

# Energian tuottaminen Suomen teollistumisvaiheessa ja sen jälkeen

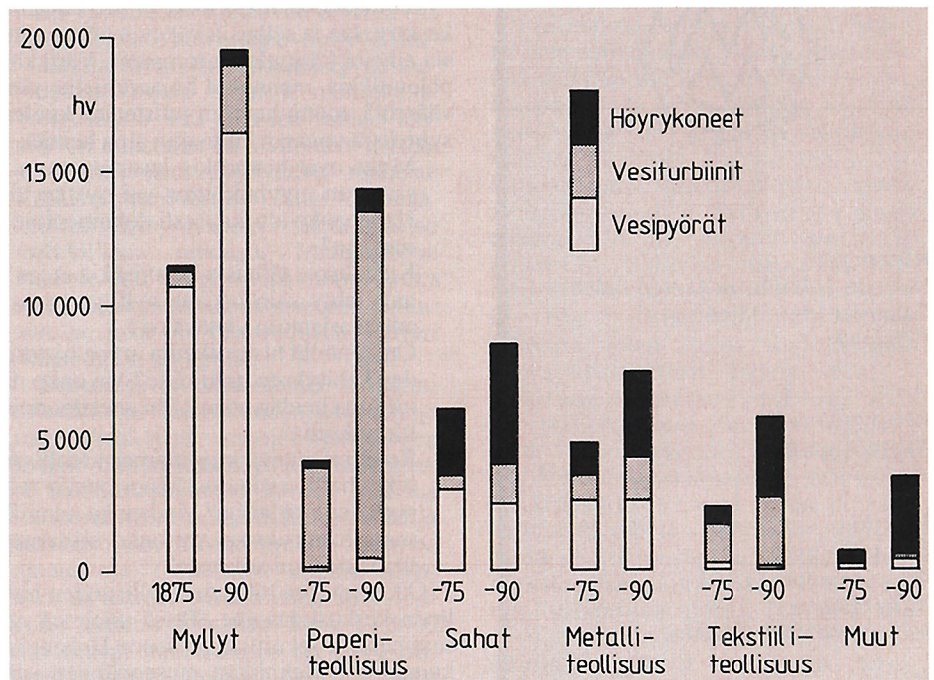
**Professori Risto Keskinen Tampereelta toteaa, että Suomen teollistumisvaiheessa energiaa tuotettiin pääasiallisesti kotimaisin energiavaroin. Energian kulutuksen kasvu on muuttanut tilanteen päinvas-  
taiseksi. Artikkelin perustuu Risto Keskinen esitelmään XI valtakunnallisilla tekniikan museopäivillä 30. 9. 1988.**

Energian eri muodot, kuten mekaaninen energia, lämpöenergia ja sähköenergia ovat fysikaalisesti yhteismitallisia, mutta taloudellisesti eriarvoisia. Lämpöenergia on helposti aikaansaattavissa polttamalla puuta tai muita polttoaineita, mutta sen muuntaminen mekaaniseksi tai sähköiseksi energiaksi on vaikeaa ja muutos tapahtuu huonolla hyötysuhteella. Jos esim. ensimmäisten suomalaisten höyrykoneiden hyötysuhteeksi oletetaan 2 %, tarvittiin tietyn mekaanisen energiamäärän tuottamiseen 50-kertainen lämpöenergia. Tästä syystä tekniikan historiassa kiinnostus kohdistuu erityisesti arvokkaan mekaanisen ja sähköisen energian tuottamiseen. Taloudellisesti tärkeä on myös raakaenergian kokonaiskulutus. Energiatekniikan kehitys Suomessa voidaan jakaa seuraaviin, ajallisesti päällekkäin lomittuviin pääjaksoihin, joista teollistumisvaihe painottuu kahteen keskimäiseen:

1. Esiteollisen ajan tekniikassa mekaaninen energia kehitettiin eläinvoimalla sekä koneellisesti puisilla vesipyörillä ja tuulimyllyillä.
2. Voimakoneiden aikakausi alkoi Suomessa 1840-luvulla, kun ensimmäiset höyrykoneet ja vesiturbiinit tulivat käyttöön.
3. Sähkön aikakausi alkoi Suomessa v. 1882, kun Finlaysonin sähkövalolaitos tuli käyttöön.
4. Suurenergiatekniikkaan siirtymistä merkitsi Imatran voimalaitoksen valmistuminen v. 1930 ja sitä seurannut kantaverkon rakentaminen.

## Esiteollisen ajan energia-tekniikka

Esiteollisen energiategniikan tärkeimmät mekaaniset laitteet olivat hevosierto, puinen vesipyörä ja tuulimylly, jotka lähinnä palvelivat maataloutta ja siihen liittyvää jauhatustoimintaa, mutta myös sen aikaista vähäistä varsinaista teollisuutta. Laitteiden käyttö jatkui 1900-luvun puolelle. Esim. vuonna 1890 oli teollisuuden käytössä 110 hevosiertoa, joita käytti 200 hevosta.



Kuva 1. Eri voimakoneiden yhteistehot tärkeimmillä teollisuuden aloilla vuosina 1875 ja 1890.

Tuulivoima oli yleensä liian pienitehoista ja epävarmaa teollisuuskäyttöön, mutta siltäkin oli vähäinen käyttö tuulisahoissa sekä lasi- ja keramiikkateollisuudessa. Vesipyörä oli noin vuoteen 1870 saakka teollisuuden tärkein voimakone. Niitä oli v. 1890 varsinaisen teollisuuden käytössä 420 kpl yhteisteholtaan 6 000 hv. Samaan aikaan oli käytössä kuutisentuhatta vesipyörän käyttämää myllyä ja kymmenisentuhatta tuulimyllyä. Vesipyörien ja muiden voimakoneiden tehot eri aloilla v. 1875—90 nähdään kuvassa 1 sekä osuus kokonaistehosta ja vuosien erinä v. 1840—1980 kuvassa 2.

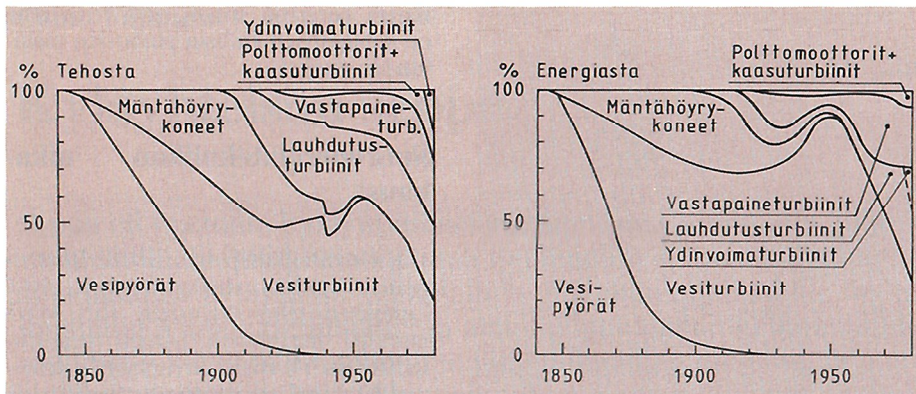
## Voimakoneiden aikakausi

Suomen teollisuuden ensimmäiset konepajavalmisteiset voimakoneet teki John Julinin v. 1836 perustama Fiskars: v. 1837 rautainen 50 hv:n vesipyörä Fin-

laysonille, v. 1844 maahöyrykoneet Ericsson & Cowien konepajalle ja Littoisten verkatehtaalalle sekä v. 1847 neljä vesiturbiinia Fagervikin rautaruukille. Myös tämän jälkeen lukumääräisesti valtaosa näistä koneista oli kotimaisia, mutta 1850-luvulta alkaen suurimmat koneet olivat usein tuontitavaraa.

Vesiturbiini syrjäytti pian rautaisen vesipyörän ja saavutti valta-aseman erityisesti puuhiomoissa, joiden suuren tehontarpeen vuoksi paperiteollisuus kehittyi jo 1880-luvulla suurimmaksi mekaanisen tehon tarvisijaksi. Samalla vesiturbiinista tuli teollisuuden tärkein voimakone, minkä asemansa se säilytti aina 1960-luvulle saakka (kuva 2). Fiskars valmisti skotlantilaisia turbiineja (kuva 3) säilyttäen johtoaseman 1850-luvun lopulle, jolloin Warkauden konepaja (Paul Wahl & Co) ja Tampereen konepaja (nyk. Tampella) aloittivat valmistuksen. Tampella, josta vähitellen kehittyi johtava valmistaja, teki 1860-luvulla Fourneyron-turbiineja, mutta





Kuva 2. Teollisuuden (ml. vesi- ja höyrymyllyt) konetehon ja vuosienenergian jakautuminen eri voimakonetyyppien kesken.

vuodesta 1868 aivan vuosisadan lopulle Jonval-turbiini oli valtatyyppi. Tampella valmisti myös ensimmäisen Francis-turbiininsa jo v. 1874, mutta tyyppi yleistyi vasta aivan vuosisadan lopussa, jolloin ulkomaiset tuotteet ohimenevästi saivat vahvan aseman. Tuonnin katkaisu Tampellaan uusi, v. 1909 markkinoille tullut B-sarja (Sampo-turbiini) ja v. 1913 ruotsalaisen KMW:n kanssa solmittu yhteistyö, joka jatkui vuoteen 1955.

Höyrykoneen suuri merkitys oli siinä, että se teki mahdolliseksi sijoittaa teollisuutta muuallekin kuin koskien varrelle. Höyrykoneesta tuli tärkein voimakone vuoteen 1890 mennessä metalli-, puu- ja tekstiiliteollisuudessa, mutta ei papeiteollisuudessa (kuva 1). Kun otetaan huomioon myös höyryveturit ja -laivat, oli höyrykone selvästi eniten käytetty voimakone. Tärkeimmät kotimaiset valmistajat olivat Ericsson & Cowie (sittemmin D. Cowie & Co, W:m Crichton & Co), J.D. Stenberg & Pojat, Warkauden konepaja, Porin konepaja, Mathildedalin konepaja, Turun rautateollisuus ja Kone ja Silta. Vanhimpien 1850-luvun suurten tuontikoneiden joukossa oli muutama vipu- eli balanssikone (Forsen, Wärtsilä, Töölön sokeritehdas), mutta kotimaiset koneet samoin kuin myöhemmät tuontikoneet olivat suoraanvai-kuttavia, asennoltaan usein makaavia. Suurimpien kotimaisten koneiden teho oli noin 400 hv. Suurin tuontikone oli 1 600 hv Sulzer-kaksoistandem Finlaysonille v. 1899. Mekaanisesti kytketty höyryturbiini ilmestyi pienitehoisiin meijerisovellutuksiin v. 1887.

Taulukko 1. Mekaanisen energian hinta v. 1883.

Energianlähde	Kustannukset v. 1883		Indeksikorjattuna v. 1978	
	mk/hv	p/hvh	mk/kW	mk/kWh
Höyrykone, yli 50 hv		12		1,50
Höyrykone, pieni	1 800	42	23 000	5,30
Kuumailmakone	2 600	38	33 000	4,80
Kaasukone	2 000	51	25 000	6,50
Vesijohtokone	1 100	288	14 000	38,—
Hevoskierto		50		6,40
Käsivoima (8 miestä=1 hv)		200		25,—

Höyrykattiloiden valmistus alkoi kotimaassa höyrykoneiden rinnalla 1840-luvulla. Yleisin maakattilatyyppi oli aluksi tulitorvikattila, mutta 1880-luvulta alkaen sitä yleisemmäksi kehittyi tuliputkikattila. Höyrynpaineet olivat 1800-luvun puolivälissä 3...6 baria ja vuosisadan vaihteessa 6...12 baria. Vesiputkikattila tuli käyttöön 1890-luvulla. Kotimaisen valmistuksen aloitti v. 1893 Kone ja Silta, josta tuli pitkäksi aikaa johtava valmistaja. Myöhemmin ovat johtoasemaan siirtyneet Tampella ja Ahlström (Warkaus). Kehitys on kulkenut lisenssityön kautta omiin konstruktioihin. Höyrynpaineet ovat tällä vuosisadalla nousseet suunnilleen vuosikymmenten mukaan: v. 1920 20 baria, v. 1940 40 baria jne.

Voimakoneiden välisessä kilpailussa vesiturbiini oli yleensä edullisin voimanlähde, mutta milloin se ei tullut kyseeseen, oli höyrykoneen ohella valittavana muita vaihtoehtoja. Taulukossa 1 on esitetty helsinkiläisen pienverstaan vaihtoehtojen hintavertailu vuodelta 1883. Kuumailmakoneella, jota mm. D. Cowie & Co valmisti, oli vähäinen käyttö vuosina 1860—80. Kaupunkikaasulla käyvä polttomoottori tuli ensimmäisenä käyttöön kirjapainoissa vuodesta 1877 alkaen. Polttomoottorien kotimainen valmistus alkoi v. 1894, mutta niiden teollisuuskäyttö jäi vähäiseksi. Yleishavainto taulukosta 1 on, että sadan vuoden takainen energia oli varsin kallista.

Teollisuuden voimakoneiden tärkein polttoaine oli varsin pitkään puu. 1920-luvulla alettiin käyttää myös puujätettä,

joka siihen saakka oli poltettu hyödyttömänä. Kun myös lämmitys ja junaliikenne perustuivat pääasiallisesti puun käyttöön, oli kotimaisen polttoaineen osuus vielä vuonna 1930 energian kokonaiskulutuksesta 78 % (kuva 5) ja teollisuuden polttoaineen kulutuksesta 62 %.

Voimansiirto voimakoneelta työkooneille tapahtui mekaanisesti hammaspyörien, hihnojen, köysien ja valta-akselien avulla siirtoetäisyyden ollessa yleensä alle sata metriä. Vuosisadan vaihteessa siirryttiin yleisesti ryhmäkäyttöön, jossa sähkömoottorit käyttivät valta-akseleita. Valta-akselit hävisivät lopullisesti vasta toisen maailmansodan jälkeen.

## Sähkön läpimurto

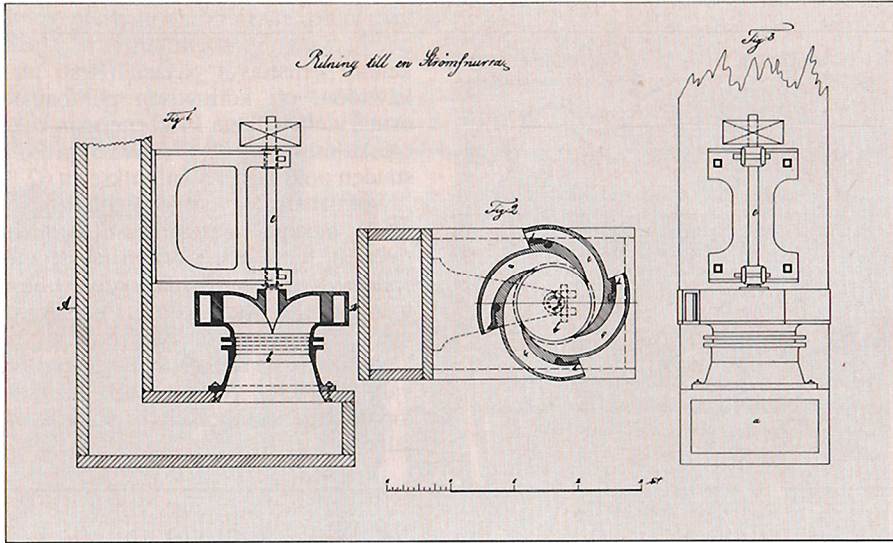
Suomen ensimmäinen pysyvä sähkölaitos oli Finlaysonin sähkövalolaitos v. 1882. Ensimmäinen kunnallinen sähkölaitos rakennettiin Tampereelle v. 1888 ja ensimmäinen korkeajännitteinen voimansiirtolinja v. 1897—98 Uuksusta Pitkärantaan. Sähkökoneiden valmistuksen aloitti Suomessa ensimmäisenä Paul Wahl & Co Warkaudessa v. 1887, mistä toiminta siirtyi Viipuriin ja jatkui nimellä Sähkö Osakeyhtiö. Sen toiminta päättyi v. 1909, mutta Gottfrid Strömbergin Helsinkiin v. 1889 perustamasta yrityksestä kehittyi merkittävä sähkökoneiden ja -laitteiden valmistaja, joka on tehnyt mm. 45 % Suomen vesivoimageraattoreista.

Kaupunkien sähkövalolaitokset olivat aluksi tasavirtalaitoksia, joissa siirtoetäisyys oli korkeintaan pari kilometriä. Vaihtovirran käyttöä edisti vuoden 1908 tienoilla alkanut maaseudun sähköistys, jossa pian saavutettiin sadan kilometrin siirtoetäisyys. Samaan aikaan myös teollisuuden sähkömoottorikäytöt lisääntyivät, mutta voimakoneiden sähköistysasteen nousua hidasti suurimman käyttäjäryhmän, puuhioimoiden, vakiintunut mekaaninen kytkentä. Voimakkain muutos tapahtui 1920-luvulla, jolloin sähköistysaste ylitti 80 %.

Vesiturbiinin generaattorikäyttö johti vuosisadan vaihteessa entistä nopeampien Francis-tyyppien kehittämiseen, hammasvaihteen käyttöön ja usean (2, 4 tai 6) juoksupyörän kytkemiseen samalle vaakakselille. Suuriin yksikköihin vakiintui vuoden 1920 tienoilla suoraan kytketty, käyrällä imuputkella varustettu pysty-Francis, jota käytettiin mm. Äetsässä v. 1919—21 (7 × 1,1 MW) ja Imatrossa v. 1925—30 (I vaihe 4 × 20 MW). Sen syrjäytti pian v. 1924 Suomessa käyttöön otettu Kaplan-turbiini. Vesiturbiinien valmistus oli jo tällöin keskittynyt Tampellalle.

Höyrykone oli sähköistyksen alkuvuosina yleisin generaattoria käyttävä voimakone. Käyttö tapahtui köysivälityksellä tai suoraan kytkettynä (kuva 4). Ensimmäiset yksipyöräiset Laval-turbogeneraattorit tulivat Suomeen v. 1893 (mm. Hotel Kämp). Klingendahlin teh-



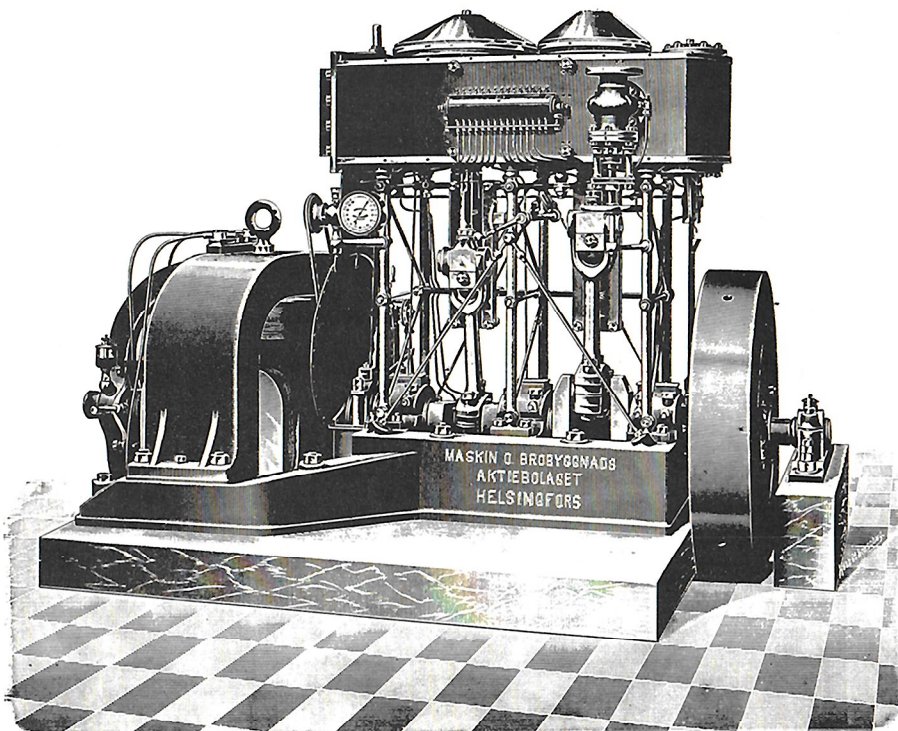


Kuva 3. Fiskarsin virtahyrrä, 4-solainen skotlantilainen turbiini vuodelta 1848.

taalle Tampereelle v. 1905 toimitetut moniportaiset Zoelly-turbiinit (2 × 500 hv) Siemens-generaattoreineen merkitsivät siirtymistä suurempiin tehoihin ja alkavaa höyrykoneen syrjäytymistä. Höyryvoiman rakentaminen eteni tasahtia vesivoiman kanssa. Vuonna 1930 vesivoimaa oli rakennettuna 220 MW, höyryvoimaa 240 MW. Vesivoiman osuus tuotetusta energiasta oli kuitenkin suurempi, noin 70 %, koska vesivoima ajoi peruskuormaa ja monet höyryvoimalaitokset toimivat varalaitoksina (kuva 2). Suurin höyryvoimalaitos oli Helsingin kaupungin lauhdutusvoimalaitos, teho 29,5 MW, ja suurin yksikkö

10 MW. Kaikki höyryturbiinit olivat tuontitavaraa.

Suomalaisen lämpövoiman erikoispiirre on runsas sähkön ja lämmön yhteistuotanto. Teollisuuden vastapainevoima, jossa turbiinin poisto- tai väliottohöyryä käytetään teollisuusprosessissa, tuli käyttöön v. 1913 (Rauman saha/AEG 1000 kVA). Vastapainevoima kehitti 1930-luvulla yli 60 % höyryvoimalla tuotetusta energiasta. Tämän tekniikan edeltäjiä olivat jo viime vuosikymmenellä käytetyt vastapainehöyrykoneet sekä vuosisadan vaihteessa rakennetut blokki- eli korttelivalaistuslaitokset. Vastapainevoiman kilpailukyky Suo-



Kuva 4. Kone ja Sillan valmistama höyrykone kytkettynä Strömbergin tasavirtadynamo 300A 110V 250 r/min vuodelta 1897.

nessa perustuu siihen, että vesivoima on suhteellisen kallista putousten mataluuden vuoksi.

## Suurenergiatekniikan aika-kausi

Kauden alkutapahtuma oli Imatran voimalaitoksen valmistuminen v. 1930. Laitoksen teho (valmiina 155 MW) merkitsi siirtymistä uuteen suuruusluokkaan. Yli maan levittäytyvä kantaverkko muodosti yhden suuren järjestelmän aikaisempien erillisten paikallisten ja alueellisten verkkojen asemasta. Kauden tapahtumiin kuuluu myös sota, jossa mm. menetettiin kolmannes rakennetusta vesivoimasta, sekä sitä seurannut pula- ja jälleenrakennuskausi. Taloudellisesti merkittävin muutos on kuitenkin energian kokonaiskulutuksen kasvu yli kotimaisten resurssien. Vaikka kotimaisenkin energian käyttö on määrällisesti kasvanut (kuva 5), on sen suhteellinen osuus pudonnut vuoden 1950 80:sta vuoden 1975 30 %:iin. Tuontipolttoaineista tärkein oli pitkään kivihiili, mutta 1960-luvulla määräävän aseman valtasi halpa öljy, jonka käyttöä vuoden 1973 öljykriisi tosin vähensi. Myöhempään kehitykseen ovat vaikuttaneet myös ydinvoima, maakaasu ja sähkön tuonti. Kotimaisen energian määrällinen lisäys perustuu vesivoimaan, teollisuusjätteen ja turpeeseen. Puu on entistä tarkemmin jalostettu paperiksi ym. arvokkaiksi vientituotteiksi.

Sähkön tuotantokapasiteetti on vuosien 1930—80 aikana kasvanut noin 25-kertaiseksi. Tuotantokoneiston kehityksen perusteella voidaan erottaa kolme vaihetta (ks. kuva 2).

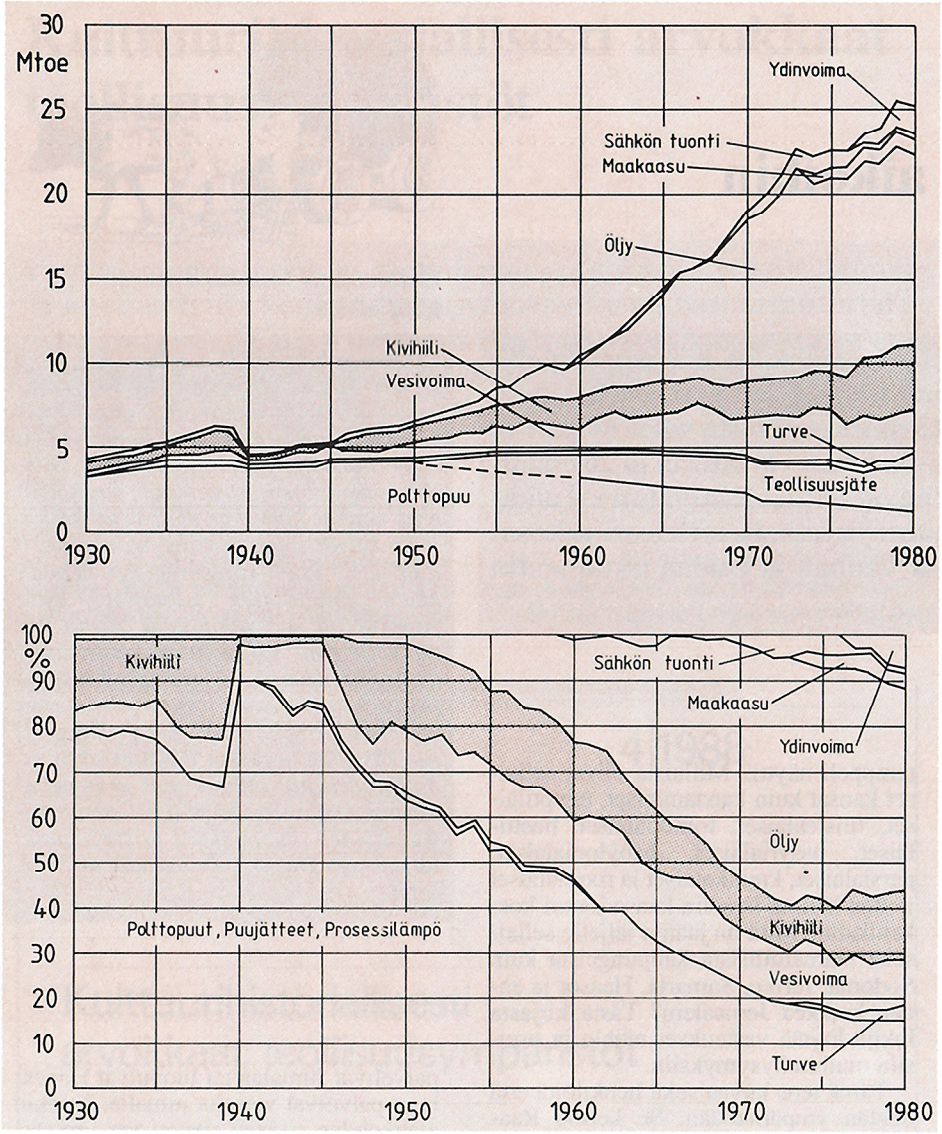
1. Vesivoimalla tuotettiin yli 50 % sähköstä 1960-luvun lopulle saakka. Vesivoiman rakentaminen hidastui 1970-luvulla, jolloin 2400 MW eli noin 2/3 rakennuskelpoisesta vesivoimasta oli rakennettu.

2. Tavanomaisen lämpövoiman rakentaminen painottui vuosina 1950—65 teollisuuden vastapainevoimaan. Toinen sähkön ja lämmön yhteistuotantomuoto on asutuskeskusten lämmitykseen liittyvä kaukolämpövoima, jota on rakennettu vuodesta 1960 alkaen. Vuosina 1965—78 rakennettiin myös suuria fossiilisia (kivihiili-, öljy-) lauhdutusvoimalaitoksia (suurin Inkoo 4 × 250 MW) sekä prosessijätettä polttavaa prosessilauhutusvoimaa. Höyryvoiman yhteisteho v. 1980 oli 6100 MW. Samaan aikaan rakennettiin varavoiaksi kaasuturbiinilaitoksia noin 900 MW.

3. Ydinvoimaohjelman tuloksena valmistuivat v. 1977—81 Loviisan ja Olkiluodon ydinvoimalaitokset. Niiden lauhdutusurbiinien yhteisteho on 2200 MW.

Ydinvoimalaitosten valmistuttua jakautuu sähkön tuotanto hyvänä vesivuotena siten, että ydinvoima ja höyryvoima tuottavat kumpikin kolmanneksen, vesivoima neljänneksen ja loppu hoidetaan tuontisähköllä. Roolijako on





Kuva 5. Perusenergian hankinnan määrällinen ja suhteellinen jakautuminen v. 1930–80. Muuntosuhde: 1 TWh=0,25 Mtoe.

muuttunut siten, että ydinvoima, teollisuuden vastapainevoima, kaukolämpövoima ja prosessilauhdutusvoima huolehtivat peruskuormasta, vesivoima hoitaa säädön ja huiput, ja fossiilinen lauhdutusvoima ja kaasuturbiinivoima toimivat reservinä. Voimakoneista tärkeimmän ryhmän muodostavat höyryturbiinit.

**Yhteenveto**

Suomen teollistumisvaiheessa, joksi edellä on katsottu aika v. 1840–1930, energiaa tuotettiin pääasiallisesti kotimaisin energiavaroin. Teollisuuden koneitehosta yli 40 % ja vuosienenergiasta yli 60 % perustui vesivoimaan noin vuoteen 1960 saakka. Vuodesta 1981 lähtien tuotanto jakautuu lähes tasan vesi-, höyry- ja ydinvoiman kesken. Energian kokonaiskulutuksesta kotimaisten energiavarojen osuus oli noin 80 % vuoteen

1950 ja 60 % vuoteen 1960 saakka, mutta laski vuoteen 1975 mennessä noin 30 %:n tasolle. Muutos johtuu lähinnä energian kulutuksen kasvusta, halvasta tuontiöljystä ja puun käytön ohjaamisesta jalostettujen vientituotteiden raaka-aineeksi.

**Lähteet**

1. Antero Jahkola, Risto Keskinen, Timo Myllyntaus, Lasse Nevanlinna: Suomen energian tuottamisen ja käytön yleiset kehityspiirteet. Luku 1 julkaisuun »Suomen energiatekniikan historia». Tampereen teknillinen korkeakoulu. Hydrauliiikka Raportti 22. Tampere 1987.
2. Ilmari Kurki-Suonio: Polttoaineet ja niiden käyttö. Luku 3.1. julkaisuun »Suomen energiatekniikan historia». Julkaisematon käsikirjoitus.

Bjarne Huldén

**Antiikin taitavat teknikot**

**Muinaistarut ja historia kertovat seitsemästä etevästä tekniikan edustajasta antiikin ajoilta. Ensimmäinen heistä oli Ateenan Daidalos.**

Daidalos ei tosin ole historiallinen henkilö, vaan kuuluu lähinnä mytologiaan. Tekniikan historiassa hän on silti hyvin mielenkiintoinen hahmo. Hänestä kerrotaan ihmeellisiä taruja, hänen taitonsa ja taitonsa ovat olleet legendaarisia ja hänestä on tullut muinaiskreikkalaisen taitamisen kantaisä ja tekniikan suojelupyhimys. Vuosiluku 1500 eKr. on kyllä harhaanjohtava. Se viittaa oikeastaan vain siihen, että näinä aikoina kukoisti Kreetan saarella minolainen kulttuuri, jonka piirissä Daidalos pääasiallisesti toimi. Kun tämä kulttuuri kohta tuon ajankohdan jälkeen sortui ja hävisi, niin myös Daidalos hävisi eikä enää mytologiassa esiintynyt.

Myyttien tarinoita ei ole syytä vähätellä. 1800-luvun tutkijat pitivät yleisesti Homeroksen runokertomuksia pelkkinä myytteinä. Varakas saksalainen amatööriarkeologi Heinrich Schliemann uskoi päinvastoin, että Odysseia ja Iliia olivat tarkkoja matkailuoppaita, ja hän onnistui ammatinharjoittelunsa suureksi hämmästytykseksi löytämään muinaisen Troijan ja Mykenen valtavine aarteineen. Hän oli vähällä löytää myös Odysseiassa mainitun kuningas Minoksen valtakunnan Kreetan saarella. Mutta yritys jäi kesken ja englantilainen arkeologi Evans löysi paikalta loistavan Knossoksen palatsin ja antoi tälle vanhalle kulttuurille nimen »minolainen». Tämä siihen asti myyttinen vanha kulttuuri oli omalaatuinen ja rikas. Se oli sekä aineellisesti että taiteellisesti erittäin korkeatasoinen, jopa hienostunut. Sen voimakkaan, merta hallitsevan laivaston ansiosta kaupungit ja asuinsijat eivät olleet linnoitettuja, mikä seikka on tunnusomaista myös Knossoksen palatsille, joka osittain entisöitynä on eräs Kreetan turistinähtävyyksiä.

Täällä on siis toiminut myyttinen Daidalos: arkkitehti, puuseppä, kuvanveistäjä, metallityön taitaja ja pronssinvalaja; keksijä, insinööri ja taiteilija. Perimätiedon ja kirjallisuuden mukaan hän oli suurten rakennustöiden arkkitehti. Hän oli keksinyt sahan, kirveen, käsiporan, luotinuoran ja liimat. Ihmeellisimmät hänen luomuksistaan olivat elävät kuvapatsaat. Tämän tarun takana on voinut olla hänen uusi, mullistava tyylinsä kuvanveistäjänä.

Jatkuu sivulla 10