det er eit spørsmål det er vanskeleg å få svar på.

Ettersom fyllingsgraden i tankane varierte etter kor mange pumpeslag dei var fylt med, varierte også utgangsfarten tilsvarande. Paul Parey og Arne Hoff skriv i boka si «Airguns and Other Pneumatic Arms» på s. 72 at L. Wesley har prøvd ein kopi av ei ikkje-militær versjon av Girardonirifla. Utgangsfarten vart ca. 500 fot eller 157 meter per sekund. Børsemakaren E. M. Reilly klarte i eit eksperiment å få sine 12 fyrste kuler gjennom eit toms tjukt bord. Trykket i tanken var då 34

bar. Eksperimenta til dei offisielle skyteforsøka i Danmark i 1820 viser ein utgangsfart på 330 fot eller 104 meter per sekund. August Haller skriv om rifla at tanken gjev 40 skot: Dei fyrste 10 er verksame på 150 skritts avstand, dei neste 10 på 120-125 skritts avstand og dei neste 10 på 100 skritt. Etter tredve skot er dei siste 10 ikkje verksame nok til at verknadsgraden kan fastsetjast og flaska bør då bytast.



Eg visste at det var kraft i lufta, og før eg monterte låsen, prøvde eg ventilen. Kula la eg inn frå munningen og brukte eit koparstykke som anslag mot ventilnåla. For å løyse ut nåla nytta eg ein smihammar. Kula blåste galant gjennom eit trekvarttoms tjukt granbord.



Då låsen var på plass, var det på tide å teste det heile ut på ein meir målbar måte: Dette vart gjort med kronograf, slik at me kunne klare å måle utgangsfarten på prosjektilet. Rundkulene i kaliber .457 vart støypte i reint bly:



Deretter vart kulene smurt med ei blanding av talg og bivoks. Kronografen eg nytta var ein tysk VM25 frå Weinlich Steuerungen GmbH. Flaska fylte eg til eit trykk på 55 bar.



Resultata overraska meg:

Ved 55 bar løyser ikkje ventilen ut. Dette kan ha to årsaker, trur eg:

Den fyrste grunnen kan vere at slagfjóra er for svak. Dette kan ein knapt tru, ettersom ho er halvannan gong så kraftig som fjóra til ein vanleg perkusjonslås. Det kjennest i fingrane når ein spenner hanen. Den andre årsaka kan vere at vinkelen mellom skei og spennstykke ikkje er korrekt. Når hanen slår ned og spennstykket vert drive bakover, vert skeia slege ned i staden for bak.

Når flasketrykket vert redusert til ca. 35 bar, er situasjonen ein heilt annan: No får spennstykket tak i ventilen, opnar han og bles kula ut av løpet. Kronografen viste varierende resultat. Typisk var ein utgangsfart på rundt 125 m/s som fall til 90m/s etter 6-7 skot. Med godt smurte kuler og nye pakningar fekk eg fleire gongar fartar over 130m/s. I eit tilfelle fekk eg ein kulefart på 137,2 m/s:



Dette er 20m/s mindre enn rifla til Joseph Lowenz og over 35m/s meir enn i

forsøka til Kronborg Geværfabrik. Slik såg furustubben ut på 20 meters avstand:



Som det går fram av biletet ovanfor, var krafta stor nok til å trykke ei blykule fullstendig flat. Når ei kule traff ei annan, vart kohesjonskrafta så stor at dei vart «sveisa» saman. Eit slikt fenomen trudde eg ikkje skulle oppstå ved kulefartar i overkant av 120m/s.

Konklusjonen er eintydig: Me har overgått resultata til dei dansk-norske forsøka i 1820-åra. Det er heller ikkje langt att til me er på høgd med prestasjonane til dei austerriske vindriflemakarane. Fram dit manglar me berre 20m/s eller ca. 76km/t. Kopien av ekspedisjonsrifla til Lewis og Clarke som Ernie Cowan laga, klarte ein munningsfart på 128 m/s. Dette skriv Ulrich Eichstädt i artikkelen sin «Großvater lässt grüßen» i spesialutgåva av bladet «Visier» i 2007. Har me no den høgaste utgangsfarten i ein moderne kopi av rifla?

Kva ville skjedd om me hadde fått ventilen i flaska til å løyse ut på 55 bar, eit trykk som er meir enn halvannan gong så høgt? I skrivande stund har eg laga ei ny og kraftigare slagfjør og er i gong med å forme ferdig forskjeftet. Forskjeftet er nemleg også viktig: Under skeia ligg det ei bladfjør som skal syte for at skeia

alltid har eit viss press oppover. Vert kreftene bakover for store, sviktar no fjøra og slepper skeia ned før ho kan føre nåla inn i ventilen.



Spennstykket er i kontakt med skeia. Bladfjóra nedanfor pressar skeia oppover. Vil skeia klare å presse nåla inn i ventilen og opne for lufta på over 50 bar?

Treverket som skal liggje mellom denne fjøra og underbeslaget der avtrekkjaren sit trur eg kan avhjelpe dette: No kan skeia få eit auka trykk nedanfrå og motstå det vertikale vektoren frå krafta til spennstykket. Slik kan skjefte vere med på å overføre den fulle fjørkrafta direkte til skei og nål. Det er likevel ikkje så enkelt som det: Vinkelen i kontaktflata til skei og spennstykke må også stemme perfekt. Viss ikkje, vil ikkje skeia bli pressa nedover i rette augneblinken, misse kontakten med spennstykket og lukke ventilen. Viss det skjer, vil flaska bli tømmt på ein augneblink. Store mengder luft vil då rase forbi ventilen, rive av dei koniske tetningsflatene og gjere han utett. Om eit par veker vil eg få vite det endelege resultatet. Då er skjefte ferdig, låsen har ei sterkare slagfjør og rifla er klar til ny uttesting.

10 – Resultat og konklusjonar

Kva er det å lære for den moderne børsemakar av eit slikt eksperiment? Har det noko nytteverdi? Dette er eit godt spørsmål, ettersom det kan verke temmeleg perifert å velje eit slikt spesielt prosjekt som utgangspunkt for tre år med hardt arbeid. Jau, det er ein heil del å lære. Ei stor drivkraft for meg har vore nyfikna som har lokka meg lenger og lenger inn på desse temmeleg jomfruelege stiane i handverksskogen. Og di meir eg har lært, di meir har eg undra meg.

Prosjektet har ført meg inn i gjørtlarfaget, som fram til no var ei heilt ukjent verd. No har eg fridomen som børsemakar å kunne teikne, forme i tre, støype i sand og lage mine egne messingdelar om det skulle knipe. Å maskinere og file dei ut frå eit massivt stykke er ikkje lenger naudsynt. Det har også ført meg til å tenkje på ressursbruken vår, kvifor må me lage haugar med spon som me må kaste? Spon er dessutan ein ressurs, han kan smeltast oppatt. Gjørtlarteknikken i børsemakarfaget opnar såleis porten mot gjenbruk og det eg vil kalle berekraft i faget. Sjølv støypte eg alle messingdelar frå gamle riflehylser frå skytebana som ikkje kunne ladast opp att. Det var ei frigjerande kjensle å kunne lage eit utgangsprodukt med så kompliserte former utifrå så enkle prinsipp.

Dette gjeld også for trykktankane. Å lage dei av jernplater er svært økonomisk, og eg kan no godt forstå motivasjonen til Girardoni. Skulle han ha maskinert dei av eit sylindrisk emne, ville det ha gått med enorme mengder material, det ville teke lang tid og vorte altfor dyrt. Den moderne Girardoni-replikaen til Martin Orro i USA har flotte, sterke tankar laga av massive akslingsemne i høglegert stål med kuppelen gjenga inn i den koniske sylindaren. Dette var i starten også min plan, ettersom eg rett og slett frykta at ein lodda tank var livsfarleg. For oss i dag er det dessutan lettare å maskinere ein slik konisk struktur ut av ein sylinder.

Vegleiaren min, Karl Wolff, forankra i tyske børsemakartradisjonar, rådde meg også til å gå den sikre veg og maskinere tanken ut av massivt stål. Glad er eg for at Simen Omang ved Håndverksinstituttet som følgde opp oss stipendiatar rådde

meg til å gå den lange vegen og bruke stålplater. Eg er også glad for at eg hadde vit nok til å følge rådet hans. Frykta for eksplosjonar var nemleg grunnlaus. Trykk over 70 bar treng ein nemleg ikkje, og så høge trykk klarar ein heller ikkje å pumpe i tanken manuelt. Bartholomeus Girardoni visste dette. Han visste også at messinglodd var meir enn sterkt nok. Det var kvaliteten i jernplatene han ikkje kunne styre.

Eg vert audmjuk når eg byrjar å skjøne kva for ein innsikt Girardoni hadde innanfor materialeegenskapar og samanføyingsteknikkar samanlikna med det eg har frå min erfaringsbakgrunn. I tillegg kjem det eit ekstra moment: Vekt. Ein dreia tank vil naudsynt vere tyngre og ha eit mindre innervolum. Maksimalt innervolum er viktig for å ha nok luft til alle kulene i magasinet, og eit lett våpen er enklare å bere i strid. På grunn av tanken er allereie våpenet noko baktungt, så ein dreia tank vil gjere ubalansen endå større. Di meir ein tenkjer over det, di smartare er eigentleg løysingane. Girardoni M1780 er på mange måtar eit utruleg gjennomtenkt konsept.

Slagkraft: Kor mykje slagkraft treng ein eigentleg? Denne rifla er ein lilleputt samanlikna med riflene av i dag. M1780 produserer knappe 80 joule med ein utgangsfart på 130m/s. Forsvaret si infanteririfle av i dag, HK416, har ein anslagsenergi på rundt 1100 Joule med ein fart på rundt 1000m/s.

Likevel, M1780 vart helden for å vere kraftig nok til å drepe eller uskadeleggjere personell på 100 meter. Kva seier dette oss? For meg ser det ut at presisjon har vore like viktig for den austerrikske hæren som slagkraft, elles ville nok ikkje våpenet vorte godkjent av den habsburgske keisarmakta. I det norske forsvaret har kaliberet gått ned frå 7,62 mm til 5,56 mm. På grunn av det har også anslagsenergien i infanteririfla gått ned til ein tredjedel av det han var for nokre få år sidan. Dette gjev rom for ettertanke. Viltlova eller «Forskrift om utøvelse av jakt, felling og fangst» paragraf 16, ledd a) slår fast at anslagsenergien på prosjektil mellom 9 og 10 gram må vere minst 2700 joule

målt på 100 meters avstand (E100). Likevel veit me at vindriflene er blitt brukt til jakt. Baillie-Grohman, forfattar av boka «Sport in the Alps» skriv at han har brukt luftrifla med stort hell både til villsvin og hjort (Wolff, s. 21). Sjølv om dette med våre augo kan verke noko på kanten, har luftrifla meir enn nok slagkraft til å felle småvilt på kortare hald.

Å fylle kjøtgrytene på ein sikker og økonomisk måte var nok også ein av grunnane til at Lewis og Clark tok med seg luftrifla på ekspedisjonen deira vestover mot Stillehavet i 1803. I Johnson's The Sportman's Cyclopedia kan ein lese om Colonel Thorntons (1757-1823) Sporting Tour in France der han fortel om ein jakttur med luftrifla si:

«After trying for a considerable time we at length found; and the hounds having a good scent, ran tolerably for about two hours, during which time I got only one view of the game; however, he soon began to run shorter in rings and lie down: and as the sun got up the scent became weaker. I then dismounted and took my stand under an oak, intending to have a shot at the roe-buck with the air gun which had succeeded so well at the wild boar, but before I could pull the trigger, he was in thick covert. After a few rings and cold hunting, we came within twenty yards, when I discharged my piece, and was convinced both by his springing and the sound of the ball, that I had hit him. I gave several view halloos, but the company either did not hear or could not understand me; although had I shot with powder, they must have been apprised by the report.... After some running.... I rode before him, and put a ball between his eyes. ...The rest of the company soon came up, and were highly delighted, but the keepers could not comprehend the nature of an air gun, though they carefully examined the piece, and the effect of the ball. It must, in this instance, have shot very weak, or the first shot must have gone through the deer's head; but it had broken the shoulder, and being turned by the bone, had come out through the skin of the neck. This was deemed very extraordinary; but I once shot a deer with the same gun, at Thornville Royal, which was in the act of leaping a fence: The ball went in at the shoulder exactly opposite the heart, but it turned at the belly between the skin and the intestines, and came out at the hock.» (Wolff, s.21).

Etter å ha arbeidd med vindriflekonseptet i snart tre år og etter å ha lese desse orda er eg freista til å kome med følgjande spørsmål i: Er det snart på tide å

sleppe dei luftdrivne våpna til i norsk jakt og fangst, slik det er gjort i England, USA, Korea og mange andre stadar? Utifrå prinsippet om økologisk berekraft og grøn miljøprofil må vindrifla vere eit utmerka alternativ. Konstruksjonen med ein kald drivgass gjer det også mogeleg å skyte prosjektil av ulike former. Ei kort, ekspanderande pilform vil t.d. kunne fungere svært godt og ha gode flygeeigenskapar. Prosjektla treng heller ikkje lagast i forureinande legeringar. Krut, hylser og ikkje minst tennhetter med sitt initialsprengstoff, som er dyre og miljøforureinande å lage, vil ein ikkje trengje i ei luftrifle. Og drivstoffet, lufta, ja, ho er kring oss alle stader.

Eit av dei tinga eg har lært av å studere arbeidet til Bartholomeus Girardoni er å «tenkje utanfor boksen». Etter snart tjue år i faget har det gått opp for meg at Girardoni si evne til å løyse problem, vere kreativ, snu seg rundt og sjå løysingar der andre ser problem, er ein av dei viktigaste eigenskapane til ein børsemakar. Utan denne evna ville ikkje Girardoni vore i stand til å konstruere våpentypen, og utan denne evna vil me i dag ikkje vere i stand til å tenkje nytt innanfor faget.

Stipendiatet har i stor grad hjelpt meg til å utvide kunnskapane og styrkje handverksdugleikane på område der eg fram til no ikkje har fått høve til å prøve meg, slik som støyping av messingdelar i formsand, framstilling av messinglodd og naglar, konstruksjon av trykklufttankar og samspelet til ulike vektorar i eit mekanisk-pneumatisk system slik me finn det i låsen til M1780. Ein ting har eg lært: Det er mogeleg å avdekke løyndomar, berre ein legg nok arbeid i det og ikkje gjev opp. Det må prøvast og feilast, revurderast, prøvast og feilast på ny. Slikt tek tid. Stipendiatordninga til Norsk håndverksinstitutt gjev oss denne fridomen, og det er noko eg som handverksstipendiat og handverkar i eit lite og sårbart fag er evig takksam for.

Til slutt ein stor takk til alle som har hjelpt meg til å realisere dette prosjektet:

- Rheinhard Ziel og Paul Werner Thieme ved børsemakarskulen i Suhl, som førte meg inn i luftvåpna si magiske verd

- Michael Dürkoop ved våpenmuseet i Suhl som alltid stod parat med våpensamling, bibliotek og fagkompetanse og hjalp til
- Karl Wolff, spesialist på pneumatiske våpen i Henneberg, som tok imot meg med opne armar og hjalp meg
- Arthur R. Smith, min gode ven og løpsmakar i Colchester saman med dotter si, Tara, og ikkje minst Len Martin, som gjorde all leppinga av løpa
- Gardbrukar Kristen Bergsvik, som stilte med granbord til kledning på støypeverkstaden
- Auto-Mek på Hosteland som leverte ventil til lekkasjeadapteret og laga for trykkflaskene.
- TESS Sløvåg som leverte trykkslangar, ventilar og trykkregulator så me fekk trykktesta tankane grundig før bruk
- Reknes Byggevarer L/L som stilte med takplater og skaffa til veges alt frå murstein til arbeidslamper
- Jarle, Oddvar og Stig, gode naboar som skaffa til veges messinghylser, kol og oljekoks til dei fyrste spede smelteforsøka
- Den fantastiske gjengen ved Norsk Handverksinstitutt som hadde såpass tru på meg og mitt prosjekt at dei tilsette meg i ei stipendiatstilling, herunder også mine medstipendiatar som hjalp meg med tips og råd
- Kona mi, Anke, som faktisk har klart å halde ut med at eg har meir eller mindre budd tre år bak ei skrustikke i kjellaren og som har sagt til meg: «Klart du får dette til.»

Litteraturliste:

Paul Parey & Arne Hoff: "Windbüchsen und andere Luftdruckwaffen", Verlag Paul Parey Hamburg und Berlin 1977, ISBN 3-490-08212-5

Walter Hummelberger og Leo Scharer: "Die Österreichische Militär-Repetierwindbüchse und ihr Erfinder Bartholomäus Girandoni", artikkel, "Waffen-und Kostümkunde», 1964

Ulrich Eichstädt: «Von der Alten zur Neuen Welt», artikkel, tidsskriftet «Visier», januar 2013

Ulrich Eichstädt og Dr. Robert Beeman: «Woher der Wind weht», artikkel, tidsskriftet «Visier», april 2002

Gernot Bühler: «Eine Windbüchse», artikkel, Deutsches Waffenzournal

Herbert Wagsreither: «Zum Thema Windbüchsen», artikkel, Deutsches Waffenzournal

C. Konwiarz: «Wind und Feuer», artikkel, Deutsches Waffenzournal

Dieter Gerlach: «Historische Luftdruckwaffen – Windbüchsen», artikkel, tidsskriftet «Visier» januar 1977

Tomaz Lazar: «Druckluftgewehre nach dem Girandoni- Muster in dem Nationalmuseum von Slowenien», artikkel

Geoffrey Baker og Colin Currie: «The Construction and Operation of the Air Gun, Volume 1 The Austrian Army Repeating Air Rifle», 2006

Eldon G. Wolff: «Air Guns», Milwaukee Public Museum, Publications in History 1, 1967

Sidsel Mørck og Halvor Hjort Guttu: «Gjørtleren – en glemt håndverker?» Færder Forlag, 2007, ISBN 978-82-79-11057-6

C.W.Ammen: «The Complete Handbook of Sand Casting», TAB Books, 1979, ISBN-13:978-0-8306-1043-3, ISBN-10:0-8306-1043-X

B.Terry Aspin: «Backyard Foundry for Home Machinists», Fox Chapel Publishing 2015, ISBN 978-1-56523-865-7

Gary E. Moulton: «The Definitive Journals of Lewis & Clark», bind 2-8, University of Nebraska Press 1986, 2002, ISBN 0-8032-8009-2

Rupert Schützelhofer: «Die Technologie der Büchsenmacherkunst», Wien und Leipzig, 1922, A. Hartleben's Verlag

Peter A. Alexander: «The Gunsmith of Grenville County», Scurlock Publishing Co. ISBN 1-880655-13-6

Dr. Robert D. Beeman Ph.D.: «New Evidence on the Lewis and Clark Air Rifle – an “Assault Rifle” of 1803.», nettartikkel www.beemans.net

Leder-info.de: «Das Lederlexikon»

Jean Turner, Salisbury: «Cuir Bouilli Technique- An Historical Method of Hardening Leather»

Visier Special No.46: «Schießen mit Druckluftwaffen»

www.orro.net. «Girardoni Rifles Completed» , internettartikkel av Martin Orro, 2013