

DFM = DESIGN for MANUFACTURABILITY

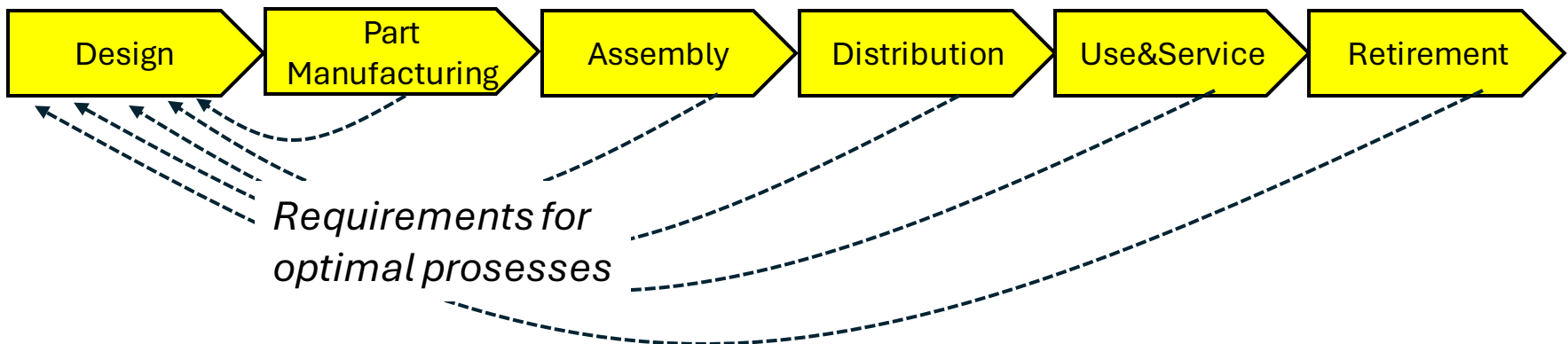
DFA = DESIGN for ASSEMBLY

DFE = DESIGN for ENVIRONMENT

DFX

DFXllä tarkoitetaan t&k-toiminnassa hyödynnettäviä tekniikoita:

- **Design for Manufacturability** (DFM)
- **Design for Assembly** (DFA)
- Design for Manufacturing and Assembly (DFMA)
- Design for Reliability (DFR)
- Design for Maintainability (DFMT)
- Design for Serviceability (DFS)
- **Design for Environment** (DFE)
- Design for Life Cycle Cost (DFLCC)
- ...



KOKOONPANTAVUUS

Design for
Assembly

Design for
Service

HUOLTO

TURVALLISUUS

Design for
Safety

DFM

DFA

Design for
Costing

KUSTANNUKSET

Design for
Reliability

DFX

Design for
Procurement

HANKINTA

Design for
Environment

Design for
Dis-assembly

PURETTAVUUS

YMPÄRISTÖ

Design for
Common-ality

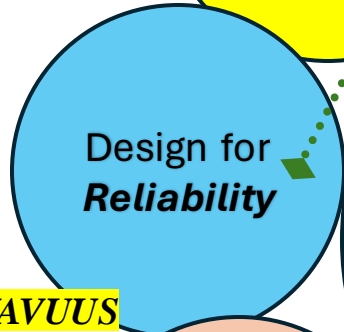
DFE

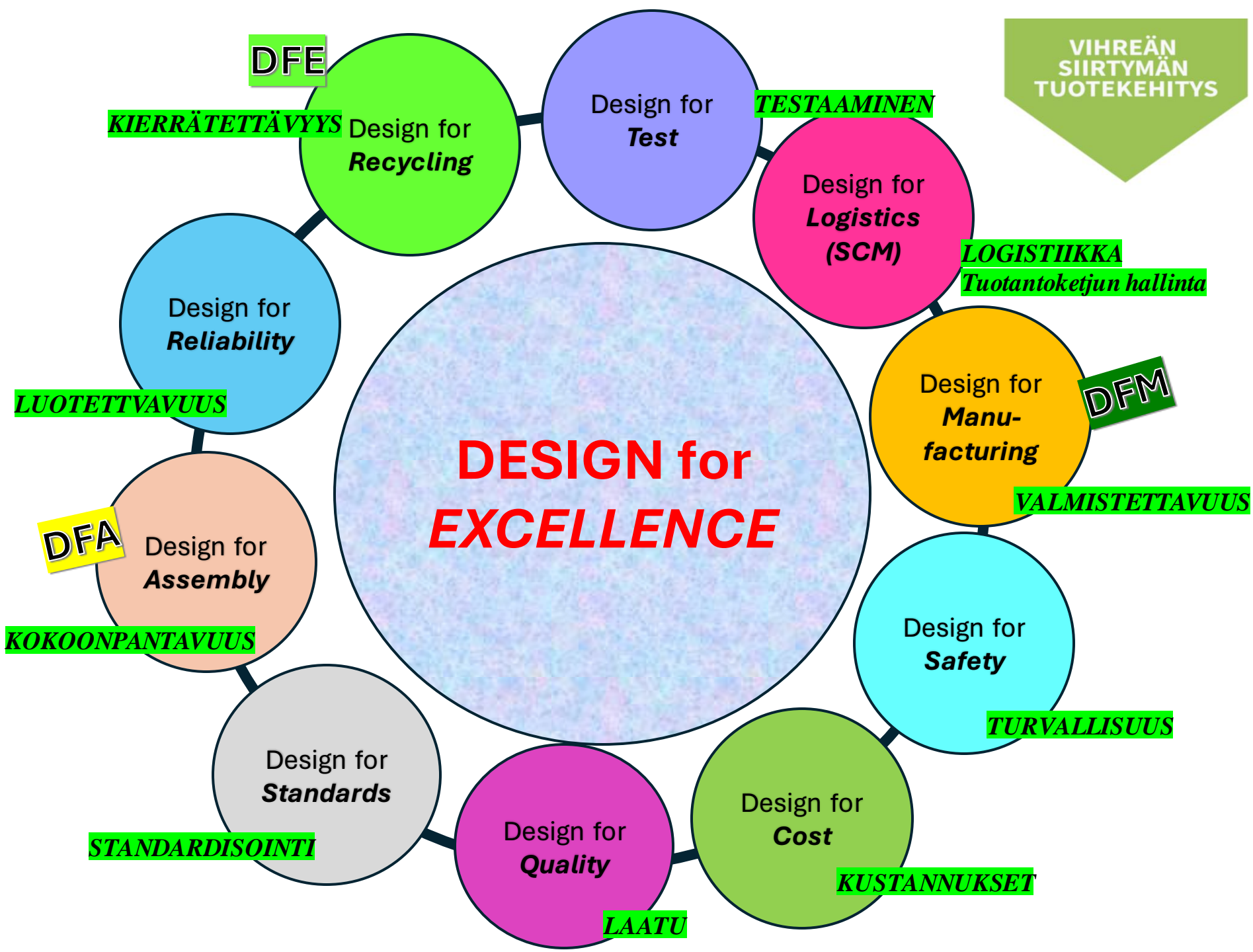
Design for
Reuse

UUDELLEEN-/HYÖTYKÄYTTÖ

YHTEISÖLLISYYS

LUOTETTAVUUS





DFE

KIERRÄTETTÄVYYS

Design for
Recycling

Design for
Test

TESTAAMINEN

Design for
*Logistics
(SCM)*

LOGISTIikka

Tuotantoketjun hallinta

Design for
Reliability

Design for
*Manu-
facturing*

DFM

VALMISTETTAVUUS

**DESIGN for
EXCELLENCE**

Design for
Assembly

DFA

KOKOONPANTAVUUS

Design for
Standards

STANDARDISOINTI

Design for
Quality

LAATU

Design for
Cost

KUSTANNUKSET

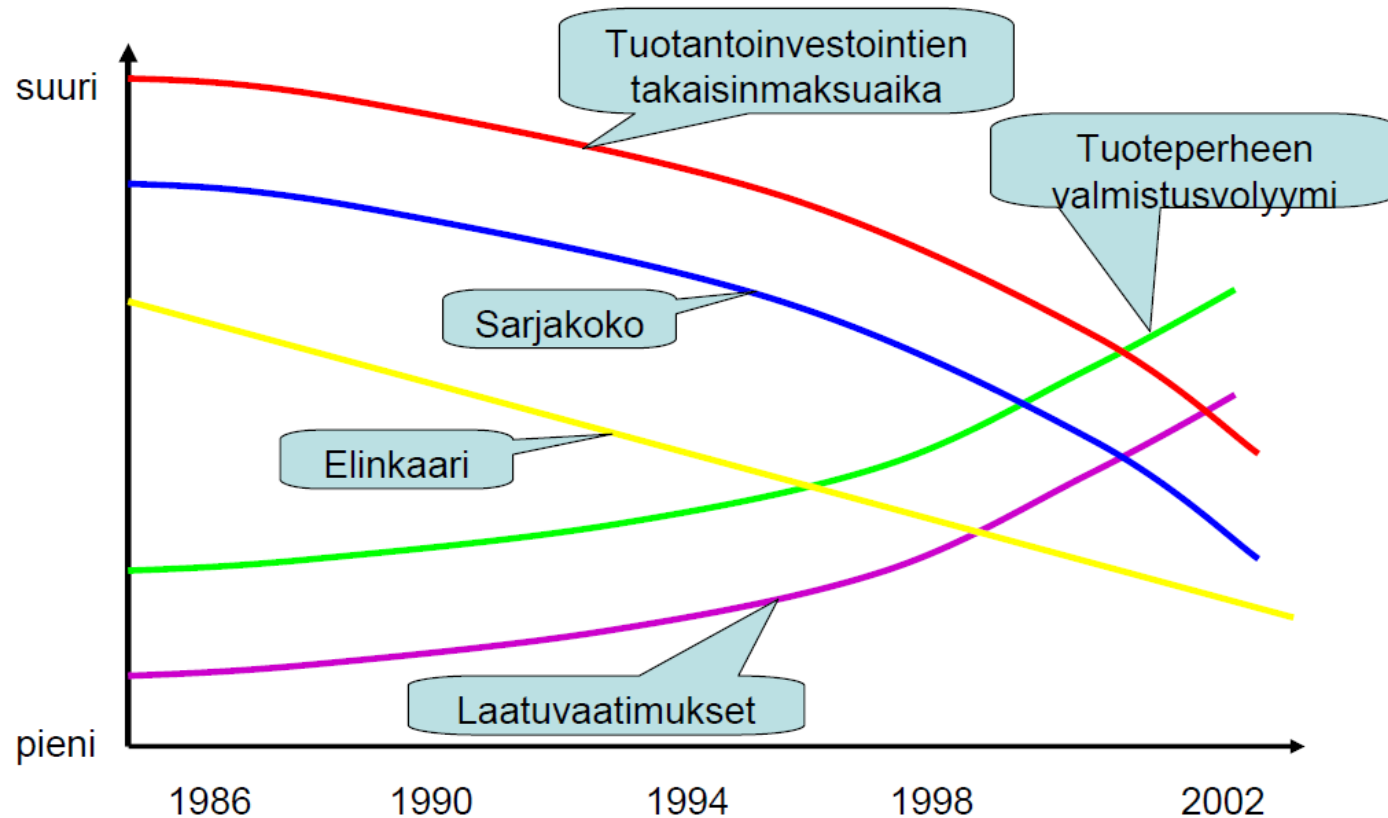
Design for
Safety

TURVALLISUUS

DFM

- Design for Manufacturability = suunnittelu valmistuksen kannalta

Tuotantoympäristön muuttuminen 1980-2010



Tuotantoympäristön kehittyvät trendit

- Toimitusaikojen lyhentyminen
- Toimitusvarmuuden ja täsmällisyyden tarve
- Yksikköhinnan lasku
- Eräkoon pieneneminen ja muutoshallinta
- Variaatioiden määrän kasvaminen, parametrusointi
- Kyky reagoida nopeasti markkinoiden muutoksiin
- Kapasiteetin joustotarve
- Investointien takaisinmaksuajan lyhenemisvaatimus
- Jatkuva tuotannon analysointi ja ohjaaminen lisääntyy
- Reaaliaikainen tieto materiaalihallinnasta ja tuotannosta
- Useampien työvaiheiden suorittaminen simultaanisti
- Asiakkaan erityisvaatimusten noudattaminen
- Eri markkina-alueiden huomattavasti eroavat tarpeet
- Ekologisuus (energia, jäte, materiaalit, kierrätys, hyötykäyttö)
- Palveluliiketoiminta (huolto, kunnossapito...)

DFM

DFM liittyy enemmän tuotteessa käytettyihin materiaaleihin ja valmistustekniikoihin sekä niiden työkaluihin.

DFMn peruseriaatteet:

- Virtaviivaista ja yksinkertaista valmistusprosessia
- Vähennä valmistus- ja kokoonpanokustannuksia
- Ylläpidä tai paranna tuotteiden laatua

DFM sisältää useita periaatteita ja ohjeita tuotteen suunnittelun optimoimiseksi. Periaatteet voivat vaihdella *toimialan*, *tuotetyypin* ja käytettyjen *valmistusprosessien* mukaan.

1. Laatu

Tuotteen kyky noudattaa tuoteselostetta ja spesifikaatiota sekä sille asetettuja vaatimuksia. Puutteet laadussa nähdään lattiatasolla laadunvalvontaongelmina, korjauksina ja romutuksina. Kalleimmat laatuongelmat näkyvät koko tuote-erän takuukorjauksina.

2. Tuotantokustannukset

Kiinteät kustannukset: varastointi, laadun valvonta, ostot, tilavuokrat jne.
Muuttuvat kustannukset: työvoima, materiaalit

3. Joustavuus

Kyky siirtää halutut muutokset lopputuotteeseen.

4. Riski

Tuotteen valmistamisen riskit; kartoitus (RPN)

5. Läpimenoaika

Nopea läpimeno <-> asiakasräätälöinti

6. Tehokkuus

Henkilöstö- ja talousresurssien optimointi

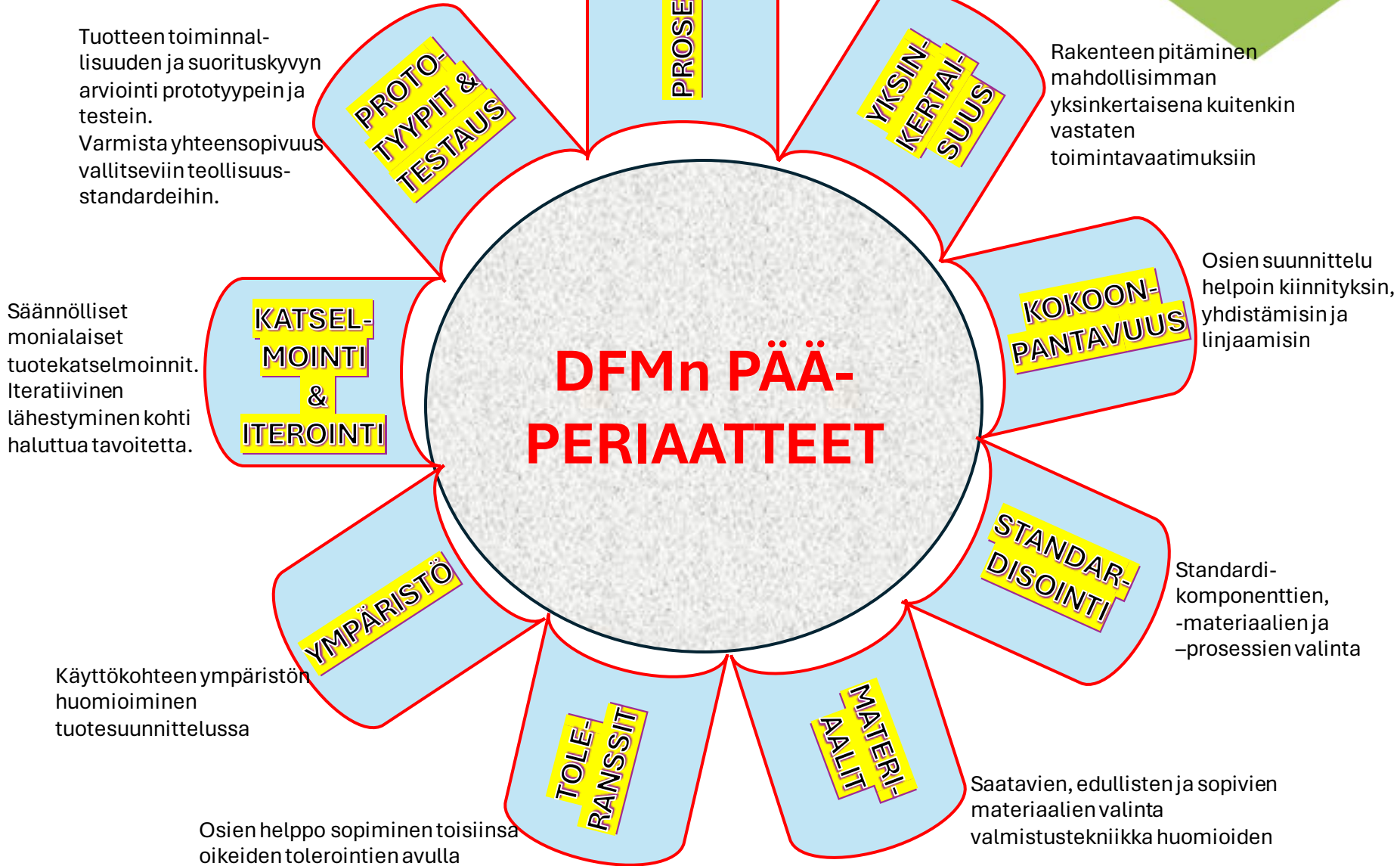
7. Ympäristövaatimukset

Osien ja materiaalien kierrätettävyys, valmistusprosessin ympäristövaikutukset, tuotteen purettavuus ja hyötykäyttö

DFM

Optimaalisten valmistustekniikoiden valinta huomioiden kustannukset, sarjasuuruus ja tuotannolliset parametrit

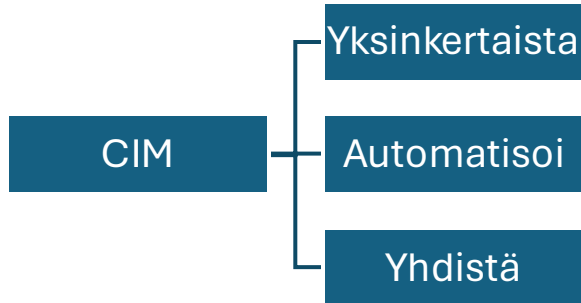
VIHREÄN
SIIRTYMÄN
TUOTEKEHITYS



DFM

AUTOMATISOINTI

VIHREÄN
SIIRTYMÄN
TUOTEKEHITYS



CIM = Computer Integrated Manufacturing

Automatisoidun tuotannon toteuttaminen:

1. *CAD/CAM-painotteisesti*

- tärkeää suunnitteluprosessien nopeuttaminen sekä suunnittelun ja valmistuksen yhteistyö

2. *Automatisointipainotteisesti*

- nostetaan tuotantoteknologian tasoa FMS-tekniikalla hintakilpailukyvyyn ja joustavuuden saavuttamiseksi

3. *Tuotannonohjauspainotteisesti*

- kehitetään prosessia ja laatua

Automatisointi ei ole pelkästään toimintojen tekemistä automaattisiksi vaan myös:

- yksinkertaistetaan,
- standardisoidaan,
- moduloidaan,
- vähennetään osien lukumäärää ja
- siirretään huonosti tuotantoon sopivat tuotteet/työvaiheet alihankintaan.

TUOTESARJAT

Tuotesarjalla ymmärretään teknisiä rakennelmia (koneita, rakenneryhmiä tai yksittäis-komponentteja), jotka ovat laajalla alueella käyttökelpoisia ja joille on ominaista:

- sama toiminto,
- sama ratkaisu,
- valmistus monina kokoina ja
- valmistus mahdollisimman samanlaisella tavalla



Suunnittelijan kannalta geometrinen samankaltaisuus on toivottavaa, mutta kokemus on osoittanut sen puutteet. Mallilakeja soveltamalla päästään parempaan lopputulokseen.

Tuotesarjan kehittämisesä tavoitteena on:

- *hyvä materiaalin käyttösuhde*
- *vakiomateriaalit (mikäli mahdollista)*
- *samanlainen teknologia*



DFM

MODULAARISUUS

VIHREÄN
SIIRTYMÄN
TUOTEKEHITYS

Modulaarisista tuotesarjoista koituva **hyöty VALMISTAJALLE:**

- konstruktio työ tehty kerralla monia eri sovelluksia varten,
- sarjasuurudet saadaan standardoitua,
- kustannustehokasta valmistamista ja
- korkeampi laatu taso.

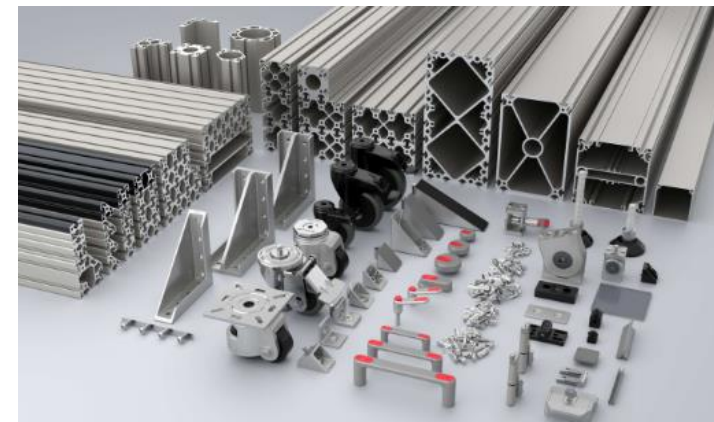


Tuotesarjoista koituva **hyöty KÄYTTÄJÄLLE/ASIAKKAALLE:**

- edullinen hinta ja laadukas tuote,
- lyhyt toimitusaika,
- varaosa- ja huoltopalvelu yksinkertaisempaa ja varmempaa

Tuotesarjoista koituva **haitta KÄYTTÄJÄLLE:**

- rajoitettu kokovalikoima,
- käyttöominaisuudet, jotka eivät aina ole optimaalisia



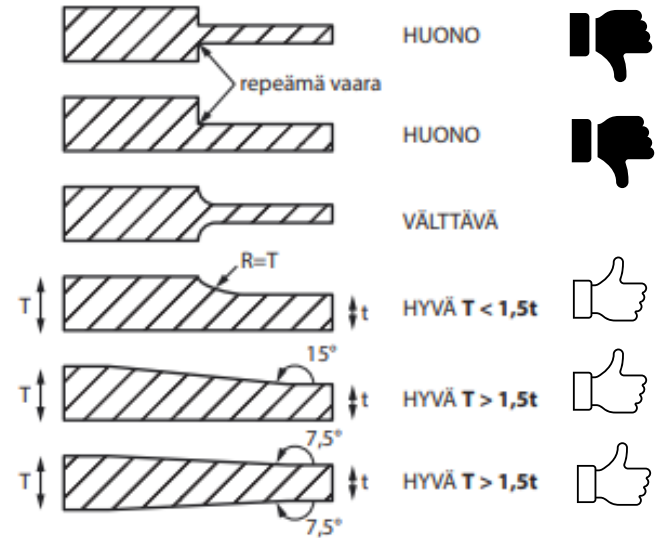
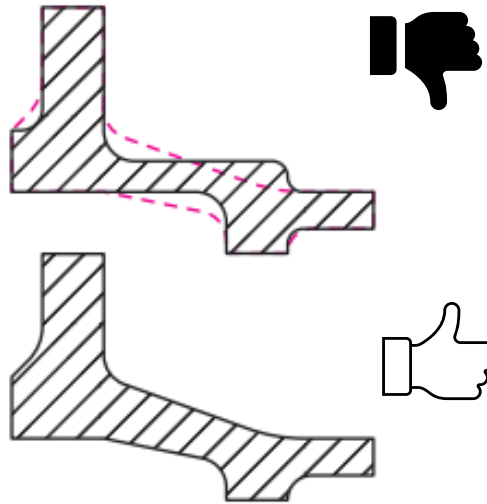
1. Yritetään ratkaisua useilla kilpailevilla metodeilla
2. Otetaan suunnittelutiimiin eri alojen edustajia
3. Käytetään ekspertejä, vanhempia suunnittelijoita apuna ongelmanratkaisussa
4. Käytetään ideoiden lähteinä benchmarking-tuotteita (esimerkiksi kilpailevia tuotteita)
5. Käytetään erilaisia suunnitteluperiaatteita ratkaisujen löytämiseen
6. Käytetään hyväksi simulointia, rapid prototyping(RP) -malleja sekä tietokoneohjattua kustannusten arviointia
7. Käytetään suunnittelumenetelmiä, jotka auttavat saamaan mahdollisimman tehokkaasti tuotannosta tietoa nykyisistä tuotteista ja niihin liittyvistä ongelmista
8. Käytetään systemaattisia ongelmanratkaisumenetelmiä, esim Triz

DFM

Esimerkkejä

VIHREÄN
SIIRTYMÄN
TUOTEKEHITYS

**Valettavia
profiileja:**



**AM(Additive Manufacturing)
-tekniikka:
topologiaoptimointi**

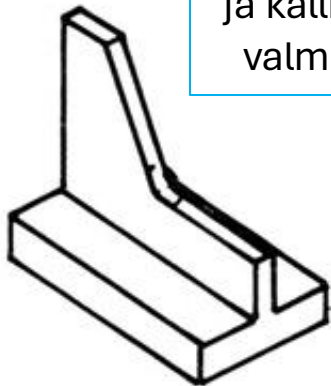


DFM

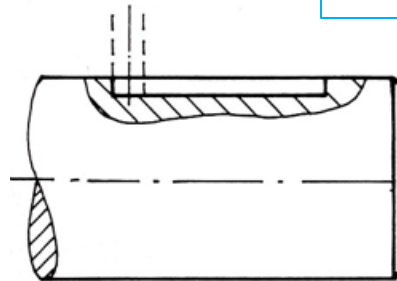
Esimerkkejä

VIHREÄN
SIIRTYMÄN
TUOTEKEHITYS

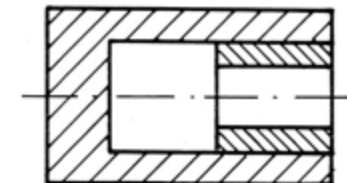
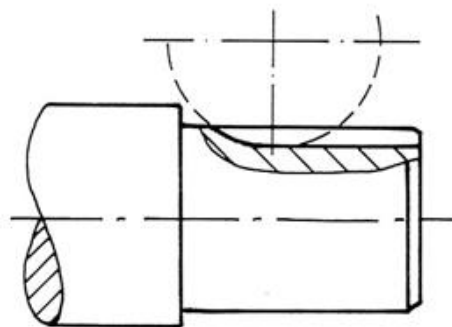
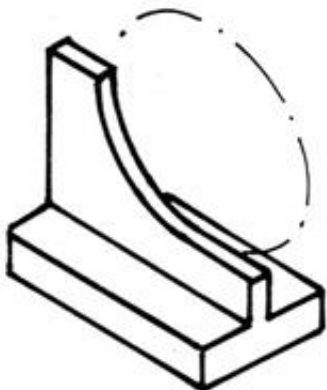
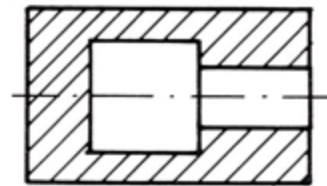
Pienet
pyöristykset
hankalampia
ja kalliimpia
valmistaa



Tappijyrtsitty
kiilaura
kalliimpi kuin
kiekkojyrtsitty.



Pitkät avarrettavat
reiät hankalia ja
kalliita. Joskus
holkittaminen
edullisempää.

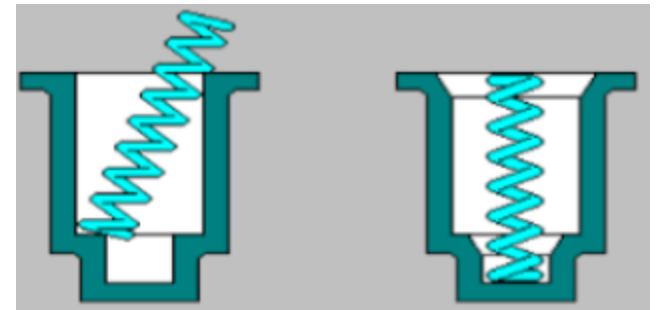


DFA

- Design for Assembly = suunnittelu kokoonpantavuuden kannalta
- Tuotteen kokoonpanoystävällisyyden parantaminen

Kokoonpanoystävällinen suunnittelu

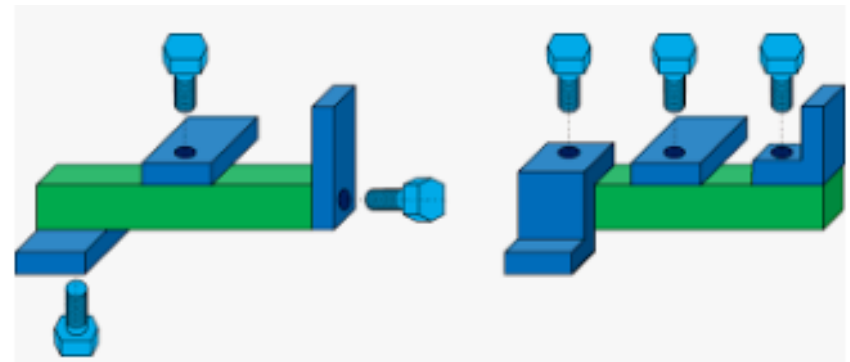
- Yksinkertaisempi tuote
- Asennuksen optimointi ja asennusajan minimointi
- Osien määrän minimointi
- Osien ja valmistuksen kustannusten pienentäminen
- Investointien lukumäärän ja suuruuden minimointi
- Parempi laatu
- Painon kevennys
- Osien liitettävyyden optimointi
- Materiaalivaihtoehtojen karsiminen



DFA

DFA:n yksinkertaiset periaatteet

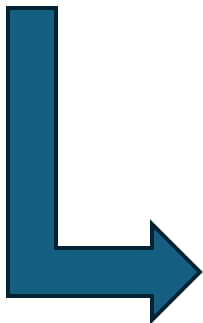
- Kokoonpanon osien yhdistäminen ja eliminointi
- Kokoonpanon kohdistusten minimointi
- Osien suunnittelu siten, että ne asettuvat kokoonpanossa automaattisesti oikealle paikalle (virheasennusmahdollisuuden esto)
- Osien suunnittelu siten, että ne kiinnittyvät itsestään halutulle paikalle
- Osan käsittelyn tekeminen mahdollisimman helpoksi
- Osan kääntelytarpeen eliminointi asennuksessa
- Standardiosien runsas hyödyntäminen



DFA

Osan välttämättömyys konstruktiossa:

1. Jos tuotteen toiminnan kannalta osan on oltava **eri materiaalia** kuin viereiset osat (esim. sähköneristys tai tarttuvuus tai liukuminen)
2. Jos osa **liikkuu** viereisiin osiin nähden ja liikettä ei voi toteuttaa elastisuuden avulla (esim. tehonsiirtoakselissa liukulaakerointi)
3. Jos tuotteen **kokoonpano tai purkaminen** edellyttää erillisiä osia (esim. vaihdelaatikon puoliskot)



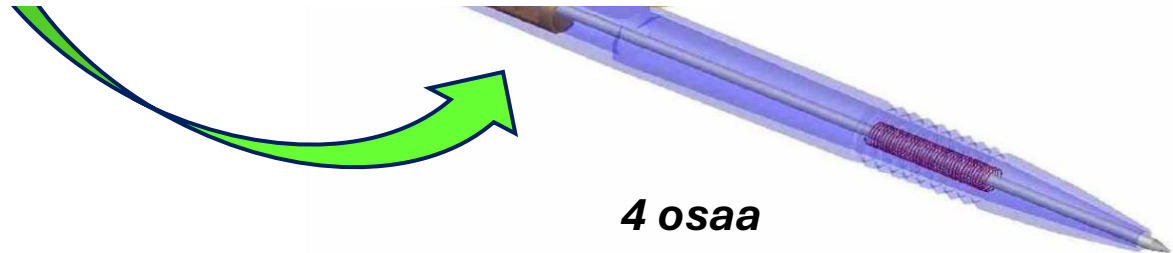
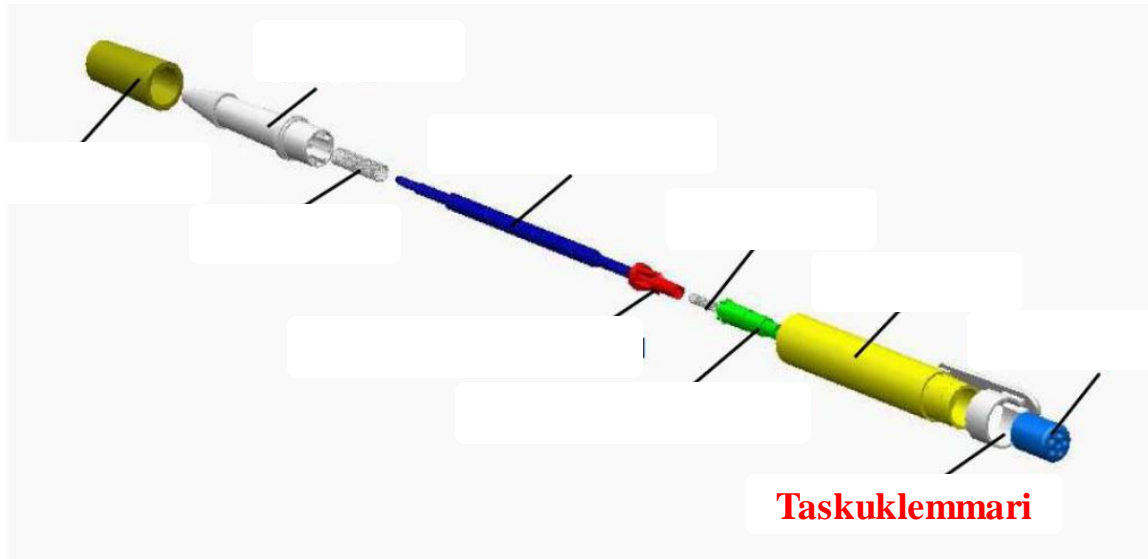
Eli voidaan johtaa 3 kysymystä mahdolliselle osien yhdistämiselle:

1. Pitääkö osan olla eri materiaalia kuin toinen osa?
2. Pitääkö osan liikkua suhteessa toiseen osaan?
3. Pitääkö osa voida irrottaa purkamisen tai asennuksen takia?

Mikäli $3 \times$ ”EI vastaus” => osa on vahva kandidaatti yhdistämiselle

DFA

Esimerkki: kuulakärkikynä



DFA-analyysi

VIHREÄN
SIIRTYMÄN
TUOTEKEHITYS

Esim. **AVIX**-ohjelmisto (sofita tuotannon analysoimiseksi ja tehostamiseksi)

1. Nykytilan analysointi
2. Visio ideaalitulasta
3. Käytännön realistinen ratkaisu

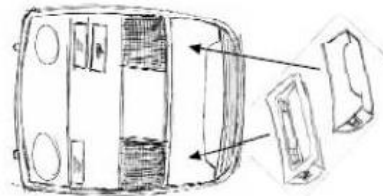
Esimerkki: pakettiauton kattokonsoli

Nykytila



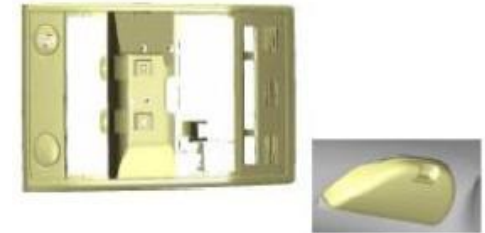
33 osaa
Asennusaika: 100%
T&K-aika: 100%

Ideaalitila



4 osaa
Asennusaika: 12%
T&K-aika: 28%
Takaisinmaksuaika: 1v3kk

Ratkaisu



11 osaa
Asennusaika: 57%
T&K-aika: 74%
Takaisinmaksuaika: 11kk

DFA

Esimerkki

VIHREÄN
SIIRTYMÄN
TUOTEKEHITYS



LÄHTÖ

3 osaa

Työkalu:
ruuvi-
meisseli

Asennus:
tarkka
linjaus

Aika:
Vaativa



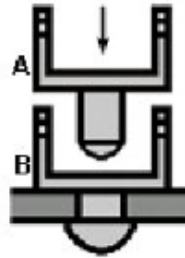
V1

3 osaa

Työkalu:
niittipihdit

Asennus:
ei niin
tarkka
linjaus

Aika:
Vähemmän
vaativa

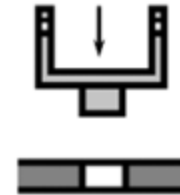


V2

2 osaa

Työkalu: -
integroitu
konstruktio(A)

Asennus:
vaatii koneen
konstruktion
B niitin
päättä-
miseksi

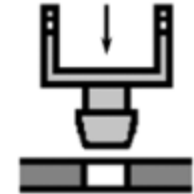


V3

2 osaa

Työkalu: -
integroitu
konstruktio

Asennus:
vaatii koneen
konstruktion
puristami-
seksi paikoil-
leen



LOPPU

2 osaa

Työkalu: -
integroitu
konstruktio

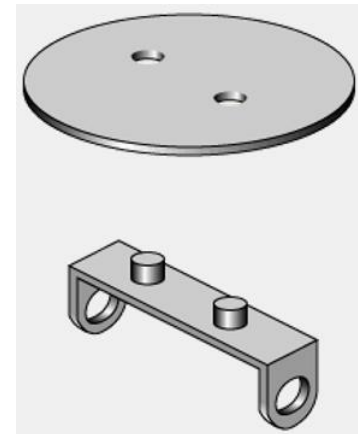
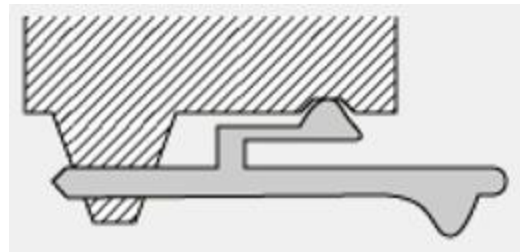
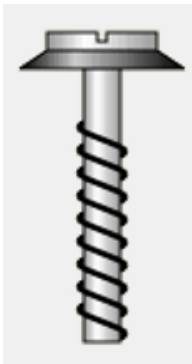
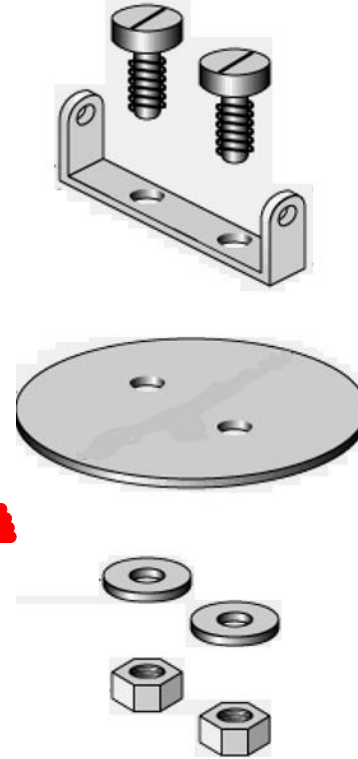
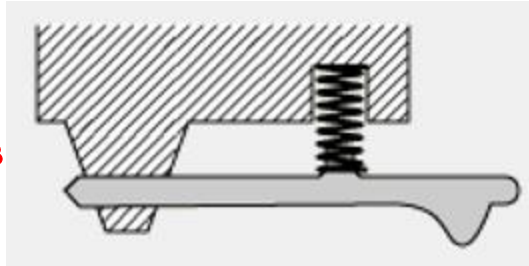
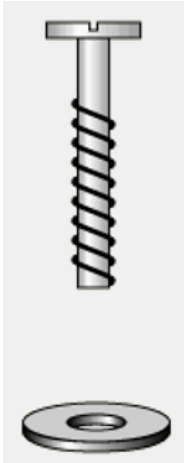
Asennus:
käsien
asennus
/purku.
Napsaus-
liitos.

DFA

Esimerkki

VIHREÄN
SIIRTYMÄN
TUOTEKEHITYS

Osien lukumäärän vähentäminen



DFE ≈ YMPÄRISTÖTIETOINEN SUUNNITTELU

DFE (Design for Environment) tarkoittaa sellaista suunnittelua,
joka:

- vähentää kehityskohteen (tuote/prosessi/palvelu/...) haittavaikutuksia ympäristöön
- huomioi kehityskohteen sen koko elinkaaren ajalta (LCA) ja
- soveltaa vihreän siirtymän periaatteita myös materiaalinvalinnassa, tuotteen pakkaamisessa ja sen hävittämisessä/kierrättämisessä.

DFEn piiriin kuuluvat LCA:n mukaisesti:

- materiaalit ja niiden aikaansaaminen poistaminen/uudelleenkäyttö
- tuotanto
- kuljetus, jakelu ja pakkaaminen
- käyttö
- hävittäminen, purkaminen ja uudelleenkäyttö/kierrätys

DFE ≈ YMPÄRISTÖTIETOINEN SUUNNITTELU

VIHREÄN
SIIRTYMÄN
TUOTEKEHITYS

Toisaalta voidaan erotella *neljä DFEn osa-aluetta*:

- **Prosessien ja valmistusmenetelmien ympäristötietoinen suunnittelu**

Raaka-aineiden valmistaminen (esim. louhinta, jne.), jalostaminen (esim. uusiutuvien materiaalien jalostus, metallien sulatus, jne.) sekä niistä tuotteiden valmistaminen käyttäen sellaisia materiaaleja ja tekniikoita, jotka minimoivat riskit ympäristön suhteen ja tekniikoita käyttävien henkilöiden suhteen:

- jätteen&hukan minimointi,
- vaarallisten sivutuotteiden synnyn minimointi
- ilmansaastumisen estäminen ja
- energian käytön minimointi.

- **Pakkaamisen ympäristötietoinen suunnittelu**

Ympäristötietoinen pakkausmateriaalien valinta: pakkauksien uudelleenkäyttö, tarpeettoman paperin ja muun pakkausmateriaalin eliminointi, tehokas materiaalin ja tilan käyttö, kierrätettyjen tai kierrätettävien materiaalien käyttö.

DFE ≈ YMPÄRISTÖTIETOINEN SUUNNITTELU

- **Hävittämisen ja uudelleenkäytön suunnittelu**

Tuotteen elinkaaren loppuvaiheen ja hävittämisen etukäteissuunnittelu (esim. tuote vuotaa ilmaan/veteen/maahan vaarallisia kemikaaleja käytöstä poiston jälkeen).

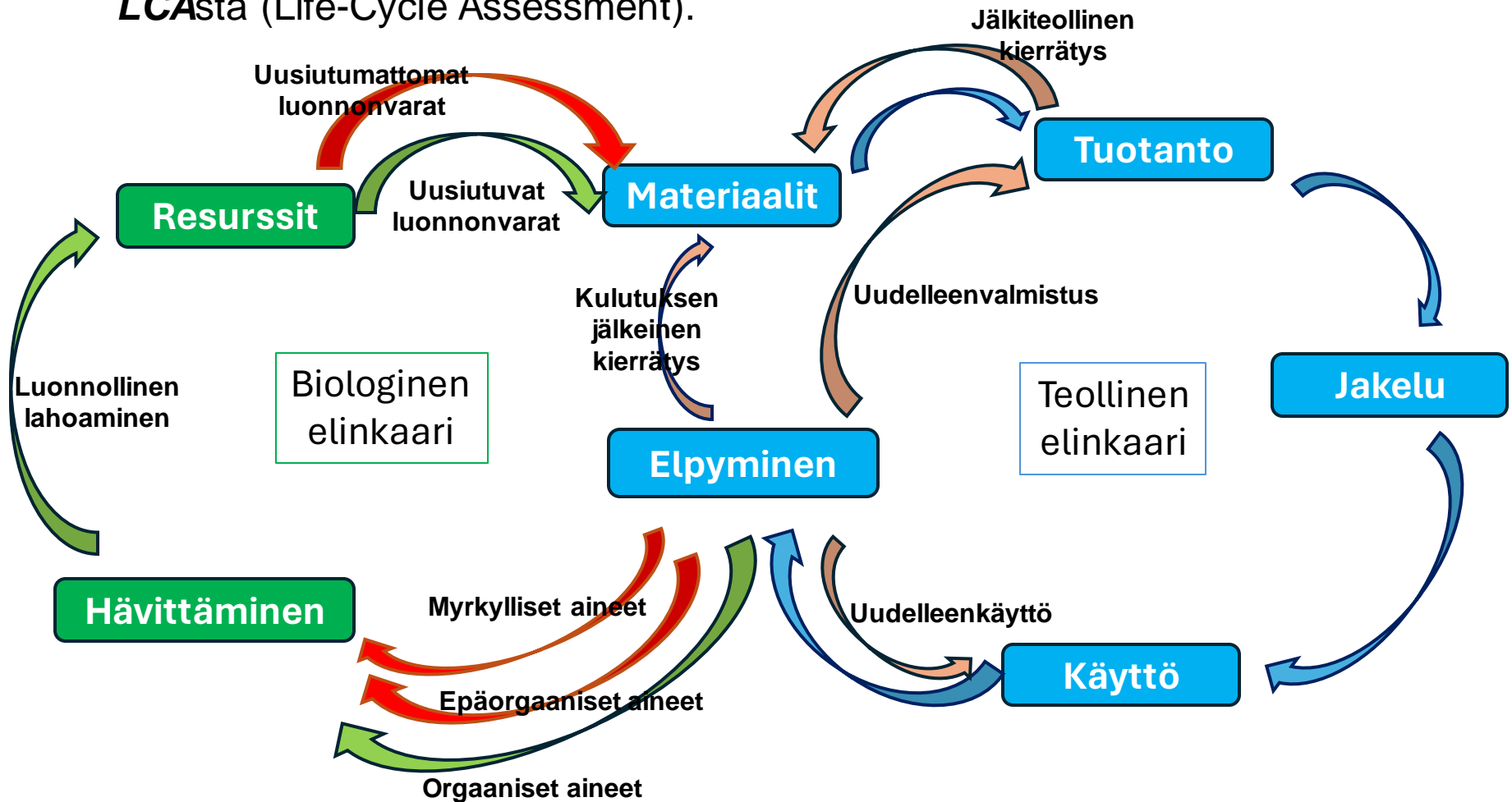
Kunnostettavien tai uudelleenkäytettävien rakenteiden suunnittelu (koonpanojen purku ja osien kierrätys)

- **Energiätehokkuuden suunnittelu**

Tuotteen suunnittelu siten, että energian kulutus sen kaikissa tuotantovaiheissa sekä koko elinkaaren ajan minimoidaan.

DFE ≈ YMPÄRISTÖTIETOINEN SUUNNITTELU

DFEn perinpohjaisen ymmärtämisen peruskivenä on ymmärrys LCAsa (Life-Cycle Assessment).



ELINKAAREN VAIHE	VAIKUT- TAVUUS	TARKISTETTAVAT KOHTEET
Materiaalit	Luonnon- varojen riittävyys	<ul style="list-style-type: none"> • Määrittele uusiutuvat ja rikastettavat materiaalit • Määrittele kierrätettävät ja/tai kierrätetyt materiaalit • Määrittele uusiutuvat energiamuodot
	Terveys- vaikutukset	<ul style="list-style-type: none"> • Määrittele vaarattomat materiaalit • Määrittele suojaukset vaarallisten ja saastuttavien materiaalien käytölle • Määrittele ohjeet ja merkitsemiset myrkyllisten materiaalien käytölle
Valmistaminen/ tuotanto	Resurssien käytön minimointi	<ul style="list-style-type: none"> • Luo mahdollisimman vähän valmistusvaiheita • Määrittele materiaalit, joita ei pintakäsittelä/karkaista • Minimoi osien lukumäärä • Määrittele ohutlevymateriaalit ja -rakenteet
Jakelu	Resurssien käytön minimointi	<ul style="list-style-type: none"> • Minimoi pakkaamistarve • Käytä kierrätettäviä tai uudelleenkäytettäviä pakkausmateriaaleja • Suunnittele pakkaus huomioiden purku, taitokset ja sen kokoonpantavuus • Minimoi pakkausmateriaalin määrä hyödyntäen kehittyneitä ohjelmistoja
Käyttö	Resurssien käytön tehokkuus	<ul style="list-style-type: none"> • Määrittele/hanki sähkövirran katkot käyttämättömille laitteille • Hanki mittaristo energian ja veden kulutuksen seuraamiseksi ja säätämiseksi • Määrittele intuitiiviset kontrollit resurssisäästämahdollisuuksille
	Optimoitu kestävyys	<ul style="list-style-type: none"> • Määrittele tuotteen esteettisyys ja toiminnallisuus siten, että sen esteettinen ikä=tekninen ikä • Järjestä korjaus-/kunnostus- ja parannusmahdollisuus tuotteelle • Minimoi huoltotarve ja virheikäikämahdollisuus
Uudelleenkäyttö /elvyttäminen	Purku, Erittely, Puhdistus	<ul style="list-style-type: none"> • Varmista liitosten ja kiinnitysten helppo purku • Määrittele liitokset ja kiinnityksen siten, että niiden osat on helppo irrottaa käsin tai yksinkertaisin työkaluin • Määrittele sopimattomien materiaalien&osien helppo eroteltavuus muista

DFE

Esimerkki

VIHREÄN
SIIRTYMÄN
TUOTEKEHITYS

