

**This is an electronic reprint of the original article.
This reprint *may differ* from the original in pagination and typographic detail.**

Author(s): Nykänen, Panu

Title: Tieto ja talous : teollisuutta tukevan tutkimuksellisen tiedon jakelua Suomessa kahden vuosisadan aikana

Year: 2015

Version:

Please cite the original version:

Nykänen, P. (2015). Tieto ja talous : teollisuutta tukevan tutkimuksellisen tiedon jakelua Suomessa kahden vuosisadan aikana. *Kasvatus ja aika*, 9(1), 8-25.
http://www.kasvatus-ja-aika.fi/site/?lan=1&page_id=674

All material supplied via JYX is protected by copyright and other intellectual property rights, and duplication or sale of all or part of any of the repository collections is not permitted, except that material may be duplicated by you for your research use or educational purposes in electronic or print form. You must obtain permission for any other use. Electronic or print copies may not be offered, whether for sale or otherwise to anyone who is not an authorised user.

Tieto ja talous. Teollisuutta tukevan tutkimuksellisen tiedon jakelua Suomessa kahden vuosisadan aikana

Panu Nykänen

Tässä artikkelissa pohditaan käytännöllisten alojen ylimpään opetukseen ja tutkimukseen liittyvän julkaisutoiminnan kehitystä Suomessa. Artikkelissa tarkastellaan suomalaiselle tekniikan julkaisutoiminnalle ominaisia piirteitä. Tutkimuksessa pohditaan sitä, mitkä tekijät ovat vaikuttaneet tekniikkaan, teollisuuteen ja elinkeinoelämään liittyvän tiedon julkaisumenettelyihin. Lähteinä on käytetty suomalaisia teknillisen alan artikkelijulkaisuja 1800-luvulla ja teknillistä julkaisu- ja kirjastotoimintaa koskevaa kirjallisuutta.

Tieto ja taito

Luonnontieteet ja tekniikka alkoivat teollisen vallankumouksen aikoihin kehittyä rinta rinnan. Kysymys on kahdesta toisiaan tukevasta traditiosta. Edwin Layton osoitti tunnetussa teoksessaan *The Mirror Image Twins* (Layton 1971), kuinka insinööritaito ja tiede ovat saman kysymyksen kaksi erilaista ratkaisua. Insinööritaidon tavoitteena on esittää pulmaan käytännössä toimiva ratkaisu, kun tieteen tavoitteena on selittää luonnonilmiö. Kuten Conrad Matschoss asian ilmaisi: tekniikka ei ole koskaan itsetarkoitus. Teknillisen tutkimuksen ja toiminnan tuloksena on aina käytännöllinen eli taloudellinen sovellutus (Gispén 1989, 114). Tekniikan ja luonnontieteiden välinen vuorovaikutus ei ole suoraa, vaan epäsuoraa. Vaikutus kehittyvästä luonnontieteestä tekniikkaan ja päinvastoin tapahtuu yleensä monimutkaisen vuorovaikutusketjun välityksellä. Juuri näin Nathan Rosenberg teoksessaan *Exploring the black box* esittää (Rosenberg 1994, 14):

“It cannot be overemphasized that such information [technical] typically cannot be deduced from the scientific principles.”

Kysymys ei ole myöskään perustutkimuksen ja soveltavan tutkimuksen välisestä erosta, kuten usein esitetään. Tekniikan tutkimus ei ole perustutkimuksesta aiheutuvaa soveltavaa tiedettä. Kysymyksen käsittely on kuitenkin edennyt tekniikan ja tieteen tutkimuksen yhteydessä hitaasti, koska se, että tekniikka on useissa yhteyksissä ymmärretty soveltavaksi tieteeksi, perustuu pitkään tieteen historian kirjoituksen traditioon. Tämä puolestaan pohjautuu tieteen filosofian yliopistolaitoksen piirissä kypsyneisiin vakiintuneisiin näkemyksiin (Laudan 1995, 18).

Derek de Solla Priceen mukaan tekniikka ja tiede muodostavat kaksi kumulatiivista tietomassaa, jotka eivät keskustele keskenään (De Solla Price 1965). Koska teknillisen tiedon hallinnan ja teollisuuden tiedontuottamisjärjestelmän perusrakenteilla on oma, lähelle taloudellista toimintaa kuuluva luonteensa, myös teknillinen julkaisujärjestelmä ja teknillisen alan julkaisujen tarve poikkeaa tieteen yleisestä julkaisutoiminnasta ja julkaisujärjestel-

mästä. Tekniikkaan liittyy toki teknillistä perustutkimusta, eikä yksiselitteistä eroa tämän ja luonnontieteiden perustutkimuksen välillä voida tehdä. Teknilliseen soveltavaan tutkimukseen liittyy kuitenkin yleensä suora kontakti teolliseen ja taloudelliseen toimintaan, jolloin soveltavan teknillisen tutkimuksen tuloksia ei useinkaan julkaista. Teollinen tuote itsessään on usein julkaisu sen tuottaneen henkilön, yhtiön tai muun instituution työn tuloksesta.

Lisäksi tekniikkaan, erityisesti prosessiteollisuuteen ja mekaaniseen teknologiaan liittyy vaikeasti määriteltävä ”osaamisen” elementti, jonka saattaminen kirjalliseen muotoon voi olla vaikeaa tai jopa mahdotonta. Yliopiston edistämän luonnontieteellisen tutkimuksen ja opetuksen ja käytännöllisten alojen opetuksen ja teknillisten tieteiden kehitys ovat toisiaan tukevia tapahtumakulkuja. Toisaalta useat tekniikan alat ovat kehittyneet täysin riippumatta luonnontieteen teorian kehityksestä. Tunnetun esimerkin mukaan James Watt ei tarvinnut höyrykonetta rakentaessaan tietoa siitä, mihin koneen toiminta perustui (Ferguson 1977, 1993).

Yliopiston ja ylimmän teknillisen opetuksen järjestelmän välillä on ratkaiseva periaatteellinen ero. Yliopisto ja teknillinen yliopisto eivät ole saman kysymyksen kaksi erilaista ratkaisua. Ne ovat kaksi erilaisista ja eri aikoina havaituista tarpeista kehittynyttä sovellutusta, joiden avulla tietoa ja osaamista siirretään yhteiskuntaan. Yliopistossa annettu opetus perustuu avoimeen tieteelliseen julkaisujärjestelmään tukeutuvaan tutkimukseen. Tiedolle syntyy arvo vain silloin, kun tieteen tekijä luovuttaa saavutuksensa vapaasti yhteiskunnan ja muiden tutkijoiden käytettäväksi. Teknillisen opetuksen tutkimuksen järjestelmän tavoitteena on kärjistetysti tuotteen valmistaminen tai teollisen tai teknillisen toiminnan tehokkuuden nostaminen. Tekniikan osaamisella, joka ei sisälly tieteen perustutkimukseen, on siis usein jopa pääomasijoituksen turvaamiseksi tarpeellinen itseisarvo, joka karttaa vapaata julkaisua. Järjestelmien välinen ero tulee näin esille tiedon tai taidon loppukäyttäjän kannalta tarkasteltuna, ei pohtimalla tiedon tai tieteen muotoa ja merkitystä tai sitä, miten tieto syntyy.

Luonnontieteiden kannalta on perustellusti esitetty, että tieteitä voi olla vain yksi. Tieteellistä tietoa ei sinänsä ole erikseen korvamerkitty (esim. de Solla Price 1980, 251). Tekniikan opetukseen sisältyy kuitenkin lähes aina käytännöllinen elementti, jota ei voida sivuuttaa opetuksessa ja tutkimuksessa. Tekniikan teoreettinenkin opetus on usein perusteiltaan erilaista yliopisto-opintoihin verrattuna. Eroista opetuksen välillä on loistava kuvaus Theobalt Zieglerin teoksessa *Der Deutsche Student* (Ziegler 1912). Eurooppalaisen tiedeyliopiston kehittyessä valistuksen ja sivistyksen kehdoksi 1800-luvun alkupuolella yliopiston toiminta-ajatukseen liittyi ajatus puhtaan tieteen itseisarvosta. Tämä johti filosofisen tiedekunnan arvostuksen kasvuun jo keskiajalta periytyvien, ammattiin johtavien muiden kolmen tiedekunnan kustannuksella. Filosofisessa tiedekunnassa käynnistyi prosessi, jonka seurauksena tiedekunta jakautui ja laajeni yliopistolaitoksen kovaksi ytimeksi. Kehitys jatkui edelleen siten, että filosofisessa tiedekunnassa niin kutsutut kovat tieteet ottivat humanististen tieteiden kannalta huomattavan arvovaltaetumatkan. Esimerkiksi historiatieteiden oli kehitettävä oma empiirinen ja teoreettinen pohjansa tässä kilpailussa. (Tommila 2000). Tieteen julkaisujärjestelmistä muodostui kumulatiivinen, kunkin tieteenalan traditioita noudattava kokonaisuutensa. 1820-luvulla tiedemies hallitsi vielä universaalien tieteen, viisikymmentä vuotta myöhemmin tämä oli mahdotonta. Yliopisto muodostui eri tieteenalojen asiantuntijoiden yhteenliittymistä, sivistyksen uudistuminen ja kasvu rakennettiin sisälle yliopiston organisaatioon. Yliopistosta sivistys levisi yhteiskuntaan yleisen koululaitoksen kautta.

Humboldtin ajatus kansakuntaa palvelevasta yleisestä sivistykseen perustuvasta koulutusjärjestelmästä sulki samalla pois käytännöllisten alojen koulutuksen. Mikäli yliopistoissa opetettiin käytäntöä sivuavia oppiaineita, ne riisuttiin käytännöllisestä kontekstistaan mahdollisimman pitkälle (Tommila 2000; Gispén 1989, 23, 25). Elinkeinoelämä ja teollisuus eivät kuitenkaan tulleet toimeen ilman oman alansa toimintaa tukevaa tutkimusta ja opetusta. Tästä syystä 1800-luvun alun jälkeen jako sivistysyliopiston ja teknillisen koulutusjärjestelmän välillä sai pysyvän luonteen kahden vuosisadan ajaksi. Myös perusopetusjärjestelmän puolella saksalaisella kielialueella kehittyi koko vuosisadan kestänyt kilpailu klassillisen linjan ja reaalikoululinjan välillä. Jako sementoitiin useissa eurooppalaisissa maissa asettamalla yliopistot opetus- tai kirkollisten asioiden ministeriöiden johdettavaksi, kun teollisuuden ja tekniikan opetus kuului pääsääntöisesti kunkin valtion kauppaja- ja teollisuusministeriölle.

Koska teollinen toiminta kytkeytyy perustavaa laatua olevalla tavalla yhteiskunnan talouden ja elinkeinoelämän kehitykseen, tekniikan ja teollisten taitojen opetuksen alkaessa tarvittiin julkaisujärjestelmä, jonka tavoitteena oli teknillisen yleissivistyksen lisääminen yhteiskunnassa sen lisäksi, että eri maissa pyrittiin jakamaan tarkennettua teknillistä tietoa teollisuuden edistämiseksi.

Tekniikan opetukseen kehittyi ensyklopedinen opetusmuoto, joka säilyi toisen maailmansodan jälkeiseen aikaan asti (esim. Nykänen 2007, 43–56, 111–115). Varhaisimpia ensyklopedioita olivat ranskalaiset teollisuuden ja insinööritaidon käsikirjat, joita julkaisi muun muassa tunnettu Roret'n kustannustalo, ja 1800-luvun kuluessa tekniikan eri aloille muodostui klassikoiksi muodostuneet ensyklopediansa, joita jopa tentittiin ja luennoitiin sellaisenaan. Sarjat olivat kuitenkin kalliita, eikä tietosanakirjatyypinen julkaisu pysynyt pitkään ajan tasalla tietoineen. Vasta vuosisadan lopulla alkoi insinöörialojen varsinainen oppikirjatuotanto. Suomessa insinöörialojen erikoistuneet oppikirjat, kuten Mikael Strukelin kolmiosainen rakennustekniikan sarja, ilmestyivät markkinoille vähitellen vasta vuosisadan vaihteessa. Strukelin teoksia luettiin myös muualla Euroopassa (Strukel 1895; Strukel 1900; Strukel 1904). Tapa kopioida tekniikan oppi opettajan luennoilla taululle piirtämistä muistiinpanoista säilyi kuitenkin pitkälle 1900-luvun puolivälin paikkeille asti. Muistiinpanoja kierrätettiin ja myös myytiin. Käsien kopiointi jatkui kuitenkin pitkään. Suomessa teekkarille toimitetut opetusmonisteet alkoivat ilmestyä vähitellen ensimmäisen maailmansodan jälkeen ja ne korvasivat käsin tehdyt muistiinpanot vasta 1960-luvulle tultaessa.

Jo 1800-luvun puolivälissä tekniikan suurvalloissa eri instituutiot ryhtyivät julkaisemaan aikakausilehtityyppisiä teollisuuden tiedonantolehtiä. Paikalliset versiot esimerkiksi brittiläisestä *Engineer*-lehdestä aloitettiin pian useimmissa Euroopan maissa. Kansallisille julkaisuille eri maissa muodostui nopeasti tiedon hankinnan ja välittämisen nationalistinen tehtävä.

Tarve tarkoin määritellyn, lähinnä insinööritieteisiin liittyvän teknillisen tiedon julkaisemiseen syntyi vasta 1900-luvun alkaessa teollisen toiminnan kannalta toissijaisen motiivin vuoksi. Koulutusjärjestelmän kehittyessä siten, että teknillisen tiedon hallinnan osoittaminen akateemisia muotoja seuraten tuli edellytykseksi tohtorin arvoa tavoiteltaessa, tekniikka oli saatettava muiden tieteiden kanssa vertailukelpoiseen asemaan myös julkaisujen yhteydessä. Tilanne, jossa tekniikan alan opiskelijan oli valmistettava akateeminen väitöskirja, muutti tekniikan julkaisumenettelyjä nopeasti. Tällöin kävi kuitenkin selkeästi ilmi, etteivät eri tekniikan alat olleet edes toisiinsa nähden tasavertaisessa asemassa niiden perustavaa laatua olevien erojen vuoksi. Lisäksi tekniikkaan liittyi tutkimusta, jonka julkaiseminen oli mahdotonta esimerkiksi kansallisen turvallisuuden säilyttämiseksi.

Suomi mukana kehityksessä

Teollisen vallankumouksen kehitystä seurattiin Suomessa jo Ruotsin vallan aikana huolestuneena. Talousseura palkitsi kirjoituskilpailussaan 1802 hieman aiemmin Pohjanmeren ympärysvaltioissa tutustumismatkalla käyneen professori Johan Gadolinin selvityksen siitä, mistä asiassa oli kysymys. Kirjoitus *Svar på Kongl. Finska hushållningssällskapets Fråga: Hvilka slöjder och Manufakturere äro för våra Finska Städer de tjenligaste och förmånligaste? Hvilka orsaker hafva hittills hindrat dessa näringars fortkomst i vårt Land? och hvilka medel äro derföre att vidtagas till deras lyckligare trefnad?* julkaistiin Talousseuran toimitusten toisessa osassa vuonna 1807. Gadolinin kirjoitusta voidaan pitää ensimmäisenä varsinaisena suomalaista elinkeinoelämää koskevaa talous- ja koulutuspolitiikkaa yhdessä käsittelevänä kannanottona. Gadolinin pääasiallinen havainto liittyi nimittäin tuotantoelämän ja tätä tukevan tiedonhankintajärjestelmän ja koulutuksen yhteyteen.

Maan elinkeinoelämän ja teollisuuden sekä tutkimuksen ja koulutuksen välisen vuorovaikutuksen tarpeellisuus oli akateemisissa piireissä periaatteessa tunnettu jo 1700-luvun alkupuolella Johannes Browalliuksen kirjoituksista. Pohtiessaan tutkimuksen ja yhteiskunnan suhteita Browallius oli päätenyt erottamaan luonnontieteellisen perustutkimuksen ja luonnontieteisiin liittyviä elinkeinoja tukevan tutkimuksen. Hänkin keskittyi lopulta käytännössä luonnontieteen yleisten ilmiöiden tutkimukseen (Nykänen 1997, 46; Klinge ym. 1987, 640).

Käytännön elinkeinoelämä ei vielä ollut herännyt uuteen vuosisataan. Kulutustarvike-tuotannon yhteydessä tarvittu koulutus oli järjestetty ammattikuntalaitoksen piirissä tarkoin säänneltynä järjestelmänä. Käsiyöläismestarit kouluttivat riittävän määrän kisällejä, jotka saattoivat myöhemmin itse hakea mestarin oikeuksia, jos paikka sattui jossain kaupungissa vapautumaan. Uuden tiedon siirto Pohjois-Euroopassa tapahtui paljolti kisällijärjestelmään liittyvän matkailun yhteydessä.

Gadolinin raportti toi esille Suomen talouden haavoittuvuuden. Siinä missä kotimainen neuloja valmistava käsiyöläismestari sai aikaan joitakin kymmeniä neuloja päivässä, alan tehdas tuotti tasalaatuisia kilpailijoita näille tuhansittain. Tämä tilanne tietenkin romahdutti hinnat. Elinkeinojärjestelmän oli pakko muuttua, muuten Suomi taantuisi kokonaan kulutustavaroiden vastaanottajaksi ja raaka-aineen tuottajaksi, siirtomaan asemaan (Gadolin 1807).

Ratkaiseva kysymys kaikkien tuotannonhaarojen osalta oli tuotannon tehokkuuden nostaminen kansainvälisesti kilpailukykyiselle tasolle. Esimerkiksi maasta viety terva oli jo 1830-luvulla alhaisen jalostusasteen tuote. Mikäli tervan jalostusastetta olisi kyetty nostamaan, tämä olisi merkinnyt suuria tuloja kansantaloudelle. Tekstiiliteollisuuden kannalta tuotannon kehittäminen edellytti uskomattoman nopeasti edistyvän konetekniikan kehityksen seuraamista ja omaksumista. Metallien valmistuksen ja orgaanisen kemian aloilla perustutkimus eteni myös jättiläisharppauksin, tuotannon ja taloudellisen kilpailun perusteet muuttuivat tätä seuraten kansainvälisillä markkinoilla.

Gadolin esitti käytännöllisten alojen oppilaitoksen perustamista Turun akatemian yhteyteen. Akatemian yhteydessä toimivan instituutin tehtävänä olisi ollut kouluttaa opettajia ympäri Suomea sijoitettaviin alemman tasoisiin, hyvin käytännönläheisiin oppilaitoksiin (Danielson-Kalmari 1920, 314–317). Tämä ensimmäinen aloite elinkeinoelämän ja ylimmän opetuksen kontaktin löytämiseksi unohdettiin kun Suomi irrotettiin vuosisataisesta yhteydestään Ruotsiin. Mitenkään vähäinen este uudistusten toteutumiselle ei ollut teollisuudenharjoittajien ja tiedemiesten välinen juopa, jonka myös Gadolin tunnisti. Kaksijakoi-

seen koulutusjärjestelmään 1800-luvun kuluessa johtanut vastakkainasettelu Suomessa sai näin alkunsa jo ennen teollisuuden syntyä. Tämä johtui siitä, että käytännöllinen osaaminen, johon liittyi taloudellisen tuotannon ydin, sisälsi jo yhteiskunnallisen muutoksen alkuvaiheissa myös vallankumouksellisen siemenen. Odotettavissa oli porvariston vallankumous, joka pääosassa Eurooppaa välähti esille lopullisesti vuonna 1848. Suomessa varsinaiselta vallankumoukselta vältyttiin, kumous toteutettiin oppilaitoksissa hiljaisesti. Ammattikuntalaitos murrettiin koulutusjärjestelmää hyväksi käyttäen.

Koulutusjärjestelmän uudistus – malli Preussista

Gadolinin ajatus teoreettisen ja käytännöllisen koulutuksen erottamisesta omiksi linjoikseen – kuitenkin keskusteluetäisyyden päähän toisistaan – vastasi keskieurooppalaista aikakauden ajattelutapaa (Nykänen 1997, 46; Danielson-Kalmari 1920, 304–318).

Tuotantoa tukevan opetuksen päälinjat Euroopassa olivat juuri syntymässä. Käytännöllisten alojen koulutus jakautui saksalaisen kielialueen käytännönläheiseen ja ranskalaisytyypilliseen teoreettisempaan ajatteluun. Saksalaisella kielialueella perustettiin pääsääntöisesti ammattiopetusta tukevia oppilaitoksia, kun valtiojärjestelmää muuttavaa ja vallankumousta toteuttavassa Ranskassa luotiin 1700-luvun päättyessä pitkälle vietyyn teoreettiseen opetukseen perustuva *Ecole Polytechnique* ja erityisoppilaitosten varaan rakentuva teoreettinen koulutusjärjestelmä. (Ks. esim. Koenig 1993; Wuolle 1949, 3–21.)

Syy erojen syntyymiseen oli selkeä. Pohjanmeren ympäryksissä kulutustavaroiden tuotanto oli siirtynyt jo suuriin manufaktuureihin ja tehtaisiin. Ajatuksena oli tukea jo olemassa olevaa teollisuutta hallinnon ja tutkimuksen menetelmin. Preussissa ja muissa saksalaisen kielialueen itäosissa sen sijaan teollisuus oli Belgiaan, Englantiin ja Ranskaan nähden selkeästi kehityksen jälkijunassa ja alueen teknologiajärjestelmät olivat siirtymässä ulkomaiseen omistukseen. Esimerkiksi kaupunkien kaasulaitokset ja pian tietoliikenneyhteydet olivat ulkomaisen kiinnostuksen kohteena. Rakennettava koulutusjärjestelmä tähtäsi tästä syystä saksalaisen kielialueen köyhemmillä reuna-alueilla teollisuuden ja teknologiajärjestelmien valtiolliseen haltuun ottoon ja niiden luomiseen sinne, missä niitä ei vielä ollut. Ensimmäinen askel kehityksessä oli ammattikuntalaitoksen ulkopuolisten opinahjojen perustaminen ja teollisuushallinnon luominen. 1800-luvun alkaessa koulutus uudistus eteni siten, että käsityöläisistä pyrittiin kouluttamaan teollisuudenharjoittajia lisäämällä työpaja-harjoituksiin teoreettinen ja yleissivistävä koulutusohjelma. Teoreettisen koulutuksen tason noustessa oppilaitosjärjestelmästä kehittyi tasoihin jaettu kokonaisuus, jonka huipulla olivat teknilliset korkeakoulut.

Eri koulutustavoista etsittiin eri maissa paikallisiin olosuhteisiin sopiva muoto. Oppilaitosjärjestelmät rakennettiin pääosin 1810–1840-luvuilla eri vaihtoehtoja varioiden. Preussilaista ajatusmallia yritettiin istuttaa Pietariin, Venäjän keisarikunnan pääkaupunkiin, ja järjestelmä sopi erinomaisesti myös Suomeen. Poikkeuksen kehityksen karttakuvassa muodosti varakas Itävalta-Unkari, joka otti käyttöön niin kutsutun polyteknisen opetusmallin. Wienin Polytechnicum rakennettiin yliopiston rinnalle ja lähelle yliopiston hallintomallia. Venäjällä 1820-luvun lopulla ja 1830-luvun alussa perustetut oppilaitokset eivät kyenneet muuttamaan suurista koulutusongelmista kärsivän yhteiskunnan linjaa (Coopersmith 1991, 2014–2015).

Brittiläinen koulutus ja teollisuuden tukijärjestelmä sai oman suuntansa, se perustui pitkälti käytännölliseen kontaktiin teollisuuden ja oppilaitosten välillä. Tämä suuntaus sai sijansa esimerkiksi Göteborgissa, jonne osin brittiläisen koulutuksen saanut William Chal-

mers perusti teollisuuden ammatteihin kouluttavan oppilaitoksen. Tukholmassa puolestaan käytiin kiivas keskustelu teoreettisen ja käytännöllisen opetuksen kannattajien välillä. Aluksi Tukholman teknillinen instituutti etsiytyi hyvin teoreettisille linjoille, mutta instituutti hakeutui muutamien vuosikymmenten kuluessa samoille perin preussilaisille linjoille Helsinkiin perustetun oppilaitoksen kanssa. 1810-luvulla keskustelun käynnistyessä Suomen suuriruhtinaanmaan koulujärjestelmä oli kuitenkin huonossa kunnossa. Suomalainen koululaitos oli saanut muotonsa Ruotsin vuoden 1724 asetuksen mukaan. Ruotsin valtakunnan keskusalueilla koulu-uudistus vietiin läpi jo vuonna 1807, ja uudistus oli tarkoitus toteuttaa Suomessa heti tämän jälkeen. Suomen sota kuitenkin keskeytti uudistuksen ja suuriruhtinaanmaahan jäi autonomian ajan alussa rakenteeltaan hyvin vanhanaikainen, klassiseen sivistykseen kasvattava koululaitos. Huolimatta kaupunkien eturivin oppilaitoksiin perustetuista apologistaluokista, jotka saavuttivat suosiota käsityöläisten lasten opinahjoina, uuden vuosisadan alkaessa maasta puuttui käytännöllisempien aineiden perusopetus kokonaan. Ne oppilaat, jotka joutuivat koululaitoksen piiriin, saivat alkeisopetusta lähinnä lukutaidossa ja raamatun opissa. Suurelle osalle suomalaisista koululaitos oli outo käsite.

Muutoksen toteuttaminen oli vaikeaa, vaikka sen tarve tunnistettiinkin laajasti. Kun Suomi liitettiin osaksi Venäjän keisarikuntaa, Porvoon valtiopäivillä vaadittiin uudistusten toteuttamista kaikissa maan triviaalikouluissa. Triviaalikoulujen rehtorit, jotka näkivät jokapäiväisessä työssään maan todellisen koulutustarpeen, vaativat edelleen porvari- ja teollisuuskoulujen perustamista maahan jo 1815 (Nykänen 1997, 44).

Käytännöllisten alojen ja tekniikan, eli teollisuutta tukevaan koulutukseen ja tutkimukseen liittyvä automaattinen kytkeä elinkeinoelämään muokkasi alusta alkaen koulutus- ja tutkimusjärjestelmän muotoja. Myös Suomessa ratkaiseva kysymys maan teknillisen kulttuurin kehittämisen kannalta 1800-luvun alkupuolella oli se, ryhdytäänkö tekniikkaa edistämään laajalla rintamalla kansan keskuudessa vai yksittäisten teollisuuden huippua edustavien kohteiden kautta. Kysymys kärjistyi, koska siihen sisältyi alusta pitäen selkeitä taloudellisia etuja ja yhteiskunnallisia arvoja.

1830-luvun kuluessa mielipiteet teknillisen tiedon levittämisen suhteen jakautuivat selkeästi kahtia. Toiminnassa olevan teollisuuden edustajat odottivat maan hallitukselta toimenpiteitä teollisuuslaitosten kannattavuuden parantamiseksi. Merkittävin ryhmä keskustelussa olivat ruukinpatruunat, joiden toiminta perustui jo Ruotsin vallan ajalla kehittyneeseen laajaan teknilliseen järjestelmään. Toisessa vaakakupissa oli koko kansantalouden kohottaminen uusien teollisuuslaitosten toimintamahdollisuuksia luomalla ja uutta tietoa jakamalla olemassa olevalle mutta kituvalle teollisuudelle. Viimeksi mainittuun politiikkaan sisältyi puolestaan tarve avoimen, teknillistä tietoa jakavan järjestelmän luomiseksi. Keskustelu vastasi pienessä mittakaavassa ranskalaistyyppisen ja preussilaistyyppisen koulutusjärjestelmän eroja.

Kysymys ei ollut helposti ratkaistavissa. Jotta avoimeen tiedon jakamiseen perustuva järjestelmä voisi toimia, tarvittiin riittävästi resursseja hallinnoimaan järjestelmää. Maassa ei yksinkertaisesti ollut henkilöitä, jotka olisivat kyenneet tulkitsemaan tai välittämään teknillistä tietoa.

Ensimmäinen yritys tähän suuntaan tehtiin, kun 1810-luvun lopulla päätettiin muodostaa pienestä Tampereen kaupungista eräs Euroopan noin 50:stä ”pikku-Manchesterista”. Pikku-Manchesterin toiminta-ajatus oli yksinkertainen: kokoamalla yhteen riittävä alkupääoma, teknillinen osaaminen, energian saanti, kulku-yhteydet ja raaka-ainelähteet, muodostui automaattisesti kukoistava teollisuuskeskittymä. Tampereen liikenneyhteydet olivat huonot, mutta sen lähetyvillä oli keisarikunnan länsiosien ainoa lupaava rautakaivos.

Osaaminen oli ostettavissa, ja valtio takasi perustamisvaiheen pääomat ja antoi kaupungille vapaakaupunkioikeudet. Senaatti törmäsi konkreettisesti vanhan akateemisen sivistyksen ja uuden teollisuusaatteen väliseen ristiriitaan. Tampereella pyrittiin käynnistämään metalliteollisuusklusteri, joka olisi perustunut Turun Akatemian omistaman Viljakkalan Haverin kaivoksen malmin käyttöön. Päätökset investoinneista oli tehty Akatemian geologien esitysten pohjalta. Haverin kaivoksen malmi oli kuitenkin juovikkaista. Malmin paremmista osista otetut näytteet vaikuttivat hyvinkin positiivisilta konepajateollisuuden tuotantoa ajatellen. Käytännössä saatu raaka-aine sisälsi kuitenkin liikaa fosforia ja oli käyttökelvotonta aikakauden teollisuuden harjoittajille. (Esim. Wallin 1905, 22–61.)

Kokemus johti kahteen konkreettiseen seuraukseen. Tampereelle aiottu teollisuusklusteri muuttui aluksi ensisijaisesti tekstiiliteollisuuden varassa toimivaksi – tamperelainen metalliteollisuus sai vauhtia vasta 1850–1860-lukujen metallienjalostuksen innovaatioiden käyttöönoton jälkeen. Lisäksi James Finlaysonin konepajayritys muuttui Wilhelm Nottbeckin johtamaksi tekstiilitehtaaksi, joka toimi Englannista, USA:sta ja myöhemmin Venäjän keisarikunnan muista osista tuodun raaka-aineen varassa. Toiseksi teollisuuden teknillinen tukijärjestelmä päätettiin irrottaa preussilaisen mallin mukaan yliopiston johtamasta yleisivistävästä perusopetusjärjestelmästä. Maahan perustettiin kaksijakoinen koulutuksesta vastaava hallinto preussilaisen mallin mukaan: toinen yleistä sivistystä ja toinen teollisuuden tarpeita varten. Kummallakin oli oma tiedonhankinta- ja koulutusjärjestelmänsä. Senaatti heittäytyi nyt täydellä voimalla mukaan saksalaisen kielialueen koulutusoptimistiseen ajatteluun. 20. toukokuuta 1835 annetulla asetuksella Helsinkiin perustettiin Manufaktuurijohdokunta, myöhemmin työ- ja elinkeinoministeriö, ohjamaan maan teollisuuden kehitystä, sekä Teknillinen Instituutti huolehtimaan teknillisen ja teollisuusopetuksen antamisesta (Asetus 20.5.1835). Viimeksi mainittu ei saanut mahdollisuuksia toimintansa käynnistymiseen. Ajatus oli sinänsä hieno, mutta pätevien opettajien lisäksi maasta puuttuivat riittävän alkeiskoulutuksen saaneet oppilaat. Kenraalikuvernööri ei tästä syystä suostunut lähes yliopiston kokoiseen ja selvästi Wienin Polytechnicum mallin mukaan esitettyyn toimintasuunnitelmaan. Koko hanke peruutettiin 1842. Yliopiston tasoisen oppilaitoksen sijaan maahan perustettiin joukko sunnuntaikouluja opiskelijoiden kouluttamiseksi. (Nykänen 1997, 54–67).

Manufaktuurijohdokunta sai teknologian siirron tehtävän nimenomaisesti itselleen. Manufaktuurijohdokunnallakaan ei ollut henkilöresursseja toiminnan todelliseen käynnistämiseen, mutta se ryhtyi kuitenkin keräämään tietoja teollistuneesta maailmasta – sekä kokoamaan kirjastoa. Johtokunnan nimenomaisena tehtävänä oli esimerkiksi koota sanomalehdistöstä tietoja jaettavaksi kotimaisille teollisuudenharjoittajille, kerätä teollisuusmalleja suurvaltojen teollisuusnäyttelyistä, sekä lähettää teollisuusmiehiä ulkomaille tutustumaan laitoksiin ja näyttelyihin. 1840-luvulla Manufaktuurijohdokunnalle tilattiin *Manufakturnyja i gornozavodskija izvestija*, *Polytechnisches Journal*, *Journal des connaissances usuelles et pratiques*, *Journal of sciences and arts* sekä *Bulletin d'la sol d'encour*. Kirjasto jäi käytännössä kuitenkin vain virkamiesten omaan käyttöön. Sitä ei muun muassa henkilöresurssipulan vuoksi voitu avata yleisölle.

Tarve kotimaiseen tekniikan popularisointiin ja tiedon avoin levittäminen maan elinkeinon elämän edistämiseksi oli jo 1840-luvulla Suomessakin tunnustettu ilmiö. Turkulainen proviisori Fredrik W. Langhoff kustansi vuosina 1845–1848 proviisori Johan Gustav Hammar Dahlin toimittamaa *Teknologen: vetenskaplig och industriell tidning, i populär syftning för bildade medborgare af alla stånd* -lehteä, joka piti tehtävänä teollisuuden ja luonnontieteiden välisen yhteyden rakentamista. Suoritus oli aikakaudella perin hämmäntävä. Lehdessä julkaistuista artikkeleista viidesosa oli alkuperältään ulkomaisia, ja yli kolmelle

sadalle tilaajalle levinnyt julkaisu oli ennen teknillisten reaalikoulujen perustamista merkittävin teknillisen tiedon välityskanava Suomeen. Julkaisu oli tavallaan Talousseuran teollisuussuusiiven äänenkannattaja. Vaikka lehti olikin mielipiteiltään konservatiivinen ja nojautui turkulaiseen vanhaan teollisuuskulttuuriin, se esitti mielipiteitä luonnontieteellisen koulutuksen merkityksestä kaikille tuotannollisissa tehtävissä oleville työntekijöille seuraten näin Gadolinin linjoja. Erityisesti painotettiin matemaattisten aineiden merkitystä kaikelle teolliselle toiminnalle (Alf-Halonen 1954, 175; Teknologen 5.7.1845, 95–96; Michelsen 1991, 323). Marraskuun numerossa vuonna 1845 lehti referoi pitkään Alexander von Humboldtin juuri ilmestynyttä teosta *Kosmos, Entwurf einer physischen Weltbeschreibung*. Kirjoituksessa kerrotaan kuinka kansojen hyvinvointi riippuu siitä, miten ne käyttävät luonnontieteiden avulla luonnonvarojaan. Kansat, jotka eivät työskentele mekaniikan, teknillisen kemian ja luonnontieteiden hyväksi ja sivistä näillä tiedoilla kaikkia väestöryhmiään, ovat tuomittuja turmioon. Lehti ajoi myös elinkeinovapauden aatteita teollisuuden toimintamahdollisuuksien kohottamiseksi. Se kuitenkin lopetettiin pian, koska se ei ikinä muodostunut taloudellisesti kannattavaksi yritykseksi. (Valonen 1991, 266–267.)

Hiljainen vallankumous

Teknillisen tiedon ja osaamisen sekä avoimen tieteellisen tiedon välinen ero syntyi myös yhteiskunnallisen muutosprosessin seurauksena. 1700-luvun lopulla ja 1800-luvun alussa muodostui Pohjois-Euroopassa uudentyyppinen porvaristo, jonka ydin koostui joukosta omalla ammattitaidollaan itsensä elättäviä uusien elinkeinojen harjoittajia.

1800-luvun alkupuolen monimutkaisessa ja lähes kaikkien valtioiden alueille levinneessä vallankumousliikkeessä oli pohjimmiltaan kysymys sääty-yhteiskunnan murtumisesta, ja tämän neljännen säädyn astumisesta yhteiskunnan poliittisen ja taloudellisen järjestelmän osaksi. 1700-luvun elinkeino- ja tuotantoelämän uusi ilmiö oli yrittäjä, joka ei välttämättä tuntenut oman alansa käsityön traditiota, vaan joka sijoittamalla pääomia teollisesti järjestettyyn tuotannolliseen toimintaan kykeni aloittamaan kannattavan tuotannon. Samalla syntyi käsite siviili-insinööri, joka pystyi soveltamalla luonnontieteitä oman osaamisensa kehittämiseksi edesauttamaan tuotannon kehitystä (Treue 1956, 38–40).

Myös Suomessa 1850-luvun jälkeen muodostuva insinöörikuunta oli uudenaikainen professio, suomalaisesta poliittisesta järjestelmästä tarkastellen viides sääty. Vuonna 1881 arkkitehti K. A. Tavaststjernan kirjoittama Polyteknikoiden marssi[1] toteaa:

*Vi äro en släkt, som anor ej vet,
av forntida bragder och ära,
vi äga ej minnen meni våra ffät
skall forntida skördarna skära...*

Lainsäädännön puolella kehitys toteutui ammattikuntalaitoksen perustan murtumisena. Ammattikuntalaitoksen lakkauttaminen toteutettiin Pohjois-Euroopassa seuraten Englannin vuoden 1835 esimerkkiä 1860-luvun loppuun mennessä. Suomessa ammattikuntalaitos lakkautettiin vuonna 1868. Laki elinkeinovapaudesta annettiin 1879.

Uudistuksen vauhti riippui nimenomaan muodollisen koulutusjärjestelmän institutionaalisoitumisesta ja teknillisen kulttuurin istuttamisesta kansan keskuuteen. Mestarinnäytettä suoritettaessa pystyi jo 1840-luvulla suorittamaan osan vaadittavista taidonnäytteistä koulutusjärjestelmän yhteydessä, vaikkakin titteli ja porvarisoikeudet olivat vielä tällöin kotipaikkaan sidottuja. Osoitettuaan sunnuntaikoulun järjestämässä tentissä hallitsevansa fysi-

kan, kemian ja kemiantekniikan sekä mineralogian alkeiskurssit, pystyi opiskelija anomaan porvarisoikeudet kotikaupungissaan. Sunnuntaikoulujen 1842 alkaneen työn hedelmät tunnustettiin lopullisesti kuusi vuotta myöhemmin, jolloin ensimmäiset oppilassukupolvet olivat suorittaneet perusopetusta antavien koulujen kurssit. Kesäkuussa 1847 perustettiin Helsingin, Turun ja Nikolainkaupungin teknilliset reaalikoulut, joista Helsingin oppilaitos sai alusta pitäen joukon johtajan roolin. Helsingin teknillisen reaalikoulun opetusohjelma ja malli oli haettu selkeästi Preussin Gewerbeschule-järjestelmästä, mutta edelleen Preussissa tapahtuvien uudistusten mukana Helsingin oppilaitos sai tieteeseen perustuvan uudenaikaisen opetusohjelman jo 1859. (Asetukset 9.6.1847 ja 29.12.1858.)

Vuonna 1859 voimaan tulleissa Helsingin Teknillisen reaalikoulun säännöissä todettiin jo koulun koko kurssin suorittamisen antavan porvarisoikeudet ja vapauttavan päästötodistuksen haltijan näin ammattikuntalaitoksen säädöksistä. (Asetus 29.12.1858). Ajatus oli sinänsä vallankumouksellinen, suuriruhtinaskunta irrottautui sääty-yhteiskunnasta ja ammattikuntalaitoksesta hallinnon lähes huomaamattomalla uudistuksella.

Yhteiskunnan uudistuminen vaati tietenkin pitkän, useamman vuosikymmenen kestäväen ajanjakson, eikä uudistus sujunut ilman vastaväitteitä. Kesällä 1875 Turussa kokoontuneen käsityöläisten yhdistyksen pääasiallisena huolenaiheena oli se, etteivät oppipojat enää halunneet kisällin arvoa. Elinkeinovapaus mursi vanhat tavat ja tottumukset. Vanhakantaiset käsityöläismestarit katsoivat kuitenkin tuotannollisen ammattitaidon laskevan kauttaaltaan. (Nykänen 1998, 123).

Käytännöllisten alojen opetuksen kehitys tapahtui säännönmukaisesti tämän lainsäädännön ja perusopetuksen kehityksen uudistusten kanssa. Porvariston esiinmarssi ei tapahtunut Suomessa vallankumouksellisin muodoin kuten useissa Euroopan maissa. Teknillisen opetuksen järjestelmän kehittämisen tarkoituksena oli toteuttaa ”hiljainen porvariston vallankumous” Suomessa. Hanke kuului samoihin yhteiskunnan modernisointiin tähtääviin laajakantoisiin toimenpiteisiin kuin kansakoululaitoksen perustaminen 1860-luvulla.

Vaikka Suomen sanotaankin teollistuneen myöhään, maassa on lukuisia esimerkkejä eturivin teollisesta toiminnasta. Finlayson & Co oli esimerkiksi jo 1860-luvulla kasvanut Pohjoismaiden suurimmaksi puuvillatehtaaksi, ja Tammerkosken vastarannalla kehittyvä Tampereen Pellava- ja Rauta-teollisuus Osakeyhtiö valmisti ehkä maailman parhaat vesiturbiinit. Viipurin läänissä alkoi vuosisadan lopulle tultaessa kemianteollisuuden nopea kehitys, joka oli itsenäisyyden ajan alkaessa osa uudenaikaista sähkökemiallisen teollisuuden syntyä. Metsien käytön vapauttaminen 1850-luvun jälkeen loi puitteet mittavalle puunjalostusteollisuudelle. Merkittävä osa puunjalostusteollisuuden koneista oli alusta alkaen kotimaista valmistetta. Vastaava teollisuuden nousu kaikkialla Pohjanmeren ympärysvaltioita hitaammin teollistuneessa Euroopassa johti kamppailuun paikasta akateemisessa auringossa. Saksalaisella kielialueella kehittynyt kamppailu yliopistoja edustavan ”tieteen” ja kehittyvien korkeakoulujen edustaman ”tekniikan” välillä saavutti lakipisteensä jo 1850-luvulla, jolloin ensimmäiset sukupolvet tekniikan oppilaitoksista valmistuivat toimimaan elinkeinoelämässä.

Saksalaisen kielialueen eturivin oppilaitokset saivat Franz Grashofin johdolla VDI:n järjestämässä Heidelbergin yleisessä insinöörikokouksessa 1864 määritellyn Teknillisen korkeakoulun (Technische Hochschule) opetusohjelman. Grashof pyrki muodostamaan teknillisen koulutuksen järjestelmän huipulle koulutusyksikön, jossa opetus perustuisi korkeimpiin tieteellisiin standardeihin. Oppi teoreettisesta tiedon hallinnasta oli nyt tullut teollisuusopetuksen linjalle. Oppilaitostyyppissä ei ollut tarkoitus opettaa käytännöllisiä taitoja lainkaan, joten työpajoista luovuttaisiin mahdollisimman pian. Vastaavasti opetusohjelmaan piti sisällyttää yleissivistäviä aineita, kuten historia, kielet ja taloustiede insinöörin-

nan yleissivistyksen tason nostamiseksi. Vastaavasti oppilaitosten toimintaan liittyisi aiemmin pelkästään yliopistosta tunnettuja piirteitä, kuten akateeminen vapaus ja opettajakunnan habilitaatiojärjestelmä. Teknillinen korkeakoulu tarkoitti siis oppilaitosta, jossa insinöörinä sai korkean teoreettisen koulutuksen, ja jonka päättötodistus antoi oikeuden valtion virkoihin, kuten Bau-Academien kouluttamalla arkkitehdeillä oli jo vanhastaan ollut. (Esim. Gispén 1989, 78–99; König 1993, 67–68. Myös Wuolle 1949, 12–13).

Ratkaiseva käänne saksalaisen kielialueen korkeakoululaitoksen historiassa oli Berliinin teknillisen korkeakoulun perustaminen vuonna 1879. Kun Bau-Academie ja Gewerbe-Academie yhdistettiin samaan opetusyksikköön, muodostui Charlottenburgissa toimiva Berliinin teknillinen korkeakoulu. Käytännöllisten alojen oppilaitosjärjestelmän uudistus tapahtui Suomessa samanaikaisesti. Helsingin Teknillinen reaalikoulu itsenäistyi Manufaktuuri-johtokunnan holhouksesta ja muutettiin Polyteknilliseksi kouluksi 1872, jolloin oppilaitoksen työpajat lakkautettiin. 1879 se muutettiin edelleen korkeakoulutasoiseksi Polyteknilliseksi Opistoksi (Institut). Oppilaitoksen status käy yksiselitteisesti ilmi sen sääntöjen 1. pykälästä (Asetus 16.1.1879). Asia herätti Suomen itsenäistymisen jälkeen hieman keskustelua, mutta oppilaitoksen korkeakoulustatus vuodesta 1879 eteenpäin vahvistettiin vuonna 1920 (Nykänen 2007, 33–34).

Yhdistysten tekniikka

Oppilaitosjärjestelmän organisatorinen uudistus ei ollut ainoa väylä teknillisen kulttuurin ja insinööriprofession edistämiseksi. Vuonna 1855 Saksassa perustettiin Berliinin teknillisen instituutin Hütte-nimisen opiskelijayhdistyksen pohjalta Verein Deutscher Ingenieure (VDI), joka ryhtyi johtajansa Franz Grashofin johdolla määrätietoisesti kohottamaan insinöörin kunnan yhteiskunnallista asemaa ja kehittämään sen koulutusjärjestelmää (Gispén 1989, 49–56). VDI sai selkeän yhteiskunnallisen ohjelman, jonka eräänä ulottuvuutena oli tiedon popularisointi. Yhdistys aloitti useita tekniikan aloja kattavan aktiivisen julkaisutoiminnan.

Vuosina 1859–1861 Hannoverista Suomeen rekrytoidut insinöörialojen neljä opettajaa – Rudolf Kolster, Endre Lekve, Ludvig Wilhelm Bähr ja Conrad Reuter – toivat yhdistysaatteen mukanaan. Suomeen perustettiin vuonna 1860 Teollisuusyhdistys (Industriföreningen). Sen tarkoituksena oli toimia yhteistyöelimenä suomalaisen teollisuuden harjoittajien kesken, ottaa kantaa teollisuuden edustajana maassa käytyyn keskusteluun ja jakaa tietoja ulkomailla tapahtuvasta teollisesta kehityksestä (Industriföreningens tidskrift 1865, 1). Yhdistyksen toiminta perustui idealistiseen aatteeseen, jonka mukaan laajat kansalaispiirit ryhtyisivät innolla ottamaan opiksi uusista tuotannollisista mahdollisuuksista, kunhan valistustyö saataisiin käynnistettyä (Nykänen 1997, 115). Jo vuosina 1861–1862 yhdistys julkaisi August Fredrik Soldanin kokoamaa aikakauskirjaa *Ströskrifter*.

Yhdistyksen aktiivisia jäseniä olivat Yhdysvalloista maanpaosta palannut kemisti August Fredrik Soldan, konetekniikan opettaja Rudolf Kolster ja insinööri Endre Lekve, joka julkaisi yhdistyksen lyhyen aikaa säännöllisesti ilmestynyttä lehteä *Industriföreningens tidskrift* vuonna 1865 (Wuolle 1949, 88). Yhdistyksen toimintamuotoihin kuuluivat esitelmät, joista joitakin on säilynyt yhdistyksen lehteen painettuina. Esitelmistä käy ilmi aikakaudelle tyypillinen ylioptimistinen suhtautuminen teknillisen kehityksen antamiin mahdollisuuksiin.

Insinöörilyhdistyksen lehden ajama politiikka käy hyvin ilmi maaliskuun numerosta. (Industriföreningens tidskrift 1865:3) Lekve kirjoitti tuolloin kotiteollisuuden merkitykses-

tä. Koko yhteiskunnan suhtautuminen tekniikan suomiin mahdollisuuksiin piti saada muuttamaan. Teollisuusyhdistyksen toiminta ei kuitenkaan saanut sen ideologian mukaista vastaanottoa. Yhdistyksen lehteä julkaistiin kerran kuukaudessa, yhteensä kuusi numeroa keväällä 1865. Toimitustyö jäi käytännössä kokonaan Lekven harteille. Hän kirjoitti miltei kaikki artikkelit ja keräsi muun julkaistavan aineiston. Lehti jouduttiin lopettamaan kesäkuun numeroon ilman sen suurempia selittelyjä.

Kesti toistakymmentä vuotta ennen kuin Helsingissä riitti kriittistä massaa insinööriyhdistyksen uudelleen kokoamiseksi. Loppuvuodesta 1878, samaan aikaan kun Polyteknillinen koulu muutettiin Polyteknilliseksi Opistoksi, perustettiin Suomen ensimmäinen varsinainen insinöörien yhdistys, Tekniska Föreningen i Finland (TFiF). Yhdistys aloitti kaksi vuotta myöhemmin teknillisen alan aikakauslehden, *Tekniska Föreningen i Finland Förhandlingar* -julkaisun (TFiFF) toimittamisen.

1880-luvulla muodostui kaksi tärkeää teknillistä professiota jakavaa rajalinjaa. Korkeakoulussa koulutettujen insinöörien maailma teoretisoitui nopeasti. Helsingin Polyteknillisessä Opistossa koulutuksensa saaneista henkilöistä tuli harvoin enää käytännön ammatin harjoittajia. Tarve käytännönläheisen opetuksen aloittamiseksi ja teollisuuden lattiason henkilökunnan tiedonvälitykseen tarkoitetun ammattilehdistön muodostamiseksi oli selvä. Kielikysymys oli myös jo noussut merkittäväksi ammattikuntaa jakavaksi tekijäksi. TFiFF sai joulukuussa 1882 kilpailijakseen käsi- ja tehdasteollisuuden harjoittajille suunnatun, kokonaan suomenkielisen Suomen Teollisuuslehti -aikakauslehden. Tämän julkaisun taustalta löytyvät Tampereen Pellava- ja Rauta-Teollisuus Osake-Yhtiön johtaja J. Th. Durchman, Varkauden konepajan johtaja insinööri Albert Krank sekä tunnetut työväen sivistysaatteen edistäjät, helsinkiläinen tehtailija Viktor Julius von Wright ja vapaaherra Sebastian Gripenberg. Julkaisusta muodostuikin suomenkielisen konepajateollisuuden äänenkannattaja noin kolmenkymmenen vuoden ajaksi. Lehden ohjelma oli laaja. Oman ilmoituksensa mukaan se sisälsi hyödyllisiä, käytöllisiä ja opettavaisia artikkeleita sekä yksityiskohtaisia lisälehtiä ammattimiesten taidon kasvattamiseksi.

Helsinkiläisten entisten polyteknikkojen piirissä syntyi hanke uuden pääosin ruotsinkielisen ja käytännön teollisuustyötä tukevan teknillisen julkaisun perustamiseksi. *Teknikern*-lehden julkaiseminen alkoi vuonna 1890. Perustajien joukossa olivat 1870-luvun viimeisinä vuosina konepajatekniikkaa opiskelleet polyteekkarit. Lehden päätoimittajana aloitti Jonathan Reuter. Toimituskuntaan kuuluivat muiden muassa oppilaitoksen graafisen statii-kan ja insinööritieteen opettaja Carl Erik Holmberg ja oman insinööritoimistonsa vasta perustanut Axel von Knorring. Julkaisua aloitettaessa kysymys lehden toimituksellisesta linjasta ei ollut kielipoliittinen. Tästä kertoo suomalaisuusaatteen kannattajana tunnetun Gustaf Kompan ilmoittautuminen lehden tukijoiden joukkoon (*Teknikern* 1890:1). Lehdestä muodostui ruotsinkielisen käytännönläheisen insinöörikunnan äänenkannattaja vasta 1890-luvulla.

Vuosisadan vaihteeseen tultaessa insinöörien ammatillinen yhdistystoiminta jakaantui kieliryhmittymien mukaisesti merkinä kielikysymyksen kärjistymisestä insinööriprofession sisällä. Suomenkieliset insinöörit perustivat oman etujärjestönsä, Suomenkielisten Teknikkojen Seuran (STS, myöh. Suomalaisten Teknikkojen Seura, Tekniikan Akateemisten Liitto TEK), maaliskuussa 1896. Ammattikunnan jako jämähti kielikysymyksen mukaisesti vuonna 1911 STS:n aloittaessa oman *Teknillinen Aikakauslehti* -julkaisunsa toimittamisen (Michelsen 1999, 192–199). *Teknillinen Aikakauslehti* toimi sekä tekniikan perustutkimuksen julkaisukanavana, yleissivistävien artikkeleiden julkaisijana että uutislehtenä. On kuitenkin selvää, että tekniikan perustutkimusta koskevat artikkelit koskivat pääosin lähellä

fysikaalisia tieteitä olevia asioita. Kukaan teollisuudenharjoittaja ei olisi julkaissut omaa kilpailukykyään rajoittavia artikkeleita.

Teknillisen Aikakauslehden toiminnan alku ja nopeasti kasvava levikki aiheuttivat pian Suomen Teollisuuslehden ilmestymisen loppumisen. C. E. Holmbergin luotsaama *Teknikern* jatkoi TFiff'in kilpailijana 1930-luvulle asti. Tekniikan aikakauslehtien julkaisupolitiikka säilyi 1960-luvulle asti lähes muuttumattomana. Tällöin muodostui selkeä jako tekniikan yleis- ja erikoisaikakausijulkaisujen välillä. Erikoisaikakausijulkaisut olivat tämän jälkeen tyypillisesti kansainvälisiä julkaisuja. Suomessa murros näkyi muun muassa *Teknillisen Aikakauslehden* muuttumisena *Insinööriuutiset* -sanomalehdeksi.

Muodollisesti tekniikan ja tieteen välinen kiista paikasta auringossa sai Saksassa päätepisteensä jo 10. lokakuuta 1899, jolloin eturivin teknilliset oppilaitokset saivat yliopistonta-soisten oppilaitosten aseman valtionhallinnossa keisarin päätöksellä. Helsingissä Polyteknillinen Opisto muutettiin Teknilliseksi korkeakouluksi vuonna 1908.

Tekniikan ylimmän oppilaitoskerrostuman tieteellistyminen 1900-luvun alussa johti myös keskiasteen insinörikoulutuksen sementoimiseen teollisuuden tarpeita silmälläpitäen. Suomessa koulutettiin 1920-luvulta lähtien teollisuuden lattiatason osaajien joukko, joka korkeakouluinsinöörien keskittyessä teollisuuden johtotehtäviin huolehti käytännössä teollisuuden pyörien pyörimisestä 2000-luvun alkuun asti. Kehitys johti dramaattiseen muutokseen tekniikan tieteellisessä julkaisutoiminnassa.

Avoim tiede – avoin tekniikka

Suomen teknillinen kansalliskirjasto sai alkunsa jo vuonna 1847 perustetun Helsingin Teknillisen reaalikoulun aloittaessa toimintansa vuonna 1849. Oppilaitoksen kirjastolle periytyivät Manufaktuurijohtokunnan kirjastolle alun perin annetut tehtävät. Päärakennuksen yhteen huoneeseen sijoitettu kirjakokoelma kasvoi vähitellen kirjahankintojen ja lahjoitusten myötä, mutta kokoelma säilyi oppilaitoksen sisäiseen käyttöön tarkoitettuna tietovarantona. Aikakauslehdet pois lukien kirjaston kokoelmiin kuului vuonna 1898 yhteensä 2 580 eri nimikettä.

Periaatteessa kirjaston tehtävänä oli jakaa tietoa koko yhteiskunnalle, mutta käytännössä tilanne oli aivan toinen. Oppilaitoksella ei edes olisi ollut mahdollisuutta avata kirjastoa yleisölle, koska tällaiseen toimintaan tarvittava henkilökunta puuttui kokonaan. Ensimmäiset esitykset kirjaston muuttamiseksi koko kansaa palvelevaksi teknilliseksi keskuskirjastoksi tehtiin 1890-luvun lopulla. Nyt kysymyksessä oli enemmänkin oppilaitoksen omista tarpeista lähtevä ajatus. Polyteknillinen Opisto nimittäin tarvitsi kirjastoa perustellakseen suurelle yleisölle syyn oppilaitoksen olemassaololle. Koko 1890-luvun vaikuttanut taloudellinen lama uhkasi viedä rahoituksen teollisuuden puolella liian teoreettisena pidetyltä oppilaitokselta. Maan suhteellisen nopeasti kehittynyt tehdasteollisuus taas paini omien jokapäiväiseen toimintaansa liittyneiden teknillisten kysymysten ja työvoimakysymysten parissa. Ymmärrystä yhteiskunnan varojen käyttämiseksi teknillisen korkeakouluopetuksen kehittämiseen ei hevillä löytynyt.

Nopein ja yleisölle konkreettisesti hahmotettava ratkaisu Polyteknillisen Opiston merkityksen osoittamiseksi oli saattaa kirjaston kokoelmat teknillisten tieteiden kannalta täysin ajantasaiseksi, huolehtia uutuuksien hankinnoista ja ennen kaikkea avata kirjaston kokoelmat yrittäjille ja teollisuuden edustajille. Näin voitiin helposti osoittaa, mikä oli koko oppilaitoksen tehtävä: yhteiskunnan teknillisen tason nostaminen.

Polyteknillisen Opiston Opettajakollegio teki jo vuoden 1897 valtiopäivillä esityksen kirjaston määrärahan kasvattamiseksi. Oma osuutensa hankkeessa oli kirjastohoitajana oman toimensa ohessa työskentelevällä C. E. Holmbergilla, joka toimi kyseisillä valtiopäivillä porvarissäädyn edustajana. Esityksellä ei kuitenkaan kyetty saavuttamaan haluttua tulosta, koska äänestyksessä kaksi säätyä asettui esitystä vastustavalle kannalle [2]. Hakeutus kirjaston määrärahojen kasvattamiseksi uudistettiin vuoden 1898 sääntöuudistuseesityksen yhteydessä. Varsinainen uudistus saatiin aikaan kuitenkin vasta seitsemän vuotta myöhemmin, deskriptiivisen geometrian professorin A. L. Hjelmmannin toimiessa kirjastonhoitajana [3]. Kirjaston tarkoituksiksi katsottiin nyt ohjesäännön 1 §:n mukaan:

[– –] edistää ja helpottaa korkeakoulun opetusta ja opinnoita pitäen tarjona sellaisia kirjoja ja aikakausilehtiä, joita korkeakoulun tarkoituksiin on tarpeen, että myös maamme teknillisenä keskuskirjastona pitää yleisön saatavissa kirjallisuutta korkeakoulun edustamain tieteiden alalta.

Vuodesta 1906 kirjastonhoitajan tehtävä siirtyi insinöörialojen opettajan Mikael Strukelin hoidettavaksi. Strukel laatii kirjaston ohjesäännön jälleen uudestaan vuonna 1908 oppilaitoksen sääntöuudistuksen uusien vaatimusten mukaisesti. Hän jatkoi tehtävässä kuolemaansa saakka (1925).

Teknillisen korkeakoulun kanslian uudelleenjärjestelyn yhteydessä oppilaitos sai vuonna 1927 mahdollisuuden julistaa ensimmäisen päätoimisen kirjastonhoitajan viran avoimeksi. Tehtävään valittiin J. A. Kemiläinen. Keskustelu teknillisen tiedon avoimesta jakamisesta kirjaston kautta Suomessa oli saavuttanut erään päätepisteensä, noin sata vuotta keskustelun avaamisen jälkeen (Nykänen 2007, 118).

Väitöskirjat tekniikan kehityksen kuvaajina

Teknillisen tutkimuksen akateeminen julkaiseminen alkoi Suomessa pian sen jälkeen, kun Teknillinen korkeakoulu oli saanut oikeuden myöntää tohtorin tutkintoja vuonna 1908. Ensimmäinen tohtorin väitöskirjan jättänyt oli Sulo Hintikka, joka sai painatusluvan väitöskirjalleen *Kamfenilonitutkimuksia* maaliskuussa 1911.

Järjestyksessä toinen TKK:n tohtori on myös kemisti, Rolf Helmer Roschier, jonka väitöskirja *Über die Ozonisation des Apobornylens und der verschiedenen Fenchene: Beiträge zur Feststellung der konstitution dieser Kohlenwasserstoffe* hyväksyttiin vasta 1917. Kemistien osuus ensimmäisten suomalaisten tohtoreiden joukossa on huomattavan suuri. Tämä johtuu ilman muuta siitä, että teknillisen kemian tutkimus oli luonteeltaan hyvin lähellä yliopistossa harjoitettua kemian tutkimusta. On jälleen selvää, että esimerkiksi tuotannollisten prosessien laitetekniikkaa koskevat julkaisut puuttuvat aihevalikoimasta tyystin.

Insinööriosaston väitöskirjahankkeet eivät edenneet yhtä hyvin, vaan osaston projektit ovat alkuun jääneet pääasiassa keskeneräisiksi. Mikäli TKK:n väitöskirja numero 1 on ollut tarkoitus toteuttaa, numeron haltija on ollut insinööri Georg Fredrik Jansson. Järjestyksessä ensimmäinen lupa teknillisen tohtorintutkinnon suorittamiseksi annettiin hänelle 21. loka-kuuta 1909 [4]. Myöhemmin Jansson työskenteli sähkötekniikan opettajana Tampereen Teknillisessä Opistossa, eikä hänen väitöstutkimuksensa koskaan valmistunut (Talvitie 1962, 49)[5].

Vuonna 1917 väitöskirjanumerolla 10 konepajatekniikkaan liittyneen opinnäytteensä *Metallilastun irtaantumisen riippuvaisuus veisto-olosuhteista: veistomekaaninen tutkimus* julkaisi Toivo Wilho Salonen. Väitöskirjan eräitä osia vastaan esitettiin ankaraa kritiikkiä,

eikä hän koskaan suorittanut tutkinnon muita osia. Salonen työskenteli vuosina 1922–1926 Tampereen Teknillisen Opiston opettajana, ja siirtyi tämän jälkeen yksityisen insinööritöimiston vetäjäksi.

Vastaavasti ovat tutkinnon suorituslupaa anoneet insinööri Ossian Strömmer 1912 ja insinööri Maximilian Sergelius 1913; kumpikin toimi jonkin aikaa koneinsinööriosaston assistentteina. Molempien väitöstutkimus jäi aikanaan keskeneräiseksi. Strömmer työskenteli myöhemmin urallaan ammattikoulun opettajana ja julkaisi useita alan kirjoituksia. Sergelius ryhtyi valtiomiesuralle mutta julkaisi myöhemmin useita alansa tieteellisiä tutkimuksia.

Insinöörialojen tutkimuksen akateemisen julkaisemisen kompastuskivenä oli alusta lähtien selkeästi se, ettei mekaanisen teknologian tai sitä lähellä olevien insinöörialojen todellisia tutkimuskysymyksiä voida helposti kuvata teoreettisin menetelmin. Teknillisen korkeakoulun ensimmäisten vuosikymmenten tohtorit ovatkin suurella osuudella kemistejä ja arkkitehteja.

Teknillisen korkeakoulun väitöskirjojen aiheita tarkastelemalla saadaan selkeä kuva teknillisen alan julkaisujen kehityksestä aloittain tarkasteltuna (Ala-Tuuhonen ym. 1998). Aineisto on suppea aina 1990-luvulle saakka, jolloin väittelijöiden määrä alkoi nousta nopeasti. Väitöstutkimus numero 100 valmistui vasta vuonna 1961. Siihen mennessä insinöörialoja koskevat väitöskirjat koskivat maanmittaus-, maa- ja vesirakennus ja rakennustekniikkaa. Kemistien osuus väitöskirjojen kokonaismäärästä on ylivoimaisesti suurin, ja Salosen jälkeen insinööritöitä koskevia väitöstutkimushankkeita on vain muutama. Niistä huomattavimmat ovat Arvo Ylisen ja Edvard Wegeliuksen sota-aikana valmistuneet lentokonetekniikkaan liittyvät tutkimukset. On lisäksi muistettava, että sota-aikana tehtiin paljon tutkimusta, jonka julkaisemista ei voinut ajatellakaan. Esimerkiksi Aino Pekkarinen, TKK:n ensimmäinen naispuolinen tohtori julkaisi 1945 väitöskirjansa veden hiilidioksidista, vaikka hänen pääasiallinen tutkimusalaansa oli vuosia liittynyt maanpuolustustekniikkaan. Henrik Rytin jatkosodan aikana laatima lentokoneenmoottoreihin liittyvä tutkimus julkaistiin 1948.

Big Science ja pysyvä ongelma

Selkeä muutos tekniikan julkaisukulttuurissa tapahtui 1960-luvun alkaessa, ja metallurgian ja teknillisen fysiikan sekä sitä lähellä olevien tutkimushaarojen tullessa mukaan kilpailuun. Koneinsinöörialojen tutkimukset sen sijaan olivat aina vuosisadan lopulle asti todella harvinaisia, vaikka tekniikan väitöskirjojen julkaisuvauhti kiihtyi 1980-luvulla huomattavasti. TKK:n väitöskirja numero 1000 julkaistiin vuonna 1995.

Ennen elektronisen julkaisemisen aikakauden alkamista tekniikan väitöskirjojen julkaisijoina on toiminut kunkin väitöskirjan sisältöä vastaava taho. Kemistien julkaisukanava on ollut usein Suomalainen Tiedekatemia. 1950-luvun lopulta lähtien Teknillisten Tieteiden Akatemia aloitti kaikkia tekniikan aloja koskevan *Acta Polytechnica Scandinavica* -sarjan julkaisemisen yhteispohjoismaisena hankkeena. APS:stä muodostui nopeasti tärkein tekniikan väitöskirjojen julkaisukanava Suomessa. Akateemiseen julkaisemiseen liittyvä kysymyksenasettelu muuttui ratkaisevalla tavalla 2000-luvun alkaessa, jolloin akateeminen julkaisutoiminta muuttui sähköiseksi samaan aikaan, kun yliopistojen keskinäisessä kilpailussa ryhdyttiin käyttämään kansainvälisiä ranking-listoja ja julkaisujen jyvittämistä viittausindeksien mukaan.

Tämä hallinnon tarpeita varten luotu järjestelmä ei kuitenkaan ole poistanut kansallista tarvetta insinööritaidon ja tuotannon kehittämiseen. Yhteiskuntaan liittyy useita teknillisiä järjestelmiä, joita ei voi korvata kirjallisuudella tai edes ostaa ulkomailta. Esimerkiksi yhdyskuntatekniikkaan liittyy merkittävää hyvinkin konkreettista tutkimusta, ja alan opetuksen kehittämistä on jatkettava myös ylimmällä yliopistollisella tasolla. Tieto tekniikasta ja sen kehityksestä on jotenkin siirrettävä eteenpäin.

Kysymys teollisuuden toiminnan tukemisesta teknillisen perustutkimuksen ja opetuksen menetelmin ei ole ratkennut 2000-luvulle tultaessa. Soveltava teknillinen tutkimus ja tuotantoon liittyvä insinöörialojen osaaminen tuottaa edelleen haltijalleen huomattavaa aineellista etua tai edustaa asioita, joista ei voi puhua muista syistä. On selvää, ettei useilla insinöörialoilla julkaisutoimintaa voida tarkastella samoin mittarein kuin teoreettisille lähtökohdille perustuvilla tieteen aloilla. Tasapainoa teknillisen perustutkimuksen ja teknillisen soveltavan tutkimuksen välillä etsitään edelleen. Asialla on huomattavaa käytännöllistä merkitystä. Yliopistojen toimintaa ja tutkijoiden menestystä on viime vuosina mitattu yhä sitovammin arvioimalla tutkimukseen perustuvan tiedon julkaisuja ja julkaisutapoja. Myös Suomessa muodolliset julkaisukriteerit ovat saavuttaneet huomattavan merkityksen yliopistojen rahoituksesta ja hallinnon kehityksestä päätettäessä. Tiede ja yliopistojen hallinto ovat hyvinkin tärkeitä osiltaan ajautuneet erilleen toisistaan.

Ongelmaan on kiinnitetty paljon huomiota maailmanlaajuisesti. Esimerkiksi menettelyä kritisoivalla vuonna 2012 julkaistulla San Franciscon julistuksella (DORA) on jo tuhansia allekirjoittajia.

Viitteet

[1] Julkaistu tässä asussa 1890. Alkuperäinen teksti on julkaistu 1881 Teknologföreningens lehdessä *Arbetaren*. Suomenos Eino Leinon. Nykyisin laulettavat versiot poikkeavat hieman vanhoista sanoituksista.

”Ei oo suku suuruutta meill’ isien,
ei muistoja, mainetta meillä,
mutt’ työmmepä laihon tuon kultahisen,
me huomenen kuljemme teillä [––]”

[2] Förslaget till ... 1898. Betenkande om och motivering.

[3] Förslag till stat och stadgar 15.12.1906, X luku korkeakoulun kirjastosta sekä muista laitoksista ja kokoelmista. OK 2.10.1908, § 7.

[4] OK 21.10.1909. § 2.

[5] OK 27.5.1919. § 6.

Lähteet

Arkistolähteet

Aalto-yliopiston arkisto, Teknillisen korkeakoulun arkisto.

OK: Opettajakollegin pöytäkirjat.

Förslaget till ... 1898. Betenkande om och motivering.

Förslag till stat och stadgar 15.12.1906, X luku korkeakoulun kirjastosta sekä muista laitoksista ja kokoelmista.

Painetut lähteet

Asetuskokoelmat

Keisarillisen Majesteetin Armollinen Asetus Manufakturi- eli fabriikki-hallituksen ja konstikoulun asettamisesta Suomenmaahan. Annettu 20:tenä p. Toukokuussa 1835. Keisarillisen Majesteetin Armollinen Sääntö Suomeen asetettavista hantverkki- ja fabriikkikouluista, (techniska realskolor). Annettu Helsinginkaupungissa 9. Kesäkuuta 1847.

Keisarillisen Majesteetin Armollinen Asetus sunnuntai-, ehtoo- ja taiteellisista realikouluista Suomessa. Annettu Helsingissä 29. päivä. Joulukuuta 1858.

Keisarillisen Majesteetin Armolliset Säännöt Polyteknilliselle Opistolle Suomessa. Annettu Helsingissä 16. p:nä Tammikuuta 1879.

Lehdet

Industriföreningens tidskrift 1865. Helsingfors.

Ströskrifter 1861–1862. Toim. A. F. Soldan, Helsingfors.

Teknikern: tidskrift för byggnadskonst, ingenjörvetenskap, maskinbyggnad, geodesi, elektroteknik, teknologi, teknisk undervisning och i sammanhang därmed stående ämnen 1890. Helsingfors: Finska kemistsamfundet.

Tekniska föreningens i Finland förhandlingar 1880. Helsingfors: Tekniska föreningen i Finland.

Teknillinen Aikakauslehti 1911. Helsinki: Suomenkielisten teknikkojen seura. Teknologen: vetenskaplig och industriel tidning, i populär syftning för bildade medborgare af alla stånd 1845–1848. Toim. Johan Gustav Hammardahl, Åbo.

Muut painetut lähteet

Gadolin, Johan 1807. Svar på Kongl. Finska hushållningssällskapets Fråga: Hvilka slöjder och Manufakturer äro för våra Finska Städer de tjenligaste och förmånligaste? Hvilka orsaker hafva hittills hindrat dessa näringars fortkomst i vårt Land? och hvilka medel äro derföre att vidtagas till deras lyckligare trefnad? Kongl. Finska Hushållningssällskapets Handlingar 2. Åbo.

Strukel, Mikael 1895. Der grundbau, dargestellt auf grundlage einer systematisch geordneten sammlung zahlreicher anschaulicher beispiele aus der praxis. Helsinki: W. Hagelstam.

Strukel, Mikael 1900. Der Brückenbau; nach den Vorträgen, gehalten am Finnländischen Polytechnischen Institute in Helsingfors. Atlas. Helsinki: W. Hagelstam.

Strukel, Mikael 1904. Der Wasserbau Nach den Vorträgen, gehalten an Polytechnischen Institute in Helsingfors. Helsinki: W. Hagelstam; Leipzig: A. Twietmeyer.

Ziegler, Theobald 1912. Der Deutsche Student. Berlin: G. J. Göschen'sche Verlagshandlung.

Kirjallisuus

Ala-Tuuhonen, Leena, Lindman-Sharma, Linnea, Mörttinen, Eeva & Pasanen-Tuomainen, Irma 1998. Teknillisen korkeakoulun väitöskirjat 1911–1997. Terpeenikemiasta nanoteknologiaan. Espoo: Teknillinen korkeakoulu.

- Alf-Halonen E 1954. Taistelu ammattikuntalaitoksesta Suomessa 1800-luvun puolivälissä. Kappale J.V. Snellmanin julkista toimintaa. Historiallisia tutkimuksia XLI. Helsinki: Suomen Historiallinen Seura.
- Coopersmith, Jonathan 1991. Technology transfer in Russian Electrification 1870 – 1925. *History of Technology*, 13 (1991), 214–233.
- Ferguson, Eugene S. 1977. The Mind's Eye: Nonverbal thought in Technology. *Science* 197 (4306), 827–836.
- Ferguson, Eugene S. 1993. *Engineering and the Mind's Eye*. Cambridge Massachusetts: The MIT Press.
- Danielson-Kalmari, J.R 1920. Aleksanteri I:n aika, 1. osa. Suomi omintakeisen valtioelämän alkujaksossa vv. 1809–1811. Suomen valtio- ja yhteiskuntaelämää 18:nnella ja 19:nnellä vuosisadalla. Porvoo: WSOY.
- Gispén, Kees 1989. *New Profession, Old Order. Engineers and German Society 1815 – 1914*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Klinge, Matti, Knapas, Rainer, Leikola Anto & Strömberg, John 1987. *Kuninkaallinen Turun akatemia 1640–1808. Helsingin yliopisto 1640–1990, ensimmäinen osa*. Helsinki: Otava.
- König, Wolfgang 1993. Technical education and industrial performance in Germany: a triumph of heterogeneity. Teoksessa *Education, technology and industrial performance in Europe, 1850–1939*. Fox, Robert & Guagnini, Anna (toim.) *Maison des Sciences de l'Homme*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Laudan, Rachel 1995. Natural Alliance or Forced Marriage? Changing Relations between the Histories of Science and technology. *Technology and Culture* 36 (1), 17–28.
- Layton, Edwin 1971. Mirror –Image Twins: The Communities of Science and technology in 19th-Century America. *Technology and Culture*, 12 (4), 562–580.
- Michelsen, Karl-Erik 1999. Viides sääty. Insinöörit suomalaisessa yhteiskunnassa. Helsinki: Tekniikan akateemisten liitto & Suomen Historiallinen Seura.
- Nykänen, Panu 1998. Käytännön ja teorian välissä. *Teknillisen opetuksen alku Suomessa*. Jyväskylä: Gummerus. Nykänen, Panu 2007. Kortteli sataman laidalla. *Teknillisen korkeakoulun historia, osa 1*. Porvoo: WSOY.
- de Solla Price, Derek J. 1965. Is Technology Historically Independent of Science? A study in statistical historiography. *Technology & Culture* 6 (4), 553–568.
- de Solla Price, Derek 1980. *A Theoretical Basis for Input-output Analysis of National R&D Policies*. Devendre Sahal ed. *Research, Development, and Technological Innovation. Recent Perspectives on Management*. Lexington, Mass: Lexington Books, D.C. Heath and Company.
- Talvitie, Arvi 1962. *Tampereen Teknillinen oppilaitos 1886–1961*. Tampere: Tampereen teknillinen oppilaitos.
- Tommila, Päiviö 2000. Tiedeyliopiston tulo Suomeen. *Tieteessä tapahtuu* 28 (3), 5–10.
- Treue, Wilhelm 1956. *Die Geschichte des Technischen Unterrichts*. Festschrift zur 125-jahrfeier der Technischen Hochschule Hannover 1831–1956. Braunschweig: Druckerei Dr. Serger & Hempel.
- Valonen, Kari 1991. Suomen maatalouslehdistö. Suomen lehdistön historia 9. *Aikakauslehdistön historia, erikoisaikakauslehdet*. Jyväskylä: Gummerus.
- Wallin, Väinö 1905. *Tampereen historia Aleksanteri I:n ja Nikolai I:n aikana*. Tampere: Tampereen Aamulehden Kirjapaino-Osakeyhtiö.
- Wuolle, Bernhard 1949. *Suomen teknillinen korkeakouluopetus 1849–1949*. Helsinki: Otava.

Tieto ja talous. Teollisuutta tukevan tutkimuksellisen tiedon jakelua Suomessa kahden vuosisadan aikana

FT Panu Nykänen on Helsingin yliopiston Suomen ja Skandinavian historian dosentti ja Jyväskylän yliopiston Historian ja etnologian laitoksen tutkija.