



## Tiede – hyöty – tekniikka

Martti Pekkanen

**Yliopistolaki määrittelee yliopistojen tehtävät:**

**"Yliopistojen tehtävänä on edistää vapaata tutkimusta sekä tieteellistä ja taiteellista sivistystä, antaa tutkimukseen perustuvaa ylintä opetusta sekä kasvattaa nuorisoa palvelemaan isänmaata ja ihmiskuntaa." Tämä tieteellinen tutkimus-, opetus- ja sivistystehtävä koskee kaikkia yliopistoja ja siten myös teknillisiä korkeakouluja. Tästä seuraa tarve pohtia mikä on tieteen ja tekniikan suhde.**



Tieteen määrittelyminen on niin vaikeaa, että Ilkka Niiniluoto aloittaa kaksiosaisen tieteenfilosofian oppikirjansa todeten, että "tieteenfilosofian oppikirjaa ei voi aloittaa tieteen määritelmällä" ja lopettaa sen toivomukseen, että kirjan lukeneet "ymmärtävät, miksi tieteenfilosofian oppikirjaa ei voi myöskään lopettaa tieteen määritelmällä." Asenne on mahdollinen tieteenfilosofille, mutta mahdoton tiedemiehelle tai tiedehallintomiehelle, joka päivittäin joutuu arvioimaan oman toimintansa suhdetta tieteeseen ja siten - joko implisiittisesti tai eksplisiittisesti - määrittelemään tieteen.

Erytisen tärkeää tieteen eksplisiittinen määrittelyminen ja tieteen olemuksen ymmärtäminen on tutkimusaloilla, joihin kohdistuu tutkimuksen ulkopuolisia odotuksia ja toiveita - erityisesti tutkimuksen "hyödystä". Tyypillinen tällainen alue on tekniikka.

### Tiede

Kun jätetään tarkastelun ulkopuolelle tiede ihmisten muodostamana tiedeyhteisönä ja tiede yhteiskunnallisena tutkimusjärjestelmänä, sana 'tiede' viittaa tieteelliseen tietoon ja tieteelliseen tutkimukseen.

Näin kaikki mikä ei ole tietoa tai tiedon tavoittelua (esim. taide, urheilu, elinkeinoelämä, politiikka, rakkaus, ...) kuuluu yksikäsitteisesti tieteen ulkopuolelle ei-tieteeseen. Tämä jako tieteeseen ja ei-tieteeseen ei sisällä arvovarausta, vaan kummallakin osalla on oma tärkeä tehtävänsä ihmisen kannalta.



Tieteen ulkopuolelle ei-tieteeseen kuuluu siis kaikki mikä ei ole tietoa tai tutkimusta. Tieteen kannalta on oleellista, että edellisen lisäksi tieteen ulkopuolelle ei-tieteeseen kuuluu myös osa tiedosta ja osa tutkimuksesta. *Näin kaikki tieto ja kaikki tutkimus ei ole tiedettä.*

Seuraavassa pyritään löytämään tuntomerkkejä ja määritelmää, jolla tiede - eli tieteellinen tieto ja tieteellinen tutkimus - erotetaan muusta tiedosta ja muusta tutkimuksesta.



### Tieteellinen tutkimus

Tieteellisen tutkimuksen luonnehtimisen hyvä lähtökohta on (esim. *Haaparanta ja Niiniluoto* 1986, ja *Niiniluoto*, 1980) Charles Peircen vuonna 1877 artikkelissaan "The Fixation of Belief" kuvaama *tieteellinen menetelmä*. Peircen mukaan uskomusten muodostamisen tieteellinen menetelmä on sellainen, että (*Peirce*, 1934):

*"our beliefs may be determined by nothing human, but by some external permanency - by something upon which our thinking has no effect. ... Our external permanency would not be external, in our sense, if it was restricted in its influence to one individual. It must be something which affects, or might affect, every man."*

Edelleen Peircen mukaan:

*"There are Real things, whose characters are entirely independent of our opinions about them; those Reals affect our senses according to regular laws, and, though our sensations are as different as are our relations to the objects, yet, by taking advantage of the laws of perception, we can ascertain by reasoning how things really and truly are; and any man, if he have sufficient experience and he reason enough about it, will be led to the one True conclusion."*

Näin tieteellisen menetelmän tärkein tuntomerkki ja kriteeri on *objektiivisuus* eli ihmisestä riippumattomuus eli se, että on olemassa todellisia olioita, joiden ominaisuudet ovat täysin riippumattomia meidän mielipiteistämme.

Tieteen tehtävä on tämän objektiivisen todellisuuden objektiivinen kuvaaminen. Ilman minimoioletusta, jonka mukaan



objektiiviset tekijät vaikuttavat tieteelliseen tietoon, "ei voida edes puhua 'tieteestä'" (Niiniluoto 1980).

Jotta todellisuuden tieteellinen kuvaus olisi objektiivinen, tulee tieteellisen tutkimuksen olla sekä *kriittistä* että *autonomista* eli tieteellisen tiedon syntyvän tulee olla riippumaton sekä tutkijan ja muun tiedeyhteisön mielipiteistä että tiedeyhteisön ulkopuolisista mielipiteistä.

Koska tutkimukseen kuitenkin aina enemmän tai vähemmän vaikuttavat sekä tutkijan omat että ympäristön mielipiteet (esim. tiedeyhteisön "paradigmat" ja yhteiskunnan arvot ja asenteet), tulee sekä uusi tieteellinen tieto että tietoon johtanut tutkimusmetodi saattaa alttiiksi julkiselle keskustelulle ja kritiikille. Näin sekä tieteellisen tiedon että tieteellisen tutkimuksen tulee olla *julkista*.

Jos on olemassa objektiivinen todellisuus, on mielekästä olettaa Peircen tavoin, että kriittisen ja autonomisen tutkimuksen tuottama julkinen tieto vähitellen lähenee "yhtä Totta johtopäätöstä" eli "totuutta" tästä todellisuudesta. Näin tieteellinen tieto on *edistyvä* eli tieteellisen tiedon totuudenkaltaisuus kasvaa.

Tiedon totuudenkaltaisuus tarkoittaa sitä, että vaikka tieto (esimerkiksi "tai 'Maa kiertää Aurinkoa ympyräradalla') on tarkkaan ottaen epätotta, voi tieto olla approksimatiivisesti totta. Tiedon totuudenkaltaisuus kasvaa sekä uuden tiedon hankinnan että vanhan tiedon epätarkkuuksien ja virheiden poistamisen kautta.

Näin Peircen tieteellisen menetelmän tarkastelu antaa viisi tieteen olemusta luonnehtivaa tuntomerkkiä: *objektiivisuus*, *julkisuus*, *kriittisyys*, *autonomisuus* ja *edistävyyttä*.

Osoittautuu kuitenkin, että nämä viisi tuntomerkkiä eivät riitä tieteen, so. tieteellisen tiedon ja tieteellisen tutkimuksen, tyydyttävään luonnehtimiseen. Tämän voi todeta tarkastelemalla esimerkiksi puhelinluettelotietojen hankintaa ja itse puhelinluetteloa: Vaikka tutkimuksen kohde (puhelimet ja niiden numerot) on todellinen ja vaikka tutkimukseen ei vaikuttaisikaan itse tutkimuksen tekijä tai tutkimuksen teettäjät ja vaikka tutkimusmenetelmät olisivat julkisia ja vaikka tutkimustieto saatetaan julkiseksi puhelinluettelon muodossa ja vaikka puhelinluettelotietojen virheitä ja puutteita eliminoidaan esim. tilaajapalautteen kautta - eli vaikka tutkimus on objektiivista, julkista, kriittistä, autonomista ja edistyvä - ei tällaista tutkimusta eikä saatavaa tietoa, so. puhelinluetteloa, tule kutsua tieteelliseksi (Niiniluoto 1984)

Edellisen mukaan kaikki tiedon tavoittelu on tutkimusta, josta osa voi olla tieteellistä tutkimusta. Osa tiedon tavoittelusta on kuitenkin pikemmin selvitystyön tai tiedon keruun kaltaista, ja siten näyttäisi kuuluvan sen ulkopuolella, mitä yleensä tutkimukseksi kutsutaan. Tästä esimerkki on edellä kuvattu puhelinluettelotietojen hankinta.

## Tieteellinen tieto

Tieteellisen menetelmän tarkastelu antoi viisi tieteen olemusta luonnehtivaa tuntomerkkiä: *objektiivisuus*, *julkisuus*, *kriittisyys*, *autonomisuus* ja *edistävyyttä*, mutta osoittautui, että nämä viisi tuntomerkkiä eivät riitä tieteen tyydyttävään luonnehtimiseen.

Tieteellisen menetelmän lisäksi tiedettä on mahdollista luonnehtia myös tieteellisen tiedon avulla. Seuraavan tarkastelun mukaan tieteellisen tiedon kaksi keskeistä tuntomerkkiä – julkisuuden ja edistävyyden lisäksi – ovat *lainomaisuus* ja *informatiivisuus*.

Lainomaisuus: Jos on olemassa todellisia olioita, jotka vaikuttavat aisteihimme säännöllisten lakien mukaan, niin tosi tieto näistä olioista heijastaa näitä säännöllisiä lakeja. Tästä seuraa vaatimus tieteellisen tiedon lainomaisuudesta. (Fetzer 1986)

'Laki' tieteenfilosofiassa viittaa lainomaisen yleistyksen käsitteeseen, jonka vastakohtana on satunnainen yleistys. Ilkka Niiniluodon mukaan (Niiniluoto 1980): "Lain käsite on yksi tieteenfilosofian keskeisimmistä ja hankalimmista käsitteistä: erottelu lainomaisen ja satunnaisten yleistysten välillä liittyy olennaisella tavalla mm. selitysvoinman, ennustusvoiman ja konfirmoitavuuden käsitteisiin".

Esimerkiksi lause 'Kupari johtaa sähköä' on lainomainen yleistys, koska se ilmaisee fysikaalisen välttämättömyyden ja koska sillä on kontrafaktuaalista voimaa, mutta lause 'Sähköjohdot ovat kuparia' on satunnainen yleistys, koska

sähköjohdoissa on mahdollista käyttää muitakin johteita.

**Informatiivisuus:** Lauseisiin, jotka sanovat jotain ihmisestä riippumattomasta todellisuudesta, voidaan liittää attribuutit totuus (tai totuudenkaltaisuus) ja informatiivisuus. Tiedon informatiivisuus, so. informaatiosisältö, on suoraan verrannollinen siihen miten paljon todellisuutta koskevia vaihtoehtoja tieto sulkee pois.

Totuuden ja informaatiosisällön käsitteet ovat toisistaan riippumattomat. Näin epätosi väite 'Aurinko kiertää Maata ympyräradalla' on informatiivisempi kuin tosi väite 'Aina sataa tai ei sataa'.

Tieteen päämäärä on mahdollista ymmärtää usealla eri tavalla. Ilkka Niiniluodon puolustaman ja hyvin perusteleman käsityksen mukaan tieteen päämäärä on todellisuutta koskeva tosi (tai totuudenkaltainen) informaatio: "Popperin tieteenfilosofian perusoivalluksena onkin ollut se, että totuus ja informaatiosisältö ovat vastakkaisiin suuntiin vetäviä tieteen tavoitteita. Totuuden vaatimus olisi helppoa toteuttaa triviaalisti ehdottamalla ... epäinformatiivisia ja todennäköisiä teorioita. Rohkeus informatiivisten hypoteesien esittämisessä merkitsee epätodennäköisyyttä, riskiä totuuden suhteen. ... Pelkkä totuus tai pelkkä informaatiosisältö ei näin ollen riitä tieteen tavoitteeksi: päämääräksi on asetettava informatiivinen totuus." (Niiniluoto 1989)

Vaatimus tieteellisen tiedon "totuudesta", so. vaatimus tieteellisen tiedon totuudenkaltaisuuden kasvusta, on edellä huomioitu vaatimuksena tieteellisen tiedon edistävyydestä. On huomattava, että (absoluuttisen) totuuden vaatimus ei kuulu tieteellisen tiedon tunnusmerkkeihin. Tämä onkin mielekästä kun tiedetään, että huomattava osa nykyisestä tieteellisestä tiedoksi hyväksytyistä tiedosta on tarkkaan ottaen epätotta.

#### Tieteen tuntomerkit

Tieteellisen tutkimuksen ja tieteellisen tiedon tarkastelut antavat tieteelle seitsemän tieteen olemusta luonnehtivaa tuntomerkkiä: objektiivisuus, julkisuus, kriittisyys, autonomisuus, edistävyyttä, lainomaisuus ja informatiivisuus. Tieteellisen tiedon lainomaisuuden ja informatiivisuuden vaatimukset voi esittää helpommin hahmotettavana tieteellisen tiedon yleisyyden vaatimuksena.

**Objektiivisuus** tieteessä tarkoittaa sitä, että tutkimuskohteen olemassaolon ja ominaisuuksien tulee olla ihmisen mielipiteistä riippumattomia.

**Julkisuus** tieteessä tarkoittaa sitä, että väitteelle, joka esiintyy tieteellisen tiedon vaatimuksin, tulee voida antaa julkinen perustelu. Perustelun on oltava julkinen, jotta jokainen voi vakuuttua väitteen oikeutuksesta.

**Kriittisyys** tieteessä tarkoittaa sitä, että tieteellinen tutkimus ei voi perustua uskoon, ilmestykseen tai auktoriteetin ilmoitukseen, vaan vain ja ainoastaan tutkijan ja tutkimuskohteen aitoon vuorovaikutukseen.

**Autonomisuus** - eli vapaus - tieteessä tarkoittaa sitä, että tieteelliseen tutkimukseen ei saa vaikuttaa tulosten taloudellinen, poliittinen, uskonnollinen tai moraalinen toivottavuus tai epätoivottavuus. Näin tieteen tulosten arviointi on vain ja ainoastaan tiedeyhteisön oma asia.

**Edistävyyttä** tieteessä tarkoittaa sitä, että uuden tieteellisen tiedon tulee lisätä tiedon totuudenkaltaisuutta virheiden ja puutteiden eliminoinnin kautta.

**Yleisyys** tieteessä tarkoittaa sitä, että tieteellisen tiedon tulee olla lainomaista ja informatiivista. Tämä tarkoittaa, että tiedolla on sekä selitysvoimaa että ennustusvoimaa ja että tieto sulkee pois paljon todellisuutta koskevia vaihtoehtoja. Tieteellinen tieto on siis yleistä ja yleisesti pätevää tietoa.

Tieteellistä tutkimusta kuvaavat erityisesti julkisuus, kriittisyys ja autonomisuus kun taas tieteellistä tietoa kuvaavat erityisesti julkisuus, edistävyyttä ja yleisyys.

#### Tieteen määritelmä

Tieteen tuntomerkeistä nähdään, että tiede on *sumeä käsite*: Koska esitetyt tieteen tuntomerkit (ehkä julkisuutta lukuunottamatta) eivät ole tieteen *laadullisia kriteerejä*, on

mahdotonta luokitella kaikki tieto ja kaikki tutkimus yksikäsitteisesti joko tieteelliseksi tai ei-tieteelliseksi. Näin tieto ja tutkimus voi olla vain enemmän tai vähemmän tieteellistä sen mukaan miten hyvin tieto ja tutkimus täyttää tieteen *määrälliset kriteerit*.

Sumeuden käsitteeseen kuuluu lisäksi se mahdollisuus, että tutkimus, joka tarpeeksi huonosti täyttää tieteellisen tutkimuksen määrälliset kriteerit, saa jäsenyyssasteen nolla ja on siten yksikäsitteisesti ei-tieteellistä tutkimusta ja että tutkimus, joka tarpeeksi hyvin täyttää tieteellisen tutkimuksen määrälliset kriteerit, saa jäsenyyssasteen yksi ja on siten yksikäsitteisesti tieteellistä tutkimusta.

Esimerkiksi, jos tiedon tieteellisyys olisi riippuvainen vain tiedon yleisyydestä, olisi riippuvuus seuraava:

Koska tiede on tietoa ja tutkimusta, määritellään tiede seuraavasti:

*Tiedettä on julkinen, edistyvä ja yleinen tieto.*

*Tiedettä on julkinen, kriittinen ja autonominen tutkimus, jonka tavoite on julkista, edistyvää ja yleistä tietoa.*

Tässä määritelmässä tuntomerkit eivät ole laadullisia vaan määrällisiä (ehkä julkisuutta lukuunottamatta).

Määritelmän mukaan tieteellinen tieto on tieteellisestä tutkimuksesta riippumatonta. Näin tieto, jos se todella on julkista, edistyvää ja yleistä tietoa, on tieteellistä tietoa riippumatta siitä tavasta, jolla se on tullut tiedetyksi. Näin tieteellistä tietoa on *mahdollista* saavuttaa tutkimuksella, jota tutkimuksen tekohetkellä ei tule pitää tieteellisenä. (Tutkimus on esimerkiksi ei-julkista. Tulosten hyväksyminen kuitenkin edellyttää myös tutkimusmenetelmän julkaisemista, jolloin myös tutkimus muuttunee tieteelliseksi.)

Määritelmän mukaan tieteellinen tutkimus on tieteellisestä tiedosta riippuvaa. Näin tutkimuksen tulee sekä noudattaa tieteellistä menetelmää (olla julkista, kriittistä ja autonomista) että tavoitella tieteellistä (julkista, edistyvää ja yleistä) tietoa ollakseen tieteellistä. Näin julkinen, kriittinen ja autonominen tutkimus voi olla vähän tai ei ollenkaan tieteellistä, jos sen tavoite ei ole julkista, edistyvää ja yleistä tietoa. Esimerkiksi yliopistossa tällaista tutkimusta voisi olla tilaustutkimus (tieto ei-julkista) tai "nollatutkimus" (tieto ei-edistyvää tai ei-yleistä).

Määritelmän mukaan tiede ei riipu tutkimuksen kohteesta tai tutkimuksen tekijästä. Näin kaikki tähtien tarkkailu tai yliopistotutkimus *ei välttämättä* ole tiedettä, astrologiaa (esim. sen antamien ennusteiden luotettavuutta) *on mahdollista* tutkia tieteellisesti ja liikeyrityksissä (so. ei-julkisen tutkimuksen kautta) *on mahdollista* luoda tieteellistä tietoa.

Kun tutkimuksen ja tiedon kohteena on tekniikka, tämä sinänsä ei siis mitenkään vaikuta tutkimuksen ja tiedon tieteellisyteen. Näin tekniikkaa on mahdollista tutkia sekä tieteellisesti että vähemmän tieteellisesti ja tieto tekniikasta voi olla sekä tieteellistä että vähemmän tieteellistä.

## Tieteen päämäärä

Jos hyväksytään edellä esitetty määritelmä, jonka mukaan tiede on tutkimusta ja tietoa, tieteen tavoite on tieteellinen tieto. Termi 'tieteen päämäärä' viittaa siihen ylempään tavoitteeseen, joka on tieteellisen tiedon tavoittelun eli tieteellisen tutkimuksen takana.

*Verismi* on tiedenäkemys, joka korostaa tieteellisen tiedon *totuutta* tieteellisen tutkimuksen päämääränä. Verismi näyttäisi kuitenkin olevan yhteensopimaton edellä esitetyn tieteen määritelmän kanssa, sillä määritelmässä tieteelliselle tiedolle ei aseteta totuuden vaatimusta – mikä onkin mielekästä kun tiedetään, että huomattava osa nykyisestä tieteellisestä tiedoksi hyväksytyä tiedosta on tarkkaan ottaen epätotta (esim. ei ole totta – mutta on likimain totta eli varsin totuudenkaltaista – että "tai 'Maa kiertää Aurinkoa ympyräradalla'")

Kun tieteen päämääräksi asetetaan "totuus ja vain totuus" tämä johtaa siihen, että tieteellinen tieto määritellään esimerkiksi "totuuksien järjestelmällisenä kokoelmana", mikä on selvästi puutteellinen määritelmä.

*Instrumentalism* on tiedenäkemys, joka korostaa tieteellisen tiedon *välinearvoa* tieteellisen tutkimuksen päämääränä. Jotta tiedolla olisi välinearvoa, tiedon tulee olla sekä totta (tai

totuudenkaltaista) että informatiivista (sen tulee sanoa jotain todellisuudesta), mikä ei ole yhteensopimatonta edellä esitetyn määritelmän kanssa.

Instrumentalismi kuitenkin edellyttää erityisesti, että tiedolla tulee olla välinearvoa eli arvoa tieteen ulkoisten – erityisesti yhteiskunnallisten ja taloudellisten - tavoitteiden ja "intressien" palveluksessa.

Vaatimus, jonka mukaan tiedolla on välinearvoa, on käytännössä yhteensopimatonta edellä esitetyn määritelmän kanssa, sillä yleisellä ja yleisesti pätevällä tiedolla on usein vain vähän välitöntä käytännön välinearvoa. Näin instrumentalismi on tieteellisen tiedon ominaislaadun vastainen tiedenäkemys.

Instrumentalismi on erityisesti tieteellisen tutkimuksen ominaislaadun vastainen tiedenäkemys, kun se pyrkii alistamaan tieteellisen tutkimuksen vain yhteiskunnallisen ja taloudellisen tuotantokoneiston yhdeksi – vaikkakin oleelliseksi - osaksi. Teuvo Kohosen mukaan: "Korkeakoulujen 'patistaminen' teollisuuden kanssa nimenomaan sellaisen yhteistyöhön, että syntyisi makkarakoneen tapainen putki perustutkimuksesta tuotteisiin, on hallintovirkamiehen ajatus ja kuolleena syntynyt." (Kohonen 1996).

Tieteen ja tekniikan suhdetta pohtivan analyysin kannalta on mielenkiintoista, että termeillä 'tekninen tiedonintressi' ja 'teknokraattinen tiedenäkemys' on ilmeisesti vain vivahteissaan instrumentalismista poikkeava merkitys.

Sekä verismi että instrumentalismi ovat siis yksipuolisia tiedenäkemyskäsitteitä: "Tieteen yleisiin tavoitteisiin kuuluvat erottamattomasti sekä teoreettinen pyrkimys totuuteen että soveltamiskelpoisen tiedon etsintä. Nämä tutkimustoiminnan momentit voidaan luontevasti ja tasapainoisesti yhdistää, jos tieteen yleiseksi päämääräksi asetetaan todellisuutta koskeva informaatio." Näin "tiede on *ensisijaisesti* käsitettävä systemaattiseksi ja kriittiseksi *todellisuutta* koskevan informaation tavoitteluksi; jos se onnistuu tässä tehtävässään, niin se toissijaisesti palvelee erilaisia 'intressejä'" (Niiniluoto 1980).

Tämä Niiniluodon informationismiksi kutsuma tiedenäkemys, jonka mukaan tieteen päämäärä on todellisuutta koskeva informaatio on ilmeisen yhteensopiva edellä esitetyn määritelmän kanssa, jonka mukaan tieteen tavoite on julkista, edistävää ja yleistä tietoa.

## Tiede ja hyöty

Nykysuomen sanakirjan mukaan hyöty on "se mikä on eduksi, etu; ansio, voitto". Kuten tästä kuvauksesta ja erityisesti kuvaukseen liitetystä esimerkeistä näkyy, sana 'hyöty' ilman lisämääreitä viittaa erityisesti siihen, mikä on eduksi ihmisen materiaalisen vaurauden kannalta. Tämä suppea ja materialistinen käsitys hyödystä on tällä hetkellä niin korostunut, että sitä voi pitää suorastaan hyödyn määritelmänä.

Kun hyötyä tarkastellaan etuna ihmisen materiaalisen vaurauden kannalta, hyödyksi yleisesti tulkitaan lisäksi vain se, mikä on eduksi välittömästi tai lyhyellä tähtäimellä – vaikka tällainen rajaus ei sinänsä mitenkään liity hyödyn tai materiaalisen vaurauden käsitteisiin. Näin hyöty yleisesti tulkitaan välittömäksi eduksi ihmisen materiaalisen vaurauden kannalta.

Kun arvioidaan tieteen suhdetta näin määriteltyyn hyötyyn on arvioitava erityisesti tieteellisen tiedon suhdetta välittömään etuun ihmisen materiaalisen vaurauden kannalta.

*Verismi* korostaa tieteellisen tiedon totuutta, mikä äärimmilleen vietyinä supistaa tieteellisen tiedon täydellisen epäinformatiivisiin loogisiin totuuksiin kuten 'aina sataa tai ei sada'. Näin verismi on yhteensopimatonta sekä edellä esitetyn tieteen määritelmän kanssa että ihmisen välittömän materiaalisen edun kanssa.

*Instrumentalismi* korostaa tieteellisen tiedon arvoa suhteessa tieteen ulkoisiin tavoitteisiin ja "intresseihin", joista tyypillisin on ihmisen materiaalisen vaurauden tavoittelu. Näin instrumentalismi on tiedenäkemys, joka vaatii, että "tieteen tulee olla hyödyllistä".

Instrumentalismi on ongelmallinen (ja potentiaalisesti vaarallinen) tiedenäkemys, sillä se supistaa tieteellisen tutkimuksen ihmisen materiaalisen vaurauden välittömäksi

edistämiseksi ja siten hidastaa (ja potentiaalisesti estää) sen toteutumisen, mikä tieteessä on todella arvokasta – ja todella hyödyllistä.

Tiede nimittäin on mitä suurimmassa määrin arvokasta eli laajasti ymmärrettynä hyödyllistä (Niiniluoto 1983):

*"Tiede - silloin kun sen autonomiaa ei ole tukahdutettu - on ainoa totuuden tavoittelun instituutio, jossa kollektiivinen itsepetos pitkällä tähtäimellä on käytännöllisesti katsoen tehty mahdottomaksi. Tähän perustuu tieteen aintulaatuinen maailmankatsomuksellinen ja yhteiskunnallinen merkitys. ... Tiede ei ole ihmisen onnen riittävä ehto - vaikka sen tarjoama totuudenmukainen tieto luonnon ja yhteiskunnan säännönmukaisuuksista on välttämätön tulevaisuutemme rakentamisen kannalta."*

Tämä tieteen arvo – ja tieteen todellinen hyöty – perustuu siis tieteen tuottamaan *todellisuutta koskevaan informaatioon*, jolla on ihmisen kannalta ratkaiseva "maailmankatsomuksellinen ja yhteiskunnallinen merkitys".

Tieteellisen tutkimuksen tuottama tieteellinen tieto on arvokasta ja hyödyllistä myös siten, että se on pitkällä tähtäimellä eduksi ihmisen materiaalisen vaurauden kannalta. Käsitystä kaiken tieteellisen tiedon käytännöllisestä hyödystä - ja siten sovellettavuudesta - tukevat John Herschelin ajatus, jonka mukaan näennäisesti hyödyttömimmät spekulatiot ovat miltei poikkeuksetta olleet niitä, joilla on ollut kaikkein suurimmat käytännön sovellukset, ja Ludwig Boltzmanin ajatus siitä, että kaikista ajateltavista asioista käytännöllisintä on teoria.

Tästä tyypillinen esimerkki on Kopernikuksen kirja *De Revolutionibus* ja sen aurinkokeskeinen maailmankuva, jota ilmankin tähtitiede ja kalenterit olivat jo hämmästyttävän tarkkoja (ja *De Revolutionibus* siten välittömästi "hyödytön"). *De Revolutionibus* oli kuitenkin välttämätön askel sillä polulla, joka Newtonin (jonka gravitaatioteoria ei olisi ollut mahdollinen ilman totuudenkaltaista kuvaa aurinkokunnasta) ja Einsteinin kautta johtaa nykyiseen *tieteelliseen maailmankuvaan* ja sen *käytännön sovelluksiin*.

## Tiede ja tutkimus

On tavallista jakaa tutkimus- ja kehittämistoiminta perustutkimukseen, soveltavaan tutkimukseen ja kehittämistyöhön (Niiniluoto 1980):

**Perustutkimus** on omaperäistä uuden tieteellisen tiedon etsintää ilman ensisijaista pyrkimystä nimenomaisiin käytännöllisiin tavoitteisiin.

**Soveltava tutkimus** on tiettyyn käytännön tavoitteeseen tai sovellukseen tähtäävää ja perustutkimuksen tuloksille rakentuvaa omaperäistä tiedon etsintää.

**Kehittämistyö** on toimintaa, jonka päämääränä on tutkimustulosten avulla saavuttaa uusia parannettuja tuotteita, tuotantovälineitä - tai menetelmiä tai palveluja.

Jos tutkimuksella ymmärretään vain ja ainoastaan tiedon tavoittelua, ei kehittämistyö kuulu tutkimukseen.

Perustutkimuksen ja soveltavan tutkimuksen määritelmiin sisältyvän käytännön tavoitteeseen pyrkimisen tai tähtäämisen arvioiminen tekee vaikeaksi tutkimuksen luokittelun näihin luokkiin: Onko fuusioreaktorin rakentamiseen tähtäävä tutkimus soveltavaa tutkimusta? Onko gravitaatioaaltojen tutkimus perustutkimusta, jos se tähtää uuteen saasteettomaan joukkoliikennevälineeseen? Onko kaikki Teknillisen korkeakoulun tutkimus soveltavaa tutkimusta?

Koska tutkimuksen tieteellisyyden arviointiin ei kuulu tutkimuksen käytännön tavoitteeseen pyrkimisen tai tähtäämisen arviointi, perustutkimuksen ja soveltavan tutkimuksen tieteellisyys ei ole arvioitavissa niiden omien määritelmien mukaan: On mahdollista, että perustutkimus on ei-julkista (esim. supervaltojen sotilaallinen tutkimus ja globaalien elektroniikkayritysten tutkimus) tai ei-edistyvä tai ei-yleistä (esim. yliopistojen "hollatutkimus") ja siten vähän tai ei ollenkaan tieteellistä. Vastaavasti on mahdollista, että soveltava tutkimus - oletettavasti hyvällä onnella - tuottaa julkista ja erittäin edistyvä ja yleistä ja siten erittäin tieteellistä tietoa.

Perustutkimus ja soveltava tutkimus ovat käsitteitä, jotka helpottanevat käytännön tutkimushallintoa ja tilastointia, vaikka tutkimuksen luokittelu näihin luokkiin ei olekaan helppoa. Esimerkiksi Perustutkimustyöryhmä 89 on "Käytännön syistä ... rajannut oman tehtävänsä siten, että raja perustutkimuksen ja

kuvatulla tavalla julkisen soveltavan tutkimuksen välillä jää liukuvaksi" ja siten tarkastelee kaikkea julkista tutkimusta perustutkimuksena.

Näyttää mahdolliselta ja järkevältä olla vetämättä tieteellisyyden rajaa perustutkimuksen ja soveltavan tutkimuksen väliin tai kummankaan sisään. Kysymys siitä, onko tutkimus tieteellistä vai ei, tulee ratkaista tieteellisen tutkimuksen omien tuntomerkkien avulla.

## Tekniikka

Sanan 'tekniikka' kantasana on kreikan kielen *taitoa* tarkoittava sana 'tekhne'. Koska kaikki inhimillinen toiminta vaatii taitoa, sanaa 'tekniikka' voi soveltaa kaikkeen inhimilliseen toimintaan. Voimme puhua juoksijan, taiteilijan, puusepän ja insinöörin (ammatti)taidosta tai tekniikasta. Tosin termi 'insinöörin tekniikka' viittauksena insinöörin ammattitaitoon kuulostaa jo hieman oudolta, koska insinöörin ammattitaito on pikemminkin tietoa, johon ei yleensä sanalla 'tekniikka' viitata.

Nykysuomen sanakirjan mukaan tekniikka on: "1. jnk valmistamisessa, suorittamisessa tms. käytetyt menettelytavat, menetelmät; teko- suoritustaito; jnk tarkoitusperän saavuttamiseksi tarvittavien ... keinojen tuntemus ja käyttötaito ja 2. luonnon ja sen lakien tuntemiseen perustuva (käsiyömäinen tai tehdasmaainen) toiminta, se aineellisen kulttuurin puoli, joka perustuu tähän toimintaan". Tässä "aineellisen kulttuurin puoli" tarkoittaa ihmisen valmistamia välineitä kuten hevostaketti ja avaruusraketti, vasara ja paperikone, savusauna ja oopperatalo, miekka ja lentotukialus sekä piano ja legopalikat.

Näin sana 'tekniikka' voi viitata *taitoon, toimintaan, menetelmiin ja välineisiin*. Osoittautuu siis, että sana 'tekniikka' on sekä laaja-alainen että monimerkityksinen, mikä näkyy "tekniikkaa" koskevassa kirjoittelussakin.

Eriyksen ongelmallinen on *taidon* käsite. Seuraava taidon ja tiedon analyysi osoittaa miten ja miksi taito voidaan sulkea tekniikan ulkopuolelle – tosin paradoksaalisti kantasanan 'tekhne' kannalta. Lisäksi analyysi johtaa luonteviin tekniikan ja teknologian käsitteisiin.

## Taito ja tieto


Taitoa voidaan pitää tiedon esiasteena (*Niiniluoto* 1989). Tähän viittaa esimerkiksi ajatus siitä, että lapsella on *piilevää tietoa* (jota lapsi ei kykene muotoilemaan ja ilmaisemaan) kielioipista, koska hänellä on taitoa noudattaa kielioipin sääntöjä tai ajatus *tekijän tiedosta*, jota on esimerkiksi suutarilla, kun hänellä on taitoa valmistaa kenkiä (vaikka ei ehkä kykyä selittää miten). Näin *tiedon* ja *taidon* rajankäynti - ja tekniikan ymmärtäminen - käy vaikeaksi.

Tiedon ja taidon eron luonnehtimiseen voi käyttää Karl Popperin ajatusta kolmesta maailmasta (*Popper* 1979 ja *Niiniluoto* 1980): *maailma 1* on fyysikaalinen todellisuus, *maailma 2* on ihmisyksilön tietoisuus ja *maailma 3* on ihmisyhteisön tietoisuuden intersubjektiiivinen sisältö. Esimerkkejä näihin maailmoihin kuuluvista olioista ovat kivet, talot, autot, työkalut, tehtaot, kasvit, eläimet ja ihmiset *maailmassa 1*, ihmisyksilön ajatukset maailmojen 1, 2 ja 3 olioista *maailmassa 2* sekä taide, käsitteet, mallit, teorit, tiede ja arvot *maailmassa 3*. Taidolla tarkoitetaan tässä *yksilön taitoa*. Tästä seuraa, että *taito ei ole maailman 3 olio*. Yksilön taito on siis joko maailman 1 tai maailman 2 olio.

Jos yksilön taito ymmärretään maailman 2 oliona, se ei ole mielenkiintoinen olio tekniikan kannalta – ainakaan tarkastelussa, jossa päämääränä on tieteen ja tekniikan suhteen ja teknillisten korkeakoulujen tehtävän pohdiskelu. (Yksilön taito maailman 2 oliona voi olla mielenkiintoinen olio esimerkiksi psykologian tai kasvatustieteen kannalta).

Jos yksilön taito ymmärretään maailman 1 oliona, yksilön taito lienee vaikea tai mahdoton erottaa yksilön toiminnasta. Koska toiminta sinänsä on jo sisällytetty sanan 'tekniikka' alaan, ei taitoa maailman 1 oliona tule tarkastella tekniikan osana.

Koska siis taito - eli yksilön taito - ei ole maailman 3 olio, ei ole maailman 2 oliona mielenkiintoinen tekniikan kannalta eikä ole maailman 1 oliona erotettavissa toiminnasta, taitoa ei tarkastella tässä tekniikan osana.



*Tiedolla* tarkoitetaan tässä *julkista propositionaalista tietoa*, joka on mahdollista ilmaista kielellisten väitelauseiden avulla, joiden totuus tai epätotuus on (periaatteessa) testattavissa. Popperin ajatuksen mukaan *julkinen propositionaalinen tieto on maailman 3 olio*.

Jos yksilöllä on kyky muotoilla ja ilmaista taitonsa kielellisinä väitelauseina, hänen yksilön taitonsa on muuttunut intersubjektiviiseksi tiedoksi, joka on hänen yksilöstään riippumaton. Tämä on taidon ja tiedon ero.

Siksi tulisi sanoa, että insinööri-toimistolla on tarvittava tieto - eikä tarvittava taito - hankkeen toteuttamiseen, koska on kyse ominaisuudesta, joka on (periaatteessa) insinööri-toimiston henkilöstön yksilöistä riippumaton.

### Tekniikka ja hyöty

Kun 'taito' suljetaan tekniikan ulkopuolelle, sana 'tekniikka' viittaa käsitteisiin *toiminta, menetelmät ja välineet*. Koska toimintaa, menetelmiä ja välineitä on myös tässä tarkoitettun tekniikan ulkopuolella, tulee näitä käsitteitä rajata.

Tässä tarkastelussa – jossa päämääränä on tieteen ja tekniikan suhteen ja teknillisten korkeakoulujen tehtävän pohdiskelu – sanalla 'tekniikka' tarkoitetaan erityisesti Nykysuomen sanakirjan jälkimmäistä kuvausta, jossa sana 'tekniikka' viittaa ihmisen "*aineelliseen kulttuuriin*" eli siihen, mikä eduksi *ihmisen materiaalisesta vaurauden kannalta*.

Osoittautuu siis, että sanoilla 'tekniikka' ja 'hyöty' on läheinen yhteys. Lyhyin mahdollinen määritelmä tekniikalle olisikin 'se, mikä on hyödyllistä'. Näin tekniikka olisi yhtä kuin *hyödyllinen toiminta, hyödylliset menetelmät ja hyödylliset välineet*. Koska hyödyn käsite on jos mahdollista vielä tekniikan käsitettäkin epäselvempi, tätä määritelmää ei kuitenkaan käytetä tässä.

Näyttäisi siltä, että tekniikan määrittelyssä on tyydyttävä kehäpäätelmä, jonka mukaan sana 'tekniikka' viittaa käsitteisiin *tekninen toiminta, tekniset menetelmät ja tekniset välineet*, jotka käsitteet ovat puolestaan määriteltävissä ehkä vain osoittavasti, eli osoittamalla näiden käsitteiden alaan kuuluvia olioita.

### Tekniikka ja teknologia

Edelläesitetyn mukaan sana 'tekniikka' viittaa käsitteisiin *tekninen toiminta, tekniset menetelmät ja tekniset välineet*. Kaikkia näitä on mahdollista tarkastella maailman 1 eli fyysikaalista todellisuuden olioina. Ilmeistä on, että *tekniset välineet* - koneet, laitteet, tehtaot, kulkuneuvot ja työkalut - ovat maailman 1 olioita ja sellaisina tekniikan kannalta tarkasteltavissa (vaikka niihin voi liittyä myös maailman 3 ominaisuuksia, kuten esimerkiksi henkilöautoon, joka voi olla sekä maailman 1 kulkuväline että maailman 3 kulttuuriesine). Teknisiä välineitä on sekä suunniteltava, valmistettava että käytettävä, ja tämä suunnittelu, valmistus ja käyttö eli *tekninen toiminta* sekä suunnittelun, valmistuksen ja käytön *tekniset menetelmät* ovat myös maailman 1 olioita tekniikan kannalta tarkasteltavissa. Lopputulos on se, että tekniikka on maailman 1 olio. (Tässä jätetään tarkastelun ulkopuolelle tekniikka sosiologisena ja yhteiskunnallisena ilmiönä.)

Tietoa teknisestä toiminnasta, teknisistä menetelmistä ja teknisistä välineistä - eli tietoa tekniikasta - kutsutaan tässä yleisen käytännön mukaan teknologiaksi. Koska tiedolla tarkoitetaan tässä julkista propositionaalista tietoa, on teknologia eli *tieto tekniikasta maailman 3 olio*.

Nykyinen tekniikka ei enää perustu yksilön tekniseen taitoon vaan ihmisyyteen intersubjektiviiseen tietoon tekniikasta eli teknologiasta. Näin tekniikan ja teknologian suhde on se, että teknologia on tietoa tekniikasta maailmassa 3 ja tekniikka on teknologian realisaatio maailmassa 1.

### Tekniikan tiede

Edelläesitetty tieteen, tekniikan ja teknologian analyysi on yhdistettävissä käsitteessä *tekniikan tiede*, joka on tiedettä, jonka kohde on tekniikka. Koska tiede on tieteellistä tietoa ja tieteellistä tutkimusta, tekniikan tiede on tieteellistä tietoa tekniikasta ja tekniikan tieteellistä tutkimusta.

Tässä tarkastelussa – jossa pohditaan tieteen ja tekniikan



suhdetta erityisesti teknillisten korkeakoulujen kannalta – rajataan tekniikan tiede koskemaan vain teknillisten korkeakoulujen tutkimusaloja.

Koska teknologia on tietoa tekniikasta, voi osa teknologiasta olla tiedettä eli tieteellistä tietoa tekniikasta.

Koska tekniikka on maailman 1 olio, tekniikan tiede on osa maailmaa 1 eli luontoa (fysikaalista todellisuutta) tutkivasta luonnontieteestä. Tästä seuraa, että tekniikan tieteellinen tieto on osa luonnontieteellisestä tiedosta ja tekniikan tieteellinen tutkimus on osa luonnontieteellisestä tutkimuksesta. Tässä on erityisesti huomattava se edellä tieteen analyysin yhteydessä esitetty ajatus, jonka mukaan kaikki tieto ja kaikki tutkimus ei ole tiedettä.

Jos tarkastellaan vain tietoa, tekniikan tiede on tieteen ja teknologian leikkaus, eli se osa tietoa luonnosta, joka on sekä tiedettä että teknologiaa.

Edellä esitetty analyysi perustuu siihen ajatukseen, että tekniikka on maailman 1 olio eli osa luontoa (fysikaalista todellisuutta). Yksikäsitteinen rajanveto tekniikan ja ei-tekniikan välillä maailmassa 1 on kuitenkin vaikeaa tai mahdotonta, sillä kaikki mikä on ihmisen toimintaa, menetelmiä tai välineitä (eli kaikki tekniikka) perustuu ihmisestä riippumattomaan fysikaaliseen todellisuuteen.

Esimerkiksi toiminta, menetelmät tai välineet, joilla nesteitä siirretään pumppaamalla putkistoissa - eli virtaustekniikka - voi perustua vain fluidien todelliseen käyttäytymiseen fysikaalisessa todellisuudessa (esimerkiksi niiden liikemäärän säilymiseen). Analogisesti toiminta, menetelmät tai välineet, jotka liittyvät metallirakenteisiin - eli esimerkiksi laivanrakennustekniikka - voi perustua vain metallien todelliseen käyttäytymiseen fysikaalisessa todellisuudessa (esimerkiksi niiden vetomurtolujuuteen).

Vastaavasti on vaikeaa tai mahdotonta yksikäsitteisesti erottaa teknologia muusta tiedosta ja erityisesti tekniikan tiede muusta luonnontieteestä. On ilmeistä, että pumppuihin, ventileihin ja kitkahäviöihin liittyvä perustieto - eli tieto virtaustekniikan perusteista - on virtausteknologiaa. On mahdollista, että osa tästä tiedosta, jos se on julkista ja tarpeeksi edistävää ja yleistä - esimerkiksi tieto virtausnopeusjakaumista keskipakopumpun pesässä - on tieteellistä tietoa eli tekniikan tiedettä. Tällainen tieto on kuitenkin vaikea erottaa yleisestä fluidien virtausmekaniikasta, joka kuuluu fysiikkaan ja on siten teknologian ulkopuolella. Analogisesti on vaikea tai mahdoton yksikäsitteisesti erottaa metallirakenteiden lujuusoppi, joka yleisesti luetaan teknologiaan, materiaalfysiikasta. Erityisen vaikeaa on erottaa lujuusopin tiede materiaalfysiikan tieteestä.

Tekniikan tieteen ja luonnontieteen erottamisen vaikeus johtuu siitä, että kaikki tieto luonnosta - niin kaikki luonnontiede kuin kaikki teknologia ja tekniikan tiedekin - on periaatteessa redusoitavissa fysiikkaan (Feynman 1985):

*"I would like to again impress you with the vast range of phenomena that the theory of quantum electrodynamics describes: It's easier to say it backwards: the theory describes all the phenomena of the physical world except the gravitational effect ... and radioactive phenomena. So if we leave out gravity and radioactivity ... what have we got left? Gasoline burning in automobiles, foams and bubbles, the hardness of salt and copper, the stiffness of steel. In fact, biologists are trying to interpret as much as they can about life in terms of chemistry, and as I already explained, the theory behind chemistry is quantum electrodynamics."*

On siis periaatteessa mahdollista ymmärtää, ennustaa ja suunnitella pumppausjärjestelmät ja laivojen lujuus lähtien liikkeelle kvanttielektrodynamiikasta ja gravitaatiosta, mutta käytännössä on toistaiseksi tydyttävä virtausteknologiaan ja lujuusoppiin.

Vaikka kaikki tieto ja kaikki tutkimus ei ole tiedettä, voi osa tekniikkaan kohdistuvasta tiedosta ja tutkimuksesta olla tiedettä - tekniikan tiedettä:

**Tekniikan tiede on tiedettä, jonka kohde on tekniikka.**  
**Tekniikan tiede ei ole tiedettä, jolla on tekninen tiedonintressi tai teknokraattinen tiedenäkemys.**  
**Tekniikan tiede ei tavoittele hyötyä.**

Johtopäätös

Jos tieteilä vaaditaan "hyötyä" - eli välitöntä hyötyä - yhteiskunnallisten ja taloudellisten tavoitteiden ja "intressien" palveluksessa, tämä vähentää tieteen todellista arvoa ja todellista hyötyä eli mahdollisuutta tuottaa uutta todellisuutta

koskevaa informaatiota. Tämä koskee myös tekniikan tiedettä.

Tekniikan tulee olla hyödyllistä - jopa välittömästi hyödyllistä - ja tämä hyödyllisyyden vaatimus koskee myös osaa tekniikan tutkimuksesta. On kuitenkin virhe vaatia, että tekniikan tieteen - ja siten tekniikan tieteellisen tutkimuksen - tulisi olla hyödyllistä siinä samassa mielessä, jossa tekniikka on hyödyllistä.

Yliopistoina teknillisten korkeakoulujen ydintehtävä ei ole palvella mitään tarpeita tai "intressejä" tieteen ulkopuolella - olivatpa nämä tarpeet miten polttavia tai globaaleja tahansa - sillä tämä kohdistaa korkeakoulujen resurssit ydintehtävän kannalta toisarvoisen toimintaan.

Tutkimuksessa teknillisten korkeakoulujen ydintehtävä eli missio on tekniikan tiede eli tekniikan tieteellinen tutkimus. Jos teknilliset korkeakoulut onnistuvat tässä ensisijaisessa tehtävässään, niin ne toissijaisesti palvelevat erilaisia "intressejä".

#### KIRJALLISUUTTA:

- Fetzer, J. H. (1986): *Philosophy of Science*. Paragon House.  
Feynman, R. P. (1985): *QED. The Strange Theory of Light and Mater*. Princeton University Press.  
Haaparanta, L. & Niiniluoto, I. (1986): *Johdatus tieteelliseen ajatteluun*. Helsingin yliopiston Filosofian laitos.  
Kohonen, T. (1986): "Tiede ei taivu makkarakoneeksi". *Helsingin Sanomat* 16.11.1996.  
Niiniluoto, I. (1980): *Johdatus tieteenfilosofiaan*. Otava.  
Niiniluoto, I. (1983): *Tieteellinen päättely ja selittäminen*. Otava.  
Niiniluoto, I. (1984): "Tieteen tuntomerkit". Teoksessa *Ilkka Niiniluoto, Tiede, filosofia ja maailmankatsomus*. Otava, s. 19-32.  
Niiniluoto, I. (1989): *Informaatio, tieto ja yhteiskunta*. Valtion painatuskeskus.  
Peirce, C. S. (1934): "The Fixation of Belief". Teoksessa *Hartshorne, C. And Weiss, P., Eds., Collected Papers of Charles Sanders Peirce*. Harvard University Press, s. 223-247.  
Popper, K. (1979): *Objective Knowledge*. 2nd ed. Oxford University Press.

*Kirjoittaja on assistentti Teknillisen korkeakoulun kemian tekniikan osastolla.*