

VIHREÄN
SIIRTYMÄN
TUOTEKEHITYS

TUOTESUUNNITTELUA YMPÄRISTÖN NÄKÖKULMASTA

Oppimateriaali 2024

Liisa Saukonoja



VIHREÄN
SIIRTYMÄN
TUOTEKEHITYS



Johdanto

Oppimateriaali käsittelee tuotesuunnittelua ympäristön näkökulmasta.

Materiaali sisältää:

- Ympäristönäkökohtien yhdistäminen tuotesuunnitteluprosessiin
- Yleisiä periaatteita, menetelmiä ja työkaluja
- Suunnittelusääntöjä, joiden avulla tuotteita voidaan suunnitella ympäristöystävällisemmin
- Linkkejä, joista saa aiheisiin liittyvää lisätietoa



DFE-Design for Environment

- Ympäristönäkökohdat huomioidaan jo suunnittelun alkuvaiheessa
- Säästetään luonnonvaroja
- Kehitetään tuotteen uudelleenkäyttöä ja kierrätettävyyttä
- Vähennetään saasteiden ja jätteiden syntymistä
- Huomioidaan koko tuotteen elinkaari
- Tuotesuunnittelulla voidaan merkittävästi (jopa 80%) vaikuttaa tuotteen koko elinkaaren aikana syntyviin ympäristövaikutuksiin
- DFE-käsite on käytössä maailmanlaajuisesti. Sen lisäksi käytössä on myös käsitteet, kuten Eco-Design (ekosuunnittelu), Life-Cycle Design (elinkaarisuunnittelu), ECD - Environmentally conscious design (ympäristötietoinen suunnittelu) jne.

Tavoitteet

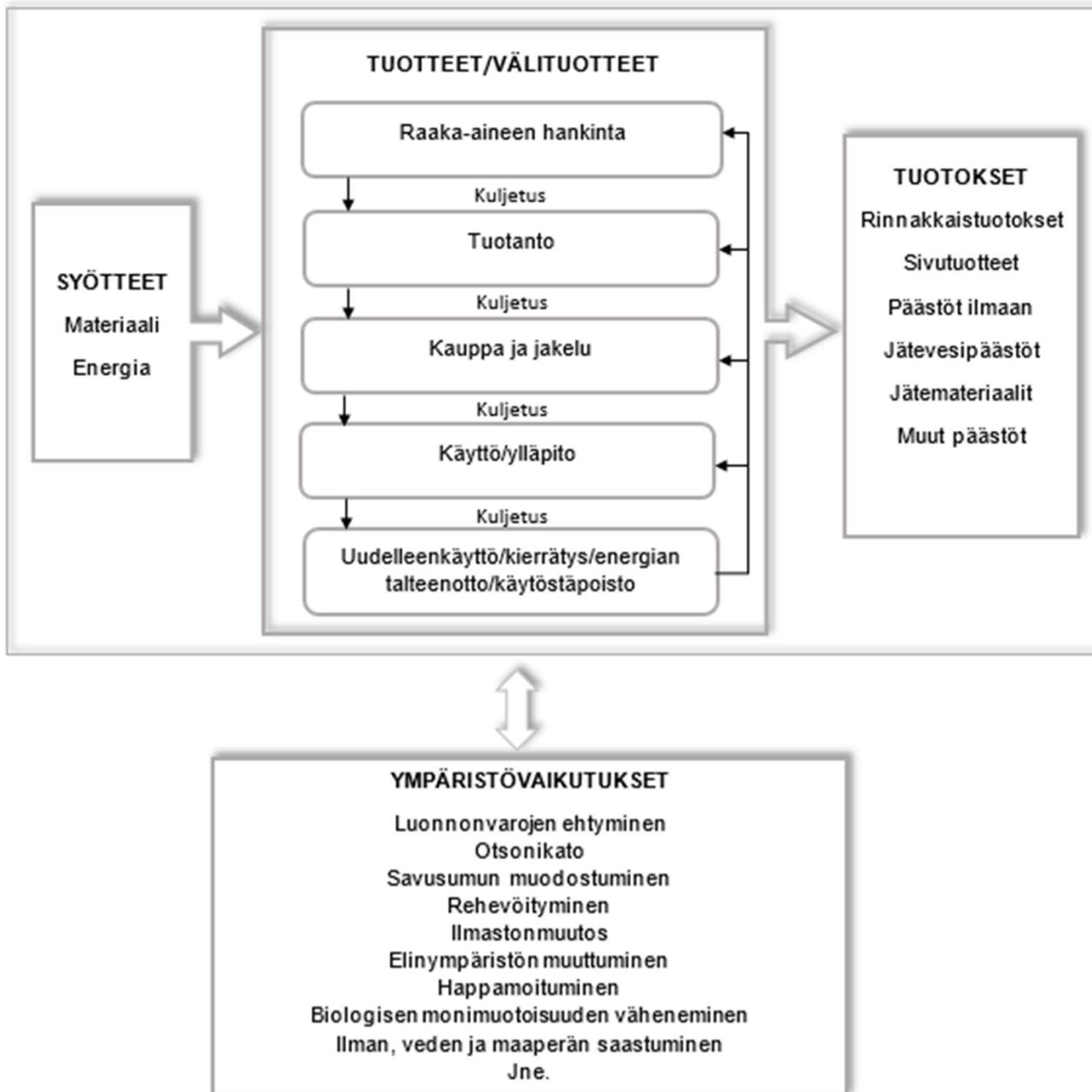
Vähentää haitallisia ympäristövaikutuksia

Suojella ympäristöä

Taata ihmisen terveys ja turvallisuus

Turvata luonnonvarojen saatavuus tuleville sukupolville

DFE



- Syötteet koostuvat materiaaleista ja energiasta, joita käytetään tuotteen elinkaaren eri vaiheissa, kuten tuotteen valmistuksen, käytön, toimituksen tai asennuksen aikana sekä esim. tuotteen eliniän pidentämiseen käytetyistä varaosista
- Tuotoksia ovat valmiin tuotteen lisäksi hylätyt tuotteet ja materiaalit, päästöt, jätteet jne.
- Ympäristövaikutukset johtuvat tuotteen elinkaaren aikaisista syötteistä ja tuotoksista ja ne voivat ilmetä missä tahansa elinkaaren vaiheessa
- Tuotteisiin käytetyistä resursseista vain murto-osa näkyy asiakkaalle valmiin tuotteen muodossa. Suurin osa resursseista käytetään tuotteen elinkaaren muissa vaiheissa ja ne vapautuvat ympäristöön roskien, jäteveden ja päästöjen muodossa

DFE:n etuja

Etuja voivat olla mm.:

- Jätteenkäsittely- ja energiankäyttökustannukset alenevat
- Tuotetietous lisääntyy
- Innovointi ja uusien tuotteiden kehittäminen kierrätysmateriaaleista lisääntyy
- Yrityksen imago ja suhteet viranomaisiin paranevat
- Riskit vähenevät
- Rahoittajien ja sijoittajien kiinnostus lisääntyvät



Kiertotalous

Kiertotalousmalli:
vähemmän raaka-aineita,
vähemmän jätettä, vähemmän päästöjä

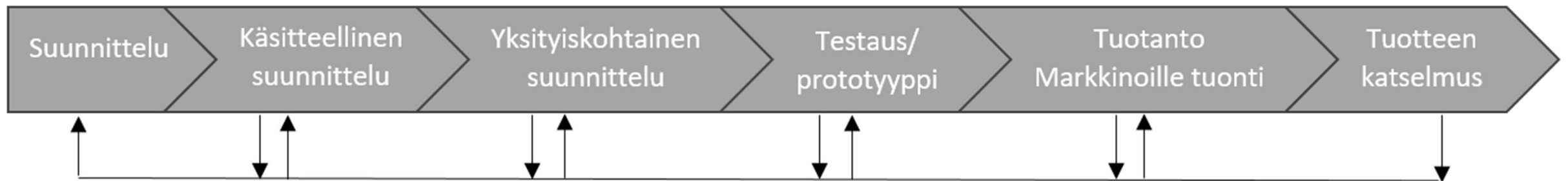


- EU julkaisi 2020 uuden kierrotalouden toimintasuunnitelman
- Tavoitteena on edistää kierrotaloutta ja tehdä tuotesuunnittelusta kestävä
- Kiertotaloudella tarkoitetaan mallia, jossa tuotanto ja kulutus vastaavat maapallon kantokykyä
- Tavoitteena on, että tulevaisuudessa kaikki EU:n markkinoille tulevat tuotteet ovat mm. kestäviä, huollettavia, uudelleenkäytettäviä ja turvallisesti kierrätettäviä
- Toimet kohdistuvat toimialoihin, jotka käyttävät paljon resursseja, kuten elektroniikka, ajoneuvot, pakkaukset ja muovit
- Kiertotalousohjelma, Valtioneuvosto:



Ympäristönäkökohtien yhdistäminen tuotekehitysprosessiin

- Ympäristönäkökohtien huomioon ottaminen suunnittelussa voi vaihdella eri yrityksissä ja tuotteissa, mutta se kannattaa ottaa mukaan tuotesuunnitteluun mahdollisimman varhaisessa vaiheessa
- Useita menetelmiä ja työkaluja kannattaa ottaa käyttöön jo prosessin *alkuvaiheessa* ja niitä voidaan *toistaa* prosessin aikana
- Prosessin edetessä kannattaa tehdä arviointia ja toistaa suunnitteluvaiheita
- Yleisesti tuotesuunnitteluprosessi voi sisältää seuraavia vaiheita:



Suunnittelu

Tässä vaiheessa ympäristön huomioon ottavaan suunnitteluun voi sisältyä esimerkiksi:

- Ympäristönäkökohtien tunnistaminen, joihin suunnittelulla voidaan vaikuttaa
- Elinkaariajattelun sisäistäminen
- Sidosryhmien vaatimusten tunnistaminen:
 - Asiakkaan tarpeet ja odotukset: tekninen suorituskyky, toimivuus, ympäristötietoisuus jne.
 - Lakisääteiset ympäristöä koskevat vaatimukset
- Ympäristövaatimusten tunnistaminen, kuten luonnonvarojen säästäminen, vaarallisten aineiden välttäminen, päästöjen ehkäiseminen ja jätteen vähentäminen
- Perehtyminen kilpailevien tuotteiden ympäristöprofiiliin

Ympäristönäkökohtien tunnistaminen

Ympäristönäkökohtien tunnistamisen ja ympäristövaikutusten arvioinnin tueksi voidaan pohtia mm. kysymyksiä:

- Kuinka paljon ja minkä tyyppisiä materiaaleja tai lisäaineita käytetään?
- Mitä kulkuvälineitä käytetään materiaalin hankkimiseen tai jakeluun?
- Kuinka paljon energiaa kuluu tuotteen tuotannossa tai käytön aikana?
- Mikä on tuotteen tekninen tai esteettinen käyttöikä?
- Miten tuote hävitetään?
- Voidaanko tuotetta tai materiaaleja käyttää uudelleen?



Elinkaariajattelu

- Ympäristötietoinen suunnittelu perustuu elinkaariajatteluun
- Tuotteen elinkaari alkaa siitä hetkestä, kun materiaali hankitaan ja päättyy siihen kun tuote käyttöiän lopussa hävitetään/kierrätetään tms.
- Tuotteen elinkaaren sisältyy tuotteen valmistus, käyttö ja jakelu
- Elinkaariajattelussa otetaan huomioon tuotteen aiheuttamat ympäristövaikutukset kokonaisuudessaan tuotteen elinkaaren ajalta riippumatta siitä, mitä elinkaaren vaihetta suunnittelupäätökset koskevat
- Huomioidaan myös esim. tuotannon aikaiset välituotteet ja tukimateriaalit, vaikka ne eivät esiinny valmiissa tuotteessa
- Pyritään löytämään optimaaliset ratkaisut haitallisten ympäristövaikutusten minimoimiseksi, mikä edellyttää kompromisseja erilaisten valintojen välillä



Lainsäädäntö

Lainsäädäntö edellyttää tuotteen suunnittelussa huomioimaan mm. ympäristö- ja turvallisuuskysymyksiä. Esimerkkejä:

- *Ekosuunnitteludirektiivi 2009*, jonka tavoitteena on parantaa tuotteiden ekotehokkuutta ja vähentää haitallisia ympäristövaikutuksia. Ehdotus 2022: *Asetus kestävien tuotteiden ekologiselle suunnittelulle asetettävien vaatimusten puitteista*, joka korvaisi ekosuunnitteludirektiivin
- *Kuluttajaturvallisuuslaki 2011*, tarkoituksena on mm. varmistaa kulutustavaroiden turvallisuus ja ehkäistä tavaroiden aiheuttamia terveyshaittoja
- *Energiatehokkuusdirektiivi 2023* (uudelleen laadittu), jolla säädetään mm. energiatehokkuustavoitteet ja energiansäästövelvoitteet
- *Jätelaki 2011*, jonka tavoitteena on mm. kiertotalouden edistäminen, jätteen määrän ja sen haitallisuuden vähentäminen sekä jätehuollon toimivuuden varmistaminen. EU:n neuvostolta tuli *uudet jätehuoltoon koskevat säännöt* (2018), jossa on tavoitteet jätteen uudelleenkäytön valmistelulle ja kierrätykselle ja kaatopaikkajätteen vähentämiselle
- *Konedirektiivi 2006*, jonka tavoitteena on yhdenmukaistaa vaatimukset EU:n alueella ja taata koneiden turvallisuus. Direktiivissä kerrotaan jokaista konetta koskevat vähimmäisvaatimukset koskien mm. merkintöjä, käyttö- ja huolto-ohjeita sekä suunnittelun ja valmistuksen terveys- ja turvallisuusvaatimuksia

Lisätietoa:



Lainsäädäntö

(jatkoa)

- *Ympäristönsuojelulaki* 2014, jonka tarkoituksena on mm. vähentää päästöjä, torjua ympäristövahinkoja, vähentää jätettä ja ehkäistä niiden aiheuttamia haittavaikutuksia
- *REACH (Registration, Evaluation, Authorisation and restriction of CHemicals) – Asetus* 2006, joka koskee kemiallisten aineiden käyttöä ja sen tarkoituksena on mm. varmistaa terveyden- ja ympäristönsuojelu. Asetuksessa säädetään kemikaalien rekisteröinnistä, arvioinnista, lupamenettelyistä ja rajoituksista.
- *Laki vaarallisten aineiden käytön rajoittamisesta sähkö- ja elektroniikkalaitteissa* 2013. RoHS (Restriction of Hazardous Substances) – lainsäädännön tarkoituksena on vähentää vaarallisten aineiden käyttöä ihmisen terveyden ja ympäristön suojelemiseksi sekä parantaa laitteiden hyödyntämistä ja loppukäsittelyä ympäristöystävällisemmäksi
- *Valtioneuvoston asetus sähkö- ja elektroniikkalaiteromusta* 2014, jonka tarkoituksena on mm. parantaa sähkö- ja elektroniikkalaitteiden hyödyntämistä ja kierrättämistä käyttöiän lopussa
- *SUP -direktiivi (Single Use Plastics)* 2019, jonka tavoitteena on mm. edistää kiertotaloutta ja vähentää muoviviroskan määrää ympäristössä. Direktiivi edellyttää direktiivin soveltamisalaan kuuluville tuoteryhmille vaatimuksia mm. ominaisuuksiin, merkintöihin ja erilliskeräyksiin liittyen

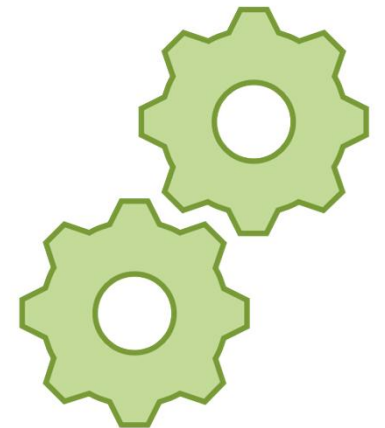
Lisätietoa:



Työkaluja

Suunnitteluprosessin alkuvaiheessa voidaan ottaa useita työkaluja käyttöön, kuten:

- Tarkistuslistat, SWOT-analyysit, Pareto-diagrammit, pisteytysmatriisit ym. laadulliset työkalut
- Benchmarking
- QFD (Quality Function Deployment) ja FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) eli vika- ja vaikutusanalyysi
- LCA (Life Cycle Assessment) eli elinkaariarviointi olemassa olevista tuotteista
- Vaaran ja riskien arviointi



Tarkistuslistat

(liittyen ympäristönäkökohtiin)

- Tarkistuslistat ovat yksinkertaisia laadullisia työkaluja, joiden avulla voidaan tunnistaa kohtia, joissa esim. materiaalia ja energiankulutusta voidaan vähentää tai purkamista/kierrätystä tms. voidaan parantaa
- Valonia on julkaissut erilaisia tarkistuslistoja, joita yritykset voivat käyttää ympäristönäkökohtien tunnistamiseen.

Valonian tarkistuslistat: 

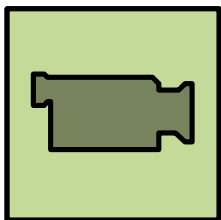
- Tuotekehitys- ja suunnitteluprosessissa voidaan soveltaa mm. Materiaalit ja resurssitehokkuus sekä tuotteen elinkaari –tarkistuslistaa, joka löytyy täältä: 



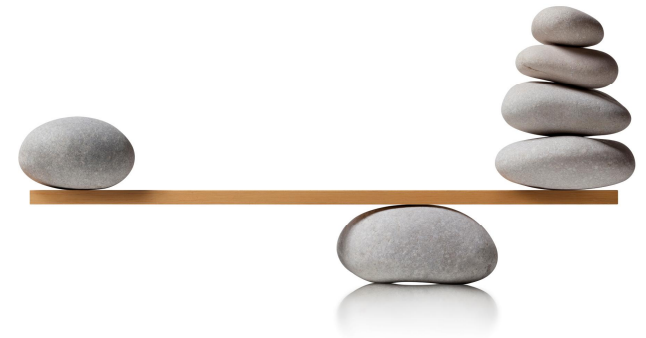
Benchmarking

Tuotesuunnittelun alkuvaiheessa voidaan tehdä vertailevaa arviointia markkinoilla olevien tuotteiden ominaisuuksista, joilla on vaikutusta ympäristöön. Vertailussa saadaan tietoa, joka voi auttaa esim. ympäristötavoitteiden laatimisessa. Näitä fyysiisiin suureisiin perustuvia ominaisuuksia voivat olla esimerkiksi:

- Toiminnan ja valmiustilan aikainen energiankulutus
- Käytettyjen materiaalien paino
- Kuljetusetäisyys
- Ruuvien lukumäärä

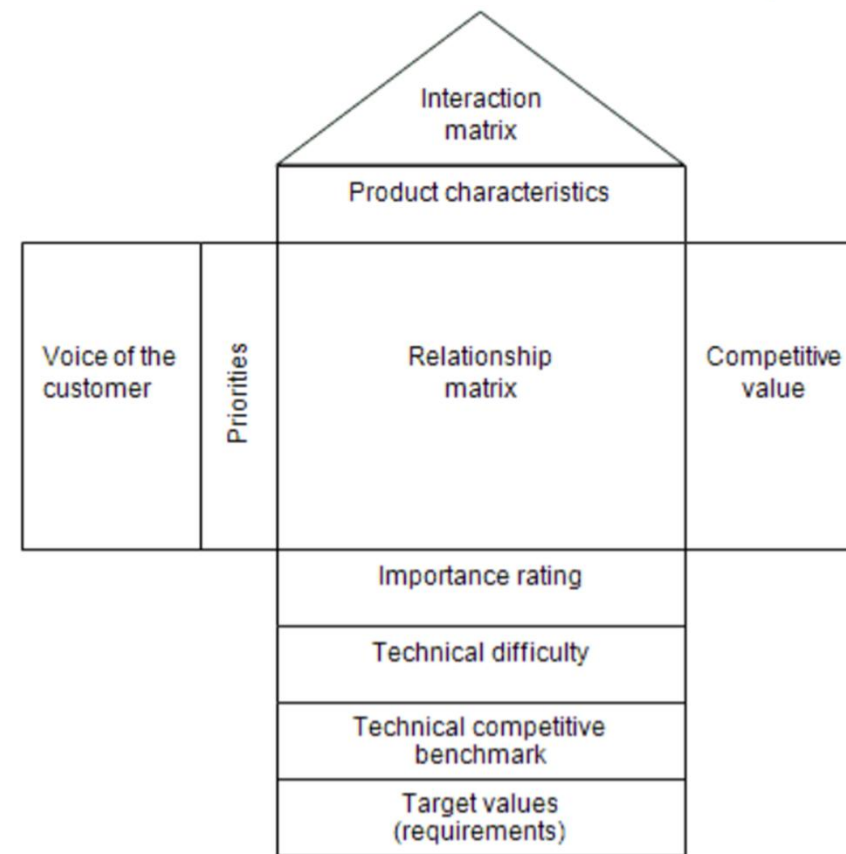


YouTube: What Is Environmental Benchmarking. Video kertoo ympäristövertailusta, jonka avulla voidaan arvioida ympäristönsuojelun tasoa sekä tunnistaa tapoja, joilla suorituskykyä voidaan parantaa.

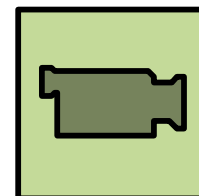


E-QFD – Environmental Quality Function Deployment

- Ympäristölähtöisen tuotekehityksen menetelmä
- QFD on työkalu, jonka avulla voidaan yhdistää sidosryhmien vaatimukset ja tuotteen ominaisuudet
- Vaakariveille asiakkaan ympäristövaatimukset
- Sarakkeisiin ympäristöparametrit, joihin suunnittelulla voidaan vaikuttaa ja joiden arvot ovat mitattavissa (kuten materiaalien paino ja tilavuus, tehonkulutus, päästöt, kierrätettävyyssaste)
- "Katto" kuvaa parametrien vuorovaikutussuhdetta
- Keskiosan matriisi kuvaa sidosryhmien vaatimusten ja parametrien vuorovaikutussuhteita
- Tuloksena saadaan painoarvot parametrien tärkeydestä sidosryhmien vaatimusten näkökulmasta
- Muuttaa sidosryhmien ympäristövaatimukset suunnitteluparametreiksi
- Auttaa tunnistamaan ympäristönäkökohtia vastaavat ympäristövaikutukset
- Voidaan käyttää DFE:n eri vaiheissa



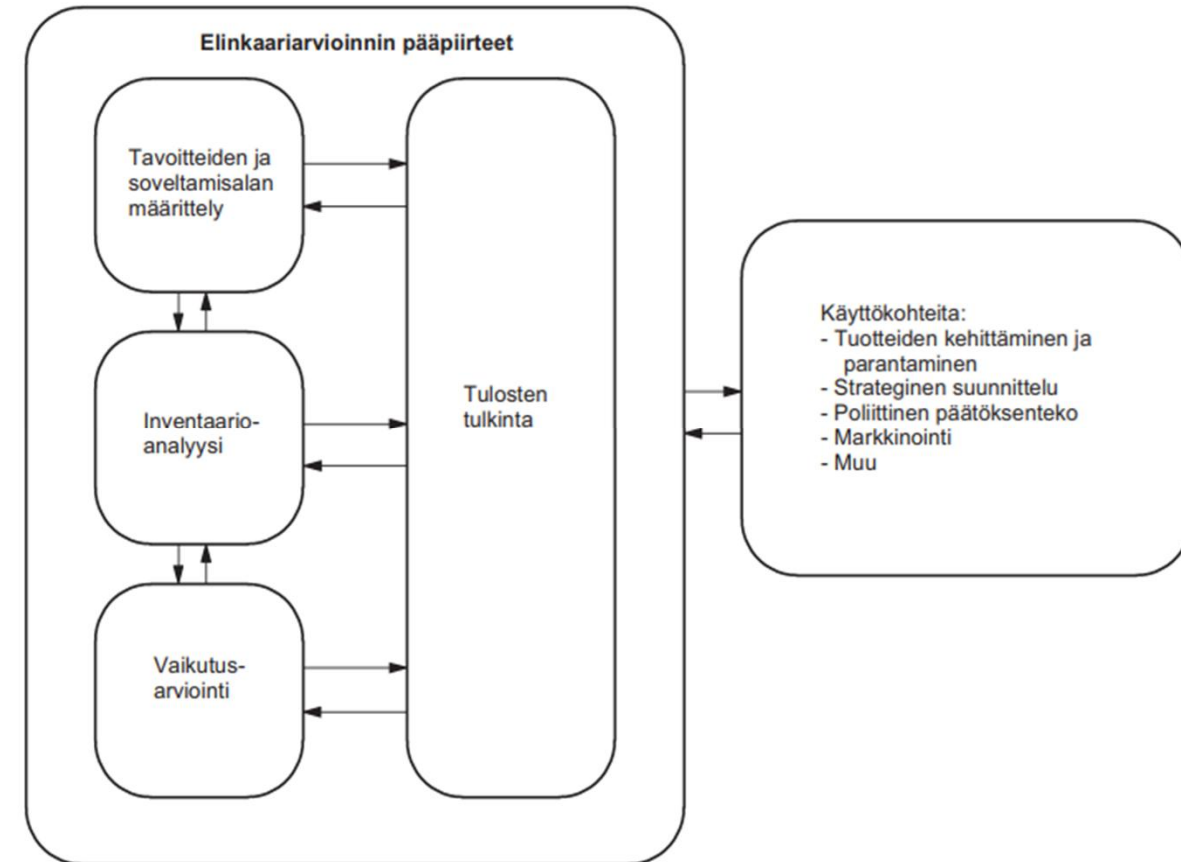
Kuva: <https://asq.org/quality-resources/qfd-quality-function-deployment>



YouTube: Quality Function Deployment & the House of Quality – Simplest Explanation Ever. Videossa esitellään QFD-menetelmän käyttöä

LCA- Life cycle assessment

- LCA = Elinkaariarviointi: tekniikka, jolla voidaan arvioida tuotteen tai palvelun ympäristövaikutuksia koko elinkaaren ajalta
- LCA suoritetaan standardin ISO 14040 mukaisesti
- Elinkaariarviointi sisältää 4 vaihetta (kuva):
 - 1. Määritellään tarkasti tavoitteet ja soveltamisala, kuten tutkittava tuotejärjestelmä, toiminnallinen yksikkö (esim. yksi tuote tai yksi kilo tuotetta) ja järjestelmän rajat sekä syyt selvityksen tekemiselle.
 - 2. Inventaarioanalyysi: kerätään tiedot tuotteeseen käytetyistä materiaaleista ja energiasta sekä ympäristöön päätyneistä tuotoksista määrällisinä jokaisessa elinkaaren vaiheessa ja suhteutetaan ne toiminnalliseen yksikköön
 - 3. Arvioidaan inventaarioanalyysin tietojen pohjalta potentiaalisia ympäristövaikutuksia
 - 4. Tulosten arviointi: Arvioidaan aiempien vaiheiden tuloksia ja verrataan määriteltyyn tavoitteeseen ja soveltamisalaan. Tämän pohjalta tehdään johtopäätöksiä ja suosituksia.



Kuva: SFS-EN ISO 14040:2006

Elinkaariarviointi menetelmänä

Laadukkaan lähtötiedon avulla kokonaisvaltaiseen vaikutusten arviointiin

TAVOITTEET JA SOVELTAMISALA

toiminnallinen yksikkö
järjestelmän rajat
data



VAIKUTUSARVIOINTI*

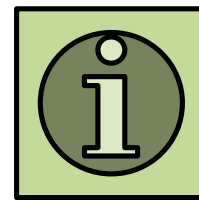


© SYKE

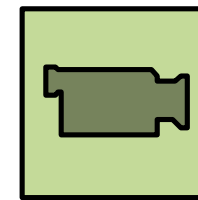
Kuva: Suomen ympäristökeskus

LCA

- Elinkaariarvioinnin haastavin vaihe on vaikutusarviointi, koska tietoa ei ole riittävästi kaikista vaikutuksista eri aineiden vapautuessa ympäristöön
- Vaikutukset voivat liittyä ympäristöön, terveyteen tai turvallisuuteen
- Ne voivat olla myös taloudellisia, kuten luonnonvarojen ehtyminen
- Ne voivat vaikuttaa paikallisesti, alueellisesti tai globaalisti
- Vaikutusanalyysissä voidaan hyödyntää yksinkertaistettuja malleja, joissa on suhteellisia arvoja ympäristövaikutuksista useissa eri vaikutusluokissa



Elinkaariarviointi,
Suomen ympäristökeskus



YouTube: LCA lecture: Mitä tulee tietää LCA: sta, jotta sitä voidaan käyttää suunnittelun alkuvaiheessa

Vaaran ja riskien arviointi



- Riskianalyysissä on kysymys riskien luonteen ja ominaisuuksien ymmärtämisestä ja niiden todennäköisyyden, vaikuttavuuden ja hallintakeinojen ym. tarkastelusta. Tätä edeltää mahdollisten riskien tunnistaminen
- Ympäristöriskit kohdistuvat ihmisen terveyteen tai ympäristöön ja ne voivat aiheuttaa pitkäaikaista altistumista päästöille tai ne voivat ilmaantua äkillisesti
- Äkilliset ympäristöriskit ovat ympäristövahinkoja ja ne voivat aiheuttaa välitöntä haittaa ja ne voivat ilmaantua satunnaisesti
- Riskien arvioinnin jälkeen on syytä pohtia, miten riskien toteutumista voidaan ehkäistä
- Tärkeintä on pyrkiä eliminoimaan tekijät, jotka voivat aiheuttaa vaaraa
- Lisäksi voidaan pohtia esimerkiksi, onko olemassa turvallisempia vaihtoehtoja tai voidaanko riskeihin vaikuttaa suunnittelun tai ohjeistuksen avulla
- Yritysten täytyy noudattaa ympäristölainsäädäntöä ja kantaa vastuu seurauksista. Yritys on velvollinen korvaamaan aiheuttamansa ympäristövahingot

On olemassa runsaasti erilaisia menetelmiä, joita voidaan käyttää apuna riskien tunnistamiseen ja riskianalyysin tekemiseen. Niitä on esitetty standardissa SFS-EN IEC 31010:2019 ja niitä voidaan soveltaa monenlaisissa toimintaympäristöissä.

Vaaran ja riskien arviointi

Esimerkkejä ympäristöriskeistä:

- Maanalaisten säiliöiden tms. rikkoutuminen, mikä voi aiheuttaa maaperän tai pohjaveden saastumista
- Suodattimien rikkoutuminen, joka voi aiheuttaa terveyshaittaa päästöjen vuoksi
- Kemikaalien joutuminen viemäriin, jolloin päästöjä voi kulkeutua puhdistamoille, maaperään, pohjaveteen tai vesistöihin
- Melu, joka estää lintujen pesinnän
- Vanhat kaatopaikat, jotka aiheuttavat maaperän ja pohjaveden saastumista



Ympäristöriskien tunnistamiseen voidaan käyttää apuna esim. FMEA:a (failure mode and effects analysis) eli vika- ja vaikutusanalyysiä. Siinä laitteisto, prosessi tms. tutkittava asia jaetaan osiin ja tarkastellaan jokaisen osan kohdalta mahdollisia vikoja, joita voi syntyä, sekä sen syitä ja seurauksia. Sen lisäksi arvioidaan, onko vika vaaraton vai haitallinen sekä miten se voidaan havaita ja miten siihen on varauduttu.

Käsitteellinen suunnittelu

Ympäristötietoisen
tuotesuunnitteluprosessin
vaiheessa voidaan hyödyntää
seuraavia tekniikoita ja työkaluja

- Ohjeet ja tarkistuslistat
- Suunnittelusäännöt
- Materiaalitietokannat

Tässä vaiheessa luodaan
tuotesuunnitteluspesifikaatio,
sisältää myös ympäristö-

Ohjeita:



- Ohjeet ovat laadullisia työkaluja, joiden avulla voidaan arvioida mm. ympäristösuorituskyvyn vaatimuksia ja ympäristövaikutuksia
- Telenko ym. (2008) ovat laatineet 68-kohtaisen listan DFE-ohjeista, jotka kattavat jokaisen elinkaaren vaiheen ja joiden avulla voidaan vähentää haitallisia ympäristövaikutuksia. Ohjeet tähtäävät resurssien minimoimiseen sekä niiden tehokkaaseen ja kestäväan käyttöön. Näistä esimerkkejä:

- Määrittele uusiutuvat luonnonvarat ja energiamuodot.
- Määritä keskenään yhteensopivat materiaalit ja kiinnikkeet kierrätystä varten.
- Varmista, että jätteet ovat vesipohjaisia tai biohajoavia.
- Käytä suojausta ehkäisemään epäpuhtauksien ja vaarallisten aineiden vapautumista ympäristöön.
- Määritä vaarattomat ja ympäristön kannalta puhtaat aineet.
- Suunnittele tuote niin, että tuotannon aikainen materiaalihävikki jää mahdollisimman pieneksi.
- Minimoi komponenttien määrä.
- Käytä mahdollisimman vähän valmistusvaiheita.



Ohjeita:

(jatkoa)

- Määritä kevyet materiaalit ja komponentit kuljetus huomioiden.
- Maksimoi järjestelmän tehokkuus eri käyttöolosuhteissa.
- Varmista tuotteen käytön aikainen nopea lämmitys ja virrankatkaisu.
- Käytä toimintoja, joissa käyttäjä saa tietoa käyttämästään veden- ja energiankulutuksen määrästä.
- Paranna estetiikkaa ja toimivuutta varmistaaksesi, että esteettinen käyttöikä on yhtä pitkä kuin tekninen käyttöikä.
- Merkitse tuotteeseen ohjeet puhdistettavista/kunnossapidettävistä osista.
- Salli toistuva purkaminen ja uudelleen kokoaminen.
- Minimoi liitoselementtien lukumäärä ja valikoima.
- Varmista, että yhteensopimattomat materiaalit ovat helposti erotettavissa.
- Määritä kaikki liitokset niin, että ne voidaan irrottaa käsin tai yksinkertaisilla työkaluilla.



Suunnittelusääntöjä

- Ympäristöä koskevia velvoittavia sääntöjä voivat olla esim. ympäristöön tai terveyteen liittyvät vaatimukset, kuten kiellettyjen materiaalien käyttö
- Ympäristötietoisien tuotesuunnittelun opastavia suunnittelusääntöjä ovat mm:
 - materiaalin ja energian vähentäminen
 - päästöjen ja vaaran vähentäminen
 - kierrätettävyyden ja uudelleenkäytön huomioiminen

➔ Näitä voidaan soveltaa yritys- ja tuotekohtaisesti

- Suunnittelussa voidaan käyttää apuna menetelmiä ja työkaluja, joiden avulla voidaan esimerkiksi arvioida materiaalien ympäristövaikutuksia sekä kustannuksia, resurssitehokkuutta ja toiminnallista suorituskykyä



Materiaalin ja energian vähentäminen

- Otetaan huomioon jokainen elinkaaren vaihe, jossa materiaalia ja energiaa kuluu
- Voidaan vähentää esim. prosesseissa, jotka liittyvät materiaalien hankintaan, valmistukseen, jakeluun, käyttöön ja talteenottoon
- Optimoidaan materiaalien ja energian käyttö säilyttämällä mm. tuotteen suorituskyky ja kestävyys



Materiaalia ja energiaa voidaan vähentää esimerkiksi:

- Pienentämällä tuotteen kokoa
 - Valitsemalla kevyempiä materiaaleja
 - Nostamalla nestemäisten tuotteiden pitoisuuksia
- => Nämä vähentävät myös polttoaineen kulutusta kuljetuksen tarpeen vähentyessä
- Vähentämällä pakkausmateriaalien käyttöä
 - Vaihtamalla paperiset dokumentit sähköisiin
 - Käyttämällä kierrätettyä materiaalia tuotteiden valmistuksessa
 - Käyttämällä uusiutuvia materiaaleja tuotteissa
 - Lisäämällä tuotteen kestävyyttä, jolloin käyttöikä pitenee (tarpeellista ottaa huomioon myös esteettinen käyttöikä, jotta se vastaa teknistä käyttöikää, eikä toimivaa laitetta heitettäisi pois)
 - Pidentämällä käyttöikää suunnittelemalla tuote korjattavaksi/uudelleenvalmistettavaksi tai helpottamalla tuotteen ylläpitoa
 - Suunnittelemalla monikäyttöisiä laitteita, jolloin laitteen ekotehokkuus paranee

Materiaalin ja energian vähentäminen

- Yrityksen *toiminnoissa* energian käyttöä voidaan vähentää esim. parantamalla lämmitysjärjestelmiä ja valaistusta energiatehokkaammaksi
- Resursseja voidaan vähentää *tavarantoimitus- ja asiakasprosesseissa*:
 - Lyhentämällä tuotteen tai sen komponentin kokonaiskuljetusmatkaa lähettämällä esim. eri toimittajalta tuleva osa suoraan asiakkaalle
 - Sallimalla pidemmät toimitusajat
 - Optimoimalla tuotteen muoto ja pakkaus vähentämään kuljetettavaa määrää
 - Laskemalla kuljetuksen ja säilytyksen aikaisia energiaa kuluttavia vaatimuksia (esim. lämpötila)
 - Pienentämällä varastoissa olevaa tavaramäärää, mikä vähentää myös tuotteiden pilaantumisen riskiä
- *Käytön aikaista* energian- tai materiaalin kulutusta voidaan vähentää suunnittelemalla:
 - automaattinen virrankatkaisu laitteille, joita ei ole käytetty vähään aikaan
 - energiatehokkaampia laitteita, esim. kotitalouden sähkölaitteet
 - tuotteita, jotka eivät vaadi huoltoa tai varaosia käytön aikana (kuten akut ja mustekasetit)
- Resurssien hyödyllisyyttä voidaan lisätä käyttämällä *jätettä tai sivutuotteita* muiden prosessien *raaka-aineena*
- Resursseja voidaan vähentää tarjoamalla *palveluja* tuotteen sijasta. Asiakkaan ei välttämättä tarvitse omistaa tuotetta, jonka hän tarvitsee. Tämä voi myös helpottaa tuotteen uudelleenkäyttöä ja kierrättämistä



Päästöjen ja vaaran vähentäminen

- Materiaalin ja energian vähentäminen tuotteessa vähentää luonnollisesti myös jätettä ja päästöjä
- Sen lisäksi täytyy ottaa huomioon käytettävien materiaalien vaikutukset ympäristöön ja ihmisen terveyteen
- Päästöjä ja vaaraa voidaan vähentää tekemällä muutoksia tuotteessa ja prosessissa, esim.
 - Rajoittamalla terveydelle tai ympäristölle vaarallisten aineiden käyttöä
 - Käyttämällä tuotteessa tai pakkauksessa materiaalia, joka ei päästä (tai vain vähän) haihtuvia orgaanisia yhdisteitä (VOC-volatile organic compound)
 - Valmistamalla biohajoavia tuotteita (kuten muovipussit, pesuaineet)
 - Vähentämällä vaarallisten kemikaalien käyttöä valmistusprosesseissa
 - Vähentämällä tuotannon prosesseissa syntyvää jätteen määrää sekä hyödyntämällä jätettä kierrättämällä (kuten kuormalavat, hylky- ja ylijäämämateriaali, liuottimet, prosessivesi)
 - Vähentämällä kemikaalien käyttöä korvaamalla perinteiset liuottimet ja maalit vesipohjaisilla
 - Käyttämällä tuotannossa esim. hapettimia, suodattimia ja kaasunpesureita
 - Parantamalla pakokaasujen talteenottoa

Ympäristön kannalta on kuitenkin hyödyllisempää etsiä ratkaisuja ehkäisemään saasteiden ja jätteen syntymistä, kuin pohtia syntyvien jätteiden ympäristövaikutusten pienentämistä



Kierrätettävyyden lisääminen



- Tärkeää on minimoida jätteen synty ja huolehtia siitä, että mahdollisimman paljon materiaaleista (välituotteet ja pakkausmateriaalit ym. mukaan lukien) voidaan käyttää uudelleen tai kierrättää
- Kierrättämiseen hyödynnettävää materiaalia voi syntyä tuotteen valmistusvaiheessa (valmistusjäte), tuotteen käytön aikana (esim. vaihto-osat) tai tuotteen käytön jälkeen
- Tuotteita voidaan käyttää uudelleen sellaisenaan tai eri muodossa kuin alkuperäinen tuote tai kierrätettyä materiaalia voidaan hyödyntää uuden tuotteen valmistuksessa
- Materiaalien tunnistamista ja niiden kierrättämistä voidaan helpottaa *merkintöjen avulla*

Kierrättämismahdollisuuksia voidaan parantaa mm. *muotoilulla, suojauksella, liitoksien valinnalla ja materiaalinvalinnalla* ottamalla huomioon esimerkiksi:

- Materiaalien yhteensopivuus (vähentää materiaalien erottamisen tarvetta)
- Korroosion minimoiminen
- Puhdistettavuus
- Purkamisen helpottaminen
- Vaikeasti erotettavien epäpuhtauksien välttäminen materiaalissa (kuten liimat, maalit, etiketit)

Purkamisen helpottaminen



- Purkamisen helpottaminen mahdollisimman yksinkertaiseksi helpottaa yhteensopimattomien materiaalien erottamista toisistaan sekä helpottaa osien kunnostusta ja vaihtoa

➔ Tekee kierrättämisestä helpompaa

- Tärkeää helpottaa erityisesti arvokkaiden ja niukasti saatavilla olevien materiaalien purkamista
- Liitokset kannattaa suunnitella kestävämmän tuotteen käyttöiän ajan sekä kestävämmän purkamista ja uudelleen kokoamista

Osien purkamista ja niiden puhdistamista voidaan helpottaa esim.

- Sijoittamalla liitokset helposti päästäviin kohtiin
- Käyttämällä liitoksia, jotka voidaan purkaa yksinkertaisesti
- Yksinkertaistamalla koteloiden ja kokoonpanon muotoja
- Vähentämällä osien lukumäärää

Purkamista voidaan nopeuttaa esim. seuraavilla keinoilla:

- Välttämällä jousia ja väkipyöriä, jotka ovat vaikea purkaa
- Minimoimalla hitsien ja liimojen käyttö erotettavien osien välillä
- Vähentämällä ruuvien lukumäärää, jos se on mahdollista
- Käyttämällä jousipidikkeitä ja pikakiinnikkeitä

Ympäristötavoitteet



- Vaatimusten ja ympäristönäkökohtien tunnistamisen pohjalta määritellään ympäristöön vaikuttavat ominaisuudet, jotka otetaan suunnittelussa huomioon
- Ominaisuudet voivat liittyä esim. painoon, tilavuuteen, tehonkulutukseen, päästöihin tai kierrätettävyyssasteeseen
- Määritellään strategia ympäristötietoisen suunnittelun toteuttamiseksi
- Lisäksi määritellään muut tuotteen vaatimat ominaisuudet, kuten tuotteeseen kuuluvat toiminnot, turvallisuus ja laatu
- Näiden pohjalta laaditaan tuotteelle spesifikaatio sekä asetetaan ympäristötavoitteet

Ympäristötietoisen suunnittelun *strategiat* voivat liittyä mihin tahansa elinkaaren vaiheeseen ja ne voivat olla esimerkiksi:

- Materiaalien tai hävikin vähentäminen
- Uusiutuvien tai kierrätettyjen materiaalien käyttäminen
- Energiatehokkaan prosessin valitseminen
- Prosessissa käytettävien materiaalien vähentämisen tai kierrättämisen huomioiminen
- Liikenteen päästöjen vähentäminen kuljetuksessa
- Pakkausmateriaalien vähentäminen tai kierrättäminen
- Tuotteen käyttöiän pidentäminen
- Tuotteen käytön aikaisen energiankulutuksen vähentäminen
- Materiaalien kierrättämisen helpottaminen
- Jätteen määrän vähentäminen

- Strategioiden pohjalta asetetaan *ympäristötavoitteet*, jotka tulee ottaa osaksi organisaation johtamisen yleisiä tavoitteita
- Ympäristötavoitteista tiedottaminen ja dokumentointi auttaa saavuttamaan tavoitteet
- Ympäristötavoitteet voidaan ilmaista esim. määrällisesti tai prosentteina, kuten päästöjen vähentäminen x % tai painon vähentäminen x kg

Ympäristösuorituskyky



- Ympäristöön vaikuttavan suorituskyvyn mittaamisen avulla voidaan mm.:
 - seurata ympäristötavoitteiden ja jatkuvan parantamisen toteutumista
 - viestittää asiakkaille ja muille sidosryhmille tuotteen eduista
- Suorituskyvyn mittaamisen perustana on, että yrityksen täytyy tunnistaa merkittävät ympäristönäkökohdat ja valita sen mukaiset suorituskykyindikaattorit
- Indikaattorit voivat liittyä materiaaleihin, energiaan, päästöihin tai jätteisiin
- Indikaattoreita voidaan ilmaista suhteellisina osuuksina tai prosentteina tai suhteutettuna johonkin (kuten lukumääränä aikayksikköä kohden)

DFE:hen liittyviä suorituskykyindikaattoreita ovat esim.:

- Kierrätetyn materiaalin määrä tuotteessa tai pakkauksessa
- Kulutetun energian tai uusiutuvan energian määrä tuotteen elinkaaren aikana
- Materiaalin ja energian käytön tehokkuus
- Päästöjen määrä, esim. hiilidioksidi, typpi- ja rikkiyhdisteet
- Jätteen määrä tuotetta kohti

Yksityiskohtainen suunnittelu

Yksityiskohtainen suunnittelu

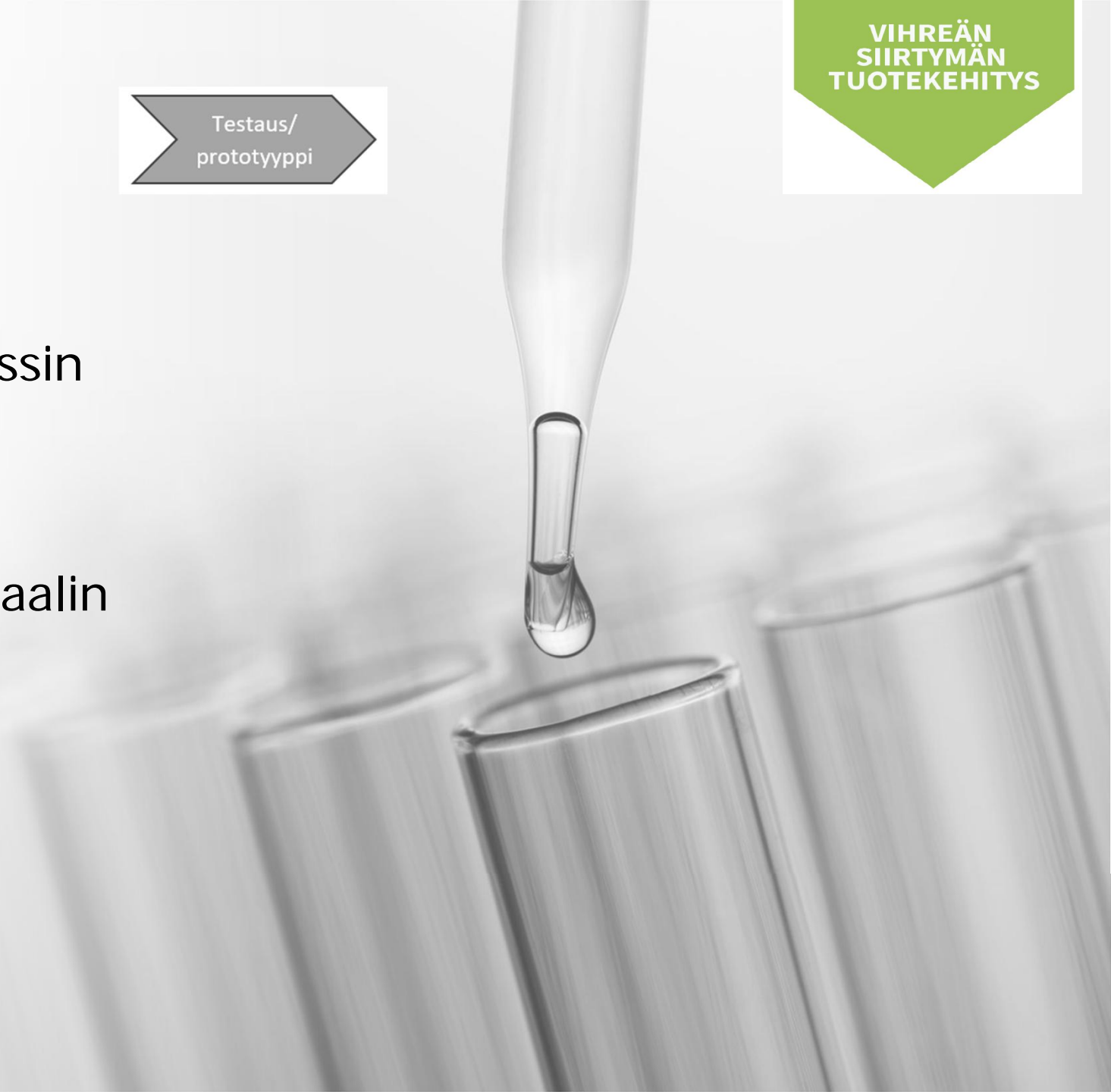
- Konseptia kehitetään täyttämään tuotesuunnitteluspesifikaatio
- Päämääränä ympäristötietoisessa tuotesuunnittelussa on säästää luonnonvaroja ja parantaa tuotteen uudelleenkäyttöä/kierrätettävyyttä sekä ehkäistä saastumista ja jätteen syntyä jne.
- Tässä tuotesuunnitteluprosessin vaiheessa tarvittavaa tietoa voidaan hankkia esim. kierrätys- ja jätehuoltourakoitsijoilta sekä esim. organisaatioilta, jotka tuottavat:
 - materiaaleja
 - komponentteja
 - kulutustavaroita ja tuotteita
- Lisäksi tuotesuunnittelun työkaluina voidaan käyttää materiaalitietokantoja sekä mallinnustyökaluja esim. käytönaikaisen tehokkuuden arvioimiseksi, suunnittelutyökaluja kokoonpanoa ja purkamista varten sekä työkaluja tuotannon ja prosessien optimoimiseksi



Testaus/prototyyppi

Testaus/
prototyyppi

- Tässä tuotesuunnitteluprosessin vaiheessa voidaan arvioida toteutuvatko ympäristö- ym. vaatimukset
- Voidaan testata esim. materiaalin ominaisuuksia ja laatua
- Tarvittaessa voidaan tehdä muutoksia



Tuotanto ja markkinoille tuonti

Tuotanto
Markkinoille tuonti

- Tässä vaiheessa voidaan markkinoida tuotteen ympäristönäkökohtia sekä informoida tuotteen käytöstä ja käytöstä poistamisesta, mikä auttaa tuotteen käyttäjää minimiomaan tuotteen aiheuttamat ympäristövaikutukset
- Voidaan myös laatia ympäristöseloste

Hiilijalanjälki



- Tuotteen hiilijalanjäljen laskenta perustuu elinkaariarviointiin, jossa käsitellään vain yhtä vaikutusluokkaa eli ilmastonmuutosta
- Ilmastonmuutos on seurausta kasvihuoneilmiön voimistumisesta, mikä johtuu kasvihuonekaasujen lisääntymisestä ilmakehässä
- Hiilijalanjälki ilmaistaan hiilidioksidiekvivalenttina, joka on kasvihuonepäästöjen ja -poistumien summa.
- Päästöjä voidaan kompensoida hyvittämällä tuotteen hiilijalanjälkeä vähentämällä kasvihuonepäästöjä jossain muussa organisaation toiminnassa, kuten investoimalla uusiutuvan energian teknologiaan tai metsittämisellä
- Suomen ympäristökeskus (Syke) on kehittänyt *Y-Hiilari työkalun* yrityksen hiilijalanjäljen laskentaan:




Tuotesuunnittelussa kasvihuonekaasujen määrään voidaan vaikuttaa eri valinnoilla liittyen eri elinkaaren vaiheisiin, kuten:

- Materiaalin valinta
- Materiaalin hankinta
- Valmistusmenetelmät
- Kuljetusvaihtoehdot
- Kierrätys
- Käytöstä poistamisen prosessit

Hiilikädenjälki



- Hiilikädenjäljen laskenta on VTT:n ja LUT-yliopiston kehittämä menetelmä, jolla voidaan ilmaista tuotteen positiivisia ilmastovaikutuksia
- Yritykset voivat käyttää sitä apuna viestinnässä ja markkinoinnissa kertomaan parannuksia tuotteessa
- Laskenta perustuu lähtötason ja parannetun tuotteen hiilijalanjälkien laskentaan ja näiden erotukseen
- Tästä lisää: 

Parannuksia voidaan tehdä esimerkiksi:

- Vähentämällä materiaalia
- Pidentämällä tuotteen käyttöikää
- Lisäämällä energiatehokkuutta
- Vähentämällä jätettä
- Edistämällä kasvihuonekaasunieluja

Jalanjälkiviestinnässä tulee kertoa selkeästi, mitä näkökohtaa on tarkasteltu jalanjälkeä laskettaessa ja perustelut tulee olla julkisesti saatavilla. Jalanjälkiviestinnän periaatteet, vaatimukset ja ohjeet esitetään standardissa SFS-EN ISO 14026:2018.

Ympäristömerkit

- Tyypin 1 ympäristömerkit:
 - Ovat vapaaehtoisia
 - Perustuvat useisiin kriteereihin, jotka laaditaan käyttötarkoitukseen sopivaksi. Niissä huomioidaan jokainen elinkaaren vaihe.
 - Myöntää kolmas riippumaton osapuoli
- Tyypin 1 ympäristömerkin käyttö osoittaa asiakkaille, että tuote on parhaimmista ympäristön näkökulmasta omassa tuoteryhmässään
- Tavoitteena on edistää niiden tuotteiden kysyntää ja tarjontaa, joilla on mahdollisimman pienet haitalliset ympäristövaikutukset
- Tyypin 1 ympäristömerkkejä ovat esim. Pohjoismainen ympäristömerkki eli Joutsenmerkki ja EU-ympäristömerkki
- Tyypin 2 ympäristömerkit ovat epävirallisia ympäristömerkkejä, jotka perustuvat yritysten omiin ilmoituksiin
- Niille on laadittu SFS-EN ISO 14021:2016 standardissa yleisiä vaatimuksia lisäämään merkintöjen luotettavuutta
- Vaatimukset kohdistuvat erilaisiin väittämiin ympäristömerkeissä ja niiden täsmällisyyteen, mikä vähentää niiden väärin tulkitsemista

Ympäristömerkeistä lisää:



Ympäristömerkit



Joutsenmerkille on laadittu kriteerit yli 20 tuoteryhmälle ja niissä keskeistä on:

- Ilmastonmuutoksen hillitseminen
- Luonnon monimuotoisuuden säilyttäminen
- Kiertotalouden ja resurssitehokkuuden edistäminen



EU-ympäristömerkille on laadittu kriteerit yli 20 tuoteryhmälle ja niissä keskeistä on:

- Energiatehokkuus
- Kemikaaliturvallisuus
- Kestävästi tuotetut raaka-aineet

Joutsenmerkki
kriteerit:



EU-ympäristömerkki
kriteerit:



Tuotesuunnittelussa ympäristömerkkien kriteerejä voidaan hyödyntää mietittäessä tärkeimpiä ympäristönäkökohtia. Kriteereistä saadaan myös tietoa ympäristönsuojelun tasosta eri tuotteista.

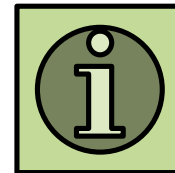
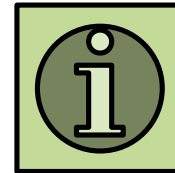
Tuotteen katselmuks

- Kun tuote on tuotu voidaan arvioida kokonais ympäristövaikutuksi ovatko asiakkaiden täytetty jne.
- Palaute auttaa tekemään parannuksia tuotteisiin kehittämään tuotteita haitalliset ympäristö ovat vähentyneet



Hyödyllisiä linkkejä

- Pakkaustuottajayhteisö Sumi Oy on julkaissut oppaan kierrätyskelpoisen muovipakkauksen suunnitteluun. Tästä lisää sekä ladattava opas löytyy täältä:
- Yrityksille on kehitetty kiertotalouden markkinapaikka *Materiaalitori*, jonka avulla yritykset voivat tarjota jätettä ja tuotannon sivuvirtoja hyötykäyttöön:
- Motiva tarjoaa yrityksille tietoa, asiantuntijapalveluita ja yhteistyöverkostoja, joiden avulla voidaan parantaa energia-
tehokkuutta ja materiaalien kestäväää käyttöä:



Lähteet

- EU-ympäristömerkki. Ympäristömerkintä Suomi. <[EU-ympäristömerkki - EU-ympäristömerkki \(eu-ymparistomerkki.fi\)](#)>.
- Fiksel, Joseph. 2009. Design for Environment. A Guide to Sustainable Product Development. 2. painos. Mc Graw Hill Education.
- ISO/TR 14062:fi. 2003. Ympäristöasioiden hallinta. Ympäristönäkökohtien yhdistäminen tuotesuunnitteluun ja tuotekehitykseen. Suomen Standardisoimisliitto.
- Kiertotalouden edistäminen EU:ssa. Ympäristöministeriö. <[Kiertotalouden edistäminen EU:ssa – Ympäristöministeriö](#)>.
- Pahl, Gerhard & Beitz, Wolfgang. 1990. Koneensuunnitteluoppi. 2. painos. Metalliteollisuuden Kustannus Oy.
- Riskienhallinta. Työturvallisuuspakki. <[Riskienhallinta - Työturvallisuuspakki \(xn--tyturvallisuuspakki-r6b.fi\)](#)>.
- Sarvikas, Juho. 2006. Strategisten investointien hallinta ryhmäpäätöksenteon tukisysteemin avulla. Diplomityö.
- SFS-EN IEC 31010:2019. Riskienhallinta. Riskien arviointimenetelmät. Suomen Standardisoimisliitto.
- SFS-EN IEC 62430:2020. Ympäristötietoinen suunnittelu. Periaatteet, vaatimukset ja opastusta. Suomen Standardisoimisliitto.



Lähteet

- SFS-EN ISO 14004:2016. Ympäristöjärjestelmät. Yleisiä toteuttamisohjeita. Suomen Standardisoimisliitto.
- SFS-EN ISO 14021:2016 + A1:2021. Ympäristömerkit ja ympäristöselosteet. Omaehtoiset ympäristöväittämät (tyypin II ympäristöselosteet).
- SFS-EN ISO 14024:2018. Environmental labels and declarations. Type I environmental labelling. Principles and procedures (ISO 14024:2018).
- SFS-EN ISO 14031:2021. Ympäristöasioiden hallinta. Ympäristösuojelun tason arviointi. Ohjeistusta. Suomen Standardisoimisliitto.
- SFS-EN ISO 14040:2016 + A1:2020. Ympäristöasioiden hallinta. Elinkaariarviointi. Periaatteet ja pääpiirteet. Suomen Standardisoimisliitto.
- SFS-EN ISO 14067:2018. Kasvihuonekaasut. Tuotteiden hiilijalanjälki. Hiilijalanjäljen laskemista koskevat vaatimukset ja ohjeet. Suomen Standardisoimisliitto.
- SFS-ISO 31000:2018. Riskienhallinta. Ohjeet. Suomen Standardisoimisliitto.
- Ulrich, Karl T. & Eppinger Steven D. 2016. Product Design and Development. 6. painos. Mc Graw Hill Education.
- Ympäristömerkit tuotesuunnittelussa. 2022. Ympäristöhallinnon verkkopalvelu. <[Ympäristömerkit tuotesuunnittelussa \(ymparisto.fi\)](https://ymparisto.fi)>.
- Ympäristöriskit. PK-RH-riskienhallinta. Suomen riskienhallintayhdistys. <[PK-RH riskienhallinta – Ympäristöriskit](#)>.

