

Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek.  
Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

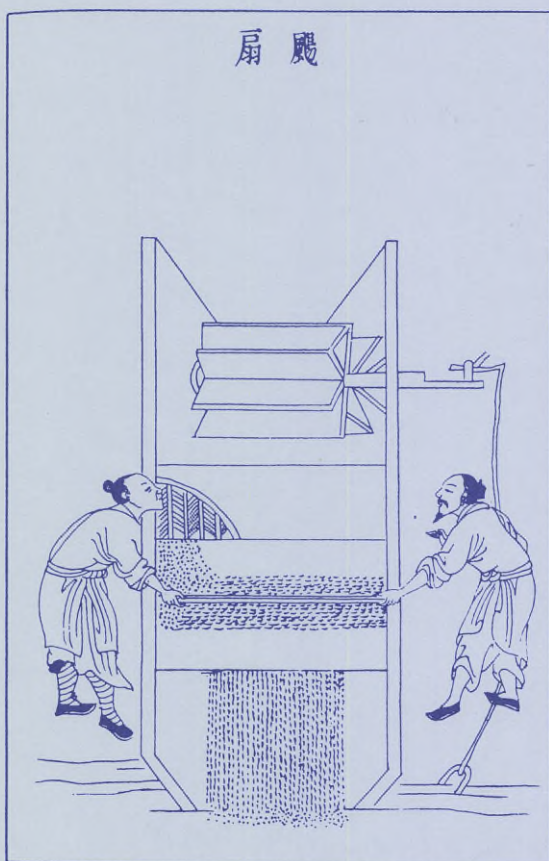
This work has been digitised at Gothenburg University Library.  
All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text.  
This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.





# POLHEM

## TIDSKRIFT FÖR TEKNIKHISTORIA



# **POLHEM**

**Tidskrift för teknikhistoria**

Utgiven av Svenska Nationalkommittén för teknikhistoria (SNT),  
Chalmers Tekniska Högskola, Biblioteket, 412 96 GÖTEBORG

med stöd av Humanistisk-samhällsvetenskapliga forskningsrådet  
och Statens kulturråd

ISSN 0281-2142

## **Redaktör och ansvarig utgivare**

Jan Hult

## **Redaktionskommitté**

Boel Berner

Henrik Björck

Svante Lindqvist

Bo Sundin

## **Tryck**

Vasastadens Bokbinderi AB, 421 52 VÄSTRA FRÖLUNDA

Omslag: Svensk Typografi Gudmund Nyström AB, 178 32 EKERÖ

## **Prenumeration**

1996: 195 kr (4 häften)

Beställes genom inbetalning på postgirokonto nr 441 65 94 - 2

## **Lösnummer**

1996: 50 kr/st

Beställes som ovan

Finns även som taltidning

## Författare i detta häfte

**Bjørn Ivar Berg**, dr. philos.

Norsk Bergverksmuseum  
Hyttegaten 1  
N-3600 Kongsberg  
Norge

**Jan Hult**, tekn.dr.

Institutionen för teknik- och industrihistoria  
Chalmers Tekniska Högskola  
412 96 Göteborg

**Björn Linn**, professor

Arkitekturens teori och historia  
Chalmers Tekniska Högskola  
412 96 Göteborg

**Lars Olsson**, tekn.lic.

Institutionen för teknik- och industrihistoria  
Chalmers Tekniska Högskola  
412 96 Göteborg

**Nils Göran Sjöstrand**, professor em.

Institutionen för reaktorfysik  
Chalmers Tekniska Högskola  
412 96 Göteborg

**Lars Strömbäck**, fil.dr.

Tema T  
Linköpings universitetet  
581 83 Linköping

**Erik van der Vleuten**, civ.ing.

Institut for de Eksakte Videnskabers Historie  
Aarhus Universitet  
Ny Munkegade  
DK-8000 Århus C  
Danmark

1. Introduction

The purpose of this study is to investigate the effects of various factors on the performance of a system. The study is organized as follows: Section 2 describes the methodology used in the study. Section 3 presents the results of the study. Section 4 discusses the implications of the findings. Section 5 concludes the study.

2. Methodology

The study was conducted using a controlled experiment. The independent variables were the different factors being tested. The dependent variable was the performance of the system. The experiment was repeated multiple times to ensure reliability of the results.

3. Results

The results of the study show that there is a significant difference in performance between the different factors. The factor of interest had a positive effect on performance, while the other factors had a negative effect.

4. Discussion

The findings of this study have several implications. First, it highlights the importance of the factor of interest in determining system performance. Second, it suggests that the other factors may be used to optimize the system's performance.

5. Conclusion

In conclusion, the study has shown that the factor of interest has a significant positive effect on system performance. The other factors have a negative effect on performance. Further research is needed to explore the relationship between these factors and system performance.

References

1. Smith, J. (2010). The effects of system design on performance. *Journal of Systems Management*, 61(3), 12-20.

Appendix

The following table provides a summary of the data collected during the experiment. The table shows the mean performance for each factor and the standard deviation. The data indicates that the factor of interest has the highest mean performance, while the other factors have lower mean performances.

## Innehåll

	Jan Hult: Före storkraftverken och dynamiten	116
Uppsatser:	Erik van der Vleuten: Autoproduction of Electricity: Cases from Danish Industry until 1960	118
	Bjørn Ivar Berg: Vannmyten om fyrsettingen — en kildekritisk studie	155
Recensioner:	Staffan Hansson: <i>Teknikhistoria: Om tekniskt kunnande och dess stora betydelse för individ och samhälle</i> (rec. av Lars Strömbäck)	195
	Ann Marie Gunnarsson: <i>Hus av slagg — byggnadskonst i Bergslagen</i> (rec. av Björn Linn)	198
	Arne Kaijser & Marika Hedin (Eds.), <i>Nordic Energy Systems: Historical Perspectives and Current Issues</i> (rec. av Lars Olsson)	199
	David Halloway: <i>Stalin and the Bomb</i> (rec. av Nils Göran Sjöstrand)	201
	Börje Isakson och George Johansson: <i>Världens snilleblixtar 1</i> (rec. av Jan Hult)	204
Notiser:	Nyutkommen litteratur m.m.	205
	Författare i detta häfte	210
Omslagsbild:	Kinesisk sädesrensningssmaskin med pedaldriven fläkt, ur Joseph Needham, <i>Science and Civilization in China</i> , Vol. 4, Part 2, Cambridge University Press 1965, sid 152. (återgiven i Staffan Hansson: <i>Teknikhistoria</i> , rec. sid 195).	

## Före storkraftverken och dynamiten

De stora kraftledningarna hör till det moderna industrisamhällets mest tydliga avtryck i landskapet. Medan telefontrådarna inte längre syns sedan de grävts ner i jordkablar (och kanske inte kommer att behövas alls, när alla skaffat en mobiltelefon) levereras elenergin alltjämt genom nätverk av högspänningsledningar. Tillkomsten av sådana system i olika länder behandlades av Thomas P. Hughes i boken *Networks of Power: Electrification in Western Society, 1880-1930* (Johns Hopkins University Press, Baltimore and London 1983). Denna, sedermera prisbelönta, bok befäste ytterligare författarens ställning som en internationellt ledande teknikhistoriker. Hughes lanserade här begrepp som t.ex. "reverse salient" och "technological momentum", uttryck som sedan kommit att införlivas med grundvokabulären i teknikhistorisk forskning om olika tekniska systems tillväxt och egenskaper, inte bara ledningsbundna sådana såsom elkraftsystemen.

Nätverk för distribution av elenergi, matade från olika storkraftverk, har i vår tid kommit att betraktas som en närmast självklar teknik för elektrifiering. Med högspänd trefas växelström har vi i Sverige på detta sätt kunnat utnyttja stora vattenkraftresurser i Norrland för att elektrifiera andra delar av landet.

Men det tillämpades länge också ett annat sätt att skaffa fram elektrisk energi, främst till industrier. Om detta skriver här i *Polhem* Erik van der Vleuten vid Århus Universitet. Med termen "autoproduction" (som man inte finner vare sig i Oxford Dictionary eller hos Webster) avser han elgenerering direkt på förbrukningsstället. Ett industriföretag har ofta behov av både värmeenergi och elenergi. Det gäller t.ex. i pappers- och cementindustri men också i kvarnindustri. Då kan det ofta finnas möjligheter att på ett rationellt sätt utnyttja en del av värmeenergin till att framställa elenergi på platsen. Man blir härigenom också mindre beroende av eventuella störningar i storkraftnätet.

Artikeln diskuterar för- och nackdelar med denna typ av "småskalighet" (även om värmepannor och elgeneratorer kan vara nog så stora). Sådan lokal samproduktion har emellertid kommit att bli allt mer sällsynt. I Danmark, som ju har en helt annan ekonomisk geografi än Sverige, kom autoproduktion av el att leva kvar i pappers- och cementindustri ända till slutet av 1960-talet.

Vissa myter tycks vara omöjliga att avliva, t.ex. den att våra nordiska vikingar bar hjälmar med horn. En annan, kanske inte lika svårutrotlig, myt gäller hur gruvbrytning gick till före uppfinningen av dynamiten. Metoden, "tillmakning" ("fyrsetting" på norska), påstås vanligen ha gått till så att man först eldade

en brasa mot bergväggen och sedan plötsligt öste på vatten. Då, brukar det sägas, sprack berget upp i lagom stora bitar och kunde lätt brytas loss. Bjørn Ivar Berg vid Norsk Bergverksmuseum i Kongsberg har nyligen disputerat på en doktorsavhandling om denna "vattenmyt". I detta nummer av *Polhem* ger han ett koncentrat av sina forskningsresultat.

Efter en noggrann genomgång av ett stort källmaterial drar han slutsatsen att vattenbegjutning *inte* har varit praxis vid underjordsbrytning av berg, varken i Norge, Sverige eller andra länder. Trots detta har en muntlig tradition kommit att leva vidare, som påstår motsatsen.

Tvisten skulle givetvis kunna lösas, antingen genom jämförande praktiska prov, med och utan vattenbegjutning, eller genom en teoretisk beräkning av de spänningar som uppkommer i bergväggen vid de olika förfarandena. För en ingenjör förefaller, rent intuitivt, en hastig avkylning av det upphettade berget vara ett sätt att inducera sprickbildning. Författaren nämner båda dessa alternativa undersökningsmetoder, men för dem inte vidare. Hans avsikt har i stället just varit att göra en kritisk undersökning och värdering av ett befintligt källmaterial, både skriftligt och muntligt, det senare sådant som ytterst härrör från dem som gjorde själva arbetet vid tillmakningen.

*Jan Hult*



## Autoproduction of Electricity: Cases from Danish Industry until 1960

In the Danish historiography of electricity supply systems, autoproduction or on-site generation of electricity has received remarkably little attention. There are at least three reasons for this. One is that most accounts of the history of electricity supply focus upon public supply ('public' in this sense relates to the supply area, not to ownership), that is, they aim to describe the industry which has electricity production and sale as its primary task. The object of description thus excludes autoproduction systems, where the producer and consumer of electricity are identical.<sup>1</sup> Another reason is that the industrial sector, hosting the bulk of autoproduction installations, did not play such an important role in the Danish electrification process (and thus received less attention) as in other Nordic countries.<sup>2</sup> But the neglect also seems related to a more systematic conception of the history of electrification, which builds upon a basic scheme of progressively succeeding technologies or technological systems. In this view, autoproduction of electricity is interesting only because it constitutes the oldest form of electricity supply. It emerged in the early 19th century with the development of electricity-producing machines (batteries, generators) and appliances (particularly lighting), and was introduced in Denmark in the late 1850s in the form of a demonstration of an arc light at the Christiansborg Palace riding ground. Furthermore, it gained significant application in the 1880s, particularly in indoor lighting of industrial establishments. Yet from the moment that public supply from a central station arrived in the early 1890s, autoproduction ceased to be a system of interest other than as a forerunner of this 'higher stage' in the electrification process.<sup>3</sup>

Such a bias, however, is only partially justified. For although the construction of a national public supply system certainly is the most important event in the history of electrification, its emergence does not imply that other systems became oblivious. This paper, then, aims to provide an initial exploration of autoproduction of electricity in Denmark in the period up to 1960, when a centralised public supply system had been firmly established. It will firstly be argued that the Danish autoproduction of electricity had a history worth investigating also after the introduction of public supply systems in the 1890s, even after the introduction of regional systems in the 1910s and the completion of a national, centralized system in the decade after the Second World War. It is furthermore argued that the feasibility of autoproduction systems cannot be treated in general terms, but depended upon their context of application. This is extensively illustrated for the

two most important contexts of autoproduction of electricity in Denmark up to 1960, the paper and cement industries. Finally, the flour industry is studied as a contrasting case, where the purchase of electricity from public supply companies nearly completely replaced the autoproduction of electricity during the first half of our century.

## **The dynamics of the autoproduction system**

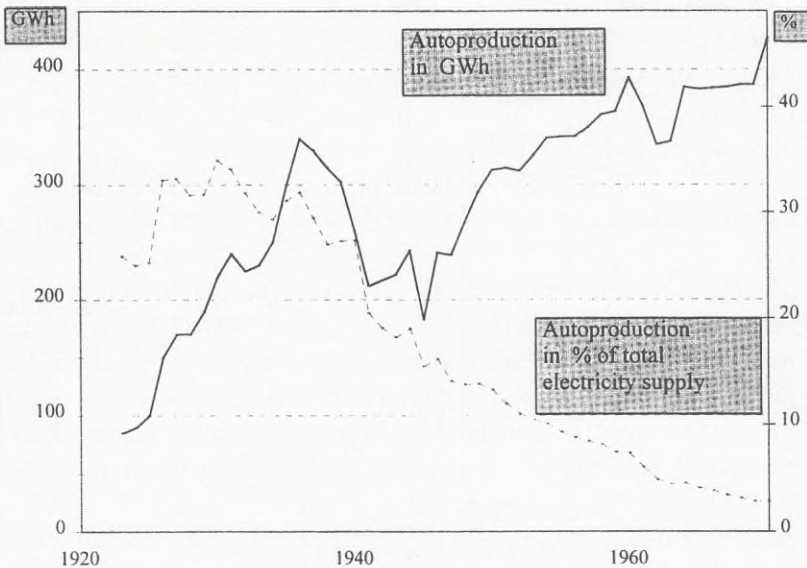
Illustrative of the conception of autoproduction of electricity as merely a forerunner of public supply is Valdemar Faaborg-Andersen's history of electricity supply in Denmark, which represented electrification in an 8 vols. work on Danish culture in the early 1940s. It describes the subsequent introduction of autoproduction from 1857 (the arc light demonstration at Christiansborg Palace), public supply of limited areas from central stations and with low voltage, direct current transmission from the early 1890s (in 1891 central stations were established in Køge and Odense, in 1892 in Copenhagen), public supply of larger areas with larger stations and high voltage, alternating current transmission from 1907 (when high voltage transmission was adopted by supply companies in Copenhagen and Skovshoved) and finally public supply from few, large power stations interconnected in a regional grid (which largely covered the Eastern Danish region in the 1920s, but evolved significantly slower in the Western Danish region). Autoproduction is only mentioned for the period until its successor arrived in the 1890s.<sup>4</sup> Yet Faaborg-Andersen was well aware that autoproduction still existed in his time. But he was confident that the completion of the national centralized public supply system would finally favour the more 'rational' alternative of public supply: Public supply was the 'natural choice' of electric supply system, constrained only by 'irrational' sentiments such as the reluctance of autoproducers to give up their independence.<sup>5</sup> His view comprised, to follow Pinch & Bijker, an implicit asymmetry: The success of the public supply system was attributed to its economic and technical superiority, while the continued existence of the older technology (presupposed to be technically and economically inferior) was attributed to 'social factors.'<sup>6</sup> Faaborg-Andersen's statement was typical and reflected a conception of electrification, which had predominated in electrotechnical engineering circles in Denmark at least since the 1910s, when the absolute superiority of a centralised public supply system (based upon the notion of economies of scale) over other public supply systems and autoproduction was formulated: The centralised public supply option combined the most advanced technology (large production units, high voltage transmission and a national grid) with unambiguous economic superiority, and it was only a matter of time before autoproduction would disappear.<sup>7</sup>

As a general presupposition, this opinion cannot stand close scrutiny. Instead, the technological and economic properties of the electricity supply systems involved depended upon the context of their application. An argument for the economic feasibility of autoproduction in specific contexts was for instance provided by Michael B. Mogensen, an electrotechnical engineer of the firm United Paper Factories, Ltd. (A/S De forenede Papirfabrikker) in the early 1940s. Mogensen did not disagree with the centralisation project of his electrotechnical colleagues; on the contrary, he considered the rationality of centralized public supply sufficiently proven. But contrary to Faaborg-Andersen, he propagated the economic feasibility of autoproduction of electricity in large industrial enterprises. Autoproduction was particularly attractive in factories, which required heat as well as power in the production process: These factories could often autoproduce combined heat and electric power, in case of which electric power would be almost for free, since heat had to be produced anyway. Furthermore, autoproduction might also be economically feasible in large factories without a significant heat consumption, as they often had a steady power consumption (and consequently a high load factor and low production costs for electricity), while public suppliers had to cope with the peaks and troughs of the household electricity market (and consequently had a lower load factor). This could make even large power plants for public supply comparatively expensive compared to industrial autoproduction in larger units. In addition, in a review of autoproduction technology Mogensen implicitly illustrated that autoproduction systems might well employ the latest supply technologies: Although historically the oldest electricity supply system, autoproduction was by no means confined to technologies from before the public supply era.<sup>8</sup> Autoproduction of electricity, in conclusion, was not an economically and technologically 'inferior' electric supply system in an absolute and ahistorical sense.

This observation corresponds to the actual dynamics of autoproduction of electricity as a supply system. The available statistics do not confirm the predicted decline of autoproduction following the expansion of public supply. This may be illustrated, firstly, by the sheer amount of autoproducing installations. As stated above, autoproduction systems were rapidly introduced in the 1880s particularly for lighting purposes. A survey in 1886, based upon installations installed by Danish electrotechnical firms, included 45 autoproduction installations for electric lighting installed since 1878, while another 4 were under construction.<sup>9</sup> These installations preceded public supply systems by half a decade or more. Yet by 1909, when the Danish Electricity Commission ("Elektricitetskommissionen", established with the 1907 Electric Supply Act) found its registration of Danish electricity producers more or less complete and counted approx. 200 public supply plants, the number of autoproduction installations had increased to approx. 800.<sup>10</sup> Also in the next two decades, when centralized public supply became available in large parts of the country, the number of autoproducers did not decrease, but

doubled instead to approx. 1600. Their number only topped around 1950 with some 2100 autoproducers, and then stabilized at approx. 2000 for the following decades.<sup>11</sup>

Secondly, a more precise indicator of the dynamics of autoproduction installations in Denmark is their annual amount of electricity produced. From 1923 onwards estimates of the amount of autoproduced electricity in Denmark were published annually (see graph 1). As smaller autoproduction installations (which constituted the vast majority) were excluded and the criterion for inclusion varied slightly over the years, the graph only illustrates the overall dynamics of the autoproduction supply system. Yet it suffices to illustrate that autoproduction not simply perished as public supply systems grew. On the contrary, if anything, it increased, and continues to do so today.<sup>12</sup>



*Graph 1: The annual autoproduction of electricity (incl. sales to public supply) in GWh in Denmark until 1970 and the relative share of autoproduction of the total electricity supply in Denmark (incl. imports).<sup>13</sup>*

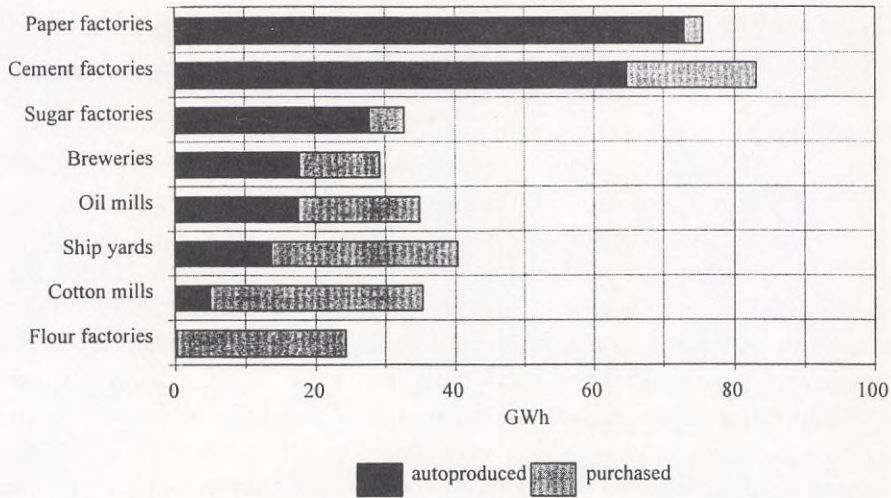
As the graph also illustrates, the continued existence of autoproduction as an electricity supply system did not contradict the success of public supply systems. Autoproduction and different forms of public supply systems can instead of succeeding systems be regarded as coexisting systems, in which particularly the centralised public supply system grew much faster than the other available systems from the 1930s (as the decreasing relative importance of autoproduction in the Danish electricity supply structure indicates). To eliminate autoproduction from

the history of electricity supply systems, however, is to eliminate not only a system with a specific context-dependent dynamic, but also the vast majority of electricity producing installations and a considerable part of the Danish electricity market in GWh.

Which, then, were these autoproducers? In the 1886 survey breweries, distilleries, sugar factories and steam ships were well represented, but private villas and public offices were also included. These installations consisted most often of a steam engine which provided power to a 'lighting machine' (a dynamo or a generator), which supplied a system of arc lights or/and incandescent electric lights. More decisive for the continued dynamics of autoproduction of electricity in the twentieth century, however, was the autogeneration of electricity for power purposes. Electric motors gained significance in Denmark from the early 1890s, but their application first accelerated around 1910.<sup>14</sup> As a result, the autoproduction of electricity was nearly completely concentrated in the realm of industrial production. In 1933, 93% of the nearly 100 MW of (stationary) autoproduction installations were installed in factories, the rest in public undertakings (hospitals, sanatoria) and agriculture. By 1960, 99% of all registered autoproduction (nearly 400 GWh) came from industrial firms under the Factory Inspectorate (that is, firms with more than 5 workers excl. the building trade and dairies). Both figures, however, again exclude the overwhelming majority of small autoproduction units.<sup>15</sup>

Within the realm of industrial production, the autoproduction of electricity can be identified for individual branches of industry from 1939 to 1951, when detailed surveys over power consumption were published in the statistics of production. Graph 2 illustrates the importance of autoproduction in the electricity consumption of the eight most electricity-intensive branches of industry in Denmark in 1951 (surplus production sold to the grid is excluded). Industry, again, only includes firms under the Factory Inspectorate.

In 1951, Danish industry consumed 827 GWh electricity, one third of which was autoproduced. Obviously, the largest power consumers were also the largest autoproducers of electricity for own consumption: The top eight most power intensive industries included the top 6 of industrial autoproducers of electricity. Furthermore, it is remarkable that two industries, the paper and cement industries, were responsible for approximately half of all autoproduction of electricity in Denmark. Equally remarkable, other very power intensive industries such as flour factories and cotton mills largely relied on purchased electricity.



*Graph 2: Electricity consumption in the 8 most electricity-intensive industries in Denmark in 1951 in order of consumption of autoproduced electricity.<sup>16</sup>*

In the following, the background for the choice of electricity supply system is explored for the contexts of the paper, cement and flour industries. In each case ample attention is given to the branch-specific technological context, which actors in the electrification process (factory entrepreneurs or technicians as well as agitators for electrification) anticipated when addressing the questions of electrification and of which electricity supply technology to apply. Thus the possible technical and economical feasibility of the autoproduction system will be illustrated; however, it will also be argued that other aspects than the strictly technical and economical properties of supply systems (addressed by Mogensen and Faaborg-Andersen) decisively influenced the success or failure of the autoproduction system.

## **Case 1: The paper industry and the rationality of autoproduction systems**

### **Technical/economic background<sup>17</sup>**

Two innovations are commonly emphasized as crucial for the paper industry, which existed at the eve of electrification in the late 19th century: The continuous paper making machine provided an alternative to the individual production of each arc of paper, and wood pulp (mechanically pulped or chemically, i.e. cellulose) was a cheap and widely available alternative raw material to rags. The former was

invented just before the 19th century and first introduced in Denmark in the late 1820s; the latter had been developed from the 1840s and was widely adopted in the Danish paper industry in the 1870s. By then, four large well-established Danish paper factories and five newly erected ones competed fiercely for the home market (as exports were limited), a competition which was temporarily reduced by a cartel agreement in 1882 and permanently solved in 1889 with the establishment of the firm United Paper Factories Ltd., taking over 9 out of Denmark's 10 paper factories (previously owned by 6 different firms). The remaining factory was owned by a publisher and produced chiefly for own consumption. United Paper Factories largely controlled the Danish paper industry in the entire period under consideration, using its near monopoly to rationalize the Danish paper industry by closing down some factories and specializing others in the production of specific types of paper or cardboard. Competition arrived primarily from abroad and from few Danish factories, some of which were owned by and produced for publishers and others were quite small. Altogether, however, the number of paper factories in Denmark remained remarkably constant (between 10 and 14 factories) in the period up to 1960.

With regard to physical situation and design, paper factories were situated outside urban areas near streams and rivers providing the necessary water for the production process, and comprised besides the factory building(s) several storage buildings, offices and a water works, thus occupying a comparatively large area. The actual production process contained three basic stages: (1) Preparing the raw material, a pulp of fibres and water; (2) intermeshing the fibres into a paper sheet; and (3) preparing the final product. In the preparation department, first a semi-prepared pulp would be produced from the raw material. If the raw material were rags, a group of workers would sort and clean them before they were mixed with a large portion of water in the chopping machines (tubs containing revolving cylinder with knives) and cooked in a boiler. Alternatively, waste paper would be ground on a special roller stand, while semi-prepared wood pulp normally could be purchased from specialized factories. Secondly, the final pulp would be prepared in a differently adjusted set of chopping machines, where different semi-prepared pulps (rags pulp, wood pulp) might be mixed and chemicals added (for bleaching, colouring and making the paper ink-prove and untransparent). The result was a pulp containing approx. 99 parts of water to one part of fibres.

In the paper making department one would find the paper making machine(s), in which the fibres were intermeshed and water extracted. The basic characteristics of the paper making machine had been well defined by 1880 and remained basically unchanged until the 1950s. The machine, perhaps 50 metres long, was divided in three parts. At the so-called 'wet end', the diluted pulp would be projected upon an endless travelling belt consisting of a wire mesh, on which the fibres would intermesh and part of the water be drained (more water was removed

while the 'wire' passed over suction boxes). In the so-called 'press part' of the machine, the mass was projected upon an endless travelling felt and led between a set of pressure rollers, consolidating the web and pressing more water out. When entering the last section of the machine, the 'drying end', the paper sheet (still containing 66% water) was likewise led between a number of heated metal rollers, which caused the water to vaporize. The outgoing sheet (containing 3-6% water) was finally wound in a reel. Hereafter the paper sheet was cut and received additional treatment according to paper type and desired quality in the finishing department. Fine paper qualities, for instance, passed through special roller stands for extra smoothing.

The factory, then, demanded plenty of rotary action for the choppers in the preparation department, the paper machines (basically consisting of revolving rollers either carrying transport belts or pressing the pulp) and the final roller stands. In addition, there were transport machines and water pumps. Turbines often produced part of the power, but additional steam engines (and later diesel and crude oil engines) were indispensable. From here, the power was (before the introduction of electric power transmission) distributed to the machines by means of shafts and belts. Finally, the boiler(s) played a decisive role in the energy scheme of the factory, providing not only steam to the steam engines, but also to the drying end of the paper making machine.

### **Electrification of the paper industry**

According to the registers of the Electricity Commission, all larger Danish paper factories (that is, all United Paper Factories plants and the main publisher plant) were equipped with means for autoproduction of electricity by 1910.<sup>18</sup> What made electricity attractive in the paper industry, and why was autoproduction chosen? Obviously, electric lighting preceded electric power; already the 1886 list of factories with electric lighting installations mentions the erection of such an installation at the Ørholm paper factory, which provided electricity to a hundred 'Edison lamps'. Electricity was produced by a small dynamo connected to the central steam engine of the factory, and a battery could take over when the steam engine was shut down.<sup>19</sup> However, according to the 1910 register the autoproduction installations of paper factories were with very few exceptions far larger than lighting required, which typically was up to 10-20 kW. Instead they contained installations from 100 kW to more than 450 kW, which placed them amongst the largest autoproducers of their time and electric power stations of middle sized towns.

Electric drive, then, had been massively adopted. The possibility of electric drive in paper factories had already been conceived in the 1890s, when electric transmission of waterpower received worldwide attention. Being situated near rivers and streams and having experience with turbines, paper factories seemed



particularly well suited to adopt this technology, as paper factories in for instance Austria, Sweden and Niagara Falls in the United States illustrated.<sup>20</sup> The argument for electric drive in these cases was, of course, to make cheap but distant water power resources available.

In Denmark, however, water power resources were modest, and other advantages of electric drive were more important. According to the electrotechnical magazine *Elektroteknisk Tidsskrift*, which actively propagated the introduction of electric drive in Danish industry during the first decades of our century, several arguments made electrification particularly attractive in the paper industry:<sup>21</sup> Firstly, since the paper factory buildings normally occupied a comparative large area, a mechanical power transmission system would be comparatively large and cause comparatively large power losses relative to electrical power transmission (in small systems, by contrast, losses of an electrical transmission system might be relatively higher due to the double energy conversion losses in both generator and motor). Secondly and more important, electric drive would improve the quality and quantity of paper making due to the superior steadiness as well as regulability of electric motors. Contrary to turbines in particular, electric motors of certain types could yield a steady power supply to the paper making machine under changing loads; and although it was possible to regulate the drive speed in mechanical transmission systems, this involved fragile (in reliability and durability) gearing and shafting compared to press-button control of electric motors. The increased steadiness and regulability of electric drive, then, improved the paper quality by producing paper of a more constant weight and thereby increased homogeneity. Besides a quality criterion this was an important economic factor as well, because irregularities in the paper would have to be cut out subsequently and hence cause paper losses. Ultimately, such irregularities might cause the paper sheet to crack, and the entire machine would have to be turned down. Finally, the reduced risks of irregularities and cracks in electric driven paper machines allowed considerably higher production speed and thereby increased the productivity of the factory.

Thirdly, like the paper making machine, the rollers in the finishing department benefitted from optimal power regulation, which electric motors could provide. The traditional belt driven roller stands normally had two speeds only, a low starting speed and a higher operating speed. The change from one speed to the other involved a significant risk of breaking the paper, which made regulable electric motors indispensable.

Fourthly, while the chopping machines of the preparation department did not require similar power regulation, they would often be idle. Here the 'general' economic advantage of individual electric drive, where each machine had its own motor, applied: An individual idle machine could simply be shut off. In mechanical or electric line drive (one motor powering all machines) or group drive (one motor for each group of machines), by contrast, the belt providing power to a machine

could at best be shifted to an idling pulley, but still cause idling losses in the transmission system. Finally, electric drive could power a wide variety of transport machines, such as electric cranes attached to the ceiling carrying the wood pulp to the preparation department.<sup>22</sup>

While the propagators of electric drive emphasised the advantages of all-electric drive, Danish paper factories often only applied partial electric drive at least until the 1910s. An example was the newly established Ravnholm paper factory north of Copenhagen (1907). The factory was established on the initiative of Adolph Bock, exploiting the successful Klippan paper factory in Sweden, in an attempt to break the near monopoly of United Paper Factories. The attempt failed, and already the following year United Paper Factories bought the factory and transferred its machinery to a leading UPF factory. Still the Ravnholm factory was remarkable because it presented state of the art technology, and was described by a leading German paper magazine as one of the most modern paper factories in the world.<sup>23</sup> Power was exclusively produced by a large, 800 hp. steam engine, and was transmitted mechanically from the engine house to the preparation building. Yet the paper making department and the finishing department were supplied by means of electric power transmission: Electricity from a 259 kW generator in the engine house was transmitted at 440 volts to the two electric motors of the paper making machine as well as the electric motors of the roller stands and cutting machines.<sup>24</sup>

By the late 1920s, electric drive of the paper making machine and the finishing department was regarded as the standard in Danish paper factories. The tendency now was towards unit drive; the paper making machine was divided in an increasing number of sections with different power requirements. At first, as in the case of the Ravnholm factory, the machine was divided into two sections with different speed requirements. Later, the amount of electric motors was increased until each roller in the machine had its own motor. The optimal speed of the paper could now be optimized, that is, the tension of the paper sheet at each section of the machine could be regulated between narrowly specified boundaries. In addition, automatic regulation could correct even minor speed changes in particular sections. Illustrative is the combined paper and cardboard making machine in UPF's new factory in Copenhagen in the early 1930s, which contained no less than 14 electric motors, varying in size from 6 hp to 88 hp. As a consequence of the application of electric drive in each section of the paper making machine, its power efficiency might be improved with a factor two, and the production speed could be further increased without cracking the paper sheet.<sup>25</sup>

### **The success of autoproduction in the paper industry**

Autoproduction of electricity, then, had been introduced in the paper industry for lighting purposes prior to the public supply era, and was maintained for lighting purposes and partial electric drive until the 1910s. According to the Electricity

Commission registers, paper factories also maintained autoproduction during the process of adopting all-electric drive. The success of autoproduction of electricity in the paper industry is illustrated by table 1.

*Table 1: Some choices of electrification in Danish paper factories 1940-1952 (Source: Statistics of Production<sup>26</sup>).*

	1940	1946	1951/52
Electric engine power in % of total engine power installed	85%	88%	93%
Consumed autoproduction in % of total electricity consumption	98%	97%	97%
AC generating power in % of total generating power	46%	46%	62%

Firstly, the table illustrates that by 1940 electric motors had clearly taken over the power supply of the paper industry, constituting 85% of the motor power installed (excl. prime movers used exclusively for electricity production). The figure even underestimates the importance of electric drive, as prime mover horsepowers applied both for driving machinery and generating electricity are included as non-electric machine drive. Secondly, autoproduction of electricity remained almost the sole mode of acquiring electricity in the paper industry even in the early 1950s, when a modern electricity supply structure had largely been established in Denmark. And thirdly, these autoproduction systems contained partly direct current, partly alternating current generators.

What made autoproduction so particularly attractive in the paper industry even after public supply had become available? In part, paper factories required power on a scale, which early public supply stations would not be able to provide. But by the 1940s and 1950s, public supply was available from very large public power stations. Instead the main argument for autoproduction in the paper industry, according to UPF engineer Michael Mogensen, was the necessity to produce large amounts of heating steam for the drying part of the paper making machine, and hence the possibility of combined production of heat and power: It was possible "in an economical fashion to combine heat production with the production of power consumed in the enterprise, which currently is solely distributed with the aid of electricity."<sup>27</sup> As a result, paper factories maintained their autoproduction of electricity even though the Danish public supply structure was rationalized, only exceptionally opting for public supply.

UPF's newly erected factory Ny Maglemølle near Næstved in the late 1930s is exemplary.<sup>28</sup> The area was covered by the public supply company Sydøstsjællands Elektricitets Aktieselskab (SEAS), one of the first regional public supply systems on Zealand and early included in the East-Danish power grid, thereby gaining access to cheap electricity from the large Copenhagen public power plant H. C.

Ørstedsværket as well as Swedish water power resources (in 1939, SEAS took all electricity from these two sources). Yet the paper factory chose to erect its own power station, which started regular operation in 1938. Although this 6 MW power station had the size of the municipal public supply station of a middle sized Danish town, it was significantly smaller than regional power systems at the time (20-40 MW) and of course the Copenhagen power plant (160 MW).<sup>29</sup> Likewise, another leading UPF factory, the Dalum paper factory near Odense, erected a new 4 MW power station in the late 1940s despite the proximity of the municipal 27 MW plant in Odense (which in turn was interconnected with the 86 MW regional system plant in Southern Jutland).<sup>30</sup>

Technically, the co-production of heat and power in both these new power stations involved advanced power technology.<sup>31</sup> Steam for heating purposes was not taken directly from the boilers, but could first perform labour in a Brown Boveri two-cylindrical steam turbine (which was connected directly to the electricity generator). The turbogenerator contained several steam outlets: Steam for the main heating purpose of paper drying (other applications were glue boiling and factory heating) was taken from an outlet between the two cylinders, and thus performed labour in the high pressure cylinder before it was led through an underground channel to the paper making department of the factory. The amount of drying steam as well as its temperature could be regulated precisely (the latter was achieved by blowing condensation into the steam). The rest of the steam continued to perform labour in the low pressure cylinder and was led to the condenser, which - characteristically for the large steam outlet - was designed only for a half resp. two-thirds of the power generating capacity of the turbine.

Besides the use of modern steam turbines, the high voltage, alternating current distribution of electricity through the factory and the interconnecting links to the public power grid illustrated that these factory power plants might incorporate advanced technological options. Hence, both factories had 10 kV main feeders for internal electricity distribution, and both had interconnecting links with the public supply undertakings of their region and contracts specifying the terms of cooperation: On one hand, the public supply system was used as a back-up system, and electricity could be purchased on Sundays and holidays, when the factory machinery was turned off. On the other hand, on weekdays surplus electricity could be sold to the public supply company. Such cooperation was maintained while the public supply systems grew: In the case of the Dalum factory, for instance, cooperation with the public supply system started as early as 1917 to support the local public power station Dalum-Hjallese through wartime supply shortages. Through this station, the factory later cooperated with the large Odense municipal supply company, and when the centralisation of electric supply was completed in 1953 with the establishment of a new central public power station for entire Funen, cooperation was continued with the administrating company (I/S

Fynsværket).<sup>32</sup>

This, however, is not to say that autoproducers of electricity only used the technology that was most 'advanced' in standard electrification terminology (that is, AC distribution and connection to the public power grid). For instance, in this context of factory supply economic performance of the power station was important, but secondary to simplicity and low maintenance demands. This reflected that paper production rather than power production was the main concern of the factory, and was e.g. explicitly mentioned as the reason for choosing a more simple boiler preheating construction than technically possible (which large public supply plants might have preferred).<sup>33</sup> Likewise, DC distribution was maintained in parts of the factory, as direct current motors with their superior regulability were preferred at the paper making machines. In UPF's new Copenhagen factory in the early 1930s, for instance, most motors were directly fed by AC from the main feeder; yet the electricity was converted to direct current in the paper making department, and was subsequently fed into a common backbone for all 14 section motors of the paper making machine. Automatic regulators secured the steady output of the converter regardless of variations in voltage or frequency in the feeding AC system, as well as steady power supply under variable load.<sup>34</sup> The case of the paper industry, then, illustrates how autoproduction of electricity could remain economically feasible, and that autoproducers might draw upon the entire spectre of available electricity supply technologies to shape a supply system corresponding to the particular factory requirements.

## **Case 2: Autoproduction vs. public supply in the cement industry**

### **Technical/economic background<sup>35</sup>**

The production of hard-burnt so-called Portland cement, applied as an hydraulic mortar (i.e. hardening in air as well as in water) or mixed with small stones as concrete, was developed in the first half of the 19th century, and introduced in Denmark from the late 1860s. Yet the first Danish cement factories, situated on Zealand, were comparatively small, and did not last beyond the 1880s. Instead the Danish cement industry emerged around two areas at the Limfjorden and Mariager fjords in Northern Jutland, residing over huge chalk deposits for raw material and providing access for deep-draught vessels for transport of the large amounts of hardcoal used and the comparatively heavy and voluminous product, cement. The factories involved were large and few: Denmark had 5 factories by the turn of the century, 3 more were established before the outbreak of the First World War, the number again decreased to 4 in the 40s and 50s and was at 5 by 1960. Also from the beginning of the century, competition was reduced by the establishment of a cartel dominated by Aalborg Portland Cement Factory, Ltd., which operated the

largest Danish cement factory at Rørdal near Aalborg. The cartel gradually evolved to include all but one factory in 1920, and like in the paper industry the co-operation was used to reorganize the industry in times of recession (in the 1930s and in the 1970s); in 1937, the participating firms were formally amalgamated into A/S Aalborg Portland. Competition came only from a cement factory established under the cooperative movement (Dansk Andels Cementfabrik), established in 1913 as a direct response to the cartelisation of the industry, and having a market share of a fifth to a fourth for the period under consideration. Since the 1930s, this meant primarily the home market, and although the exports of Danish cement factories had been considerable until then, they would decrease to insignificance by the 1950s.

How was a modern Danish cement factory from the early 20th century designed physically?<sup>36</sup> Basically, in the production process (1) the raw materials chalk and clay were mixed to obtain optimal chemical properties, (2) burned to clinker and (3) finally ground to powder. But all functions from gathering the raw materials by surface mining techniques to the distribution of cement by trucks and ships fell under the domain of the factory. The factory premises were considerably larger than even the paper factory premises, including for instance chalk and clay quarries, large basins for mixing and grinding the raw materials, various factory buildings and storage silos, extensive intra-factory transport systems and harbour facilities.

In the chalk and clay quarries, the raw materials were dug up largely by hand power and transported to the preparation section of the factory by means of dumping waggons on tracks, normally pulled by horses. In various sections of the preparation department, the raw materials were mixed and ground. This was increasingly achieved by the so-called wet process (which dominated in Denmark for the entire period under consideration): The raw materials were diluted in large basins, and the resulting slurry pumped into tube grinders (hollow, fast revolving cylinders containing flint stones, which ground the slurry). Finally they were mixed in the correct proportions in mixing basins.

In the kiln department, rotary kilns rapidly replaced continuous shaft kilns (which only few decades before had been introduced as an alternative to periodic kilns, which were still in use at some factories) after their first introduction in Aalborg Portland's Rørdal factory in 1899. Rotary kilns were long (well over a hundred metres in the 1930s), nearly horizontal, slowly rotating hollow cylinders, where the raw material entered continuously at the higher end and an incoming jet of air and powdered hardcoal burned at the lower end. From the beginning, Danish rotary kilns were adapted to the wet process: The slurry was pumped from the preparation basin directly into the higher end of the kiln, and on its way down was first dried, then gradually heated (and calcined) and finally sintered at the lower end at temperatures of 1400-1500 degrees Celsius. The resulting clinker (with the size of

a walnut) then passed through a likewise slowly revolving and sloping cooling-cylinder, where it was cooled by an air jet. The clinker was then stored for several days (for improving quality and grindability) and then ground to powder in the cement mill department, which consisted of a set of ball and tube grinders. The product was now available for packing. In addition to these departments, this heat intensive factory would contain a hardcoal grinding department; after storage and drying, hardcoal was ground to powder in ball grinders and injected at the lower end of the kiln together with the preheated air jet from the cooling cylinder.

The cement factory, then, required plenty of power for rotary action. Figure 1a illustrates the main machinery and the mechanical power transmission system based upon power supply from a single central steam engine. The steam engine (K) provided power to respectively the raw material grinders (B), the stirring mechanisms in the slurry basin (C), the hardcoal grinders (E), the kiln rotators (F) and the cement grinders (H). In addition, it powered ventilators, transport machines and pumps. Together, these machines had a very large power consumption and placed cement factories among the most power intensive factories in Danish industry, as their average power consumption even surpassed that of ship yards, cotton mills and paper factories.<sup>37</sup>

During the period up to the 1960s under consideration here, the basic layout of the production process remained fairly constant, although the machinery was constantly improved; in case of Aalborg Portland's factories, technological development from the very beginning occurred in close cooperation with the Danish cement machine manufacturer F. L. Smidth & Co (which had direct interests in Aalborg Portland) and included for instance larger and more efficient grinders and kilns.<sup>38</sup>

### **Electrification of the cement industry**

The 1886 survey of electricity supply systems in Denmark included the Cimbria cement factory, the oldest cement factory on Jutland, which illustrates the role of electric lighting in the cement factory: Electricity was produced on a 6 kW dynamo, which was powered by the main steam engine of the factory and supplied some forty incandescent lamps for indoor lighting as well as the outside of the engine house and the kilns. Furthermore, it supplied three bright arc lights at the slurry basin, the harbour and the chalk quarry. This enabled the factory to operate during the night; bright electric lighting of the chalk quarry, for instance, enabled the workers to continue in shifts throughout the night and supply the large chalk demand of the factory. The lesser nightly demand of clay, by contrast, was stocked during the day.<sup>39</sup>

Yet, like in the paper industry, it was the application of electric power that made the cement industry particularly electricity intensive during the first decades of the 20th century. What, then, were the advantages of electric drive in such a factory?

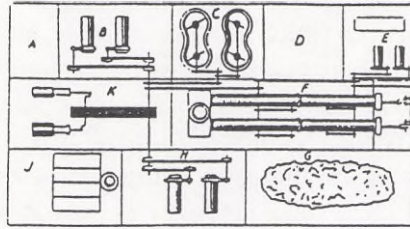


Figure 1a: Mechanical drive. A= Initial crushing; B= Tube grinders; C= Stirring mechanisms for the slurry; D= Hardcoal storage; E= Hardcoal grinders; F= Rotary kilns; G= Clinker hall; H= Cement grinders; J= Steam boiler; K= Central steam engine.

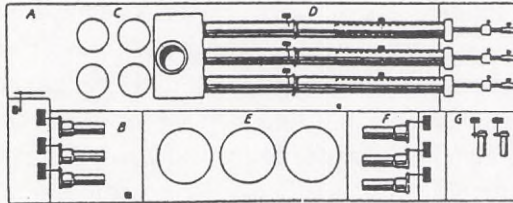


Figure 1b: Individual electric drive (excl. power station). A= Initial crushing; B= Tube grinders; C= Slurry storage; D= Rotary kilns; E= Clinker silos; F= Cement grinders; G= Hardcoal grinders; ■= Electromotor.

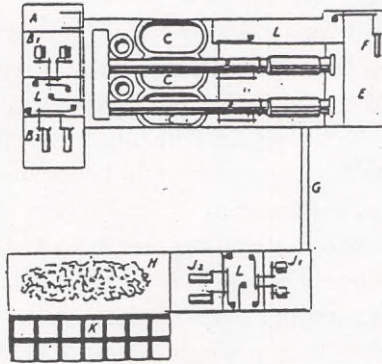


Figure 1c: Group electric drive (excl. power station). A= Initial crushing; B= Tube grinders; C= Slurry basin; D= Rotary kilns; E= Hardcoal storage; F= Hardcoal grinders clinker silos; G= Cement grinders; H= Clinker transport; I= Clinker hall; J= Cement grinders; K= Cement silos; L= Motor rooms; ■= Electromotor.

Figures 1a, b and c: Basic scheme of a cement factory (wet process) with mechanical drive, with individual electric drive and with group electric drive. Source: "Elektriciteten i Cementfabrikkerne", *Elektroteknisk Tidsskrift* (1913/14), Vol. 18: pp. 93-94.



Again, these advantages were exclaimed in electrotechnical magazines in the early 1910s. Information was to a large extent provided by electrotechnical firms as Siemens-Schuckert and AEG, which had electrified several large cement factories in Germany and recognized the cement industry as a large potential customer, as examples of e.g. electrified German cement factories could illustrate.<sup>40</sup>

Electric drive was, of course, recommended for all machinery.<sup>41</sup> Like in the case of the paper industry, a key argument was that the particular large mechanical transmission systems in these spacious factories caused very large power losses. In small and middle sized factories (up to 300.000 barrels of cement produced annually), the energy losses of mechanical and electric transmission might equal out. But for larger factories electric power transmission would be preferable, as losses in shafts and belts increased faster than electricity losses. The problem could of course be solved by placing different steam engines in the various sections of the factory, but this solution had decisive drawbacks compared to electric drive: On one hand, if the engines were supplied with steam from a common boiler, large heat losses would occur in the pipeline installations. Decentral boilers, on the other hand, would complicate the operation and increase investment costs substantially.

There were other arguments in favour of electric drive, too: For instance, electric power transmission would substantially decrease repair and maintenance costs, which could be rather high for these large mechanical transmission systems. Another important advantage included the labour saving effect of electrification, as electric transport machines could make the factory more automatic. Finally, electric power transmission increased the flexibility of factory design, that is, power requirements would no longer dictate where the machines had to be situated. Up till then, cement factories had been designed according to the power flow and not the production flow: The most power intensive machines, the slurry grinders and the cement grinders (which together consumed no less than two-thirds of the total power requirement of the factory<sup>42</sup>) would be located as close to the central steam engine as possible, as illustrated in figure 1a (very large factories, however, would often install small separate steam engines to provide power to more remote sections of the factory). Electric power transmission, by contrast, made possible individual and group drive and thus a factory design that followed the rationality of the production flow. Some design possibilities are illustrated in the figures 1b and 1c, illustrating cement factory designs with individual drive and group drive respectively. Individual drive had the advantage of optimal control of the individual machines and reduced mechanical transmission to a minimum; yet, it had the disadvantage to group drive that it was not always possible to install the motors in dust-isolated rooms, which made casing of the motors necessary, as cement dust was omnipresent in early 20th century cement factories.

Danish cement factories introduced electric drive immediately after the turn of

the century, and although it was introduced in stages, electric drive dominated already by 1910. Illustrative is the electrification of the 'Danmark' cement factory. Electric drive was first introduced in 1903, extended substantially two years later (when Aalborg Portland bought itself into the enterprise and thereby added a substantial amount of capital), and completed in 1909-10 with the erection of a new electric power station following the conversion to rotary kilns (this was the last cement factory in Denmark to adopt the new kiln technology). This final step "secured a strongly improved power economy in the new factory building."<sup>43</sup> Yet, it was not necessarily the application of electric drive in the factory buildings that triggered the introduction of electric power: In the beginning of a large extension and modernization process between 1907 and 1909, Aalborg Portland's Rørdal factory first introduced electric power supply to modernize the raw material transport between the chalk and clay quarries and the factory. Whereas the dumping waggons previously had been pulled by horses, now electric locomotives (electric locomotives had the advantage over other locomotives that they could be driven by uneducated labourers) took over raw material transport on these 1 resp. 2,5 km. tracks. In the following year, electric drive was also introduced in the actual production process, and a new power plant was erected to supply electric power to new kilns, a new wet-process preparation department, a new hardcoal milling department and of course to the electric traction.<sup>44</sup>

By 1910, all Danish cement industries had electric supply systems, and all but one had introduced electric drive on a massive scale; indeed, the three largest cement factories had an electric power supply that could match the supply systems of larger province towns (the largest factory, Aalborg Portland's Rørdal factory, had a power plant that was larger than the newly erected municipal power plant supplying Aalborg city).<sup>45</sup> However, like in the paper industry, individual drive would become standard only in the following decades. Illustrative is the cooperative cement factory, which had been equipped with electric drive from its establishment in 1913 with a 430 kVA system, and had been expanded since in several stages. Yet only in the first half of the 1920s mechanical power transmission by shafts and belts was dismissed altogether, and individual drive installed throughout the factory. The wiring, which connected the turbogenerators with the motors, stretched 29 km. in total.<sup>46</sup>

### **Autoproduction and public supply in the cement industry**

Although most foreign cement factories produced their own electricity, the editors of *Elektroteknisk Tidsskrift* were pleased to present a German cement factory supplied by a public supply company in the early 1910s. This particular factory was in operation round the clock and had an annual electricity consumption of approx. 10 GWh, which allowed for 'more beneficial conditions' in case of public supply.<sup>47</sup> This option, however, was not chosen by the Danish cement industry.

According to the registers of the Electricity Commission, all eight existing Danish cement factories at the eve of the First World War had autoproduction installations, and maintained them until the early 1930s.<sup>48</sup> Table 2 suggests that this situation had hardly changed by the 1940s and the early 1950s; while electric motors dominated the factory power supply completely, four-fifths or more of the electricity consumption was autoproduced, while an increasing yet minor share of this consumption was purchased from public supply companies. The overall consumption of autoproduced electricity increased at least until 1960, when it reached 83 GWh annually, whereafter it decreased.<sup>49</sup>

*Table 2: Some choices of electrification in Danish cement factories 1940-1952 (Source: Statistics of Production<sup>50</sup>).*

	1940	1946	1951/52
Electric engine power in % of total engine power installed	95%	96%	95%
Consumed autoproduction in % of total electricity consumption	91%	89%	78%
AC generating power in % of total generating power	85%	96%	98%

What made autoproduction attractive in this particular case? Firstly, the issue of co-production of heat and power, which was emphasized as a decisive factor in favour of autoproduction in the paper industry, is worth investigating. In the early 1920s the Technology Commission under the Ministry for Domestic Affairs classified the cement industry as a 'non-combined heat and power producer', and thereby as an industry likely to benefit from public electric power supply.<sup>51</sup> This indicates that the consumption of steam from the boilers for heating purposes was limited. On the other hand, the Commission obviously overlooked the possibility of applying waste heat in the exhaust gasses from the kilns to generate power. Waste heat boiler technology had been (unsuccessfully) pioneered already before the turn of the century, and received 'almost universal attention of cement manufacturers' by 1915, at least in the United States.<sup>52</sup> In Denmark, F.L. Smidth & Co started research on this technology and installed such waste heat boiler systems at several Danish cement factories (among which the large Rørdal factory) shortly after the First World War. In the early 1930s, waste heat boiler technology was still referred to with optimism.<sup>53</sup> By the late 1930s, however, this technology received less attention. It was observed that considerable fuel savings had been obtained, but the waste heat boiler system also had disadvantages: It proved complicated to operate, and the dependence of the boiler on the kilns constrained the steady operation of the power station.<sup>54</sup> In retrospect, other methods of energy conservation had become more important, particularly more power efficient grinder designs and more heat economic kiln designs. Notably, the exhaust gas

temperature in F. L. Smidth kilns had been reduced from approximately 550 degrees Celsius in the late 1910s to 200 degrees in the late 1930s and to the near minimum of 130 degrees (just before condensation effects) in the late 1940s, which obviously decreased the feasibility of waste heat boilers. Waste heat, then, was primarily employed for other applications such as factory heating and drying in the hardcoal department rather than for electricity production.<sup>55</sup>

There were other physical characteristics of cement factories, however, that made autoproduction of electricity attractive. In case of the cooperative cement factory, the factory power plant size and its load factor were identified as crucial factors in favour of autoproduction.<sup>56</sup> Firstly, this factory had a power station significantly larger than the local public supply company, that is, the municipal supply company of Nørresundby (like the cooperative factory situated at the north bank of the Limfjorden): While the latter had an engine power of 0.7 MW in 1925, the cement factory had recently erected a new power station with two 3 MVA turbogenerators (one of which was for back-up). It turned out, however, that the turbogenerators could supply the factory with half load, and sale of the surplus electricity was an attractive option. Secondly, then, the production of surplus electricity turned out so cheap, that the municipality preferred to purchase its electricity from the cement factory and use the municipal plant as a back-up station only. From 1925 the factory supplied the Nørresundby municipality and its surroundings, and by a renewed contract in 1934 the municipality increased its purchases and commenced supply to other towns and their surroundings, which found it beneficial to purchase about half or more of their electricity supply from Nørresundby and hence the cement factory. The steady load of the factory was emphasized as the decisive economic variable: The municipal power plants were judged to exploit in average 15 to 20 % of their engine power, while the cement factory plant supplying both the factory and the public might exploit 40% of its engine power. This was due to the lighting peaks of the public load, which e.g. forced the public power stations to start back-up engines, while the cement factory simply could turn off some of its power intensive grinders and thereby maintain a steady load for the turbogenerators. Thanks to its size and load factor, the cooperative factory then became a major autoproducer of electricity and also an important public supplier. In the 1920s and 1930s the cement factory sold about a fourth to a third of its electricity production; in 1935, sales were 7.3 GWh, while total production was at 18 GWh. This production was not only much larger than the combined production of public power stations in the Vendsyssel supply region (that is, Northern Jutland above the Limfjorden, see Fig. 2); it was also larger than the nearly 15 GWh production of the Aalborg municipal power station at the southern bank of the Limfjorden, that is, the public power station of one of the largest province towns in Denmark, which supplied the Northern Jutland supply region south of the Limfjorden.

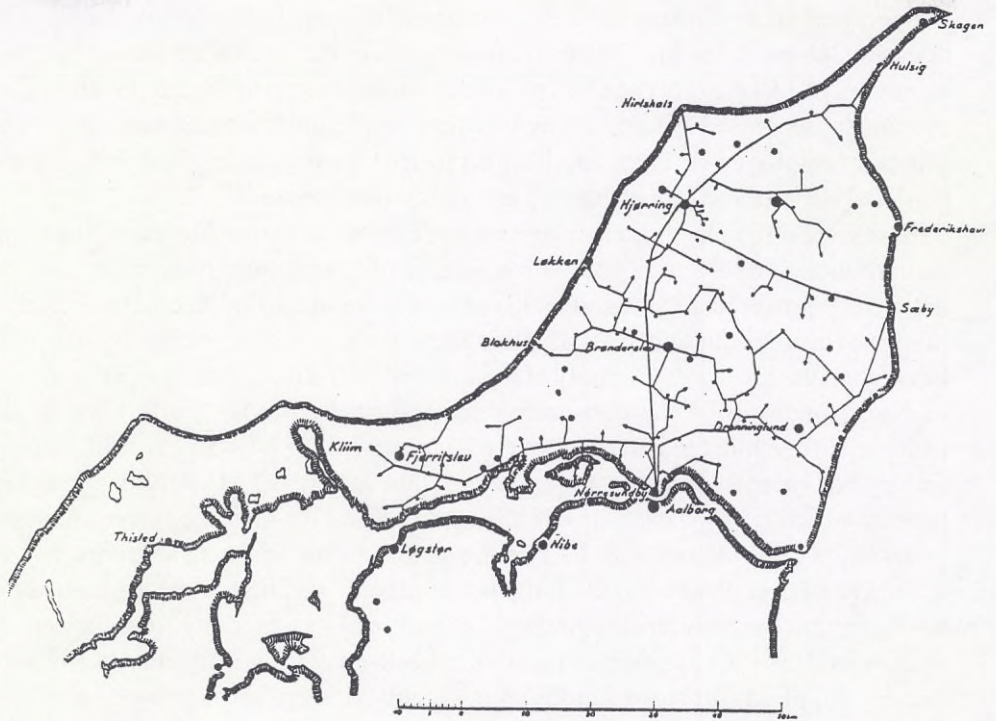


Figure 2: The Vendsyssel electricity supply region (roughly Northern Jutland above the Limfjorden) was largely supplied by surplus electricity from the cooperative cement factory in Nørresundby at the north bank of the Limfjorden. Notably, Aalborg Portland's Rørdal cement factory was situated few kilometres East of Aalborg at the South bank of the Limfjorden, and thus belonged to the Aalborg municipal supply region (which roughly supplied the Northern Jutland region below the Limfjorden). Source: Marius Holst, *Dansk Andels Cementfabrik 1911-1931* (Copenhagen, 1932): p. 81.

In addition to size and load factor, there were other factors favouring auto-production in the cement industry. The maintenance of the autoproduction plant at Aalborg Portland's Rørdal factory on the south bank of the Limfjorden, for instance, was until recently motivated partly by the fact that the power machinery had been written off in the balance sheet, and partly by the co-production of heat and power from the boilers, which had gained in significance, primarily due to the necessary preheating of the low-quality crude oil which was increasingly used for fuel.<sup>57</sup>

Like in the case of the paper industry, then, autoproduction of electricity could remain economically feasible in the period under consideration and beyond with reference to technical advantages such as exploiting the large and steady factory power demand and the co-production of heat and power, first by waste heat utilization and later by more conventional co-production of heat and power. A

further examination of the cases of the cooperative factory and the Rørdal factory after 1960, however, suggests the more complex character of the choice of electricity supply system. During the 1950s the Aalborg municipal supply company had erected and thereafter expanded a new power station, which by 1960 had an engine power of 118 MW and had been integrated in the West Danish power grid. In response, the public supply companies of the Vendsyssel supply region gathered in NEFO (Nordjysk Elektricitets FORsyning) in order to purchase electric power from the large Aalborg plant (until NEFO established its own central power plant in the late 1960s). Relative to this plant, the cement factory power plant had now become a comparatively small power station and rapidly lost importance as a supplier of the public: While it had supplied most of the Vendsyssel region in the late 1940s, in 1960 only the public supply companies of Nørresundby and surroundings purchased approx. half of their electricity from the factory (the other half was purchased from NEFO and hence mainly the Aalborg plant). Under these circumstances, the cooperative factory reevaluated the feasibility of its autoproduction plant in the early 1960s: The relatively high operation and maintenance costs were problematised, and the fact that power production only was a secondary task to cement production was emphasised. Yet the feasibility of the autoproduction plant decisively depended upon the electricity price set by the public supply company; after 'fierce negotiation', NEFO could offer 'favourable conditions' for purchase of electricity by the factory. This tipped the scales in favour of public supply: In 1962 the cooperative factory closed down its power plant and started purchasing its electricity from NEFO.<sup>58</sup>

By contrast, the expansion of the Aalborg municipal power plant did not motivate the Rørdal factory to close down its power plant: The autoproduction plant continued to produce electricity cheaper than electricity purchased from the Aalborg municipal supply company. However, the economic advantage of autoproduction was no longer as self-evident as it had been previously, and did no longer provide incitements for new investment in this 'secondary' activity to cement production. Therefore, the factory maintained its existing autoproduction installation, but also extended its cooperation with the Aalborg municipal supply company to buy an increasing amount of additional electricity to meet the increasing electricity demand of the factory. Also here the public pricing system was a decisive factor, and also here this was clearly revealed when the Rørdal factory finally shut down its power plant in 1992: A new and more beneficial pricing agreement with the Aalborg municipal supply company was mentioned as the immediate cause, which made the maintenance costs of the old power machinery a decisive drawback of the old system and thus tipped the scales to the favour of exclusively public electricity supply of the factory.<sup>59</sup>

This suggests, then, that by 1960 neither autoproduction nor public supply was unambiguously the economically superior technology in the context of the cement

industry. Instead, supposedly peripheral factors proved decisive, such as the pricing strategies of the public supply companies involved. This theme will be further addressed in the case of the flour industry.

### **Case 3: The flour industry and the success of public electricity supply**

#### **Technical/economic background<sup>60</sup>**

The mass production of flour in so-called automatic corn mills had been developed in the United States in the late 18th century, but was first introduced in Denmark in the Copenhagen area in the 1830s, and spread to most province towns during the 1850s and 1860s. By the 1870s, Danish flour factories flourished and constituted a leading industry in technology and exports; yet they were forced to reorganize in the flour crisis of the 1880s and 1890s, when the most important importers of Danish flour (Germany and Sweden) took to protectionist measures to favour their own flour industries. Production was concentrated in approx. forty large factories, and focus shifted from export to urban home markets. This situation remained basically unchanged in the period under consideration here, as the number of flour factories in Denmark remained fairly constant between 35 and 50 factories before 1960.<sup>61</sup> This number also shows that the flour industry was not nearly as concentrated as the paper and cement industries. In absence of firms with virtual or real monopolies, an important factor regulating the industry were the branch interest organisations, although different production conditions limited cooperation to specific fields for many years.<sup>62</sup>

Dependent on transport facilities for raw material and fuel on one hand and large urban markets on the other, flour factories were normally situated in the harbours of larger towns, where they occupied considerably less space than the paper and cement factories did. Physically, flour factories were often multi-stored buildings (5-stored buildings were not uncommon) flanked by similarly high storage buildings or silos. In a modern flour factory of the turn of the century, at least four departments with a typical set of machines could be distinguished. Firstly, the silos for grain storage contained automatic scales of balance weighing the incoming grain as well as cleaning machines for initial cleaning, for instance ventilators removing dust and sand by suction (and later shaking grates removing larger stones etc.). Secondly, the actual cleaning department, often at the top floor of the factory building, contained machines for removing dust (ventilators and brushing machines), seeds and some small stones ('trieurs'), metal pieces (magnets) and a wet cleaning machine removing sponged grains and remaining stones. Thirdly, in the grinding department the roller grinder system had been massively introduced during the reorganisation process caused by the flour crisis. In a single roller stand,

the grain was grinded between two revolving cylinders; The department, then, was made up by a system of differently adjusted roller stands (with decreasing distance between the rollers and different grooving) and bolters alternately, so that the grain was grinded gradually: Flour was extracted after each grinding step, and the remaining particles grinded further. In this way, a high grinding efficiency could be obtained. In the final department, flour mixing machines and packing machines prepared the final product.

In addition to these machines, the entire process of mass-producing flour had from the very beginning depended greatly upon transport machines like elevators and Archimedean screws, which transported the grain and flour from machine to machine and from department to department. This enabled a continuous flow, in which human interference was eliminated as far as possible. Consequently, like the paper and cement industries the flour industry was extremely capital intensive, and also flour factories were in operation continuously day and night (generally with the exception of Sundays and holidays).

Finally, rotary action to all these machines, of which the grinders were most power demanding (consuming approx. three-fifths of the factory power demand<sup>63</sup>) was normally provided by a large, central steam engine of approx. 100 hp. around the turn of the century. From the steam engine in the basement or the engine house, power was transmitted to the different floors of the factory by means of the a vertical main shaft. At each floor, power was taken and by shafts and belts provided to groups of machines with similar power requirements. The factory therefor had a cleaning floor, a sieving floor and a grinding floor. Parallel to the main shaft, finally, belts might transmit power between the floors, for instance from the steam engine to some fast revolving cleaning machines.

### **Slow electrification of the flour industry**

Like in the previous cases of the cement and paper industries, electric lighting was introduced in the flour industry in the 1880s, and its economy, steadiness and fire safety quickly made electric lighting attractive for the modern flour factory.<sup>64</sup> An early example is the new electric lighting installation of the Langebro Steam Mill, a leading flour factory in Copenhagen which was modernized in 1888. The installation, which was praised for its safety and its economy compared to the previous gas lighting system, consisted of a small dynamo attached to main shaft of the factory thus utilizing surplus power from the central steam engine (it consumed merely 6 of the 220 indicated steam engine horsepowers) and some 50 steady lamps in the factory itself, some 20 lamps in offices and for outdoor lighting and sockets where transportable lamps could be plugged in. A back-up system consisting of a small steam engine and a directly connected dynamo was used when the factory machinery was idle.<sup>65</sup>

While electric lighting was no less popular in the 1900s than in the other



industries reviewed, electric drive remained notably absent. Arguments for partial electric drive had already been forwarded by electrotechnical propagators around the turn of the century: At that time, mechanical power transmission was generally considered optimal to supply most machines, but electric power transmission might provide power to particularly transport machines like elevators and conveyor belts, which were often idle and thus could be shut of in case of individual (electric) drive.<sup>66</sup> Yet, the 1906 industrial census noted no electric motors in the flour industry at all and the 1914 census only a few. In addition, the registered autoproduction installations (some of which the censuses might have missed) in 1910 remained typically very small with very few exceptions. Of these, the largest electricity producer (Munke Mølle in Odense) only reported that electricity was used for lighting, while two others (factories in Vejle and Esbjerg) did use electric drive on a very limited scale only: Although electricity was produced by a dynamo powered by the central steam engine of the factory, electric drive was not used in the factory itself but exclusively in the storage buildings.<sup>67</sup>

By the 1910s, the slow introduction of electric drive was reflected by the increasing dissatisfaction in electrotechnical engineering circles with the pace of electrification of the flour industry. Although transport machines and machines outside the main building were occasionally driven electrically, the flour industry was far behind other industries in Denmark to invest in electric drive. For instance, it was complained that “only in exceptional cases electricity has been applied in the flour industry of our country” and that this industry was “perhaps the only occupation, where electricity has not gained wider application.” Examples of electrification of some of Germany’s, England’s and Sweden’s leading flour factories were used to illustrate this Danish ‘backwardness.’<sup>68</sup>

Furthermore, flour factory entrepreneurs and technicians were blamed for holding on to the idea that electric drive was too expensive in their industry, a view which according to the propagators of electrification was based upon short sightedness. For flour factory entrepreneurs were in the habit of assessing power supply options plainly as the power costs per installed horsepower per hour. The propagators of electrification, however, argued that *indirect* savings made all-electric drive feasible, even though the total amount of motor horsepowers would increase.<sup>69</sup> These indirect advantages not only included the possibility of individual drive to turn off idle horsepowers. Firstly, factory entrepreneurs should be reminded of the fact that the very design of the production process followed the necessities of power distribution rather than of the production flow, while individual electric drive enabled to place machines, where they fit best according to the production process. Secondly, electric motors produced more steady power than other engine types, which for flour factories was particular important in the aspirators (ventilation machines) in the cleaning department, where the speed of the air stream separating dust from grain was crucial. Thirdly, this steady drive would

facilitate more steady grinding and sieving and therefore a higher productivity as well as a better product. Finally, electric drive enabled the measuring of power losses; often, roller stands would be in need for re-grooving and cause major power losses without being identified. In an electric power transmission system, however, an installed ammeter would immediately indicate the increased power consumption of such a roller stand and facilitate immediate action.

Few years after, all-electric drive was indeed introduced in the Danish flour industry. Among the first electrified Danish flour factories in the mid 1910s were the 'Olympia' factory in Randers and a new factory in Svinninge.<sup>70</sup> The preference of group drive over individual drive at this time is illustrated by the electric power installation of the Svinninge factory: In the silo, a 10 hp. electric motor powered the transport machines and an aspirator. In the cleaning department at the third and top floor of the main building, a 15 hp. motor powered another aspirator, a trieur, an electromagnet, a brushing belt and a roller stand for initial crushing. At the grinding department, a 40 hp. motor powered the midget grinders (multiple grinding and sieving machines), a smooth roller stand and another aspirator. Finally, the packing department used a 5 hp. engine for the flour mixing machine.

But although all-electric drive thus was introduced in the Danish flour industry, the transition from mechanical to electric drive was by no means completed by the 1920s. Many flour factories continued for decades to apply electricity for lighting only and incidentally for partial electric drive, while the main machinery remained powered by the central steam or diesel engine. Extreme examples are the flour factories in Nykøbing Falster and in Horsens, which both had electric lighting by 1910, but did not introduce all-electric drive until after the Second World War.<sup>71</sup>

This comparatively slow transformation process, then, reflected serious drawbacks of all-electric drive from the point of view of factory entrepreneurs. They were not only annoyed by the propagating attitudes of electrotechnical engineers, but particularly rejected the advantages of group or individual drive. Different from most industries, they regarded the full-automatic flour factory as one large machine. This implied, firstly, that nearly all machines were in operation continuously, which rendered the acclaimed economic profits of group or individual drive minimal. And secondly, this implied that a breakdown anywhere in the factory might necessitate a complete factory stop. As continuous operation was the main economic factor in the flour factory, there was no point in introducing a large number of new potential breakdown sources in the form of electric motors all around the factory, where they would often be surrounded by dust and hard to get to for maintenance and repairs. In this line of thought, central line drive minimised the breakdown risk, and for central line drive the advantages of electric motors over steam and diesel engines were minimal.<sup>72</sup>

### All-electric drive and the transition from autoproduction to purchase of electricity

According to the registers of the Electricity Commission, in the early 1910s autoproduction of electricity in the flour industry did not dominate as it did in the paper and cement industries: More than half of the flour factories either purchased electricity or did not use electricity at all. On the other hand, the autoproduction system still was an important supply system, and many flour factories of even larger province towns and Copenhagen preferred autoproduction of electricity to public supply.<sup>73</sup> Between 1915 and the beginning of the Second World War, however, most of these autoproducing flour factories replaced their autoproduction installations with public supply. The remaining autoproducers opted largely for public supply after the war or in the early 1950s. The choices of electrification in the Danish flour industry by the 1940s are illustrated in table 3.

*Table 3: Some choices of electrification in Danish flour factories 1940-1952 (Source: Statistics of Production<sup>74</sup>)*

	1940	1946	1951/52
Electric engine power in % of total engine power installed	70%	75%	88%
Consumed autoproduction in % of total electricity consumption	7%	6%	1%
AC generating power in % of total generating power	8%	37%	43%

By 1940, then, electric motors already were the most important power source for machine drive (but they did not yet dominate as in the paper and cement industries), and their share of the total machine drive increased in the following decade. Simultaneously, the importance of autoproduction relative to public supply decreased rapidly, and in the early 1950s no less than 99% of the consumed electricity in the Danish flour industry was purchased. Finally, the increasing relative importance of AC generators in autoproduction is due to the fact that the most technically advanced flour factories were the last to give up autoproduction.

What caused this gradual but nearly complete transition from autoproduction of electricity to purchase of electricity from public supply companies? The table suggests that the introduction of all-electric drive in the flour industry and the decreasing importance of autoproduction of electricity might be correlated. Specific cases confirm this assumption. For instance, already the first Danish flour factories to adopt all-electric drive in the mid 1910s were supplied by public supply companies. The Svinninge factory thus obtained electricity from Nordvestsjælland's Højspændings Elektricitetsværk, an early regional supply company supplying North-Western Zealand and whose power plant was situated nearby. Likewise, the 'Olympia' factory in Randers (Jutland) obtained power from the

municipal supply company.<sup>75</sup> A typical later example is the flour factory at Slagelse, which had installed a 2 kW autoproduction system for electric lighting in 1903. In the 1930s electric lighting still was the only application of electricity in the factory, although it had been connected to the municipal power station, probably for back-up in case the main steam engine was shut off. But when electric drive was installed in 1940, the autoproduction installation was disposed of, and replaced by a 300 kVA transformer station in order to take electric power from the municipal supply system.<sup>76</sup>

In fact, this connection between the introduction of all-electric drive and the transition from autoproduction to purchase of electricity had already been stated in the early agitation for all-electric drive in the flour industry. In electrotechnical engineering circles, electrification of the flour industry was seen as a possibility to combine the diffusion of electric drive in the industrial sector with the growth of the public electricity supply system. On one hand, flour factories were particularly attractive customers for the rapidly expanding electricity supply companies; they had an extremely steady power consumption day and night, 6 or 7 days a week, which might greatly improve the load factor of the supply company. On the other hand, exactly because flour factories were a desired customer, in theory utilities might offer electricity at particularly low tariffs to attract this particular group as customers. These low tariffs, in turn, should make all-electric drive economically feasible for the flour factory. Therefore, already in 1910 the attitude of electrotechnicians was that "the question of electric drive in flour factories is relevant, only if electricity is purchased from a public supply plant." Under such circumstances, even the largest flour factories might be electrified with purchased power, as the examples of foreign flour factories illustrated.<sup>77</sup> It is also in the light of this double concern for the diffusion of electricity in society, that the irritation of the electrotechnicians about the slow electrification of the flour industry must be understood.

Supply from a public supply company, however, might pose some new problems for flour factories willing to electrify. For instance, in the 1910s there was a very realistic concern for blackouts in public supply systems using high voltage transmission, which per definition were beyond the control of the factory and for which public supply companies were unwilling to accept responsibility. Reliance upon such power suppliers, then, was incidentally depicted as "an evil, which is accepted as a matter of course in our modern times of centralisation."<sup>78</sup> Furthermore, in theory flour factories could autoproduce electricity at comparatively low cost: Their steady power consumption and hence high load factor did not only make them ideal public supply customers, but also ideal autoproducers. Finally, although the application of steam for heating cannot be compared with that of paper factories, flour factories did require some heating for drying the grain, for the conditioner (a new machine for exactly regulating the moisture content of the

raw material) and factory heating. The importance of heating steam is illustrated by the flour factory in Nykøbing Falster, which maintained its steam boiler for heating purposes even after the steam engine had been replaced by a transformer station.<sup>79</sup>

### **Pricing policies and the success of the public supply system**

Even this case of a nearly complete transition to public supply, then, is not necessarily best understood in terms of the unambiguous technical-economical superiority of public supply systems. Rather, the economic feasibility of purchased relative to autoproduced electricity depended upon a number of factors, which made the pricing policies of public supply companies decisive. Pricing as a general strategy to lure potential autoproducers into the public supply system was already identified and practised by leading regional supply companies in the early 1910s, arguing for differentiated tariff systems to favour large customers or - better - for individual negotiation with the specific consumer involved: The optimal electricity price should take into account the particular factory features as well as the supply system features, and be determined so as to benefit both parties.<sup>80</sup> Indeed, the first all-electric flour factories at Svinninge and Randers took the benefit from such pricing policies of the public supply companies concerned: The former had a special arrangement with The North-West Zealand regional supply company, which delivered electricity "on terms extremely favourable for the factory." The latter benefitted from a differentiated pricing system favouring large consumers.<sup>81</sup>

The importance of pricing policies and thereby the constructed character of the success of public supply in the flour industry was perhaps most clearly revealed in and immediately after the Second World War. In this period of increased electricity rates, representatives of the flour industry problematised the pricing methods of particularly municipal supply companies. Whereas progressive public supply companies long ago had recognized the need to attract large electricity consumers by means of individual pricing, municipal supply companies often continued one-sidedly to determine electric power prices at the general level of the supply company budget. Even worse in the view of the industry, the profit margin on electricity sales was unreasonably large, as often electricity supply was used to balance the municipal budget. The industry fiercely criticised this 'exploitation' of the municipal supply 'monopoly' (which often existed in practice), which was depicted as indirect taxation of the industrial sector.

Obviously, the problem was particularly pressing for the flour industry, for which electricity purchases constituted a major expense (in 1945 electricity purchase might constitute up to 20% of production expenses). As a consequence, while 30 years earlier electrotechnical engineers had pointed at the attraction of flour factories as customers of public supply companies, now flour factory representatives themselves pointed out this attraction in the language of electrical engineers -

emphasizing their high load factor, extremely large operation time (possibly 5600 hours annually) and high power factor (0.9). Furthermore, they threatened that these characteristics did not only make flour factories attractive customers for public supply companies, but also the kind of consumers, which "would not hesitate to erect autoproduction installations, in case public supply companies cannot or do not want to recognize the value of flour factory customers by offering favourable electricity prices."<sup>82</sup>

An example of a factory which took this consequence was Munke Mølle in Odense, one of the very largest flour factories in Denmark. This factory had erected an autoproduction installation for lighting on its new premises in 1905, but had preferred to buy its electricity from the Odense municipal supply company by the early 1930s. During the Second World War, however, the factory problematised the relatively high electric power prices of the Odense municipal supply company, which was clearly exposed in a comparison of electricity rates across the country published by the Society for Danish Trademills. It showed that Munke Mølle was one of the most electricity intensive flour factories with an annual electricity consumption of 1.5 GWh, but still paid a significantly higher kWh price than much smaller factories elsewhere in the country.<sup>83</sup> The factory now urged a "more fair pricing policy" from the Odense municipal supply company, but although the supply company was willing to negotiate, it did at the time not meet the demand set by the flour factory: The electricity price should not exceed the costs for which the factory could autoproduce its electricity.<sup>84</sup> From 1946, therefore, the factory operated a new autoproduction installation, and the link to the public supply system became a back-up only. With reference to the pricing policy of the public supply company, then, a relatively small 0.3 MW autoproduction plant was judged more economical than supply from the nearly 30 MW Odense public power plant.<sup>85</sup>

In 1949, however, the public supply situation changed with the establishment of a supply company for the entire Funen region, the I/S Fynsværket, in which among others the Odense municipal supply company participated. This company would soon erect a new 82 MW power station, and could probably offer more advantageous electricity rates to the flour factory: In 1950 the Munke Mølle factory shut down its power plant and expressed the intention only to purchase electricity in the future.<sup>86</sup>

## Conclusion

The cases of the paper, cement and flour industries have been used to place an often heard asymmetrical conception of the history of electricity supply systems in perspective. This conception presupposes an ahistorical economic and

technological superiority of public supply systems relative to autoproduction systems. However, it has been shown that actors attributed a technical-economical rationality to the autoproduction system in the paper and cement industries for largely the entire period up to 1960, even though the public supply system by then had expanded for some seven decades and had been centralized. Conversely, it has been demonstrated that despite the apparent technical-economical rationality of public supply in the flour industry (and later in the cement industry), even here the success of public supply was not a matter of course, but involved the decisive social innovation of pricing policy, which opposed the conventional public supply company practice of determining electric power prices at an overall level based upon the overall production costs. The point of these observations is not, of course, to question the rationality of a centralized public supply system. It is to assert, firstly, that it is fruitful to study the history of electricity supply systems (like other authors have illustrated for other technologies) not as a rational series of subsequent, better technologies, but in a spectre of co-existing technologies. And secondly, that the success and failure of either system was not determined in a narrow technical-economical framework, but involved negotiation and agreement between social actors in a specific social and technological context. In this interpretation, autoproduction of electricity proved to be a dynamic sociotechnical supply system also in the age of public electricity supply.

## Notes

<sup>1</sup> For the history of public electricity supply in Denmark see primarily Birgitte Wistoft et.al., *Elektricitetens Aarhundrede. Dansk Elforsynings Historie Vols. I and II* (Copenhagen: D.E.F., 1991-1992).

<sup>2</sup> The patterns of electrification of the Nordic countries are compared in Arne Kaijser, "Controlling the Grid. The Development of High-Tension Power Lines in the Nordic Countries" in Arne Kaijser & Marika Hedkin (eds.), *Nordic Energy Systems. Historical Perspectives and Current Issues* (Canton, MA: Science History Publications, 1995): pp. 31-54. For a comparative survey of the electrification of industry in the Nordic countries, which briefly touches upon the issue of autoproduction, see Timo Myllyntaus, "Kilowatts at Work. Electricity and Industrial Transformation in the Nordic Countries", *Ibid.* pp. 101-128.

<sup>3</sup> The importance of this view in the historiography of Danish electricity supply is postulated in Erik van der Vleuten, *Betragtninger over den danske elforsynings udvikling. Ph. D. Progress Report* (Århus: History of Science Dep., 1995).

<sup>4</sup> V. Faaborg-Andersen, "Elektrificeringen", in Svend Dahl (ed.), *Danmarks Kultur ved Aar 1940. Vol. 4* (Copenhagen: Det danske Forlag, 1942): pp. 38-58. To my knowledge, the only account describing both autoproduction and public supply over a longer period of time is Steen Böcher's social-geographical account of the electrification of Denmark (after the example of Philip Hjulström in Sweden). Yet, also here an element of teleology is added. Steen R. Böcher, "Danmarks Elektrificering", *Geografisk Tidsskrift* (1945-46), Vol. 47: p. 1-42.

<sup>5</sup> V. Faaborg-Andersen, "Industriens Kraftforsyning gennem Tiderne" in Eugen Wolfson (ed.), *Danmarks industrielle Udvikling* (Copenhagen: Jul. Gjellerups Forlag, 1943): pp. 23-51 on p. 51.

<sup>6</sup> Wiebe E. Bijker, *Of Bicycles, Bakelites, and Bulbs. Toward a Theory of Sociotechnical Change* (Cambridge, MA.: The MIT Press, 1995): pp. 14-15 and 270.

<sup>7</sup> Already in 1911 Helge Holst predicted the disappearance of autoproduction of electricity due to the introduction of high voltage transmission. Helge Holst, *Elektriciteten. De elektriske Kræfters Frembringelse og Anvendelse i Menneskets Tjeneste. Vol. II* (Copenhagen: Gyldendalske Boghandel/Nordisk Forlag, 1911): p. 43.

<sup>8</sup> M.B. Mogensen, "De private elektricitetsværker og rationaliseringen", *Ingeniøren* Vol. 51 (1942): p. A113-116. A survey of technological options for autoproducing systems is M.B. Mogensen, "Nogle retningslinier for udførselen af elektriske stærkstrømsanlæg i store industrielle virksomheder", *Ingeniøren* Vol. 51 (1942): pp. E4-E11.

<sup>9</sup> N.C. Hansen, "Elektriske Lysanlæg udførte her i Landet", *Industriforeningens Tidsskrift* (1886), Vol. 2: pp. 322-35 and 355-360. To this must be added electric lighting systems installed by foreign companies, such as the system installed at Burmeister & Wain by Société Générale d'Electricité in 1879. Jørgen Rode (ed.), *Københavns Elektricitetsværker 1892-1942* (Copenhagen: 1942): p. 19.

<sup>10</sup> *Elektricitetskommissionen-Elektricitetsrådet 1907-1957* (Copenhagen: 1957): p. 38.

<sup>11</sup> Danmarks Statistik, "Elektricitetsværker i Danmark 1931/32", *Statistiske Meddelelser (S.M.)* 4, 93, 5: p.76; "Elektricitetsværkerne 1950/51", *S.M.* 4, 149, 2: p. 17; *Dansk Elværksstatistik 1960/61*: p. 48; *Dansk Elværksstatistik 1965/66*: p. 49. From 1923 to 1930 the smallest autoproducers were not included in the survey.

<sup>12</sup> The autoproduction of electricity accelerated in the late 1980s and early 1990s. In 1993, industrial autoproducers produced 548 GWh, while autoproduction installations based upon renewable energy sources (with primary production for own consumption) produced another



60 GWh. *Elforsyningen. Ti-års statistik. Status og Tendenser 1984-1993* (Danske Elværkers Forening, 1994): table 14A.

<sup>13</sup> Sources: (1) 1924/25-1938/39: Electric power plant statistics in resp. *Statistiske Meddelelser* 4, 72,5; *S.M.* 4, 74, 5; *S.M.* 4, 76, 4; *S.M.* 4, 79, 6; *S.M.* 4, 81, 3; *S.M.* 4, 85, 1; *S.M.* 4, 88, 1; *S.M.* 4, 90, 4; *S.M.* 4, 93, 5; *S.M.* 4, 95, 3; *S.M.* 4, 97, 5; *S.M.* 4, 98, 4; *S.M.* 4, 104, 2; *S.M.* 4, 107, 2; *S.M.* 4, 109, 2; *S.M.* 4, 112, 2. (2) 1939/40-1955/56: *Dansk Elværksstatistik 1955/56*: p. 50. (3) 1956/57-1960/61: *Dansk Elværksstatistik 1975/76*: p. 29.

In the 1920s and part of the 1930s, the selection criterion for inclusion in the statistics was an engine power larger than 100 kW. Later, the criterion was supervision by the Factory Inspectorate or an engine power larger than 50 kW. An indication of the representivity of these larger installations for the autoproduction of electricity in Denmark is that in 1960 only 176 of the approx. 2000 autoproducers were larger than 50 kW, but these accounted for 83% of the autoproducers' engine power. *Dansk Elværksstatistik 1960/1961*: p. 48.

<sup>14</sup> Per Boje, "Thomas B. Thrige økonomiske virksomhed 1894-1938" in Tage Kaarsted & Per Boje, *Thomas B. Thrige. Primus motor. Fra el-industriens barndom* (Odense: 1983): pp. 53-56 and 67.

<sup>15</sup> In 1933 the installed autoproduction capacity was 98 MW, excl. installations smaller than 30 kW. In 1960, autoproducers produced 393 GWh, excl. autoproducers not under the Factory Inspectorate and smaller than 50 kW. "Elektricitetsværker i Danmark 1933/34", *S.M.* 4, 97, 5: pp.80-81 and *Dansk Elværksstatistik 1960/1961*: pp. 50-51.

<sup>16</sup> "Industriell Produktionsstatistik 1951", *S.M.* 4, 152, 1: Table VI.

<sup>17</sup> See primarily Keld Dalsgaard Larsen, *Dansk papirindustri 1829-1994. Overblik og indblik* (Silkeborg: Silkeborg Museum, 1994). See also Hans Chr. Johansen, *Industriens vækst og vilkår 1870-1973. Dansk industri efter 1870 Vol. I* (Odense: Odense Universitetsforlag, 1988): pp. 72-75, 114-115, 168-170, 235-236 and 300-301; Andreas Jørgensen, "Dansk papirindustri 1870-1914. En oversigt", *Erhvervshistorisk Årbog* (1964), Vol. 15: pp. 46-72; *Den danske Papirindustri. De forenede Papirfabrikkers 25 aars Jubileum* (Copenhagen: Nielsen & Lydiche, 1914). Good descriptions of machinery are Eric Haylock, "Paper" in Trevor I. Williams, *A History Of Technology. Vol. VI. The Twentieth Century. Part I* (Oxford: Clarendon Press, 1978): pp. 607-621 and Helge Holst, *Opfindelsernes Bog. Vol. III* (Copenhagen: Gyldendalske Boghandel/Nordisk Forlag, 1925), pp. 388-402.

<sup>18</sup> "Registre over anmeldelser 1908-33", *Rigsarkivet* [National Archives], Elektricitetsrådet (archive nr. 1404): B 149, 150 and 151 (covering the periods 1907-1915, 1916-1922 and 1923-1933 respectively).

<sup>19</sup> Hansen, "Elektriske Lysanlæg udførte her i Landet...", p. 359.

<sup>20</sup> E.g. "Udnyttelse af Vandkraft til elektrisk Drivkraft", *Nordisk Papir-Tidende* (1895), Vol. 1: p. 35; *Nordisk Papir Tidende* (1898), Vol. 4: p. 42.

<sup>21</sup> "Elektrisk Drift i Papirfabrikker", *Elektroteknisk Tidsskrift* (1911/12), Vol. 16: pp. 12-13 and 23-25.

<sup>22</sup> Other advantages of individual electric drive included substantially improved lighting conditions and worker safety (partly because the potentially dangerous belts were disposed off, partly because the machine could be turned off instantly by pressing a button placed anywhere in the factory in case of accidents). C. Stau Andersen, "Elektrisk Drift af Træmasse- og Papirfabrikker", *Elektroteknisk Tidsskrift* (1928), Vol. 24: pp. 71-72 and 75-76. For a general comparison of line, group and individual drive see Warren D. Devine, "From Shafts to Wires: Historical Perspective on Electrification", *Journal of Economic History* (1983), Vol. 43: pp. 347-372.

<sup>23</sup> “‘Der Papierfabrikant’ om Ravnholm Papirfabrik”, *Dansk Papir Tidende* (1907/1908), Vol. 3: nr. 5.

<sup>24</sup> In other paper factories with partial electric drive, the factory workshop might use electric power while the paper making department still used mechanical power transmission. E.g. “Elektrisk Drift i Papirfabrikker..”, p. 12.

<sup>25</sup> O. Røs-Petersen, “Elektrisk Drift i Papirmaskiner”, *Ingeniøren* (1934), Vol. 43: pp. II 29-31.

<sup>26</sup> Remarks: (1) For 1940 and 1951/52, the sample included 12 and 13 paper factories respectively; (2) In the calculation of the relative importance of electric power, primary power used exclusively for electricity generation is excluded, while primary power used both for direct machine drive and for electricity generation is included as non-electric machine power. Therefore, the importance of electric drive is underestimated. Sources: “Produktionsstatistik 1940”, *S.M.* 4, 114, 3: Tables III, IV and V; “Industriell produktionsstatistik 1951”, *S.M.* 4, 152, 1: Table VI; and “Industriell produktionsstatistik 1952”, *S.M.* 4, 155, 3: Tables VII and VIII.

<sup>27</sup> According to M.B. Mogensen, “Ny Maglemølle Kraftcentral”, *Ingeniøren* (1939), Vol. 48: pp. E41-42 on p. E41.

<sup>28</sup> *Ibid.*

<sup>29</sup> “Elektricitetsværkerne 1939/40”, *Statistiske Meddelelser* 4, 114, 1: Table I.

<sup>30</sup> “Kraftcentralen Dalum Papirfabrik”, *Tidsskrift for Maskinvæsen* (1951), Vol. 61: nr. 1 and “Elektricitetsværkerne 1950/51”, *S.M.* 4, 149, 2: Table 1 and appendix I. See also Jacob Hansen & Knud Mortensen, *Dalum sogns historie, Vol. II, part 2* (Dalum: 1968): pp. 308-309. In spite of ever more efficient public supply systems, paper factories remain major autoproducers today, although a substantial share of purchased electricity may be added. For instance, the largest Danish paper factory, Dalum paper factory, autoproduced 55% of its electricity consumption of 80 GWh in the late 1980s. The maglemølle factory autoproduced ‘a minor share’ of its electricity consumption. *Dansk papir i 100 år. De forenede Papirfabrikker A/S 1889-1989* (Copenhagen: 1989): pp. 135 and 139.

<sup>31</sup> For the following see “Kraftcentralen Dalum Papirfabrik..” and Mogensen, “Ny Maglemølle Kraftcentral..”

<sup>32</sup> *Dansk Elværksstatistik 1965/66* (Copenhagen: 1967): p. 31 [Description of public supply companies].

<sup>33</sup> Mogensen, “Ny Maglemølle Kraftcentral..”, p. E41.

<sup>34</sup> Røs-Petersen, “Elektrisk Drift..”, pp. 29-31.

<sup>35</sup> See primarily Carl-Axel Nilsson & Hans Kryger Larsen, *Forbrug og produktion af industrivarer. Dansk industri efter 1870 Vol 2* (Odense: Odense Universitetsforlag, 1989): pp. 167-188. For histories of the technologies involved see also S.B. Hamilton, “Building Materials and Techniques” in Charles Singer et.al. (ed.), *A History of Technology Vol. V. The Late nineteenth Century c. 1850 to c. 1900* (Oxford: The Clarendon Press, 1958): pp. 466-498 on pp. 483-487 and Helge Holst, *Opfindelsernes Bog Vol. IV* (Copenhagen: Gyldendalske Boghandel/Nordisk Forlag, 1926), pp. 50-58.

<sup>36</sup> For the factory structure see f.eks. “Cementindustrien Før og Nu”, *Cementindustrien* (1917), Vol. 9: pp. 54-57. For a detailed technical layout of the leading Danish cement factory see Povl Drachmann, *Aktieselskabet Aalborg Portland-Cement-Fabrik 1889-1914. Et Festskrift* (Copenhagen: 1915): p. 22 ff. and p. 93 ff.

<sup>37</sup> Danish cement factories employed in average 732 hp. in 1906 and 1414 hp. in 1914. Shipyards employed 633 resp. 733 hp. in average, cotton mills 417 resp. 708 hp. and paper factories 318 resp. 654 hp. Finally, ice factories employed 764 hp. in average in 1914.

*Statistisk Tabelværk* 5, A, 12: Table 29.

<sup>38</sup> Important FLS machinery from the first half of the century included Unidan grinders, which combined ball and tube grinders in one design, and Unax rotary kilns, which combined kiln and cooling cylinders (among other improvements which greatly increased the thermal efficiency of rotary kilns). For a survey in English of technological development in FLS cement machinery during the first half of the 20th century, see Max Jensen, *F.L. Smidth & Co 1882-1957* (Copenhagen: 1957).

<sup>39</sup> Hansen, "Elektriske Lysanlæg udførte her i Landet..", pp. 324-325 and "Elektrisk Belysning paa Cementfabrikken Cimbria ved Hobro", *Den Tekniske Forenings Tidsskrift* (1886-7), Vol. 10: pp. 149-150. Other examples are Povl Drachmann, *Aktieselskabet Portland Cementfabrikken >>Norden<< 1898-1923. Et 25-Aars Tilbageblik* (Copenhagen: 1923): p. 41 and Drachmann, *Aktieselskabet Aalborg Portland...*, pp. 27 (ill.) and 93-95.

<sup>40</sup> E.g. "Elektrisk Drift i en Portlandcementfabrik", *Elektroteknisk Tidsskrift* (1909), Vol. 13: p. 93 and "Elektriciteten i en Cementfabrik", *Elektroteknisk Tidsskrift* (1912/13), Vol. 17: p. 45.

<sup>41</sup> For the following see primarily "Elektriciteten i Cementfabrikkerne", *Elektroteknisk Tidsskrift* (1913/14), Vol. 18: pp. 93-95.

<sup>42</sup> *Ibid.* This situation had not changed in the 1960s, see J. C. Witt, *Portland Cement Technology* (New York: Chemical Publishing Company 1966): p. 101.

<sup>43</sup> Povl Drachmann, *Portland-Cementfabrikken Danmark 1899-1924. Et Historisk Tilbageblik* (Copenhagen): pp. 35-47.

<sup>44</sup> "Elektrisk Materialetransport i Cementfabrikker og Teglværker", *Elektroteknisk Tidsskrift* (1911/12), Vol. 16: pp. 27-28 and 42 on p. 27 and Drachmann, *Aktieselskabet Aalborg Portland...*, pp. 80-81.

<sup>45</sup> The Rørdal factory had 1130 kW engine power installed, the factory 'Danmark' 850 kVA and the factory 'Norden' 562 kW. "Registre over anmeldelser 1908-33..", B 149.

<sup>46</sup> Marius Holst, *Dansk Andels Cementfabrik 1911-1931* (Copenhagen: 1932): pp. 47-50 resp. *Dansk Andels Cementfabrik 1911-1931-1936* (Copenhagen: 1936): p. 36.

<sup>47</sup> "Elektriciteten i en cementfabrik...", p. 45.

<sup>48</sup> "Registre over anmeldelser 1908-33..", B 149, B150 and B151.

<sup>49</sup> After 1951, the statistics of production only reveal figures per group of industry; however, it may be assumed that the cement industry was the only electricity producing industry in the glas, clay and stone industry group (it was so in 1951). "Industriel produktionsstatistik 1960", *S.M.* 1962:5: Table 5.

<sup>50</sup> Remarks: (1) The sample included 5 cement factories in 1940 and 4 factories in resp. 1946 and 1952; (2) Sources: n.26.

<sup>51</sup> "Statistik over Industriens Kraftforbrug", *Elektroteknikerens* (1922), Vol. 18: pp. 111-117 (see also pp. 157-158).

<sup>52</sup> Cit. from R. K. Meade, *Portland Cement* (Easton, Pa.: Chemical Publishing Co. 1930), cited in Witt, *Portland Cement Technology...*, pp. 107-109.

<sup>53</sup> Povl Drachmann, *F.L. Smidth & Co 1922-1932* (Copenhagen: 1932): pp. 36-39.

<sup>54</sup> Einar Rønne, "Moderne Cementfabrikanlæg", *Ingeniøren* (1938), Vol. 47: pp. M33-36 and M41-44 on p. M41.

<sup>55</sup> *Ibid.* and B. R. Jacobsen, "Nogle træk af den nyere udvikling i cementindustrien", *Ingeniøren* (1949), Vol. 58: pp. 27-33.

<sup>56</sup> For the following see primarily Holst, *Dansk Andels Cementfabrik 1911-1931-1936...*, pp. 36-47. For the load factor argument see p. 37.

<sup>57</sup> For information about the power supply of the Rørdal factory, I am indebted to Henning Jensen (A/S Aalborg Portland).

<sup>58</sup> *Dansk Elværksstatistik 1960/61*: pp. 30-31 and *Dansk Elværksstatistik 1965/66*: p. 17-18 [Descriptions of public supply companies]. For arguments for the shift from autoproduction to public supply of the cooperative factory, I am indebted to dir. Jørgen Østerheden and former dir. Ib Fock (DAC).

<sup>59</sup> Contrary to the old system, the new pricing system distinguished between morning, afternoon and evening prices. By the way, although its electricity production ceased, the factory maintained the production of steam (as well as its recently reintroduced waste heat technology) for heating purposes (preheating the oil, factory heating and district heating). For this information I am indebted to Henning Jensen (A/S Aalborg Portland).

<sup>60</sup> For the flour industry in the 19th century see Erik van der Vleuten, "Mel og damp. Om mølleriets modernisering i 1800-tallet", *Erhvervshistorisk Årbog* (1994), Vol.44: pp. 146-194. For the first half of the 20th century, see primarily A. Ranløv, "Danmarks Mølleindustri under skiftende Kaar" and H.H. Paulli, "Moderne Mølleriteknik" in A. Ranløv (ed.), *Korn. Vol. II* (Copenhagen: Alfred Jørgensens Forlag 1943): pp. 84-110 and 111-150 respectively.

<sup>61</sup> Of the industry and business censuses in 1906, 1914, 1925, 1935, 1948 and 1958, only the 1925 business census recorded more flour factories (64). Danmarks Statistik, *Statistisk Tabelværk 5, A, 7*: Table III.A; *Statistisk Tabelværk 5, A, 12*: Table V; *Statistisk Tabelværk 5, A, 18*: Table IV; *Statistisk Tabelværk 5, A, 21*: Table III.B; *Statistisk Tabelværk 5, A, 24*: Table II.B; *Statistisk Tabelværk 1963*: 7: Table 5. Flour factories are defined as flour producers with more than five workers.

<sup>62</sup> Until their fusion in 1929, Danish flour factories were organized for a number of years in two different societies: The *Society of larger Trademills in Denmark* (1915) and the *Society of Danish Trademills* (1922) (which fundamentally disagreed on the issue if Danish flour factories ought to import and sell foreign flour, but cooperated on a number of other issues). Besides, a number of flour factories remained unorganized. *Den Danske Møller. Tidsskrift for Dansk Mølleindustri* (1928), Vol. 1: nr. 1 and *Den Danske Møller* (1929), Vol. 2: nr. 7.

<sup>63</sup> At least in the early 1890s. See J. Baumann, "Forsøg over Kraftforbruget i avtomatiske Valsemøller", *Tidsskrift for Skandinavisk Mølleindustri* (1892/3), Vol. 7: pp. 99, 107-109, 114-115, 122-123 and 131.

<sup>64</sup> F. V. Schiødt, "Elektriciteten i Mølleriets Tjeneste", *Tidsskrift for Skandinavisk Mølleindustri* (1887/88): pp. 18-19, 28-29 and 37-39. Schiødt represented the firm A/S Elektriker. See also W. Haase, "Anvendelse af Elektricitet i Møller", *Tidsskrift for Skandinavisk Mølleindustri* (1890/91): pp.170-171 and (1891/92): p. 171.

<sup>65</sup> "Det elektriske Belysningsanlæg på Dampmøllen ved Langebro", *Tidsskrift for Skandinavisk Mølleindustri* (1887/88): pp. 121-123.

<sup>66</sup> "Elektricitetens Anvendelse i Mølleri I.", *Elektroteknisk Tidsskrift* (1899), Vol. 3: pp. 51-52.

<sup>67</sup> "Registre over Anmeldelser 1908-1933": B149. For the Vejle, Esbjerg and Odense factories see resp. *Illustreret Tidende* (1915-16), Vol. 57: nr. 39; *Rigsarkivet*, Elektricitetsrådet, Journalsager nr. 333/40 (A/S Valsemøllen Esbjerg): "Anmeldelsesskema for et Jævnstrømsanlæg" (1909) and "Anmeldelsesskema for et Jævnstrømsanlæg" (1910); and nr. 629/50 (A/S Munke Mølle, Odense): "Anmeldelsesskema for et Jævnstrømsanlæg" (1909).

<sup>68</sup> Cit. from "Elektricitet og Mølledrift", *Elektroteknisk Tidsskrift* (1911/12), Vol. 16: pp. 127-130 and 138-139 on p. 127. Other examples of electrified flour factories abroad were "To elektrisk drevne møller", *Elektroteknisk Tidsskrift* (1910), Vol. 14: pp.177-179 and 191-192 and "Elektrisk installation i en mølle", *Elektroteknisk Tidsskrift* (1916), Vol. 20: pp. 176-177 and (1917), Vol. 21: pp. 17-18.

- <sup>69</sup> "Elektrisk drift i møller", *Elektroteknisk Tidsskrift* (1915), Vol. 19: pp. 108-110.
- <sup>70</sup> "Den elektriske Valsemølle i Svinninge", *Elektroteknisk Tidsskrift* (1916), Vol. 29: pp. 192-193 and *Møllen. Tidsskrift for Skandinavisk Mølleindustri* (1917), Vol. 32: p. 116.
- <sup>71</sup> Liselotte Mygh, "Dampmøllen i Nykøbing på Falster", *Fabrik og Bolig* (1995): nr. 2, pp. 3-36 on p. 31 and *Rigsarkivet*, Elektricitetsrådet, Journalsager nr. 627/49 (Horsens Dampmølle): Letter from Horsens Dampmølle to Elektricitetsrådet on October 10, 1949.
- <sup>72</sup> Poul I. Jensen, "Elektrisk Kraft i Møller", *Møllen. Tidsskrift for Skandinavisk Mølleindustri* (1923), Vol. 38: pp. 58-59. In addition, an often heard disadvantage of DC motors was (contrary to electric lighting) the danger of fire caused by the sparks from the commutators. "Brandfaren ved Elektricitet. En Demonstration i Koblingstaarnet ved Aastrup Bro", *Møllen. Tidsskrift for Skandinavisk Mølleindustri* (1924), Vol. 38: pp. 193-194.
- <sup>73</sup> Such urban flour factories with autoproduction systems existed in for instance Ålborg, Horsens, Vejle, Esbjerg, Odense, Svendborg, Slagelse, Nykøbing F., Maribo and Copenhagen. "Registre over Anmeldelser..": B149.
- <sup>74</sup> Remarks: (1) The samples included 75, 77 and 59 flourfactories for 1940, 1946 and 1952 respectively, incl. approx. 30 larger bakery-mills; (2) Sources: n. 26.
- <sup>75</sup> "Den elektriske valsemølle i Svinninge...", pp. 192-93 and *Møllen. Tidsskrift for Skandinavisk Mølleindustri*(1917), Vol. 32: p. 116.
- <sup>76</sup> *Rigsarkivet*, Elektricitetsrådet, Journalsager nr. 1292/40 (Slagelse Dampmølle): "Anmeldesskema for et Jævnstrømsanlæg" (1909), "Rapport over et af Ing. Stellfeld Hansen den 6. Januar 1933 foretaget eftersyn af A/S Slagelse Dampmølle Elektricitetsværk" and "Teknisk Anmeldelse af en Transformatorstation" (1940).
- <sup>77</sup> Cit. from "To elektrisk drevne Møller...", p. 177. See also "Elektricitet og Mølle drift..", p. 127 and "Elektrisk Drift i Møller...", p. 108.
- <sup>78</sup> Cit. from Jensen, "Elektrisk Kraft i Møller...", p. 58.
- <sup>79</sup> Mygh, "Dampmøllen i Nykøbing på Falster..", p. 31.
- <sup>80</sup> See e.g. A. R. Angelo, "'Elektrisk Drift af Fabrikker fra Centrale Kraftanlæg", *Elektrotekniker* (1913), Vol. 9: pp. 68-77.
- <sup>81</sup> "Den elektriske valsemølle i Svinninge...", p. 192 and *Møllen. Tidsskrift for Skandinavisk Mølleindustri*(1917), Vol. 32: p. 116.
- <sup>82</sup> Cit. from "Elektricitetspriserne", *Den Danske Møller* (1946), Vol. 19: nr. 7. See also "Elektricitetspriserne", *Den Danske Møller* (1943), Vol. 16: nr. 4 and "Elektricitetspriserne", *Ibid.* nr. 10.
- <sup>83</sup> "Elektricitetspriser og -Tariffer bør reguleres", *Den Danske Møller* (1945), Vol. 18: nr. 7.
- <sup>84</sup> "Odense Elektricitetsværk ændrer sin Prispolitik", *Fyns Venstreblad* (Feb. 28, 1946).
- <sup>85</sup> *Rigsarkivet*, Elektricitetsrådet, Journalsager nr. 629/50 (A/S Munke Mølle, Odense): "Teknisk Anmeldelse af en elektrisk Central, Understation eller Lign." (1946).
- <sup>86</sup> *Ibid.*, 'Letter from Munke Mølle to Elektricitetsrådet on November 10, 1950'.

## Vannmyten om fyrsettingen — en kildekritisk studie

"After being heated, the rock was suddenly cooled by water, which caused it to crack open."

*Webster's New Twentieth Century Dictionary*: "Fire setting" (1978)

Folk som forbinder noe med gruvehistorie, «vet» iallfall én ting: Malmen ble brutt ved å varme opp fjellet med store bål og så *pøse på vann*, hvoretter fjellet sprakk opp og løsnet. Forestillingen blir stadig bekreftet, nylig også i den svenske *Nationalencyklopedin* (med undertittel *Ett uppslagsverk på vetenskaplig grund*) der leseren under *gruvteknik* finner følgende (bd. 8, 1992):

"Tillmakning innebär att berget hettas upp av eld och spricker sönder efter vattenbegjutning."

Encyklopedin gjengir *Agricolas* klassiske tresnitt, og gir det følgende tekst:

"Tillmakning under jord: berget hettades upp med eldbråsar, varefter vatten hålldes på, och berget sprack sönder."

Svenske - og engelske - oppslagsverk er dessverre ikke alene om å nøre opp under myten om påkasting av vann som en del av fyrsettingen ("tillmakning" synes å være et særsvensk uttrykk). Påstanden påtreffes til stadighet, også i faglitteratur, og også i norske arbeider. Likevel finnes det unntak, og for å holde oss i den leksikalske verden, f.eks. i *Aschehoug og Gyldendals Store norske leksikon* (1987):

"På grunn av varmforskjellen nær fyrsetningen ble fjellet sprøtt og kunne lett brytes ut."

Likledes utelates vann i det eldre *Salmonsens Leksikon* (1920, bd. X, s. 297):

"Fyrsætningen, som bestod i, at man antændte et Baal saadan, at Flammen slog imod Fjældvæggen, hvorved Stenen ophedes, udvides og løsnes"

- og i *Brockhaus* leksikon (1882, bd. 2, s. 803 f):

"Die Wirkung des Feuers zerstört bei dieser Methode den Zusammenhang des Gesteins und zerreisst es infolge der Elasticität, welche das Wasser und andere flüchtige Substanzen, die in seinen Spalten enthalten sind, durch die Temperaturzunahme erlangen, und die durch das Feuer abgetrennten Gebirgsteile lassen sich, durch das Feuer mürbe gemacht, nachher ziemlich leicht zerkleinern."

'Vannmyten' avkreftes stort sett av forskere som selv har arbeidet aktivt med spørsmålet om fyrsettingens tekniske utførelse, altså de som skulle ha det beste grunnlag for å uttale seg om spørsmålet, eller folk som har konsultert seriøse forskningsarbeider. Oppfatningen om at det var vanlig - for ikke å si nødvendig - å bruke vann for å få fjellet til å sprekke opp etter fyrsetting er likevel så utbredt at det synes å være tale om en grunnleggende, folkelig forestilling av så stor gjenomslagskraft at den er vanskelig å utrydde.

Fyrsetting har vært anvendt spesielt sent og i stort omfang i Skandinavia, hvor teknikken ble brukt langt utover på 1800-tallet - i Kongsberg til 1890, som det siste kjente tidspunkt i europeiske gruver. Skandinaviske forskere har dermed gode kilder til å belyse spørsmålet, som likevel må drøftes innen rammene av en omfattende europeisk litteratur tilbake til antikken, og med kildekritisk metode.

Denne artikkelen vil ikke forsøke å motbevise at vann noen gang er blitt brukt ved fyrsetting. Det er ikke mulig. Myten består ikke i at vann kan ha vært brukt noen steder, her og der, forsøksvis, for å slukke bål, avkjøle arbeidsstedet eller hjelpe litt på løsbrytingen. Myten om vannbruk ved fyrsetting består i at *det var påpøsing av vann - ikke opphetingen alene* - som fikk fjellet til å sprekke opp og løsne, og at vannbruk således var en nødvendig del av fyrsettingsteknikken. Mitt mål er å argumentere med støtte i kilder og litteratur:

- (1) at bruk av vann *ikke var noen nødvendig del* av teknikken,
- (2) at eventuell bruk av vann under jord tvert imot *kunne medføre flere ulemper enn fordeler*, og
- (3) at det heller *ikke er sannsynlig at bruk av vann har vært vanlig*, iallfall ikke i underjords gruvedrift.

For å underbygge argumentasjonen, har jeg i et større arbeid gjengitt utdrag av nærmere ett hundre kilder.<sup>1</sup> Det er en tung dokumentasjon, men med tyve års erfaring omkring spørsmålet, har jeg måttet erkjenne at det kreves tungt skyts for å rokke ved denne rotfestete myte. - Vi skal først se på hvor gammel fyrsettingen er, og hva forskjellige forfattere gjennom tidene har sagt om spørsmålet.

## Fyrsettingens alder - de eldste kilder

Fyrsetting har vært vanlig fra forhistorisk tid. De tidligste påvisninger er fra yngre steinalder, i Storbritannia, Sydfrankrike og Tyskland for bryting av hard kalkstein i flintgruver.<sup>2</sup> Teknikken er fra bronsealderen kjent fra en rekke steder i Europa, foruten fra Egypt, Tyrkia, India og Amerika.<sup>3</sup> Teknikken er kjent fra antikken, flere steder i Romerriket.<sup>4</sup> I middelalderen og i nyere tid har fyrsetting vært

alminnelig kjent og brukt som en teknikk for bryting av spesielt hardt fjell, og fremtrer i Skandinavia alt fra 1300-tallet i kildene som hovedteknikken ved Stora Kopparberget i Falun.<sup>5</sup> De eldste skriftlige kilder som muligens kan nevne teknikken, finner vi i Det gamle testamentet, nemlig i Jobs bok (28,5) og hos profeten Jeremias (23,29). Disse korte passasjene er vage og beskriver ikke teknikken med sikkerhet, men de nevner iallfall ikke bruk av vann.

## Hannibals eddik - og andre klassiske versjoner

En spesiell variant av vannmyten som har versert i lærde kretser siden antikken, erstatter vannet med *eddik*. Bakgrunnen er beretningen om Hannibals felttog over Alpene, fremstilt hos Livius og andre. På et punkt skal Hannibals hær - som også omfattet elefanter - ha blitt stanset av en bratt klippe. Hannibal lagde en vei gjennom klippen ved å hogge trær over den og tenne på, og deretter helle eddik (*acetum*) på det hete berget.<sup>6</sup> Bruk av eddik går igjen hos flere klassiske forfattere, og har vært en kilde til gjentatt oppmerksomhet og drøfting hos forskere fra renessansen til våre dager. At eddik skulle ha en spesiell virkning fremfor vann, kan synes tvilsomt (professor Moritz Gätzschmann ved Bergakademiet i Freiberg har karakterisert det som en fordom hos de gamle, senere etterplapret av rene filologer ... ).<sup>7</sup> Likevel er det av nyere antikkhistorikere frem satt hypoteser som bygger på en slik antakelse, og som i nær avhengighet av de forskjellige kildeutsagn endog ser for seg en teknisk utvikling av fyrsettingen, ved at det først - etter 300 f.Kr. - ble tatt i bruk vann som slukningsmiddel, som siden - mot slutten av det 2. århundre f.Kr. - ble avløst av eddik.<sup>8</sup> Andre har avvist eddik-troen som en myte.<sup>9</sup>

Kildeverdien av klassikernes eddik-formuleringer er vanskelig å bedømme, og kan ikke være gjenstand for noen inngående drøfting her. Likevel må det være tillatt å ytre en viss skepsis mot å ta kildeutsagn av denne typen bokstavelig. Det kan antas at avstanden mellom den virkelige hendelse og nedskrivningen (og mellom aktørene og nedskriveren) har vært stor nok til at nøyaktigheten av slike detaljer kan betviles. Et interessant poeng er at Polybius, som skrev om Hannibals ferd 100 år før Livius, *ikke* nevner noe om eddik.<sup>10</sup> Eddik-bruk hos flere antikke kilder kan videre bero på gjensidig avhengighet.<sup>11</sup> Endelig: Selv om man velger å tro på eddik-historien, består en vesentlig forskjell mellom Hannibals ferd og gruverdrift i at Hannibals sprengning foregikk under åpen himmel, der dampen fra den angivelige påpøsing ikke representerte noe problem. Vi kan lett forestille oss at et slikt eventuelt påfunn fra Hannibals side (kvittet han seg med sur vin i



bagasjen etter sin lange ferd?) - eventuelt fra Livius' side - har nådd en slik berømmelse at eddikbruk ufortjent er blitt generalisert som vanlig praksis hos forfattere i antikken - og senere.

Plinius kommer i sin *Naturhistorie*, i en passasje som vanligvis er brukt som støtte til eddik-historien, inn på problemene med slik påhelling under jord. Han nevner at bergmennene støter på hardt fjell som de bryter ved ild og eddik, men oftere, siden denne metoden gjør driftene kvelende av hete og røyk, bryter fjellet med knusemaskiner med jern, som veier 150 pund.<sup>12</sup> Uttrykket 'men oftere' innebærer en reservasjon, som i en videre tolkning kan støtte hypotesen om at vann- hhv. eddikbruk ikke var vanlig.

Det finnes også klassiske forfattere som overhodet ikke nevner eddik eller vann. Den greske geograf Agatharchides (2. århundre f.Kr.) er sitert av Diodorus fra Sicilia (ca 40 f.Kr.) med en lengre beskrivelse av gruvedrift på gullmalm i gruver eid av kongen av Egypt i et land 'i utkanten av Egypt, og i området mellom Arabia og Etiopia': 'Det hardeste gullholdige fjellet brenner de først med en het ild, og når de har mørnet det på denne måten, fortsetter de å bryte det for hånd'.<sup>13</sup> Hvis vi ser bort fra de vage formuleringer i Jobs bok og hos Jeremias, kan dette være den eldste skriftlige kilde som beskriver teknikken, noe den gjør på en måte som samsvarer godt med nyere beskrivelser, og som altså ikke nevner vann.

## To renessansekilder: Agricola og Mathesius

Humanisten Georg Agricola, som virket som lege i bergstaden Joachimsthal i Böhmen og ellers var engasjert i bergverksdrift, regnes som grunnlegger av bergvitenskapene gjennom en betydelig faglitterær produksjon. I hovedverket *De re metallica* (1556) går han bl.a. nøye inn på fyrsetting, som ennå var en vanlig brytingsteknikk i mellomeuropeiske gruver. Agricola, som var en fremstående kjenner av de gamle klassikere, viser til eddik-tradisjonen og Hannibal-episoden, uten på noen måte å gi belegg for at bruk av eddik eller vann var vanlig på hans egen tid. Tvert imot utelater Agricola vannbruk i sin beskrivelse av selve prosessen: Bålene brenner til ilden har fortært dem fullstendig. Ildens kraft løser på denne måten for det meste ingen stor del av gangmassen, men bare noen stykker (flak). - Agricola beskriver også hvordan arbeiderne etter at fyren er utbrent, bryter ned løst fjell med jernredskaper.<sup>14</sup>

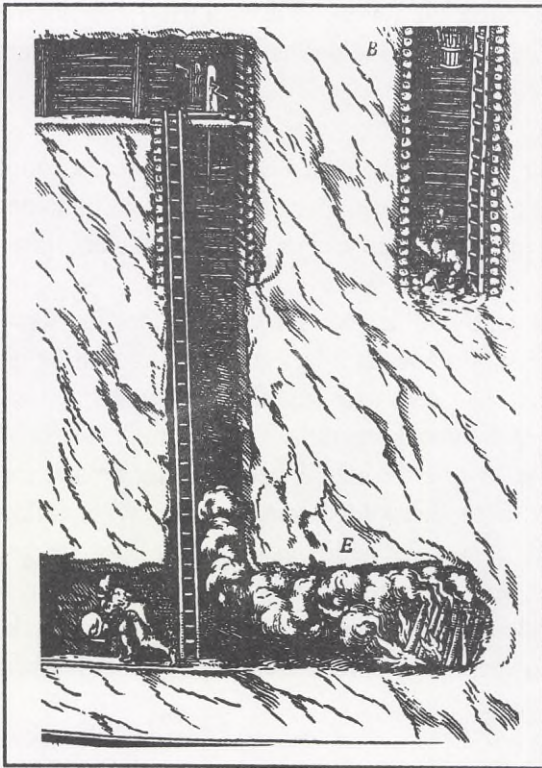
Kort tid etter, i 1559, holdt bergmannspresten Johann Mathesius i Joachimsthal en preken hvor han kom inn på fyrsetting, med bakgrunn i Job og Jeremias, og med henvisning til Hannibals sprengning med ild og eddik. Mathesius viser til



## Fyrsetting i tyske bergverksbøker

Over: Fra Georgius Agricola: *De re metallica* (1556). Øverst flises det opp "barter" til oppnøringen.

Til venstre: Fra Georg Engelhard von Löhneys: *Bericht von Bergwercken* (1690, 1. utg. 1617).



at menighetens bergmenn pleier å bruke fyrsetting til å bryte fast fjell, og beskriver kort hvordan de reiser bålet, tenner det, og banker av steinskallene når røyken er trukket bort. Så kommer det, åpenbart som en kommentar til Hannibalhistorien: 'Men at man skulle avkjøle det hete fjell, vil ikke våre dagers bergforstandige tilrå, da fjellet derved kjøles av og blir friskere.'<sup>15</sup> Dette er et av de viktigste kjente kildeutsagn, siden Mathesius er en av de få forfattere med antatt sakkunnskap som har kommet inn på fyrsetting, som tar spørsmålet om vann virkelig blir brukt opp til drøfting. Allerede i 1562 ble det altså publisert en bok som klart avviste at bruk av vann til fyrsetting var vanlig!

## Rössler på 1600-tallet: Forsøk med vann

Etter Agricola, var den neste betydelige bergfaglige forfatter Balthasar Rössler (d. 1673), som hadde erfaring fra ledelse av bergverksdrift i Erzgebirge, til sist som bergmester i Sachsen. På Rösslers tid ble *kruttsprengning* innført som brytings-teknikk, og skulle i stor grad utkonkurrere fyrsetting, ihvertfall i Mellomeuropa, der det ikke var så rikelig tilgang på ved som i Skandinavia. Ved enkelte europeiske bergverk, særlig på harde massive *Stockwerk*-forekomster som Rammelsberg og tinngruvene i Erzgebirge, ble fyrsetting likevel lenge beholdt, og Rössler beskriver i sin bok *Speculum metallurgiae politissimum* (utgitt posthumt 1700) særlig inngående teknikken ved slike *Stockwerk*, som han kjente godt fra tinngruvene i Altenberg i Sachsen, og avslutter slik:<sup>16</sup>

Om man på et sted som ikke er helt utbrent, med henblikk på heten kunne komme til når fjellet ennå er hett og steinflakene ikke har løsnet helt, og kunne helle vann på dem, slik det er forsøkt mange ganger, så ville flakene løsne med et stort smell.

Likesom Mathesius er Rössler en viktig kilde, både fordi han drøfter vannspørsmålet, og fordi han var fagmann og må antas å ha egne erfaringer. Selv om Rössler nevner vannbruk, formulerer han seg som om det ikke er vanlig, han drøfter det bare som en mulighet, i hypotetisk konjunktiv form. Forutsetningen er åpenbart at det er mulig å komme raskt til etter brenningen. Rössler nevner forsøk, uten konkret å angi tid og sted. Jeg tolker kilden som om bruk av vann ikke var vanlig på Sachsen i Rösslers tid, men at det hadde vært forsøkt noen ganger, antakelig på Altenberg, der Rössler selv var bergmester, og der ras og dannelse av dagbrudd gjorde vannbruk enklere enn i vanlig underjordsdrift.<sup>17</sup> Rössler nevner ellers ikke vannbruk i sin foregående generelle fremstilling av teknikken,



Fyrsetting slik den antakelig foregikk på de massive tinnforekomster i Sachsen (Altenberg m.fl.). Fra Balthasar Rössler: *Speculum metallurgiæ politissimum* (1700).

der han bl.a. påpeker at det må være tørt på stedet hvor fyrsetting skal foregå, og at det brytes ut mer fjell når fyren kan settes på fjell som ennå er varmt.<sup>18</sup>

Vann forekommer også i senere skrifter fra Sachsen. Det gjelder J. G. Kerns *Bericht vom Bergbau*, som foreligger som manuskript fra ca. 1740, og den første lærebok ved Bergakademiet i Freiberg, utgitt av Fr. W. von Opper i 1769, som på dette punkt nærmest er en direkte avskrift av Kerns manuskript.<sup>19</sup> Antakelig bygger formuleringene i disse verk på Rösslers bok. Noen bruk av vann er forøvrig ikke funnet i kjente reisebeskrivelser fra Sachsen på 1700-tallet.

## **Hooson: Vannbruk i Storbritannia?**

En beskrivelse som nevner vann og som har mye til felles med Rössler, er å finne i briten William Hoosons *The Miners Dictionary* fra 1748. Hooson beskriver åpenbart fyrsetting ut fra egen erfaring: Arbeidsstedet forlattes etter at fyren er antent, arbeiderne kommer tilbake igjen neste morgen, når fyren for det meste er brent ut, og noe stein har falt ned, annen stein er sprukket opp, som lett kan brytes; mens noen ganger når fyren vedvarer lenge, blir arbeidsstedet svært hett, og hvis man da har anledning til å kaste på noe vann, vil det kjøles av, og fjellet vil sprekke med et smell likesom et pistolskudd, og fly av mye mer effektivt og bedre enn uten [vann], men at man ikke alltid har vannet klart: "but one has not the Water always ready".

Særlig den siste passasjen, men også formuleringen 'noen ganger når fyren vedvarer lenge', antyder at vannbruk heller var unntaket enn regelen. Heller ikke denne kilden kan altså tas som belegg for at vannpåslagning var vanlig ved fyrsetting, men den er interessant som ett av de få tilforlatalige kildeutsagn om at vann - i eksepsjonelle tilfeller - kunne tas i bruk ved denne form for bergbryting. Utsagnet synes likevel å legge hovedvekten på den generelt avkjølende virkning av vannet på arbeidsstedet, og ikke på dets bidrag til selve bergbrytingen, som kommer inn som et sekundært moment.

## **Øvrige 1600- og 1700-tallsforfattere nevner ikke vann**

I tillegg til Rössler og hans etterfølgere samt Hooson, finnes det en lang rekke forfattere av bergfaglige bøker på 1600- og særlig 1700-tallet som nevner eller beskriver fyrsetting, og som *ikke* nevner vann, selv om beskrivelsene kan være meget inngående. Den kanskje fremste læreboken fra 1700-tallet er C. T. Delius'

*Anleitung zur Bergbaukunst* fra 1773, skrevet med bakgrunn særlig i slovakisk/ungarsk bergverksdrift. Delius forklarer prosessen slik: Når ilden virker på en fast bergart som opphetes, så blir, ved bortjaging av de fuktige deler som fremmer bergartens sammenheng, de faste deler skilt, fjellet spaltet, og løsner flakvis, slik at det kan drives ut lettere (s. 136). Mer detaljert er fremstillingen hos A. W. Köhler i 1791 (s. 197 f), som i tillegg til innesluttet vann også nevner luft som sprenger ved utvidelse. Köhler nevner brytingsredskaper som brukes etter fyrsetting. Han påpeker også at fjellet ikke alltid er blitt mørt etter den første fyr, og at man da må sette en ny fyr etter at løst fjell er banket av, og før orten er blitt helt avkjølt. En rekke andre mellomeuropeiske forfattere har kommet inn på fyrsetting.<sup>20</sup> F.eks. beskriver den berømte professor ved Bergakademiet i Freiberg, Abraham Gottlieb Werner, i 1788 fyrsetting uten vannbruk. Som brukssteder nevner han i Sachsen tinngruvene i Altenberg, Ehrenfriedersdorf og Geyer, i Ungarn Felsöbanya, og i Norge Kongsberg, 'hvor man er dyktigst'. Antakelig bygger Werner her på Ole Henckels skrift, som skal nevnes senere. Werner nevner ikke Sverige, hvor teknikken fortsatt var i bruk flere steder. Heller ikke i Rinmans svenske bergverksleksikon fra samme år (1788), som går inn på forskjellige båltyper og andre detaljer, nevnes vann i artikkelen om fyrsetting.

## Beretninger fra Kongsberg nevner ikke vann

Kongsberg Sølvverk (1623-1958) hadde Norges mest omfattende gruvesystem, og var det norske bergverk hvor fyrsetting ble drevet i størst omfang. Skriftlig kildebelegg for bruk av teknikken, sammen med daterbare bevarte drifter preget av fyrsetting, finnes alt fra 1624, få måneder etter oppstarten av gruedriften. Bruken av fyrsetting ble intensivert fra begynnelsen av 1660-årene, og var vanlig også etter innføringen av kruttsprengning.

Flere til dels meget inngående beskrivelser av fyrsetting på Kongsberg finnes fra 1700- og 1800-tallet. Kildene er flere tilreisende utenlandske fagfolks reiseberetninger, beskrivelser forfattet av lokale bergmenn, gjerne i ledende posisjoner, samt skriftlige arbeider fra bergstudenter og universitetslærere, særlig fra 1800-tallet.

Flere svensker som siden skulle overta ledende stillinger, besøkte Kongsberg og andre norske bergverk, og forfattet beretninger som er viktige teknologihistoriske kildeskrifter. En av de fremste beretninger er Anders Svabs og Niels Psilanderhielms fra 1725-27.<sup>21</sup> Svenskene fattet interesse for en spesiell variant av fyrsetting brukt på Kongsberg, og det ble på deres initiativ utført forsøk med

teknikken i Falun, uten at det ser ut til å ha fått varige følger.<sup>22</sup> Teknikken besto i serievis gjentatt fyring med små bål. De to svenskene nevner ikke bruk av vann i sin beretning. Heller ikke senere svenske og andre besøkende nevner vann.

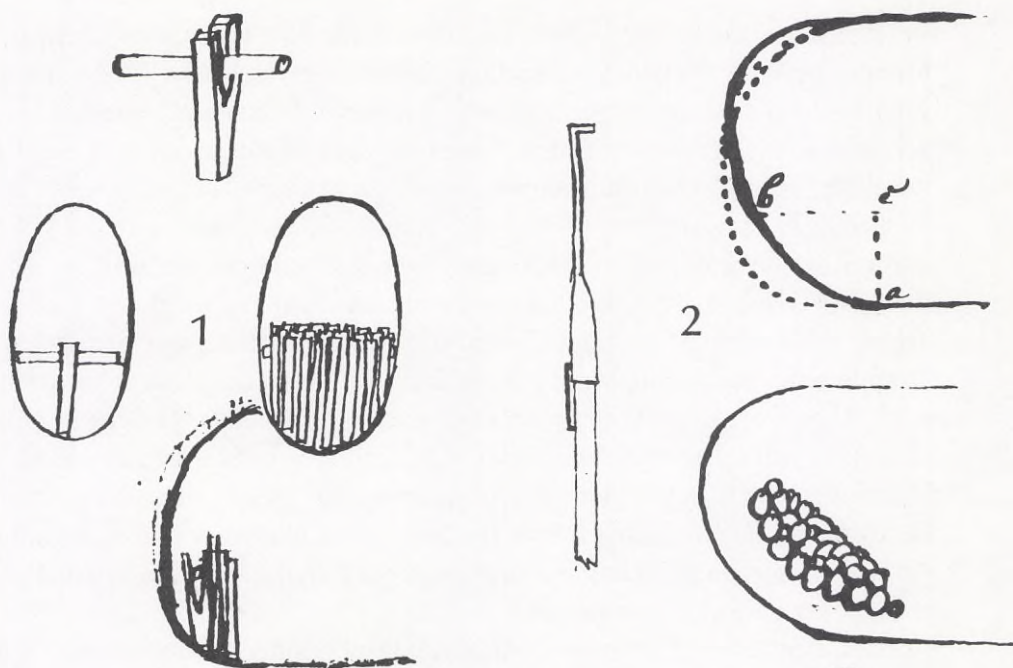
Franskmannen Gabriel Jars besøkte Kongsberg i 1767, og beskrev i sitt verk *Voyages métallurgiques* drift av gruveganger (orter) uten å nevne vann: Etter at fyren har virket, bryter man det som ilden har løsnet ganske lett med hakker, fjellet flaker av slik som skifer. Det arbeides ikke om natten, denne tiden er bestemt til at heten fra fyren kan legge seg, og røyken trekke vekk.<sup>23</sup>

Mer detaljerte er bevarte lokale beskrivelser. En rapport fra 1732 nevner at fyrsetting brukes for å gjøre fjellet mørt og mer oppsprukket. Rapporten påpeker at arbeideren må holde vannet unna arbeidsstedet med renner eller på annen måte, slik at ilden ikke brenner forgjeves. Arbeideren som på neste skift avløser den første, banker løs det som fyren har brutt.<sup>24</sup>

Bergakademiet i Freiberg har et illustrert, tyskspråklig manuskript om ortdrift med fyrsetting på Kongsberg, som skal være forfattet av 'Henckel den eldre', som må være identisk med Ole Henckel, senere overbergamtsassessor og lærer ved Bergseminaret på Kongsberg, som oppholdt seg ved Bergakademiet i 1784.<sup>25</sup> Henckel hadde fra ung alder arbeidet som bergmann ved Sølvverket og hadde siden utdannet seg bl.a. ved Bergseminaret på Kongsberg, grunnlagt i 1757 som et av Europas eldste bergtekniske studiesteder. Hans bergmannsbakgrunn gjør det sannsynlig at han selv hadde opplevd fyrsetting. Manuskriptet er antakelig et studentarbeid utarbeidet på oppfordring fra professor A. G. Werner. Manuskriptet beskriver over flere sider forskjellige varianter av fyrsetting, arbeidsoperasjonene og de tilhørende redskaper. Ikke ett sted nevnes påslagning av vann, som her høyst sannsynlig måtte ha blitt nevnt, dersom det hadde vært vanlig. Dessverre erklærer Henckel i begynnelsen av manuskriptet at det er unødvendig å gå inn på grunnene til fyrsettingsarbeidet og å angi de best egne bergarter, men tilføyer så megetsigende for vår problemstilling, at det er innlysende for enhver at fjell som utvider seg mye og raskt ved fyr kan brytes med mye lavere kostnader enn andre bergarter som ikke har denne egenskap.

Heller ikke nevnes vannbruk i et kapittel om fyrsetting i et manuskript om gruve-driften på Kongsberg forfattet omkring år 1800 av Morten Thrane Brünnich, overberghauptmann 1791-1814. Også denne beskrivelsen er svært detaljert, og stemmer overens med Henckels fremstilling, uten at det kan påvises - men heller ikke utelukkes - noen gjensidig avhengighet.<sup>26</sup>

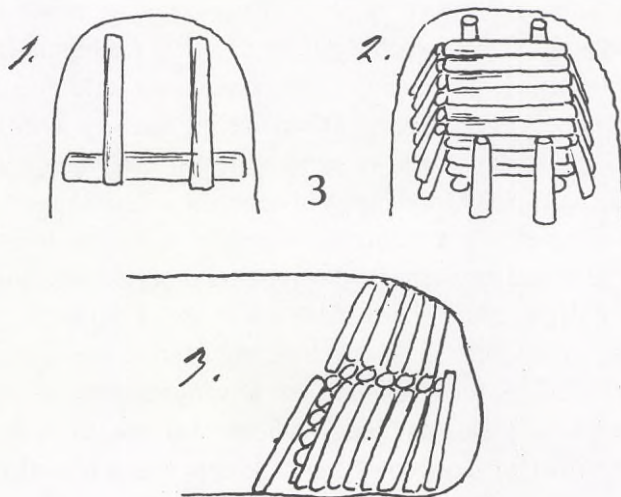
Den senere professor ved Bergseminaret og siden ved Universitetet i Oslo, Jens Esmark, ble under sin bergeksamen i 1791 spurt rett ut om årsaken til at fjellet løsner under fyrsetting. Esmark svarte: "At den sættes i en zittrende



## Fyrsetting - eksempler fra Kongsberg

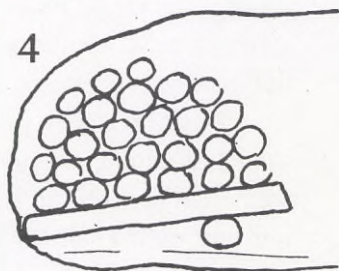
Fra Henckels beskrivelse, ca. 1780.

- 1) Fyr for orter (2 m høye og 1,5 m brede gruveganger) med oppreist ved holdt i avstand fra fjellet ved et trekors.
- 2) 'Rakefyr' for etterbrenning av såle i orter med tendens til å stige. Under et tak av liggende rå ved fyres det med fin-kløvet ved, styrt med en lang rake av jern på treskaft.



Fra bergkandidat Rørdams  
beskrivelse 1866

- 3) (1-3) Stor fyr av kombinert oppreist og liggende ved, for stoll drift (4 m høy, 2 m bred).
- 4) Ordinær fyr for orter, av liggende ved.





Bevægelse og udvider sig." - Intet om vann. Heller ikke kandidaten Christian S. Münster nevnte i sin fyldigere skriftlige eksamensbesvarelse fra 1804 annet om vann, enn at det kunne være en *hindring* for arbeidet. Münster påpekte forøvrig at bergarter som er gode varmeledere, som f.eks. kvartsholdige, var best egnet for fyrsetting, mens glimmeraktig bergart som var dårlig varmeleder, var uegnet.<sup>27</sup>

Berglege på Kongsberg 1792-1802, Henrik Rosted, publiserte i 1814 en artikkel om helseforhold på bergstaden, med et avsnitt om stoll drift (s. 37 f). Rosted beskriver her fyrsetting med etterfølgende løsriving av glohett fjell med hakke, mens det ennå er sprøtt. Rosted påpeker den enorme hete arbeideren er utsatt for i det trange rom, hvor luften i tillegg er så fortynnet at det er vanskelig å puste. Det eneste Rosted nevner om vann, er at når arbeideren kommer ut er han så svett, at han ser ut som et menneske som nettopp er trukket opp av vannet, og at han oftest iler til et vann for å slukke sin brennende tørst! - Dersom vann skulle kastes på det hete fjell, skulle man tro det ville ha frembragt glohet damp som ville ha medført en så sterk forverring av arbeidsforholdene, at det er påfallende at berglegen ikke ville ha påpekt det.

Svensken Gustaf Fölsch beskriver forøvrig stoll driften i samsvar med andre kilder i en reiseberetning fra 1818 (s. 158), hvor han påpeker at arbeiderne straks tente ny ild etter at de hadde brutt og fraktet vekk steinen som var løsnet av ilden.

## Bergkandidatoppgaver fra Kongsberg uten vann

Etter at bergingeniørutdannelsen i 1814 var flyttet fra Kongsberg til det nye Universitetet i Oslo, ble en praktisk del av utdannelsen fortsatt lagt til Kongsberg Sølvverk. Det ble vanlig at kandidaten etter de teoretiske eksamener reiste til Kongsberg, hvor han av sølvverksdireksjonen ble gitt en oppgave med tema fra verkets teknikk og drift til skriftlig utredning. Besvarelsene gir ofte meget inngående og til dels illustrerte beskrivelser, samt vitenskapelige analyser av hele spektret av bergverksteknikk på stedet. Noen av oppgavene har fyrsetting som tema. Her beskrives alle tenkbare omstendigheter ved arbeidet i detalj, uten at vannpåslaging er nevnt overhodet. Tvert imot påpekes det at fjellet løsner gjennom selve opphetingen, at arbeidernes oppgave deretter er å bryte ned løsnet fjell med jernredskaper, og at det er viktig at arbeidsstedet er tørt. Uten her å gå inn på disse tekstene i detalj, er det klart at de enkeltvis, og i forsterkende grad samlet, gir solid, samtidig kildebelegg for antakelsen om at vannpåhelling av det varme fjellet ikke kan ha vært vanlig. De unge bergkandidater var selv til stede i gruvene, og må således ha opplevd fyrsettingen så å si på kroppen, noe bl.a. flere

temperaturmålinger vitner om. - De som måtte være i tvil om vannspørsmålet kan anbefales et nærmere studium av disse tekstene, som er gjengitt i min doktoravhandling.<sup>28</sup>

## Bergmester Sexes sprøyteforsøk

Sjur Sexe var bergmester ved Sølvverket fra 1848 til han ble avsatt i 1851, etter offentlig angrep på ledelsen. I en avisartikkel i 1851 kom han inn på et forsøk han hadde gjort med håndsprøyte for raskt å redusere temperaturen i stollene etter fyrsetting.<sup>29</sup> Forsøket mislyktes, angivelig fordi sprøyta var for liten, arbeiderne uvillige, og direksjonen ikke interesserte seg for saken. Det fremgår helt klart at hensikten var å forminske plagen fra den kraftige heten. Det ble ikke nevnt noe om at vannsprøytingen kunne hjelpe på bergbrytingen. Dette er den eneste samtidige kilde fra fyrsettingens dager på Kongsberg som nevner vann. At vannbruken her kun var forsøksvis og mislykket, og endatil ikke hadde som formål å bidra til bergbrytingen, styrker oppfatningen om at vannbruk ikke kan ha vært vanlig.

## Professor Sexes forelesninger

Sexe hadde åpenbart praksis fra fyrsetting. Han ble senere professor ved Universitetet, og foreleste bl.a. i gruedrift. Vi har bevarte forelesningsnotater hvor Sexe i detalj går inn på fyrsetting, uten å nevne vann. Sexe nevner at under opphetingen vil den ytre del av fjellveggen overflate utvide seg og sprenges, eller at det kan være sprekker i fjellet, og at fjellstykket imellom sprekken vil utvide seg seg til sidene og finne lei for trangt, krøke seg og sprenges, og at det kan være hygroskopisk vann eller krystallvann i fjellet, som forårsaker sprengning ved overgang til damp. Sexe påpeker også at tørt arbeidssted er en betingelse, og beskriver bruk av jernredskaper etter fyrsettingen.<sup>30</sup>

## Professor Hellands lærebok

Professor Amund Helland foreleste likesom Sexe i gruedrift, og han utga i 1887 et trebindsverk med tittelen *Haandbog i grubedrift*. Helland hadde studert Kongsberg nøye som den drivende kraft i den offentlige undersøkelseskommissjon

av 1885, og hadde publisert et større artikkel kalt *Kongsberg Sølvverks Drift før og nu*. Likesom andre bergkandidater, hadde han i studietiden oppholdt seg ved Sølvverket (oppgave om pukkverksdrift, 1868). I sin håndbok beskriver Helland fyrsetting inngående. Beskrivelsen samsvarer med Sexes forelesning. Heller ikke Helland nevner bruk av vann.<sup>31</sup>

## Durocher forklarer brytingen uten vann

En fremstående beretning om fyrsetting i Skandinavia ble publisert av den franske bergingeniør og lærer ved det naturvitenskapelige fakultet i Rennes, J. Durocher, i fagtidsskriftet *Annales des mines* i 1855.<sup>32</sup> Artikkelen bygger på reiser og samtaler med ledende bergmenn ved en rekke gruver i Sverige, Finland og Norge, etter fremstillingen å dømme omkring 1845 og noen år tidligere. Durocher var særlig opptatt av fyrsetting, som ennå var vanlig ved flere av gruvene, og som han anerkjente som en rasjonell metode under gitte forhold.

Durocher fremholder at fyrsetting virker lite på glimmerrike bergarter, antakelig pga glimmerets elastisitet, og at den er særlig egnet ved kvartsrike og kalkrike bergarter. Et spesielt interessant avsnitt er viet årsakene til fjellets knusing ved ilden. Durocher tror - i motsetning til flere andre forfattere - at hovedrollen ikke kan tilskrives den ekspanderende virkning av vanddamp som frembringes av væskeinneslutninger i fjellet, siden oppspaltingen er ujevn og følger fjelltypen snarere enn å henge sammen med fjellets hygroskopiske egenskaper. Kraftig oppspalting skjer i kvartsmasser som bare inneholder ubetydelige mengder vann, mens glimmerfjell som nesten alltid inneholder noe vann løsner i liten grad. Oppspaltingen vil Durocher heller tilskrive fjellets ledningsevne og andre termiske egenskaper, og synes å være avhengig av en forandring som kan sammenlignes med fenomenet herding, og som en temperaturendring forårsaker i den molekylære tilstand av massen. Småsprekker derimot synes ikke å fremme noen virkning ved utvidelse, men tillater flammen å virke lenger innover i massen.

Det forhold Durocher her peker på, uten å beskrive eller forklare nærmere, er et fenomen som senere er blitt tillagt stor betydning: Ved temperaturstigning inntreffer på et visst punkt en endring av kvartsens krystallstruktur. Bortsett fra å fraskrive hygroskopisk bundet vann betydning, nevner Durocher overhodet ikke bruk av vann, og det fremgår klart at oppspaltingen av fjellet er et resultat av opphetingen alene, etterfulgt av manuelt brytingsarbeid. Durocher beskriver forøvrig arbeidet på de forskjellige steder med varierende bålformer og brennetid, og andre variable. Også her ville det ha vært naturlig å nevne vannbruk dersom

det hadde vært vanlig. F.eks. ved Modum Blåfarveverk lot arbeiderne bålet brenne under tre timer, og vendte tilbake før fjellet var avkjølt for å støte ned oppsprukne fjellpartier, de lagde så til og tente straks et nytt bål, en operasjon som likeledes i alt tok omkring tre timer. På Kongsberg tentes bare to bål i døgnet, og arbeiderne hadde seks timers hvile, på denne tiden fikk også fjellet avkjølt seg litt.

## Engelske observatører i fyrsettingens slutfase

Arthur L. Collins publiserte i *Transactions of the Institution of Mining Engineers* i 1892/93 en artikkel om fyrsetting, fulgt av flere andres skriftlige kommentarer foruten referat av noen muntlige kommentarer. Artikkelen og to av kommentarene bygger bl.a. på observasjoner av fyrsetting i gruvene på Kongsberg.<sup>33</sup> Artikkelen er likesom Durochers artikkel et interessant arbeid, og har vært brukt som kilde også i nyere forskning.<sup>34</sup> Hverken Collins eller kommentatorene nevner noen vannbruk, tvertimot stilte enkelte seg tvilende til den angivelige bruk av eddik nevnt i klassiske kilder. Unntaket er Collins bror, som åpenbart fremførte foredraget i hans sted, og som på et spørsmål om varmeinntrengning svarte at det ikke var fordelaktig med noen særlig varmemforplantning, da det var best om heten holdt seg på overflaten, dersom rask avkjøling skulle få fjellet til å sprekke av...<sup>35</sup> - Men Collins' bror var åpenbart ikke noen ekspert på spørsmålet, og kommentaren synes å være rent spekulativ. En påfølgende skriftlig kommentar av M. Walton Brown beskrev fyrsetting til steinbryting av stein-Waddah-stammen i Deccan. Walton Brown mente oppsprekningen var avhengig av den destruktive spenning i planet hvor heten fra ilden ikke klarte å trenge lenger inn, og hvor forskjellen i ekspansjon mellom tilgrensende lag var størst.<sup>36</sup>

## Heller ikke vannbelegg i Sverige fra fyrsettingens slutfase

Sala var en av de siste svenske gruver som brukte fyrsetting. I sin *Lärobok i Gruvbrytning* fra 1878 beskriver Wetterdahl fyrsettingen i Sala slik den ble utført i lange tider inntil for et par år tilbake. Han nevner at den ytre del av fjellet løsnet under brenningen, mens den underliggende del ble mør, så den lettere kunne brytes med boring og skyting. Generelt skriver han om prosessen at fjellet under flammens påvirkning opphetes og utvides så sterkt, at det sprekker i skiver, som siden brytes løs med spett. Blant mange andre detaljer finnes ikke vann nevnt.<sup>37</sup>

## 1800-tallets øvrige bergfaglige litteratur

Liksom vi har sett eksempler på tidligere, er heller ikke 1800-tallets faglitteratur helt uten spor av vann. Men slike eksempler er eksepsjonelle. Et eksempel er franskmannen Brard i 1829, som imidlertid åpenbart ikke taler uten fra egen kunnskap eller erfaring, men spekulerer på hvordan teknikken ble utført på den tiden fyrsetting ble brukt, og holder det for svært sannsynlig at man nyttiggjorde seg virkningen av kaldt vann, som måtte frembringe en mengde sprekker og spalter når det ble helt på overflaten av sterkt opphetet fjell. Brard skriver riktignok sin spekulasjon om vannbruk etter først å ha slått fast at metoden består i å røste fjellet med en livlig fyr rettet mot overflaten, hvorved fastheten avtar, og fjellet settes i stand til å gi etter for virkningen av kilhakke og fimmel.<sup>38</sup> Tillegget om vannbruk er altså heller ikke her noen nødvendig bestanddel av teknikken. Det må uansett føres på kontoen for spekulasjon, og kan ikke brukes som kildebelegg for vannbruk. Tvert imot fortsetter Brard med at denne antakelsen understøttes av den velkjente historien om Hannibal, og at dersom denne store hærføreren kan gis æren for denne oppfinnelsen, er det sannsynlig at han er imitert av de som drev bergverk i denne perioden. - Brard er også videre opptatt av Hannibals ferd, og vi kan ha en mistanke om at det stort sett er den som ligger til grunn for hans antakelse om vannbruk.

Professor ved Bergakademiet i Freiberg, Moritz Gätzschnann, tar i sin lærebok om bergbryting opp fyrsetting til grundig behandling. Spesielt interessant er hans drøfting av spørsmålet om vannbruk, hvor han både ser på de faktiske forhold og henviser til eldre litteratur. Gätzschnann mener at avkjøling med vann eller eddik på fast fjell for det meste ikke bare er unyttig, men sågar ufordelaktig, fordi forholdene her er helt andre enn ved små, atskilte glødende bruddstykker, som riktignok springer når de avkjøles. Gätzschnann nevner at det er delte oppfatninger om spørsmålet, med henvisning til Rössler, Kern/Oppel og v. Veltheim, og at det forøvrig ennå anvendes i Felsöbanya i Ungarn, særlig til ortdrift. Men Gätzschnann viser også til at Mathesius alt på 1500-tallet så det unyttige i det, og at forsøk i Rammelsberg i nyere tid med å helle vann på opphetet fjell, har bekreftet dette syn.<sup>39</sup> Gätzschnann nevner ellers at en mulig grunn til påsprøyting av vann kan være at fjellet og driftene ennå er for varme til arbeide, når man kommer til. - Det er uklart hva som er Gätzschnanns kilde for vannbruk i Ungarn. At det ikke var vanlig med vann i Rammelsberg, fremgår av en levende beskrivelse av den franske bergembetsmann Héron de Villefosse, etter egen

observasjon i 1809. Vann opptrer heller ikke i hans generelle beskrivelse av fyrsetting.<sup>40</sup>

Ellers beskrives også fyrsetting til dels inngående i en del bergvitenskapelige skrifter fra 1800-tallet, uten at bruk av vann nevnes i de fleste tilfeller.<sup>41</sup> Kun i en av de senere lærebøker, utgitt i Berlin i 1869, nevnes bruk av vann. Boken bygger på forelesninger ved Bergakademiet i Berlin av Heinrich Lottner, bearbeidet og utgitt etter hans død av Albert Serlo. Her heter det:

Etter slukking må man rydde stedet så raskt som mulig og sette ny fyr, som virker bedre ettersom fjellet ennå ikke er avkjølt. Det er bra om ikke for mye ved tennes av gangen, siden et stort bål er vanskeligere å regulere enn et lite.

Etter brenning blir fjellet avkjølt med vann, hvorved flakene løsner bedre.<sup>42</sup>

Det er uklart hva som er Lottners eller Serlos kilder, og om de referer til praksis på et eller flere bestemte steder. Vi er uansett så sent i fyrsettingens historie, at det er tvilsomt om forfatterne selv har opplevd teknikken i bruk, eller hadde et annet nært forhold til teknikken. Det kan ellers virke innbyrdes motstridende at Lottner/Serlo først poengterer at fyrsetting virker bedre ved gjentatt fyring uten mellomliggende avkjøling, for så etterpå å skrive at fjellet etter brenning avkjøles med vann. Eneste mulige tolkning synes å være at avkjølingen - og vannbruken - i så fall var begrenset, f.eks. til avslutningen av en serie med fyrsettinger, og at fjellet iallfall løsnet uten vannbruk. Også her kan det dreie seg om en begrenset bruk av vann til slukking av bålrester og, muligens, til en viss avkjøling av arbeidsstedet, og ikke at vannpåhelling var noen nødvendig del av teknikken.

## Senere rapporter fra Kongsberg

Den første egentlige teknologihistoriske artikkel fra Kongsberg ble publisert av sølvverksdirektør Christian A. Münster i 1914, altså 24 år etter den siste fyrsetting på stedet.<sup>43</sup> Artikkelen går naturlig nok spesielt inn på fyrsettingen på Kongsberg, og ser på teknikkens effektivitet og økonomi ut fra de samme kilder som vi har hatt til rådighet, med positive vurderinger av teknikken. Artikkelen har også opplysninger om hvordan teknikken ble utført, uten å nevne vannbruk. Dersom det hadde vært vanlig, er det påfallende at Münster ikke nevnte det. Det burde ha vært en temmelig frisk tradisjon om teknikken ved Sølvverket ennå da Münster begynte som direktør i 1910, og i hvert fall da han som ung bergkandidat praktiserte ved verket i 1892. Münster gir da også enkelte opplysninger som åpenbart bygger på muntlig tradisjon, f.eks. at fyrhauerne hadde egne rom i sakkerhusene, og at det gikk gjetord om den temperatur de holdt der inne,

dessuten at de svettet så kraftig under arbeidet at de gikk halvnakne og strøk svetten av seg med egne trestykker.

## Falkberget, 'Elisabeth Ort' og Støren - muntlig tradisjon og drøfting av vannbruk

En av de mest interessante formidlinger av tradisjonen om vannbruk finnes i tredje bind av Johan Falkbergets *Christianus Sextus*, første utgave publisert i 1935. Her skildrer bergmannsdikteren gruvemiljøet på Røros på 1700-tallet, og beskriver fyrsetting i 'Elisabeth Ort' i dramatiske vendinger, med vannpøsing som et viktig, ja nødvendig innslag. Denne folkekjære dikterens verk har bidratt både til allmennhetens forestillinger om bergverk og bergmannsliv generelt, og til styrken av forestillingen om fyrsettingens utførelse spesielt, - iallfall i Norge.

Johan Falkberget (1879-1967) var bergmannssønn, og hadde selv arbeidet ved Røros-gruvene, fra åtteårsalderen som 'vaskarryss' ved Christianus Sextus gruve, der faren var ertssjeider, og han arbeidet som bergmann til 1906. Det er bevart en interessant brevveksling mellom Falkberget og Sølvverkets hyttemester, bergingeniør Ragnvald Støren, som kaster lys på hvordan deres oppfatning om fyrsettingen er grunnlagt og hvordan den ble sementert.<sup>44</sup> Dette er interessant også ut fra at Støren, som syslet med historiske arbeider, åpenbart har påvirket oppfatningen omkring dette spørsmålet på Kongsberg.

En av Falkbergets biografer, Kristian Magnus Kommandantvold, har i forbindelse med dikterens forhold til haueren, bergbryteren, som "Falkbergets arketypiske visjon av bergmannen", påpekt: "Bergbryteren har fra de eldste tider og fram til dikterens egen gruvetid bevart et arkaisk-mytisk preg og en nimbus av gåtefullhet og mystikk. Falkbergets saklige og ytterst realistiske skildringer av funksjoner og redskaper glir derfor lett over i utopografisk og tidløs myte."<sup>45</sup> Vi kan i lys av "Falkbergets myte- og symbolskapende fantasi", hans "myteskapende fantasi og eventyrsinn",<sup>46</sup> tolke hans sterke fremstilling av vannbruk ved fyrsetting som bruk av et dramatiserende element, som det har vært nærliggende for dikteren å gripe til og forsterke. Nå er det ikke tvil om at Falkberget selv var overbevist om at vannbruk faktisk har vært vanlig, og at dikteren var opptatt av at faktiske detaljer i hans verk skulle være historisk korrekte.<sup>47</sup> Nettopp skildringen av fyrsettingen i 'Elisabeth Ort' er fremhevet som "drama av ypperste klasse", "så dramatisk, rykende og grusom at leseren bokstavelig brenner fingrene."<sup>48</sup> Diktningen omkring fyrsettingen befinner seg i skjæringspunktet mellom hva Komman-

dantvold har kalt "den poetiske fabulator og mytiserende dikter Falkberget",<sup>49</sup> og dikteren i rollen som historiker.

Paradoksalt nok gir Falkbergets skildring av arbeidet med vannpøsing etter fyrsetting god grunn til å tvile på vannmyten. Den groteske forestilling i 'Elisabeth Ort' er det vanskelig å forestille seg kan ha vært vanlig i det virkelige, daglige arbeid: På det glødende fjellet pøses vann, og det går straks over i het damp, som arbeiderne med nød og neppe unngår å bli skoldet av ... En av arbeiderne glir og faller inn i det glødende og dampende helvete, forbrennes og avgår dagen etter ved døden ... Falkberget har her gitt en beskrivelse som neppe kan kalles overdrevet, av en situasjon som nærmest ville ha vært dagligdags dersom vann skulle ha vært brukt, og slik bidrar nok Falkberget selv til ufrivillig å undergrave vannmyten.

De hete damper er ille nok, en annen ting er at ved slike voldsomme sammentrekninger ville mindre fjellstykker kunne springe løs med voldsom kraft, med overhengende fare for skader for arbeiderne, som vanskelig kunne ha beskyttet seg i de trange bergrom. Også ferdselen imellom den glohete og sydende løssprungne stein - glatt av alt vannet - og til og med med bæring og opplasting av steinen slik Falkberget beskriver - er det vanskelig å forestille seg som et daglig arbeid.

Det er usannsynlig at en slik operasjon, med slike faremomenter, ikke skulle være omtalt, f.eks. av Henrik Rosted, berglege på Kongsberg 1792-1802, som ellers skildrer fyrsettingen inngående. Heller ikke synes skålding å være omtalt som årsak til noen av de 70 dødsulykkene i gruvene beskrevet i Kongsbergs kirkebøker i 1740-årene (om én står det riktignok at han "brendte sig forderved paa Quintus Grube", men dette kan like godt ha oppstått ved selve bål-brenningen), mens det står anført 12 dødsulykker som følge av 'stank' - gass etter fyrsetting.<sup>50</sup>

Den tidligste omtale av vannbruk ved fyrsetting jeg har funnet hos Falkberget, finnes i samlingen *I Nordenvindens Land* fra 1924. Her skriver han rett ut at for å få fjellet til å revne, slo de kaldt vann på. Alt her er åpenbart Falkberget opptatt av det dramatiske i denne tenkte situasjonen: "Det var badstubad som fik sveden ordentlig ut paa de skindklædte bergmænd."<sup>51</sup> Falkberget har også beskrevet fyrhauerarbeidet i en artikkel i 1936: Etter fyrsettingen gikk fyrhauerer naken til beltestedet, med en ullklut som maske, rakte vekk glør og aske, og "øste koldt vann op efter det ophetede fjell og hugg det løs med stålsatte bersjern."<sup>52</sup>

Ragnvald Støren besøkte Falkberget på Røros i 1949. De kom i samtale om hvordan fyrsetting ble utført. Falkberget brakte på bane såkalt 'tappskyting' eller 'vasshøl' som han har beskrevet i *Christianus Sextus*: Det ble boret hull i fjellet



slik som ved kruttsprengning, men istedenfor krutt ble det helt vann opp i hullet, som så ble proppet igjen. Etterfølgende fyrsetting gjorde at vannet gikk over til damp og sprengte fjellet!

Støren skrev til Falkberget året etter, og mente han hadde funnet kildebelegg for bruk av teknikken på Kongsberg i forbindelse med engasjementet av Heinrich Ziegler som sprenger i 1680-årene. Denne historien har jeg behandlet i min avhandling som det første energiske forsøk på å etablere kruttsprengning i gruve-driften på Kongsberg.<sup>53</sup> I motsetning til hva Støren skriver, er det ingen holdepunkter for å anta at Ziegler drev med 'vannsprengning'. Kruttforbruket økte også kraftig etter hans ankomst. Det er mest nærliggende å anta at både hos Støren og Falkberget har det skjedd en forveksling med den eldste form for kruttsprengning, hvor de ladete hullene ble tettet med *skytteplugger* eller *propper* istedenfor innstampet leire eller sand som ble vanlig senere. (Falkberget nevner forøvrig tetting av 'vasshølene' både med leire og treplugger.) Uttrykket 'vasshøl' hos Falkberget har uviss opprinnelse, dersom han har funnet det i gamle dokumenter, kan det dreie seg om borhull med vanninntrengning, som var spesielt problematiske å lade med krutt.<sup>54</sup>

Selv om vi ser bort fra den tvilsomme kildebruken, er det ut fra rent tekniske vurderinger vanskelig å forestille seg hvordan slike 'vasshøl' kunne ha virket: Ved fyrsetting trenger varmen ikke langt inn i fjellet. Og var det ikke vanskelig å fordemme hullene så godt at vanddampen uten trykktap kunne bringes til sprengende kraft? Overgangen til 'sprenggass' ville skje *meget* langsommere fra vann, enn ved detonasjon av krutt eller andre sprengstoffer. Ved kruttsprengning ble det brukt *treplugger* til fordemning, på Kongsberg inntil 1711, på Røros til 1713.

Interessant er Størens kommentar i et brev til Falkberget i 1950, hvor han viste til hans fremstilling av 'vasshøl'-teknikken:

"Hensikten var å unngå den for bergfolkene så enerverende vannsprøiting på den opphetete fjellvegg for å få den til å morkne, med det sølete arbeide med hammer og bergsjern etterpå."

Det er mulig Støren også her kun referer Falkbergets synspunkter, men poenget er at tilhengerne av vannmyten her erkjenner de ulemper vannbruk måtte ha medført.

I 1952 kom det til en ny brevveksling mellom Falkberget og Støren, i anledning av at Støren hadde fått en henvendelse fra overingeniør Borchgrevink ved Løkken Verk, åpenbart i anledning av at Løkken Verks historie skulle skrives, der begge var forfattere. Borchgrevink hadde henvendt seg til den svenske professor Hjerten, som synes å ha avvist bruk av vann, bl.a. med henvisning til Rinmanns bergverksleksikon. Hjerten viste ellers til at det også i Sverige var "en

mycket vanlig oppfatning" at fjellet ved fyrsetting ble påhelt vann for å sprekke opp. - Støren innrømmer at hverken Hellands 'Haandbog i grubedrift" eller tyske bergtekniske publikasjoner fra 1500-, 1600- eller 1700-tallet omtaler vannpøsning av vann. - Derimot fins det muntlige beretninger som er nedtegnet, fremholder Støren, som så gjengir en beretning om angivelig fyrarbeid "i stollen ved Haus Sachsen grube i 1888": - Etter at fyren var brent over natten, ble brenselsrestene raket vekk,

"hvorefter det blev pøset vann på bergveggen, hvorved fjellet sprakk og enkelte stykker blev slengt ut idet fjellet skallet av. Derpå gikk man igang med hammer og bergsjern til alt løst fjell var hakket vekk."

Dette ville i så fall ha vært den eldste kjente nedtegnelse av muntlig tradisjon om fyrsetting på Kongsberg, og ville ha vært meget interessant. Dessverre er ingen slik nedtegnelse bevart, vi har kun denne gjengivelsen fra Størens side å holde oss til. Et annet problem er at det av verkets årlige driftsberetninger og andre samtidige kilder fremgår 1) at det aldri ble drevet fyrsetting i Haus Sachsen gruve etter dens gjenopptakelse i 1869; 2) dersom det er Christian 7. stoll *i retning mot* Haus Sachsen gruve som menes, så ble fyrsettingen i denne stolldriften oppgitt til fordel for dynamittsprengning i 1882. - Vi kan altså kun akseptere beretningen, dersom vi med litt velvilje antar at det har sneket seg inn et feil årstall og en upresis stedsangivelse. En slik lapsus kan nok ha skjedd, men det er uansett vanskelig å ta stilling til beretningens innhold, så lenge den originale nedtegnelse ikke er kjent, ei heller informantens identitet og relasjon til det han beretter om, eller andre omstendigheter omkring den angivelige nedtegnelsen. Kort sagt, den kan ikke utnyttes som en historisk beretning.

Støren viser også til bestyreren av Sølvverksmuseet (dvs. stiger Bjarne Sanness), som "bekrefter tradisjonen om ovennevnte vannpøsning ved fyrsetting ved Kongsberg Sølvverk", likeledes har Støren snakket med direktør Sherdahl "som henviser til studiedagene". - Våre kunnskaper har vi fått av våre lærere professorene Helland og Vogt, skriver Støren, "deriblandt også utførelsen av fyrsettingen, hvorav vannpøsningen er en intergrerende del."

Henvisningen til stiger Sanness bekrefter at det tidlig har vært en tradisjon blant sølvverksarbeiderne om vannbruk, uten at Sanness selv kunne ha førstehånds kjennskap til teknikken. Han har forøvrig selv fremstilt fyrsetting med vannpøsning inkludert i sin fører for Sølvverksmuseet, trykt i 1948. Bergingeniørenes henvisning til studiedagene og professorene Helland og Vogt er lite spesifikk, spesielt gjengir ikke Støren noe klart, positivt utsagn om vannbruk fra Sherdahls side. Det er også påfallende at de bevarte skrifter vi har fra Helland og Vogts side, som nevnt over, i sine til dels inngående beskrivelser av fyrsettingen

på Kongsberg *ikke* nevner vannbruk. Størens henvisninger kan således etter mitt skjønn ikke tillegges noen særlig vekt, også sett i lys av at Støren ellers i noen tilfeller synes å legge et tvilsomt element av tolkning inn i sine gjengivelser av kildeutsagn, som f.eks. i henvisningen til Ziegler-affæren og 'tappskytingen' ("Det er tydelig at notisen gjelder forsøk med sprenging med vann i borhullene osv.").

Også Falkberget viser til muntlig tradisjon: "At det pøstes på vatn, kan det ikke være noen tvil om, ingen ville ha funnet på å lyve den slags, jeg hørte i min barndom gamle bergmenn snakket om det." - Dette er et klart og sterkt utsagn, som ikke uten videre kan avvises som 'diktning'. Falkberget henviser vel her til sin barndomstid ved Røros-gruvene i slutten av 1880- og begynnelsen av 1890-årene. Hvem hans informanter var, og om de selv hadde opplevd fyrsetting, er usikkert. Antakelig bygger ikke Falkberget på førstehånds beretninger. Selv om det på Kongsberg ble drevet litt fyrsetting ennå på den tid Falkberget var 'vaskarryss', må det da ha vært lenge siden fyrsettingen ble oppgitt på Røros. Når det skjedde vet vi ikke helt nøyaktig, men teknikken synes å ha blitt kraftig nedtrappet alt mot slutten av 1700-tallet, og har kanskje gått ut av bruk alt før midten av 1800-tallet. Når fyrsetting dertil gjerne ble drevet av eldre arbeidere, kan det være tvilsomt om Falkbergets informanter hadde førstehånds kjennskap til teknikken. Det kan tilsi at vannbruken i hvert fall kan ha blitt overdrevet frem til Falkberget hørte om det, foruten at den som nevnt kan ha blitt videre overdrevet i dramatiserende retning i hans litterære verker, i forhold til det han var blitt fortalt som gutt.

Støren og Falkberget drøfter hensikten med den angivelige vannbruk, og her er usikkerheten større. Falkberget "tror påpøsingene tjente to hensikter: for å få sprekker i berget og for å avkjøle det, så de klarte å bryte, ellers ville det ha tatt lang tid før de kunne gå til arbeidet." Bergingeniøren Støren søker å gå dypere inn i vannets angivelige destruerende virkning: Opphetet kvartsrik bergart har fått fjernet sitt vanninnhold og oppfører seg da som 'sprakekvarts', som lett absorberer vann og slår sprekker. - I samme retning ville Støren forklare hvorfor vannbruk ikke nevnes i de tyske bergvitenskapelige skrifter: Der var det vanligere med løserer eller mer oppsprukket fjell, sedimentære og sterkt foldete bergarter, gjennomtrukket av grunnvann, som oppvarmet til fordampning virket sprengende på fjellveggen. - Om dette skrev han også i sitt utkast til Kongsberg Sølvverks historie. Her heter det først riktignok at fyrsettingens virkning dels ble oppnådd "ved de sammensatte stenarters forskjellige utvidelsesgrad i varmen." Men så er det tilføyd: "Dagvannet som siver ned gjennom sprekker og revner og ved ophetning forvandles til damp gav også et vesentlig bidrag til gangmassenes sønderdeling, øket ved påstenkning av kaldt vann."<sup>55</sup> - Her synes Støren å kombinere de to forskjellige påvirkningsmåter: Sprengning av løst fjell ved vann som alt

fantas i fjellet, og av fast fjell ved påhelling av vann. I brevvekslingen med Falkberget fremgår det ett sted at Støren mente vannspyling ble brukt i harde, faste bergarter, og dermed var lite brukt. - Som en annen og alternativ grunn til at vannbruk ikke er nevnt i de tyske skrifter, anfører Støren i et annet brev: "Det er en merkverdighet at når fagmannen skal beskrive noget, så utelater han ofte vesentlige detaljer."

Foruten at Størens fremstillinger av spørsmålet kan virke noe forvirrende, virker teorien om grunnvannets sprengende effekt i løse bergarter lite plausibel. En rekke kilder påpeker at løse, foldete bergarter var uegnet for fyrsetting, og at vanninnsig i fjellet rett og slett gjorde fyrsetting svært vanskelig eller umulig. Det eneste positive bidrag til sprengning fra vann i fjellet, synes å kunne komme fra meget små væskeinneslutninger som det finnes en del av i fjellet, men det synes ikke å være slike væskeinneslutninger Støren har i tankene. Teorien om uttørking og etterfølgende sprengende absorbering av påpøst vann ved fyrsetting i hardt, kvartsrikt fjell overbeviser heller ikke. Støren synes ikke å ha kjent til den destruerende virkning ved oppvarming av kvarts til en temperatur som endrer krystallstrukturen, iallfall fremgår det ikke noe om det.

Falkbergets bøker var folkelesning og har uten tvil bidratt sterkt til folks forestillinger om eldre tids bergverksdrift i allminnelighet og til vannmyten ved fyrsetting spesielt - i Norge. Også Størens betraktninger om emnet har bidratt til å feste vannmyten, i det minste på Kongsberg. Støren publiserte riktignok lite selv om emnet. I hans bidrag til Løkken Verks historie fra 1954 står endog fyrsetting forklart uten vannbruk i en fotnote, som riktignok kan være satt av redaksjonen.<sup>56</sup> Men hans forarbeider har blitt brukt av forfatteren av standardverket 'Kongsberg Sølvverks historie', Kristian Moen, som selv ikke var spesielt bergkyndig og i bergtekniske spørsmål i stor grad bygde på Støren, og dermed bragte vannmyten videre.

Det bør kanskje nevnes at denne kritiske gjennomgang av Falkberget og Støren på ingen måte er ment som noe forsøk på å redusere Falkbergets betydelige skjønnlitterære bidrag, ei heller Størens fortjenester på andre områder. Når brev og annet upublisert materiale her trekkes frem, er det kun gjort fordi dette tidligere ukjente materialet gir en unik anledning til å gå granskingen og refleksjonene til disse viktige personer i norsk vannmyte-sammenheng nærmere etter i sømmene, med sikte på en bedre forståelse av mytedannelsen. De fleste av oss ville naturligvis kunne stilles i forlegenhet ved offentliggjøring av hva vi gjennom tidene måtte ha satt ned på papiret i brev og manuskripter!

## Annen muntlig tradisjon - Modum og Kongsberg

Muntlig tradisjon har stått som noe av det sterkeste argument for vannbruk ved fyrsetting. Muntlige kilder som beretter om forhold langt tilbake i tid, er en problematisk kildetype, og vi må drøfte disse kildene nærmere.

Dessverre er det på Kongsberg ikke kjent noen nedtegnet muntlig tradisjon som berører fyrsetting før i siste halvdel av 1900-tallet. En noe eldre nedtegnelse stammer fra Modum Blåfarveverk, hvor fyrsetting ble brukt så sent som i 1875. I J. A. Samuelsens nedtegnelser av 'Folkeminne frå Modum' er det gjengitt en beretning om "Stullbrenning". Her heter det (i Kai Hunstadbråtens tillempede Modum-mål):

Etter at en fjerding lakterved var brent ned, kom de med en ny fjerding ved på ei tralle, og hadde da med kaldt vann som de slo på den hete fjellveggen. Når fjellet ble så raskt avkjølt, sprakk det av i skram, som stollbrenneren da måtte kare av og lesse på tralle før han kunne sette ny fyr.<sup>57</sup>

Informanten skal være Karine Rygh (1846-1928), som frem til 1917 bodde på Skuterudhøyden ved gruvene, hvor hennes far Erik Evensen Rygh arbeidet fra 1842.<sup>58</sup> Det fremgår videre av beretningen at Erik Rygh og en arbeidskamerat ble reddet etter å ha besvimt da de "brente stull" i Ludwig Eugen. Informantens far hadde altså selv drevet med fyrsetting, noe som gjør nedtegnelsen til en annenhånds beretning. Informanten har neppe deltatt i dette arbeidet, enn si observert det. Nedtegnelsen skjedde først i 1920-årene, lenge etter fyrsettingens tid, med fare for at historien kan ha blitt endret underveis, foruten at en eventuell vannbruk kun til slukking av bålrester allerede ved farens fortelling for barna hjemme kan ha blitt 'oppskalert' i dramatiserende hensikt. Et annet usikkerhetsmoment er at Samuelsens opprinnelige notater fra intervjuet med Karine Rygh er svært skissepregede og *mangler* nettopp momentet om vannpøsing!

Fra Modum har vi informasjon om fyrsetting fra Blåfarveverkets bergmester Karl Fr. Bøbert, publisert i tyske fagtidsskrift, og den franske bergingeniør J. Durochers informasjon trykt i et fransk fagtidsskrift etter observasjoner på stedet omkring 1845. Ingen av disse kilder nevner vannbruk. Også skriftlige kilder fra Modum tilsier altså at vannpøsing på det oppvarmede fjell ikke har vært vanlig.

For Kongsberg påberopte Støren seg som nevnt nedtegnelser av muntlig tradisjon om fyrsetting - med vannbruk - og gjenga en angivelig beretning fra 1888, en henvisning som vi har funnet er usikker. Det ble i 1950-årene nedtegnet beretninger og gjennomført intervjuer av flere eldre sølvverksarbeidere. Her er

det lite om fyrsetting, mest om egne opplevelser, og ingen som levde da hadde selv drevet med fyrsetting.

I 1979 intervjuet forfatteren sammen med Hans A. Gulli sølvverksarbeideren Hans Wiermyhr (født 1905), som kunne fortelle om fyrsetting etter muntlig tradisjon i egen slekt. Wiermyhr opplyste at hans bestefar var Sølvverkets siste "fyrheier". Han hadde arbeidet med fyrsetting i "Elsestull", det siste fyrarbeidet ved Sølvverket, og han trodde det var i 1887. - Antakelig er det riktig at bestefaren faktisk var den siste fyrsettingsarbeider - i europeisk gruvedrift: Sølvverkets aller siste fyrhauer var ifølge skriftlige kilder sannsynligvis Kittil O. Viermyr. Stedsangivelsen er noe usikker men kan med en viss velvilje tolkes til området der de skriftlige kildene beretter om den siste fyrort i 1890, i Gottes Hülfe in der Noth gruve, 328 meter under dagen. At Kittil skal ha brent ut selve Else stoll, slik det fremkommer i intervjuet, er tvilsomt, - denne stollen ble drevet gjennom på 1700-tallet. Om utførelsen fortalte Hans Wiermyhr at arbeiderne fyrte i to døgn, at de stadig hevde på ved, og "så hevde dem på kaldt vann og så b'ynte dem og banke og kile". På spørsmål om vannet kom i bøtter og spann, svarte han at det kom med en heis som "gikk med vann". Det må i tilfelle ha vært en 'vannsøylemaskin' som sto i denne gruva, den var riktignok plassert et stykke høyere opp enn det siste fyrstedet, men det kan eventuelt være snakk om avløpet fra denne maskinen. I et nytt intervju med Wiermyhr i 1985, forsøkte Odd Arne Helleberg og Hans A. Gulli å få ytterligere detaljer, bl.a. med henvisning til at kildene ikke nevner spesielle spann eller andre gjenstander som ble brukt ved angivelig vannpøsing, noe som den gang hadde vært fremholdt av forfatteren som et svakhets-tegn ved vannmyten. - Wiermyhr fastholdt at de "hevde på vann", med "trebytter", henholdsvis "skvetta på vann", og "så klemte dem til å banke og kile, alt dem kunne". Det kom frem alt i det første intervjuet at fortelleren hadde hørt beretningen av faren, og ikke kunne ha hørt den direkte fra bestefaren, som han ikke husket, og som skal ha gått bort alt i noen og femti års alder (han var født i 1833). Faren, Johan Kittilsen Viermyr (f. 1874) begynte ved Sølvverket som løsarbeider - sjeider - i 1891.<sup>59</sup> At det siste fyrarbeid i det siste intervjuet dateres til 1880, behøver vi ikke legge særlig vekt på.

Hans Wiermyhrs fortelling må vurderes seriøst, idet historien iallfall ikke har gått over mange ledd, og altså stammer fra den siste fyrhauer. På den annen side er det altså ikke en gang en annenhånds beretning, og det er et langt tidsrom mellom bestefarens fortelling til sønnen, hans gjenfortelling videre til sin sønn igjen, og til intervjuene i nyere tid. Det kan ikke utelukkes at det faktiske innhold i fortellingen er blitt noe endret på veien. Det er mulig at den opprinnelige fortelling har nevnt en eventuell vannbruk til slukking av bålrester, eller endog poeng-

tert det som et dramatisk element, og at denne del av fortellingen siden i kraft av sin dramatiserende funksjon har glidd over til å ta en mer sentral plass enn den faktisk hadde.

Tradisjonen om vannbruk ved fyrsetting er ikke entydig. Et intervju i 1982 med sølvverksarbeider Karl Muggerud (født 1892), ved Hans A. Gulli og Fred Steinar Nordrum, tok også opp spørsmålet. Muggerud fremstilte da fyrsetting uten bruk av vann: "da det hadde fått brent ned så var det fyrheieren, da, som var ute med denna vesle hammeren sin og banka a' det som var løst da, så godt som det lot seg gjøra. Og så var det å setta ei ny sette igjen." Muggerud betvilte på et direkte, oppfølgende spørsmål at det skulle ha vært brukt vann ved fyrsetting: "Nei jeg trur'te dem brukte vann. Dem bare gikk på denna varme stoffen og banka a'." Det er uklart hvor Muggerud har sine opplysninger fra, men det er grunn til å tro at også han formidlet en tradisjon. Også hans far og bestefar hadde vært sølvverksarbeidere. Han tvilte på om bestefaren, Knut Ljøterud (født 1836), hadde vært fyrhauer, men han var ansatt ved verket 1858-1902 og kan ha kjent godt til teknikken,<sup>60</sup> og Muggerud kan, i motsetning til Wiermyhr, ha fått beretningen direkte overlevert fra bestefaren. Teoretisk kan det tenkes at informanten har vært påvirket av avisskriverier som alt flere år før dette intervjuet formidlet forfatterens tvil om vannmyten. Men det er vanskelig å tro at en eldre mann - Muggerud var 90 år ved intervjuet - av den grunn skulle ha endret en slik gammel overlevering.

## Arbeidsoperasjon og gjenstander ved angivelig vannbruk

Dersom vannbruk hadde vært vanlig som en integrert del av fyrsettingen, vil vi måtte forestille oss hvordan vannpøsingene konkret ble utført som en arbeidsoperasjon, og hvilke gjenstander som kunne være knyttet til arbeidet. Falkberget, som skulle skildre teknikken så å si filmatisk, var naturligvis opptatt også av dette. Fyrhauerne og ungesellene i 'Elisabeth Ort' går til verket nærmest som soldater i et slag, springer frem med store vannbøtter og hiver på det glovarme fjellet, kaster seg "øvet og behendig" unna skyer av kokende damp, og holder albuen avvergende opp for ansiktet: "Ellers vilde de bli kokt levende og flådd fra fotsåle til isse." De går på fjellet og bryter det løs med jernredskaper imellom vannpøsingene; mens utbrutt og "ennu sydende" stein lempes til side av fordrere og middeljunger, som småspringende bærer steinen i armer og i tretrau. Falkberget nevner i et brev til Støren at "Vatnet fantes alltid i nærheten, i "sompene", som senere ble tømt med "vasshunder", vogner, kjørte med hest".

Et problem her - foruten det tvilsomme i at en dagligdags arbeidsoperasjon skulle foregå under så dramatiske omstendigheter - er at det iallfall på Kongsberg ikke er funnet særskilte vannbøtter for fyrsetting, eller for den saks skyld andre gjenstander med klar tilknytning til vannpøsing ved fyrsetting. Kildene nevner riktignok små spann, såkalte *pfützeimere*, som det også er bevart flere av, men de var vanlige til øsing av vann særlig fra bunnen av sjakter, samt til påhelling av vann under boring for å 'svette ut' borstøvet. Selv om de hypotetisk også kan ha blitt brukt til vannpøsing ved fyrsetting, utgjør de ikke noe selvstendig belegg for vannbruk. De rommet for lite til alene å ha stått for en slik omfattende vannfrakt og påpøsing. Det er vel heller ikke helt riktig at vann alltid var tilgjengelig for å øses opp med slike små spann; - de kan ikke ha løpt lange veier med slike vannskvetter. Selve *innfraktingen av vann* til arbeidsstedet ville uansett kreve større kar. Det var heller ikke alltid en liketil ting. Avstanden fra et sted der vann kunne samles til skrammen ved fyrsettingen kunne være lang, særlig ved de store stollanleggene. Arbeidet med frakting av vann, og gjenstander til frakting og påpøsing, burde ha vært nevnt i de detaljerte kildene.

## Forskningslitteratur

En av de første historieforskere som har behandlet spørsmålet, er Sten Lindroth i sitt store historieverk om gruvedriften i Falun, hvor fyrsetting var vanlig. Lindroth konkluderer ut fra studier av den internasjonale bergverkslitteraturen med at vannpåhelling av det opphetede fjell åpenbart ikke ble brukt i mellomeuropeiske gruver. Ut fra sine inngående kildestudier fra Stora Kopparberget fastslår Lindroth at vannpåhelling av det opphetede fjell ikke nevnes, og han mener at det ikke har forekommet der. Her anfører Lindroth at det motsatte pleier å oppgis i litteraturen, hvor det f.eks. i arbeider om Stora Kopparberget i 1930-årene "egendomligt nog utan närmare diskussion tagits för givet". Derimot nevner Lindroth senere at selve ilden, samt brennende malmmasse, som regel sluktes med vann, men han tilføyer at også i den perioden det her er snakk om (1700-tallet), heller ikke omtales noen vannpåhelling av det opphetede fjell.<sup>61</sup>

Som nevnt, skrev Kristian Moen i 'Kongsberg Sølvverks historie' om vannbruk, i tråd med Størens forarbeider. Moens utsagn om fyrsetting bringer forøvrig andre feil: Teknikken kunne angivelig "ikke med fordel brukes før gruvesjaktene ble forbundet med stoller så det ble gjennomtrekk", og fyrsetting nede i gruvene kom angivelig "ikke i alminnelig bruk før etter 1670". Dessverre er disse



feiloppfatninger - inkludert vannmyten - også ført over i generell økonomisk-historisk litteratur.<sup>62</sup>

Professor i oppredning, Magne Mortenson, beskriver derimot fyrsetting uten vannbruk i en 'bergteknisk-geologisk oversikt' som i 1978 utkom som et tillegg til et nytt opplag av Moens bok (s. 488):

"På grunn av de forskjellige mineralers anisotrope varmeeekspansjon og ikke minst kvartsens omvandling fra  $\alpha$ - til  $\beta$ -modifikasjon, sprenges krystallene, og bergarten mørnes så den lett kan brytes løs etter avkjøling."

Mortenson påpeker også det fornuftige i å sette ny fyr før bergveggen ble avkjølt: "Varmebølgen kunne da drives lengre innover i berget så sprengningseffekten økte."

På Røros har Sverre Ødegaard forsket i bergverksteknikkhistorie, både i internasjonal litteratur og i lokale kilder. På tvers av den sterke Falkberget-tradisjon i vår nordlige bergstad, konkluderer Ødegaard:

"Det er i dag gjengs oppfatning at det vart slege vatn på det gloheite fjellet etter at fyren var nedbrent, men det finst ingen opplysningar i dei gamle kjeldene som kan tyde på at dette vart gjort."<sup>63</sup>

Derimot nevner han "opplysningar som tyder på at dei nytta vatn for å slokke restane av elden; glør og halvbrende vedtre som dei grov vekk frå brytingsstaden."<sup>64</sup> (Siden artikkelen mangler kildehenvisninger, fremgår det ikke klart om det dreier seg om kilder fra Røros, eller om det siktes til f.eks. Lindroths uttalelser om Falun.)

I internasjonal forskningslitteratur har arkeologer og antikkhistorikere, i hvert fall inntil de aller seneste år, hatt en tendens til å anføre vannbruk som vanlig.<sup>65</sup> Antakelig skyldes det avhengighet av Hannibal-historien og andre klassiske kilder. Noe mer forbeholden er likevel den tyske bergverksarkeolog Gerd Weisgerber, som anfører at når fyren er brent ned, kan sprengvirkningen forsterkes med påhelling av kaldt vann, men at det ikke er ubetinget nødvendig.<sup>66</sup> I samme stil skriver den britiske arkeolog Simon Timberlake at fyrsettingen både kan og ikke kan innebære plutselig avkjøling ved påhelling av vann for å forsterke den oppsprekkende virkning.<sup>67</sup>

De saksiske bergverkhistorikere Otfried Wagenbreth og Eberhard Wächtler fremholder at en ytterligere oppsprekking av det hete fjell ved fyrsetting ved avkjøling med vann kun fant sted forsøksvis på 1600-tallet og uten suksess, tvert imot fremstillingen i litteraturen.<sup>68</sup> - Med disse forsøkene siktes det sikkert til Rösslers fremstilling.

Det er interessant å se på forsøk med fyrsetting som britiske arkeologer nylig har gjort. De oppdaget for det første at fyrsetting hadde god virkning uten vannbruk, og for det andre, at vannpåhelling ikke øket virkningen særlig.<sup>69</sup>

Lynn Willies har gjort dyptgående undersøkelser av både fyrsettingens fysiske prosesser og praksis flere steder verden over, presentert i en nyere artikkel. Han påpeker at fyrsetting ikke er avhengig av vannbruk for å være effektiv, men fremholder at bruk av vann på hett fjell kan være "a most potent factor in its breakdown, where it can be applied!".<sup>70</sup> Bemerkningen er en kommentar til min kategoriske avvisning av vannbruk som en myte, og kan ikke tolkes som om Willies mener at vannbruk var vanlig. Paul Craddock konkluderer i et nytt oversiktsverk over forhistorisk gruvedrift med en klar avvisning av vannmyten:

"If water was ever thrown over the fireset areas its only function would have been to cool the shattered rock and extinguish the fire so that work could commence, the dousing could play no part in the fracture of the rock as the exposed rock was already deeply shattered."<sup>71</sup>

Craddock viser til egne eksperimenter, hvor fjellet begynte å sprekke opp straks fyren brant skikkelig. Forsøk med påspruting av vann førte til voldsom men grunn oppsprekking og at svært lite fjell kunne brytes etterpå - det var dessuten nesten umulig å nærme seg fyren når den brant i trange bergrom i en primitiv gruve, bemerker Craddock. - At fyrsetting er virkningsfull uten vannbruk, er bekreftet av flere forsøk som i de senere år er utført i Kongsberg-gruvene i Norsk Bergverksmuseums regi. Enhver som tviler kan prøve selv!

## Kildeproblemer ved muntlig overlevering - grunner for vannmytens styrke

Falkberget begynner sin omtale av fyrsetting i 'Christianus Sextus' med et par bemerkninger som kan sette oss på sporet av grunner for mytedannelsen:

"At det gikk an å kløve en kampesten i to ved hjelp av eld og vann opdaget Kain eller Tubail Kain på et meget tidlig tidspunkt - lenge før den første bergmann steg ned i schachten og begynte å gå gjennom det lukkede berg - - - Nei, oppfinnelsen lar sig ikke tid- og stedfeste. [...] Det kunde være et tegn vel verd å legge merke til da den gloende stenen ved leirbålet sprang i filler!"<sup>72</sup>

I den folkelige forestilling om fyrsetting og vannmyten ligger det to vesentlige feilkilder, begge med rot i folks egne erfaringer: Mange har opplevd stein som sprekker for ild under påhelling av vann *for å slukke bål*. Men da dreier det seg for det første om *løse steiner*, for det andre om en mindre omfattende 'fyrsetting'

*under åpen himmel.* Det skulle være lett å se grunnleggende forskjell på betingelsene for fyrsetting i de to situasjoner. En fast arbeidsprosess i trange bergrom, med omfattende fyring og store opphetede fjellmasser, ville i langt mindre grad enn ved utendørs bål tillate vannpøsing med derav følgende faremomenter ved fordampning og mulig utslyngning av steinfragmenter. Løse steiner er også noe helt annet enn en sammenhengende fjellmasse, som for det første står under et bergtrykk som kan bidra til hetebrytingen, og for det andre uansett ligger bedre til rette for oppsprekking, ved at partier under heteutvidelse kommer i spenning til omgivende fjellmasser, mens løse steiner kan utvide seg friere, uten at det skapes tilsvarende spenninger.

Det kan likevel være verdt å merke seg denne folkelige erfaring, som nettopp markerer at bergbryting ved vannpøsing kan ha oppstått som en *utilsiktet bivirkning ved slukking av varme*. Forholdet kan være en kime til vannmyten som tradisjon også ved bergverk: En mer eller mindre sporadisk vannbruk for å slukke bålrester, og kanskje en derav følgende tilfeldig oppsprekking av varme steiner eller fjell der slukkevannet renner, kan gjennom flere ledds overlevering ha blitt forsterket under påvirkning av overleveringens dramatiserende kraft. Resultatet er blitt at en slik egentlig ubetydelig vannbruk har blitt opphøyet til selve essensen i prosessen, - i vannmytens form.

I overleveringsprosessen ligger et tosidig forhold mellom forteller og tilhører. Selv om overleveringen ytre sett er en ensidig meddelelse, kan fortelleren i sin utforming av en historie tar hensyn til hvem tilhøreren er og hvilke virkninger han kan oppnå: Forteller man kanskje for et barn? Øver ikke det skumle og farlige, det spektakulære, en egen tiltrekningskraft? Selv om det bare antydes, vil ikke barnet lett se for seg den dramatiske situasjon, også mer dramatisk enn den opprinnelig var ment, - og vil ikke barnet bære i seg denne forestillingen, og senere som voksen selv formidle den videre, kanskje i forsterket form?

Formidling av tradisjonsstoff kan i sosiale sammenhenger preget av faste strukturer nok være temmelig regelbundet og forpliktende, noe som vil støttes av muligheten for gjensidig kontroll som kan ligge i en fortellersituasjon. Men også her vil overleveringen bære i seg muligheten for dramatisering og dermed endring i saksinnhold, som vil forsterkes ved overlevering gjennom flere ledd.

Falkberget var en dreven forteller. Deri ligger også en evne til selvstendig utforming av fortellingens drama. Vannmyten, som Falkberget selv trodde på, ikke minst ut fra hva han hadde hørt ved Røros-gruvene i sin barndom, måtte for ham være et velegnet utgangspunkt for dramatisk diktning, og dermed en videreføring og forsterking av mytedannelsen omkring fyrsettingen. Vi må

konkludere med at Falkbergets fremstilling av fyrsettingen i 'Elisabeth Ort' ikke kan utnyttes som en historisk beretning om denne teknikken.

Kanskje ikke bare vannmytens dramatiske potensiale, men også dens elementer har gjort det lett for den å slå rot i menneskesinnet. Fyrsetting er en prosess som involverer tre av de fire grunnelementer som antikkens tenkere opererte med, nemlig jord (her: fjell), ild og luft; - bare vannet mangler, men med vannmyten blir kvartetten fulltallig. Det er mulig den sterke folkelige forestilling om vannbruk ved fyrsetting kan ha sine røtter i en slags arketypisk - urbilledlig - binding til de fire grunnelementer. Kanskje tilhører vannmyten 'det kollektive ubevisste' i psykologen C. G. Jungs forstand. Av og til får man inntrykk av at folk har hatt forestillingen med seg fra før fødselen...

## Konklusjon

Innledningsvis anførte vi tre punkter som skulle begrunnes:

- (1) at bruk av vann *ikke var noen nødvendig del* av teknikken;
- (2) at eventuell bruk av vann under jord tvert imot *kunne medføre flere ulemper enn fordeler*; og
- (3) at det heller *ikke er sannsynlig at bruk av vann har vært vanlig*, iallfall ikke i underjords gruvedrift.

Punkt 1 skulle være mer enn godt nok dokumentert i bergverkslitteraturen og andre samtidige kilder, samt gjennom senere fysiske betraktninger og forsøk: Fyrsetting virker, og virker godt, uten at det er nødvendig å pøse på vann.

Punkt 2 skulle også være åpenbart, og støttes også av kildene.

Punkt 3 synes klart å støttes av den store vekt av kilder som beskriver fyrsettingen til dels inngående, uten at vann er nevnt, men hvor det burde ha vært nevnt, dersom det skulle ha vært vanlig. Kildene stammer fra forskjellige perioder og steder. Oppfatningen støttes også av annen forskningslitteratur, som f.eks. fra Falun, Røros, Sachsen og Storbritannia.

Det kunne ikke forventes at samtidige kilder skulle ha tatt opp spørsmålet om vannbruk til drøfting: I beskrivelser av teknikker er det naturligvis ikke vanlig å gå inn på hvordan de *ikke* utføres. Likevel finnes det en kilde fra 1500-tallet som kommer inn på spørsmålet, på bakgrunn av eddikhistorien i de klassiske skrifter. Denne kilden avviser at slik avkjøling har noe for seg, og hevder at 'dagens bergforstandige' ville fraråde noe slikt.

Enkelte skrifter nevner likevel vannbruk. I flere tilfeller dreier det seg mer eller mindre klart om mulige forsøk som kan ha vært gjort, uten at kildene kan

tolkes som om vannbruk skulle være vanlig. Selv der fyrsetting inkludert vannbruk omtales generelt, omtaler kildene vannbruken til dels forbeholdent, ved at dette kunne skje dersom vann var for hånden, el.l. I noen tilfeller synes det som om forfatterne ikke selv kan ha hatt førstehånds erfaringer eller bygger på pålitelige kilder, og noen bygget antakelig på eldre beretninger hvor vannbruk er omtalt. - Tilsvarende innvendinger kan riktignok også anføres om flere av de kilder som *ikke* omtaler vannbruk.

Denne artikkelen er ikke noe forsøk på å motbevise at vann *noen gang kan ha blitt brukt* ved fyrsetting. Det er som nevnt ikke mulig, og det er både rimelig å tro, og underbygd av skriftlige kilder at forsøk med og sporadisk bruk av vann stedvis har skjedd. Det kan heller ikke kategorisk avvises, men heller ikke bekrefte, at vann *enkelte steder* endog kan ha vært brukt mer regelmessig. Det må eventuelt underbygges nærmere med lokale kildeutsagn. Poenget må være at siden vannbruk ikke var en nødvendig del av teknikken, må det kreves underbygging med samtidige, skriftlige kilder eller andre troverdige belegg, i alle tilfelle skapt med tilknytning til den enkelte lokalitet, før det er mulig å anta at vannbruk var et vanlig innslag i fyrsettingen på det aktuelle stedet. For Kongsbergs del finnes det ikke slike belegg, selv om det har eksistert en muntlig tradisjon om vannbruk. Tvert imot er det her dokumentert en betydelig tyngde av samtidige, skriftlige kilder der fraværet av vann er totalt og ikke kan annet enn å overbevise den som studerer kildene nøye om at det ikke kan ha vært vanlig. Selv om muntlig overlevering i flere tilfeller inkluderer vannmyten, er heller ikke tradisjonen entydig i dette spørsmålet.

En vurdering av fysiske forhold ved prosessen kan her ikke bli utfyllende, både fordi forfatteren har begrenset naturvitenskapelig sakkunnskap, og fordi det øyensynlig er flere krefter som virker under fyrsettingens disintegrasjon av det faste fjell: Varmeutvidelse, dannelse av spenningsforskjeller mellom bergarts-partier og mineralpartikler, bergmekaniske forhold dvs. påvirkning av bergtrykk fra omgivende fjell, mørning, oppsprekking av kvartsmineralmassens sammenheng pga. sprøhet, endring av kvartsens krystallstruktur, mulige væske- og luftinneslutninger. Med de store variasjoner i fjellets geologiske sammensetning og egenskaper fra sted til sted, og andre varierende naturforhold, kan vi gå ut fra at forskjellige fysiske prosesser vil ha varierende betydning for fjellets disintegrasjon fra sted til sted og kanskje også under varierende fyrsettingsteknikk. Det er ønskelig med mer kunnskap om de fysiske sider av fyrsettingsprosessen, noe som kan oppnås ved at fagfolk innen forskjellige felt beskjeftiger seg med fyrsetting så å si som naturfenomen. Antakelig vil vitenskapelige eksperimenter med fyrsetting under varierende forhold kunne gi mer kunnskap.<sup>73</sup>

Det er interessant å vurdere to kildetyper opp mot hverandre: Skriftlige og muntlige. De skriftlige kilder er for øvrig ikke ensartet: Noen beretter mer eller mindre direkte og samtidig om erfaringer fra praksis på et bestemt sted, mens andre er mer litterære og generelle, og skapt i en faglig sammenheng hvor det tas hensyn til eldre litteratur innen emnet. I utgangspunktet er den første typen skriftlige kilder de sikreste, men heller ikke slike kildeutsagn kan aksepteres uten forbehold. En styrke ved den generelle litteratur er at den for en del er skapt av fagfolk, som også søker å forklare prosessen og dens virkninger fysisk, - riktig nok i varierende grad, og med vekslende hell. En styrke ved de muntlige kilder er at de bringer videre en tradisjon skapt - om enn mer eller mindre korrekt gjengitt - av arbeiderne selv, som i kraft av å være selve aktørene i utførelsen av teknikken, naturligvis er de som hadde best forutsetninger for å beskrive den korrekt og utfyllende. Det ligger likevel betydelige problemer i avstanden mellom fortelling og viderefortelling, med de farer som der ligger innebygd for misforståelser i kommunikasjonsprosessen mellom forteller og tilhører, ofte i flere ledd fra de som selv hadde erfaring med teknikken, trangen til dramatisering i muntlige fortellinger, når vi ser dem som en slags underholdningsgenre. Slike folkelige fortellinger kan ikke forventes å være særlig presise og uforanderlige.

Selv om vi har påpekt faren for avhengighet av eldre kilder i det skriftlige materiale, og da først og fremst i den generelle faglitteratur, skal vi heller ikke se bort fra at også den muntlige tradisjon kan være påvirket av utenforliggende forhold. F.eks. vil Falkbergets fremstillinger av fyrsetting i mellomkrigstidens folkelesning godt ha kunnet påvirke den muntlige tradisjon som først er nedtegnet etter annen verdenskrig. Både for muntlige og skriftlige kilder vil allmenne forestillinger om hva som 'var mest naturlig' kunne ha påvirket fremstillingen, og da helst i retning av å bringe inn eller forsterke vannelementet. Slik kan den 'sunne fornuft' ha bidratt til å ta knekken på 'sannheten'!

Vi kan konkludere ut fra kildematerialet og nyere eksperimenter at det er entydig at vann er unødvendig - det finnes en fyldig dokumentasjon på bergbryting med oppheting alene. Ellers må det på bakgrunn av det omfattende kilde- og litteraturtilfang være tillatt å slutte *e silentio* i mange tilfeller: I nitidige og bokstavelig talt tørre og nøkterne beskrivelser av prosessen, der vann burde ha vært nevnt dersom vannmyten hadde vært sannhet, finnes ikke vann nevnt, iallfall ikke i vannmytens forstand. De få tilfeller i litteraturen der vann er nevnt, forekommer det (1) i stor grad i tilfeller med overtakelse fra andre forfattere eller som spekulasjon uttrykt i forbeholden og hypotetisk språkdrakt, eller det nevnes (2) som en mulighet i tillegg til 'normal' bryting uten vann, og som eksperimenter.

Det er som nevnt innledningsvis, ikke mulig å avvise at vann noengang er brukt - tvertimot er det kjent eksempler på forsøk, og det kan være rimelig å tro at det har vært prøvd mange steder - også på bakgrunn av den sterke folkelige forestilling om det fornuftige i vannbruk. Vann har åpenbart også vært brukt til etterslukking av bålene uten primær brytingshensikt, og under slik slukking kan også vann ha rent over opphetet fjell og allerede løsnede steiner og bidratt til ytterligere oppsprekking. Likevel er det ingen ting som tyder på at dette har skjedd annet enn unntaksvis, men her kan det ligge en kime til forvandling av mygg til elefanter gjennom dramatiserende overlevering.

\* \* \* \* \*

Vann var hverken vanlig eller nødvendig for å få fjell til å løsne under oppheting ved fyrsetting. Omtale av vann bør utelates i generelle beskrivelser av denne teknikken, og i visse tilfeller kan det være på sin plass å understreke at vann ikke var vanlig eller nødvendig ved fyrsetting, tvert imot hva som ofte angis.

## LITTERATUR

- Agricola, Georgius 1912 - 1928 - 1974 (1556): *De re metallica libri XII*, München (engelsk oversettelse v. Hoover og Hoover 1912 (nyutg. 1950), nyere tyske oversettelser 1928 og Ammianus Marcellinus: *Römische Geschichte*, 1. del, bok 14-17, Berlin: Akademie-Verlag 1968).
- Berg, Bjørn Ivar 1980: "Døden i gruva. Dødsulykker og årsaker ved Kongsberg Sølvverk 1740-49", i: *Langs Lågen* 1980 s. 109-116.
- Berg, Bjørn Ivar 1989: "Bergarbeit in Skandinavien vom 14. bis zum 17. Jahrhundert", i: Ludwig, K.-H. og Sika, P. (red.): *Bergbau und Arbeitsrecht. Die Arbeitsverfassung im europäischen Bergbau des Mittelalters und der frühen Neuzeit*, Wien (= *Böcksteiner Montana* 8), s. 187-209 (norsk utgave: *Norsk Bergverksmuseums interne skriftserie* nr. 3, Kongsberg 1989).
- Berg, Bjørn Ivar 1994: *Gruveteknikk ved Kongsberg Sølvverk 1623-1914*, Norsk Bergverksmuseum, Kongsberg, 2 bind (doktoravhandling).
- Brard, C. P. 1829: *Elémens pratiques d'exploitation des mines*, Paris.
- Brünnich, Morten Thrane 1983 (1800): "Beretning om Grubevæsenet med dertil henhørende Indretninger ved Kongsberg Sølvverk 1800"; utg. v. Bjørn Ivar Berg, *Bergverksmuseets skriftserie*, skrift nr. 2, Kongsberg.
- Calvör, Henning 1763: *Acta historico-chronologico-mechanica circa metallurgiam in Hercynia superiori. Oder Historisch-chronologische Nachricht und theoretische und praktische Beschreibung des Maschinenwesens, und der Hülfsmittel bey dem Bergbau auf dem Oberharze*, 2 deler, Braunschweig.
- Calvör, Henning 1765: *Historische Nachricht von der Unter- und gesammten Ober-Harzische Bergwerke*.

- Cancrinus, F. L. v. 1774: *Erste Gründe der Berg- und Salzwérkskunde*, bd. 5, *Die Grubenbaukunst*, Frankfurt a. M.
- Collins, Arthur L. 1892/93: "Fire-setting: The art of mining by fire", i: *Transactions of the Institution of Mining Engineers* bd. V s. 82-92.
- Craddock, Paul T. 1995: *Early Metal Mining and Production*, Edinburgh UP.
- Crew, Peter 1990: "Firesetting Experiments at Rhiw Goch, 1989", i: *Early Mining in the British Isles*, Plas Tan y Bwlch, s. 57.
- Delius, Christoph Traugott 1773: *Anleitung zu der Bergbaukunst*, Wien.
- Diodorus Siculus: *Diodorus of Sicily in ten volumes*, II, bok II, 35-IV, 58, Cambridge/London: Harvard U.P. 1935 (Loeb Classical Library).
- Durocher, J. 1855: "Notes sur l'exploitation des mines et des usines dans le nord de l'Europe", i: *Annales des mines* bd. VIII s. 213-303.
- Dyrvik, Ståle et al. 1979: *Norsk økonomisk historie* bd. 1: 1500-1850, Univ. forlaget.
- Falkberget, Johan 1924: *I Nordenvindens Land*, Kristiania: Aschehoug.
- Falkberget, Johan 1936: *I vaktårnet*, Oslo: Aschehoug.
- Falkberget, Johan 1964 (1935): *Christianus Sextus*, III: Tårnvekeren, Oslo: Aschehoug.
- Forbes, R. J. 1966: *Studies in ancient technology*, 2. utg. bd. VII, Leiden.
- Følsch, Edw. Gustaf 1818: *Resa i Norrige 1817*, Strengnäs.
- Gatterer, Christoph Wilh. Jacob 1785/86, 1790: *Anleitung den Harz und andere Bergwerke mit Nutzen zu bereisen*, 3 bd., Göttingen.
- Gätzmansmann, Moritz Ferd. 1846: "Die Lehre von den bergmännischen Gewinnungsarbeiten", Freiberg (= *Vollständige Anleitung zur Bergbaukunst*, 3. del).
- Hartmann, Carl 1858: *Handbuch der Bergbau- und Hüttenkunde*, Weimar.
- Hellerud, Leif 1993: *Folk og boplasser rundt Skuterudåsen*, Espå: Lokalhistorisk forlag.
- Héron de Villefosse, A. M. 1819: *De la richesse minérale*, bd. 2, Paris.
- Hertwig, Christoph 1710: *Neues und vollkommenes Berg-Buch*, Dresden/Lpz.
- Hoffmann, Carl Robert 1830: *Der belehrende Bergmann*, Pirna (faksimileutg. Essen 1981).
- Holman, Bernard W. 1927: "Heat-treatment as an Agent in Rock-breaking", i: *Transactions Institution of Mining and Metallurgy*, bd. 36 s. 219-262.
- Howat, D. D. 1939: "Fire-setting", i: *Mine & Quarry Engineering* 1939 s. 239-245.
- Jars, Gabriel 1781: *Voyages métallurgiques*, bd. 3, Lyon.
- Jugel, Johann Gottfried 1744: *Gründlicher und deutlicher Begriff von dem gantzen Berg-Bau-Schmelz-Wesen*, Berlin.
- Jugel, Johann Gottfried 1771/72: *Die vollkommene Bergwerkskunst, oder der Bergmann vom Leder und Bergmann vom Feder*, 2 bd., Berlin.
- Kojen, Sturle 1980: "Arbeidsfolk og arbeidsliv i Falkbergets diktning", i: *Falkberget nå. Artikler ved hundreårsjubileet*, Oslo: Aschehoug, s. 141-162.
- Kern, J. G. / Oppel, F. W. v. 1769: *Bericht vom Bergbau*, Freiberg.
- Kommandantvold, Kristian Magnus 1971: *Johan Falkbergets bergmannsverden*, 2 bd., Oslo.
- Köhler, Alexander Wilhelm 1791: *Bergmännisches Taschenbuch auf das Jahr 1791*, Freiberg/Annaberg.
- Lehmann, Johann Gottlob 1751: *Kurze Einleitung in einige Theile der Bergwerckswissenschaft*, Berlin.
- Leo, Wilh. 1861: *Lehrbuch der Bergbaukunde*, 2 bd., Quedlinburg.
- Lewis, Andrew 1990: "Firesetting Experiments on the Great Orme, 1989", i: *Early Mining in the British Isles*, Plas Tan y Bwlch, s. 55-56.
- Lindroth, Sten 1955: *Gruvbrytning och kopparhantering vid Stora Kopparberget intill 1800-talets början*, bd. I: "Gruvan och gruvbrytningen", Uppsala.
- Livius: *Livy in fourteen volumes*, V, bok XXI-XXII, Cambridge/London: Harvard U.P. 1982 (Loeb Classical Library).



- Löhneys, Georg Engelhard von 1690 (1617): *Gründlicher und ausführlicher Bericht von Bergwercken*, Stockholm/Hamburg (1. utg. Zellerfeld 1617).
- Lottner, Heinrich/Serlo, Albert 1869: *Leitfaden zur Bergbaukunde*, 2 bd., Berlin.
- Mathesius, Johann 1564 (1562): *Sarepta oder Bergpostill*, Nürnberg (faksimileutgave Národní Technické Muzeum Praha 1975).
- Moen, Kristian 1967: *Kongsberg Solvverk 1623-1957*, Oslo: Universitetsforlaget.
- Münster, Chr. S. 1914: "Fyrsætningen ved Kongsberg sølvverk", i: *Tidsskrift for bergvæsen* 11/1914 s. 145-151.
- Neuer Schauplatz der Bergwerkskunde*, 15 bd., Quedlinburg/Lpz 1845-1859.
- Polybius: *Polybius - The Histories in six volumes*, II, Cambridge/London: Harvard U.P. 1979 (Loeb Classical Library).
- Rössler, Balthasar 1700: *Speculum Metallurgiæ Politissimum. Oder: Hell-polierter Berg-Bau-Spiegel*, Dresden.
- Rosted, Henrik 1814: "Forsøg til en medicinsk Topographie over Bergstaden Kongsberg, saaledes som samme befandtes i Slutningen af det 18de og Begyndelsen af det 19de Aarhundrede", i: *Nyt Bibliothek for Læger*, Kbh., bd. 1 s. 1-57. [Nyutg. Sølvverkets Venner, Kongsberg 1994]
- Rosumek, Peter 1982: *Technischer Fortschritt und Rationalisierung im antiken Bergbau*, Bonn: Dr. Rudolf Habelt (= *Habelts Dissertationsdrucke, Reihe Alte Geschichte* 15).
- Sage, Evan 1922/23: "Splitting rocks with cold water", i: *Classical Weekly* bd. 16 s. 73-76.
- Samuelsen, Jacob Andr. 1966: *Folkeminne frå Modum*, tilrettelagt av Kai Hunstadbråten, Oslo: Universitetsforlaget 1966
- Sanness, Bjarne 1948: *Solvverksmuseet Kongsberg. Fører gjennom museet*.
- Serlo, Albert 1884: *Leitfaden zur Bergbaukunde*, bd. 1, Berlin.
- Sprengel, J. Fr. 1753: *Beschreibung der Harzischen Bergwerke*, Berlin.
- Støren, Ragnvald 1954: "Løkken Verk 1654-1904", i: *Løkken Verk. En norsk grube gjennom 300 år*, Orkla Grube-AB s. 15-136.
- Timberlake, Simon 1990a: "Review of the Historical Evidence for the Use of Firesetting", i: *Early Mining in the British Isles*, Plas Tan y Bwlch, s. 49-52.
- Timberlake, Simon 1990b: "Firesetting and Primitive Mining Experiment, Cwmystwyth, 1989", i: *Early Mining in the British Isles*, Plas Tan y Bwlch, s. 53-54.
- Wagenbreth, Otfried og Eberhard Wächtler (red.) 1990: *Bergbau im Erzgebirge. Technische Denkmale und Geschichte*, Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie Leipzig.
- Weisgerber, Gerd 1989/90: "Montanarchäologie. Grundzüge einer systematischen Bergbaukunde für Vor- und Frühgeschichte und Antike", del I/II, i: *Der Anschnitt* 6/1989 s. 190-204, 1/1990 s. 2-18.
- Werner, Abraham Gottlob 1788: "Von den verschiedenen Graden der Festigkeit des Gesteins, als dem Hauptgrunde der Hauptverschiedenheiten der Häuerarbeiten", i: *Bergmännisches Journal* bd. 1 s. 4-21.
- Wetterdahl 1878: *Populär lärobok i grufbrytning*, Falun.
- Willies, Lynn 1992a: "Report on the 1991 archaeological survey of Kestel tin mine, Turkey", i: *Bulletin of the Peak District Mines Historical Society*, bd. 11 nr 5 s. 241-247.
- Willies, Lynn 1992b: "Ancient and post-medieval mining sites in the Khatri copper belt and Kolar gold field, India", i: *Bulletin of the Peak District Mines Historical Society*, bd. 11 nr 6 s. 285-295.
- Willies, Lynn 1994: "Firesetting technology", i: Ford, Trevor D. og Lynn Willies (red.): "Mining Before Powder", *Peak District Mines Historical Society Bulletin* bd. 12 nr. 3, s. 1-9.
- Ødegaard, Sverre 1982: "Bergbryting i eldre tider", i: *Fjell-Folk, årbok for Roros-traktene* 1982 s. 8-24.

## NOTER

1. Berg 1994, bd. 2, ekskurs 1.2, s. 302-353. Ekskursen gjengir de kilder som ikke har fulle henvisninger i denne artikkelen. Hovedteksten i avhandlingen går bl.a. i detalj inn på fyrsettingens historie på Kongsberg. Denne artikkelen er en bearbejdet versjon av ekskurs 1.1 i bd. 2.
2. Timberlake 1990a s. 52 nevner Mynydd Rhiw og Langdale i Storbritannia; se ellers Weisgerber 1989 s. 200. Påvisningen i Tyskland stammer fra en arkeologisk undersøkelse i regi av Deutsches Bergbau-Museum i 1953, og gjelder flintgruver i Kleinkems (Baden-Württemberg).
3. Se f.eks. oversikt med litteraturhenvisninger i Timberlake 1990a s. 52: Rudna Glava, Jugoslavia; Sifnos, Egeerhavet; Cabrieres, Frankrike; Mitterberg, Østerrike; Zawar og Dariba, Rajahstan, India; Isle Royale, Lake Superior, USA; Wadi Fawakkir, Egypt; Mount Gabriel, Irland; foruten flere fra Storbritannia: Great Orme's Head, Lladudno; Parys Mountain, Anglesey og Nantyreira, Plynlimon; Cwmystwyth; og muligens Alderley Edge, Cheshire. - For Tyrkia og India se også Willies 1992a/b, og en mer generell oversikt i Willies 1994.
4. Jfr Rosumek 1982; Weisgerber 1989/90. Forøvrig finnes en betydelig litteratur om antikens bergverksdrift.
5. Jfr Agricola 1928 (1556) s. 88 ff; Rössler 1700 s. 61. For Falun fremgår den utbredte fyrsetting alt av privilegiene av 1347 og brytningsreglementet fra 1360: Lindroth 1955 I s. 36, jfr Berg 1989 s. 189.
6. Livius XXI, xxxvii, 1-3 (1982 s. 107 ff); Ammianus Marcellinus XV, 10 (1968 s. 147).
7. Gätzschnmann 1846 s. 692.
8. Rosumek 1982 s. 23 ff (hypotesedannelsen s. 27 f).
9. Hoovers utgave av Agricola (1912 s. 118 f n. 14), senest fulgt av Craddock 1995 s. 35.
10. Se særlig Polybius III.55 (1979 s. 133); jfr Sage 1922 og Rosumek 1982 s. 25, som også har henvisninger til andre beretninger om Hannibals veibygging: Silius Italicus som bare omtaler ilden som agens, mens Juvenal igjen tillegger eddik virkningen, Appian en blanding av vann og eddik, Ammianus Marcellinus følger Livius. Rosumek nevner også forfattere som omtaler fyrsetting utenom Hannibal-episoden, også med forskjellig holdning til vann- eller eddikbruk.
11. Flere forfattere nevnes av Sage 1922, som drøfter Livius' historie og begrepet *acetum*, og som er villig til å akseptere historien med visse forbehold. Sage påpeker likevel at passasjen om ilden og eddiken ikke nevnes av Polybius, som ellers også forteller i detalj om Hannibals ferd. Jfr Rosumek 1982 s. 23 ff.
12. Plinius XXXIII, xxi, 71 (1952 s. 55); jfr Forbes 1966 s. 206, jfr ibid s. 208 som nevner at teknikken fortsatt var i bruk ved veibygging i Nord-Italia: "There the author was assured that the vinegar was "a very cold substance", which would strengthen the water's effect, for did not a drop of strong vinegar on the top of the hand cause an icy feeling?" Uansett om Forbes ved selvsyn har forsikret seg om bruken av eddik eller ikke, merker vi oss at det likesom i Hannibals tilfelle, er tale om fyrsetting i friluft. Forbes nevner forøvrig (s 207) at det i Mitterberg (romerske kobbergruver i Østerrike) fantes arrangementer med trerør for lede vann frem til ortene for rask avkjøling av den hete fjellflate, og dette nevnes også ellers, uten at det oppgis kilde eller gis noen nærmere redegjørelse for funnet eller tolkningen, som dermed ikke kan vurderes nærmere her; - jeg tror det kan reises tvil om funn og tolkning.
13. Diodorus Siculus, III, 1, 4-5. Jfr tysk oversettelse i *Neuer Schauplatz der Bergwerkskunde*, bd. 7 s. 51; som angir mer spesifikt at de bryter fjellet med 'slegger, kilhakke eller andre jernredskaper', noe som kan være en nyere tolkning; jfr Leo 1861 s. 118 f. Collins

- 1892/93 s. 82 som også gjengir en knappere engelsk oversettelse; jfr Howat 1939 s. 239 som gir sammenhengen med Agatharchides.
14. Agricola 1974 (1556) s. 165-167.
  15. Mathesius 1564 (1562) folio 195a.
  16. Rössler 1700 s. 76, 3. bok kap. 24 § 20.
  17. Jfr Wagenbreth og Wächtler 1990 s. 160, 168 ff, som synes å ha samme tolkning.
  18. Rössler 1700 s. 61, 3. bok kap. 4 §§ 1-3.
  19. Kern/Oppel 1769 s. 53 f.
  20. Löhneyss 1690 (1617) s. 55 f; Hertwig 1710 s. 130; Jugel 1744 s. 47, 1771/72 bd. 1 s. 76; Lehmann 1751 s. 58; Sprengel 1753 s. 48; Calvör 1763 s. 2, 10, 1765 s. 199; Cancrinus 1774 s. 200; Gatterer 1785 s. 30.
  21. Riksarkivet, Stockholm, Bergskollegiet, huvudarkivet, EIII:13, s. 477 ff.
  22. Berg 1994 bd. 1 s. 165.
  23. Jars 1781 s. 107 ff.
  24. Universitetsbiblioteket i Oslo, ms. fol 46, s. 6.
  25. Technische Universität Bergakademie Freiberg, Georgius-Agricola-Bibliothek, Handschriftensammlung, Werner-Nachlass, Bd. 38, "Von Betrieb der Oerter durch Feuersetzen zu Kongsberg in Norwegen. Ein Aufsatz von Herr Henckel dem Aeltern." Gjengitt i Berg 1994 bd. 2 s. 322-326.
  26. Brünnich 1983 (1800) s. 17-19. - Det er ikke funnet spor i Brünnichs privatarkiv eller andre steder av noen andre eksemplarer av Henckels manuskript.
  27. Universitetsbiblioteket i Oslo, ms. fol 50 s. 117 (Esmark) og fol 51 s. 17 f (Münster), Bergseminarets eksamensprotokoller.
  28. Jfr. note 1.
  29. Morgenbladet tilleggsnr. 151/1851.
  30. Se Berg 1994 bd. 2 s. 334.
  31. Ibid, s. 337-339 (fra bd. 1 - 1887).
  32. De aktuelle passasjer om fyrsetting finnes i Durocher 1855 s. 244-248.
  33. Collins 1892/93. Collins skriver at han nylig har sett prosessen i arbeid i gruva på Kongsberg (s. 86). De to kommentatorene som også hadde vært på Kongsberg, var dr. C. Le Neve Foster fra Llandudno, som besøkte gruvene der i 1875, og beskrev ventilasjonsopplegget (ibid s. 89), og Bennett H. Brough fra London, som for å se fyrsetting for noen år siden hadde besøkt Kongsberg, Rammelsberg og noen ungarske gruver, men bare hadde lyktes på Kongsberg, og kunne bekrefte nøyaktigheten i Collins' beskrivelse (ibid).
  34. Jfr Timberlake 1990a, Willies 1994.
  35. Collins 1892/93 s. 90.
  36. Ibid s. 91.
  37. Wetterdahl 1878 s. 161-164. Innledningsvis nevnes at fyrsetting "hos oss" fortsatt bare forekommer på noen få steder og svært underordnet. Det kan tyde på at teknikken stedvis var i bruk noen steder etter at den nylig (1875-76?) var avskaffet i Sala.
  38. Brard 1829 s. 120.
  39. Gätzschnmann 1846 s. 678, 692 f.
  40. Héron de Villefosse 1819 s. 107-108, 304-307.
  41. Hoffmann 1830 s. 13; *Neuer Schauplatz der Bergwerkskunde* bd. 7 s. 48; Hartmann 1858 s. 196 ff; Leo 1861 s. 120.
  42. Lottner/Serlo 1869 s. 179; passasjen er ordrett tatt inn i den senere utgave, Serlo 1884 s. 327. I den sistnevnte bok er det tatt inn en beskrivelse av et fyrsettingsapparat oppfunnet av Hugon og presentert i Dinglers *Polytechnisches Journal* bd. 189, s. 461 og bd. 191, s. 363, samt i *Berg- und hüttenmännische Zeitung*, Leipzig 1868 s. 398, av Kerl og Wimmer.

Apparatet var en slags ovn fyrt med steinkull eller koks, og med lufttilførsel. Finfordelte vanndråper ble blåst inn med luften. Arbeiderne måtte bære en maske med tettvevde tråder for å beskytte seg mot heftig omflyvende steinsplinter. Når kraftige sprekker oppstår i fjellet, eller vegger og flak løsner, drar arbeideren ovnen tilbake og avkjøler fjellet med vann fra et røropplegg eller en håndsprøyte, heter det.

43. Artikkelens forfatter er riktignok oppgitt til Christian S. Münster, men det må være en trykkfeil. Direktøren var nettopp på denne tiden opptatt av Sølvverkets historie i forbindelse med verkets deltakelse på Jubileumsutstillingen i Kristiania.
44. Korrespondansen er bevart i Størens samling i Riksarkivet, Oslo, Priv. 335, nr. 21-22 samt et brev i Riksarkivet, Kongsberg Sølvverk 115.5, og er gjengitt i Berg 1994 bd. 2, s. 344-346.
45. Kommandantvold 1971/2 s. 128.
46. Ibid s. 110.
47. Se f.eks. Kommandantvold 1971/1 s. 29.
48. Kojen 1980 s. 147.
49. Kommandantvold 1971/2 s. 141.
50. Berg 1980.
51. Falkberget 1924 s. 25.
52. Jfr Kommandantvold 1971/2 s. 100. - Den sistnevnte artikkel er publisert i *I Vaktårnet* (Falkberget 1936 s. 15).
53. Berg 1994 bd. 1 s. 87.
54. Jfr f.eks. Brünnich 1983 (1800) s. 17.
55. Riksarkivet, Oslo, Priv. 335, nr. 1 s. 66.
56. Støren 1954 s. 40. - Det er mulig at korrespondansen med Borchgrevink i 1952 nettopp var foranlediget av at dette spørsmålet, og trolig at redaksjonen har skrevet denne fotnoten.
57. Samuelsen 1966 s. 142.
58. Hellerud 1993 s. 119 ff, 125 ff.
59. Norsk Bergverksmuseum, manntall.
60. Ibid.
61. Lindroth 1955 I s. 84, 89 (sit. note 8), 269 f.
62. Dyrvik et al. 1979 s. 49 (her heter det i tillegg at fyrsettingen "kring 1670" ble tatt i bruk inne i gruvene "med bål på spesielt oppbygde stillas"). Moens utsagn: 1967 s. 32 f.
63. Ødegaard 1982 s. 10.
64. Ibid, s. 11.
65. Se f.eks. Sage 1922/23, Forbes 1966 s. 208, Rosumek 1982 s. 23 ff.
66. Weisgerber 1989 s. 200.
67. Timberlake 1990a s. 49.
68. Wagenbreth og Wächtler 1990 s. 44.
69. Timberlake 1990b; Lewis 1990; Crew 1990.
70. Willies 1994 s. 4 og 8 (sitat).
71. Craddock 1995 s. 33.
72. Falkberget 1964 (1935) s. 74.
73. Arne Myrvang v. Institutt for gruvedrift på NTH mente i en samtale med forfatteren i 1985 at bergmekaniske forhold ville ha stor betydning for fyrsettingen, og foreslo å studere driftens form i forskjellige dybder og under andre varierende bergtrykk, samt å ta tynnslip av forskjellige bergarter og utsette de for fyrsetting. (Noe tilsvarende ble gjort ved Royal School of Mines og er rapportert i Holman 1927, som bl.a. går nøye inn på endringer av kvartsens krystallstruktur ved oppvarming.) - Lynn Willies går i en ny artikkel (1994) inn på fysiske forhold ved fyrsettingsteknikken.

**Vedlegg: Utdrag om fyrsetting fra Johan Falkberget: *Christianus Sextus III*,  
Tårnvekteren, 1964 (1935) s. 104-106.**

[Fyrsetting er omtalt i kapitlene Fyrslagertegnet, To fyrhauere - og to ryttere, og De glødende mil op til paradiset, s 74-75, 88-90, 92-94, 96-98, 101-102, 104-106.]

I "Elisabeth Ort" stod fyrhauerne Klas-Anders, Kristen Kommandant og Hopop-Pitter nakne til livet - - - den stikkende neseklut hang svoelgul under øinene.

Og ungesellene fløi som rakkerknekter frem og tilbake med fakkelen i den ene hånd og store vassbøtter i den andre.

"Vast litt! Vast der! Warnung!" varskudde fyrhauerne på norsk og platt-tysk om hverandre og tømte vassbøtten utover det gloende berg - - som sprakk og slo lange revner.

En sky av kokende damp steg op mot hvelvet. Og for hver gang kastet fyrhauerne sig øvet og behendig unda og holdt albuen avvergende op for ansiktet. Ellers vilde de bli kokt levende og flådd fra fotsåle til isse.

Jernstaurer, bersjern og klang av hamrer overdøvet manns mål. Bare det enstonige "Vast litt! Vast der! Warnung!" hørtes gjennom larmen.

Det utbrutte og ennu sydende berg lempet fordrerne og middeljungerne til side - småspringende bar de det i armene og på tretrau. Og det góvet og røk ved alle snott og bergfester. Hele orten var en fosskokende gryte.

Peder Monsen Rugelsjøen stod som en annen skipper og pekte i øst og vest.

"En bøtte der, Kristen! To bøtter der, Pitter! Aus på liggen, Klas-Anders!"

Og Klas-Anders løftet en skvulpende bøtte på dirrende armer og slengte vatnet av alle krefter langs med bergveggen - - - men så gled han på en sten og stupte nesegrus inn i dampen.

Fakler og tjærelamper sluknet.

Peder Monsen og Kristen Kommandant fikk tak i en fot hver og drog ham på slep over stenene. Han blev liggende litt - - - ennu ikke helt klar over det redselsfulle som var skjedd.

Og så kom smertene - - -

"Je brinn opp!" jamret han og tok på å krype rundt på knærne. "Je kvamme! Få ti vatn! Hjelp mei! I Jesu Kristi namn!"

"Hit med fakkelvearme!" ropte Peder Monsen til vassvakten lenger oppe. "Fakkelvearme! Lån oss varme!"

De fikk tendt lys og gav sig til å skvette kaldvatn på Klas-Anders.

"Nei, det her gikk visst gali det -" Peder Monsen løftet fakkelen og lyste op i ansiktet hans. Håret og huden på høire side av tinningen var skallet av og seg i røde valker nedover kinnet.

"Å jø å lell -" lød det fra mange på en gang. "Før tebola!"

[Det ender ikke bedre enn at Klas-Anders dør dagen etter.]

### En nygammal teknikhistoria

Staffan Hansson, **Teknikhistoria: Om tekniskt kunnande och dess stora betydelse för individ och samhälle**. Studentlitteratur, Lund, 1996. 446 sidor.

Av någon outgrundlig anledning har det inte ansetts riktigt fint att skriva historiska översiktsverk i Sverige. Det har varit ovetenskapligt och därmed föga meriterande. Att sådana böcker till råga på allt riskerar att bli lästa även utanför kretsen av närmast sörjande är dessutom suspekt i sig. Simpelt brödskriveri!

Så blev det också journalisten Herman Lindqvist som fick i uppdrag att skriva den svenska historien. När vi med rätta kritiserar Lindqvist för ovetenskaplighet skall vi inte glömma att den till en del möjliggjorts genom fackhistorikernas fanflykt.

I den anglosaxiska forskarvärlden är det annorlunda. Där uppskattas den goda syntesen, förmågan att se de betydelsefulla linjerna i utvecklingen och modet att intellektuellt konfrontera de stora historiska problemen.

Det är mot denna bakgrund glädjande att notera, att det finns svenska teknikhistoriker som går mot strömmen, inte minst därför att det växande antalet studenter som läser teknikhistoria skapar en efterfrågan på bra översiktsverk. För några år sedan kom *Svensk teknikhistoria* med Sven Rydberg som redaktör och strax därefter *Den kupade handen* av Bosse Sundin.

Staffan Hanssons *Teknikhistoria* är den senaste svenska boken i denna genre. Verket är en bearbetning och utveckling av den *Teknik-Historia* Hansson kom ut med redan 1990. Det fördubblade sidantalet och det förändrade innehållet gör att Hansson själv, i sin inledning, ser böckerna som två olika verk. De innehållsmässiga förändringarna består dels i att författaren breddat och fördjupat sitt material, dels och framförallt i att den utomeuropeiska teknikutvecklingen givits en framträdande roll. Genom att hela tiden relatera den europeiska teknikhistorien till vad som händer inom den muslimska, indiska och kinesiska kultursfären får framställningen en intresseväckande dialektisk dynamik som leder fram till den svåra historiska frågan: Varför Europa? Hur kommer det sig att Europa, som under så lång tid vistats i skuggan av de stora österländska kulturerna, under 1800-talet förmår dominera världen? Det är en styrka hos Hansson att han inte undviker den här typen av stora frågor. Även om han inte kan ge något säkert svar, för han ett analytiskt resonemang kring problemen.

En sak som Hansson inte förändrat i den nya teknikhistorieboken är anslaget. Jag förstår honom. Det är en underbar text som förtjänar att upprepas även här:

I mitten av 1600-talet förklarade ärkebiskopen av Armagh på Irland, James Usher, att Gud skapade jorden år 4004 f. Kr. Usher hävdade att hans påstående kunde bevisas med hjälp av Bibeln. Dr John Lightfoot, rektor vid universitetet i Cambridge, förde något senare ärkebiskopens teori om jordens och människans ursprung ännu ett steg vidare. "Människan", sade han, "skapades den 23 oktober 4004 f. Kr. kl 9 på morgonen."

Därefter följer boken en gängse kronologisk uppläggning. De första 60 sidorna ägnas människans forntid och där kan noteras att Hansson, i den kontroversiella frågan om varför den neolitiska revolutionen inträffar, ansluter sig till uppfattningen att en klimatförändring var den avgörande faktorn.

När det gäller frågan om huruvida antiken var en teknisk stagnationsperiod intar Hansson ungefär samma position som Sundin. Han betvivlar inte det storskaliga slaveriets negativa inverkan men ger ett stort antal belägg för att påståendet om stagnation måste anses som en överdrift.

Även om Hansson således inte ser antiken som teknikutvecklingens förlorade år, så är han teknikhistoriskt konventionell i den meningen, att han betonar medeltidens avgörande betydelse för den fortsatta utvecklingen. Medeltiden har ju under de senaste decennierna blivit föremål för historikernas äreräddning. Det som tidigare var "Den mörka medeltiden" - en pinsamt lång parentes i mänsklighetens utveckling - har ju som bekant blivit "Den dynamiska medeltiden". Inte minst teknikhistorikerna har bidragit till den omvärderingen.

Det är i avsnitten om antiken och medeltiden som de flesta utomeuropeiska kopplingarna görs. Hela tiden relaterar Hansson de europeiska landvinningarna till vad som ägt rum inom andra kulturer, särskilt den kinesiska. Lärdomsgiganten Joseph Needham är städse närvarande i texten. Under medeltiden betonar Hansson europeernas benägenhet att ta till sig ny teknik - inte minst från Kina - som en viktig faktor för den fortsatta utvecklingen. Det är nu västerlandets framtida supremati grundläggs. Hur denna utveckling sedan manifesteras under tiden fram till den industriella revolutionen kan sägas vara temat för 1600- och 1700-talens nya tid.

Ser man till bokens disposition som helhet har den en äldrehistorisk slagsida. Tre fjärdedelar ägnas tiden före 1800-talet och endast en fjärdedel behandlar de senaste två seklen. Rent kronologiskt kan detta naturligtvis rättfärdigas men knappast om vi beaktar teknikens exponentiella tillväxt under de senaste århundradena. Emellertid tror jag att förklaringen till detta förhållande är en helt annan.

Mao Zedongs vän och vapenbroder Zhou Enlai lär ha tillfrågats om sin syn på den Franska revolutionen. Han svarade att han inte hade någon - det var för tidigt att uttala sig om den! Kanske är anekdoten tillverkad, men den sätter fingret på ett problem inga författare av historiska översiktsverk kan undvika. Proberstenen är det tjugonde århundradet. När utvecklingen, och kanske särskilt den teknikhistoriska utvecklingen, exploderar samtidigt som det historiska perspektivets välsignelsebringande filter ännu inte trätt i funktion, hur gör man då? Hur bringa ordning i detta kaos?

Hansson löser problemet genom förenkling. När sekelskiftet, med elektrotekniskt genombrott och förbränningsmotorernas intåg, avklarats låter han seklets resterande teknikutveckling i stort sett representeras av datorteknikens utveckling. Den materialtekniska utvecklingen liksom exempelvis den biotekniska förbigås med tystnad. I sakregistret saknas ordet laser.

Problemet är som sagt reellt och jag kan acceptera den här lösningen om bara författaren argumenterar för den. När så inte sker får man lätt intrycket att berättelsen kollapsar för att sidorna tagit slut.

När olika teknikhistoriska författare försöker leva upp till credot att betrakta den tekniska utvecklingen som någonting som växelverkar med de sociala, ekonomiska och kulturella förändringarna, speglar resultatet inte sällan författarnas disciplinära hemvist. Det är t.ex. inte svårt att se den idéhistoriska kopplingen i *Den kupade handen*. På samma sätt lyser Hanssons historiska, eller kanske snarare ekonomisk-historiska, lärdom igenom texten. Särskilt i skildringen av den industriella revolutionen blir detta tydligt. Jag ser inget negativt i detta. Tvärtom, det ger oss flera olika teknikhistorier eftersom ändå ingen, inom några rimliga ramar, förmår skriva mänsklighetens samlade historia.

Boken är rikt illustrerad med klargörande bildtexter. Ämnesrådets bildmässighet gör dock att man gärna hade kunnat tänka sig ytterligare illustrationer, även om jag inser att bokens format i så fall kunde bli ohanterligt stort.

Trots några små kritiska invändningar vill jag varmt rekommendera boken. Den är både intressant och välskriven, och det skulle förvåna mig om den inte kommer att återfinnas på de flesta teknikhistoriska grundkursers litteraturlistor. Med flera och stora upplagor skulle dessutom två saker kunna rättas till: några onödiga korrekturfel samt ett ganska högt pris (ord 468 kr).

*Lars Strömbäck*



## Hus av slaggsten

Ann Marie Gunnarsson, *Hus av slagg — byggnadskonst i Bergslagen*. Jernkontorets Bergshistoriska utskott, serie H 53, Stockholm 1994. 136 sidor.

Slaggsten (även kallad sindersten) förekommer i svensk byggnadstradition som ett utpräglat regionalt byggnadsmaterial, knutet till järnbruksbygder. Tekniken att gjuta byggblock (slaggtegel) av masugnsslagg från järnframställning hämtades från England omkring 1750; något senare kom den tyskinspirerade metoden att på olika sätt bygga med slaggflis i oregelbundna former. Teknikutvecklingen motiverades med önskan att omdisponera skogsresurser från husbyggnad till träkolsframställning för järnexporten; intressant är att denna tanke särskilt drevs av bergmästaren Axel Fredrik Cronstedt, vars utveckling av den bränslebesparande kakelugnen för bostadsuppvärmning vid samma tid - 1760-talet - hade motsvarande motiv.

Slaggteglet var ett billigare material än lertegel. I drygt 200 år, så länge träkolsmasugnar fanns, tillverkades slaggtegel i Bergslagen. Den basiska slaggen från koksmasugnar gick inte att gjuta utan föll sönder vid stelandet; efter Svartå hyttas nedläggning 1966 var träkolsmasugnarna borta.

Slaggtegelsarkitekturen har fått många former. Den speciella materialverkan med den ofta glasartade, grön- eller blåskiftande ytan kom särskilt till sin rätt i slaggtegelhusen, men även flishus med synligt murmaterial har förekommit. I många fall är dock slaggmaterialet dolt under en putsyta. Slaggflis har använts i gjutmurar och som utfackning i korsvirkeshus.

Ann Marie Gunnarssons bok *Hus av slagg* är ett pionjärbete. Slaggstensbyggandet har inte tidigare fått någon samlad framställning. Inom ett begränsat format ges här en stor mängd information i text och bild. Till grund ligger arkivstudier, intervjuer samt fältstudier i Bergslagen. Här har författaren funnit exempel på slaggstensbyggnader av mycket olika typer, från enkla ekonomibyggnader till ett mausoleum vid Ferna bruk, ritat 1904 av den hedemorafödde arkitekten Lars Israel Wahlman (han har råkat få fel förnamn i boken).

Författaren nämner kort att slagghus förekommer också utanför Bergslagen men ger inga närmare hänvisningar. Ett inte okänt exempel på större avstånd är brukskapellet i Ankarsrum från 1890-talet. Anmälnaren erkänner sig ha bidragit till slaggstensarkitekturens nutida spridning genom vattentornet vid Östra Södermanlands järnväg i Mariefred (1980), som får anses försvarat genom att det står granne med en jordkällare i samma material, sannolikt från tiden kring den ursprungliga järnvägens tillkomst 1895. Tornets sten är dock importerad från en riven ladugård vid Flosjöhyttan på f.d. Svartälvs järnväg.

Ann Marie Gunnarssons bok är ett välskrivet och intressant arbete, som bör kunna locka till djupare bearbetning av detta hittills nästan obrukade fält i den svenska byggnadskulturens och byggnadsteknikens historia.

Björn Linn

## Inför det stora energibeslutet

Arne Kaijser & Marika Hedin (Eds.), **Nordic Energy Systems: Historical Perspectives and Current Issues**. Canton, Mass.: Science History Publications/USA, 1995. 246 sidor.

Dagligen (våren 1996) förekommer i massmedia uppgifter om effekterna av den vid årsskiftet genomförda avregleringen av den svenska elmarknaden. Åtskilliga uppköp av eldistributörer offentliggörs och diskussioner förs om huruvida kraftkonsumenter gynnas eller missgynnas. I maj 1993 hölls i Vargön utanför Trollhättan en konferens där såväl framväxten av olika energisystem som avregleringen och dess tänkbara framtida effekter diskuterades. De olika deltagarnas bidrag finns återgivna i *Nordic Energy Systems* med Arne Kaijser och Marika Hedin som redaktörer. Boken har tre teman. Först diskuteras elsystemens framväxt i ett historiskt perspektiv. Temat för andra delen är förhållandet mellan energisystemet och industrin. Slutligen behandlas avregleringar och kraven på åtgärder för att skapa en mer miljövänlig energiproduktion. Syftet har varit att jämföra utvecklingen i de nordiska länderna. Konferensdeltagarna kom från ett flertal länder och representerade olika grupper med intresse för energisystemen.

De tre artiklar som berör elsystemets framväxt är skrivna av Lars Thue, Arne Kaijser och Eva Jakobsson. De båda förstnämnda lägger stor vikt vid institutionella och geografiska faktorer för att förklara varför elsystemen i Norden har utvecklats som de gjort. Jakobsson tar upp ämnet vattenkraftutbyggnaden och inför begreppet "industrialization of rivers" för att beskriva hur floder i analogi med andra industrier kommit att bli föremål för "economies of scale, managerial control, rationalization" etc. Gemensamt för dessa artiklar är att de delvis anknyter till Thomas P. Hughes modell för sociotekniska system. Hughes har för övrigt skrivit ett förord till boken där han ger sin syn på nordbors förhållande till naturen, tekniken och industrin.

Under rubriken 'energisystemen och industrin' återfinnes artiklar av Ole Hyldtoft, Timo Myllyntaus och Olle Gimstedt. Hyldtoft berör etableringen av gasverk i Norden under perioden 1800-70. Gimstedt beskriver processerna som ledde fram till att Sverige fick sina första kärnkraftreaktorer. I båda dessa artiklar diskuteras främst industrins roll som tillverkare av komponenter till energisystemen. Myllyntaus å andra sidan lägger tonvikt på industrin som stor förbrukare av elenergi. Han anlägger ett brett jämförande perspektiv mellan de nordiska länderna och visar på nationella skillnader i energiförbrukning, vilka härrör från olikheter i industristrukturen. Tillgången på billig elenergi stimulerade också framväxten av nya industrier såsom den elektrometallurgiska industrin i Norge.

Avslutningsvis berör sex forskare olika aspekter på temat avreglering, energi och miljö. Atle Midttun beskriver hur olika aktörer i Norge och Sverige drivit på och sökt påverka formerna för liberaliseringen av elmarknaderna. Jane Summerton studerar svenska energibolags strategiska handlande under åren 1991-93. Hon ser två alternativa vägar som kommunala energibolag kan välja att gå; antingen att slås ihop till regionala energibolag eller att köpas upp av större kraftbolag vilka kan ägas av såväl svenska som utländska intressen. Det senare valet skulle innebära slutet på kommunalt ägande av energibolag.

Mikael Hård och Sven-Olof Olsson menar att en avreglering kan komma att få negativa följder för miljön på grund av minskat intresse för att bygga kraftvärmeverk. Genom att studera den historiska utvecklingen under efterkrigstiden finner de argument för att (el)kraftbolag inte ser fjärrvärmen som en naturlig del av sin verksamhet och inte heller är beredda att satsa på den. Detta kan få negativa konsekvenser om kommunala energibolag köps upp av t.ex. Vattenfall. Frede Hvelplund är inne på samma linje i en artikel som diskuterar försöken att skapa en mer miljövänlig energiproduktion i Danmark. Han menar att representanter för elsystemet har motarbetat utbyggnaden av såväl kraftvärmeverk som vindkraftverk. I en avslutande artikel beskriver slutligen Gunnar Agfors de hittills fruktlösa försöken att skapa ett nordiskt system för distribution av naturgas, något som misslyckats då Sverige med sin geografiska nyckelplacering på senare tid ställt sig avvisande. Enligt Agfors kan inte planerna realiseras om inte Sverige ändrar sin energipolitik.

Förhållandet mellan teori och empiri varierar mellan de olika bidragen i boken, men genomgående ligger tyngdpunkten på det senare. En styrka är att de flesta författarna inom ramen för sina artiklar behandlar utvecklingen i såväl sina hemländer som övriga nordiska länder. Med sin historiska/nutidshistoriska inriktning utgör *Nordic Energy Systems* ett synnerligen värdefullt inlägg i en aktuell debatt.

## I Sovjetunionens kärnvapenfabriker

David Halloway, *Stalin and the Bomb*. Yale University Press, New Haven, CT, 1994. 464 sidor.

Som framgår av bokens undertitel "The Soviet Union and Atomic Energy 1939 - 1956" behandlas mycket mera än arbetet med atombomben. Bl.a. ges en exposé över den naturvetenskapliga utvecklingen i Sovjetunionen efter revolutionen 1918 med särskild tonvikt på kärnfysik och kärnteknik. Författaren har haft tillgång till arkiv i f.d. Sovjetunionen och har intervjuat ett flertal nyckelpersoner. Det har tidigare gjorts vissa försök från västvärlden att beskriva kärntekniken i Sovjet, men i mycket har man fått förlita sig på officiell historieskrivning eller på arbeten om enskilda personer. Den föreliggande boken är därför, såvitt jag vet, den första samlade och kritiskt analyserande beskrivningen av den tidiga kärntekniska utvecklingen i Sovjetunionen.

Mycket av den moderna ryska fysiken har sin upprinnelse i ett "Physicotechnical Institute", som fanns i Leningrad redan under revolutionen. Det fick sedan namn efter A. Ioffe, som var dess chef från 1920 och många år framåt. Med detta som model skapades i början på 1930-talet flera liknande forskningsinstitut i olika delar av Sovjetunionen. Den tidiga sovjetiska staten var i princip positivt inställd till naturvetenskaperna men ville att de så mycket som möjligt utnyttjades för samhällets, och särskilt industrins, bästa. Under 1920-talet kunde därför de sovjetiska fysikerna hålla god kontakt med sina kollegor i väst. Så t.ex. arbetade Pjotr Kapitza (nobelpris 1978) från 1921 vid Rutherfords laboratorium i Cambridge. Men efter ett besök i hemlandet 1934 fick han inte återvända till England. Försämringarna i det politiska klimatet i Sovjetunionen under 1930-talet blev kännbara för forskarna på detta och flera andra sätt.

Ioffes institut var Sovjets främsta centrum för kärnfysik under 1930-talet. Den första chefen för kärnfysikavdelningen var Igor Kurchatov, som 1943 utnämndes till chef för Sovjets då nystartade kärntekniska program och förblev så fram till sin död 1960. År 1943 kände Stalin (genom spionage) till att USA hade startat ett program i stor omfattning men också att det tyska arbetet inte var framgångsrikt. Efter slaget vid Stalingrad insåg han att en rysk atombomb inte skulle kunna påverka utgången av kriget, men ändå ställdes resurser till atombombsprojektets förfogande.

När Kurchatov skulle planera atombombsarbetet hade han tillgång till flera spionrapporter, främst från Klaus Fuchs. Han förstod att den bästa möjligheten låg i att utveckla en plutoniumbomb. Eftersom Sovjet inte hade

tillgång till tungt vatten, beslöt man bygga en kärnreaktor med grafit som moderator och naturligt uran som bränsle. Båda dessa material var svåra att framställa i tillräckligt stora mängder och med önskad kvalitet.

Först sommaren 1945 lyckades man producera ren grafit. Ungefär samtidigt fann man 100 ton uran i Tyskland, vilket betydde ett års tidsvinst. Efter atombombningen av Hiroshima insåg Stalin den politiska betydelsen av atombomben, och först då gavs projektet mycket hög prioritet. En styrkommitté under ledning av den ökände Beria tillsattes.

Den 25 december 1946 startades den första sovjetiska kärnreaktorn, F1. Den liknade den som Fermi och hans medarbetare hade fått färdig i Chicago fyra år tidigare. Eftersom den inte var försedd med något kylsystem, gick den bara att köra med en effekt av högst några kilowatt. Därmed kunde endast mycket små mängder plutonium framställas. I januari 1949 startades den första vattenkylda produktionsreaktorn med en effekt av 100 MW. Uranbränslet var kapslat i aluminium, vilket till en början orsakade en hel del problem. En fabrik för separation av plutonium byggdes liksom en anläggning för rening av detta samt för framställning av metalliskt plutonium. I juni 1949 hade man tillräckligt med material för en bomb, och i augusti gjordes den första provsprängningen. Som bekant kom detta som en chock för USA, där man trodde att man hade många års försprång framför ryssarna.

Efter bombarbetet fortsatte man att utveckla kärnreaktorer. Bl.a. byggdes en tungvattenmodererad forskningsreaktor. Men när man skulle bestämma sig för en elproducerande reaktor, blev beslutet en grafitmodererad, vattenkyld reaktor av samma typ som de plutoniumproducerande. Den uppfördes i Obninsk, ca 10 mil söder om Moskva. I juni 1954 kunde man ta ut den första elektriska effekten. Även om man i USA tidigare hade visat att el kunde produceras ur värmen från reaktorer, var detta första gången som en reaktorstation kopplades till ett allmänt elektriskt nät.

Dessa ryska framgångar måste ses mot bakgrunden av tre negativa faktorer. Dels använde man i stor utsträckning slavarbetare vid uppbyggnad av fabriker och andra anläggningar. Vidare bortsåg man ofta från personalens hälsa och säkerhet, t.ex. i fråga om strålskydd. Dessutom åstadkom man miljöskador, vilka ibland var av oerhörda mått.

Det är välkänt att Sovjetunionen under 1940-talet låg långt efter västvärlden när det gällde utvecklingen av radar, jetdrift och raketer. Som orsak anges främst misstron mot vetenskapsmän och tekniker. Detta ledde till att nyckelpersoner med unik kompetens plötsligt omplacerades eller "försvann". Det finns också många exempel på detta från arbetet med att bygga upp en

sovjetisk flotta av atomubåtar. Att det kärntekniska arbetet ändå blev så framgångsrikt, berodde på att Beria trots allt insåg nödvändigheten av kompetent personal. Kärntekniken blev därför mindre drabbad än andra områden. Författaren formulerar detta sålunda: "Atombomben räddade en ö av intellektuell självständighet i ett samhälle, där staten hade kontroll över allt intellektuellt liv."

I boken är det kärntekniska arbetet insatt i sitt inrikes- och utrikespolitiska sammanhang genom mycket intressanta och väl dokumenterade överblickar. Sammantaget är boken en utomordentlig källa för den som vill lära känna utvecklingen i Sovjetunionen under decenniet närmast efter andra världskriget.

*Nils Göran Sjöstrand*

### Referenser

- 1) A. Karmish, *Atomic Energy in the Soviet Union*. Stanford University Press (1960).
- 2) *Atomnoij Energetike XX Let*. Atomizdat, Moskva (1974).
- 3) A.M. Petrosyants, *From Scientific Search to Atomic Industry*. The Interstate, Danvill, IL (1975).
- 4) L. Badash, *Kapitza, Rutherford and the Kremlin*. Yale University Press, New Haven, CT (1985).
- 5) I.M. Khalanikov (Ed.), *Landau, the Physicist and the Man*. Pergamon Press (1989).
- 6) Andrei Sakharov, *Facets of a Life*. Editions Frontières, Gif-sur-Yvette (1991).
- 7) Se t.ex. H. Montgomery Hyde, *The Atom Bomb Spies*. Sphere Books Ltd, London (1980).
- 8) N. Riehl, *Zehn Jahre im goldenen Käfig. Erlebnisse beim Aufbau der sowjetischen Uran-Industrie*. Dr. Riederer-Verlag, Stuttgart (1988).
- 9) Z.A. Medvedev, *Kärnkatastrofen i Ural*. Rabén och Sjögren (1979).
- 10) L. Giltsov, N. Mormoul, L. Ossipenko, *La dramatique histoire des sous-marins nucléaires sovjétiques*. Robert Laffont, Paris (1992).

## Fakta och legender i uppfinnarvärlden

Börje Isakson och George Johansson, *Världens snilleblixtar 1*. Natur och Kultur, Stockholm 1995. 96 sidor.

Thomas Alva Edison (1847-1931), är säkert världens mest omskrivne uppfinnare. Han levde i rätt tid och verkade i rätt land. Filmerna *Young Tom Edison* och *Edison the Man* (Spencer Tracy) har hjälpt till att hålla liv i uppfinnarlegenden. När det amerikanska Gallupinstitutet 1945 frågade "Who is the greatest person, living or dead, in world history?" kom Edison på sjätte plats efter Jesus, Franklin D. Roosevelt, Abraham Lincoln, George Washington och General MacArthur.

I sin nya bok om snillrika uppfinnare (jfr *Polhem* 1995/4, sid 427) ägnar Börje Isakson och George Johansson det största utrymmet åt Edison. Stilen är journalistiskt rapp och lättläst, intresset koncentreras till de mest kända uppfinningarna (fonografen, glödlampan, filmkameran). Man kunde gärna fått veta mer om Edisons laboratorium i Menlo Park, detta forsknings- och utvecklingsföretag, som senare kom att bli förebild för våra dagars FoU-satsningar.

Alla bokens snillen är inte uppfinnare i vanlig bemärkelse. Utöver Edison kan egentligen bara James Watt (olika förbättringar av ångmaskinen) och John Logie Baird (elektromekanisk television) räknas dit. Men här möter man också Archimedes, Galilei, Marie Curie och Henry Ford. Urvalet förefaller peka på att man sparar ett antal intressanta namn till en kommande del 2.

Liksom i de tidigare böckerna om svenska snilleblixtar har författarna ibland varit mindre noga med detaljerna. Galileis "slutdokument" hette inte *Dialog om den nya vetenskapen* utan *Samtal och matematiska bevis rörande två nya vetenskaper* (hållfasthetslära och mekanik). The Soho Works, där James Watt och Matthew Boulton tillverkade ångmaskiner, låg inte i Londons Soho utan i norra utkanten av Birmingham. En bild av Brunels berömda järnvägstunnel vid Box nära Bristol sägs visa en tunnel vid järnvägen mellan London och Birmingham, osv.

Även om författarna gärna återberättar de kända legenderna om uppfinnarna, så säger de också ifrån att det är i regel fråga om just legender. Häri skiljer sig boken på ett positivt sätt från ett flertal andra uppfinnarböcker. Sådana legender kan ju också rentav vara nöjsamma att läsa som tillägg till rena faktauppgifter.

*Jan Hult*

### Nyutkommen litteratur

Carl Erik Andresen, **Dansk møbelindustri 1870-1950**. Forlaget Systime, Århus 1996. 157 sidor.

Nils Björkenstam, **Den svenska järnhanteringens tekniska utveckling**. Jernkontorets Bergshistoriska Utskott, H 65, Stockholm 1966. 99 sidor.

Helena Forshell (red.), **Icke-järnmetaller. Malmfyndigheter och metallurgi**. Föredrag från symposium på Jernkontoret den 16 mars 1995. Jernkontorets Bergshistoriska Utskott, H 64, Stockholm 1996. 120 sidor.

Linus Hjerm, **Hugo Svensson & Co. Tidig fotoindustri i Göteborg, 1890-1966**. Institutionen för teknik- och industrihistoria, Chalmers Tekniska Högskola, Rapport 1996-1. 74 sidor.

Bo Molander, m.fl., **Järnhanteringens filmer - en inventering**. Jernkontorets Bergshistoriska Utskott, H 63, Stockholm 1996. 47 sidor.

Lars Paulsson (red.), **Från muskelkraft till rymdfarkost**. Tekniska Museet och Carlssons Bokförlag, Stockholm 1996. 127 sidor.

Lars Paulsson (red.), **Tekniska Museets Faktahäften**, Stockholm 1996:

Muskelkraft, vattenkraft och vindkraft (48 sidor)

Ångmaskiner, ångpannor, ångturbiner och gasturbiner (32 sidor)

Förbränningsmotorer, varmluftsmotorer och propellrar (32 sidor)

Cyklar, MC, mopeder och bilar (44 sidor)

Flygfarkoster (24 sidor).

\*

Göran Ahlström, **Technological Development and Industrial Exhibitions 1850-1914**. Lund University Press 1996. 251 pages.

R. Angus Buchanan (Ed.), **Engineers & Engineering. Papers of the Rolt Fellows**. Bath University Press 1996. 226 pages.

Gert Magnusson (Ed.), **The Importance of Ironmaking. Technical Innovation and Social Change**. Papers presented at the Norberg Conference on May 8-13, 1995, Volume II. Jernkontorets Bergshistoriska Utskott, H 62, Stockholm 1996. 306 pages.



## **History of Technology in Japan**

är ämnet för ett specialnummer (221 sidor) av *Historia Scientiarum*, The International Journal of the History of Science Society of Japan: Vol. 5:2, November 1995. Följande artiklar ingår:

Tadaaki Kimoto, "Technological Development in Japan and Its Historical Research Since World War II"

Tessa Morris-Suzuki, "The Great Translation: Traditional and Modern Science in Japan's Industrialization"

Chikayoshi Kamatani, "*Sake* Brewing and Its Records in Edo Japan"

Satoshi Ihara, "Development of Electric Power Technology and Social Framework in Japan"

Masakatsu Yamazaki, "The Mobilization of Science and Technology during the Second World War in Japan - A Historical Study of the Activities of the Technology Board Based on the Files of Tadashi Inoue"

Ichikawa Hiroshi, "Technological Transformation of Occupied Japan: The Implications of the Policies and Activities of the Scientific and Technical Division of the Economic and Scientific Section of GHQ/SCAP"

Kiyoshi Arakawa, "Basic Features of the Technical Development in Japan during the Post-War Half Century".

Kan beställas från International Academic Printing Co., Ltd., 3-8-8 Takadanobaba, Shinjuku-ku, Tokyo 169, Japan.

## ***Forntida Teknik på Internet***

Som meddelades i *Polhem* 1994/4, sid 421, måste Institutet för Forntida Teknik upphöra med utgivningen av skriftserien *Forntida Teknik* på grund av för höga kostnader. Nu meddelar emellertid redaktören Tomas Johansson att *Forntida Teknik* kommer att återuppstå i elektronisk form. Institutet för Forntida Teknik har skaffat en hemsida på Internet tillsammans med Bäckedals folkhögskola. Artiklar kan sändas dit elektroniskt under adress:

**<http://www.itz.se/backedal/index.html>**

Tomas Johansson hälsar: "Välkommen att använda den allra senaste tekniken för att komma i kontakt med den äldsta!"

Man kan även nå Institutet för Forntida Teknik på gammalt sätt:

c/o Bäckedals folkhögskola, Box 206, 842 22 SVEG.

Tel: 0680-166 70, Fax: 0680-166 65.

## Maskinhallen i Tekniska Museet återinvigd

Den första utställning som öppnades i det nybyggda Tekniska Museet var den stora maskinhallen. Lars Paulsson skriver i *Teknik & Kultur, Tidskrift för teknik-, industri- och arbetshistoria* nr 4.95 om den renovering som nu genomförts, den första sedan invigningen den 24 mars 1938. Den 20 mars 1996 återinvigdes maskinhallen.

Man har varit angelägen att behålla dess ursprungliga karaktär och grundtemat att visa "motoreernas - drivmaskinernas - utveckling från äldsta tid fram till nutid". Sålunda står Samuel Owens stora balansångmaskin, byggd 1829 och använd i Ryds schakt vid Höganäs stenkolsgruva i över 70 år, fortfarande som blickfång mitt i hallen. Renoveringen har gjorts med varsam hand, både i fråga om den funktionalistiska arkitekturen (där man bl.a. låtit göra kopior av den ursprungliga väggarmaturen från Carl Zeiss, som skrotats på 1970-talet) och i fråga om de utställda föremålen (där en del tidigare exponerade föremål bytts ut mot andra som visar utvecklingen fram till nutid).

Lars Paulsson skriver: "Maskinhallen kan beskrivas som en skattkammare - eller en katedral byggd till teknikens ära - fylld av klenoder som visar prov på ingenjörskonst och yrkeskunnande. Maskinhallen är på detta sätt en tidsspegel som återspeglar 1930-talets tro på och entusiasm för tekniska framsteg. Idag har denna entusiasm falnat en smula. I ljuset av en större medvetenhet om motoreernas inverkan på miljön talar vi inte längre om att "tämja naturens krafter" utan snarare om att finna tekniska lösningar som gör det möjligt att existera i harmoni med naturen."

De under **Nyutkommen litteratur** angivna skrifterna av Lars Paulsson, som utgivits till återinvigningen av maskinhallen, kan köpas i Tekniska Museets butik "Kugghjulet" eller beställas därifrån under adress Box 27842, 115 93 Stockholm. Tel: 08-660 45 19.

## Teknikhistoriska Dagar

kommer nästa gång att anordnas under hösten 1997 i Arbetets Museum i Norrköping. Tidpunkten kommer senare att meddelas, bl.a. i *Polhem*.

**XXth International Congress of History of Science  
20-26 July 1997, Liege, Belgium**

**THE NATURE OF ENGINEERING**

**A Symposium is being organised as part of the programme of the above meeting of the International Union of the History and Philosophy of Science (IUHPS). Invited and submitted papers will cover the following themes. Suggestions and submissions related to other relevant themes will be welcomed.**

A. Misconceptions concerning the meaning of "engineer" and "engineering". Changing interpretations of "engineering" in different periods, and in different cultures. Engineering as a complex activity involving abstract and actual; mind and hand; and requiring history, philosophy, science, craft, business and industrial studies to understand it.

B. The development of history and philosophy of the sciences, as disciplines and the failure to develop a mature history and philosophy of engineering. The 19th C (British) confusion about "enlightening" activities (fit for educating university students), and activities associated with commerce, which coarsened and degraded. Engineering was classified with the coarsening activities. The myth of pure and applied science. A brief history of the history of technology.

C. Definitions of engineering method. Basic concepts for defining the nature of engineering. Concepts and models for classifying the way in which the form and complexity of artefacts have changed. The need to study the conceptual and analytical apparatus needed to design and describe engineering devices representative of each age (e.g. the development of phasor algebra, network theory, tensors in engineering). The role of the abstract, ideal and imaginary in engineering design.

D. The transformation of technology. The integration of computer science with neuroscience, studies of perception, machine intelligence, advanced robotics, and nanotechnology to create technoscience which creates its own science, philosophy and mathematics. The need for an analytical history, and a philosophy of engineering, to meet the needs of modern engineering.

E. The concept of the exemplar in engineering. Methods for classifying technological change. Morphological analysis of engineering. Strategic innovation and economic growth. Econometrics and the history of strategic technology (Kuznets, Schumpeter, Mensch). Historicism and engineering history. Examples of exemplary systems in different ages. The use of morphological analysis in "internalist" history of technology.

F. The present defective state of history of engineering. The lack of a mature philosophy of engineering. Engineering as a science. Attempts to redefine engineering according to the philosophies of a social-deconstructivist school of analysis.

**All enquiries, submission of abstract, etc. to**

Dr. M.C. Duffy  
University of Sunderland  
School of Engineering & Advanced Technology  
Edinburgh Building  
Chester Road  
Sunderland SR1 3SD  
England

Tel: int+44 191 515 28456

Fax: int+44 191 515 2703

1. The first part of the document is a letter from the Secretary of the State to the Governor, dated 10th March 1871. It contains a report on the progress of the work done during the year, and a list of the names of the members of the Council who have been elected for the year ending 31st December 1871.

2. The second part of the document is a report on the work done during the year, and a list of the names of the members of the Council who have been elected for the year ending 31st December 1871.

STATEMENT OF THE ACCOUNTS OF THE SECRETARY OF THE STATE FOR THE YEAR ENDING 31st DECEMBER 1871.

3. The third part of the document is a statement of the accounts of the Secretary of the State for the year ending 31st December 1871. It shows the total amount of the receipts and the total amount of the payments, and the balance carried forward to the year ending 31st December 1872.

4. The fourth part of the document is a list of the names of the members of the Council who have been elected for the year ending 31st December 1871.



Tryckt & Bunden  
Vasastadens Bokbinderi AB  
1996

# Redaktionen

**POLHEM** publicerar uppsatser, recensioner, notiser och andra inlägg i teknikhistoriska ämnen.

Bidrag mottas på svenska, norska, danska eller engelska. I undantagsfall kan bidrag på tyska eller franska accepteras.

Maximalt omfång för uppsatser är 50 sidor. Debattartiklar mottas med intresse. Skriv kort, en à två sidor. Korta presentationer av teknikhistoriska kurser, konferenser, utställningar m.m. är också välkomna.

## Författaranvisningar

Manuskript insänds i ett exemplar. Anvisningar för utskrift med ordbehandlare tillhandahålls av redaktionen:

POLHEM  
Institutionen för teknik- och industrihistoria  
CTH Bibliotek  
412 96 GÖTEBORG

Tel: 031-772 38 86, 031-772 37 84  
Fax: 031-772 37 83

Noter numreras löpande: 1,2,3,... Text för sig och noter för sig. Illustrationer är välkomna, dock helst ej orastrerade fotografier. Alla illustrationer och tabeller skall förses med förklarande text. Måttenheter bör anges i SI-systemet.

Manuskript kan sändas till endera av följande medlemmar av redaktionen:

Jan Hult, Institutionen för teknik- och industrihistoria  
CTH Bibliotek, 412 96 GÖTEBORG

Svante Lindqvist, Avdelningen för teknik- och vetenskapshistoria  
KTH Bibliotek, 100 44 STOCKHOLM



