



Fördjupningskrift till utställningen

KRAFTKÄLLAN

av Lars Paulsson & Henrik Olsson

INNOVATUM KUNSKAPENS HUS

Förord

Det talas mycket energi och kraft i våra dagar, energipolitik och kärnkraft, energidrycker och kraftledningar eller solenergi och vattenkraft. Men vad är egentligen energi och kraft? Vilken betydelse har de för oss människor och hur har vi använt och utnyttjat kraft och energi genom århundradena? Tittar vi bakåt har det varit mänsklig muskelkraft som stått för den allra största delen av arbetet, tillsammans med djur som hästar och oxar. Människans uppfinningsrikedom och förmåga att lösa problem har dock lett fram till en rad arbetsbesparande metoder och maskiner. I dagens industrialiserade samhälle är det maskiner och motorer som står för större delen av arbetet.

Arbete, energi, är en fundamental del av det mänskliga samhället. Det som förändrats genom historien är vilken energi som använts samt hur och till vad. Genom hela historien har människor ställts inför frågor och problem kring energianvändning. Den tekniska utvecklingen är nära kopplad till energifrågan. Tekniska förändringar har både varit följden av strävan att förändra och förbättra människors arbete och livsvillkor samt att stärka en persons, en grups eller en nations ställning, ekonomiskt politiskt eller socialt. Att undersöka utvecklingen av teknik och energianvändning blir ett sätt att få reda på under vilka villkor människor levt och arbetat och hur samhället i stort förändrats. Teknik och energi är också avgörande frågor inför vår framtid, hur samhället och våra liv kommer att gestalta sig under nästa årtusende. I denna text, liksom i utställningen, vill vi visa på energi, kraft och teknik i ett mänskligt perspektiv. Detta är ett mycket stort ämnesområde och vi har därför valt att angripa ämnet med utgångspunkt från muskler, vatten, ånga och el. På detta sätt kan vi förmedla en del av historien, från muskelkraft till elenergi. Det finns också andra energikällor och kraftmaskiner än de vi beskriver här, som i och med det industriella genombrottet fått en mycket stor betydelse i samhället. Förbränningsmotorer som drivs med olja står för en stor del av dagens energianvändning, i synnerhet inom transportsektorn – bilar, fartyg, flygplan m m - men detta område kommer bara i korthet att beröras i denna text.



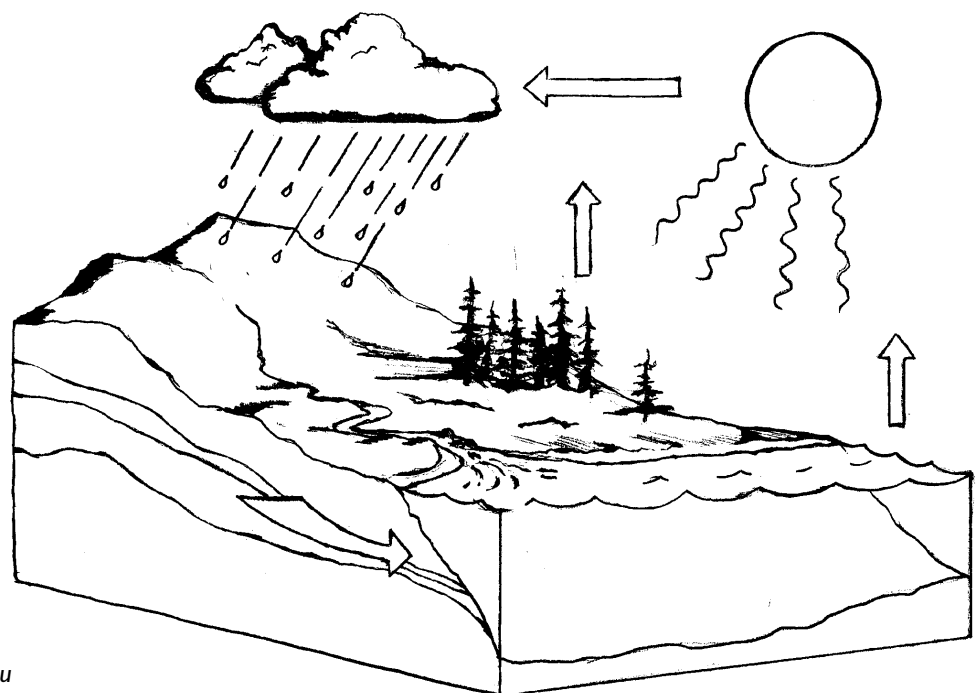
Energi

Uttrycket energi kommer av det grekiska ordet "ergon" som betyder arbeta. Energi betyder helt enkelt "förmåga att uträtta arbete". Energi kan omvandlas i olika former, t. ex. mekanisk-, elektrisk-, kemisk- och värmeenergi. Energi har genom hela historien utnyttjas av människan för att få värme och kraft. De bågge områdena hänger ihop, men i det följande ska vi främst titta på hur energi har omvandlats till kraft i olika sammanhang.

En motor är en maskin som omvandlar någon form av energi till mekaniskt arbete. Den används till att driva en annan maskin - att få den att röra sig. Ett vattenhjul driver en såg, en ångmaskin driver ett järnvägslokomotiv, en vattenturbin driver en generator som i sin tur driver en elmotor som får en hiss att röra sig, en förbränningsmotor driver en bil, en ångturbin driver en generator o s v. Varifrån kommer då den energi som får alla dessa motorer att snurra. Nästan all energi som vi utnyttjar på jorden kan - med undantag av kärnenergi och geotermisk energi (jordvärme) - härledas till solen.

Växterna bygger med hjälp av strålningsenergin från solen energirika ämnen som kolhydrater och proteiner. Denna process kallas för fotosyntesen. Växter äts av både människor och djur. När vi äter kött kan man säga att vi äter lagrad solenergi. När vi rör oss omvandlas kemisk energi till rörelseenergi och värme. Någon har räknat ut att de 20 000 vasaloppsåkarna gör av med lika mycket energi som det går åt för att driva över 300 000 TV-apparater i åtta timmar.

Även de fossila bränslena, kol, olja och naturgas har sitt ursprung i solen. De har under miljoner år bildats ur gamla växtdelar och är därmed en lagrad form av solenergi. Den kemiskt bundna energin som finns i fossila bränslen och i biobränslen - ved, flis, halm



Vattnets kretslopp.
 Teckning: Michael Schleu

m m - omvandlas genom förbränning till värmeenergi. Kol och ved användes förr för att hetta upp vatten till ånga för att driva ångmaskiner. Idag används kol och ved, men också olja, naturgas och biobränslen för att generera ånga som driver ångturbiner och generatorer i värmekraftverk.

Solvärmen får vattnet att dunsta från hav, sjöar och markytan. Vattnet samlas upp i molnen, transporteras med vinden och faller ned som nederbörd delvis i höglänt terräng, där det samlas upp i bäckar, älvar och sjöar. När vattnet rinner ner till haven omvandlas lägesenergi och rörelseenergi hos vattnet till mekaniskt arbete. Förr i tiden användes vattenhjul och turbiner för direkt drift av t ex sågar och kvarnar. Idag använder vi vattenturbiner för att producera elektricitet. Vattenturbinen driver en generator som alstrar elektricitet.

Värmen från solen ger även upphov till strömmar i lufthavet, vindar av varierande styrka. Vindens rörelseenergi utnyttjades förr för att driva segelfartyg och väderkvarnar. Gamla tiders väderkvarnar är föregångare till våra dagars vindkraftverk, där en vindturbin driver en generator

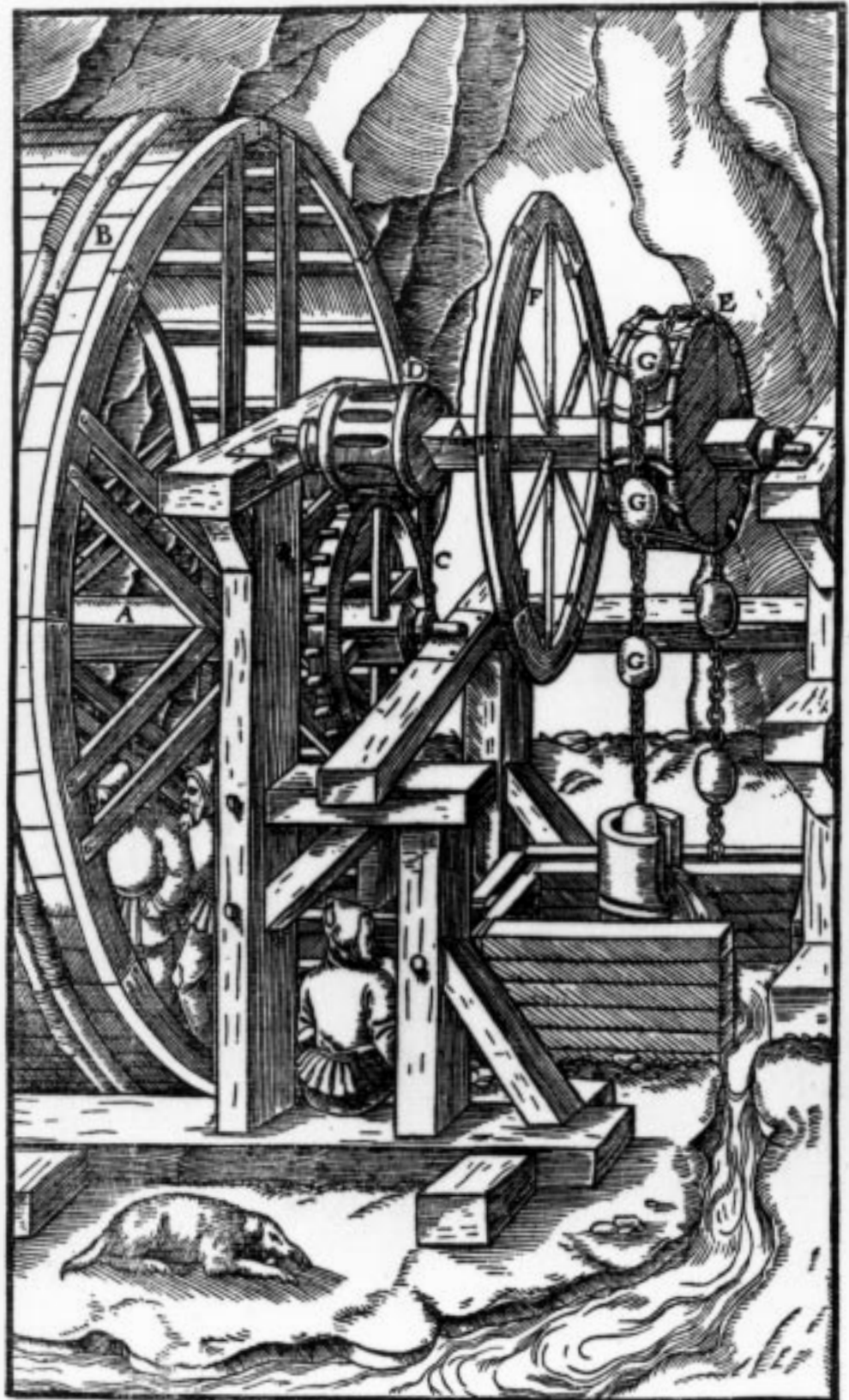
Muskler

Genom människans hela historia finns en strävan att underlätta det egna muskelarbetet eller föra över det på djur eller maskiner. Muskelkraften hos människor och djur var länge - i Sverige till långt in på 1800-talet och på många platser i världen än idag - den viktigaste källan till energi. Inom jordbruket, som sysselsatte huvuddelen av befolkningen, och inom andra viktiga näringar som skogsbruk och bergsbruk och järnhantering var det framförallt kraften från människor och djur som utnyttjades. Det är även viktigt att komma ihåg att det inte bara var stora starka karlar som stod för det tunga och slitsamma arbetet förr i tiden. Även kvinnor och barn fick delta. Tittar vi närmare på Belangers berömda 1800-tals målning föreställande slussarbetet vid Trollhättan ser vi åtskilliga kvinnor som bär på tunga bördor. Vid de engelska kolgruvorna anlätades barn och kvinnor i stor utsträckning för att transportera kol under och ovan jord under 1800-talet. Även vid svenska gruvor var det vanligt att kvinnor och barn fick delta i det riktigt tunga kroppsarbetet som att lasta malm och dra kärror.

Sedan mycket långt tillbaka i historien har människan känt till de "enkla maskinerna" som gjorde det möjligt att på ett effektivt sätt utnyttja och förstärka muskelkraften. De "enkla maskinerna" eller "antikens mäktiga fem" plus en till det vill säga hjulet, hävstången, lutande planet, skruven, kilen och blocket kunde användas var och en för sig eller kombinerade i olika "muskelmaskiner". Exempel på sådana muskelförstärkande maskiner är vandrings, spel och trumphjul för djur och människor.

Genom att organisera arbetskraften - t ex genom att människor ställdes upp i olika formationer - och genom att använda olika muskelförstärkande maskiner kunde





Under medeltiden börjar trumphjul att användas vid gruvorna. Den tyske metallurgen och geologen Georg Bauer "Agricola" (1494–1555) har i sitt berömda verk *De re Metallica* (1556) beskrivit fyra trumphjul; två drivna av människor, ett av en häst och ett av en get. På bilden ser vi ett trumphjulsdrivet pumpverk.

storverk utträttas, som förflyttning av stora stenblock. Historien rymmer åtskilliga exempel på denna typ av bedrifter. Pyramiderna i Egypten byggdes med enkla hjälpmedel och enorma mängder muskelkraft. Byggandet av pyramiderna är ett bra exempel på hur mycket stora och arbetskrävande projekt kunde genomföras med mycket enkel teknik. En av orsakerna till att detta kunde åstadkommas var att faraonernas militära och religiösa makt var så stor att människor kunde tvingas till att arbeta. Den låga tekniska nivån kompensades med massor av muskelkraft och en social organisation med hård disciplin.

En del av arbetet kunde människan lägga över på djuren. Man lastade bördor på åsnor och man spände hästar och oxar framför vagnar och plogar. Inom jordbruket användes vandringsmaskiner för att driva tröskverk till långt in på 1900-talet. Vid gruvorna användes hästar för att dra vagnar och driva gruvspel och pumpar. I skogsbruket var det hästar som fick dra de tunga timmersläpen.

För att kunna jämföra olika energikällor anger man deras effekt. Effekt är ett mått på den energimängd som kan presteras under en viss tid. Den uttrycks i enheten watt. En äldre enhet, som vi fortfarande använder ibland, är hästkrafter. Hästkraften definierades av den skotske konstruktören James Watt på 1700-talet då han arbetade med att förbättra ångmaskinen. Det var naturligt att jämföra ångmaskinens prestanda med vad hästar kunde prestera, eftersom de vid denna tid användes i många sammanhang, inte minst vid gruvorna. Men Watt överskattade hästens förmåga. En häst kan under en dags arbete utveckla högst 0,6 hk. En människa som arbetar 10 timmar om dagen kan utveckla ungefär 0,1 hk (under en kortare period mer).

Vid t ex en gruva kunde ett spel för att hissa upp en malmtunna skötas av två arbetare som alltså utvecklade ungefär 0,2 hk. Om inte kraften från människan räckte till kunde man ta till hästar. Vid gruvorna användes sk hästvindar för att hissa upp malmtunnor och driva vattenpumpar. En hästvind drevs vanligen av två stycken hästar som tillsammans utvecklade ungefär 1,2 hk. Men hästarna behövde vila och för att få kontinuerlig drift behövdes 6 hästar och därtill 4 körsvenner som piskade på. För att få samma effekt krävdes alltså 40 människor. Ofta föredrog man att använda djur istället för människor. Människorna kunde klaga men det kunde inte djuren.

Annorlunda var det inom militären. Här fanns tillräckligt stark kontroll för att man skulle kunna använda sig av stora mängder muskelkraft. Göta Kanal tog 23 år att bygga och arbetet utfördes av soldater ur ett tiotal regementen. Kanalbygget, som pågick mellan 1809-23, engagerade sammanlagt 60 000 man. Totalt beräknas Göta kanal ha krävt 8 miljoner dagsverken. Även när Trollhätte kanal byggdes några år tidigare bestod arbetsstyrkan huvudsakligen av militärer. Kronan åtog sig att kommandera ut 1000 man årligen från de västgötska regementena.

Innan vi går vidare finns det skäl att återigen understryka att jordbruket, bergsbruket och andra näringar, liksom transporter till lands och sjöss, varit beroende av kraften från människor och djur till långt in i våra dagar. Ibland brukar man tala om 1800-talet som "ångens århundrade" då allt kunde drivas med hjälp av ångmaskiner. Men



omkring 1850 uppgick den totala effekten av antalet ångmaskiner i Sverige till blygsamma 5000 hästkrafter. Detta att jämföra med de 280 000 hk som presterades av landets ca 400 000 hästar och 280 000 oxar. Människans sammanlagda muskelarbete vid denna tid har uppskattats till ca 100 000 hk och den effekt man fick ut av landets vattenhjul och väderkvarnar har beräknats till ca 100 000 hk. Efter 1850 sker dock en snabb ökning av ångeffekten, men muskelkraftens betydelse var fortfarande så stor att "muskelkraftens århundrade" skulle varit den mest rättvisande karaktäristiken av detta sekel. I stora delar av världen, i synnerhet fattigare områden i Asien och Afrika, är det fortfarande så att det mesta arbetet utförs av människor och djur. I de industrialiserade delarna av världen är muskelkraft från människor eller djur bara en mycket liten del av den totala energi som används. Konsumtionen av energi genom maskiner och motorer är dock många gånger högre än i tredje världen. Det finns också exempel på områden eller grödor som är svåra att bruka med maskiner eller andra tekniska hjälpmedel. Odlingar på bergsidor med terrasser eller vinodling sker fortfarande i stor utsträckning med muskelkraft. Detta poängterar att fysiska förutsättningar också har betydelse för hur teknik utvecklas och används.

Antikens mäkriga fem. Teckningar: Michael Schleu

Fig. 1

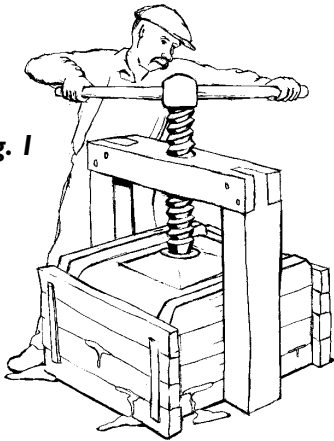


Fig. 2

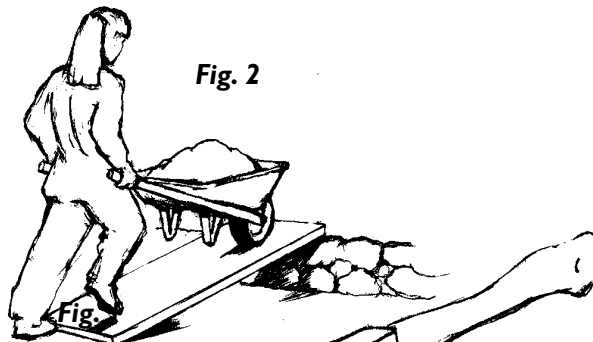


Fig. 3

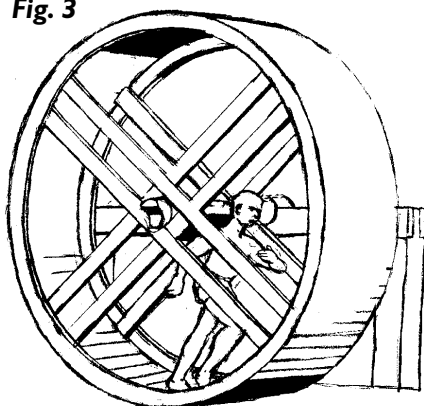


Fig. 4

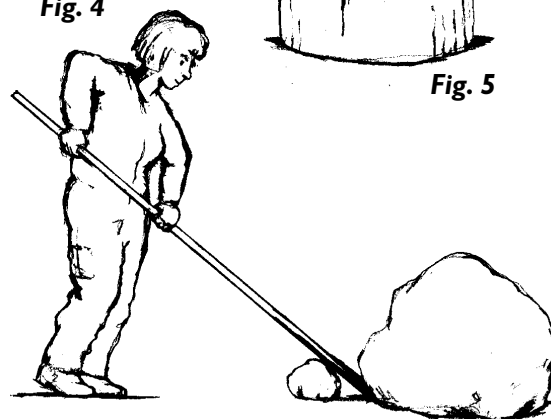


Fig. 5

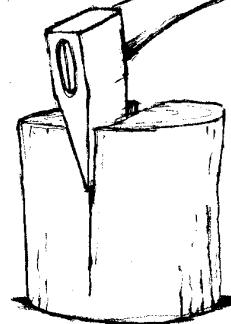


Fig. 1) Skruven har genom årtusenden använts i pressar av olika slag. Under antiken konstruerades pressar för att t ex pressa saften ur druvor och oljan ur oliver. Dessa anordningar kom att tjäna som förebilder för senare tiders pressar.

Fig. 2) Med hjälp av ett lutande plan och en skottkärra - som både består av hjul och hävstänger - kan man flytta en tung last till en högre nivå.

Fig. 3) Tramphjul är en muskelförstärkande maskin som kunde drivas av både människor och djur. Ännu i slutet av 1800-talet användes tramphjul vid svenska gruvor.

Fig. 4) Genom att utnyttja hävstångsprincipen kan man exempelvis flytta tunga stenar. Kanske var hävstången det första redskap som människan började att använda.

Fig. 5) Kilen, här i formen av en yxa.



Under medeltiden kom vattenhjulen att tas i bruk inom många områden och långt in på 1800-talet var vattenhjulen vanliga inom industrin. Bilden visar ett vattenhjulsdrivet tråddrageri vid Götarpsån i Gnosjö, Småland. Foto: K. Björlingsson, 1900-talets början. Tekniska museet.

Vattenkraft

Introduktionen av vattenhjulet för ca 2000 år sedan i Asien innebär en brytpunkt i teknikhistorien. Nu kom för första gången en maskin som kunde arbeta av "sig själv" utan hjälp av människor eller djur. Vattenhjulet innebar arbetsbesparing och ökad produktion.

Den enklaste och sannolikt tidigaste formen av vattenhjul var ett hjul med ämbar avsett för vattenuppföring och drivet av strömmen i en flod. En sådan anordning kallas Noria och användes för bevattningsändamål i Mellersta östern, nuvarande Syrien, före vår tideräknings början.

Vattenhjulet fick sitt ordentliga genombrott på 200-talet i Romarriket där det framförallt kom att användas i kvarnar. Att mala brödsäd har genom tiderna varit en viktig uppgift. För en självförsörjande bondefamilj var ofta en enkel handkvarn tillräcklig. Men i takt med att städerna växte och allt fler människor kom att sysselsätta sig med annan verksamhet än jordbruket behövdes kvarnar med större kapacitet. En gigantisk vattenhjulsdriven anläggning byggdes t ex i Barbogal i södra Frankrike som enligt beräkningar kunde försörja 80 000 människor.

I Rom användes två typer av vattenhjul: underfallshjulet där vattnet rinner på undersidan av hjulet och överfallshjulet där vattnet kommer ovanifrån. Bägge typerna av hjul kunde förses med kuggväxel för överföring av kraft till t ex kvarnstenar. Det förekommer även en mellanform mellan dessa vattenhjulstyper, bröstfallshjulet där vattnet strömmar in i höjd med hjulaxeln. Bröstfallshjul kom i bruk under medeltiden. En annan typ av vattenhjul - möjligen den äldsta formen - är det horisontella hjulet eller skvalthjulet som det kallas i Sverige. Skvalthjulet, som introducerades i Sverige under medeltiden, användes framförallt till husbehov för att mala säd i sk skvaltkvarnar. Konstruktionen var enkel och kunde därför byggas av bonden själv. Detta till skillnad mot hjulkvarnarna, som var komplicerade, och därför krävde speciella byggmästare.

Vattenhjulstekniken spreds runt om i Europa under medeltiden. I de städer som växte upp i Europa under denna tid kom hjulkvarnen att få stor betydelse för försörjningen. Kunskapen om den nya tekniken spreds till viss del genom klosterväsendet. Den katolska kyrkans kloster var i huvudsak självförsörjande enheter. Det mesta av det som behövdes framställdes inom klostret. Inom klostret utvecklades teknik för bland annat malning av brödsäd.

Hjulkvarnarna kom under medeltiden att bli en ekonomisk maktfaktor i samhället. De kontrollerades ofta av adeln och bönderna fick betala för att få sin säd mald till mjöl. De tilläts inte att uppföra sina egna skvaltkvarnar. Det hände att de förstördes. Dessa förhållande poängterar hur tekniken är en del av samhället.

Bra naturförutsättningar, som tillgång på vattendrag, tillsammans med tekniskt kunnande och uppfinningsrikedom har historiskt - liksom idag - lett till goda förutsättningar för utveckling. Att äga, ha tillgång till eller att kunna bruka teknik kan innebära en maktposition i samhället eller gentemot andra områden eller länder, exempelvis genom militär överlägsenhet. Även mellan företag är den tekniska nivån och kunnandet en viktig faktor för företagets situation och konkurrenskraft.

Vattenkraften började under medeltiden också tas i bruk inom andra områden än kvarnar, t ex för drift av blåsbalgar vid järnframställning i masugnar, av hammare i järnmanufakturver, av klädstampar i yllefabrikation, träddragning, garvning av läder, malning av lump för papperstillverkning m m. Vid gruvorna började vattenhjul att användas för att driva gruvspel och pumpar. Den omfattande användningen av vattenkraft var en av orsakerna bakom det medeltida och nya Europas omvandling.

En fördel med vattenkraften var att den - till skillnad från muskelkraften - både gav hög effekt och kontinuerlig drift. I mindre vattendrag var man dock beroende av säsonger, vår och höst då vattnet strömmade. Skvaltkvarnarna användes under dessa perioder. Mjölet maldes och bakades till hårt bröd som kunde lagras under längre perioder. Vid större anläggningar där man var beroende av kontinuerlig drift kunde problemet med dålig vattentillgång lösas genom att man dämde upp ett vattendrag och lagrade vattnet i en damm. På så sätt kunde anläggningen köras under en längre period. En nackdel med vattenkraften var att den inte alltid kunde förläggas dit den bäst behövdes. Den tidiga tillverkningen fick flytta till vattendragen. Kring åar och forsar växte den tidiga



industrin upp och många ortsnamn vittnar om detta: t ex Bofors, Degerfors, Forshaga, Lesjöfors, Hällefors och Forsmark. Vattenhjul drev ofta stångjärnshamar vilket gett namn åt svenska bruksorter: t ex Hallstahammar, Mogårdshammar och Östhammar.

Den tidiga industrin fick alltså flytta till vattendragen - men det gällde inte gruvorna - dessa gick ju inte att flytta. Vid många svenska gruvor fanns vattenkraft att tillgå men vid andra var det sämre ställt. Vid stora gruvor, som t ex Falu Koppargruva, löstes problemet med dålig vattentillgång genom att man dämde upp närbelägna vattendrag och ledde fram vattnet i kanaler till gruvkanten där gruvspel och pumpanordningar var placerade. En annan metod var att överföra kraften med hjälp av sammankopplade stänger, s k stånggångar, som kunde vara mer än ett par kilometer långa. Stånggångstekniken började användas vid tyska bergverk under 14- och 1500-talen och importerades till Sverige i början av 1600-talet. Här uppfördes stånggångar bl a i Dannemora och Bisberg. Stånggångar användes vid svenska gruvor ännu i början av 1900-talet. Vid kraftöverföring med stånggång gick mycket av effekten förlorad p g a friktionen (ca 20% per kilometer) men tekniken kunde ändå vara ett bättre alternativ än att använda hästar eller mänsklig muskelkraft. Om vattenhjulet utvecklade 5 hk och överföringen inte översteg 2 km ansågs det bättre att använda en stånggång än en hästvind. Ytterligare ett skäl för att använda vattenkraft framför muskelkraft kan man finna i Christopher Polhems (1661–1751) uttalande "wattudrift behöfwer eij maat och löön". Polhem, som under en tid var konstmästare (överingenjör) vid Falu koppargruva, gjorde många förbättringar av stånggången i början av 1700-talet. Bl a fann han lösningar på problemet att få en stånggång att ändra riktning. Polhem var också tidig med att utföra systematiska mätningar för att undersöka effekten hos olika typer av vattenhjul. I Laboratorium mechanicum, en tidig utbildnings och forskningsanstalt som inrättats på Polhems initiativ, byggdes en hydrodynamisk experimentmaskin. Polhems undersökningar avspeglar ett allmänt intresse vid denna tid för att genom experiment och teorier finna ut den bästa typen av vattenhjul för olika förhållanden. Flera vetenskapsmän och tekniker runt om i Europa var sysselsatta inom detta område. Vattenhjulet hade en mycket stor betydelse i det förindustriella samhället och i den tidiga industrialiseringen. Det var den enda kraftkällan, vid sidan om muskelkraften, som kunde ge kontinuerlig drift. Men som vi har sett hade den sina begränsningar.

Vid sidan om stånggångar användes under 1800-talet ställinor för överföring av kraft från vattenhjul eller ångmaskiner. Effektförlusterna blev på detta sätt mindre men systemet hade också stora begränsningar eftersom överföringsavstånden inte kunde vara så långa. Inte heller när elektricitet började användas som kraftkälla kunde man lösa problemet med kraftöverföring över långa avstånd. Förlusterna blev för stora så långa man använde lågspänd likström. Det var först genom utveckling av teknik för överföring av högspänd växelström som energi kunde transporteras fritt och beroendet av närhet till kraftkällan försvann.

Vindens kraft har använts i över tusen år, - vi bortser här från segelfartyg som använts längre - huvudsakligen för att mala säd men också för t ex vattenpumpning och sågn-



ing. Problemet med vindkraften var dels att den inte kunde utnyttjas kontinuerligt eftersom det inte alltid blåser, dels att den inte kunde förläggas var som helst. Därför kom vindkraften i Sverige att främst utnyttjas i väderkvarnar - där säden kunde malas under en kort period för att sedan lagras (jämför skvaltkvarnar). I vissa delar av Sverige, t ex på Gotland och delar av Västergötland där man helt saknade vattenkraft, användes i viss utsträckning vädersågar.

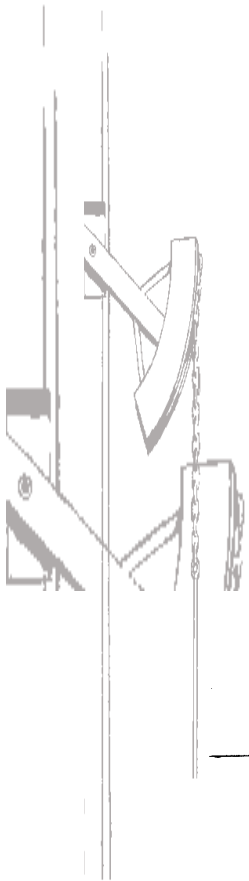


Fig. 3

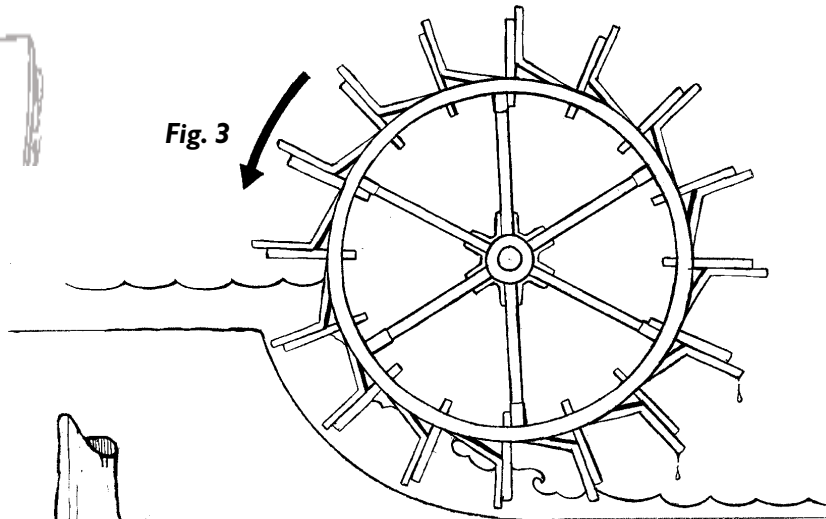
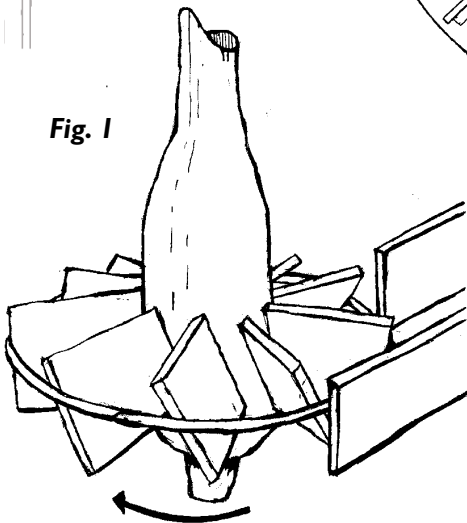


Fig. 1



Vattenhjul

Fig. 2

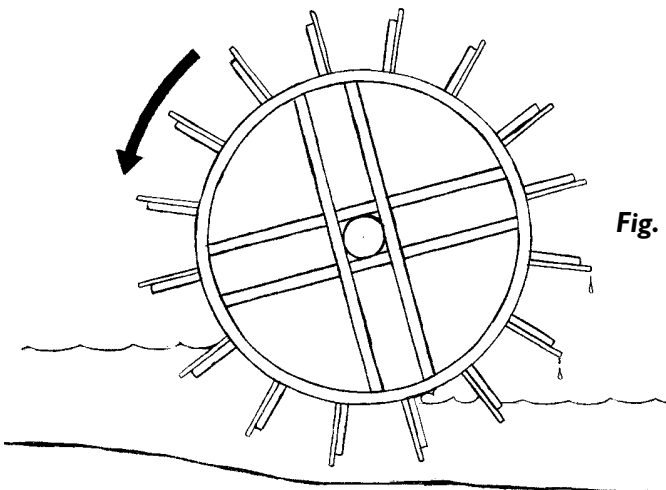


Fig. 1) Ett skvalthjul är tillverkat av trä och försett med fasta snedställda skovlar. Vattnet leds mot hjulet genom en lutande ränna. När vattnet träffar skovlarna sätts det i rörelse

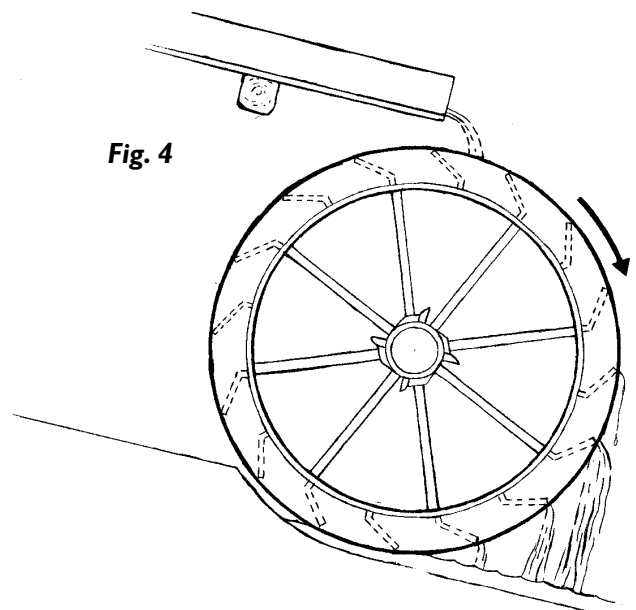
Fig. 2) Underfallshjul. Vattnet strömmar på undersidan av hjulet. Underfallshjul användes vid låga fallhöjder och stora vattenmängder

Fig. 3) Bröstfallshjul. Vattnet strömmar in i jämnhöjd med hjulaxeln. Vattnet faller ned i celler. Vattnets tyngd och tryck får hjulet att snurra.

Fig. 4) Överfallshjul. Vattnet leds in ovanifrån. När vattnet faller ned i cellerna drivs hjulet runt av vattnets tyngd. Överfallshjul användes där vattenmängden var liten och fallhöjden hög.

Teckningar: Michael Schleu

Fig. 4




Ångmaskinen

I början av 1700-talet utvecklades en ny kraftmaskin som inte var beroende av väder eller årstidsväxlingar, som vind- och vattenkraften och som kunde placeras där den behövdes: ångmaskinen. De första praktiskt användbara ångmaskinerna utvecklades vid de engelska kolgruvorna i början av 1700-talet. En orsak till att de första ångmaskinerna kom just i England var att man i England allt sedan medeltiden förbrukat stora mängder skog utan att bry sig om återväxten. Mycket trä gick åt till hus- och skeppsbyggnad samt till uppvärmning och matlagning. För att täcka behovet av bränsle för uppvärmning började man att bryta stenkol. Till detta kan läggas att man hade funnit på en process där stenkol – istället för träkol – kunde användas för järnframställning. Den ökade användningen av stenkol ledde till att man fick övergå från dagbrottsbrytning till underjordsbrytning. Men ju längre ned i underjorden man tog sig desto större problem fick man med grundvattnet som hela tiden strömmar till. För att få upp vattnet krävdes pumpar men också kraft. Vid de engelska gruvorna saknades ofta vattenkraft som många gånger fanns vid de svenska gruvorna. Man var därför tvungen att använda sig av muskelkraft, ofta hästar, för att driva pumpanordningarna. När denna kraft inte räckte till kom den första ångmaskinen eller "eld och luftmaskinen" som den kallades. Den konstruerades av engelsmannen Thomas Newcomen (1663-1729) och den första uppfördes vid Dudley Castle i Staffordshire 1712. Newcomens maskin, som byggde på att ett undertryck skapades genom att ånga kondenserades inuti en cylinder, var mycket energislukande. Man brukade säga att det gick åt en hel järngruva för att bygga den och en hel kolgruva för att driva den. Men de var bättre än alternativet hästvandringar - och under 1700-talet byggdes 100-tals "eld- och luftmaskiner" vid de engelska kolgruvorna. Newcomens ångmaskin utvecklade ungefär 10 hk.

Vi flyttar oss nu till Dannemora gruva i Uppland - en av Sveriges äldsta järnmalmsgruvor. Till skillnad från många andra svenska gruvor hade man här ingen vattenkraft att tillgå utan man fick istället, som vid de engelska gruvorna, använda sig av hästar för att driva spel och pumpar. Under en kort period hade man även gjort försök men vinddrivna pumpar utan någon större framgång. Bristen på kraft gjorde att man valde att satsa på en eld och luftmaskin - för övrigt den tredje som byggdes utanför Storbritannien. Initiativtagare till projektet var den unge naturvetaren Märten Triewald (1691-1747), som under en vistelse i England kommit i kontakt med den nya tekniken. Men den nya eld- och luftmaskinen kom inte att svara mot de högt ställda förväntningarna. Under den korta period mellan 1728 och 1732 som den var i drift drabbades den av ideliga driftstörningar. Projektet med att bygga en ångmaskin i Sverige blev ingen framgång utan snarare ett misslyckande. Orsakerna var flera. Allmänt kan sägas att det var svårt att överföra "högteknologi" från ett tekniskt högre utvecklat land till ett teknologiskt u-land som Sverige var vid denna tid. Newcomens maskin hade utvecklats i en speciell miljö - dessa förutsättningar saknades i Sverige. I Sverige fanns t ex inte hantverkare som kunde tillverka alla delarna med tillräcklig precision och inte heller arbetskraft som kunde sköta maskinen. En ökad teknisk användning, import av nya maskiner, förutsätter en viss utbildningsnivå och att nyheterna accepteras även på ett socialt och kulturellt plan. Det finns i his-





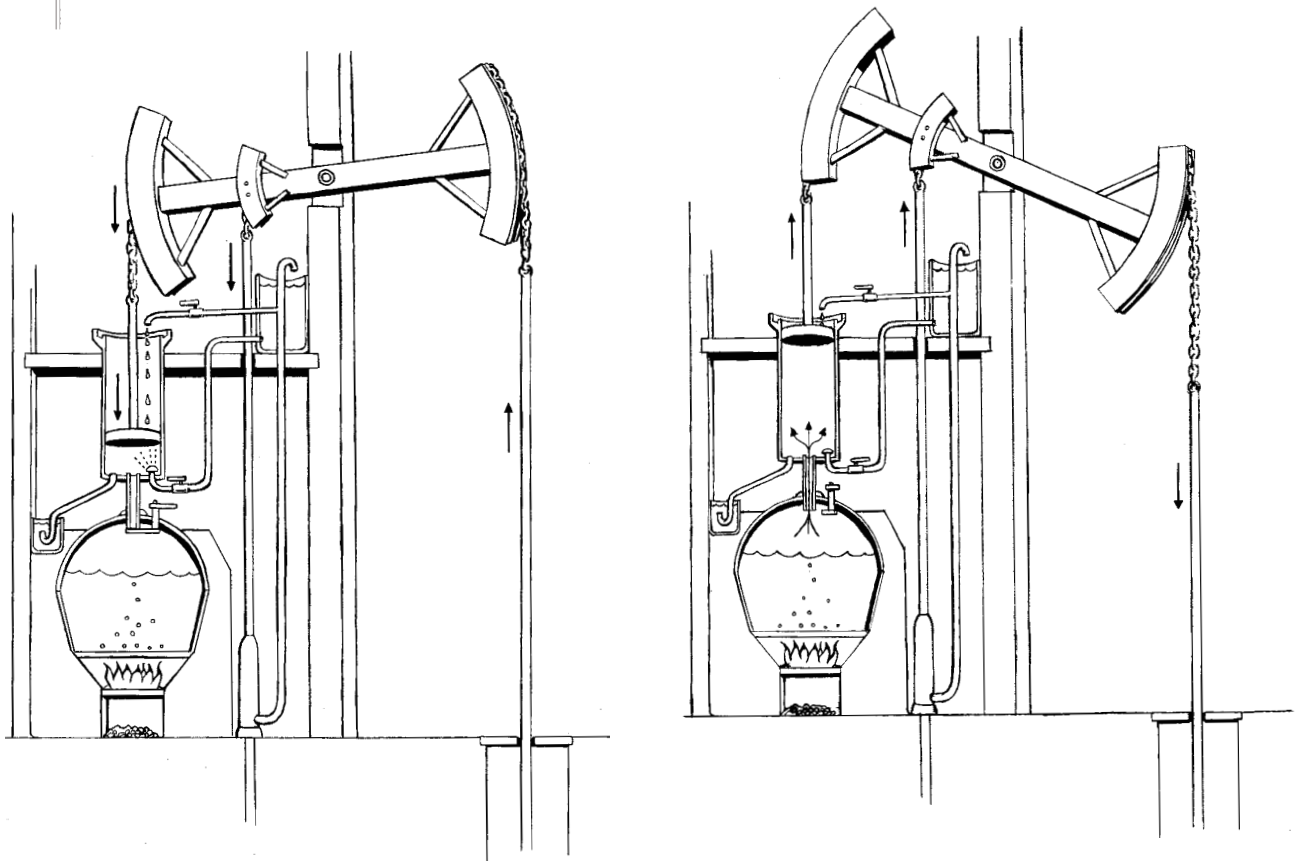
torien exempel på att maskiner förstörts eller blivit stående överksamma för att människor inte förstod dem eller inte ville ha med dem att göra. Nya maskiner är inte positivt för alla, arbeten och hela yrkesgrupper kan bli överflödiga. När textilmaskiner utvecklades under 1700-talet behövdes inte längre alla de människor som tidigare vävt eller spunnit garn tidigare, maskinerna gjorde jobbet snabbare, billigare och säkrade. Det är inte konstigt att det under vissa perioder framkommit stora protester mot införandet av ny teknik och industrialiseringen. Ett stort misstag i Sverige, i samband med introduktionen av ångmaskinen, var också att man inte ägnat tillräcklig uppmärksamhet åt problemet med vad maskinen skulle eldas med. I England tog man en del av spillkolet från kolgruvan, men i Dannemora - där det inte fanns något kol - skulle man elda med ved som har ett avsevärt lägre energiinnehåll än kol. Ångmaskinen blev därför en allvarlig konkurrent om skogen som användes i alla leden i den viktiga gruv- och järnhanteringen. Vid gruvorna sprängde man fortfarande med den gamla tillmakningsmetoden, d v s att man gjorde berget skört genom att elda. Vid masugnar och stångjärnssmedjor gick åt stora mängder träkol. Det stora uttaget av skog gjorde att man under 1700-talet var allmänt oroad över att skogarna var på väg att ta slut i Sverige. En uppfinning som härstammar från denna tid är kakelugnen som skulle minska vedåtgången för uppvärmning. Misslyckandet vid Dannemora gruvor gjorde att man under resten av 1700-talet var försiktig med att använda ångmaskiner i Sverige. Det dröjde fram till början av 1800-talet innan ångmaskinen vann fotfäste i landet och då handlade det om skotten James Watts förbättrade ångmaskin.

Skotten James Watt (1736-1819) gjorde i mitten av 1700-talet en rad förbättringar av Newcomens ångmaskin. Hans stora bidrag var att han lyckades få ner kolförbrukningen till ungefär en tredjedel genom att uppfinna den separata kondensorn - ett kärl utanför cylindern i vilket ångan kylades ned. Detta innebar stora besparingar för gruvägarna. Watt och hans kompanjon Matthew Boulton (1728-1809) var också listiga affärsmän. Affärsmetoden var att inte sälja maskinerna utan låna ut utrustningen enligt vad vi idag skulle kallas för ett leasingavtal. De gruvägare som valde en ångmaskin från Boulton & Watt, istället för en Newcomenmaskin, förband sig att betala ett belopp motsvarande en 1/3 av värdet av den besparing man gjorde i form av bränsle. Watt kom senare att göra maskinen dubbelverkande - d v s att ånga kunde släppas in på bägge sidor om kolven i cylindern - och hittade på ett sätt att effektivt omvandla den fram- och tillbakagående rörelsen till en roterand genom en s k planetväxel. Detta var betydelsefull innovationer som innebar att ångmaskinerna blev mer användbara inom industrin. Den engelska textilindustrin hade varit lokaliserad till vattendragen men kunde nu delvis flyttas till centra där tillgången på kol var mer betydelsefullt. Ett viktigt användningsområde fick ångmaskinen inom textilindustrin som expanderar kraftigt i slutet av 1700-talet. Denna industri kom att koncentreras till städer som Manchester.

Det var alltså i början av 1800-talet som ångmaskintekniken på ett framgångsrikt sätt introducerades i Sverige. Kanslirådet, teatermannen, fysikern m m Niclas Edclcrantz (1754-1821) hade under en resa till England inköpt fyra ångmaskiner av Watts typ och fört dem till Sverige. En av maskinerna kom att sättas upp vid Dannemora gruva, en annan vid Fresks textilfabrik på Lidingö och de två sista vid två kronobrännerier i Stockholm. En femte ångmaskin, som inköptes något senare, blev kraftkälla i den s k

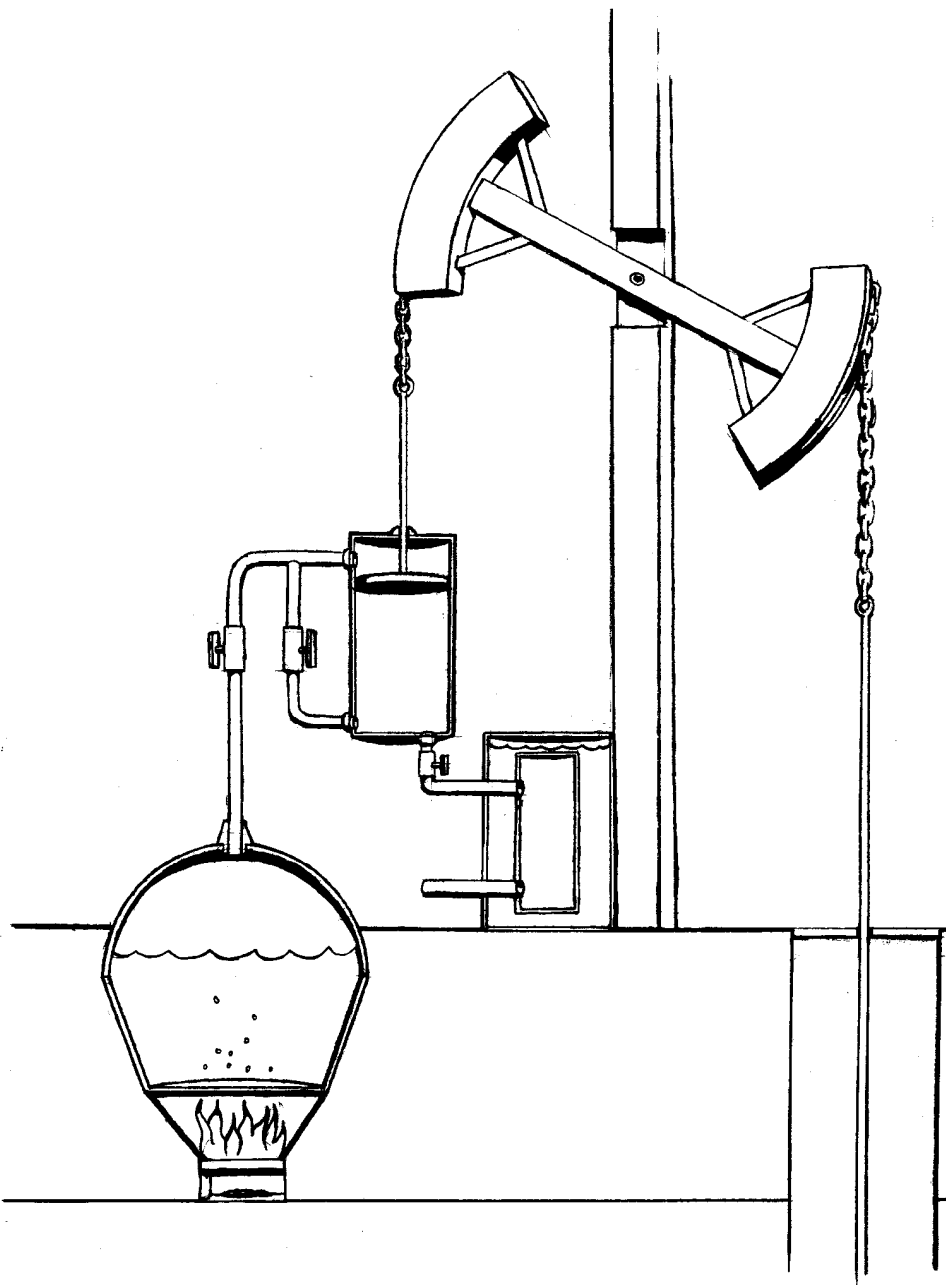
"Eldqvarn" som var belägen där Stockholms stadshus ligger idag. Maskinerna hade tillverkats av firman Fenton, Murray and Woods i Leeds. En av företagets verkmästare, Samuel Owen, följde med till Sverige för att montera upp maskinerna. Owen, som hade ett förflutet som modellsnickare hos firman Boulton & Watt i Birmingham, kom att stanna kvar i Sverige och grundade en av Sveriges första mekaniska verkstäder. Vid Owens mekaniska verkstad på Kungsholmen i Stockholm byggdes flera ångmaskiner. En av dessa, som levererades till Höganäs stenkolsgruva 1832, finns bevarad på Tekniska museet i Stockholm.

Ångmaskinens funktion



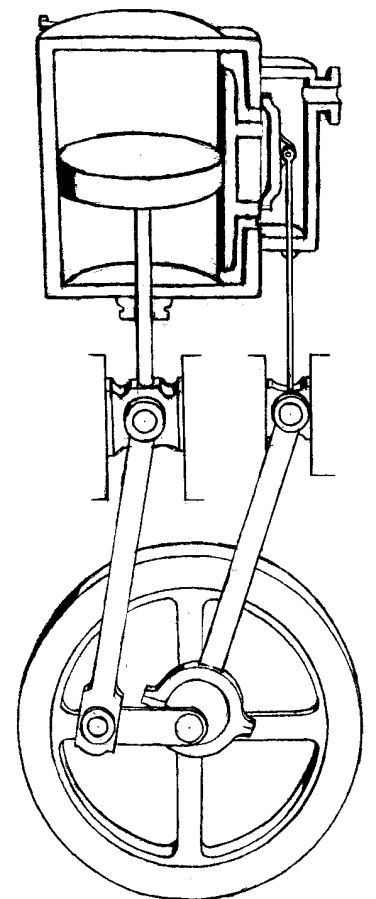
Ånga leds in i cylindern från ångpannan. Samtidigt dras kolven tillbaka av pumpstängernas tyngd. När cylindern fyllts med ånga stängs ångtillförseln av med en kran. Därefter sprutas kallt vatten in i cylindern. Teckning: Michael Schleu

Det kalla vattnet får ångan att kondensera och ett undertryck uppstår i cylindern. Det omgivande trycket (atmosfärtrycket) pressar ned kolven. Pumpstängen på den högra sidan lyfts upp och för med sig en viss mängd vatten. Därefter upprepas processen igen. Teckning: Michael Schleu



Watts första ångmaskin. Varm ånga strömmar ner från cylindern till kondensorn där den kyls av. Ett undertryck uppstår i cylindern och kolven sätts i rörelse.
 Teckning: Michael Schleu

Principen för en högtrycksångmaskin, den typ av ångmaskiner som börjar användas efter 1800 i bl. a. lokomotiv och ångfartyg. Ångan strömmar in i det s k slidskåpet. Sliden i slidskåpet rör sig fram och tillbaka och fördelar ångan på bägge sidor om kolven. När ånga strömmar in på den högra sidan om kolven pressas kolven åt vänster. Samtidigt pumpas ångan ut från den vänstra sidan genom ångutloppet. Därefter strömmar ånga in på den vänstra sidan och pressar kolven åt höger. Ångan på den vänstra sidan pressas nu ut o s v
 Teckning: Michael Schleu



Ånga och transporter

I början av 1800-talet löpte Watts patent ut på ångmaskiner vilket innebar att andra konstruktioner såg dagens ljus. Nu kom de första högtrycksångmaskinerna – det var nu ångans tryck som fick kolven att röra sig inuti cylindern och inte som tidigare undertrycket. Ångmaskinen blev nu mindre och därmed även flyttbar. Antalet användningsområden ökade. Den kunde monteras in i ett fartyg och driva skovelhjul eller propellrar. Den kunde också monteras på hjul och röra sig av egen kraft. Vi har nu kommit fram till ångfartyget och järnvägen som på många sätt kom att revolutionera sättet att färdas och transportera under 1800-talet, men innan vi går in på detta område ska vi titta lite närmare på hur man reste och fraktade varor förr i tiden.

Att utnyttja vattnet, havet, sjöar och vattendrag, var det naturliga sättet att transportera varor på förr i tiden. Länder och landsdelar bands samman med vattnet men skiljdes av land. Det var t ex lättare för köpmännen i Stockholm på 1700-talet att bedriva handel med de nordtyska städerna än med det närbelägna Bergslagen. Havet var snarare en möjlighet än ett hinder. Men vattnet spelade även en stor roll för lokala transporter på t ex åar och sjöar. Man föredrog att ro säden till kvarnen istället för att köra den på vägen med häst och vagn. Anledningen till att man föredrog vattenleder var att vägarna var så undermåliga.

Göta älv är ett exempel på hur vatten, före järnvägens tid, förenade områden. Nästan alla transporter i området skedde då på älven och det var mycket enklare att ta sig över älven än att färdas inåt land. Vid besvärliga passager, som exempelvis Trollhättefallen, fick man lasta om varorna och på den s k Edsvägen frakta dem på land till andra sidan fallen, där varorna åter kunde lastas på fartyg och transporteras sjövägen. Efter järnvägens, och inte minst bilismens, framväxt har älven blivit ett hinder. Den kan nu med de transportmedel vi till vardags använder, bil, tåg, cykel, bara passeras på ett par ställen, vid broar. Vattnet fungerar nu som ett hinder för kontakter mellan de båda älvsidorna.

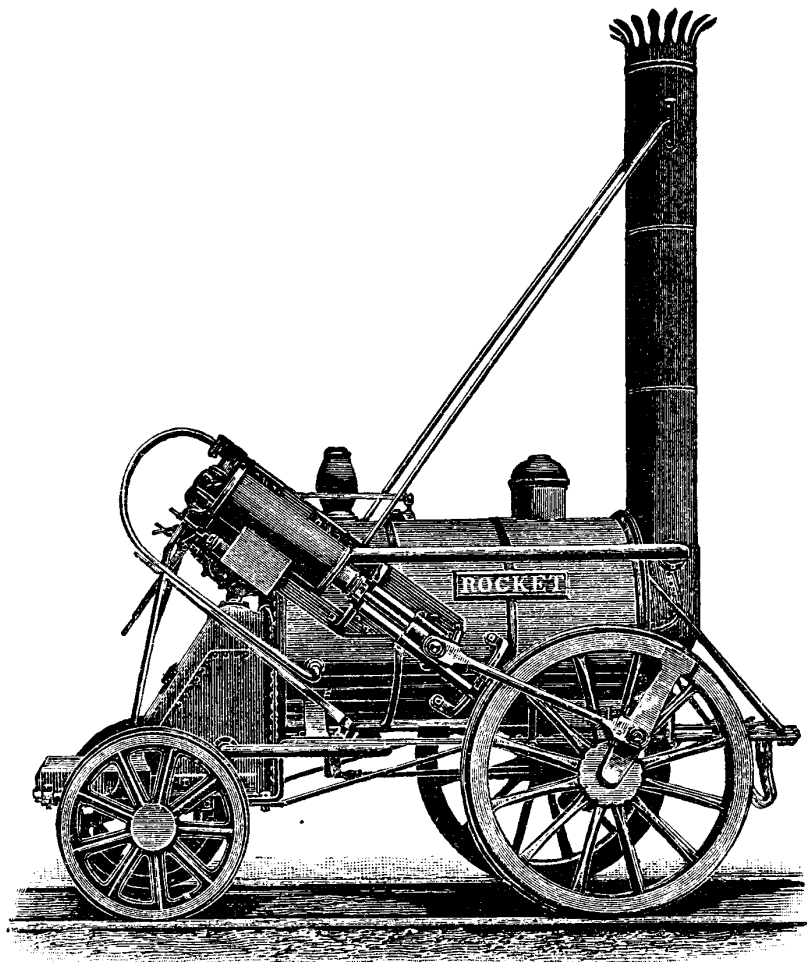
Transporterade man på land var det främst vintern som gällde. Om vintern kunde man frakta med hästspända slädar och man kunde undvika besvärliga backar. Särskilda vintervägar anlades som gick över både land och frusna sjöar. Hur snabbt tog man sig då fram förr i tiden? Att åka 1 mil med häst och vagn tog ungefär 1 timme. Då färdades man med en hastighet av ca 6 km/h. Det gick ungefär lika snabbt som att gå. Att gå var också det sätt man oftast tog sig fram på även när man skulle färdas långt. Det var inte ovanligt att studenter vandrade ned till Paris och Rom för att studera vid något universitet. När den svenske naturvetaren Carl von Linné (1707-1778) gav sig ut på sin Lappländska resa tog det 2 dagar att med häst ta sig de 115 km upp till Gävle. Hade man riktigt bråttom gick det att tre eller fyrdubbla hastigheten med hästar som reds i galopp och som skiftades.

De första ångfartygen byggdes i USA i början av 1800-talet. Till en början handlade det om båtar som utrustades med skovelhjul för att kunna ta sig uppströms för floder. En av pionjärerna var amerikanen Robert Fulton (1765-1815) med fartyget



Clermont, som gick i trafik på Hudsonfloden. Men snart kom även större osceangående fartyg. Det första fartyget som tog sig över Atlanten för "egen maskin" var engelska Sirius. Vid framkomsten hade man lyckats göra slut på allt brännbart ombord, inklusive inredningen, eftersom kolet tagit slut. Ett problem för de större fartyg som skulle gå längre sträckor var alltså att bränslet tog så stor plats. 1858 sjösattes jättefartyget Great Eastern, som med sina 211 meter, var det största fartyg som någonsin byggts. Fartyget innehöll tillräckligt stora kolboxar för att kunna gå en varv runt jorden utan att behöva bunkra bränsle under vägen. Great Eastern kom dock aldrig att användas för passagerartrafik som det var avsett för. En av orsakerna var att få var beredda att åka med ett så pass stort fartyg. Många vågade helt enkelt inte. Fartyget kom dock till användning i ett annat sammanhang – vid utläggandet av den första transatlantiska telegrafkabeln på 1860-talet.

De första ångfartygen i Sverige byggdes på 1810-talet vid Samuel Owens mekaniska verkstad i Stockholm. "Amfitrite" – sjösatt 1818 och Sveriges första passagerarfartyg – var den första i en rad hjulångare som byggdes vid Owens varv. Dessa fartyg kom främst att gå i kustsjöfart och på insjöar. Ångfartygen kom att få mycket stor betydelse för möj-



Stephensons lokomotiv "Rocket", som segrade i den berömda lokomotivtävlingen vid Rainhill 1829.

ligheten att transportera varor och människor under 1800-talet, men segelfartygen fortsatte att spela en stor roll. Först år 1900 passerar ångfartygen segelfartygen i tonnage, vilket bl a berodde på att segelfartygen förbättrades i konkurrensen med ångfartygen.

Ny teknik behöver inte omgående slå ut gamla, mer beprövade metoder. Nya och gamla tekniska system brukar ofta samexistera under en längre tid. Utvecklandet av ny teknik sporrar också ofta av att det samtidigt sker en betydande utveckling av äldre teknik. Segelfartygen blev både snabbare och säkrare under tiden som ångfartygen utvecklades. För vissa varor, där transporthastigheten inte var så viktig, kunde segelfartygen en bra bit in på 1900-talet fortfarande vara konkurrenskraftiga.

Parallellt med utvecklingen av ångfartyget utvecklades även ånglokomotivet och järnvägarna. I likhet med ångmaskinen har järnvägarna sitt ursprung i gruvorna. Redan på 15- och 1600-talen användes räls som lades ut för att underlätta transporter av vagnar och kärror. Under 1700-talet byggdes spårbanor med gjutna järnplattor vid järnverk och gruvor, för att förenkla transporter till och från en hamn eller kanal. Vagnarna på de tidiga järnvägarna drogs med muskelkraft från människor eller hästar. I början av 1800-talet kommer de första ånglokomotiven. En av pionjerna på området var engelsmannen Richard Trevithick (1771-1883). 1804 fick Trevithick i uppdrag av en kolgruveägare att bygga ett ånglok som skulle kunna transportera en last av 10 ton malm längs en 15 kilometer lång spårväg. Trevithick klarade utmaningen, men det 5 ton tunga fordonet förstörde den bräckliga gjutjärn-



En engelsk ångdriven buss 1833 som trafikerade sträckan London - Birmingham. Passagerarna kunde åka i första, andra eller tredje klass. Ångmaskinen gjorde fordonen mycket tunga och svårmanövrerade. Landsvägarna var heller inte dimensionerade för så tunga fordon. Tekniska museet.

srälsen. Många problem återstod att lösa varav ett var att få fram en hållbar räls som klarade de stora påfrestningarna. Det är även viktigt att framhålla att hästen länge sågs som ett alternativ till ångloket även vid längre transporter. När den första allmänna järnvägen öppnas i England 1825 mellan Stockton och Darlington kunde man välja om man ville transportera med ånglokomotiv eller häst. Den första järnvägen i modern bemärkelse öppnade mellan Manchester och Liverpool 1825. Bakgrunden till denna viktiga järnväg som blev en förbindelse mellan textilstaden Manchester och hamnstaden Liverpool är speciell. En tävling anordnades om vem som kunde bygga det bästa lokomotivet. I tävlingen, som ägde rum i Rainhill 1825, deltog bl a svensken John Ericsson (1803-1889) med "Novelty". Ericsson, vars lokomotiv var det snabbaste, tvingades dock avbryta och segrade gjorde George Stephenson med "The Rocket", vars konstruktion kom att bli dominerande för ånglokomotiv världen över. Tävlingen visade på ånglokomotivets användbarhet, men diskussionen om ånga kontra hästdrift kom att fortsätta. Vid mitten av 1825-talet hade dock ånglokomotivet gått segrande ur striden och ett intensivt järnvägsbyggande satte igång, först England och USA, men snart också i andra delar av världen och så småningom även i Sverige.

I Sverige byggdes några kortare järnvägar i Bergslagen på 1825-talet av järnbruk i syfte att underlätta transporter mellan gruvor och masugnar. På 1830-talet fattade riksdagen beslut om att stambanor skulle anläggas mellan de större städerna i Sverige. Järnvägarna skulle byggas i statlig regi men med hjälp av utländskt kapital. Den första sträckningen mellan Stockholm och Göteborg - västra stambanan - blev färdig 1835, därefter följde utbyggnaden av södra stambanan mellan Malmö och Falköping 1845, nordvästra stambanan mellan Laxå och Charlottenberg 1851, östra stambanan mellan Katrineholm och Nässjö 1854 och norra stambanan, Stockholm - Riksgränsen 1862. Det svenska järnvägsbyggandet kulminerade på 1850-talet och utbyggnaden skedde både i statliga och privata regi. Genom järnvägarna kunde stora mängder gods transporteras längre sträckor oberoende av väder och vind, vilket innebar ett stort uppsving för industrin. Industrin gynnades även av den stora efterfrågeökningen på räls och lokomotiv som järnvägsbyggandet skapade. Det första svenska lokomotivet "Förstlingen" tillverkades redan 1835 av Munktells mekaniska verkstad i Eskilstuna för en gruvjärnväg i Norberg. Motala verkstad, som var pionjärer inom ångfartygstillverkning, började från 1830-talet att leverera ånglokomotiv. En tidig tillverkare var även Trollhätte mekaniska verkstad som 1840 tillverkade sitt första lokomotiv för banan Udevalla-Vänern-Herrljunga. Trollhätte mekaniska verkstad, senare under namnet Nydqvist & Holm (NOHAB) kom att bli Sveriges största lokomotivtillverkare. Vid sekelskiftet hade företaget byggt över 500 lokomotiv och fram till att tillverkningen upphörde 1953 hade mer än 2200 ånglokomotiv lämnat företaget. I det glest befolkade Sverige kom järnvägen att få stor betydelse. Isolerade landsändar knöts samman med övriga landet - man kunde resa utanför socknen. Land och stad sammanlänkades och nya samhällen uppstod längs järnvägslinjerna. Järnvägen innebar även att enskilda länder införde nationell tid - man kunde inte ha olika tidtabeller för olika delar av landet! Tillsammans med den transoceaniska ångbåtstrafiken innebar järnvägarna att kontinenter öppnades. Industri- och jordbruksvaror kunde mot slutet av 1800-talet fraktas över nästan hela världen. På detta vis skapades för första gången en världsmarknad för många varor, vilket kunde leda till att det blev billigare att importera varor från en annan kontinent än att producera

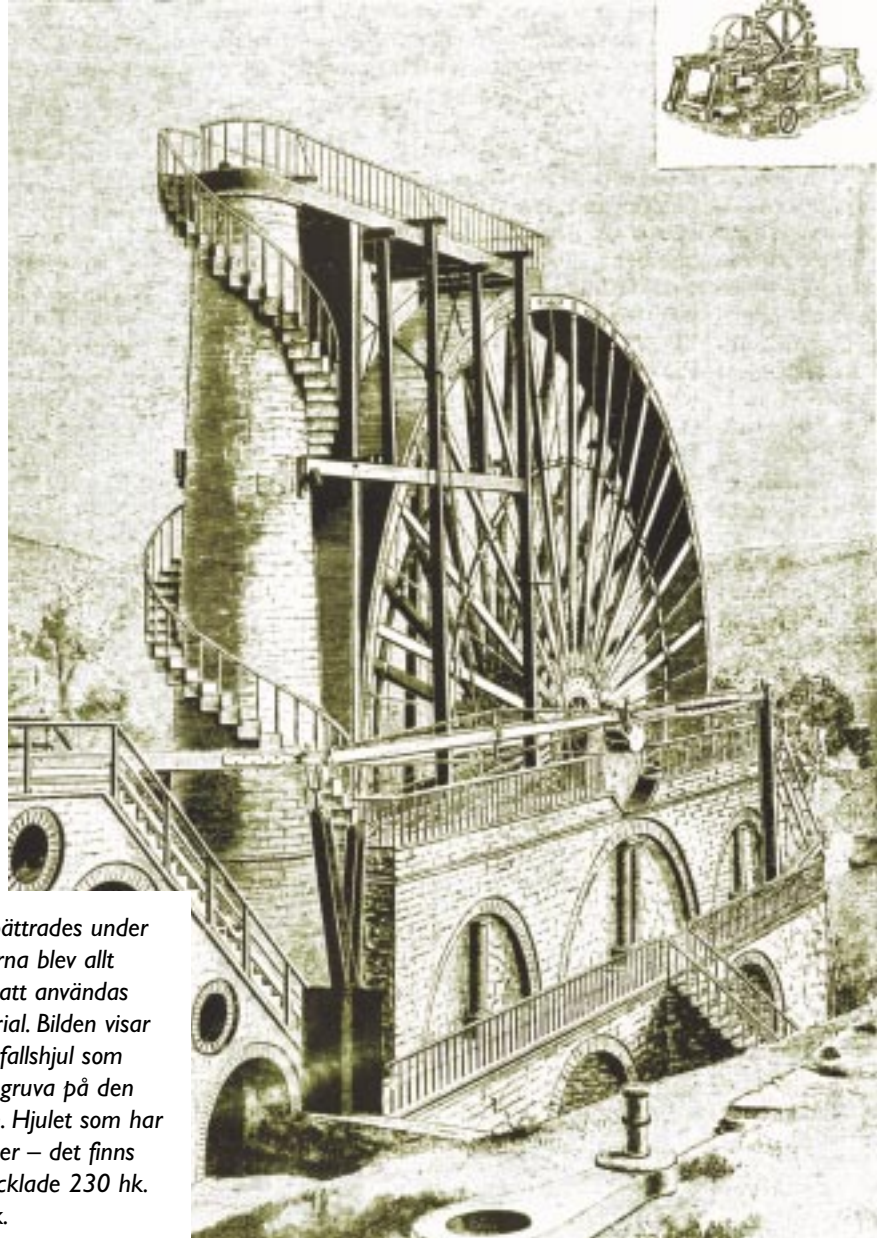


dem själva. En bonde i Sverige kunde exempelvis upptäcka att amerikanskt fläsk var billigare än det han själv framställde. Denna tekniska kommunikationsrevolution hade också politiska följder. Tullfrågan, en direkt följd av den transoceaniska handeln, var den kanske största politiska frågan i Sverige under slutet av 1800-talet.

Vissa befolkningsgrupper fick det sämre i och med järnvägens frammarsch. Alla var heller inte odelat positiva till järnvägen - många var till exempel skeptiska mot att färdas i höga hastigheter eller befarade att korna som vistades bredvid järnvägen skulle sluta mjölka! Andra menade att järnvägarna sög in befolkningen från landsbygden till ett osunt liv i städerna, och omvänt att järnvägarna transporterade ut en degenererad livsstil från städerna till landsbygden. Med järnvägen kom också andra företeelser, telegraflinjer drogs, handel och kommunikation ökade och människors möjligheter att flytta underlättades. Längs järnvägar förlades också industrier och det traditionella jordbrukssamhället förändrades snabbt, vilket naturligtvis kunde leda till oro och misstro hos människor. Järnvägen var på gott och ont en mycket viktig del i omformandet av landsbygden under slutet av 1800-talet. Utvecklingen av transportmedel var också en del av den stora folkomflyttningen under denna tid, emigrationen. Utan järnvägar och snabba sjötransporter hade det inte varit möjligt för många miljoner européer att lämna sina hem för en ny tillvaro i Amerika eller Australien. Världen blev för människorna både större och mindre. Större därför att de blev allt mer medvetna och kunniga om vad som hände utanför lokalsamhället. Mindre för att de mycket snabbare och enklare än tidigare kunde resa eller flytta till världen utanför.

Vid mitten av 1800-talet kom ångmaskinen att få ett mycket viktigt användningsområde i Sverige. Industrialiseringen i England medförde en ökad efterfrågan på timmer. Detta skapade stora exportmöjligheter för svenska sågverk. I Dalsland och Värmland högs sågverk som fraktades till sågverk vid bland annat Trollhättan och Lilla Edet. I vattenhjulsdrivna sågverk sågades timret upp till brädor som transporterades vidare till Göteborg för utskeppning. Problemet med sågverk, som drevs med vattenkraft, var att de måste placeras vid forsar och fall inom landet och inte vid kusten, vilket skapade svårigheter med transporter. Ångmaskinen, som gick att placera var som helst, kom att ändra förutsättningarna. Vid Norrlandskusten anlades ångsågverk. Timret flottades ner för älvarna, sågades upp och skeppades ut. Med bland annat ångsågarna inleddes Sveriges industrialisering. Den första norrländska ångsågen startade i Tunadal utanför Sundsvall 1849 och under de närmast följande åren kom ett stort antal ångsågar att anläggas längs norrlandskusten. Den svenska trävaruexporten femfaldigades från 1850 till 1872. Tillväxten av antalet ångdrivna sågverk ger en tydlig bild av den explosionsartade utvecklingen.

År:	1850	1862	1871	1880	1890	1900
Ångsågar:	1	22	61	121	185	230



Vattenhjulstekniken förbättrades under 1800-talet. Dimensionerna blev allt större och järn började att användas som konstruktionsmaterial. Bilden visar "Lady Isabella", ett överfallshjul som uppfördes 1854 vid en gruva på den engelska ön Isle of man. Hjulet som har en diameter på 22 meter – det finns fortfarande kvar – utvecklade 230 hk. Ur Uppfinningarnas bok.

Vattenkraften fortfarande viktig

Ångmaskinen kom att få stor betydelse för transporter och för sågverksindustrin i Sverige men vid gruvor, järnbruk, kvarnar och mekaniska verkstäder fortsatte vattenkraften att vara den dominerande energikällan. Ångmaskiner var komplicerade system som krävde teknikvana för den som skulle sköta den. Dessutom var de kostsamma att ha i drift eftersom de krävde dyrbart importerat kol. Vattenkraftens fortsatta betydelse var även resultatet av att tekniken inom detta område förbättrades under 1800-talet. Vattenhjulen fick allt större dimensioner och verkningsgrad bland annat beroende på att järn kunde användas som förstärkning. I början av 1800-talet utvecklades vattenturbinen som ett svar på kravet att förbättra vattenhjulet. Den första praktiskt användbara vattenturbinen konstruerades av fransmannen Benoît Fourneyron (1802-1867)

1826. Under 1800-talet kom en mängd olika turbintyper att utvecklas för olika fallhöjder och vattenmängder, till exempel Jonval-, Francis- och Peltonturbiner. En vattenturbin är tillverkad helt i metall. Den roterar snabbare än ett vattenhjul. Maskineriet är inkapslat och vattnet leds till löphjulet genom en tilloppstub där vattenmängden kan regleras - inget vatten rinner vid sidan om! En vattenturbin var i förhållande till sin storlek betydligt effektivare än ett vattenhjul. De tidiga vattenturbinerna användes i kvarnar, sågverk och mekaniska verkstäder. Mot slutet av 1800-talet får vattenturbinen ett nytt användningsområde - att driva generatorer för att alstra elektricitet. Vattenturbiner tillverkades av ett stort antal svenska mekaniska verkstäder. Till de ledande tillverkarna hörde Karlstads Mekaniska Werkstad, NOHAB och Finnshyttans bruk.

Tidiga elektriska experiment och elektriciteten börjar att användas

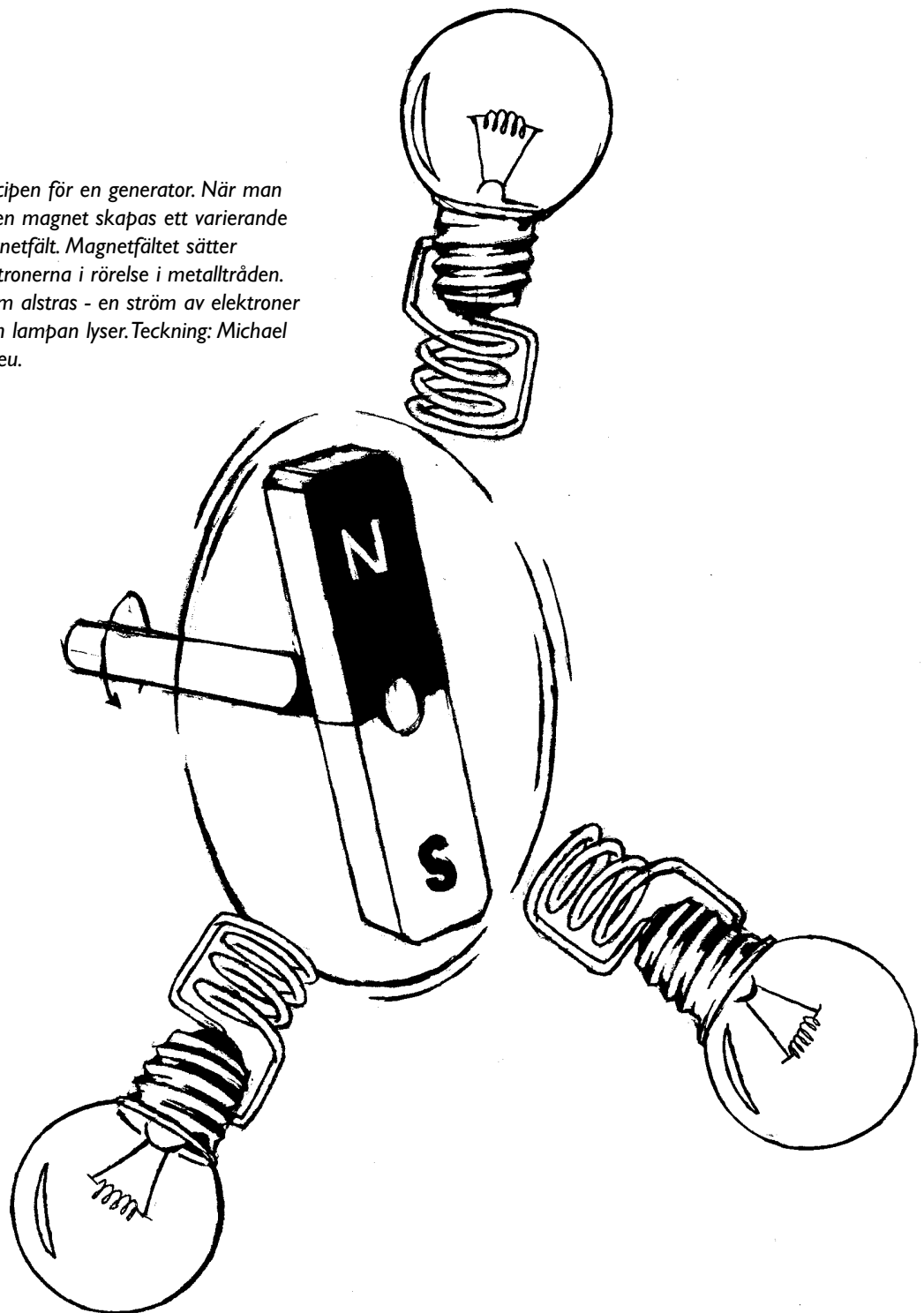
Ännu under 1700-talet hade man ingen som helst praktisk användning för elektricitet. Den form av elektricitet man kände till var statisk elektricitet. Elektricitet var något som vetenskapsmännen experimenterade med eller något som man kunde roa sig med. Man kunde t ex få håret att resa sig med hjälp av en elektricitetsmaskin.

Detta är ett tydligt exempel på att uppfinningar eller vetenskapliga framsteg inte alltid leder till praktiska användningar och ny teknik. Det krävs inte bara uppfinningar utan också tid, resurser och de rätta förhållandena i samhället för att nyheter och innovationer skall kunna tillämpas i någon större skala. Den tekniska utvecklingen är sammansatt och beroende av många faktorer. Användandet av elektricitet bygger bland annat på upptäckten av material som leder ström eller isolerar. Materialutveckling är en viktig förutsättning för tekniken.

I slutet av 1700-talet gör man försök med kemisk elektricitet vilket leder fram till att italienaren Alessandro Volta (1745-1812) kan presentera det första batteriet, "voltas stapel" år 1800. Nu kunde man för första gången få en ström att flyta och därmed utföra experiment som man inte klarat av tidigare. Bl a kunde man göra experiment med elektrisk belysning. Första gången som elektriskt ljus visades var i London 1810. Det var Sir Humphry Davy (1778-1829) som på Royal Institution demonstrerade en sk båggljuslampa - en stark ljusbåge alstras mellan två kolstavar - som fick ström från ett enormt batteri som byggts upp i byggnadens källare. Så länge batterier var den enda strömkällan som kunde ge kontinuerlig ström var det inte aktuellt att lysa upp gator, torg och bostäder. Men i mitten av 1800-talet hade en ny maskin utvecklats som gav betydligt mer elektricitet än batteriet - generatorn eller dynamomaskinen. I slutet av 1870-talet hade Thomas Edison och andra experimenterat fram driftsäkra glödlampor som kunde ersätta de svårhanterligare och illa osande båggljuslamporna. På 1880-talet började belysningscentraler att anläggas framförallt i städer-



Principen för en generator. När man rör en magnet skapas ett varierande magnetfält. Magnetfältet sätter elektronerna i rörelse i metalltråden. Ström alstras - en ström av elektroner - och lampan lyser. Teckning: Michael Schleu.



na. Ofta drevs dynammaskinen med en ångmaskin. Elektriciteten användes främst för belysning och började i begränsad omfattning att installeras i förmögna hem, gator och torg och mekaniska verkstäder. Den elektriska belysning innebar i verkstäderna att skiftarbete kunde införas eftersom man nu inte var beroende av dagsljus för belysning. Ett annat område där elektriciteten tidigt fick betydelse var för drift av verktygsmaskiner. Kraften från elmotorn till svarven eller fräsmaskinen överfördes via remmar som gick

från taket, s. k. remtransmissioner. Först en bit in på 1900-talet blev det vanligt att elmotorn placerades direkt på verktygsmaskinen. I de tidiga elverken användes lågspänd likström - strömmen går i en riktning till skillnad från växelström där strömmen går i två riktningar - för distribution, vilket innebar att elektriciteten inte kunde överföras längre än ungefär 500 meter p g a effektförluster. En konsekvens av detta var att energikrävande industrier koncentrerades kring forsar där stora mängder elenergi kunde utvinnas, exempelvis Trollhättan och Sandviken.

Högspänd trefasig växelström

Lösningen på problemet hette högspänd trefasig växelström. Denna teknik, som utvecklades av bl a svensken Jonas Wenström, testades i Sverige för första gången 1893 vid Grängesbergs gruva i Västmanland. Växelström kan tillskillnad från likström transformeras upp till en högre spänning. Den höga spänningen minskar förlusten vid överföringen. Med en transformator kan strömmen transformeras ned till en lämplig spänning innan den används. Wenströms system bestod av trefasgeneratorer, transformatorer och trefasmotorer. Bakgrunden till överföringen i Grängesberg var att man vid gruvan upplevde en stor efterfrågeökning på järnmalm. Den ökade efterfrågan hängde samman med att man i England uppfunnit en stålframställningsmetod - Thomasprocessen - som gjorde det möjligt att på ett rationellt sätt framställa stål ur fosforhaltig malm. Det fanns dessutom en järnvägsförbindelse mellan Grängesberg och utskippningshamnen i Oxelösund. Alla förutsättningar fanns för att utöka brytningen men kraften räckte inte till. För att driva vattenpumpar och gruvspel användes ett system som bestod av sju vattenhjul. Från fem av hjulen ledde sju km stånggångar för vattenuppfördran och från två av hjulen ledde fem kilometer linledningar för drift av gruvspel. Vatten för att driva vattenhjulen magasinerades i ett tiotal sjöar och dammar. För att leda vattnet till och från magasinerna och vattenhjulen fanns ett system som bestod av 45 km grävda kanaler. Den sammanlagda effekten uppgick till 55 hk, vilket är mindre än vad man får ut av en modern bilmotor. Det var bristen på kraft som gjorde att man i Grängesberg valde att satsa på en ny och ganska oprövad teknik. Den 14 kilometer långa överföringen mellan vattenkraftverket i Hellsjön och gruvan i Grängesberg markerar ett viktigt steg i elektrifieringen av Sverige. Överföringen hade visat på möjligheten att överföra el över långa sträckor. Nu kunde man på allvar börja fundera på att bygga ut vattenkraften för att förse industrier och städer med elektricitet.





Porjus kraftverk i Luleå älv byggdes 1910-14. Bilden av dammen är tagen 1939 av Tore Sjöholm. Tekniska museet.

Utbyggnaden av vattenkraften inleds

I slutet av 1800-talet inleds utbyggnaden av vattenkraften och redan vid sekelskiftet passerade vattenkraften ångkraften som producent av elektrisk energi. Den första mer omfattande utbyggnaden av vattenkraft för elgenerering skedde i de sydsvenska älvarna. Under åren 1906-08 påbörjades utbyggnaden av Ljungan, Gullspångälven, Mörrumsån och Helgeån. Vid denna tid planerades även byggandet av ett större kraftverk i Trollhättefallen i Göta älv. Storleken på detta företag gjorde att staten gick in. Styrelsen för Trollhätte kanal och vattenkraftverk ombildades 1909 till Kungl Vattenfallsstyrelsen, föregångaren till dagens Vattenfall. Nu inleddes en utbyggnad av vattenkraften i statlig regi som kom att få mycket stor betydelse för Sveriges industrialisering. 1915 började kraftverket i Porjus i Lule älv i Norrbotten att leverera ström till den nya malmбанan mellan Gällivare och Luleå och malmfälten i Kiruna. Samma år togs kraftverket i Älvkarleby i Dalälven i bruk och kunde förse Stockholm med elektrisk ström. 1918 påbörjades bygget av ett kraftverk i Lilla Edet för att möjliggöra en elektrifiering av den västra stambanan. I Lilla Edet användes för första gången en större Kaplan turbin, med ställbara löphjulsskovlar (tillverkad av Karlstads Mekaniska Verkstad). Under 1920-talet fortsatte utbyggnaden av Norrlandsälvarna. Det första i raden av norrländska kraftverk byggdes 1925-28 vid Hammarforsen i Indalsälven. Invigningen av Krängede kraftverk, i samma älv 1936, innebar början på utbyggnaden av ett stamlinjenät, som så småningom

skulle täcka hela Sverige. Via en 220 kV högspänningsledning kunde elenergi levereras till Stockholm via Horndal. Man strävade hela tiden efter att höja spänningen på överföringarna eftersom högre spänning ger lägre förluster. I samband med att kraftverket i Harsprånget i Luleå älv invigdes 1952, togs den första 400 kV ledningen i bruk. Den levererade ström från Harsprånget till Hallsberg varifrån den sedan kom att distribueras vidare.

Ljus över landet

Elektrifieringen fick mycket stor betydelse för den industriella utvecklingen i Sverige. Redan vid sekelskiftet var elkraften den dominerande energikällan inom industrin. Elanvändande industrier var tidigt pappersbruk, stålverk och mekaniska verkstäder. Under 1910- och 20-talet inleds elektrifieringen av järnvägarna. Efter försök med elektriska lok på sträckan Kiruna-Riksgränsen påbörjades elektrifieringen i större skala. 1926 var sträckan Stockholm - Malmö elektrifierad och 1933 även Stockholm - Malmö. I slutet av andra världskriget var nära en tredjedel av det svenska järnvägsnätet elektrifierat. Dessförinnan hade många svenska städer infört elektriska



Elektrifieringen av Sverige kom att sammanfalla med det stora folkhemsbygget. Elektriskt ljus, elspis, kylskåp och elektriska hushållsmaskiner kom in i hushållen.

spårvagnar, i vissa fall som ersättning för hästdragna. 1911 fanns elektrisk spårväg i 13 städer. Med elektriciteten följde även ljus över landet - fotogenlampan kunde bytas ut mot den elektriska glödlampan även om detta nu inte skedde för alla på en gång, folkbiblioteken kunde utrustas med elektrisk belysning, och fler fick därmed möjlighet att läsa med god belysning. Elektriciteten har även på ett genomgripande sätt förändrat tekniken i hemmet. Redan i början av seklet fanns en mängd elektriska apparater att välja på men det var efter andra världskriget som hushållsmaskinerna

gjorde sitt stora intåg i svenska hem i form av elektriska dammsugare, elpisar, kylskåp, tvättmaskiner och frysar. Under 1960-talet började elvärme att användas och 1970-talet innebar en ökad användning av alla former av hemelektronik, en användning som hela tiden stegrats.

Den storskaliga elektrifieringen innebar en strukturomvandling av samhället. Inte minst i hemmen ledde elektriciteten till att vardagen förändrades. En aldrig sinande yttre kraftkälla tillfördes människorna vilket ledde till den omfattande teknikutvecklingen i vardagen. Hushållsmaskiner, ljus, hemelektronik, (radio, TV, datorer) och elektriska verktyg förändrades arbetet i och kring hemmen. Detta påverkar naturligtvis hur människor lever men kanske också hur vi tänker och uppfattar världen. Avancerad teknik har blivit en självklar del av våra liv och hur mycket reflekterar vi egentligen över de komplexa förhållanden och strukturer som ligger bakom det direkt synliga.

Ett annat och tidigare användningsområde för elektricitet var kommunikation, genom först telegraf och sedan telefon. Plötsligt var det möjligt att ha en mycket snabb kommunikation med människor långt borta, på andra sidan jordklotet. En symbol för detta var telegrafkabeln över Atlanten i mitten av 1860-talet. Det som tidigare tagit veckor kunde nu göras på sekunder, och världen öppnades på detta vis för kommunikation och information.

På liknande vis som ångbåtar och järnvägar öppnade världen fysiskt så öppnade telegraf och telefon världen på det mentala planet. Genom de nya kommunikationsmedlorna fick människor en ny världsbild, det ledde till uppkomsten av massmedia, liksom det också var en grund för nationalismens tillväxt, imperialism och kolonialiseringen av stora delar av Afrika och Asien. De Europeiska stormakternas imperiebyggande skulle knappast varit möjligt utan de snabba transoceaniska kommunikationerna som telegraferna innebar. Även järnvägens snabba expansion byggde i stor utsträckning på telegraferna för att omfattande järnvägsnät skulle kunna organiseras och tidtabeller hållas.

Den nya världsmarkanden, banksystemet och handeln byggde på de nya kommunikationssystemen. Internationell politik och diplomati förändrades också liksom krigsföring. Krig och teknik är delvis ett kapitel för sig. Teknik har sedan lång tid tillbaka utvecklats och använts för militära ändamål. Den tekniska utvecklingen har ofta accelererat i samband med krig och konflikter vilket också lett till en rad civila tillämpningar. Utvecklingen för civila och militära ändamål har i stort utsträckning skett parallellt och kan bara i begränsad utsträckning skiljas åt. Järnvägar hade exempelvis en mycket stor betydelse för krig och militär planering, De stora satsningarna på järnvägsutbyggnad i Sverige, liksom bygget av Göta kanal motiverades delvis av att de hade militär betydelse. Utvecklandet av kärnvapen och kärnkraft visar på hur vetenskap och teknik både har en civil och militär sida. Båda sakerna bygger på samma princip, en kärnreaktion, skillnaden är bara att i ett kärnkraftverk är reaktionen kontrollerad och i atomvapen är den okontrollerad.

Framställningen av el och värme är en stor industrisektor i det moderna samhälle. För 150 år sedan var det nästan alltid upp till det enskilda hushållet eller lokalsamhället att



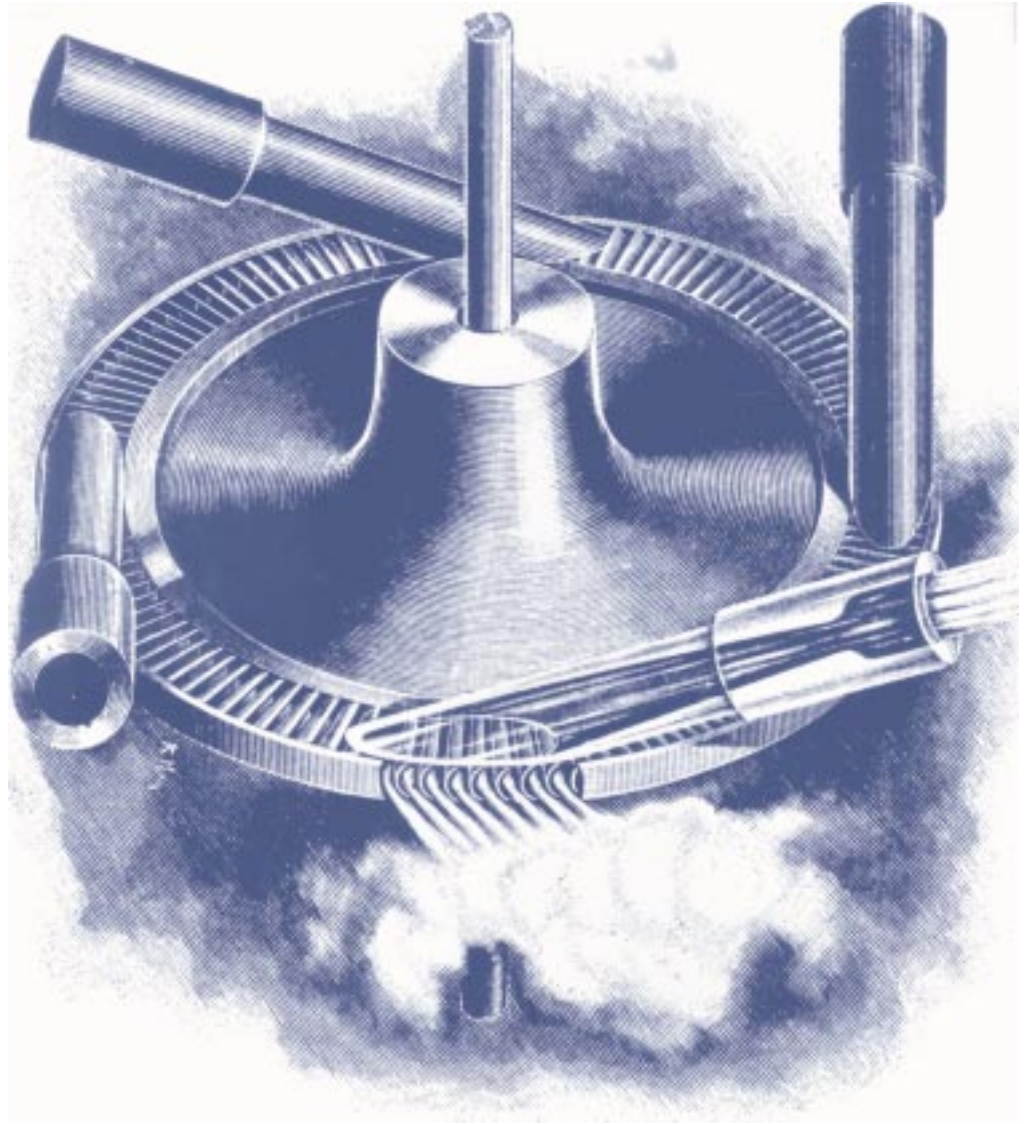
själva ordna med ljus och värme. Ved var för den vanliga människan den helt dominerande källan till främst värme men också ljus. Till belysning kunde i viss utsträckning också talgljus och oljelampor användas. Genom industrialiseringen och användandet av kol, olja och el har produktionen av värme, ljus och kraft blivit en industrigren, helt skild från våra egna liv. Vi producerar inte längre vår egen värme och kraft utan förlitar oss på stora tekniska system som exempelvis genom två hål i väggen försörjer oss i hemmen och på våra arbetsplatser.

Trollhättan kan ses som ett exempel på kraftindustrins framväxt och betydelse. Tidigt fanns det i anslutning till fallen vattenhjul och kvarnar och tidig industri förlitade sig på direkt vattendrift eller överföring med remmar eller liknade. När elektricitet kom växte energikrävande industrier upp i området eftersom el ännu inte kunde transporteras längre sträckor utan för stora förluster. Stora vattenkraftverk byggdes och hela älven och Väneren reglerades (fördämdes) för att förse industrin med ännu mer kraft. Det som producerades i Trollhättan var i stor utsträckning också sådant som hade med kraft att göra, ångmaskiner, elmotorer, vattenturbiner och dieselmotorer. I Trollhättan tillverkades också de transportmedel som energin skulle driva; bilar, flygplan och lok.

Värmekraft

Fram till i början av 1970-talet var vattenkraften den helt dominerande energikällan för produktion av elektricitet i Sverige. Endast en mindre del producerades i värmekraftverk där t ex kol eller olja användes för att driva ångturbiner som drev generatorer. Ett större koleldat kraftverk byggdes t ex i Västerås i mitten av 1920-talet och på 1960-talet byggdes oljeeldade kraftverk i Stenungsund och Marviken. Ångturbinen, kolvångmaskinens efterföljare, utvecklades i slutet av 1800-talet ur behovet av att få fram en snabbgående kraftmaskin för drivning av generatorer och för fartygsdrift. I en ångturbin får man en roterande rörelse ”på en gång”, utan att behöva gå steget över cylinder, kolv, kopplingsstänger och svänghjul e t c. En ångturbin har en betydligt högre verkningsgrad än en ångmaskin. Principen för en ångturbin hade varit känd sedan länge. Den grekiske matematikern Heron från Alexandria hade skissat på en ångturbin redan på 100 talet e.kr och andra förslag har funnits i historien. Det var dock först i slutet av 1800-talet som de tekniska förutsättningarna fanns för att man skulle få en ångturbin att fungera rent praktiskt. En av pionjärerna inom ångturbintekniken var svensken Gustaf de Laval (1845-1913) som 1883 fick patent på en enkel reaktionsturbin för drift av mjölkseparatorer. Denna turbintyp blev emellertid ingen ekonomisk framgång för de Laval som istället valde att satsa på en sk ångturbin. AB de Laval's Ångturbiner, som tillverkade turbiner för både drift av fartyg och generatorer, blev snabbt ett framgångsrikt företag. Engelsmannen Charles Parson (1854-1931) utvecklade på 1800-talet en ångturbin med en rad löphjul på en och samma axel. Parsons konstruktion blev vägledande för ångturbinens fortsatta utveckling. Det kan här finnas skäl att påminna om att ångturbiner används i värmekraftverk, som tillsammans med vattenkraften





Gustaf de Lavals aktionsturbin kom att tillverkas i ett mycket stort antal av AB de Lavals Ångturbin i Stockholm. Den kunde i kombination med en dynamomaskin användas för elproduktion. Ångan strömmar genom munstyckena mot turbinskivan som sätts i rörelse. Tekniska museet.

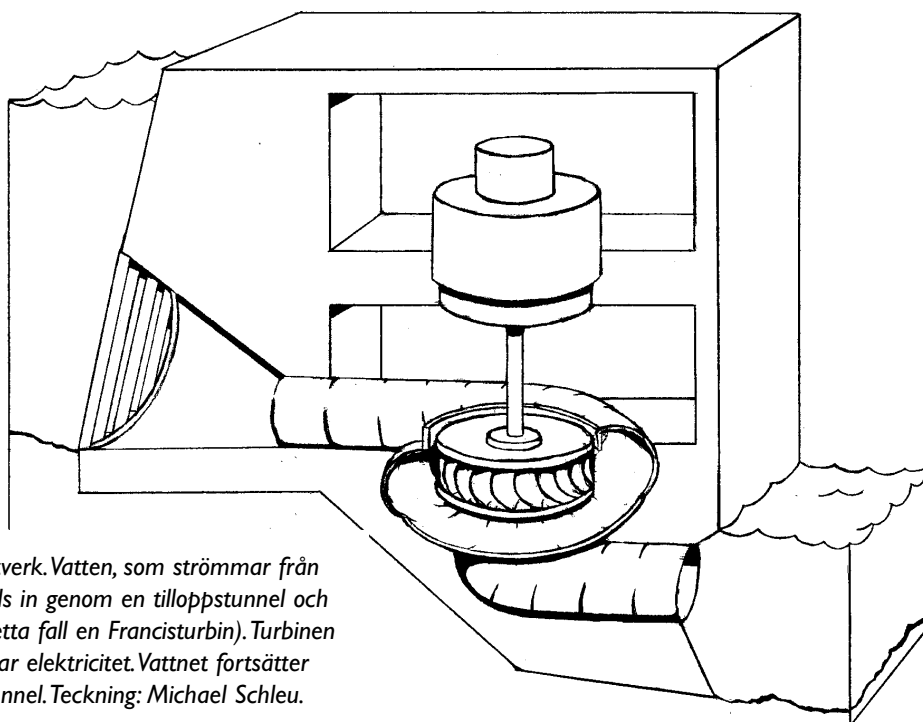
står för nästan all produktion av elektricitet. Värmekällan kan alltså vara t ex kol, olja, naturgas, biobränsle eller kärnbränsle. I samtliga fall handlar det om att hetta upp vatten till ånga - ånga som driver en turbin som i sin tur driver en generator.

Atomer i fredens tjänst

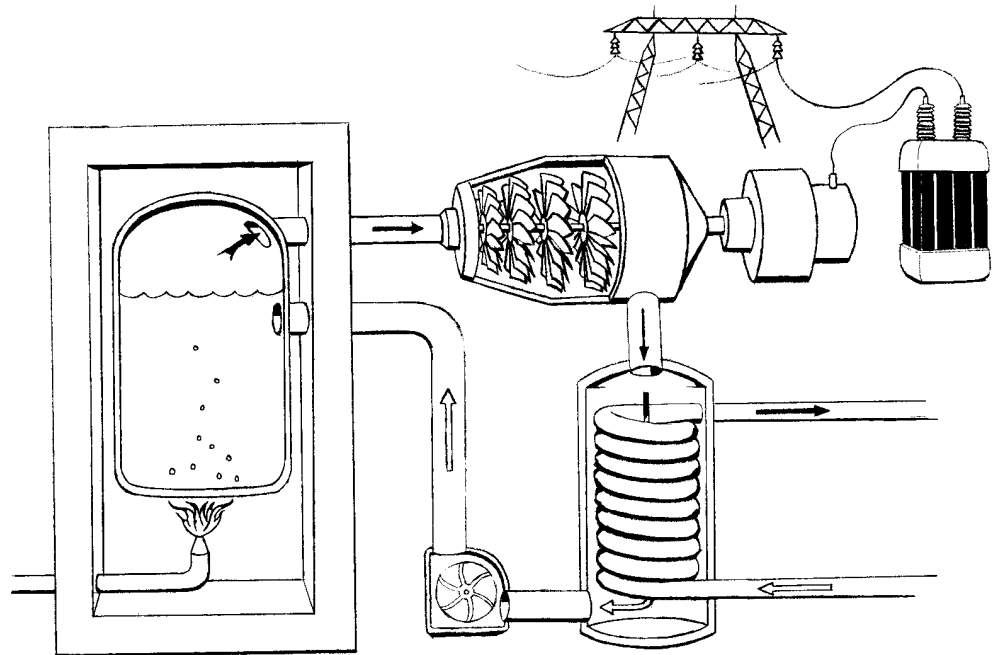
Det var i början av 1970-talet som de första kärnkraftverken startade i Sverige. Efter andra världskriget började man planera för produktion av kärnkraft. De två atombombarna över Hiroshima och Nagasaki hade visat på den oerhörda kraft som kunde frigöras från en liten mängd materia. Den första kontrollerade kärnreaktionen ägde rum

1942 i USA och 1956 öppnade i Storbritannien världens första civila kärnkraftverk. 1947 bildades halvstatliga AB Atomenergi i Sverige med uppgiften att utveckla kärnkraften för el- och värmeproduktion. 1954 togs en experimentreaktor (R1) i drift vid Kungliga Tekniska Högskolan i Stockholm. 1963 öppnade Ågestaverket, ett mindre kärnkraftverk, för produktion av fjärrvärme till stadsdelen Farsta i södra Stockholm. Ågestaverket, som också levererade en mindre mängd el till Stockholms elverk, var ett pilotprojekt för den kommande utbyggnaden av kärnkraften i Sverige. Bakgrunden till detta projekt var den internationella konferensen "Atoms for peace" som 1955 arrangerades i Genève. Här hade kärnkraften diskuterats i termer av framtidens energikälla. Trots att Ågestaverket var beläget i en förort till Stockholm väckte det ingen större debatt vid denna tid. Den teknik som användes i Ågesta var inte den som senare kom att användas vid utbyggnaden av den svenska kärnkraften. I Ågesta användes naturligt icke anrikat uran och tungt vatten. Denna s k "svenska linjen", som syftade till att göra Sverige mindre beroende av utlandet, kom snart att överges till förmån för anrikat uran och lättvattenreaktorer, med större lönsamhet. I början av 1970-talet togs Oskarshamn i bruk och därefter följde utbyggnad av Barsebäck, Ringhals och Forsmark. Idag svarar kärnkraften för ungefär hälften av elproduktionen och vattenkraften för den andra hälften. Att framställa el i kärnkraftverk kräver en avancerad teknik för att kontrollera kärnreaktionerna och uppnå den säkerhet som krävs. Själva elframställningen i ett kärnkraftverk sker dock genom vatten och ånga på ett liknande sätt som i en ångmaskin. Ångan fungerar här som ett medium, den möjliggör att man kan utvinna energiinnehållet i kärnreaktionerna. Vatten och ånga har på detta vis inte förlorat sin aktualitet i dagens samhälle utan utgör fortfarande på många sätt grunden i vårt energisystem.

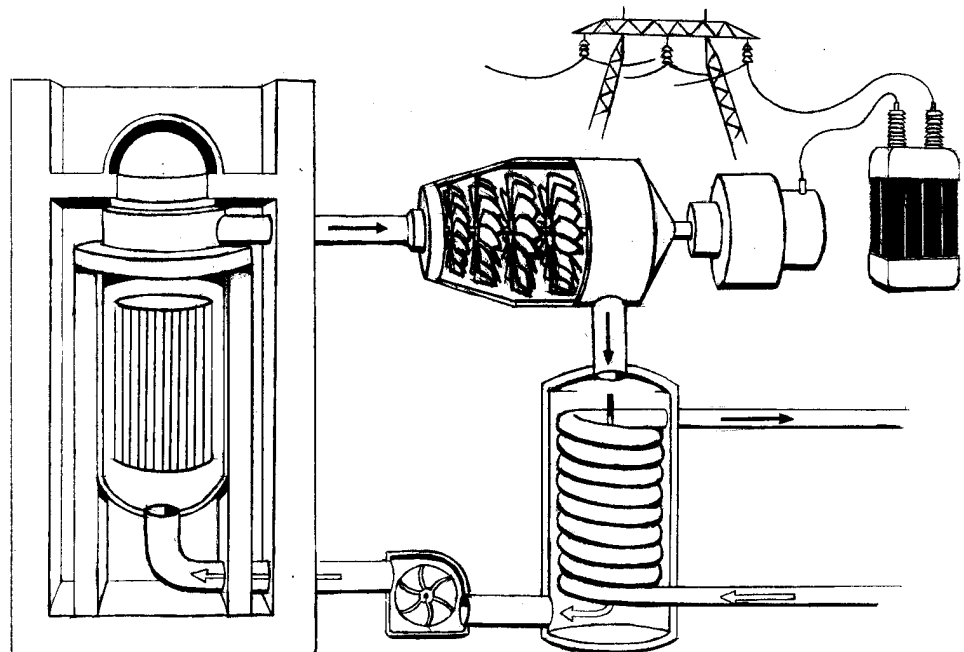
Utbyggnaden av elkraften i Sverige har inte varit problemfri. Till en början mötte utbyggnaden av de stora svenska älvarna inget större motstånd. De tvister som upp-



Principskiss av ett vattenkraftverk. Vatten, som strömmar från en högre nivå till en lägre, leds in genom en tillloppstunnel och sätter en turbin i rörelse (i detta fall en Francisturbin). Turbinen driver en generator som alstrar elektricitet. Vattnet fortsätter sedan ut genom en utloppstunnel. Teckning: Michael Schleu.



Principskiss av ett kraftvärmeverk, som producerar både el och värme. Vatten upphettas till ånga, som under högt tryck som får ångturbinen att rotera. Turbinaxeln sätter generatören i rörelse och elektricitet alstras. Elektriciteten transformeras upp till en högre spänning och skickas iväg via kraftledningen. Ångan kyls av i en kondensator med hjälp av kylvatten som pumpas in genom rören. Det uppvärmda kylvatten kan distribueras ut till hushåll och andra användare via ett fjärrvärmenät. När ångan kylts av i kondensorn återgår den till vatten som pumpas tillbaka till ångpannan. Teckning: Michael Schleu.



Principskiss av kärnkraftverk med kokarreaktor. Bränslet, uranstavar, hettar upp vattnet i reaktortanken till kokning. Ångan driver turbinen som i sin tur driver generatören. Ångan kyls sedan till vatten i en kondensator och pumpas tillbaka till reaktortanken. Som kylmedel används havsvatten. Teckning: Michael Schleu.

stod gällde främst försämrat fiske, svårigheter med timmerflottning och minskade åkerarealer p g a uppdamningar. Dessa tvister kunde avgöras i häradsrätter eller särskilt inrättade vattendomstolar. Den nationella enigheten var stor kring att tämja naturens krafter och ta till vara det "vita kolet" även om en bit nationalpark eller ett par samebyar hamnade under vatten. I slutet av 1960-talet och i början av 1970-talet ökade motståndet mot en fortsatt utbyggnad av vattenkraften. Ett ökat miljöengagemang gjorde att staten undantog de tre kvarvarande älvarna, Kalix, Piteå och Vindelälven genom ett riksdagsbeslut 1972. Ett år senare 1973 utlöstes den s k oljekrisen som en direkt följd av kriget mellan Israel och arabstaterna. Under tiden efter andra världskriget hade västvärldens oljeberoende ökat kraftigt och i början av 1970-talet uppgick oljans andel av den totala energianvändningen till ungefär 60%. De oljeproducerande staternas organisation OPEC höjde nu priserna på olja kraftigt. Oljekrisen gav upphov till en diskussion om faran av oljeberoende och om vikten av att hitta ersättning för oljan. Denna diskussion kom senare – i samband med kärnkraftdebatten – att även omfatta ersättning av elanvändning och alternativ elproduktion. Det ökade intresset för energi och miljöfrågor ledde till att flera statsunderstödda forskningsprogram initierades i mitten av 1970-talet.

Inte heller utbyggnaden av kärnkraften har skett utan debatt. I likhet med vattenkraftutbyggnaden väckte den till en början litet motstånd men kritiken ökade efter hand. Debatten, som pågår fortfarande, har främst gällt säkerhet: risker med utsläpp av radioaktivitet i samband med en olycka och möjligheten att säkert förvara det utbrända bränslet. Efter ett tillbud i Harrisburg i USA 1979 växte sig opinionen mot kärnkraft allt starkare och en folkomröstning kom till stånd 1980. Resultatet av folkomröstningen blev ett kompromissalternativ: att kärnkraften ska avvecklas men under en längre tidsperiod.

Kärnkraften är ett tydligt exempel på hur miljöaspekter fått ett allt större utrymme i diskussionerna kring produktion och konsumtion av energi. Miljöproblem är dock inget nytt i historien. En naturresurs som ofta överexploaterades var, som vi tidigare sett, skogen. Stora behov av ved och virke ända från antiken och framåt har lett till en omfattande skogsskövling. Det finns exempelvis i dag stora områden kring Medelhavet som helt saknar skogar. Detta leder i sin tur till problem med erosion, utarmning av jordbruksmarker och försämrade försörjningsmöjligheter för befolkningen. Energi och miljö är i stor utsträckning ett gemensamt problemkomplex, en stor del av dagens energiproduktion är direkt eller indirekt miljöskadlig.



Framtidens elenergi

Beslutet om att avveckla kärnkraften fram till 2010, som riksdagen fattade efter folkomröstningen 1980, innebär att vi måste ta ställning till hur framtidens energiförsörjning ska se ut. Kärnkraften kan ersättas med annan typ av värmekraft - kol, olja, naturgas. Men förbränningen av dessa bränslen skapar, trots bättre reningsteknik, utsläpp som bl a ger upphov till försurning. Koldioxidutsläpp, som leder till växthuseffekten, är bara en skadlig effekt vid förbränning av fossila bränslen. Giftiga ämnen som kolmonoxid, svavel och bly ger också skadliga miljöeffekter, och är även en del av försurningen som kan ge allvarliga följder på viktiga ekosystem. Vårt nuvarande system bygger i stor utsträckning på fossila, icke förnyelsebara, energikällor (olja, kol och gas). Tillgången på dessa råvaror är begränsad, även om nya fyndigheter och utvinningsmetoder upptäckts. De fossila bränslena används dock främst inom transportsektorn (bilar, båt och flyg) samt till uppvärmning. I övrigt är det elenergin som kraftigt dominerar, och vi skall i det följande främst koncentrera oss på hur framtidens elenergiförsörjning kommer att se ut. Kommer energianvändningen fortsätta att öka i samma takt som tidigare, och hur skall vi i så fall öka vår energiproduktion?

Kärnkraften ger inga direkta utsläpp som de fossila bränslena, men den är potentiellt mycket farlig - Tjernobylolyckan visade tydligt på riskerna - och det finns inte någon bra lösning på avfallsproblemet, hur de radioaktiva resterna skall förvaras. Kärnkraften står idag för en stor del av elproduktionen i västvärlden, men det byggs få nya kärnkraftverk och i Sverige har vi fattat beslutat om en avveckling.

Vilka andra energikällor finns då? Vattenkraften är ren och förnyelsebar men begränsad. En utbyggnad har dock betydande miljöpåverkan och i Sverige finns idag inte några planer på ökad användning av vattenkraft.

Solenergi är både ren och förnyelsebar, miljöpåverkan är liten men den är dyr och kan med dagens teknik bara täcka en mindre del av energibehovet. Samma förhållanden kan i stort sägas gälla även för vindkraften, den är dyr och kräver stor plats, men har å andra sidan mycket små miljöeffekter. Idag ger vind- och solkraft ett mycket litet tillskott till energiproduktionen och de har också nackdelen att de är beroende av väder och vind. Produktionen blir därför ojämn och osäker. För att dessa energikällor skall kunna tillföra stora mängder el för att ersätta bortfallet av kärnkraftproducerade elen krävs enorma investeringar och det kommer att kräva stora utrymmen. Man kan dock tänka sig att vindkraftverk placeras till havs - vilket också gjorts - där de inte är i vägen och där tillgången på vind är god. Solenergi kräver också stora investeringar men här kan det tänkas att varje hus förses med egna solpaneler så att varje hus kan producera delar av den el och värme som konsumeras (prövas också). Solenergi kan användas både för att producera el, genom solceller, och att ge värme genom solfångare. En långsiktig fördel med båda systemen är också att de kan vara billiga och självgående när de väl är byggda.

Biobränsle är ett samlingsnamn på förnyelsebart brännbart materiel som flis, ved och vissa spillprodukter. En omfattande odling av snabbväxande träd kan ge ett omfattande



energitillskott i framtiden. En av fördelarna med biobränsle är att det inte bidrar till växthuseffekten. Det ger inte ifrån sig mer koldioxid än vad växten under sin livstid konsumerat. Odling av biobränslen kräver dock stora arealer och är utrymmeskrävande vid transport och hantering. Biobränslena kan både användas för framställning av el och värme. I ett kombikraftverk, som både innehåller en gas- och en ångturbin, kan el produceras av biobränsle, plus att överskottsvärmen kan användas i ett fjärrvärmesystem.

Bättre lagringsmöjligheter för el kan också förbättra framtidens energisituation. Dagens batterier kan bara lagra små mängder el, elbilar måste exempelvis laddas ofta. Om el skulle kunna lagras effektivt skulle man kunna spara el då det är överproduktion, exempelvis på sommaren, för att använda den på vintern. Vattenkraftverken skulle då kunna producera maximalt med el året runt vilket skulle öka den totala produktion utan att miljön påverkades. Lagringsmöjligheter skulle också förbättra förutsättningarna för vind och solenergi.

Kraftigt energisparande tekniker och metoder skulle också kunna påverka den framtida utvecklingen. Trenden mot en allt mer ökande energikonsumtion skulle kunna brytas och de förnyelsebara energikällorna skulle då bättre klara av omställningen bort från fossila bränslen och kärnkraften.

Slutligen kan man även tänka sig att helt nya energikällor eller tekniker uppträffas. Fusionskraft (som i solen), solenergi i rymden eller effektiv användning av jordvärme skulle kunna vara sådana uppfinningar. Nya upptäckter kommer alltid men de är sällan möjliga att förutse.

Men frågan är om vi behöver så mycket elektricitet och om vi kan minska på elanvändningen liksom all energianvändning inom industri, transporter och hushåll. Ytterst handlar det om värderingar och vilken typ av samhälle vi vill leva i i framtiden. Frågan har även en global dimension. Vad händer med jorden om hela den så underutvecklade världen ska ha samma energikonsumtion som västvärlden?



Källor och litteraturtips

Bengt Spade m fl, Kraftöverföringen Hellsjön-Grängesberg. En 100-årig milstolpe i kraftteknikens historia, Västerås 1993.

Svante Lindqvist, Technology on Trial, The introduction of steam power Technology into Sweden 1715 –1736 (1984).

Sven Rydberg m fl, Svensk teknikhistoria (1989).

Bosse Sundin, "Att få vatten på sin kvarn: om kvarnar i historien" i I teknikens back-
spegel, red Bosse Sundin, Malmö 1987.

Sigvard Strandh, Maskinen genom tiderna (1979)

Staffan Hansson, Teknikhistoria,

Lars Paulsson (red). Från muskelkraft till rymdfarkost (1996).

Lars Paulsson (red) Tekniska museets faktahäften (1996).

- Muskelkraft, vattenkraft och vindkraft

- Ångmaskiner, ångpannor, ångturbiner och gasturbiner.

Terry S Reynolds, Stronger than a hundred men: A history of the vertical water Wheel, (1983).

Örjan Wikander, Vattenmöllor och möllare i det romerska riket (1980).

Alf Åberg, Från skvaltkvarn till storkraftverk (1962).

Jan Garnert, Anden i lampan (1993).

Uppfinningarnas bok, olika upplagor. T ex 1901 Del II.

Vattenfall under 75 år, 1909 –1984, Statens vattenfallsverk, (1984).

Henry Nielsen, Fysiken och den industriella revolutionen (1992).

Michael Hård och Sven-Olof Olsson, Istället för kärnkraft (1984)

Energikällor, broschyr utgiven av Kraftverksföreningen.

Pär Blomkvist & Arne Kaijser (red). Den konstruerade världen. Tekniska system i ett historiskt perspektiv, (1998).

Hans Westlund. Infrastruktur i Sverige under tusen år, (1996)

Arne Kaijser . I fädrens spår : den svenska infrastrukturens historiska utveckling och framtida utmaningar, (1994).

Ett uthålligt elsystem för Sverige – En vision för år 2050, Elforsk rapport 96:9 (1996)

Hållbar energiframtid, Långsiktiga miljömål med systemlösningar för el och värme, Slutrapport från SAME-projektet (1999)



