

Lahden ammattikorkeakoulun julkaisu

Sarja C Artikkelikokoelmat, raportit ja muut ajankohtaiset julkaisut, osa 49

Heimo Tuomala

YMPÄRISTÖMYÖNTEINEN TUOTESUUNNITTELU **ENVIRONMENT-FRIENDLY PRODUCT DESIGN**



LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU
Lahti University of Applied Sciences

Lahden ammattikorkeakoulun julkaisu
Sarja C Artikkelikokoelmat, raportit ja muut ajankohtaiset julkaisut, osa 49
© Lahden ammattikorkeakoulu ja kirjoittajat

ISSN 1457-8328
ISBN 978-951-827-084-6

Taitto: Lahden ammattikorkeakoulu, Kirsi Kaarna

SISÄLLYSLUETTELO

JOHDANTO	4
YMPÄRISTÖMYÖNTEINEN TUOTESUUNNITTELU	5
EKOLOGINEN TUOTE	7
YMPÄRISTÖMYÖNTEINEN TUOTANTO	12
TEOLLINEN EKOLOGIA	15
TARVELÄHTÖINEN SUUNNITTELU JA RISKINHALLINTA	18
TEOLLINEN METABOLIA EKOTEOLLISUUSPUISTOSSA	20
LOPUKSI	22

JOHDANTO

Ympäristöystävällisellä toiminnalla on monia erilaisia synonyymejä. Yleisesti ympäristöystävällisyys yhdistetään ekologiaan. Ekologia (*kreik. oikos = koti, talous, logos = oppi*) on eliöiden ja ympäristön suhteita tutkiva tiede - oppi luonnontaloudesta. Ekologian tutkimuksen kohteena voi olla yksilö, laji, populaatio, eliöyhteisö, ekosysteemi tai biomi. Ekologia tutkii myös ihmisen vaikutusta luontoon. Tutkimustieto auttaa osaltaan selvittämään miten ihmisen tulisi hyödyntää luontoa tuhoamatta samalla omia elinmahdollisuuksiaan. Ympäristönsuojelu taas on toimintaa, jonka tavoitteena on ratkaista, lievittää ja ennaltaehkäistä ympäristöongelmia. Ympäristönsuojelun yleisiä tavoitteita ovat luonnonympäristön suojeleminen, ihmisen hyvinvoinnin turvaaminen ja kestävä kehityksen edistäminen. Nämä tavoitteet edellyttävät mm. luonnonvarojen kestävä käyttöä ja ympäristön monimuotoisuuden turvaamista. Ympäristönsuojelun ensisijainen kohde on näin ollen ihminen ja ihmisen toiminnasta johtuvat ympäristöhaitat.

Muotoilu (*eng. design*) tarkoittaa esineen tai muun kohteen käytettävyyden ja muodon suunnittelua ja/tai sen valmistusta. Esinemuotoilu voi olla käsityömuotoilua tai teollista muotoilua. Rajaa näiden kahden välillä ei käytännössä ole. Teollinen muotoilu ottaa myös huomioon tuotesuunnittelun esteettiset, kaupalliset ja taloudelliset tekijät. Teollisessa toiminnassa keskeistä on kehittää mm. tuotteen ergonomiaa, valmistettavuutta ja kaupallistettavuutta. Muotoilijan rooli on koota kaikki eri päämäärät: taloudelliset, toiminnalliset ja tekniset vaatimukset, sekä markkinoiden vaatimukset hyödynnettäväksi tuotesuunnitelmaksi. Onnistunut muotoilu täyttää niin valmistajan sekä kaupalliset, tuotannolliset ja logistiset vaatimukset kuin myös käyttäjän tarpeet. Muotoilu on nykyisin otettu alkuperäistä käsitettä laajemmin käyttöön eri toiminnan aloilla. Esimerkiksi kaksiulotteiset graafiset suunnitelmat ja käyttöliittymät tai julkisuuskuvan, toimintamallin ja tuotebrändien suunnittelua ja toteutusta voidaan sanoa muotoiluksi ja nekin voivat kuulua muotoilijan työhön. Vaikka muotoilun työnkuva on merkittävästi laajentunut, se useimmiten kuitenkin rajoittuu tiettyyn yksilöityyn toimintoon. Ympäristönsuojelu taas on koko yhteiskunnan läpileikkaava toimiala muodostuen kokonaisuudesta ja sen hallinnasta.

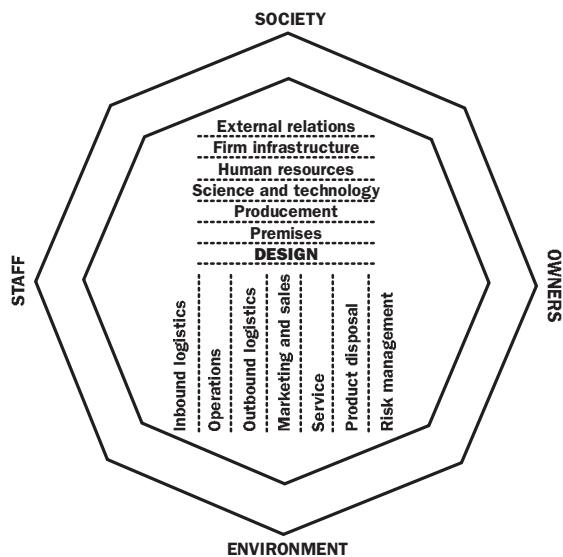
Muotoilulla ja ympäristönsuojelulla on näin ollen monia yhtymäkohtia - vain lähestymistapa on vielä nykyisin useinkin erilainen. Useat valtiot, EU:n jäsenvaltiot mukaan lukien, ovat sitoutuneet kestävä kehityksen mukaiseen toimintaan. Kestävä kehityksen mukaisen taloudellisen ja sosiaalisen kasvun turvaaminen ympäristöä vaarantamatta on mahdollista vain uusien innovatiivisten toiminta- ja tuotantotapojen myötä. Ihmisen tarpeiden tyydyttäminen ja hyödykkeiden tuotanto on suuri haaste johon voidaan vastata vain teknologian sekä teollisen toiminnan merkittäväällä tehostamisella ja uudelleen muotoilulla. Tässä esitettävä lyhyt johdatus ympäristöystävälliseen muo-

toiluun on tehty innovaatiokeskuksille osana kansainvälistä innovaatioprojektia. Innovaatiotoiminta tähtää uuteen tuotteeseen tai toimintatapaan ja tästä johtuvat tekstissä olevat viittaukset kehitystyöhön sekä nanoteknologiaan, joka oli keskeinen osa-alue tätä innovaatioprojektia. Teoria ja käytännöt ovat kuitenkin yleispäteviä kaikessa ympäristömyönteisessä muotoilussa. Artikkelin esittelee ympäristöystävällisen muotoilun eri tasoilla, teoriana ja esimerkkeinä sekä työssä yleisimmin käytetyt työkalut.

YMPÄRISTÖMYÖNTEINEN TUOTESUUNNITTELU

Monissa muotoilua koskevissa poliittisissa ja strategisissa päätöksissä sekä myös muotoilun käytännöissä on ympäristövaikutusten huomioiminen edelleen usein sivuosassa. Syitä siihen on varmasti monia, mutta merkittävimmät ovat negatiiviset mielikuvat ekotuotteista ja kapea tietämys tuotteiden ympäristövaikutuksista. Tästä johtuu luonnollisesti, että ekologiisiin arvoihin saatetaan suhtautua edelleen välinpitämättömästi monilla muotoilun osa-alueilla. Toisaalta tuotteen ja tuotesuunnitteluprosessin ekologisuuden määrittely sen koko elinkaaren ikäisten ympäristövaikutusten osalta ei ole yksiselitteistä eikä ongelmatonta. Asian kompleksisuus voi myös olla osaltaan hidastamassa kestävän kehityksen arvojen toteutumista muotoilussa.

TTKK:n muotoilijoille kohdistetussa tutkimuksessa (Levanto & ...)haastateltavat yhdistivät termin ”ekoestetiikka”, välittömästi ekomuotoilun tuotteeseen. Haastateltavien ensimmäiset pohdinnat ja mielikuvat ekologisesta muotoilusta olivat negatiivisävytteisiä. Tyylillisesti ekomuotoilun tuotteet miellettiin kömpelöiksi ja raskaiksi. Toisaalta positiivisempaa tai ainakin neutraalimpaa kielikuvana tuotiin esiin ekologisen muotoilun ja luonnon yhteys. Ekologisuus ja luontoviittaukset olivat vahvasti sidoksissa keskenään. Kaiken kaikkiaan ekologisuuden näkyvyyttä pitäisi muotoilijoiden mukaan kuitenkin miettiä sekä yksittäisen tuotteen että koko yrityksen markkinointinäkökulmasta. Ongelmaksi nähtiin nykyisin se, että ekologisuutta käsiteltiin vielä hyvin erityisenä ja erillisenä asiana, mutta tulevaisuudessa sen oletetaan olevan luonteva osa suunnittelun kokonaisuutta.

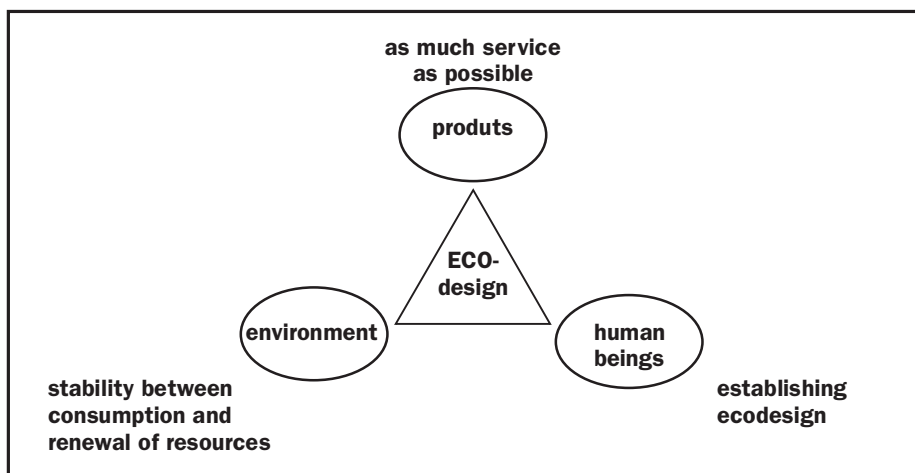


Kuva 1. Muotoilun asema kestävän kehityksen kahdeksankulmiossa. (Lähde: Rosenau Milton D. Jr, 1996)

Ekologinen suunnittelu on kuitenkin paljon tuotesuunnittelua laajempi kokonaisuus, jonka vuorovaikutus ulottuu hyvin laajalle kentälle. Riippumatta siitä keskitytäänkö tuotteen, tuotannon vai alueellisen ekologian ratkaisemiseen, suunnittelu lähtee aina markkinoiden tarpeesta ja käytettävistä materiaaleista. Samalla on kuitenkin joka kerta arvioitava tehtäviä valintoja laajan kokonaisuuden näkökulmasta, onko suunnitelma mahdollista integroida alueelliseen tai globaaliin kehitykseen?

Tuotteen suunnittelu ei juuri kuluta luonnonvaroja, mutta se vaikuttaa valtavasti tuotteiden valmistuksen ja käytön ekologiaan. Suunnittelussa on suuri vapaus tehdä tuotteeseen ekologisesti tärkeitä muutoksia, myöhemmin mahdollisuudet ovat paljon pienemmät. Niinpä suunnittelijoita usein kehoitetaan elinkaariajatteluun (*Design for the Environment*) eli pitämään mielessä valmistusvaiheen vaikutusten ja kustannusten ohella tuotteen käytön ja hävittämisen aiheuttamat ympäristövaikutukset. Jo uuden tuotteen konseptivaiheessa olisi tutkittava, onko muuta vaihtoehtoa kuin valmistaa fyysinen tuote; toisin sanoen, olisiko sama hyöty asiakkaille saatavissa jollakin ympäristömyötäväisemmällä tavalla ja mikä on hyödyllisin tapa tyydyttää asiakkaan tarpeet. Käytännössä asiakastarpeen tyydyttämiseen on neljä toteutusmallia:

- tuote (esim. polkupyörä)
- tuote ja palvelu (esim. matkapuhelinliittymä)
- palvelu ja tuote (esim. lentomatka)
- aineeton palvelu (esim. sähköposti)



Kuva 2. Ekodesignin kolmiyhteys. (Lähde: Rosenau Milton D. Jr, 1996)

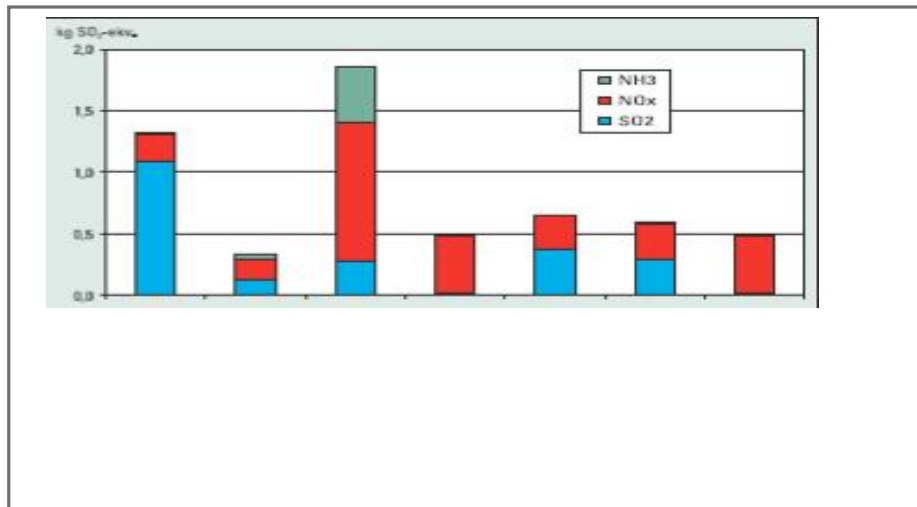
Materiaalin valinnassa on suunnittelijalla suuret vaikutusmahdollisuudet, sillä hän voi usein laajoissa rajoissa valita tuotteiden ainekset, joskus jopa kierrätysmateriaalien joukosta. Taitavan suunnittelun avulla voidaan usein myös vähentää tarvittavan raaka-aineen määrää (*dematerialization*). Joissakin tapauksissa on tarjolla uusia, ympäristölle ystävällisempiä valmistusaineita ja toisinaan taas on mahdollista parantaa ennestään käytetyn materiaalin käsittelytapoja. Joka tapauksessa ainesvalinta pitäisi tehdä niin, että tuote toimii pitkään ja sen valmistus sekä käyttö tuottavat mahdollisimman vähän jätteitä ja päästöjä.

EKOLOGINEN TUOTE

Tuotteiden valmistuksen ekologisen laadun tunnuslukuna usein käytetään jätteen määrää tuotettua yksikköä kohti sekä raaka-aineen tuottavuutta joka mitataan seuraavana suhdelukuna:

$$\text{(tuotettu määrä) / (raaka-aineen määrä).}$$

Joskus käytetään yllämainituista suhdeluista myös nimitystä ekotehokkuus (eco-efficiency). Kuluvan energian ja syntyvien päästöjen määrää tutkittaessa on usein aiheellista ottaa huomioon valmistusvaiheen lisäksi myös aineiden ja tuotteiden kuljetus. Alla olevassa kuvassa on esitetty perunajauhon tuotannon koko elinkaaren aikaiset happamoitumis päästöt eri prosesseista, lannoitetuotannosta valmiin tuotteen jakeluun asti. Samoin elinkaarianalysissä kuvataan ja analysoidaan eri päästöjä, kustannuksia ja riskejä materiaalin tuotosta aina sen käytöstä poistamiseen asti.



Kuva 3. Pirkka-perunajauhon happamoitumispotentialiaali, tuotantoketjun eri vaiheissa 10 000 kulutettua pakkausta (a' 600 g) kohti, rikkidioksidiekvivalentteina (SO₂-ekv) ilmaistuna. (Lähde: Kautto & knit, 2002)

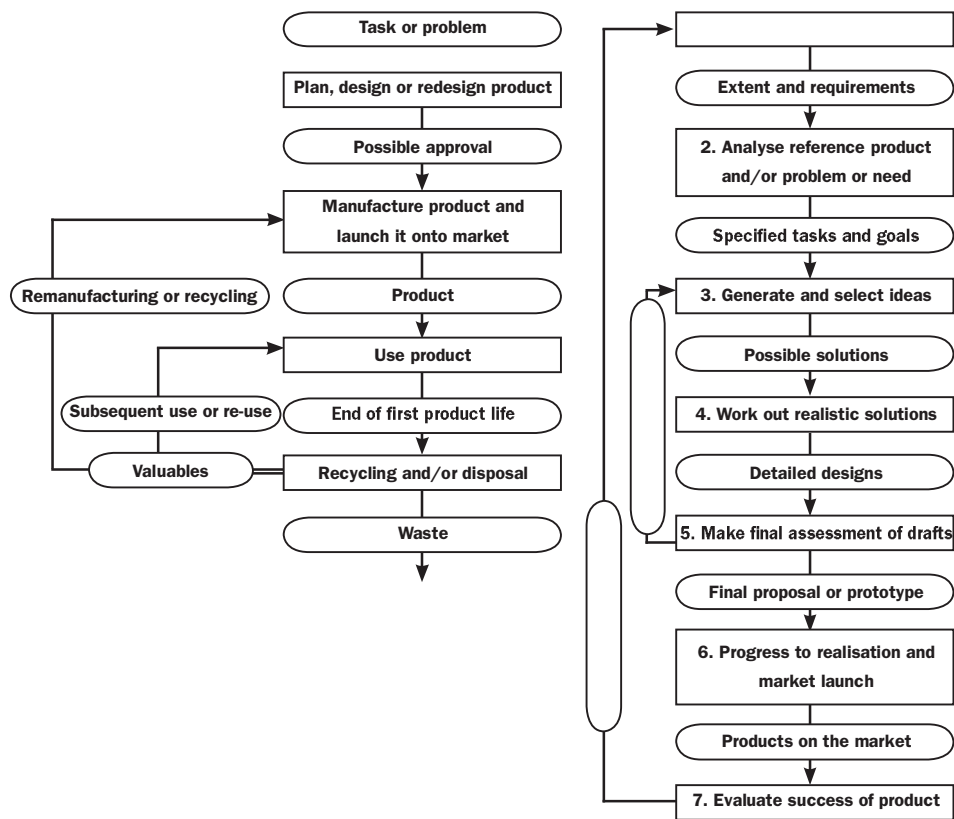
Elinkaarianalyysi (*Life Cycle Analysis*) pyrkii saamaan kokonaiskuvan tietyn tuotteen kaikista ympäristövaikutuksista alkaen raaka-aineen irrottamisesta maasta aina siihen saakka kunnes kaikki tuotteen ainekset ovat jälleen palanneet maahan. LCA vaatii enemmän tutkimustyötä kuin pelkän valmistuksen ekologinen tarkastelu, mutta tuon lisätyön ansiosta sitten voidaankin pyrkiä asiassa kokonaisoptimiin ja mm. tarkastella tuotteen elinkaaren eri vaiheiden keskinäisiä suhteita. Voidaan esimerkiksi tutkia kannattaisiko sijoittaa enemmän valmistusvaiheessa, jotta päästäisiin tuotteen käytössä ja sen hävittämisessä edullisempiin ympäristövaikutuksiin.

Elinkaarianalyysissa usein käytetty tunnusluku on hyödyn ainestaakka (*Material Input per Service Unit, MIPS*). Se on suunnilleen raaka-aineen tuottavuuden käänteisarvo, mutta lisäksi se sisältää myös ne ainekset, joita kuluu tuotteen käytössä ja sen hävittämisessä. Hyödyn yksikkö (*service unit*) on määriteltävä erikseen kutakin tuotteiden lajia varten. Esimerkiksi henkilöauton hyödyn yksikkönä on kuljetettu henkilömäärä kertaa matkan pituus; pesukoneissa se on puhdistunut pyykkikilo ja monissa tuotteissa yksinkertaisesti käyttökerta. Hyödyn ainestaakan dimensiona on aina massa (kg tai tonni) hyöty-yksikköä kohti, mutta näitä määriä mitattaessa on pidettävä erillään seuraavat viisi materiaalin tyyppiä, sillä niitä ei voi laskea yhteen:

- uusiutumattomat raaka-aineet
- uusiutuvat raaka-aineet
- siirrettävät maamassat (esimerkiksi raaka-aineen tuottamisessa tarvittava kaivutyö)
- vesi (likaantunut määrä)
- ilma (likaantunut määrä).

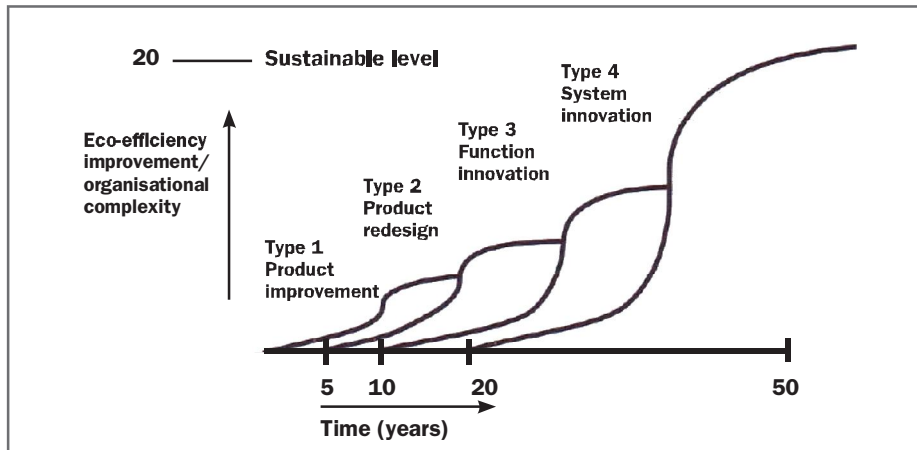
Ellei näiden massojen alentaminen onnistu, on toisena mahdollisuutena parantaa tuotteen ympäristönmyötäisyyttä käyttiän pidentäminen. Siinä on tavoitteena pitää tuote kaikkine aineksineen ja osineen kunnossa ja käytössä pitempään, jolloin raaka-aineiden virtaaminen jätteeksi hidastuu.

Ekologinen selkäreppu taas tarkoittaa niiden tuotteen valmistuksessa liikutettujen materiaalien painoa, jotka eivät päädy valmiiseen tuotteeseen. Se on lähes sama kuin materiaalipanos, mutta erotuksena on, että materiaalipanokseen lasketaan myös tuotteen oma paino. Myös ekologinen selkäreppu ilmoitetaan viiteen luokkaan jaoteltuna.



Kaavio 1. Ympäristömyönteisen muotoiluprosessin suhde tuotteen elinkaareen. (Lähde: Charter Martin & Tischner Ursula, 2001)

Ekologinen suunnittelu jaetaan neljään tyyppiin. Ensimmäinen keskittyy tuotteen ekologian parantamiseen. Toinen paitsi tuotteen niin myös tuotantotavan ekologian parantamiseen. Näitä kahta ensimmäistä tyyppiä käsittelemme seuraavaksi tarkemmin.



Kuva 4. Ympäristömyönteisen muotoilun neljä tyyppiä. (Lähde: Charter Martin & Tischner Ursula, 2001)

Tuotteet aiheuttavat ympäristöhaittoja niitä valmistettaessa ja käytettäessä sekä päätyessään jätteeksi. Tuotteiden määrä on myös jatkuvasti kasvanut. Yrityksen kannalta tuotelähtöiseen ympäristönsuojeluun kuuluvia menetelmiä ovat mm. tuotteiden ympäristövaikutusten arviointi, ympäristövaikutusten pienentämiseen tai minimointiin tähtäävä tuotesuunnittelu sekä erilaiset laskentatoimen uudistukset (esim. piilevien ympäristökustannusten kohdentaminen). Informaatio-ohjauksessa hankitaan ja levitetään tuotteiden ympäristöominaisuuksia koskevaa tietoa niille ryhmille, joiden toimintaan halutaan vaikuttaa. Tähän kuuluvat mm. pakolliset tuote- ja varoitusmerkinnät, kuten Euroopan unionin kodinkoneiden energiamerkintädirektiivi ja vapaaehtoiset ympäristömerkinnät, kuten pohjoismainen ympäristömerkki. Ympäristömerkintöjen tarkoituksena on antaa informaatiota kuluttajille ja suurostajille, toimia mittapuuna tuotekehitykselle ja kontekstina ympäristönsuojelun prioriteeteista sopimiselle sekä siistiä ympäristömarkkinointia. Voidakseen valita ympäristön kannalta vähemmän haitallisia tuotteita kuluttaja tarvitsee luotettavaa tietoa tuotteiden ympäristövaikutuksista. Tässä ovat apuna ympäristömerkinnät, kuten pohjoismainen ympäristömerkki (ns. joutsenmerkki) ja EU:n ympäristömerkki (EU-kukka). Näiden myöntämiseen ja myöntämisperusteiden laatimiseen tarvitaan tuotteiden ympäristövaikutusten arviointia ja vertailua.

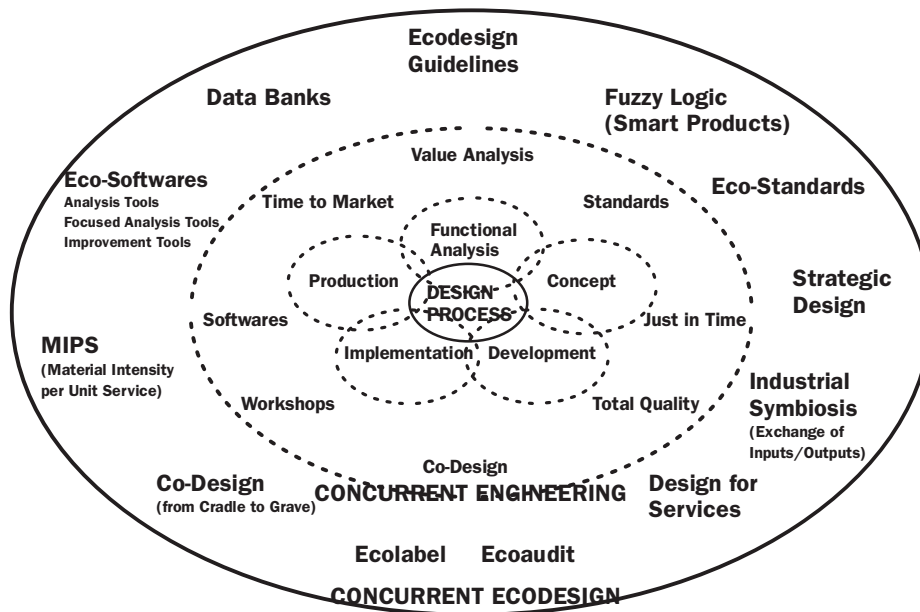
Esimerkki (Type 1): Tuote sisältää ympäristölle haitallisia ainesosia. Kyseinen komponentti poistetaan ja korvataan puhtaammasta materiaalista valmistetulla osalla,

tai vastaavasti kun jonkin raaka-aineen tuotanto kuormittaa voimakkaasti ympäristöä, tutkimuksen ja tuotekehityksen kautta haetaan käyttöön vähemmän kuormittava raaka-aine.

Tyyppin yksi ekologisella muotoilulla ei ole suurta merkitystä markkinoiden kannalta. Jotkut asiakasryhmät haluavat tällaisia ekomerkeillä varustettuja tuotteita, mutta markkinoilla ne kilpailevat yhdenvertaisina tuotteina muiden tuotteiden ja palveluiden kanssa. Usein muutokset tehdäänkin lainsäädännön paineesta tai käytetyn materiaalin heikon saatavuuden johdosta. Merkittävää markkinaetua tai taloudellista tuottoa ei voida odottaa tyyppin yksi ekomuotoilulla, sen sijaan sillä voidaan saada imagoarvoa tai laajentaa asiakaskuntaa. Pidemmälle mentäessä siirrytään tuotteen uudelleenmuotoiluun (Type 2).

Tehokkuus perustuu materiaalien ja energian tuottavuuden parantamiseen. Tuote halutaan tuottaa pienimmällä mahdollisella energian ja materiaalien käytöllä. Tavoitteena on saada aikaan suhteellinen, ehkä jopa absoluuttinen väheneminen resurssien kuluksessa ja ympäristön saastekuormituksessa. Keinoina ovat teknologia ja kierrätystalous. Materiaaleja on tarkoitus käyttää uudelleen niin kauan kuin mahdollista. Tuotteiden halutaan olevan kestäviä.

Ympäristömyönteinen muotoilu on kaikenkattava laajennus muotoiluprosessiin. Se ei ole yksittäinen osatekijä, vaan koko kehitysprosessin kattava ja siihen kiinteästi liittyvä laajennus. Ympäristömyönteisellä tuotesuunnittelulla DfE (*Design for the Environment*) tarkoitetaan teknistä näkökulmaa, jossa tuotteiden, prosessien ja laitteistojen suunnittelussa pyritään optimoimaan ympäristönäkökohdat. Ympäristömyönteinen suunnittelu on vähitellen vakiintunut konsepti erityisesti kulutushyödykkeiden kokoamisvaiheessa. DfE:lle läheisiä konsepteja ovat DfA (*Design for Assembly*) joka viittaa kesto- ja hajoamisvaiheiden kokoamiseen ja DfD (*Design for Disassembly*) viittaa vastaavasti näiden purkamiseen. Ajatuksena on, että jo tuotteiden suunnitteluvaiheeseen kytketään kokonaisvaltaisesti myös niiden purkamis- ja hajottamisvaiheet ja hyödynnetään tätä tietoa kokoamis- ja purkuvaiheissa. Monet tuotannonalat ovat integroineet DfE:n koko toimintaansa. Tällaisia aloja ovat mm. massa- ja autoteollisuus sekä kodin- ja konttorikoneiden tuotanto. Tyyppin kaksi ekosuunnittelussa voidaan hyödyntää uutta tietoa ja teknologiaa innovatiivisesti. Varsinaista vallankumousta suunnittelussa ei kuitenkaan tapahdu, vaan uudelleenmuotoilulla tuotteella tai palvelulla korvataan jokin aiempi sovellus. Taloudellisesti ja ekologisesti muutos on kuitenkin merkittävä ja saadulla kilpailuedulla voidaan saavuttaa koko markkinapotentiaali. Vasta ympäristömyönteisen tuotannon suunnittelulla päästään tyyppiin kolme.



Kuva 5. Ekomuotoilun suhde perinteiseen insinööritieteeseen. (Lähde: Charter Martin & Tischner Ursula, 2001)

Esimerkki (Type 2): Hehkulamppu on vuosisadan ajan vakiinnuttanut paikkansa valonlähteenä. Kun tarkastellaan yhden lampun elinikää ja energiankulutusta, lampun hyötysuhde (valoteho ja käyttöaika/energiankulutus) on heikko. NykYTEKNIKALLA voidaan valmistaa paljon paremman hyötysuhteen omaavia ja siten ympäristöystävällisempiä valolähteitä. Vaikka energiansäästölamppuun valmistamiseen tarvitaan enemmän materiaalia kuin hehkulamppuun valmistukseen ja ympäristön kannalta haitallisempia aineita, yhden energiansäästölamppuun käyttöaika on kuitenkin kymmenkertainen verrattuna perinteiseen hehkulamppuun. Samalla energiankulutus on vain ~ 20 % hehkulamppuun kuluttamasta energiasta. Sekä julkinen valta että kuluttajat eri puolilla maailmaa ovat nopeasti ottaneet tavoitteekseen korvata hehkulamput energiansäästölamppuilla. Jotkin valtiot ovat jopa kieltämässä hehkulamppujen myynnin alueellaan.

YMPÄRISTÖMYÖNTEINEN TUOTANTO

Ekologinen taloustiede tutkii ekosysteemien ja taloudellisen toiminnan suhdetta. Se on kansantaloustieteen koulukunta, joka on etsinyt taloustieteelle lähtökohtia luonnontieteiden alueelta, etenkin evoluutioteoriasta, ekologiasta ja termodynamiikasta. Näistä termodynamiikkaan pohjautuvat ajatukset ovat vaikuttaneet vahvasti MIPSin ja ekologisen selkärepuun taustalla olevaan materiaalivirta-ajatteluun. Materiaali-intensiviteetti (MI) on suhdeluku joka kertoo aineen valmistukseen käytetyn ympäristökuorman. MI-lukujen yleiset kertoimet on liitteessä 1.

MIPSin taustalla on oletus, että globaaleja materiaalivirtoja on vähennettävä 50 % seuraavien 30–50 vuoden aikana. Resurssien oikeudenmukaisen jaon takia länsimaille suositellaan kymmenkertaista materiaalivirtojen pienentämistä. Globaalien materiaalivirtojen vähentämistä samoin kuin yksittäisiin tuotteisiin liittyvien materiaalivirtojen vähentämistä kutsutaan *dematerialisaatioksi*. Koska termodynamiikan lakien mukaan aine on häviämätöntä, oletetaan käyttöön otetun ja käytöstä poistuvan aineen määrät samoiksi. Tällöin riittää mitata käyttöön otettua materiaalia, mikä on helpompaa kuin päästöjen mittaaminen. Lisäksi eri aineiden kaikkien ympäristövaikutusten selvittäminen ja erilaisten ympäristömuutosten arvottaminen yhteismitallisiksi katsotaan mahdolliseksi, minkä vuoksi halutaan välttää kaikkea painokerrointen käyttöä.

Tuotteiden ekologian tutkimusta hankaloittaa se, että siinä kohteena ovat laajat järjestelmät (systems) kuten kokonaiset teollisuudenalat tai jonkin tuotteen käyttö koko maailmassa; tällaisessa järjestelmässä lähes kaikki vaikuttaa kaikkeen. Siksi täytyykin koettaa kaikin keinoin rajata ongelmaa. Kaikki ne asiat, jotka tutkittavassa ongelmas-
sa ovat olennaisia, täytyy tietenkin ottaa mukaan, mutta vähemmän tärkeät vaikutus-
tekijät ja sivuvaikutukset kannattaa monesti jättää muissa tutkimushankkeissa selvi-
tettäväksi. Liitteessä 2 on esitetty ekologisen suunnittelun merkittävimmät työkalut ja
näiden soveltuvuus eri käyttötarkoituksiin.

Tuotteiden ekologiassa joudutaan tarkastelemaan usein suuriakin taloudellisia in-
vestointeja, ja niiden tulevat vaikutukset ympäristöön voivat olla vielä mittavampia.
Lisäksi on otettava huomioon, että toimenpiteiden hyödyt ja haitat kohdistuvat usein
aivan eri ihmisiin. Tutkijan on siksi pidettävä selkeästi erillään hyötyjen ja haittojen
jakauma niin ajallisesti kuin myös eri ihmisryhmien kesken. Voidaan erottaa kolme
periaatteessa erilaista tutkimuksen ja kehittämisen lähestymistapaa, joiden erona on,
miten pitkälle soveltamiseen hankkeessa voidaan edetä:

- 1) Toteavan tutkimuksen tarkoituksena on ainoastaan selvittää tutkitun asian nykyti-
lä ja mahdollisesti ennustaa sen tuleva kehitys taikka jo tehtyjen päätösten seura-
ukset. ympäristöhaittojen ehkäisyyn, mutta asia ei ole heidän päätettävissään.

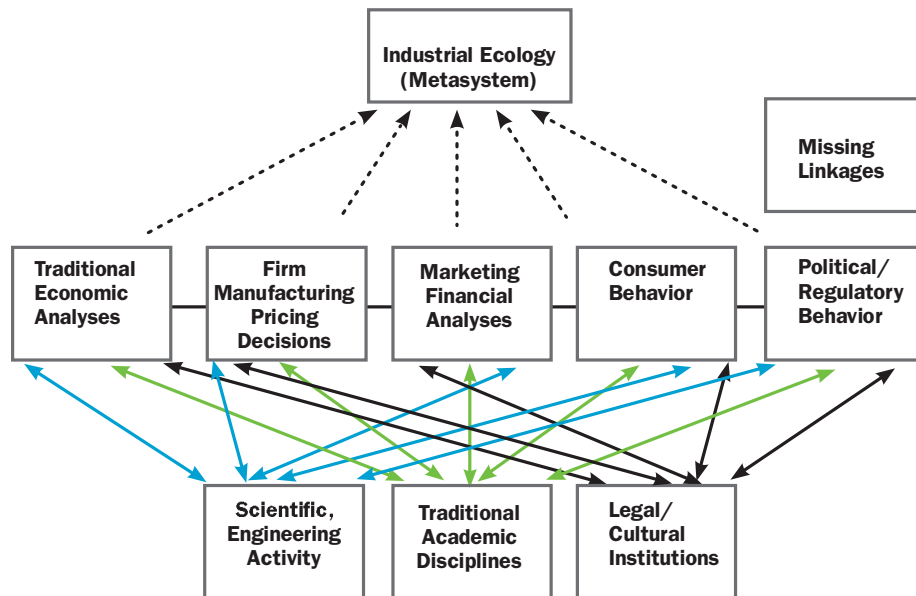
Ohjaava eli kehittävä lähestymistapa pyrkii nimenomaan muuttamaan jotakin ny-
kyisessä vallitsevassa kehityssuunnassa. Riippuen työn tilaajasta ja hänen tarkoi-
tuksistaan, ohjaavaa kehittämistä voidaan tehdä kahdella tavalla:

- 2) Suunnitteluteorian taikka tuotannon teorian kehittäminen. Siinä laaditaan yleis-
päteviä eli useita eri tuotteita koskevia ohjeita, säädöksiä, standardeja ja neuvoja,
joiden tarkoituksena on estää ympäristöhaittoja. Tätä lähestymistapaa käyttävät
etenkin jotakin toimintaa valvovat valtion virastot sekä myös standardointilaitok-
set ja joidenkin teollisuudenalojen sisälle muodostuneet vapaaehtoiset yhteistyö-
ryhmät.

3) *Tuotteen tai tuotantomenetelmän kehittäminen*, joka siis rajoittuu yhden tuotteen ympäristönmyötävyyden kohentamiseen. Hankkeen tilaajana on se yritys, joka tuotetta tekee, ja sen tuloksia sovelletaan vain tässä yrityksessä.

Tuotteiden ekologia tutkii tuotteiden valmistuksesta, käytöstä ja hylkäämisestä aiheutuvia materiaalien virtoja sekä kehittää keinoja näistä ympäristölle aiheutuvien haittojen kuten raaka-aineiden käytön, saastumisen ja jätteiden synnyn vähentämiseen.

Teollisuuden tai tuotannon ekologian (*industrial ecology, IE*) tarkoituksena on koota tietoa ja kehittää teollisuuden raaka-aineen käyttöä sekä vähentää jätteitä ja saastumista. Tutkimuksella selvitetään materiaalien kiertokulkua talouselämässä, teollisten järjestelmien vaikutuksia ympäristöön, keinoja ympäristölle edullisten järjestelmien ja tuotteiden analysoimiseksi ja luomiseksi sekä jätteiden syntymistä vähentäviä vaihtoehtoja. Nykyisin taukoamatta kasvava aineiden ja energian kulutus sekä saastuminen ovat jo monesti kasvaneet sellaisiksi ongelmiksi, ettei teollisuus voi niitä jättää huomiotta. Niinpä näitä ongelmia onkin alettu yhä enemmän tutkia, ja tutkimuksen tuottamaa tietoa ja toimintamalleja puolestaan voidaan nyt käyttää teollisuudessa estämään uusia ympäristötuhoja.



Kuva 6. Teollinen ekologia metasysteeminä. (Lähde: Rosenau Milton D. Jr, 1996)

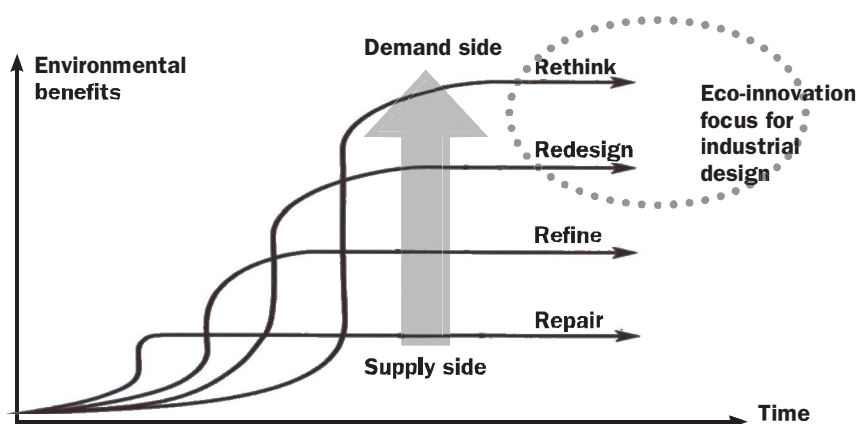
Teollinen ekologia tarjoaa yhdenlaisen näkökulman kestävän kehityksen toteuttamiselle käytännössä. Lähestymistapa nojaa hyvin pitkälle insinööritieteisiin ja perustuu uuden teknologian kehittämiseen ja tehokkaalle hyödyntämiselle. Perusajatuksena on

materiaalivirtojen hallinta ekologisesti, sosiaalisesti ja taloudellisesti kestäväällä tavalla. Teollinen ekologia pyrkii konkreettisesti vaikuttamaan ympäristön ja luonnonvarojen tilaan hyödyntämällä uutta teknologiaa. Teollinen ekologia -käsitteen alkuperä on lähtöisin Yhdysvalloista. Teollisen ekologian teorian perustana ovat kolme eri tiedesuuntausta, jotka kehittyivät 1950-luvulta alkaen: sotateollisuuden analyysimenetelmien hyödyntäminen johtamisessa ja politiikassa, systeemilähestymistavan kehittäminen ympäristöongelmien tutkimuksessa ja yhteiskunnallisten järjestelmien tutkimus ympäristön viitekehyksessä. Teollinen ekologia pyrkii näiden tutkimussuuntausten avulla yhdistämään ekologisen ja teknologisen ajattelutavan.

TEOLLINEN EKOLOGIA

Teollisen ekologian ytimestä löytyy teollisen metabolian käsite, jolla tarkoitetaan teollisuuden aineenvaihduntaa eli teollisen toiminnan materiaali- ja energiavirtojen kuvailusta eri tuotantovaiheissa. Tarkastelukohteena on raaka-aineiden, energian ja työn muuttuminen tuotteiksi ja jätteiksi. Teollisen metabolian käsitteellä voidaan kuvata materiaalien käytön tehokkuutta

Teollisessa ekologiassa on kyse laadullisesta muutoksesta teollisessa metaboliassa. Modernisoimalla teknologian ja tuotteiden perusrakenteet saataisiin aikaan tilanne, jossa laajan skaalan ja volyymin materiaalivirrat olisivat pysyvästi mahdollisia. Teollisuuden materiaalivirtojen ja energiankäytön tulisi olla ympäristön kanssa yhteensopivia. Ihmisen aiheuttamat ja geogeeniset materiaalivirrat vahvistaisivat toisiaan symbioottisesti ja synergistisesti tai eivät häiritsisi toisiaan. Materiaalivirrat olisivat siten joko suljetussa teknologisessa kierrossa tai niin sopusointuisia luonnon prosessien kanssa, että ne aiheuttaisivat vain suhteellisen vähän ongelmia suurinakin määrinä.

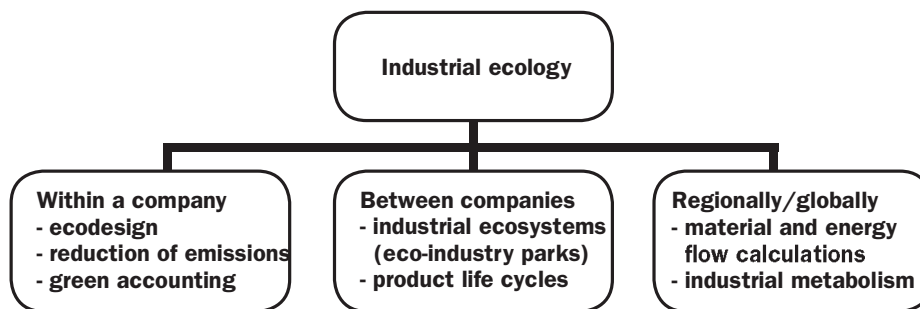


Kuva 7. Parhaat käytännöt ympäristömyönteisen muotoilun innovaatioon teollisessa muotoilussa. (Lähde: Charter Martin & Tischner Ursula, 2001)

Tällä ekologisen suunnittelun kolmannella tasolla on paljon mahdollisuuksia innovaatioiden löytymiseen. Tällöin tarkoitus on jo muuttaa kulutuskäyttäytymistä, tuotannollisia rakenteita ja teollista ekosysteemiä. Vielä korkeammalle vietyinä (Type 4) asiakkaan tarpeet tyydytetään palveluna ilman tuotetta tai suljetussa materiaalikierrossa.

Esimerkki (Tyypin 3): Yksi maailman tunnetuimmista hitsauskoneiden valmistajista, lahvelainen Kemppi Oy, on jo vuosikymmenten ajan kehittänyt teknistä osaamista. Laitteiden koko, materiaali- ja energiantarve on optimoitu samoin kuin tuotantoprosessi. Miten vielä voisi parantaa ympäristöystävällisyyttä? Tähän vastauksena on tietotekniikka ja immateriaalisaatio. Aiemmin hitsauskoneiden huollot, joissa mm. laitteen toiminnan optimointi säädettiin manuaalisesti piirikortilla olevilla säätimillä, tehtiin asiakkaan luona. Siirtyminen sähköisesti luettavaan muistikorttiin ja tietokoneohjelmajohdantoon säätöparametrien asettamiseen laitteeseen poisti lähes kokonaan tarpeen huoltomatkoihin joista aiheutui merkittävästi ympäristökuormaa (erityisesti lentomatkat). Laitteen toimivuus todetaan sähköisesti lokitiedostosta ja uudet säätöparametrit asetetaan tarvittaessa samoin sähköisesti yhdestä huoltokeskuksesta kaikkialle maailmaan. Lokitietojen avulla saadaan mittaustietoa tutkimus- ja kehitystyöhön entistäkin varmemman ohjelmiston kehittämiseen. Myöskin materiaalitarve tuotteessa väheni, kun säätölaitteita ja säätöpiirin komponentteja ei enää tarvittu.

Teollisen ekologian ensimmäinen taso on yrityksen sisällä tapahtuvaa ympäristöjohtamista. Se käsittää tuotteiden ja tuotantoprosessien ympäristösuunnittelu sekä päästöjen ja jätteiden minimoiminen. Yritysten välisellä tasolla teollinen ekologia perustuu yritysten kesken tapahtuvalle yhteistyölle. Teollisessa ekosysteemissä toimivat yritykset pyrkivät yhdessä optimoimaan materiaalien kulutusta vaihtamalla tuotantoprosesseissa syntyviä sivutuotteita ja kierrättämällä energiaa. Alueellisella tai globaalilla tasolla teollinen ekologia on erityisesti teollista metaboliaa eli teollisen järjestelmän aineenvaihdunnan kuvailemista.



Kaavio 2. Teollisen ekologian kolme tasoa Chertow'n mukaan. (Lähde: Palmula Sarianne, 2006)

Kestävän kehityksen kriittisiä komponentteja voidaan kuvailla IPAT-mallin avulla, jonka teollinen ekologia on omaksunut perusyhtälökseen

$$I = P \times A \times T$$

I ympäristövaikutus (impact)

P väestön määrä (population)

A hyvinvointi, BKT (affluence), BKT/capita

T teknologia (technology), ympäristövaikutus/BKT/capita

Päämääräksi ekologisesti terveessä teollisessa tuotannossa on asetettava lähes kaikkien käytettyjen aineiden uudelleenkäyttö, jolloin jätteen määrä siis samalla minimoituu. Kun useimmat tuotteet koostuvat monista eri materiaaleista, uudelleenkäytön avainkysymykseksi muodostuu jätteen aineiden erottelu. Tulevaisuudessa jätteiden lajitte-
lua voidaan edelleen helpottaa, jos asia otetaan huomioon jo tuotteiden suunnittelussa siten, että eri aineesta tehdyt osat voidaan helposti irrottaa ja erotella toisistaan.

Valtavia määriä metalleja ja muita raaka-aineita menee jatkuvasti hukkaan siksi, että niitä jää pienehköinä pitoisuuksina jätteiden joukkoon. Metalleja jää esimerkiksi metallipintojen viimeistelyssä käytettyihin huuhteluvesiin sekä voimalaitosten ja sulattamojen savukaasun suodattimiin. Selvää onkin, että tehostettu aineiden kierrätys voisi usein tuottaa etua paitsi ympäristölle myös tehtaan taloudelle. Käytännössä oikea materiaalivalinta yhdistettynä kierrätykseen voi jopa synnyttää uuden tuotantoalan.

Tästä esimerkkinä on PET-muovin valinta nestepakkausten raaka-aineeksi (kts. video osoitteessa: <http://www.petcore.org/content/Default.asp?PageID=28>).

Teollisuuden ja myös maatalouden ympäristöhaittoja voidaan merkittävästi vähentää käyttämällä uutta ja entistä kehittyneempää tekniikkaa. Tämä tarkoittaa materiaali- ja ainevirtojen aikaisempaa tehokkaampaa hallintaa, energian tehokkaampaa käyttöä ja pienempiä päästöjä. Parhaalla käytettävissä olevalla tekniikalla, BAT (*Best Available Techniques*) tarkoitetaan tietyn toiminnon ja siinä käytettävien tapojen tehokkainta ja edistyneintä astetta, jolla voidaan osoittaa olevan sellaiset tekniset ja käytännölliset ominaisuudet, jotka soveltuvat periaatteessa käytännön pohjaksi raja-arvoille, joiden tarkoituksena on estää tai milloin se ei ole mahdollista, vähentää yleisesti päästöjä ja vaikutuksia ympäristöön.

Monet toiminnot ja teollisuusprosessit ovat ympäristöluvanvaraisia. Päästöjen ehkäisemistä ja rajoittamista koskevat lupamääräykset perustuvat parhaaseen käyttökelpoiseen tekniikkaan. EU:n jäsenmaiden viranomaisten ja teollisuuden yhteistyönä laaditaan BAT-vertailuasiakirjoja eli BREFejä (*BAT Reference Document*). Niissä kuvataan alakohtaisesti BAT-tekniikoiksi sovitut tekniikat ja päästötasot BAT-tekniikkaa käytettäessä. Tällaisia aloja ovat mm. sellu- ja paperiteollisuus, kemian teollisuus,

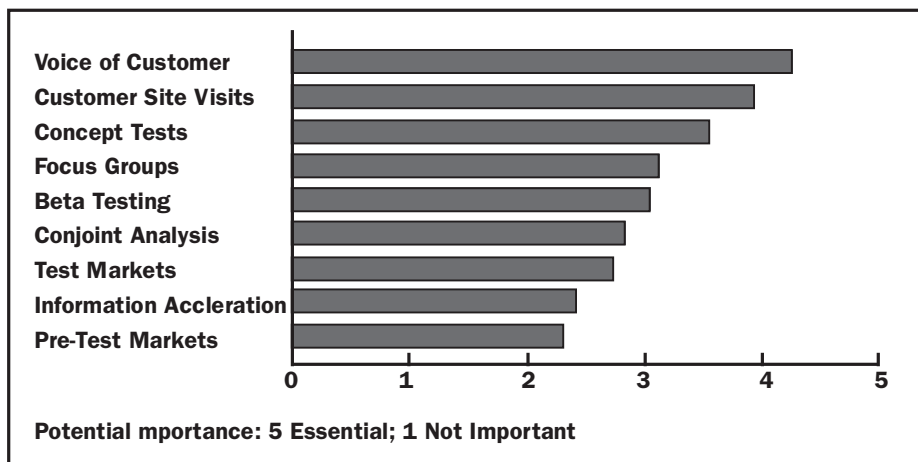
metallien tuotanto ja jalostus, energia-alan teollisuus, mineraaliteollisuus ja jätehuolto. BAT-vertailuasiakirjat ovat tärkeitä niin lupaa hakevalle toiminnanharjoittajalle kuin myös lupaa myöntävälle viranomaiselle. Vertailuasiakirjat ovat vapaasti saatavissa Euroopan IPPC-toimiston (EIPPCB) kotisivuilta (<http://ec.europa.eu/environment/ipcc/>).

TARVELÄHTÖINEN SUUNNITTELU JA RISKINHALLINTA

Parikymmentä vuotta sitten tuotteiden ja tuotannon ekologiset selvitykset usein katsottiin vain erillisiksi hankkeiksi, joilla piti hoitaa jonkin vähenevän raaka-aineen korvaaminen toisella tai jonkin paikallisen jätevuoren käsittely. Tänäpäin nämä erilliset ongelmat ovat lisääntyneet ja laajentuneet niin, että tuotteiden ympäristömyönteisyys (*sustainable ecology*) kuuluu nyt kaiken tuotesuunnittelun ja tuotannon pysyviin pää-tavoitteisiin.

Vahvan kestäväen kehityksen mukaan yhteiskuntien tilaa ja kehityksen onnistumista arvioidaan niiden aiheuttaman ekologisen kriisin vakavuudella. Ympäristönsuojelu on taloudellisen kehityksen ennakkoehto. Väestön ja talouden kasvussa tulee huomioida ympäristön asettamat rajoitukset eli ihmisten on sitouduttava elämään biosfäärin tuotokyvyn mukaan. Ekotehokkuuden idean mukaan valtion interventiolla markkinoiden toimintaan ei pyritä talouskasvun rajoittamiseen, vaan tuotantoprosessien tehostamiseen ekologisesti rationaalisiksi. Vaikka vahvan kestäväen kehityksen kannattajat eivät pitäisikään kasvua täysin mahdottomana päämääränä, he asettavat uudet taloudelliset prioriteetit, joiden tavoitteena on turvata ympäristöarvot ja lisätä ihmisten hyvinvointia. Kierrätys, tuotannon suljetut kehät ja uusiutuvien luonnonvarojen pidättyväinen käyttö korostuvat eksponentiaalisen talouden kasvun sijasta.

Vahvaa kestävää kehitystä pitemmälle ekosentrisessä ajattelussa menee *erittäin vahvan kestäväen kehityksen* malli, jonka mukaan kestävä kehitys edellyttää muutoksia yhteiskuntien taloudellisissa ja poliittisissa järjestelmissä sekä tuotannon rakenteissa. Myös kansalaisten kulutustottumusten tulee muuttua. Uusien hyödykkeiden tuotannon tulee perustua ihmisten todellisten tarpeiden, eikä mainonnalla keinotekoisesti luotujen tarpeiden tyydyttämiseen. Nykyinen tietotekniikka on osoittautunut toimivimmaksi kanavaksi asiakastarpeen kartoituksessa.

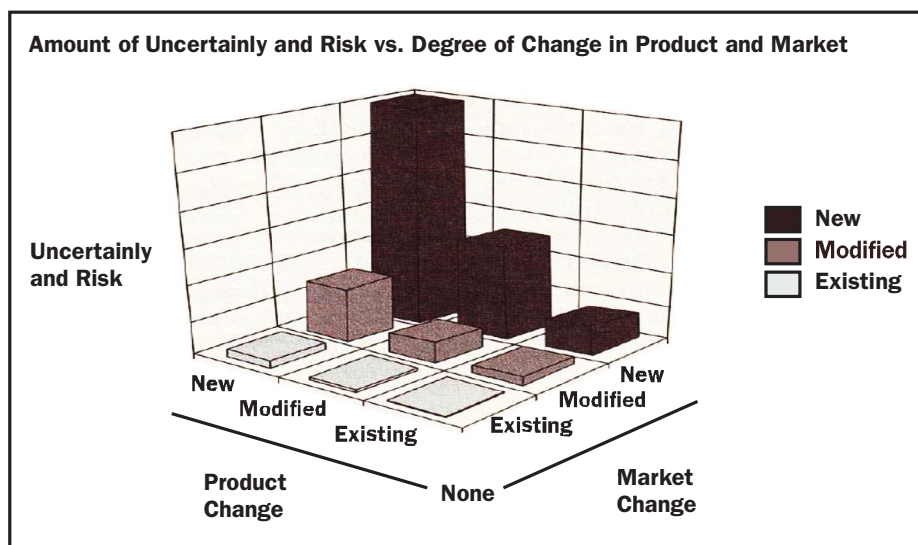


Kaavio 3. Markkinatutkimustekniikoiden potentiaalinen merkitys. (Lähde: Bacon Frank, 1988)

Uusien tuotteiden ja palvelujen käyttöönotto sisältää aina sekä ekologisen että taloudellisen riskin. Yleisesti riskillä tarkoitetaan haitan mahdollisuutta. Se koostuu kahdesta komponentista: haitasta (sen suuruus ja vahingollisuus) ja haitan toteutumisen todennäköisyydestä. Matemaattisesti riski kuvataan haitan aiheuttavan tapahtuman todennäköisyyden ja haitan suuruuden tulona. Vaikutukset voidaan karkeasti jakaa seuraavasti:

- 1) vaikutukset ihmisten hyvinvointiin
- 2) taloudelliset vaikutukset
- 3) vaikutukset ympäristöön.

Näennäisestä yksikertaisuudestaan huolimatta riski käsitteenä on monimutkainen. Tärkeintä on ymmärtää, että vaikka matemaattisesti riski on määritelty selkeästi kahden suureen tulona, yhteiskunnallisessa mielessä riskien priorisoinnissa on huomioitava molempiin suureisiin, sekä haitan suuruuteen että todennäköisyyteen, liittyvä subjektiivisuus ja monimuotoisuus. Edellä mainitusta johtuen riskiä ei voi täydellisesti hallita vaikka se voitaisiinkin tunnistaa. Tämä on monesti johtanut ekologisen suunnittelun painottumiseen vain tuotteeseen, koska muutettaessa sekä tuotetta ja tuotantotapaa tai markkinoita riski kasvaa merkittävästi. Voidakseen hallita riskejä onkin ekodesign-suunnitelma rakennettava ylhäältä (systeemi) alaspäin (tuote/palvelu). Eli vaikka suunnittelun kohde on tuote tai palvelu, jo suunnitteluvaiheessa sen integroituus järjestelmään on selvitetty ja kuvattu.



Kaavio 4. Riskin kasvu eri muutosluokissa. (Lähde: Bacon Frank, 1988)

Talouden näkökulmasta kestävä kehitys voidaan ”termittää” toisin. Sillä voidaan tarkoittaa sitä, että seuraaville sukupolville siirtyy vähintään yhtä paljon erilaisia pääomia kuin nykyinen sukupolvi on saanut käyttöönsä. Yritys toimii vastuullisesti silloin, kun se toimii tämän periaatteen mukaisesti. Talouskasvu ja kehitys vaikuttavat ekosysteemeihin, eikä niitä kaikkia voida säilyttää koskemattomina. Uudistuvia luonnonvaroja on käytettävä uudistumisen ja luonnollisen kasvun antamissa puitteissa. Mineraaleja ja fossiilisia polttoaineita olisi kierrätettävä ja käytettävä säästeliäästi niin, etteivät ne lopu ennen korvaavien vaihtoehtojen löytämistä. Kestävän kehityksen periaatteisiin kuuluu, että uusiutumattomien luonnonvarojen kulutus sulkee pois mahdollisimman vähän valintavaihtoehtoja tulevaisuudessa.

TEOLLINEN METABOLIA EKOTEOLLISUUSPUISTOSSA

Teollista ekologiaa kuvaa seuraavat kolme systeemiä, jotka ottavat analogiansa biologisesta järjestelmästä. Tyypin 1 systeemi on yksinkertainen lineaarinen järjestelmä, jossa raaka-aineet hyödynnetään vain yhden kerran, ja tämän jälkeen ne hävitetään jätteenä. Tyypin 2 systeemi on monimutkaisempi järjestelmä, joka syntyy silloin, kun niukkuus tekee ensimmäisen tyypin järjestelmästä riittämättömän. Materiaalien hyödyntäminen on tehokkaampaa, ja systeemistä ulos tulevan jätteen määrä on rajallinen. Tyypin 3 systeemi edustaa kaikkein edistyksellisintä muotoa, jossa on saatu aikaan täydellinen materiaalien kierto. Systeemin ulkopuolelta virtaa vain energiaa, ja systeemistä ei poistu jätettä lainkaan. Tällä toiminnan tasolla saavutetaan ekologisen

suunnittelun neljäs taso. Käytännössä se ei ole usein taloudellisesti tai teknisesti mahdollista toteuttaa. Teoriassa tulisi kuitenkin pyrkiä sulkemaan materiaalivirtoja mahdollisimman tehokkaasti, koska näin voidaan vähentää ympäristölle aiheutuvaa kuormitusta.

Ekoteollisuuspuistoissa tarkastellaan materiaalien ja energian vaihtoa ja virtoja tietyn paikallisen tai alueellisen talouden eri toimijoiden välillä. Tässä ekologisen tuotannon suunnittelun (Type 4) integraatiovaiheessa huomiota kiinnitetään erityisesti alueen materiaalikiertojen sulkemiseen ja energian mahdollisimman tehokkaaseen käyttöön. Ekoteollisuuspuisto -sanalle synonyymejä ovat esimerkiksi: 'teollinen ekosysteemi', 'teollinen symbioosi', 'ekoteollinen alue' (estate), 'ekoteollinen verkosto', 'ekoteollinen kehitys' ym. Eri käsitteet kuvaavat hieman eri tavoin näiden puistojen eri tavoitteita, ominaispiirteitä ja alueen rajausta. Esimerkiksi 'teollinen ekosysteemi' painottaa analogiaa luonnon systeemeihin, 'teollinen symbioosi' korostaa yritysten välistä yhteistoimintaa ja synergioita. Ekoteollisuuspuistoja kuvaa parhaiten niiden yhteisöllinen luonne: tiivis yhteistyö ja vuorovaikutus, luonnonvarojen käytön tehokkuus sekä ekoteollisuuspuiston systeeminäkökulma.

Voidaan erottaa viisi erilaista ekoteollisuuspuiston muotoa maantieteellisen laajuuden ja materiaalivirtojen perusteella:

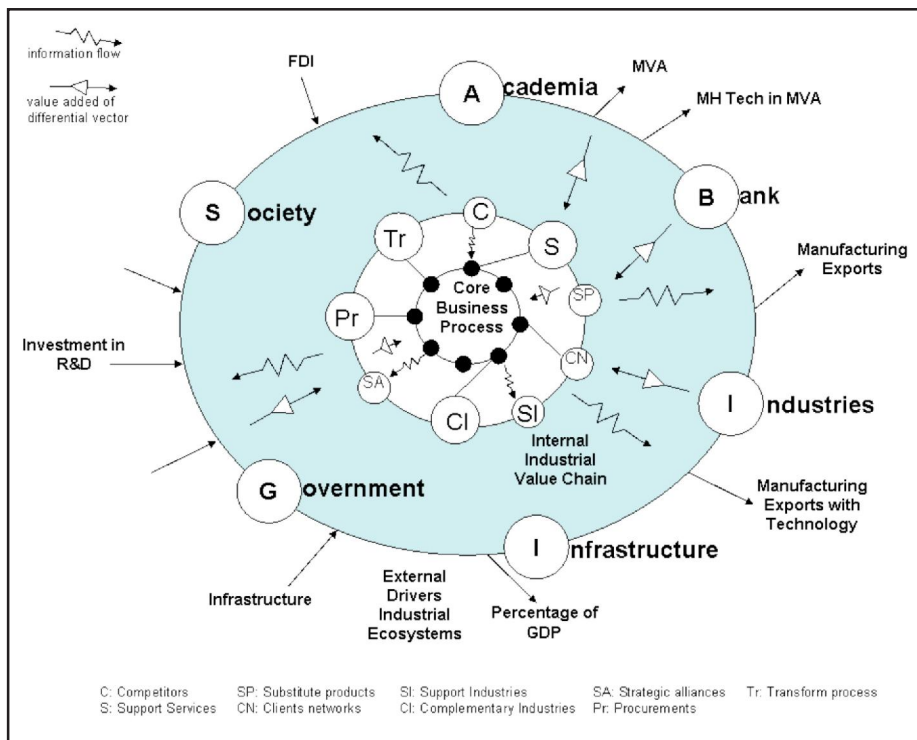
- 1) Jätteiden vaihto yritysten kesken
- 2) Yrityksen sisäinen materiaalien ja/tai tuotteiden kierrätys
- 3) Energian, veden, materiaalien ja jätteiden kierrätys toisiaan hyvin lähellä sijaitsevien yritysten kesken (ekoteollisuuspuisto)
- 4) Energian, veden, materiaalien ja jätteiden kierrätys lähekkäin toisiaan sijaitsevien yritysten kesken
- 5) Energian, veden ja materiaalien kierrätys useiden, laajalla etäisyydellä toisistaan sijaitsevien yritysten kesken.

Ensimmäisen ja toisen kategorian ekoteollisuuspuistot kuvastavat yksinkertaisimpia muotoja. Kolmannen ja neljännen kategorian ekoteollisuuspuistot ovat jo kehittyneempiä muodostelmia. Ne eroavat toisistaan lähinnä vain siinä, kuinka lähellä toisiinsa yhteistyössä mukana olevat yritykset sijaitsevat. Viidennen kategorian ekoteollisuuspuisto on kaikkein haasteellisin toteuttaa, sillä siinä pyritään saavuttamaan hyvin laajalla maantieteellisellä alueella sijaitsevien yritysten välistä energian, veden ja materiaalien vaihtoa. Käytännössä viidennen kategorian ekoteollisuuspuistoja ei vielä ole kyetty toteuttamaan.

Oikeaksi ekoteollisuuspuistoksi voi kutsua aluetta, jossa materiaalien ja energian vaihtoa tapahtuu toistensa välittömässä läheisyydessä sijaitsevien eri yritysten kesken tietyllä teollisella alueella. Tällä hetkellä eri puolella maailmaa on jo kymmeniä

ekoteollisuuspuistoja. Näiden materiaali- ja energiavaihdon virtoja kuvataan liitteen 3 kuvaajissa. Alueen ympäristökuormitusta pyritään vähentämään kokonaisuudessaan, ei pelkästään yksittäisten yritysten tasolla. Ekoteollisuuspuistoissa periteisesti toisistaan erillä toimivat teolliset toiminnot liitetään yhteen yhteisten kilpailuetujen kautta. Yritysten läheisen sijainnin vuoksi jopa odottamattomia synergioita voi löytyä erilaisten teollisuuden alojen väliltä tai kokonaan teollisen tuotannon ulkopuolelta. Mukana olevat yritykset pyrkivät parantamaan ympäristö-, taloudellista- ja sosiaalista suorituskykyä hallinnoimalla ympäristö- ja luonnonvara- asioitaan yhteistyössä. Yhteistyön avulla liiketoiminnallinen yhteisö pyrkii saavuttamaan yhteistä hyötyä, joka on suurempi kuin erikseen omaa suoritustaan parantavien yritysten hyötyjen summa. Ekoteollisuuspuiston täytyy tietysti tarjota mukana oleville yrityksille selkeitä hyötyjä. Ekoteollisuuspuisto soveltuu parhaiten ympäristöasioissa jo valveutuneille yrityksille täydentämään aiempaa ympäristötyötä. Lisäksi valmiit institutionaaliset rakenteet ja toimintatavat helpottavat toimivan ekoteollisuuspuiston perustamisessa. Ekoteollisuuspuistossa kiinnitetään huomiota myös läheisiin yhteisöihin, jotta kokonaisvaikutus kehityksestä olisi positiivinen.

LOPUKSI



Kuva 8. Teollisen ekosysteemin osatelijät. (Lähde: Braden R. Allenby & Deanna J. Richards, 1994)

Teollisen ekosysteemin laajuus (kuva 8) on haastavin tekijä ekologisessa suunnittelussa. Ekologinen suunnittelu onkin nähtävä ennen kaikkea (ympäristö)johtamisena. Sen edellytyksenä on yrityksen/yhteisön strateginen päätös sitoutua kehittämään ekologisia tuotteita ja menetelmiä. Kehitystyön toinen edellytys on laaja verkottuminen kentän muiden toimijoiden kanssa niiden toimialakohtaisten ja alueellisten mahdollisuuksien kartoittamiseksi ja hyödyntämiseksi joihin suunnittelu voi perustua.

Ekologinen suunnittelu lähtee asiakastarpeen kartoituksesta. Seuraavaksi selvitettävä asia on suunnitellun toiminta-/markkina-alueen (tai toimialan) ekosysteemin mahdollisuudet ja rajat. Näiden lähtötietojen perustella visioidaan tuote tai palvelu, joka sekä tyydyttää asiakkaan tarpeen että on integroitavissa alueen infraruktuuriin ja teolliseen ekosysteemiin. Näin visioitu tuoteidea suunnitellaan taso kerrallaan: tuote – tuotanto – innovaatio, yhteensopivaksi alueen järjestelmän mukaan.

Tutkimus- ja kehitystyön lisäksi tarvitaan laajaa tiedonvaihtoa. Vaikka oma tutkimustyö olisi korkealuokkaista, ilman vertailuarvoja ja alan yleisen kehitystrendin tuntemusta kriittisen arvion tekeminen päätöksenteon perusteeksi on mahdotonta. Menestyksenkäs tuotekehitys voi lähteä vain tunnistamalla tarkasti asiakastarve sekä analysoimalla paras tapa tarpeen tyydyttämiseen (kts. kuva 2 s.2). Suunnitteluprosessia (esim. LCA) pyöritetään niin kauan, kuin tarpeellinen tieto on saatu kerätyksi ja analysoiduksi ja tuote tai palvelu on yhteensopiva alueellisen systeemin kanssa (integroitava).

Nanoteknologia on vielä varsin tuntematon niin ympäristöasioiden kuin suunnittelijoidenkin näkökulmasta. Nanoputkien ja fulleriinien koostumus voi sisältää tuntemattomia riskejä. Pieni koko yhdistettynä suureen moolimassaan ja sähkökemialliseen neutraalisuuteen on vaarallinen yhdistelmä. Aiemmissa tutkimuksissa näiden aineiden on epäilty aiheuttavan syöpää tai geenimuunnoksia. Epäilykset on ensisijaisesti osoitettu vesieliöiden (biostooppi) muutoksilla. Ravintoketjun alkupäässä tapahtuvat muutokset kuitenkin kertautuvat ketjun ylemmissä tasoissa. Mm. tämän vuoksi onkin tutkittava aineiden mahdollisia terveysriskejä ihmiselle ja mahdollista muutosta biostooppiin. Samanaikaisesti pitää tietenkin etsiä myös niitä vahvuustekijöitä (kestävyys, mahdolliset terveysvaikutukset, jne.) joiden avulla uuden ekotehokkaamman tuotteen/tuotantoalan saa taloudellisesti menestyksekkääksi ja integroitua olemassa olevaan tai suunniteltuun systeemiin.

Nanoteknologiaan liittyviä turvallisuusriskejä on kansainvälisesti vasta alettu tunnistaa, mutta Suomessa nanohiukkasten turvallisuusriskien minimointiin on jo osattu varautua. Nanotutkijat kaipaavat silti yhteisiä ohjeistuksia ja entistä parempia työkaluja turvallisuusriskien ennakointiin ja haittavaikutusten estämiseen. Peräti yhdeksässä suomalaisessa yliopistossa on tutkimusryhmiä, jotka katsovat tekevänsä nanoturvallisuusaiheista tutkimusta. Suurin osa nanoturvallisuuden tutkimuksesta keskittyy nano-

teknologian parissa työskenteleville työntekijöille aiheutuviin riskeihin. Nanohiukkasten turvallisuusriskien arviointiin tarvitaan kuitenkin lisää työkaluja ja yhdenmukaisia arviointimenetelmiä. Kansainvälisen yhteistyön tiivistäminen on tässä keskeisessä roolissa. Turvallisuuden varmistaminen on kaiken tutkimustyön perusta. Nanomittakaavaan siirryttäessä materiaalien ominaisuudet muuttuvat, mutta samalla myös muissa aineominaisuuksissa voi tapahtua muutoksia. Siksi ennen kaikkea ihmisen elimistöön päätyvien nanotuotteiden, kuten suihkutettavien aineiden tai elintarvikkeiden ominaisuuksien tutkimus on turvallisuuden kannalta keskeisessä osassa.

Terveyden ja turvallisuuden lisäksi kannattaa erityisesti huomioida eri aineiden eroteltavuus. Massiivisten komposiittimateriaalien sijaan ensisijaiseksi toteutuskelpoiseksi tuotteeksi on hyvä etsiä sovellusta jossa fulleriinien kemiallinen, terminen tai mekaaninen erottaminen muista aineista on mahdollista. Suunnittelemalla tuote yhteensopivaksi markkina-alueen teollisen ekosysteemin kanssa voidaan saada aikaiseksi merkittävää taloudellista ja kilpailuetua. Samalla integroituminen alueen systeemiin vahvistaa alueen kehitystä ja generoi uutta yritystoimintaa ja innovaatioita.

LÄHTEET

Bacon Frank R., Achieving planned innovation, New York 1988

Braden R. Allenby & Deanna J. Richards, The Greening of Industrial Ecosystems, Washington 1994

Charter Martin & Tischner Ursula, Sustainable Solutions, Sheffield 2001

Kautto, Heiskanen ja Melanen, Pyrkimys ympäristömyötäisiin tuotteisiin, Helsinki 2002

Kava Suvi, Suomalaisten pörssiyritysten ympäristöasenteita, Helsinki 2007

Koskinen Heli, MIPS ja ekologinen selkäreppu, Helsinki 2001

Kukkonen Timo, Ympäristötuotteiden markkinat ja ympäristömyönteisen elinkeino-toiminnan kehittäminen Suomessa, Helsinki 1995

Levanto, Sivenius ja Vihma, Ympäristömyönteisyys tuotesuunnittelussa, Helsinki 2002

Loikkanen ja Hongisto, Kestävän kehityksen ja innovaatiotoiminnan integraatio, Espoo 2000

Palmula Sarianne, Teolliset ekosysteemit, ympäristö ja talous, Helsinki 2006

Ponnikas Jouni, Globaali-käsite paikallisessa kontekstissa, Kajaani 2003

Rosenau Milton D. Jr, The PDMA handbook of new product development, New York 1996

Saikka Laura, Ekoteollisuuspuistot, ETELÄ-SAVON MAAKUNTALIITON JULKAISU 2006

SITRA, Riskien hallinta Suomessa, Sitran raportteja 23, Helsinki 2004

Tanninen, Manstein, Bistagnino & Heilemann, Ecodesing in the EU, Kuopio 2000

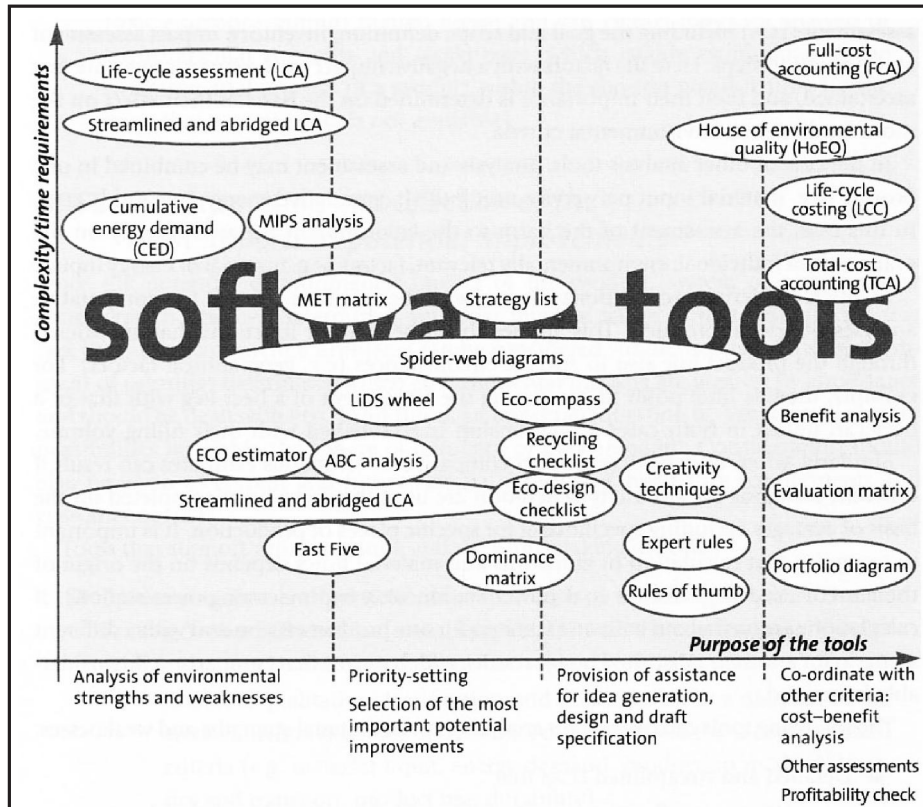
Liite 1

LIST OF MATERIALS: MI-FACTORS OF BASIC MATERIALS

Metals (kg/kg)		Granit, -alabs (polished)	1,9	Methanol	0,88
Aluminium, primary	8,5	Hardboar	2,9	Sodium hydroxide, 50%	6,1
Aluminium, secondar	3,5	Chalky sandstone	1,3	Naphtha*	2,9
Lead	16	Coalfibre	61	Pentan	2
Raw iron	5,6	Perlit-foam	2	Phenol	3,2
Iron with zine	9	PUR-hardfoam	7,3	Polyester resin	5,4
Ferronickel (33% Ni)	47	Foamglass	6,7	Polyethylene, PE	5,4
Chromium (53% Cr)	16	Plywood board	2	Propylene	3,9
Gold (540,000)	5,4E+5	Stone wool	4	PVC	8
Copper, primar	500	Stoneware,	2,9	Nitrogen, liquid*	2,3
Copper, secondary	10	XPS-foam	11,3	Sulphuric acid, 100%	0,5
Brass	350	Cement, iron & steel	2,2	Nitric Acid, 100%	1,05
Molybdenum	100	Cement. portland-	3,2	Hydrochloric acid, 37%	3
Nicke	141	Brick, roof-	2,1	Starch	1,1
Platium (320,000)	3,2E+5	Brick, porous	2	Water glass, 35%	1,2
Silver	7500	Brick, full-	2,1		
Steel, Oxygen-	7			Electricity/Heat*	
Steel, Electro-	3,4	Wood (kg/kg)**		Mini-BHKW	0,16
Steel, V2A	21	Spruce: round woo	1,9		
Steel, V4A	24	Spruce: boards, beams	2,2	Energy Source (kg/kg)	
Titanium	1000	Spruce: floor, shuttering	2,8	Petrol	2,9
Zink	23	Spruce: windows, doors,	3,5	Brown coal, D	10
				Vapour	0,4
Mineral Materials (kg/kg)		Others (kg/kg)		Natural gas	1,3
Aluminium Oxide (Al ₂ O ₃)	7,4	Aramid fibre	37	Raw Oil	2,3
Borax	5,8	Cotton	22	Light oil heating	2,5
Boron acid	7,6	Container glass	3	Heavy oil heating	2,6
CaO (burned limestone)	3,2	Container glass	0,9	Refinery gas*	2,6
Colemanit	8,4	Colour, red lead	8	Hard coal, D	2,6
Diabas, broke	1,4	Colour, wall-	2,2	Hard coal, import	5,8
Diamonds (5.300.000)	5,3E+6	Glass fibre (E-glass)	6,2	Hard coal coke	4,2
Fluorspar	2,9	Rubber	5		
Gypsum	1,8	Indiarubber	4	Electricity (kg/kWh)	
Graphite (synthetic)	20	Cellulose*	12	Europemix (UCPTE)*	2,0
Potassium salt	5,7	Linoleum	2	Germany, public net*	4,7
Limestone	2,5	Acrylic paint	2,7	Austria, public net*	0,8
Kaolin	3,1	Latex	6	OECD-countries	1,55
Gravel	1,2	Leather	2	Brown coal (600 MW)*	0,89
Loam	1,5	Paper	15	Hard coal (745MW)*	11
Magnesium (miner.)	10	Card	3	Natural gas (620 MW)*	0,23
Quartz sand (Glass sand)	1,4	Polyester fibre	3,6	Heavy oil (400 MW)*	0,65
Sand	1,2	Porcelain	10	Wind power (33 kW)*	0,07
Soda	4,5	Viscose	7,5	Wind power (300 kW)*	0,06
Salt (NaCl)	1,2			Photovoltaic, multi	1,8
		Chemical Material		Hydroelectricity	0,21
Building Materials (kg/kg)		Acetone	3,2		
Insulation recycled paper	1,7	Ammoniac (NH3)	3,6	Transports (kg/tkm)	
Concrete, B25	1,3	Chlorine (Cl2)	6,1	Rail transport	0,9
Concrete, pore-	2,3	Epoxy resin	13,7	Goods traffic	1
Bitumen	2,6	Ethylbenzol	4,5	Ocean shipping	0,006
EPS-foam	11	Ethylen	3,9	Inland water ways	0,35
Fibre-board, medium-	2	Formaldehyde	1,11		
Glass-wool	4,7	Carbamide	3,5	Disposal (kg/kg refuse)*	
Flat glass	3			Domestic refuse dump	1,1

Source: Wuppertal Institute (and: *C. Manstein: **estimation Irgang/Manstein)

Lite 2(1)



ABC classification system (A = serious problems, action required; B = no direct action required but should be monitored; C = not a problem)

LiDS Life-cycle Design Strategy

MET Material, Energy, Toxic emissions

MIPS material input per service unit

Carry out environmental analysis of reference product or problem
 Find ideas and select solutions
 Work out selected solutions
 Carry out final assessment of solutions
 Observe production and market

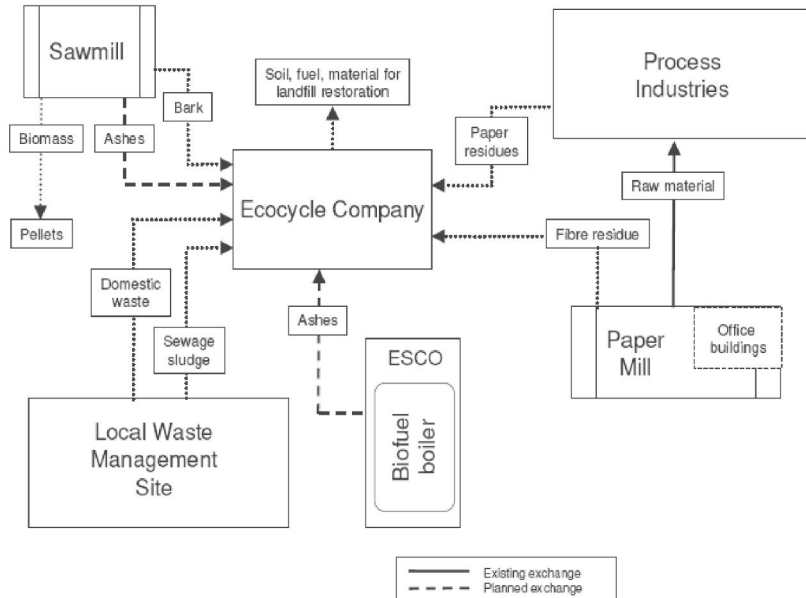
Product development

	Tool	Phase 2	Phase 3	Phase 4	Phase 5	Phase 7
Tools for environmental analysis and instruction	LCA	x			x	
	MIPS method	x			x	
	CED method	x			x	
	MET matrix		x		x	
	Spider-web and polar diagrams	x	x		x	x
	Sony Polardiagram	x			x	
	Eco-compass	x	x		x	
	LIDS wheel	x	x	x	x	
	Spider diagram, econcept	x	x	x	x	x
	Checklists	x		x	x	x
	ABC analysis	x			x	
	Eco estimator	x			x	
	Ecodesign checklist, econcept	x		x	x	x
	Philips' s Fast-Five	x	x		x	
	WEEE Directive checklist	x			x	
	Strategy list		x	x		
	Expert rules and rules of thumb		x	x		
Brainstorming		x				
Creativity techniques	Brainwriting 635		x			
	Heuristic principle		x			
	Bionics		x			
	Morphological box		x			
	Progressive abstraction		x			
Setting priorities, decision-making	Checklist for selecting new solutions		x		x	
	Ecodesign matrix		x		x	
	Ecodesign portfolio		x		x	
	Quality profile	x	x		x	
	Dominance matrix	x	x		x	
	House of environmental quality	x		x	x	x
Cost accounting	Total-cost accounting	x			x	
	Life-cycle costing	x			x	
	Full-cost accounting	x			x	
	Environmental cost accounting	x			x	
	Matrix for cost estimation	x			x	x
	Benefit analysis	x			x	

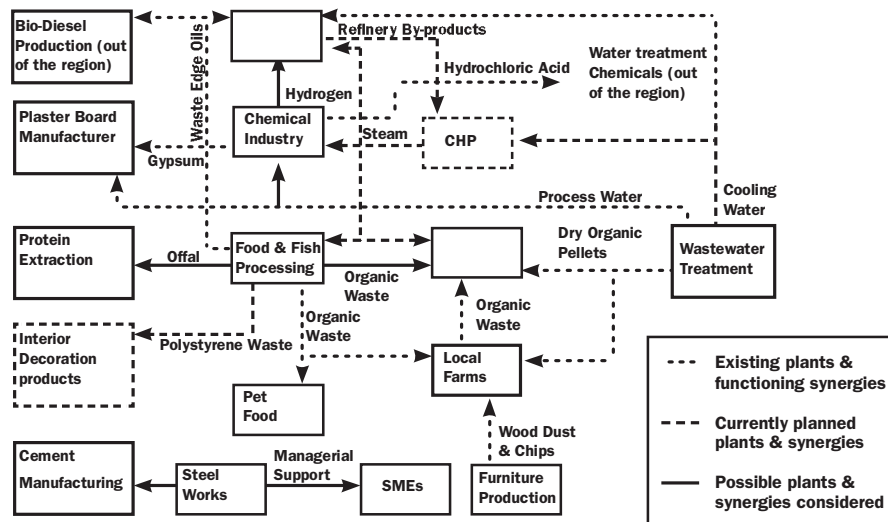
LCA = life-cycle assessment; MIPS = material input per service unit; CED = cumulative energy demand;
 MET = Material, Energy, Toxic emissions; LIDS = Life-cycle Design Strategy;
 WEEE = Waste from Electrical and Electronic Equipment

Overview of ecodesign tools

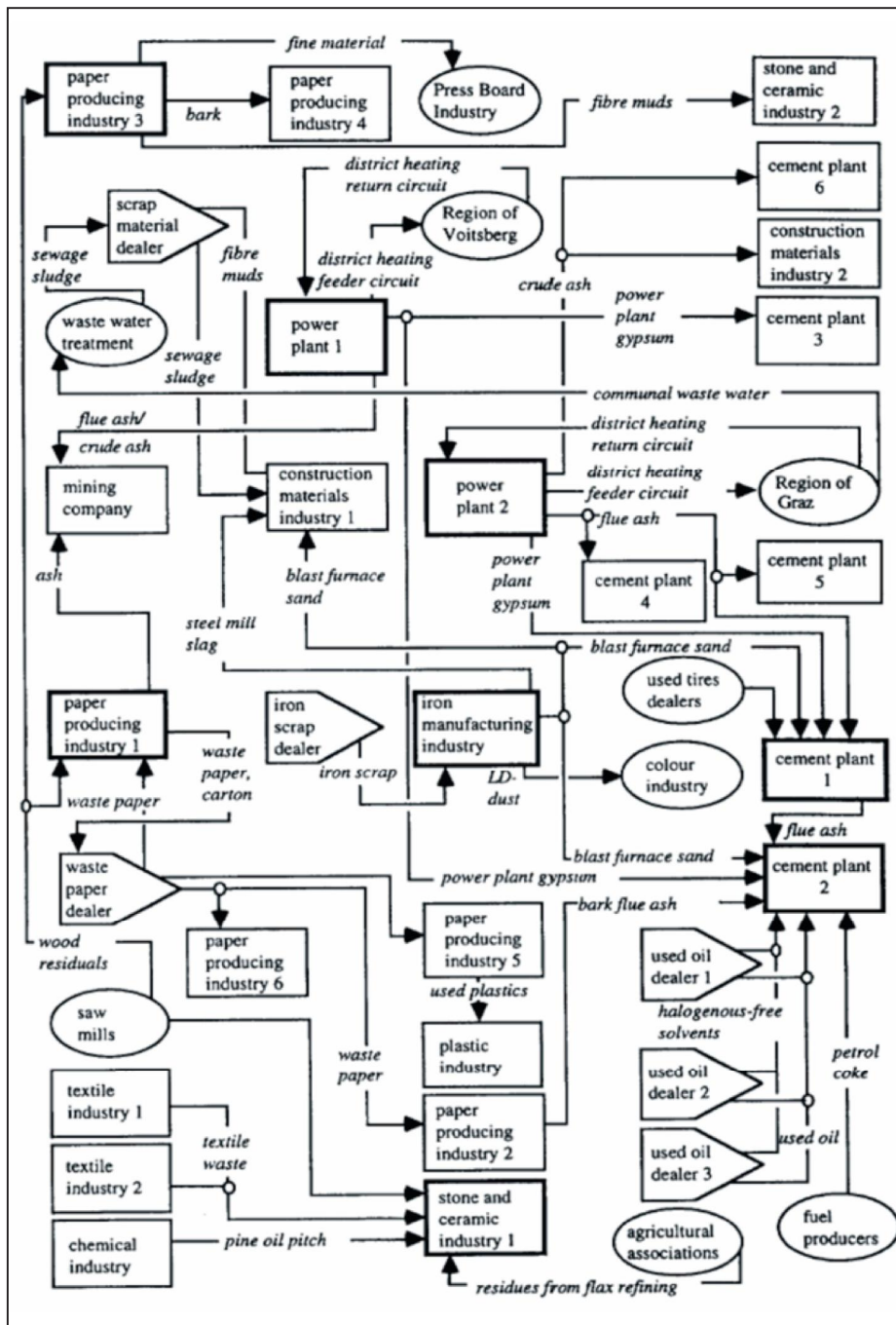
Liite 3



Kaavio. Materiaalivirrat Kulunborgin ekopuistossa.



Kaavio. Olemassa olevat, suunnitellut ja mahdolliset synergijat Hummerin alueella (ekopuisto).



Kaavio. Toimintakaavio ekopuiston yritysten välisestä materiaalivirrasta.

Heimo Tuomala

ENVIRONMENT-FRIENDLY PRODUCT DESIGN

TABLE OF CONTENTS

INTRODUCTION	33
ENVIRONMENT-FRIENDLY PRODUCT DESIGN	35
AN ECOLOGICAL PRODUCT	37
ENVIRONMENTALLY FRIENDLY PRODUCTION	42
INDUSTRIAL ECOLOGY	44
REQUIREMENT-ORIENTED DESIGN AND RISK MANAGEMENT	47
INDUSTRIAL METABOLISM IN AN ECO-INDUSTRY PARK	50
FINALLY	52

INTRODUCTION

Environmentally friendly activities go by many names. Generally, environmentalism is associated with ecology. Ecology, from the Greek words *oikos* and *lógos*, for 'home' and 'reason', is a science that studies the relationships between organisms and their environment. Ecological research can also apply to an individual representative, a species, a population, a community, an ecosystem, or a biome. Ecology is also the study of the impact man has on nature. Research information partly helps us study how man should utilise nature without destroying his own living conditions. Environmental protection, on the other hand, refers to activities that aim at solving, alleviating, and preventing environmental problems. Central objectives in environmental protection are the protection of the natural environment, securing of human well-being, and promotion of sustainable development. These objectives require, for example, that natural resources be used sustainably and environmental diversity be secured. Therefore, the primary target of environmental protection is the human being and the environmental harm caused by human beings.

Design refers to the formation of the usability and shape of an object or other item and/or manufacture of the object or item. Object design may involve handcraft design or industrial design. There is no clear boundary between the two. Industrial design also takes into account the aesthetic, commercial, and economic factors of product design. The central aspects of industrial design are product ergonomics, manufacturability, and commercialisation potential. The role of the designer is to combine responses to the economic, functional, and technical requirements and to market demand, forming a usable product plan. Successful design meets the manufacturer's commercial, production-related, and logistical requirements and combines them with the user's requirements. Design has been deployed in various spheres of operation in a context broader than the original. For example, two-dimensional graphical plans and user interfaces, as well as the planning and implementation of public image and product brands, may be called design and may be included in the work of a designer. Although the job description in the field of design has broadened considerably, it is still often restricted to a specific function. Environmental protection, on the other hand, is a field that interfaces with all layers of society, comprising a larger whole and the management of that whole.

Design and environmental protection therefore meet and mesh in many areas; only the approach still remains different in many cases even today. Several countries, the EU member states included, are committed to sustainable development. Securing economic and social growth with sustainable development without compromising the environment is possible only through new innovative operation and production

methods. Satisfying the needs of mankind and producing commodities is a great challenge that can be faced only with significant enhancement of technology and industrial activities and redesign. This short introduction to environmentally friendly design has been created for innovation centres as part of an international innovation project. Innovation work aims at producing new products or ways of working, and therefore the text has references to development work and nanotechnology, which formed a central part of this particular innovation project. The theory and practice, however, can be generally applied to all environmentally friendly design. The article presents environmentally friendly design at various levels, in the form of theory and through examples, and covers the most commonly used tools.

ENVIRONMENT-FRIENDLY PRODUCT DESIGN

Many design-related political and strategic decisions as well as design practices still reserve only a side role for ecological impact. There are certainly many reasons for this. The most important, however, are negative images of ecological products and limited knowledge of products' ecological impact. Naturally, as a result of this the attitude toward ecological values may still be neglectfull in many design areas. On the other hand, definition of what constitutes ecological soundness of a product and the product planning process to cover its environmental impact throughout its life may not be unambiguous or problem-free. The complexity of the issue may also contribute to the slow adoption of sustainable development values in design.

In a UIAH survey of design professionals (see Levanto et al.), the respondents instantly associated the term 'eco-aesthetics' with an ecodesign product. The initial considerations of the respondents, as well as their images of ecological design, were negative in tone. Typically, ecodesign products were considered to be clumsy and heavy. On the other hand, a more positive, or neutral at least, association was the one between ecological design and nature. Ecological soundness and references to nature were strongly connected to each other. In all, designers should still consider the visibility of ecology from the perspective of both an individual product and the entire company's marketing efforts. The problem is currently considered to be that ecology is handled as a special and separate issue, yet it is expected to be a natural part of design in the future.

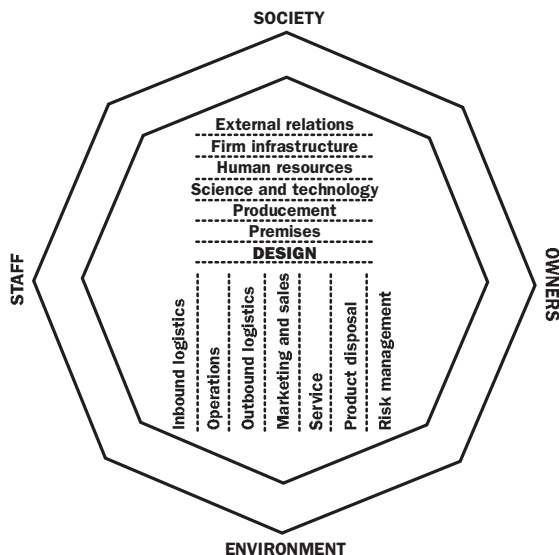


Figure 1. The sustainability octagon.

Ecological design is, however, a much broader entity than product design alone, and it interacts within a large sphere. Regardless of whether the emphasis is on addressing the ecology of a product, the production, or regional operations, design always proceeds from market demand and the available materials. At the same time, however, the decisions to be made must be assessed from the perspective of the larger picture – whether it will be possible to integrate the plan with the regional or global development.

Product design *per se* does not really strain natural resources, but it does have a tremendous impact on product manufacturing and usage ecology. The design phase is the phase that allows for great flexibility to implement ecologically significant changes to products. The possibilities for this are considerably smaller in subsequent phases. Therefore, designers are often encouraged to design for the environment – i.e., to keep in mind not only the manufacturing-stage impact and cost but also the environmental impact of using and disposing of the product. As early as in the concept stage of a new product it should be determined whether there is an alternative to manufacturing a physical product – in other words, whether the customers could attain the same benefits in a more environmentally friendly way and what the most beneficial way would be to satisfy the customers' requirements. In practice, there are four implementation models for satisfying customer requirements:

- product (e.g., a bicycle)
- product and service (e.g., a mobile phone subscription)
- service and product (e.g., a flight)
- immaterial service (e.g., e-mail)

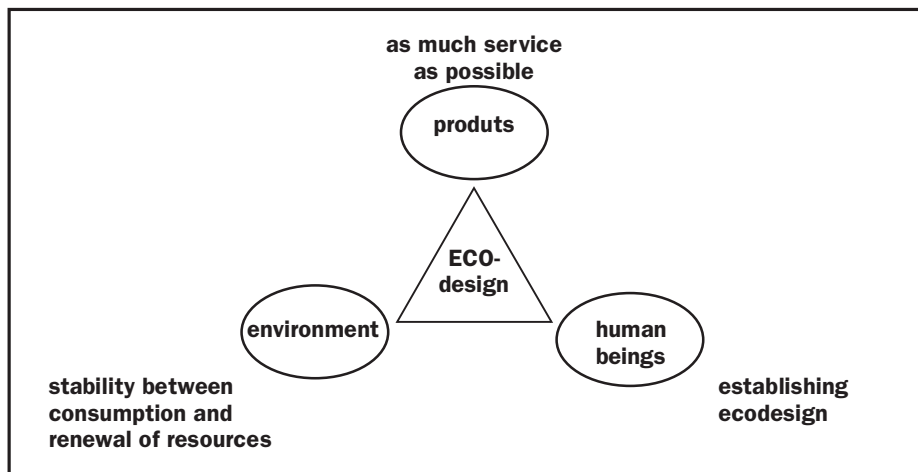


Figure 2. The ecodesign trinity.

In the choice of materials, the designer has great potential for influence, as he or she can often operate within a large area to select the product materials, sometimes even from among recycled materials. Skilled design can often also reduce the amount of raw material needed. This approach is called dematerialization. In some cases, there are more environmentally friendly raw materials available, while in some cases it is possible to improve the methods of processing the existing materials. In any case, the material should be selected such that the product will work for a long time and its manufacture and use will result in minimal waste and emissions.

AN ECOLOGICAL PRODUCT

An indicator of the ecological quality of product manufacture is often the volume of waste per unit produced, as well as the raw material productivity, which is measured as follows:

$$\text{(quantity produced)} / \text{(raw material quantity)}.$$

Sometimes the above-mentioned ratios are also referred to as eco-efficiency. In inspecting the quantity of energy consumed and the emissions generated, it would often be appropriate to take into account not only the manufacturing stage but also material and product transport. The figure below presents the acidification emissions throughout the life cycle of potato flour production, from the various early processes and fertiliser production to the distribution of a finished product. Similarly, the life-cycle analysis describes and analyses various emissions, expenses, and risks from material production to disposal.

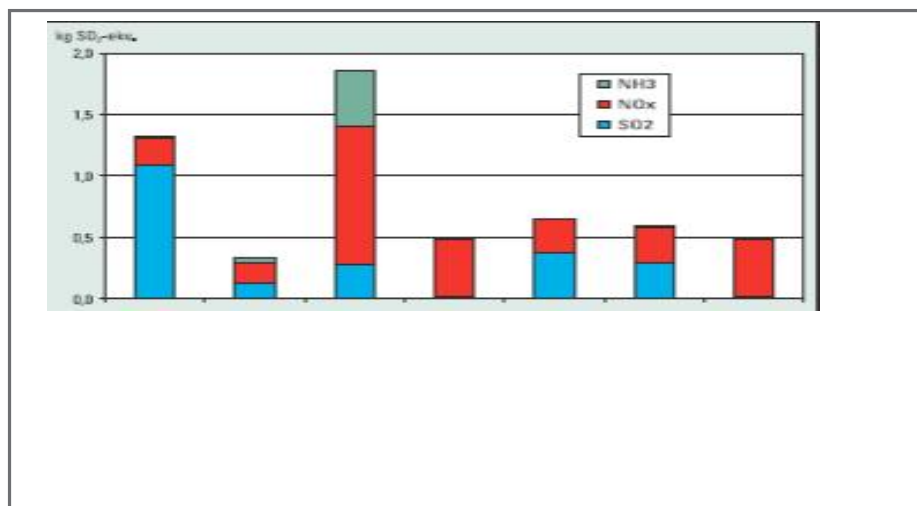


Figure 3. Pirkka potato flour acidification potential in the various stages of the production chain for 10,000 consumed packages (600 grams each) as sulphur dioxide equivalent ('SO₂ equiv.').

The life-cycle analysis aims at providing an overall image of all environmental effects of a specific product, from the extraction of raw material from the ground until all materials of the product have returned to the ground. The LCA requires more investigation than just the ecological inspection of manufacturing, but that additional work then allows us to strive for a holistic, optimal solution and inspect the mutual relationships of the various stages of the product's life cycle. For example, it is possible to assess whether it would be advisable to invest more in the manufacturing stage to achieve better environmental impact in product use and disposal.

A frequently used indicator in life-cycle analysis is material input per service unit, or MIPS. It is roughly the inverse of raw material productivity but also includes all materials consumed in product use and disposal. The service unit must be defined separately for each product type. For example, a sedan's service unit is the number of persons transported, multiplied by the length of the trip, while for washing machines it is the weight of the laundry cleaned and for many products is simply a single instance of use. The material input per service unit dimension is always mass (by kilogram or tonne) per service unit, but, when measuring these masses, one must distinguish among the following five types of mass, as they cannot be simply added up:

- non-renewable raw materials
- renewable raw materials
- transportable land mass (e.g., excavation required for raw material production)
- water (quantity affected)
- air (quantity affected)

If these masses cannot be reduced, another option is to improve the product's environment-friendliness by increasing its useful life. Here, the objective is to keep the product, with all of its materials and parts, operable and usable for a longer time to slow the return of raw materials to waste.

The term 'ecological backpack' refers to the weight of the materials moved during product manufacture that are not included in the finished product. It is almost the same as the material investment except that the material investment also includes the product's own weight. The ecological backpack as well is specified in terms of five classes.

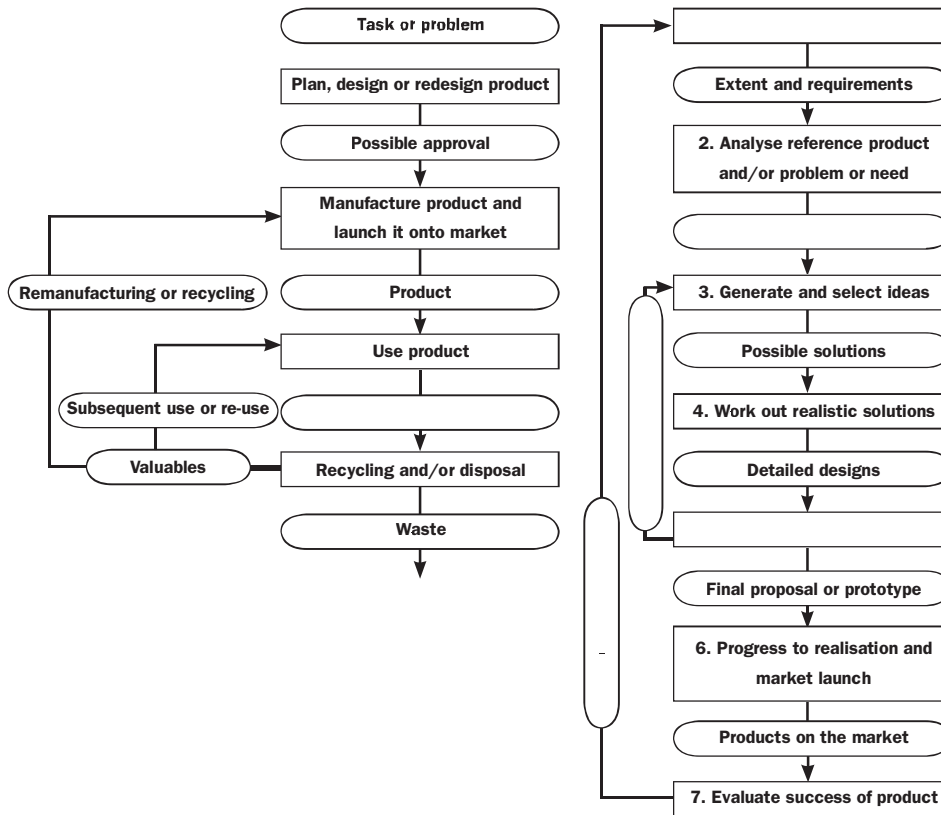


Chart 1. The ecodesign process in relation to a product's life cycle.

There are four types of ecodesign. The first deals with improving product ecology, and the second also involves production method ecology. These two will now be discussed in more detail.

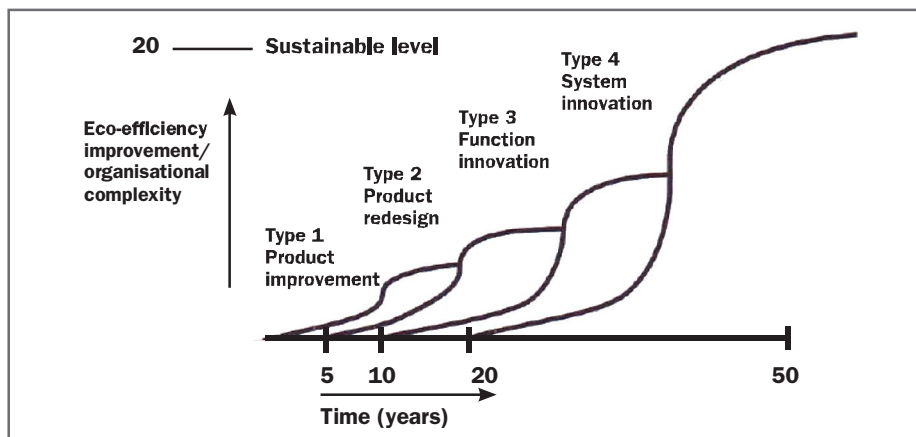


Figure 4. Four types of ecodesign.

Products cause harm to the environment during manufacture and use as well as upon disposal. Also, the quantity of products has continuously been increasing. From the perspective of a company, product-oriented environment protection measures include products' environmental impact assessment, product design aiming at impact reduction or minimisation, and various calculation reforms (e.g., assignment of hidden environmental costs). In information control, information regarding the products' environmental characteristics will be spread to the groups whose operations are to be affected. This includes statutory product and warning markings, such as EU energy label directive and voluntary environmental marks, an example of the latter being the Nordic environmental label. The purpose of environmental marks is to provide information to consumers and major purchasers, to serve as an indicator of product development and context for agreeing on environment protection priorities as well as to clean up environmental marketing. In order to select less environmentally harmful products, consumers need reliable information on products' environmental impact. Here the consumer is assisted by environmental marks, such as the Nordic environmental label (swan emblem) and the EU environmental label (EU flower). To grant the right to use these and to create the grounds for granting the right, environmental impact assessment and comparison are needed.

Example (type 1): The product contains components that are harmful to the environment. The component is removed and replaced with a part manufactured from cleaner materials, or, similarly, when the production of a raw material heavily burdens the environment, research and development efforts are used to find a less burdensome raw material.

Type-1 ecodesign now plays an important role for the market. Some customer groups wish to purchase such products labelled with an eco-mark, but they compete as equals on the market with other products and services. Often the changes are implemented because of statutory pressure or poor availability of the material used. No significant market advantage or economic profit can be expected with type-1 ecodesign. However, it can result in improved image or a broadened customer base. Taking this a step further, product redesign is required (type 2).

The efficiency is based on improving the productivity of materials and energy. The product is to be produced with the least possible use of energy and materials. The objective is to attain relative, maybe even absolute, reduction of resource consumption and environment pollution. The means are technology and recycling economy. Materials are to be reused as long as possible. The products are to be durable.

Environmentally friendly design is an all-inclusive extension to the design process. It is not a single component but covers the entire development process and is an

integral part thereof. Environmental product design, design for the environment (DfE), refers to a technology perspective in which environmental aspects are to be optimised in product, process, and equipment design. Design for environment has gradually become an established concept particularly in the assembly stage of consumable goods. Concepts similar to DfE are DfA (design for assembly), which involves the assembly of durable goods, and DfD (design for disassembly). The idea is that the assembly stage of a product will be integrally connected to the disassembly and disposal stages, with the resulting information utilised in all stages. Many production industries have integrated DfE into their entire operation. Such industries include the mass production and automobile industries as well as domestic- and office-appliance production. In type-2 ecodesign, new information and technology can be utilised in an innovative way. There will not be a revolution in the design; rather, redesign is used for replacing an earlier application of a product or service. Economically and ecologically, however, the change is already significant and the competitive advantage attained can reach the full market potential. Type 3 will not be attained until environmentally friendly production design is exploited well.

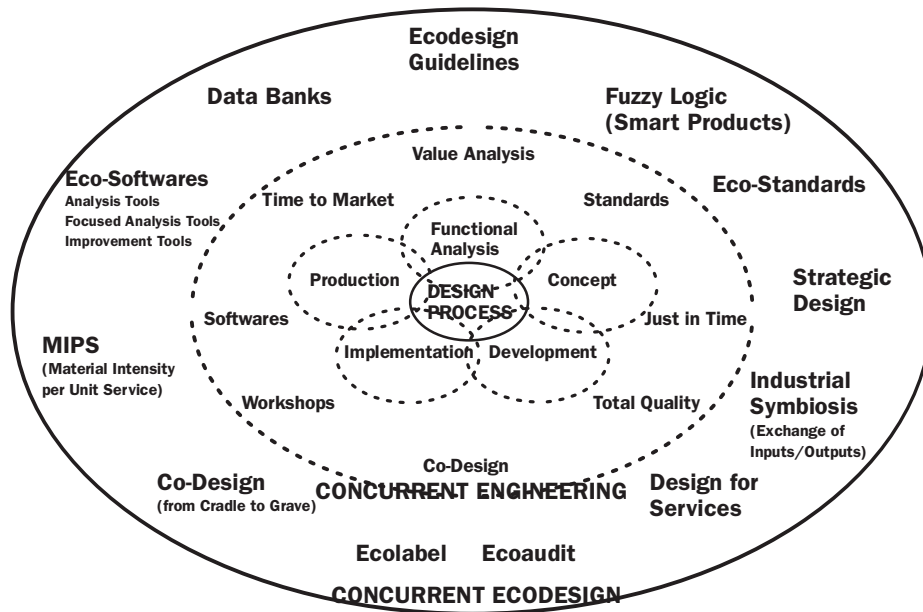


Figure 5. The relationship of ecodesign with traditional engineering science.

Example (type 2): For a century now, the light bulb has been the established source of light. When one considers the life cycle and energy consumption of one bulb, it becomes clear that the efficiency of the lamp (the light power and useful life / energy

consumption) is poor. Current technology allows for manufacturing sources of light that have much higher efficiency and therefore are much more environmentally friendly. While manufacturing an energy-saving bulb requires more material, and materials that are harmful to the environment, than manufacturing a traditional light bulb, the useful life of a single energy-saving bulb is 10 times that of the traditional bulb. At the same time, the energy consumed is only about 20% of the energy used by a standard bulb. Both the public authorities and consumers around the world have quickly decided to strive for replacing traditional light bulbs with energy-saving bulbs. Some states are even considering banning the sale of traditional light bulbs in their territories.

ENVIRONMENTALLY FRIENDLY PRODUCTION

Ecological economic science examines the relationship between ecosystems and financial activities. It is a school of national economy that has sought a premise for economy from the natural sciences, particularly in evolution theory, ecology, and thermodynamics. Of these, thoughts based on thermodynamics have strongly affected the material flow thinking that lays the foundation for MIPS and ecological backpacking. Material-intensiveness (MI) is a ratio indicating the environmental load of the manufacturing of a substance. Common MI factors are presented in Appendix 1.

MIPS relies on the assumption that global material flows must be reduced by 50% within the next 30–50 years. To guarantee fair distribution of resources, it is recommended that Western countries reduce their material flows to a tenth of current levels. Reduction of global material flows, as well as material flows of single products, is dematerialization. As the laws of thermodynamics state that matter cannot be destroyed, the quantities of commissioned and decommissioned materials are assumed to be equal. Therefore, it suffices to measure the volume of commissioned material, which is easier than measuring the emissions. Additionally, determining the full environmental impact of various materials and assessing the environmental changes in terms of comparable units are considered impossible, so all types of weight factors are to be avoided.

Product ecology research is made more difficult by the fact that it targets broad systems, such as entire industries or the use of a specific product throughout the world, and in such systems almost everything has an impact on almost everything else. Therefore, this problem is to be limited by all means available. All issues that are essential to the problem under investigation must, however, be included, while less important impact factors and side effects must often be excluded from the primary study. Appendix 2 presents the most significant tools of ecodesign and their suitability for various uses.

Product ecology often requires the investigation of larger economic investments, the future environmental impact of which can be even greater. Furthermore, one must take into account that the benefits and disadvantages of various measures often affect differing groups of people. Therefore, researchers must consider the distribution of benefits and disadvantages both chronologically and between groups of people. In principle, three different research and development approaches can be distinguished, with the difference in how far the project allows progress in the application:

- 1) The purpose of *informative research* is only to determine the present state of the issue studied and possibly to predict development or the impact of already made decisions on the prevention of environmental damage, but the issue is not up to the researcher to decide.

A normative, or developing, approach aims directly at changing something in the current prevailing approach. Depending on the orderer of the work and the motives of that actor, normative development can be done in two ways:

- 2) *Design theory or development theory development*. This is used for creating generic instructions, regulations, standards, and advisories that aim at preventing damage to the environment. This approach is applied especially by government agencies that supervise some activity but also by standardisation bodies and voluntary collaboration groups in certain industries.
- 3) *Product or production method development*, which is restricted to improving the environment-friendliness of a single product. The project is ordered by the company that manufactures the product, and its results are only applied by this company.

Product ecology studies the material flows caused by product manufacture, use, and disposal and attempts to develop means for reducing environmental damage, such as the use of raw materials, pollution, and waste generation.

Industrial ecology (IE) or production ecology aims at gathering information and developing industrial raw material use and at reducing waste and pollution. Research is used to determine the cycle of materials in financial life, the impact of industrial systems on the environment, means for analysing and creating environmentally friendly systems and products, and alternatives that reduce waste generation. The currently ceaseless growth of raw material and energy use, as well as pollution, has often become a problem of proportions that cannot be ignored by industry. Therefore, more effort has been invested in researching these problems, and information and operating models resulting from the research can now be used in industry to prevent new environmental harm.

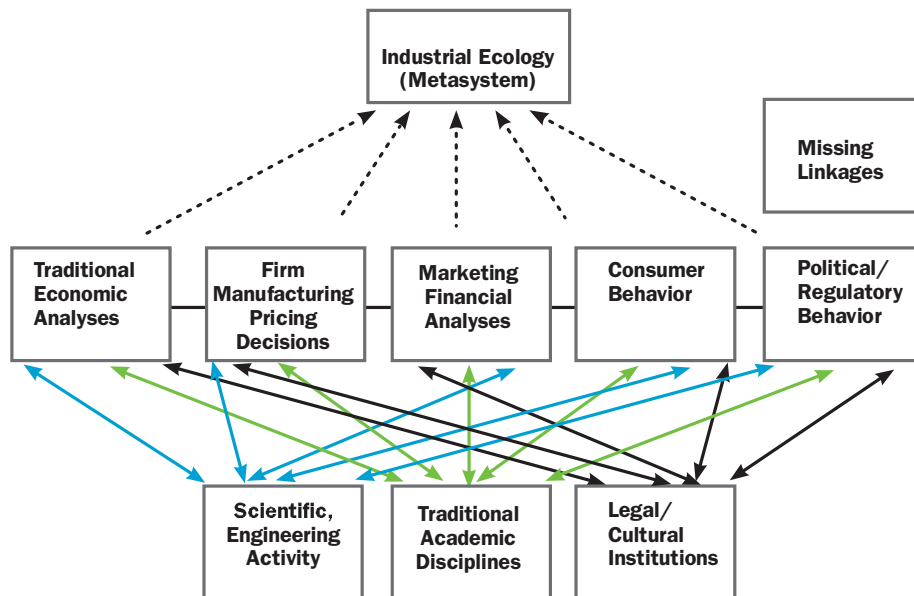


Figure 6. Industrial ecology as a meta-system.

Industrial ecology provides one view of the practical implementation of sustainable development. The approach largely relies on engineering sciences and is based on the development and efficient utilisation of new technology. The basic idea is to manage material flows in an ecologically, socially, and economically sustainable way. Industrial ecology aims at concretely affecting the state of the environment and natural resources by utilising new technology. The industrial ecology concept comes from the United States. Forming the basis of industrial ecology are three scientific schools that have developed since the 1950s: utilisation of the defence industry's analysis methods in management and politics, development of the system approach in the research of environmental problems, and the study of societal systems in the environmental framework. Industrial ecology aims at combining ecological and technological thinking with these research schools' approaches.

INDUSTRIAL ECOLOGY

At the core of industrial ecology one can find the concept of industrial metabolism, which refers to the characterisation of the material and energy flows of industrial operations during the various production stages, from the standpoint of the conversion of raw materials, energy, and work into products and waste. The concept of industrial metabolism allows for describing the efficiency of material use.

Industrial ecology involves qualitative change in industrial metabolism. By modernising the foundations of technology and products, a situation could be attained where material flows of large scale and volume may be permanently possible. The industry's material flows and energy use should be in harmony with the environment. Human-origin and geogenic material flows should symbiotically and synergistically strengthen each other or not interfere with each other. The material flows could then be in a closed technological cycle or in such harmony with natural processes that they would cause relatively few problems even in large volumes.

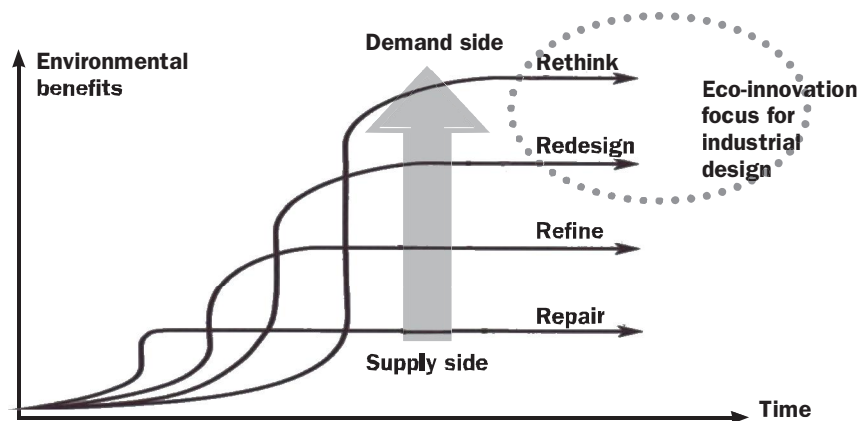


Figure 7. Revised model of ecodesign innovation for industrial design.

This third level of ecological design has a great deal of potential, particularly in finding innovations. Here the objective is to change consumer behaviour, production structures, and the industrial ecosystem. Taken a step further (type 4), the customer's needs are satisfied as a service without a product or in a closed material cycle.

Example (type 3): One of the best-known manufacturers of welding machines in the world, the Finnish Kemppi Oy, has developed technical expertise for decades. The size of the devices and their material and energy requirements have been optimised in the same way as the entire production process. How could they further improve their environment-friendliness? Here, the solution is information technology and dematerialization. Previously, welding machines' maintenance – for example, optimising the operation of a device – was handled manually with physical adjustments to the circuit board, performed at the customer's location. The transition to an electronically readable memory card and computer-programmed adjustment parameters almost completely eliminated the need for maintenance trips, which had caused a significant environmental burden (flying, in particular). A machine's operation is determined electronically from a log file, and new adjustment parameters are stored electronically, if necessary, on all sites

in the world from one maintenance centre. The log files are used for obtaining measurement information for research and development work to develop even more reliable software. Also the material requirements of the actual products decreased, as the adjustment devices and components were no longer required.

The first level of industrial ecology is environmental management within a company. It comprises the environmental design of products and production processes as well as the minimising of emissions and waste. At the inter-company level, industrial ecology is based on collaboration between companies. Companies operating in an industrial ecosystem strive together to optimise material consumption by exchanging by-products of production and recycling energy. At the regional or global level, industrial ecology is particularly clearly a matter of industrial metabolism.

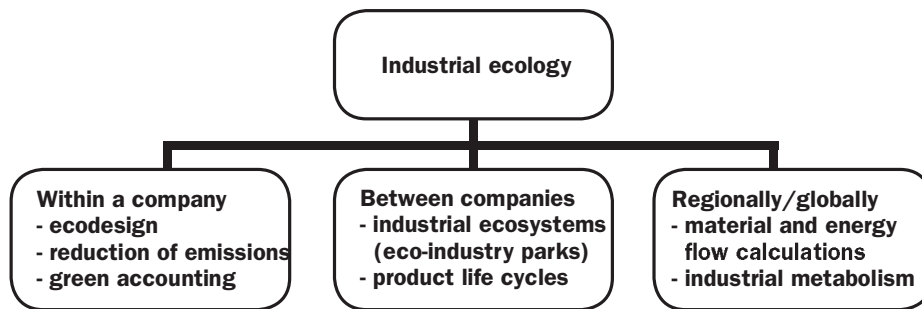


Chart 2. The three levels of industrial ecology according to Chertow

The critical components of sustainable development can be described with the IPAT model, which industrial ecology has adopted as its basic formula:

$$I = P \times A \times T$$

I impact

P population

A affluence, GNP per capita

T technology, environmental impact / GNP per capita

The goal in ecologically sound industrial production must be the reuse of almost all materials consumed, to minimise the amount of waste. Because most products are composed of various, different materials, the key issue in reuse is the separation of materials. In the future, waste sorting could be further facilitated if the issue is acknowledged in product design so that parts made of different materials can be easily detached and separated.

Vast amounts of metals and other raw materials are continuously wasted because small quantities of them remain in waste. Metals remain, for example in rinsing water used in finalising metal surfaces and in filters of power plant and melting plant fumes. It is clear that enhanced recycling could often produce benefits not only for the environment but also for a plant's economy. In practice, the correct choice of materials can combine with recycling to even produce a new area of production. An example is the choice of PET plastic as the raw material for liquid packages (see the video at <http://www.petcore.org/content/Default.asp?PageID=28>).

The environmental harm of industry and agriculture can be reduced significantly by using new and more advanced technology. This refers to more efficient management of material flows, more efficient use of energy, and lower emissions. The best available technology refers to the most efficient and advanced level of a function and its methods that can be proved to have the technical and practical features that are in principle suitable for use as practical thresholds aimed at generally preventing (or reducing, if that is impossible) emissions and their impact on the environment.

Many functions and industrial processes require an environmental permit. Permit regulations that involve the prevention and restriction of emissions are based on the best available useful technology. BAT reference documents (BREFs) are compiled in collaboration between the agencies of EU member states and industrial actors. They describe by field of industry the technologies agreed upon as BAT technologies and their emission levels. Such industries include the pulp and paper industry, the chemical industry, metal production and refining, the energy industry, the mineral industry, and waste management. The BREFs are important not only to the actors seeking a permit but also to the authority granting it. The reference documents can be freely obtained from the European IPPC Web site (<http://ec.europa.eu/environment/ippc/>).

REQUIREMENT-ORIENTED DESIGN AND RISK MANAGEMENT

A couple of decades ago, ecological studies of products and production were often deemed to be separate projects aimed at replacing a diminishing raw material with another or handling a local waste heap. Today, these separate problems have increased and expanded such that sustainable ecology of products is now part of the permanent primary objectives of all product design and production.

According to strong sustainable development, the state of societies and the success of development are assessed on the basis of the gravity of the ecological crisis they cause. Environmental protection is a prerequisite for economic development. Population and economic growth must take into account the restrictions imposed by the environment;

i.e., mankind must be committed to living according to the production capacity of the biosphere. According to the principle of eco-efficiency, government intervention in markets aims not at restricting economic growth but at enhancing production process efficiency to attain ecological rationality. Although proponents of strong sustainable development might not consider growth a completely impossible goal, they impose new financial priorities that aim at securing environmentally oriented values and increasing human well-being. Recycling, closed production cycles, and conservative use of non renewable natural resources are emphasised instead of exponential economic growth.

In eco-centric thinking, strong sustainable development is superseded by the very strong sustainable development model, which states that sustainable development requires changes to the financial and political systems of societies as well as to production structures. Also, consumers' habits must change. Production of new commodities must be based on the real needs of humans, not the artificial needs created by advertising. Current information technology has proved most functional in charting customer requirements.

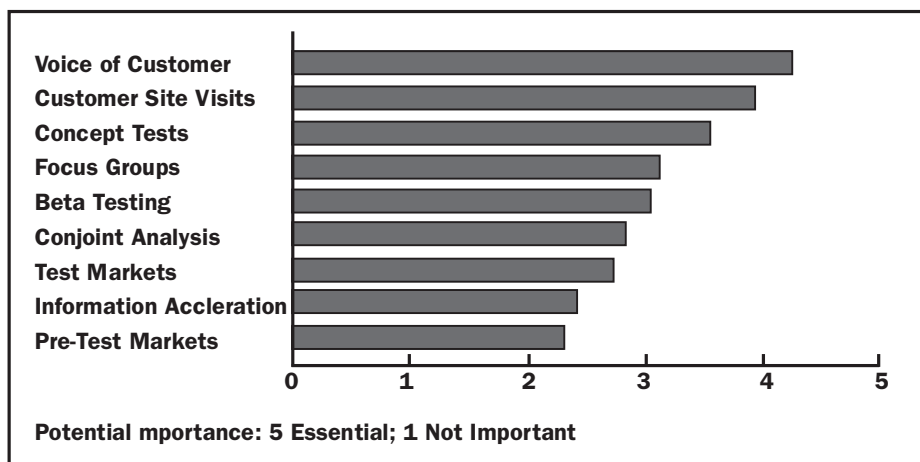


Chart 3. Potential importance of marketing research techniques.

The commissioning of new products and services always involves an ecological and financial risk. Generally speaking, risk refers to the possibility of damage. It comprises two components: harm (its magnitude and gravity) and the probability of the realisation of said harm. Mathematically, risk is described as the product of the harm caused by the risk and the probability of the harm. The types of impact can roughly be categorised as follows:

- 1) impact on human well-being
- 2) financial impact
- 3) environmental impact

Despite its apparent simplicity, the concept of risk is complex. The most important thing is to understand that, although the mathematical definition of risk is clearly the product of two quantities, the societal perspective requires that risk prioritisation take into account the versatility and subjectivity of both quantities, both the magnitude and probability of the risk. Owing to the above, complete risk management is impossible even if all risks are identified. This often has resulted in product-weighting of ecodesign, as the risk will grow significantly if both the product and production method or market change. In order to manage risks, one must build the ecodesign plan top-down (system-to-product). In other words, although the target of design is a product or service, its ability to be integrated with the system has been determined and described during the design phase.

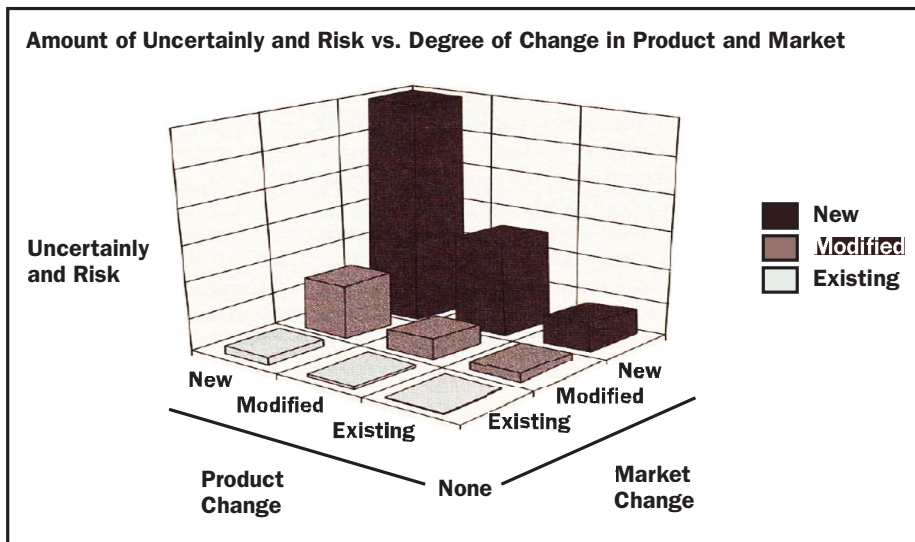


Chart 4. Risk growth in different change classes.

From the economic perspective, sustainable development can be viewed in another way. It can refer to future generations receiving at least as much capital in various forms as the current one has received. Companies act responsibly when acting according to this principle. Economic growth and development affect ecosystems, and not all of them can remain untouched. Renewable natural resources must be used within the framework set by renewal and natural growth. Minerals and fossil fuels must be recycled and used conservatively so that we do not run out of them before replacements are found. The principles of sustainable development include that the consumption of non-renewable natural resources excludes the fewest future options.

INDUSTRIAL METABOLISM IN AN ECO-INDUSTRY PARK

Industrial ecology is described by the following three systems that are analogous to the biological system. A type-1 system is a simple linear system where raw materials are utilised only once and then disposed of as waste. A type-2 system is a more complex system created when scarcity renders the type-1 system insufficient. The utilisation of materials is more efficient, and the amount of waste produced by the system is restricted. A type-3 system represents the most advanced form, where perfect material circulation has been attained. Only energy flows into the system from outside and no waste leaves the system. At this operation level, the fourth level of ecodesign is attained. In practice, it often cannot be implemented, economically or technically. In theory, material flows should be closed as efficiently as possible, as this allows for reducing the environmental load.

In an eco-industry park, the exchange and flow of materials and energy between the actors of a certain local or regional economy are inspected. In this ecodesign (type 4) integration phase, attention is paid in particular to closing the material flows of the area and to optimal use of energy. Synonyms of the eco-industry park concept are 'industrial ecosystem', 'industrial symbiosis', 'eco industry estate', 'eco-industry network', 'eco-industry development', etc. These different concepts have a slightly differing view of the objectives, characteristics, and area restriction of such parks. For example, 'industrial ecosystem' emphasises the analogy with natural ecosystems, while 'industrial symbiosis' stresses collaboration and synergies between companies.

Eco-industry parks are best described in terms of their societal nature: close collaboration and interaction, the efficiency of natural resource use, and the system perspective of an eco-industry park.

Five different forms of eco-industry parks can be distinguished, on the basis of their geographic extent and material flows:

- 1) waste exchange among companies
- 2) company-internal material and/or product recycling
- 3) energy, water, material, and waste recycling among companies located very close to each other (eco-industry park)
- 4) energy, water, material, and waste recycling among companies located close to each other
- 5) energy, water, and material recycling among several companies spread across a large area

Eco-industry parks in the first and second category reflect the simplest forms. Eco-industry parks in the third and fourth category are more advanced. They differ from

each other only in the proximity of the collaborating companies. An eco-industry park in the fifth category is the most challenging to implement, as it aims at energy, water, and material exchange among companies spread over a large geographical area. In practice, fifth-category eco-industry parks are have not been possible thus far.

A true eco-industry park can be an area where material and energy exchange exists among companies located close to each other in an industrial area. At the moment, there are dozens of eco-industry parks, around the world. Their material and energy exchange flows are described in Appendix 3. The environmental load of the area is to be reduced as a whole, not only at the level of individual companies. In an eco-industry park, companies that traditionally operate independently of each other are joined together through mutual competitive advantages. Owing to the physical proximity of the companies, even unexpected synergies can be found between different industries or entirely outside industrial production. The participating companies aim at improving their environmental, economic, and social performance by managing their environmental and natural resource issues together. With the collaboration, a business society aims at attaining mutual benefit that exceeds that of the sum of benefits to companies individually improving their operations. Eco-industry parks must naturally provide clear benefits to the participating companies. An eco-industry park is most suitable for companies that are already environmentally aware, to supplement their existing environmental work. Additionally, existing institutional structures and procedures facilitate the creation of a functional eco-industry park. In an eco industry park, close societies are also focused so as to create a positive overall effect.

FINALLY

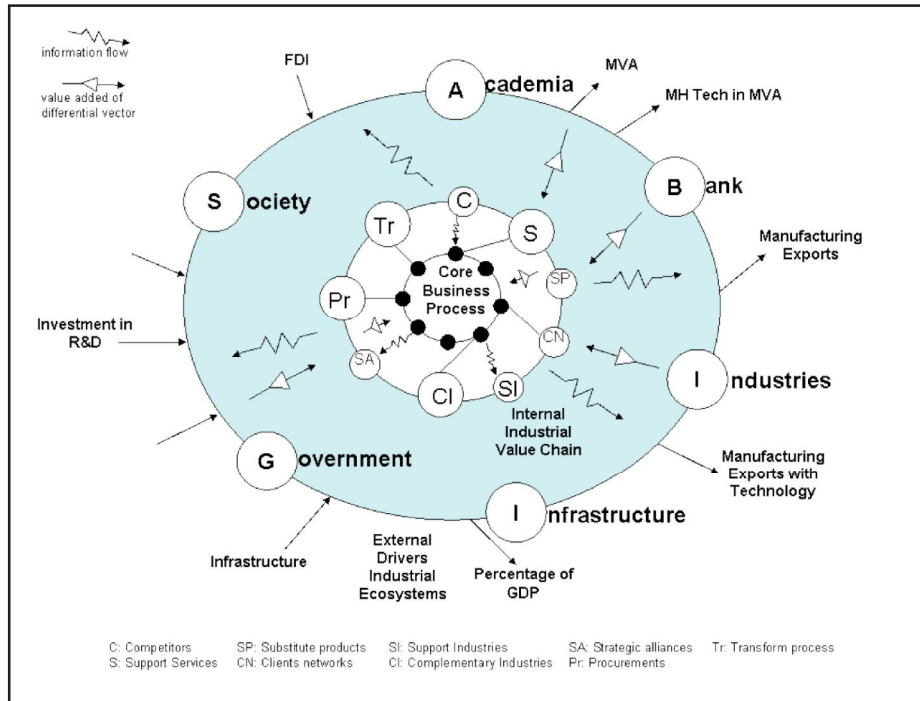


Figure 8. Industrial ecosystem components.

The scope of the industrial ecosystem (see Figure 8) is the most challenging factor in ecodesign. Ecodesign must be seen primarily as (environmental) management. A prerequisite is the strategic decision of a company/society to be committed to the development of ecological products and methods. Another requirement for development is broad networking with other actors in the field to chart and utilise the industry-specific and regional potential on which design can be based.

Ecodesign starts with charting of customer demand. Next, the potential and limits of the ecosystem of the planned operation/market area (or industry) must be studied. Based on this preliminary information, a product or service can be envisioned to satisfy customer demand and to be integrated with the area's infrastructure and industrial ecosystem. A product idea thus envisioned is designed one layer at a time: product, production, innovation – to be compatible with the area's system.

In addition to research and development, extensive information exchange is needed. Although the in-house research may be of high quality, it is impossible to make a

critical assessment to serve as a decision-making foundation without reference values and knowledge of general development in the area. Successful product development can originate only from detailed identification of the customer need and consideration of the best method for satisfying the need (see Figure 2). The design process (e.g., LCA) continues as long as necessary to obtain and analyse the necessary information and until the product or service is compatible with the regional system (it must be integrated).

Nanotechnology is still rather unknown from the perspective of both environmental issues and the designers. The composition of nanotubes and fullerenes can involve unknown risks. Small size with high mole mass and electrochemical neutrality is a dangerous combination. In earlier studies, these materials have been suspected of causing cancer or genetic mutations. These suspicions have primarily been borne out in changes to aquatic organism (biostope). Changes at the beginning of the food chain accumulate, however, at the higher levels of the chain. For this reason, for example, the potential human health risks of the materials must be studied along with possible changes to the biostope. At the same time, strengths (durability, health effects, etc.) must, obviously, be sought with which a new, more eco-efficient product/industry can be made economically successful and integrated with existing or planned systems.

The identification of safety risks pertaining to nanotechnology is only just emerging at the global level, but Finland has also undertaken to prepare for minimising the safety risks of nanoparticles. Nano-researchers still need common instructions and improved tools for predicting safety risks and preventing adverse effects. As many as nine Finnish universities have research groups that consider themselves to be working with nano-safety. Most nano-safety research focuses on risks to employees working with nanotechnology. Assessment of the safety risks of nanoparticles still needs more tools and consistent assessment methods. Strengthening of international collaboration has played a central role here. Ensuring safety is at the foundation of all research. When moved to the nano-scale, materials' characteristics can change, but other properties of materials can change as well. Therefore, research on all nanoproducts that will enter the body, such as sprayable materials or foodstuffs, plays a central role in ensuring safety.

In addition to health and safety, the separability of various materials should be taken into account. Instead of massive composite materials, the primary implementable product should be an application in which chemical, thermal, or mechanical separation of fullerenes from other materials is possible. By designing the product to be compatible with the industrial ecosystem of the market area, significant economic and competitive advantage can be gained. At the same time, integration with the area's system strengthens development there and generates new business and innovation.

SOURCES

Bacon, Frank R. *Achieving Planned Innovation*, New York 1988

Braden, R. Allenby & Richards, Deanna J. *The Greening of Industrial Ecosystems*, Washington 1994

Charter, Martin & Tischner, Ursula. *Sustainable Solutions*, Sheffield 2001

Kautto, Petrus; Heiskanen, Eva; & Melanen, Matti. *Pyrkimys ympäristömyötäisiin tuotteisiin*, Helsinki 2002

Kava, Suvi. *Suomalaisten pörssiyritysten ympäristöasenteita*, Helsinki 2007

Koskinen, Heli. *MIPS ja ekologinen selkäreppu*, Helsinki 2001

Kukkonen, Timo. *Ympäristötuotteiden markkinat ja ympäristömyönteisen elinkeinotoiminnan kehittäminen Suomessa*, Helsinki 1995

Levanto, Yrjänä; Sivenius, Pia; & Vihma, Susann. *Ympäristömyönteisyys tuotesuunnittelussa*, Helsinki 2002

Loikkanen, Torsti & Hongisto, Mikko. *Kestävän kehityksen ja innovaatiotoiminnan integraatio*, Espoo 2000

Palmula, Sarianne. *Teolliset ekosysteemit, ympäristö ja talous*, Helsinki 2006

Ponnikas, Jouni. *Globaali-käsite paikallisessa kontekstissa*, Kajaani 2003

Rosenau, Milton D., Jr. *The PDMA Handbook of New Product Development*, New York 1996

Saikka, Laura. *Ekoteollisuuspuistot*, a publication of the South Savo Provincial Federation 2006

SITRA. *Riskien hallinta Suomessa*, SITRA Reports 23, Helsinki 2004

Tanninen, Eija; Manstein, Christopher; Bistagnino, Luigi; & Heilemann, Manfred. *Ecodesign in the EU*, Kuopio 2000

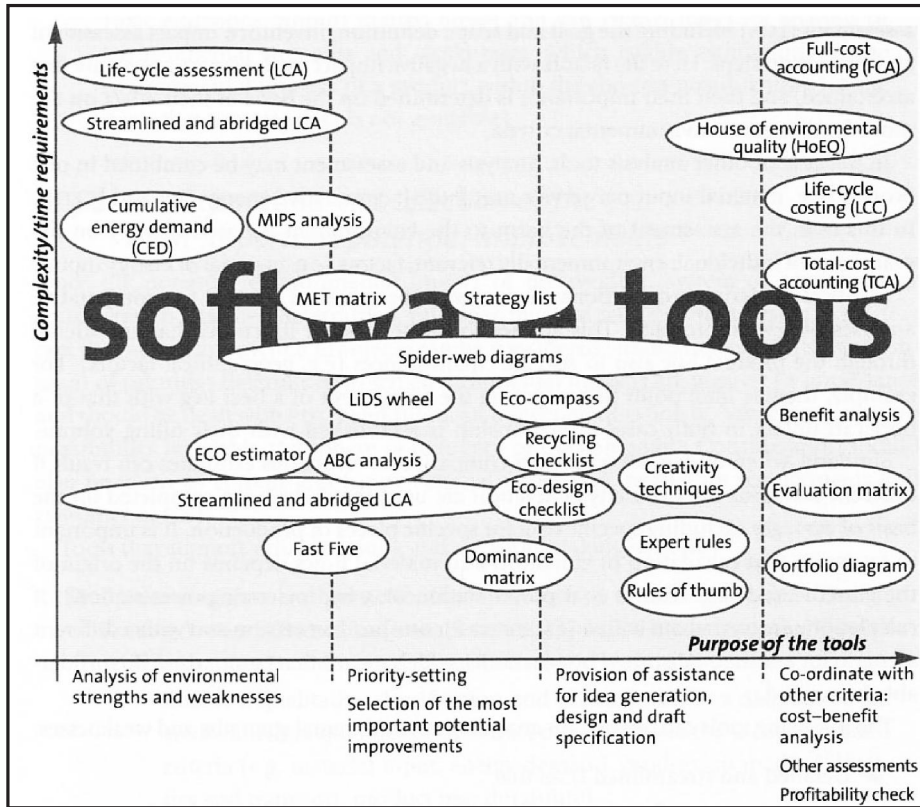
Appendix 1

LIST OF MATERIALS: MI-FACTORS OF BASIC MATERIALS

Metals (kg/kg)		Granit, -alabs (polished)	1,9	Methanol	0,88
Aluminium, primary	8,5	Hardboar	2,9	Sodium hydroxide, 50%	6,1
Aluminium, secundar	3,5	Chalky sandstone	1,3	Naphtha*	2,9
Lead	16	Coalfibre	61	Pentan	2
Raw iron	5,6	Perlit-foam	2	Phenol	3,2
Iron with zine	9	PUR-hardfoam	7,3	Polyester resin	5,4
Ferronickel (33% Ni)	47	Foamglass	6,7	Polyethylene, PE	5,4
Chromium (53% Cr)	16	Plywood board	2	Propylene	3,9
Gold (540,000)	5,4E+5	Stone wool	4	PVC	8
Copper, primar	500	Stoneware,	2,9	Nitrogen, liquid*	2,3
Copper, secondary	10	XPS-foam	11,3	Sulphuric acid, 100%	0,5
Brass	350	Cement, iron & steel	2,2	Nitric Acid, 100%	1,05
Molybdenum	100	Cement. portland-	3,2	Hydrochloric acid, 37%	3
Nicke	141	Brick, roof-	2,1	Starch	1,1
Platium (320,000)	3,2E+5	Brick, porous	2	Water glass, 35%	1,2
Silver	7500	Brick, full-	2,1		
Steel, Oxygen-	7			Electricity/Heat*	
Steel, Electro-	3,4	Wood (kg/kg)**		Mini-BHKW	0,16
Steel, V2A	21	Spruce: round woo	1,9		
Steel, V4A	24	Spruce: boards, beams	2,2	Energy Source (kg/kg)	
Titanium	1000	Spruce: floor, shuttering	2,8	Petrol	2,9
Zink	23	Spruce: windows, doors,	3,5	Brown coal, D	10
				Vapour	0,4
Mineral Materials (kg/kg)		Others (kg/kg)		Natural gas	1,3
Aluminium Oxide (Al ₂ O ₃)	7,4	Aramid fibre	37	Raw Oil	2,3
Borax	5,8	Cotton	22	Light oil heating	2,5
Boron acid	7,6	Container glass	3	Heavy oli heating	2,6
CaO (burned limestone)	3,2	Container glass	0,9	Refinery gas*	2,6
Colemanit	8,4	Colour, red lead	8	Hard coal, D	2,6
Diabas, broke	1,4	Colour, wall-	2,2	Hard coal, import	5,8
Diamonds (5.300.000)	5,3E+6	Glass fibre (E-glass)	6,2	Hard coal coke	4,2
Fluorspar	2,9	Rubber	5		
Gypsum	1,8	Indiarubber	4	Electricity (kg/kWh)	
Graphite (synthetic)	20	Cellulose*	12	Europemix (UCPTE)*	2,0
Potassium salt	5,7	Linoleum	2	Germany, public net*	4,7
Limestone	2,5	Acrylic paint	2,7	Austria, public net*	0,8
Kaolin	3,1	Latex	6	OECD-countries	1,55
Gravel	1,2	Leather	2	Brown coal (600 MW)*	0,89
Loam	1,5	Paper	15	Hard coal (745MW)*	11
Magnesium (miner.)	10	Card	3	Natural gas (620 MW)*	0,23
Quartz sand (Glass sand)	1,4	Polyester fibre	3,6	Heavy oil (400 MW)*	0,65
Sand	1,2	Porcelain	10	Wind power (33 kW)*	0,07
Soda	4,5	Viscose	7,5	Wind power (300 kW)*	0,06
Salt (NaCl)	1,2			Photovoltaic, multi	1,8
		Chemical Material		Hydroelectricity	0,21
Building Materials (kg/kg)		Acetone	3,2		
Insulation recycled paper	1,7	Ammoniac (NH ₃)	3,6	Transports (kg/tkm)	
Concrete, B25	1,3	Chlorine (Cl ₂)	6,1	Rail transport	0,9
Concrete, pore-	2,3	Epoxy resin	13,7	Goods traffic	1
Bitumen	2,6	Ethylbenzol	4,5	Ocean shipping	0,006
EPS-foam	11	Ethylen	3,9	Inland water ways	0,35
Fibre-board, medium-	2	Formaldehyde	1,11		
Glass-wool	4,7	Carbamide	3,5	Disposal (kg/kg refuse)*	
Flat glass	3			Domestic refuse dump	1,1

Source: Wuppertal Institute (and: *C. Manstein: ** estimation Irgang/Manstein)

Appendix 2(1)



- ABC** classification system (A = serious problems, action required; B = no direct action required but should be monitored; C = not a problem)
- LiDS** Life-cycle Design Strategy
- MET** Material, Energy, Toxic emissions
- MIPS** material input per service unit

Carry out environmental analysis of reference product or problem
 Find ideas and select solutions
 Work out selected solutions
 Carry out final assessment of solutions
 Observe production and market

Product development

	Tool	Phase 2	Phase 3	Phase 4	Phase 5	Phase 7
Tools for environmental analysis and instruction	LCA	x			x	
	MIPS method	x			x	
	CED method	x			x	
	MET matrix		x		x	
	Spider-web and polar diagrams	x	x		x	x
	Sony Polardiagram	x			x	
	Eco-compass	x	x		x	
	LIDS wheel	x	x	x	x	
	Spider diagram, econcept	x	x	x	x	x
	Checklists	x		x	x	x
	ABC analysis	x			x	
	Eco estimator	x			x	
	Ecodesign checklist, econcept	x		x	x	x
	Philips's Fast-Five	x	x		x	
	WEEE Directive checklist	x			x	
	Strategy list		x	x		
	Expert rules and rules of thumb		x	x		
	Brainstorming		x			
Creativity techniques	Brainwriting 635		x			
	Heuristic principle		x			
	Bionics		x			
	Morphological box		x			
	Progressive abstraction		x			
Setting priorities, decision-making	Checklist for selecting new solutions		x		x	
	Ecodesign matrix		x		x	
	Ecodesign portfolio		x		x	
	Quality profile	x	x		x	
	Dominance matrix	x	x		x	
	House of environmental quality	x		x	x	x
Cost accounting	Total-cost accounting	x			x	
	Life-cycle costing	x			x	
	Full-cost accounting	x			x	
	Environmental cost accounting	x			x	
	Matrix for cost estimation	x			x	x
	Benefit analysis	x			x	

LCA = life-cycle assessment; MIPS = material input per service unit; CED = cumulative energy demand;
 MET = Material, Energy, Toxic emissions; LiDs = Life-cycle Design Strategy;
 WEEE = Waste from Electrical and Electronic Equipment

Overview of ecodesign tools

Appendix 3

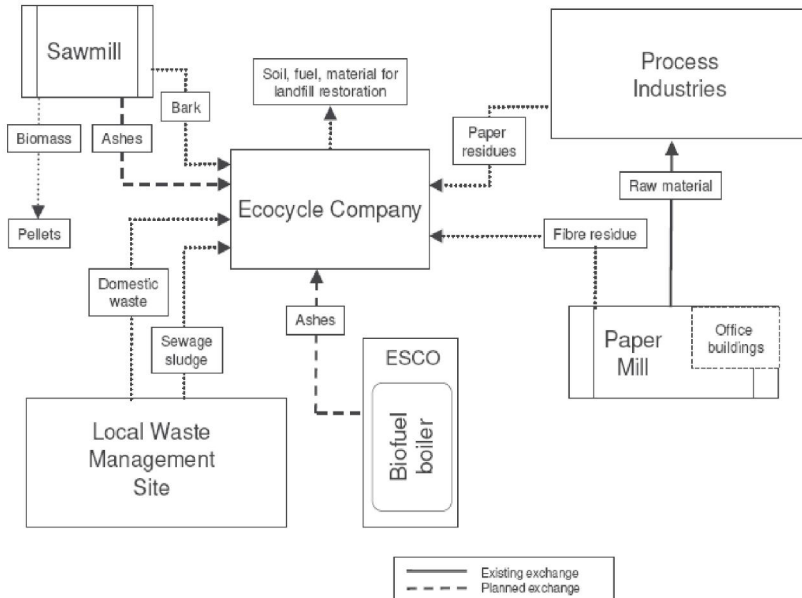


Chart: Material flows in the Kulunborg eco-park

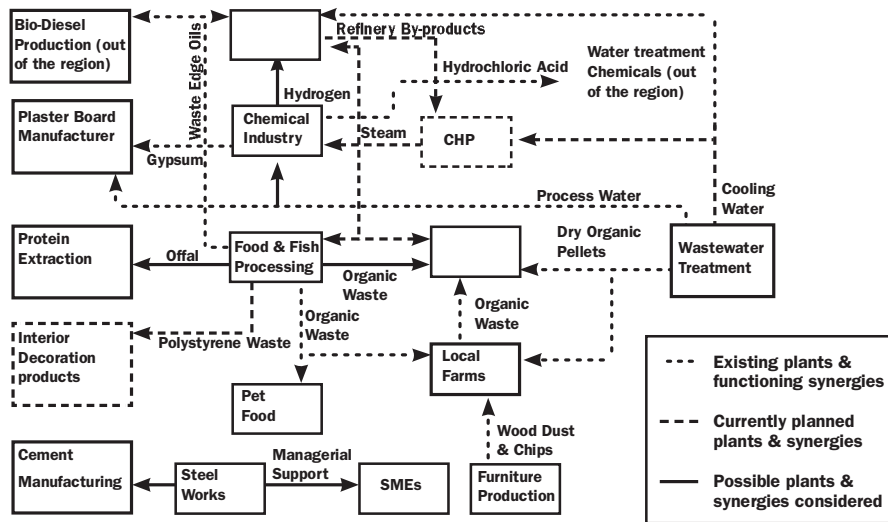


Chart: Existing, planned, and possible synergies in the Humberg area (eco park)

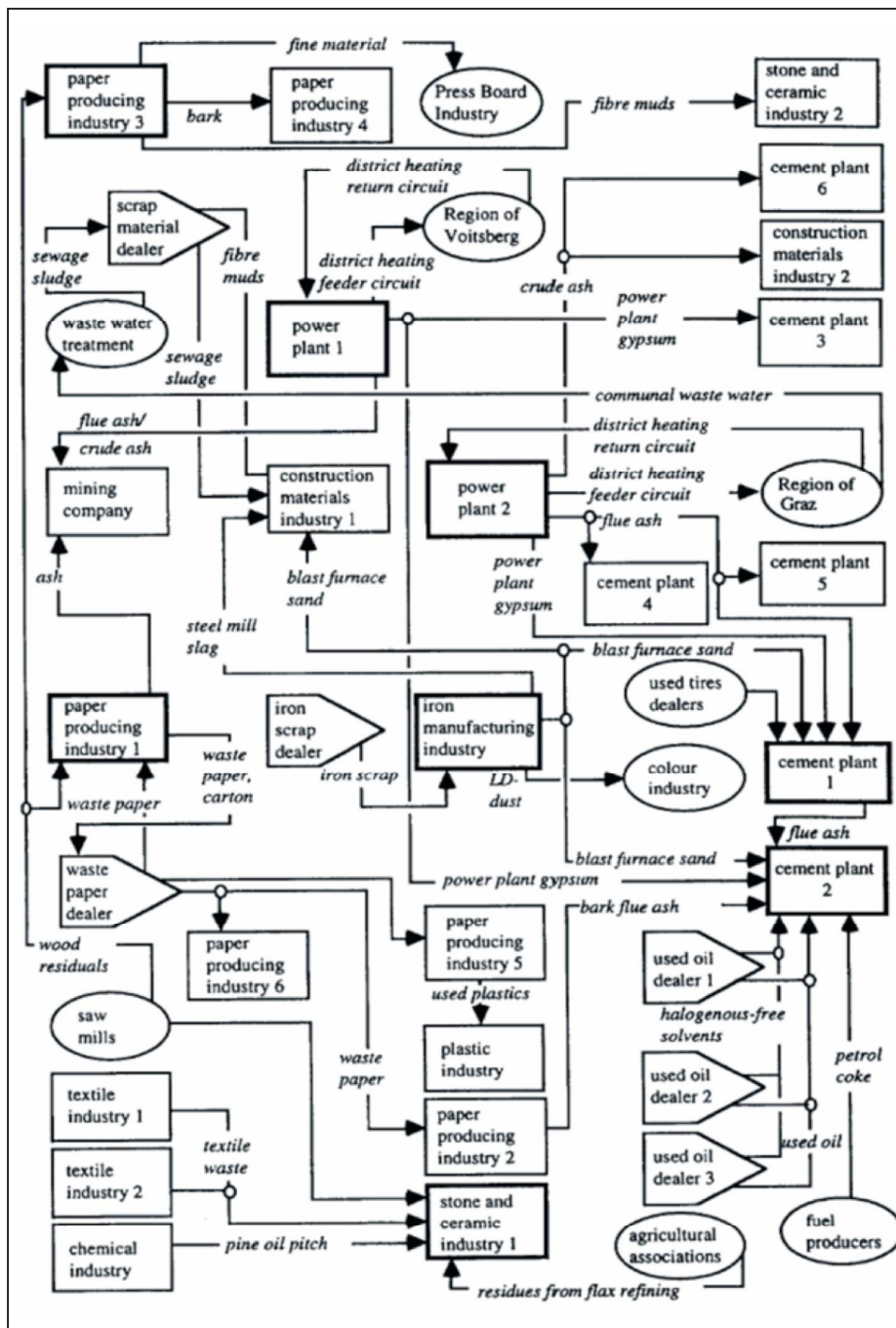


Chart: Operational chart of the material flow between eco-park companies

Lahden ammattikorkeakoulun julkaisu

Sarja C Artikkelikokoelmat, raportit ja muut ajankohtaiset julkaisut, osa 49

Heimo Tuomala

YMPÄRISTÖMYÖNTEINEN TUOTESUUNNITTELU

Lahden ammattikorkeakoulun julkaisusarja

A Tutkimuksia

B Oppimateriaalia

C Artikkelikokoelmat, raportit ja muut ajankohtaiset julkaisut

ISSN 1457-8328

ISBN 978-951-827-084-6



BLUEHUT 