

Sähkövoimatekniikan ympäristöopus

Tietoa sähkövoimatekniikan ympäristökysymyksistä



- SVT:n kojeiden ja kojeistojen valmistus

- raaka-aineet / valmistusmateriaalit
- elinkaarianalyysi

[Pääsivulle](#)

SVT:n KOJEIDEN JA KOJEISTOJEN VALMISTUS

Yleinen huolestuneisuus ympäristön tilasta sekä tuotannon ja kulutuksen ympäristövaikutuksista ovat saaneet aikaan sen, että eri tuotteiden valmistuksessa on alettu ottamaan huomioon myös ympäristöystävällisyys.

Luonnonvarojen ja muiden resurssien kohdalla tämä tarkoittaa näiden entistä säästävämpää käyttöä. Ympäristöasioiden huomioimiseen ollaan alettu käyttää myös ns. elinkaariajattelua, missä tuotteen ympäristövaikutuksia tarkastellaan koko sen elinkaaren ajalta, esimerkiksi "kehdestä hautaan". Lisäksi ympäristöasiat ovat nykyään ja etenkin tulevaisuudessa, merkittävä kilpailutekijä markkinoilla. Edelleen viranomaiset ovat lisäämässä valmistajien vastuuta järjestää käytöstä poistettujen laitteiden keräys ja uudelleenkiyttö.

Tuotesuunnittelun tärkeys korostuu laitteiden valmistusprosessissa, sillä suunnittelussa tehdyt ratkaisut vaikuttavat kaikkiin tuotteen elinkaaren vaiheisiin.

Seuraavassa käydään läpi eri vaihtoehtoja sähkötuotteista (ja elektroniikkatuotteista) aiheutuvien ympäristöhaittojen vähentämiseksi. [/1/](#)

Materiaalien valinta

Materiaalien valinnan osalta on tuotesuunnittelussa huomioitava mm. seuraavia asioita:

- Pyrkimyksenä tulisi olla, että tuotteen materiaalmäärä ja itse tuotteen paino minimoidaan.
- Tuotteessa käytettävien komponenttien määrä tulisi minimoida ja komponenttien koon olla mahdollisimman pieni.
- Tuotteeseen tulisi valita mieluummin kierrätettäviä materiaalia. On kuitenkin varmistuttava, että materiaalille asetetut vaatimukset täyttyvät ja että sen käyttö on kustannuksien ja saatavuuden perusteella järkevää. Lisäksi on tarkasteltava, voidaanko käyttää materiaalia, jossa edes osa on kierrätettyä.
- Mikäli kierrätettävää materiaalia ei pystytä käyttämään, on "neitseellisestä" materiaalista suositeltavaa valita kierrätettävissä oleva vaihtoehto.
- Kannattaa suosia materiaaleja, joille on olemassa toimiva talteenotto- ja uudelleenkierrätysjärjestelmä.

Muovien osalta on hyvä muistaa muutama perusasia:

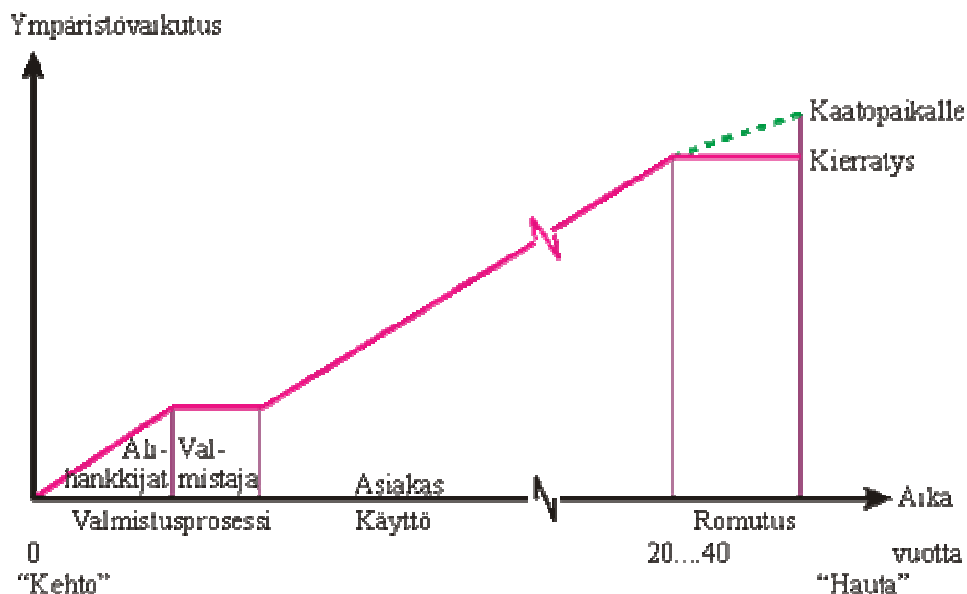
- Käytä mahdollisimman vähän eri muovityyppejä
- Valitse muoveja, joita voidaan kierrättää, kuten kestumuoveja (PVC, PET, PS) ja polyolefiineja (PE-HD, PE-LD, PP)
- Vältä muovien maalaamista, sillä pinnoittaminen saattaa heikentää tuotteen kierrätettävyyttä.
- Vältä metalliosien juottamista muoviin kiinni.

- Tärkeimmät muoviosat (yli 25 g) tulisi merkitä ISO 1043 ja DIN 54 840 materiaalityyppimerkinnöin materiaalin tunnistamiseksi kierrätyksessä.

Tuotteiden *pakkauksien* osalta merkitään käytetyt pakkausmateriaalit DIN 6120-standardin mukaan. [/1/](#)

Elinkaarianalyysi

Elinkaarianalyysi (LCA = Life Cycle Assessment) on menetelmä, jonka avulla arvioidaan tuotteen, prosessin tai toiminnon aiheuttamat ympäristövaikutukset koko sen elinkaaren aikana. Elinkaarianalyysistä voidaan tehdä monesta eri näkökulmasta. Ympäristövaikutusten arvioinnin lisäksi voidaan tarkastelu tehdä esimerkiksi taloudellisesta tai sosiaalisesta näkökulmasta. Ensimmäiset elinkaarianalyysit on tehty jo 1960-luvulla. Kuvassa 1 on esitetty tuotteen elinkaari “kehdosta hautaan” ja sen eri vaiheissa syntyneet ympäristövaikutukset. [/2,3/](#)



Kuva 1. Tuotteen elinkaaren eri vaiheissa syntyneet ympäristövaikutukset. [/2/](#)

Elinkaarianalyysi voidaan tehdä tutkimalla suppeammin yhtä tuotteen elinkaaren vaihetta tai sitten laajemmin tarkastelemalla koko tuotteen tai prosessin elinkaarta ja sen aiheuttamia ympäristövaikutuksia. Suppeammat analyysit antavat usein selkeitä vastauksia, mutta saattavat olla harhaanjohtavia kokonaisuutta ajatellen. Kokonaisvaltaisten analyysien teko on taas usein työlästä ja aikaa vievää, mutta antavat todennäköisesti luotettavampia lopputuloksia. [/2/](#)

Elinkaarianalyysin käyttö ja tekotavat

Elinkaarianalyysiä voidaan käyttää moniin erilaisiin tarkoituksiin. Yrityksen johto voi tehdä päätöksiä sen perusteella esimerkiksi yrityksen toimintatavoista ja uusien prosessien käyttöönotosta. Elinkaarianalyysin tuloksia voidaan käyttää tarkasteltaessa yrityksen asemaa tai tuotteita kilpailumarkkinoilla. Yrityksen sisällä tuloksia voidaan käyttää tuotekehityksessä, käytettävien tuotantoprosessien vertailussa, markkinoinnissa ja yleisesti parantamaan yrityksen toimintaa ympäristöystävällisempään suuntaan. [/4/](#)

Elinkaarianalyysi voidaan periaatteessa tehdä kahdella eri tavalla: tekemällä *karkean tason* elinkaariarviointi tai tekemällä *tarkemman tason* arviointi.

Karkean tason elinkaarianalyysi on usein kvalitatiivinen. Sen avulla saadaan yleispiirteinen kuva ympäristövaikutuksista ja nähdään selvimmät asiat, joihin tulisi puuttua. Näin saadaan nopeasti tietoa mahdollisista ympäristövaikutuksista.

Tarkemman tason analyysit ovat usein kvantitatiivisia. Tämän vuoksi ne ovatkin usein huomattavasti tarkempia sisällöltään ja sen vuoksi suuritöisempiä. [/1/](#)

Karkean tason elinkaarianalyysi

Ympäristövaikutuksia voidaan karkealla tasolla tehdä esimerkiksi laatimalla taulukko ympäristöasioiden arviointikohteista tai sitten tekemällä ns. MET-matriisi (selitetään myöhemmin).

IEC (International Electrotechnical Commission) on antanut suosituksen, mitä tietoja taulukossa tulisi olla ympäristövaikutusten arvioinnin tekemiseksi. Nämä on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. IEC:n suositus karkean tason elinkaarianalyysin taulukkoon sisällytettävistä asioista, joita tulisi tarkastella ympäristövaikutusten arvioinnissa. [/1/](#)

<p>TUOTE</p>	<p>Tuotteen sisältämät kemialliset yhdisteet Mahdollisesti kumuloituvat kemikaalit Akut ja paristot (tyyppi, paino, materiaalikoostumus, määrä) Kuluvat osat Huoltojärjestelmän toimivuus ja varaosien saanti Pakkauksissa ja kuljetuksissa käytettävät materiaalit</p>
<p>VALMISTUKSEN YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET</p>	<p>Valmistusprosessin eri vaiheiden kuluttama energian ja palveluiden määrä Valmistuksen päästöt (ilmaan, veteen, kiinteä jäte) ja mahdollisuudet niiden poistamiseen / vähentämiseen / kontrollointiin Päästöjen mittaaminen ja arviointi</p>
<p>KULJETUKSET VARASTOINTI KIERRÄTYS TUOTTEEN HÄVITTÄMINEN</p>	<p>Valmistuksessa käytettävät materiaalit, esim. - kierrätettävät materiaalit - ongelmajätteet: suunnitelma niiden käsittelemiseksi ja niiden määrän vähentämiseksi Mahdollisesti kumuloituvat terveys- / ympäristövaikutukset Yrityksen sisäinen ohjeistus pakkaus- ja kuljetusmateriaalien käytöstä Tuotantoprosessissa tarvittavien kuljetuspakkausten ja pakkaamisen määrän uudelleenarviointi Ohjeistus myyntipakkausmateriaalien vähentämisestä, uudelleenkäytöstä, kierrätyksestä ja loppusijoituksesta Kuljetus-, varastointi-, uudelleenkäyttö-, kierrätys- ja hävittämisohjeistus kulutustuotteille Uudelleenkäytettävien ja kierrätettävien osien identifiointi, jätteenkäsittelyvaihtoehdot</p>
<p>TUOTTEEN KÄYTTÖ JA TOIMINTA</p>	<p>Energiankulutus ja muiden resurssien kulutus käytön aikana Tuotteesta lepotilassa ja normaalissa käyttötilassa aiheutuvat fyysiset ja kemialliset vaikutukset; mahdollisuudet niiden vähentämiseen / kontrolloimiseen / poistamiseen Päästöjen (veteen, ilmaan, kiinteä jäte) tunnistaminen ja niiden mittaaminen / arviointi</p>

Toinen tapa on tehdä ns. MET-matriisi. Siinä ympäristövaikutukset jaetaan kolmeen ryhmään: materiaalien käyttöön (M), energiankulutukseen (E) sekä ympäristölle ja ihmisille haitallisiin päästöihin (T).

Materiaalien käytön tarkasteluun sisältyy mm. raaka-aineiden niukkuus ja uusiutumiskyky, materiaalien uudelleenkäyttö ja kierrätys, kierrätettävien materiaalien käyttö sekä tuotteen ja sen eri osien käyttöikä. Energiankulutuksen osalta voidaan analysoida tuotantoprosessien ja tuotteen käytön aikaista energiankulutusta sekä eri materiaalien valmistukseen kulunutta energiaa. Päästöjen kohdalla listataan tuotteen elinkaaren eri vaiheissa syntyvät myrkylliset päästöt.

Kuvassa 2 on esimerkki kopiokoneelle tehtävästä MET-matriisista. Sen ensimmäinen sarake voidaan jakaa niin tarkkoihin osiin kuin kulloinkin on tarpeellista. Tässä se on jaettu valmistukseen, käyttöön ja käytöstä poistoon.

	MATERIAALIEN KÄYTTÖ	ENERGIAN KULUTUS	HAITALLISET PÄÄSTÖT
VALMISTUS	raaka-aineiden kulutus tuotantojätteen kierrätys	materiaalien energiasisältö prosesseissa kuluva energia	palonestoaineet
KÄYTTÖ	paperin kulutus käytetyt värikasetit	energiankulutus kuljetuksissa kuluva energia	otsonipäästöt
KÄYTÖSTÄ POISTO	koneen kierrätys		seleenirunpu

Kuva 2. MET-matriisi kopiokoneelle. [/1/](#)

Karkean elinkaarianalyysin avulla ei aina pystytä löytämään tai päättämään, mitkä tekijät ovat merkittävimpiä ympäristön kannalta. Silloin on yritettävä hyödyntää mahdollisesti aikaisemmin tehtyjä elinkaaritutkimuksia, käyttää asiantuntijoita apuna tai tehdä perusteellisempi tarkemman tason analyysi. [/1/](#)

Tarkemman tason elinkaarianalyysi

Tarkemman tason eli kvantitatiivisessa elinkaarianalyysissä arvioidaan tuotteen, prosessin tai toiminnan ympäristövaikutukset koko elinkaaren ajalta sisältäen raaka-aineiden hankinnan, komponenttien ja lopputuotteen valmistuksen, kuljetuksen ja jakelun, käytön, kierrätyksen sekä lopulta käytöstä poiston.

Tässä analyysimallissa on neljä päävaihetta: *määrittelyvaihe*, *inventarioanalyysi*, *vaikutusarviointi* ja *tulosten tulkinta*. [/1/](#)

Määrittelyvaihe

Määrittelyvaiheessa päätetään arvioinnin tavoite ja laajuus. Siinä täsmennetään, millaisiin asioihin halutaan kiinnittää huomiota ja millaisiin kysymyksiin halutaan vastaus. Lisäksi määritellään mikä on toiminnallinen yksikkö. Toiminnallinen yksikkö voi olla esimerkiksi jokin laite tai laitteen osa kuten esimerkiksi televisio tai sen kuvaputki.

Analyysin suorittaminen täydessä laajuudessaan ei aina ole mahdollista esimerkiksi rajallisten resurssien vuoksi. Muutenkin on järkevää rajata pois tuotantoprosessiin välillisesti kuuluvat, epäolennaiset asiat kuten työpaikkaruokailu, vaikka sitä epäilemättä tarvitaankin tuotteen aikaansaamiseksi.

Tässä voidaan valita myös erilaisia lähestymistapoja ja näkökulmia, kuten ympäristönäkökulma, taloudellisuusnäkökulma tai sosiaalinen näkökulma. [/3/](#)

Inventaarianalyysi

Inventaarianalyysissä tutkittava systeemi jaetaan pienempiin osasysteemeihin, vaiheisiin, jotka liittyvät toisiinsa (esimerkiksi kaivos, kuljetus, tuotteen kokoonpano). Tällöin tiedon kerääminen ja hallitseminen helpottuvat. Tämän jälkeen kullekin vaiheelle tehdään oma inventaarioanalyysi, jossa lasketaan vaiheeseen käytetyt raaka-aineet ja energiankulutus sekä päästöt ilmaan veteen ja maaperään. Inventaariossa on varmistuttava, että kaikki elinkaarivaiheet ovat mukana ja tietoyksityiskohtia on riittävästi aiottua tarkoitusta varten. [/2/](#)

Vaikutusarviointi

Vaikutusarvioinnin tarkoituksena on arvioida ympäristövaikutusten merkittävyyttä inventaarioanalyysin tuloksien avulla. Vaikutusarviointi voidaan jakaa kolmeen osaan: luokitteluun, kvantifointiin ja arvottamiseen.

Luokittelussa inventaarioanalyysissä kerätyt tiedot jaetaan ryhmiin eli luokitellaan sen mukaan, millaisia vaikutuksia niillä on ympäristöön. Vaikutusluokkia voisi olla ainakin tärkeimmät ympäristöongelmat, kuten kasvihuoneilmiö, otsonikato, happamoituminen, rehevöityminen, terveysvaikutukset, ympäristömyrkyt ja maankäytön vaikutukset esimerkiksi biodiversiteettiin. Kvantifioinnissa eli vaikutusvoimakkuuden määrittämisessä määritetään, kuinka suuria vaikutuksia ympäristöön kohdistuu. Arvottamisessa eri ympäristöongelmia verrataan toisiinsa esimerkiksi antamalla erilaisille ongelmille erisuuruisia painoarvoja. Nämä voivat olla joko lukuja tai sanallisia perusteluja. [/1/](#)

Tulosten tulkinta

Tulosten tulkinnassa inventaarioanalyysin ja vaikutusarvioinnin tulokset yhdistetään asetettujen tavoitteiden mukaisesti. Tässä vaiheessa esitetään tulkinta koko elinkaarianalyysin tuloksista yleensä johtopäätöksinä ja toimenpidesuosituksina.

On muistettava, että jokainen elinkaarianalyysi tehdään tapauskohtaisesti. Elinkaarianalyysiä tehtäessä ei välttämättä tarvitse käydä läpi kaikkia vaiheita vaan selvitykset ja tutkimukset voidaan lopettaa, kun on saatu selville haluttu tieto. [/1/](#)

Elinkaarianalyysiin liittyviä ongelmia

Elinkaariperiaatteeseen perustuva tuotteen ympäristövaikutusten arviointimalli on voimakkaasti yleistynyt viime vuosina. Yhtenä syynä on ollut toteamus siitä, että tuotteen yksittäiset ominaisuudet eivät anna riittävästi tietoa sen ympäristövaikutuksista. Siitä huolimatta, että elinkaariarvioinnin edistämiseksi ja analyysimallien parantamiseksi on tehty paljon työtä, ei ole löydetty tarkkoja yhteisiä pelisääntöjä, millä elinkaarianalyysi tulisi tehdä.

Ympäristövaikutusten selvittäminen ja arviointi on pitkäjänteistä ja vaativaa tutkimusta. Ongelmina ovat mm. käytettävän tiedon subjektiivinen valinta tiettyyn käyttötarkoitukseen, suuren tietomäärän vaikea hallinta, tietojen yhteismitattomuus ja se, että eri menetelmillä lasketut tulokset eivät välttämättä ole vertailukelpoisia.

Elinkaarianalyysin keskeisin ongelma on ympäristövaikutusten alueellisuus. Esimerkiksi vesistöjä rehevöittävien päästöjen osalta voidaan luokitella hyvin eritasoisia kriittisiä kuormia. Tulevaisuuden suuntauksena voisikin olla erilaisten alueellistamismallien kehittäminen. [/3/](#)

Elinkaarianalyysimenetelmiä

Useissa tutkimuksissa jätetään inventaariovaihetta seuraava tulkintavaihe tekemättä. Tällöin tulkinta jää yksin tutkimuksen lukijalle, jolloin voidaan saada virheellinen kokonaiskäsitys. Tätä tulkintavaihetta varten on kehitetty erilaisia tulkintamalleja ja -menetelmiä, joista käsitellään hieman lähemmin EPS-menetelmää.

EPS-menetelmä

EPS (Environmental Priority Strategies) -menetelmän avulla arvioidaan tuotteen koko elinkaaren aikana syntyvät ympäristövaikutukset. Tällaisiksi ympäristövaikutuksiksi katsotaan vaikutukset biologiseen monimuotoisuuteen, ihmisten terveyteen, luonnon tuotantokykyyn ja esteettisiin arvoihin. Menetelmä antaa yhdestä luvusta koostuvan lopputuloksen, ympäristökuormitusluvun ELU (Environmental Load Unit). Yksi ELU vastaa yhtä ECU:a. Tämän arvon periaatteena on se, kuinka paljon yhteiskunnassa ollaan valmiita maksamaan tietyn ympäristövaikutuksen aiheuttajan poistamiseksi tai vähentämiseksi tehtävistä turvatoimista ja sitä kautta vaikutuksesta ympäristön parantamiseen. [/2/](#)

Elinkaarianalyysimenetelmien vertailua

Elinkaarianalyysimenetelmiä on olemassa useita. Taulukossa 3 esitetään yleisimpien elinkaarianalyysimenetelmien huomioon ottamia asioita.

Taulukko 3. Elinkaarianalyysimenetelmien vertailu. [/2/](#)

	EPS	ET	ECO	Tellus
Energiaresurssit	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Ei
Materiaaliresurssit	Kyllä	Osittain	Ei	Ei
Maankäyttö	Kyllä	Osittain	Ei	Ei
Päästöt ilmaan/CO ₂ ,NO _x ,So _x	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä
Päästöt ilmaan / metallit	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä
Päästöt maahan / metallit	Ei	Kyllä	Ei	Kyllä
Päästöt vesistöihin / metallit	Ei	Kyllä	Kyllä	Kyllä
Orgaaniset päästöt	Osittain	Kyllä	Osittain	Kyllä

EPS = Environmental Priority Strategies
ET = Environmental theme

Menetelmät eroavat toisistaan lähinnä siinä, mitä vaikutuksia ne ottavat huomioon. Esimerkiksi Tellus -menetelmä keskittyy yksinomaan päästöihin, kun taas EPS -menetelmässä keskeisellä sijalla ovat resurssit ja niiden käyttö. [/2/](#)

Elinkaarianalyysiohjelmistot ja tietokannat

Kvantitatiivisen eli tarkemman tason elinkaarianalyysin tekoon on olemassa erilaisia kaupallisia laskentaohjelmia ja tietokantoja. Ohjelmistoja on Euroopassa erityyppisiin elinkaarianalyysihin kaiken kaikkiaan markkinoilla jo ainakin 50. Taulukossa 4 on esitetty eniten elinkaarianalyysihin käytettyjä tietokoneohjelmia. [/1/](#)

Taulukko 4. Yleisimpiä elinkaarianalyysiohjelmistoja. [/1/](#)

MALLI	KEHITTÄJÄ / MAA
SimaPro	PRé / Hollanti
Boustead-malli I	Boustead ja Open University / Iso-Britannia
KCL-ECO Oy	Keskuslaboratorio / Suomi
LCA Inventory Tool	Chalmers Industri-teknik / Ruotsi
PEMS	PIRA / Iso-Britannia

Elinkaarianalyysien tietokannat

Elinkaarianalyysiä varten tehtävässä tiedon hankinnassa ongelmana on tietolähteiden luotettavuus. Usein saatavien tietojen luotettavuutta ei tarkisteta riittävästi eikä lähdetietojen yleistettävyyttä tarkastella. Näitä ongelmia vähentämään on Suomessakin alettu kehittää elinkaarianalyysiä varten erilaisia tietokantoja.

Yksi elinkaarimenetelmien keskeinen kysymys on siinä käytettävien lähtötietojen laatu. Mitä luotettavimmat ovat lähtötiedot, sitä parempi on uskottavuus ja suurempi merkitys elikaarianalyysillä on päätöksenteossa. Tämän vuoksi onkin olemassa useita elinkaaritietokantoja. Laadultaan verifioitu ja laajaan aineistoon perustuva tietokanta antaa yksittäisten yritysten omia tietokantoja uskottavamman pohjan elikaarianalyysille. [/3/](#)

Esimerkki: Energiatuotteiden elinkaaritietokanta

KTM:n ja TEKES'in ohjaaman, Suomen energiatuotannon elinkaaritiedot- projektin (SEEP) avulla on pyritty parantamaan elikaarianalyysien energiatietoja sekä lisäämään suomalaisten yritysten ympäristölaadun hallinnan valmiuksia. SEEP-tietokantaan on koottu tietoja kaikista energiatuotteiden elinkaaren päävaiheista lukuunottamatta energian käyttöä. Kanta sisältää tietoja polttoaineiden hankinnasta ja jalostuksesta, niiden varastoinnista ja kuljetuksista sekä loppuenergian tuotannosta, siirrosta ja jakelusta. Energiatuotteiden elinkaareen kuuluvat lisäksi kaikki materiaalien valmistusketjut kuljetuksineen, jätehuoltojärjestelmät, materiaalien kierrätys sekä sivutuotteiden ja käytöstä vapautuvien tuotteiden uudelleenkäyttö.

SEEP-tietokanta rajoittuu loppuenergian tuotannon osalta Suomessa tapahtuvaan teolliseen tuotantoon, jonka tehorajana on pidetty 1 MW. Uusiutuvista energiamuodoista ovat mukana vesivoima, aurinkosähkö ja -lämpö sekä tuulivoima. Polttoaineiden hankinta- ja jalostusvaiheiden tietoja on tietokannassa kivihielestä, raskaasta ja kevyestä polttoöljystä, maakaasusta sekä uraanista. Energian siirrosta ja jakelusta kannasta löytyvät arviot sähkön, kaukolämmön ja maakaasun siirtojärjestelmien toiminnasta. [/5/](#)

Lähteitä

/1/ Sähkö- ja elektroniikkateollisuusliitto, Kärnä A., Ympäristömyötäinen tuotesuunnittelu, Helsinki 1997, 116 s.

/2/ Lehtinen V., 1999. Elinkaarianalyysin vaikutukset suurmuuntajien ominaisuuksiin Suomen olosuhteissa. Diplomityö. Tampere, Tampereen teknillinen korkeakoulu, Sähkötekniikan osasto, 152 s.

/3/ Lokka M. & Hänninen H., Elinjaksokustannus- ja Sähkötekniikan osasto, elinkaarianalyysi ja niiden soveltaminen materiaalinvalinnassa. TKK, Materiaalitekniikan laboratorio. Julkaisu MTR 2/94, Espoo 1994.

/4/ Tonteri H. & Kuuva M., Elinkaarianalyysi, Metalliteollisuuden Kustannus Oy, 1995.

/5/ Virtanen Y. & Askola R. & Junttila V., Kenttäsuuntautunut elinkaaritietojen hankintamenetelmä, Suomen energiatuotannon elinkaaritietokanta – SEEP Osa I, VTT, Espoo 1996.