

Antero Honkasalo:

Teollinen ekologia - uusi näkökulma insinööritieteisiin

Teknisten tieteiden sisällä on viime vuosikymmeninä tapahtunut voimakas arvomurros. Sen on ennen kaikkea aiheuttanut ympäristökeskustelu. Tieto maailmanlaajuisista ympäristöongelmista on pahasti järkyttänyt uskoamme tekniikan kykyyn hyvinvoinnin luojana.

Florman esittää kuuluissa tekniikan filosofiaan käsittelevässä kirjassaan ” The Existential Pleasures of Engineering” että insinööritieteiden kultakausi kesti noin sata vuotta eli vuodesta 1850-1950. Tällöin tekniikan saavutuksiin suhtauduttiin lähes yksinomaan myönteisesti ja ihailevasti. Itse asiassa vielä 1960-luvulla puhuttiin täysin kriittittömästi siitä, kuinka atomienergia tulee luomaan ihmiskunnalle mittaamattoman rikkauden ja hyvinvoinnin. Kun ihmiskunnalla on käytössään halpaa energiaa suunnattomia määriä niin jopa ilmasto voidaan muuttaa karuilla alueille siedettäväksi rakentamalla kaupungit kupujen sisään. Tai suunniteltiin vakavissaan Siperian suurien jokien virtaussuunnan kääntämistä. Utopia täysin alistetusta luonnosta ja maailman hallinnasta aina luonnon järjestelmiä myöten eli voimakkaana.

Tänään usko tekniikan kehitykseen ihmiskunnan suurten ongelmien ratkaisijana on tullut paljon ristiriitaisemmaksi. Tekniikka voidaan nähdä kaiken pahan perussyynä mutta edelleen myös ongelmien ratkaisijana.

Insinööritieteissä on ryhdytty tutkimaan hallitsemattomia muutoksia ja yritetty kehittää riskinhallinnan menetelmiä. Tekniikan alaa ja systeemirajausta on laajennettu niin, että myös päästöt ja ympäristövaikutukset ovat tulleet tarkastelun kohteeksi. Teknisen kehityksen haittavaikutukset ovat kuitenkin kaikkialla näkyvissä. Enää ei puhuta ilmaston muuttamisesta vaan tekniikan kehityksen aiheuttama ilmastomuutoksesta, kun maan pintakerrosten lämpötila nousee hallitsemattomasti kasvihuonekaasupäästöjen takia. Halvasta energiasta onkin tullut pikemminkin kirous kuin siunaus ihmiskunnalle. Energian

säästötoimia on kuitenkin hyvin vaikea toteuttaa, vaikka niitä pidettäisiin ympäristönsuojelun kannalta välttämättöminä, koska niiden pelätään heikentävän taloudellista kasvua.

Teollinen ekologia

Yhdysvalloissa on otettu käyttöön uusi käsite ” Industrial Ecology”, jonka avulla pyritään ratkomaan edellä esitettyjä ongelmia. Tarkoituksena on kehittää sellainen teoreettinen lähestymistapa, joka ottaa nykyisiä teollisten järjestelmien kuvaamiseen käytettyjä malleja ja ajattelutapoja paremmin huomioon kaikki tuotantotoiminnan ja luonnonjärjestelmien väliset moninaiset vuorovaikutussuhteet. Teollisesta ekologiasta on lyhyessä ajassa muodostunut uusi ympäristötieteellinen koulukunta, joka julkaisee tieteellistä julkaisua ” Industrial Ecology”, ja järjestää kokouksia ja seminaareja. Teollisen ekologian koulutusohjelmia on jo olemassa Yhdysvaltojen lisäksi myös Norjassa ja Hollannissa. Mukana tässä koulukunnassa on tutkijoiden lisäksi teollisuuden edustajia.

Teollisella ekologialla tarkoitetaan alan ensimmäisen oppikirjan kirjoittaneiden Graedelin ja Allenbyn mukaan järjestelmää, jonka avulla ihmiskunta voi ylläpitää taloudellista, sosiaalista sekä teknologista kehitystä sulauttamalla tuotantojärjestelmän aine- ja energiavirrat luonnon järjestelmien kierokulkuihin. Teollinen ekologia pyrkii optimoimaan tuotantoprosessin aineenvaihdunnan luonnon kanssa tasolle, joka ei aiheuta häiriöitä luonnonjärjestelmien toiminnassa ja mahdollistaa kestäväen kehityksen.

Tuotantoprosessi avoimena systeeminä

Teollinen ekologia perustuu systeemilähestymistapaan. Tuotantoprosessia voidaan tarkastella avoimena systeeminä, jossa ihminen luonnon raaka-aine- ja energialähteitä hyväksikäyttäen omalla työtoiminnallaan tuottaa uutta materiaalista järjestystä, jonka avulla hän tyydyttää tarpeitaan. Tuotantoprosessista voidaan tällöin erottaa kolme osajärjestelmää:

- ihmiset, jotka ohjaavat tuotantoprosessia toimintaa ja työskentelevät osana sitä tai kuluttavat tuotetut tuotteet
- tekniset tuotantovälineet ja tuotteet
- ne luonnon järjestelmät tai näiden osat, joiden toiminta on välttämätön osa tuotantoprosessia.

Ympäristökuormitus voidaan jakaa kahteen osaan ympäristön kantokyvyn heikkenemisen ja uusiutumattomien luonnonvarojen riittävyteen.

Edellä esitetyssä systeemirajauksessa osa luonnon ympäristöstä on laskettu kuuluvan tuotantoprosessiin, koska sen suorittamat toiminnot ovat välttämätön osa tuotantoprosessin toimintaa. Niiden taloudellisen arvon on arvioitu olevan samaa suuruusluokkaa kuin koko maailmantalouden.

Tarkasteltaessa kestävästä kehityksestä edellä esitetyn systeemitarkastelun valossa huomataan, että kaikki kolme alajärjestelmää tulee ottaa huomioon. Eli on tarkasteltava niin biologisten järjestelmien, ihmisen toiminnan kuin koneidenkin suorittaman työn mahdollistamaa yhteiskunnallista tarpeiden tyydytystä suhteessa ympäristökuormitukseen.

Ainevirtojen sulkeminen

Teollinen ekologia on alkuvaiheessaan keskittynyt ennen kaikkea tutkimaan sitä, miten luonnonjärjestelmät käyttävät aineita ja energiaa, ja miten niissä aineen kiertokulut toimivat ja pyrkii soveltamaan näin saatua tietoa teollisten järjestelmien suunnitteluun ja rakentamiseen. Tarkoituksena on materiaalien teollisten kiertojen sulkeminen niin, että yhden tuotantovaiheen jätteet voidaan hyödyntää raaka-aineena toisen tuotteen valmistuksessa. Näin teollinen ekologia kytkee yritysten ympäristösuojelutoimenpiteet toisiinsa ja selvittää kestävästä kehityksestä ehtoja myös näin muodostuvien teollisten verkostojen tasolla.

Suljettaessa materiaalivirtoja on otettava huomioon, että raaka-aineiden ja energian kulutus ovat yhteydessä toisiinsa. Mitä vaikeammin hyödynnettäviä raaka-ainelähteitä joudutaan tuotannon ylläpitämiseksi ja kehittämiseksi ottamaan käyttöön, sitä enemmän tarvitaan energiaa. Toisaalta mitä enemmän materiaaleja säästetään kehittämällä tuotantoprosesseja, tekemällä tuotteet

kestävämmiksi tai uudelleen käyttämällä jätteet sitä vähemmän kuluu energiaa. Kierrätys kuluttaa energiaa, mutta säästää sen energian, joka olisi tarvittu uuden tuotteen valmistamiseen. Jätteet voidaan myös hyötykäyttää ottamalla suoraan talteen niiden sisältämä käyttökelpoinen energia.

Avoimena systeeminä tuotantoprosessi vaatii joka tapauksessa aina systeemi ulkopuolisen vapaan energian lähteen ja mahdollisuuden syöttää ainakin hukkalämpö takaisin ympäristöön.

Periaatteessa aineiden suljettu kiertokulku olisi samaan tapaan mahdollista myös ihmisen rakentamassa teknoosysteemeissä kuin biosfäärissä, koska materian suhteen maapallo on käytännöllisesti katsoen suljettu systeemi. Ihmisen voi osittain sulauttaa rakentamassa teknisen järjestelmän ainevirrat luonnon järjestelmien kiertokulkuihin, mutta esimerkiksi metallien osalta suljetut kierrot ovat käytännössä lähes mahdottomia. Esimerkiksi korroosion kautta luontoon leviävien kupariatomien keräämiseen tarvittaisiin suunnattomasti energiaa. Näin ollen vielä tärkeämpää kuin on sulkea materiaalien kierrot on vähentää raaka-aineiden kokonaisvirtaa.

Teollisuuden organisaatiot

Mielenkiintoista ekologisen tuotannon malleissa on kokonaisvaltaisen tuotannon aineenvaihdunnan tarkastelukehikon ohella se, että ne käsittävät myös ne ohjausmekanismit ja tietojärjestelmät, joita tarvitaan kestävän kehityksen mukaisen muutoksen aikaansaamiseksi. Pelkkä tuotteiden ja tuotantoprosessien kehittäminen ei riitä, vaan yritysten on myös pystyttävä suunnitelmallisesti kehittämään teollisuuden organisaatorakenteita ja toimintakulttuuria sekä yhteistyötä sidosryhmien kanssa. Ympäristömyötäisen suunnittelun tulee kattaa tuotekehittelyn ohella myös organisatoristen ja kulutustottumusten muutosten toteuttamisen. Teollisen ekologian syntyyn keskeisesti vaikuttaneen John Ehrenfeldin mukaan yhtä tärkeää kuin on kehittää ympäristömyötäisen suunnittelun menetelmiä on ulottaa eco-design-käsite koskemaan myös organisaatiota.

Teollisen ekologian malleja on kuitenkin jo ehditty arvostella siitä, että vaikka ne korostavat sosiaalisten tekijöiden merkitystä, niin ne lähestyvät näitä yrityskeskeisesti ja insinöörimäisesti, eivätkä ota riittävästi huomioon niitä yhteiskunnallisia ristiriitoja, joita ympäristönsuojelun kehittämiseen liittyy. Industrial Ecology lehdessä on myös keskusteltu siitä, missä määrin sosiaaliset ja kulttuuriin piiriin kuuluvat kysymykset sittenkään kuuluvat teollisen ekologian piiriin. On pelätty, että jos tarkastelukohde tulee liian laajaksi, niin lopulta menetetään oma näkökulma.

Tässä on varmasti osittain perää. Silti on varmasti ongelmallista, että teollisen ekologian tämän hetkiset mallit eivät pidä sisällään edes systemaattista työsuojeluongelmien käsittelyä. Esimerkiksi Graedel ja Allenby eivät teollista ekologiaa käsittelevässä oppikirjassaan juuri puutu työelämän riskeihin eikä vastaavasti kirjan sisällysluettelosta löydy sanoja työ, tapaturmat tai ergonomia.

Laajennettu tuottajan vastuu

Teollisessa ekologiassa on nähty erikoisen tärkeänä uutena ympäristöpoliittisena ohjauskeinona järjestelmät, joissa laajennetaan tuottajan vastuu niin, että hän joutuu ottamaan vastaan valmistamansa käytöstä poistetut tuotteet. Ajatuksena on, että kun tuottaja joutuu vastuuseen tuotteeseensa jätehuollon järjestämisestä, hänelle syntyy tarve kehittää tuotetta niin, että jätettä syntyy mahdollisimman vähän. Tätä periaatetta on jo sovellettu auton renkaisiin, jätepaperiin, romuautoihin ja pakkausjätteisiin. Elektroniikka romua käsittelevä direktiivi on valmisteilla.

Vielä on vaikea sanoa., kuinka paljon näillä järjestelmillä on ollut vaikutusta itse tuotesuunnitteluun. Joka tapauksessa tuottajien näkemys siitä, missä määrin tuotteiden elämä sen jälkeen kun ne on saatettu markkinoille enää kuuluu valmistajalle on muuttunut.

Palvelujen tuottaminen tuotteiden sijasta (servicizing), on myös usein mainittu teollisen ekologian kehittäjien keskuudessa tärkeäksi keinoksi edistää ympäristönsuojelun päämääriä. Periaatteessa tällainen menettely tuottaa loppuun asti viedyn tuottajan jätehuoltovastuun. Takaisinotto-järjestelmää koskevia määräyksiä sen enempää kuin kierrätystavoitteita ei tarvitse enää hallinnollisin keinoin määritellä, koska yritys omistaa tuotteen ja vain vuokraa sen palvelun ajaksi asiakkaalle. Voidaan jopa katsoa, että laajennettu tuottajan vastuu on itse asiassa vain osa palvelujen tuottamisen strategiaa.

Palvelujen tuottamisen pitäisi periaatteessa johtaa tuotteiden tehokkaampaan käyttöön kunnossapitoon ja näin myös ympäristöhaittojen vähenemiseen. Toisaalta ei ole kuitenkaan itsestään selvää, kuinka paljon ympäristökustannuksia syntyy siitä yhteiskunnallisesta organisaatiosta ja työnjaosta, joka tuotteen valmistamisen lisäksi tarvitaan sen vuokraamisen tai vastaavan palvelun tuottamisen järjestämiseksi.

Tekniikan ja ekologian analogiat

Teollisen ekologian pyrkimys hakea analogioita teknisten järjestelmien ja luonnon järjestelmien toiminnalle, voi sekin olla ongelmallinen. Luonnon järjestelmien tarkastelu auttaa ymmärtämään teknisen järjestelmän tuottamia ekologisia ongelmia. Pitkälle vietyinä analogioiden luominen voi kuitenkin johtaa harhaan; tekniset ja ekologiset järjestelmät eroavat myös ratkaisevasti toisistaan. Tekninen järjestelmä sisältää aina ihmisen suorittaman tietoisin ohjauksen, sosiaalisen ja kulttuurin systeemitason ja siihen liittyvät erityiset systeemiominaisuudet, joita luonnonjärjestelmistä ei löydy.

Edellä esitetyistä puutteista huolimatta teollinen ekologia on tähän vakavin yritys muuttaa tekniikan ja insinööritieteiden systeimirajausta niin, että se sisältää kaikki kestävä kehityksen kolme ulottuvuutta eli ekologisen, taloudellisen ja sosiaalisen. Systeemilähestymistapaan perustuvan teoreettisen käsitteenmuodostuksen ja mallittamisen lisäksi teollisen ekologian tutkijat askartelevat myös hyvin konkreettisten ja arkipäiväisten ympäristöongelmien parissa.

Teollinen ekologia parhaimmallaan tarjoaa insinööreille ajattelun työkaluja, jotka muuttavat heidän suhtautumistaan omaan tehtäväänsä, yritysten asiakkaisiin ja sidosryhmiin sekä koko yhteiskuntaan. Ne saavat myös insinöörit ja suunnittelijat pohtimaan uudella tavalla omaa vastuutaan. Teollisen ekologian periaatteet voidaan, kuten Graedel ja Allenby kirjassaan toteavat, toteuttaa vain tasavertaisessa yhteistyössä kaikkien yrityksen toimintaan liittyvien yhteisöjen ja kansalaisten kanssa. Yrityksen ja insinöörien sosiaalinen vastuu ei teolliseen ekologiaan perustuvassa ajattelussa ole vain siten ylevä periaate, vaan sen omaksuminen on edellytys, jotta yritysten omankin toiminnan kannalta kestävä kehityksen kannalta välttämättömät muutokset voidaan toteuttaa.