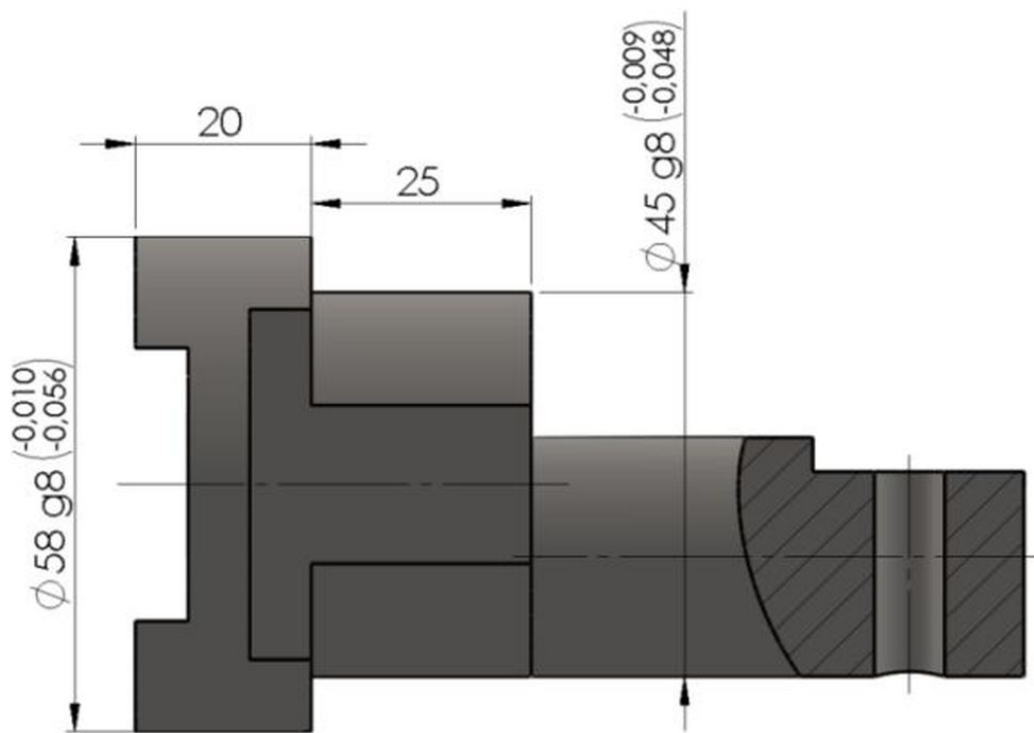


Esa Hietikko

Valmistettavuus



Tuotteen valmistettavuuden ja kustannusten hallinta
tuotekehitysvaiheessa - 2. painos

Valmistettavuus

[Nimiösivu](#)

[ALKUSANAT](#)

[JOHDANTO](#)

[Valmistettavuuden kehitys](#)

[Valmistettavuus tulevaisuudessa](#)

[VALMISTETTAVUUS LÄHTEE STRATEGIASTA](#)

[ASIAKASTARPEEN JA KILPAILUTILANTEEN KARTOITTAMINEN](#)

[VALMISTETTAVUUS OSANA TUOTEKEHITYSPROSESSIA](#)

[Tuotteiden modulaarisuus](#)

[Massaräätälöinti](#)

[KUSTANNUSTEN HALLINTA](#)

[Harjoituksia](#)

[VALMISTETTAVIEN OSIEN KUSTANNUSTEHOKAS SUUNNITTELU](#)

[Koneistamalla valmistettavat osat](#)

[Ohutlevystä särmämällä valmistettavat osat](#)

[Valamalla valmistettavat osat](#)

[3D-tulostuksella valmistettavat osat](#)

[Valmistettavien osien valmistettavuuden ja kustannusten arviointi](#)

[Harjoituksia](#)

[KOKOONPANON KUSTANNUSTEHOKAS SUUNNITTELU](#)

[Osien suunnittelu kokoonpanon kannalta](#)

[Kokoonpanotehokkuus](#)

[Kokoonpanokustannusten arviointi](#)

[Esimerkki](#)

[Hitsauskokoonpano](#)

[Harjoituksia](#)

[YRITYSKOHTAISEN STANDARDINNIN MERKITYS](#)

[YHTEENVETO](#)

[LÄHTEET](#)

[Valmistusmerkinnät](#)

ALKUSANAT

Tämä e-kirja on luonteeltaan pakkari. Se tarkoittaa sitä, että asiat on kerrottu tiiviisti ja pelkistäen. Linkkejä on sisällytetty sellaisiin kohtiin, joissa lukija mahdollisesti kaipaa syvempää tietoa. Harjoitustehtävät on tarkoitettu lähinnä ohjattua opetusta varten, koska niihin ei ole tarjolla (eikä olemassakaan) valmiita ratkaisuja. Toki niitä voivat tehdä muutkin lukijat kuin opiskelijat, mutta paras hyöty niistä irronnee silloin, kun pohdintaa toteutetaan ohjattuna ja mielellään ryhmissä.

Kirjaan olen kerännyt materiaalia vuosien varrella, kun olen aihetta koettanut iskeä omien opiskelijoideni kalloon. On ollut mukava havaita, että ainakin jossain määrin opit ovat siirtyneet paikallisen teollisuuden hyödynnettäväksi opiskelijoiden työllistyessä niihin. Ja oma vakaa uskoni on edelleen, että valmistettavuuden kehittämisellä on merkittävä vaikutus suomalaisen teollisuuden tuottavuudelle ja sitä kautta kilpailukyvyille.

Toiseen painokseen olen tehnyt merkittäviä muutoksia ja lisäyksiä.

Lopuksi vielä kiitos Suomen Tietokirjailijat ry:lle työni tukemisesta apurahan muodossa. Kiitos myös opiskelijoille, jotka ovat (tietämättään) olleet vaikuttamassa tämän kirjan syntymiseen.

Kuopiossa syksyllä 2021

Esa Hietikko

<https://www.esahietikko.com>

JOHDANTO

Tämän päivän tuotteissa on selkeästi havaittavissa tiettyjä trendejä. Tuotteiden elinkaaret lyhenevät joko sen vuoksi, että ne vanhenevat nopeasti ja uusissa tuotteissa on runsaasti uusia ominaisuuksia tai sitten ne yksinkertaisesti lakkaavat toimimasta vian tai ohjelmistopäivitysten puutteen vuoksi. Selkeä trendi on myös se, että monia tuotteita ei kannata vian ilmetessä korjata, koska korjauksessa työn osuus on muihin kustannuksiin verraten merkittävä, jolloin pahimmassa tapauksessa korjaus maksaa enemmän kuin uusi tuote.

Asiakkaiden vaatimukset ovat vuosien mittaan kasvaneet ja yhä useammin he vaativat tuotteisiin sellaisia ominaisuuksia, joita itse arvostavat. Samaan aikaan kustannustietoisuus kasvaa ja netin kautta tapahtuva kustannusvertailu on arkipäivää. Tuotekehitys nousee merkittävään asemaan tilanteessa, jossa on tarjottava asiakaskohtaisia ominaisuuksia sisältäviä tuotteita kilpailukykyiseen hintaan. Tuotekehitysprosessi on saatava tehokkaammaksi ja nopeammaksi ja kustannusten hallinta nousee yhä merkittävämmäksi tekijäksi. Kokonaisvaltaisesta kustannusten huomioinnista tuotekehitysvaiheessa käytetään jatkossa nimitystä **valmistettavuus**. Erinomainen esimerkki valmistettavuuden huomioinnista tuotekehitysvaiheessa on Tatu Silvastin [opinnäytetyö](#) Hydraulisen voimayksikkötuoteperheen teräsrakenteen kehittäminen.

On selvää, että tuotekehitysvaiheessa tehdyt päätökset vaikuttavat merkittävästi tuotteen valmistukseen, siinä tarvittaviin materiaaleihin ja valmistusvaiheisiin. Tuotekehityksestä ja suunnittelusta vastaavilla henkilöillä on kuitenkin usein varsin vaatimattomat tiedot itse valmistuksesta. Tämä johtaa helposti siihen, että valmistuksessa joudutaan käyttämään kalliita, hitaita ja epätehokkaita menetelmiä. Nykyisin on myös usein niin, että valmistus tapahtuu sekä maantieteellisesti, että kontaktien kautta hyvin kaukana tuotekehityksestä, jolloin palautekanava ei toimi. Tämän seurauksena

korjaavia toimenpiteitä ei kyetä tekemään, vaan kalliit ja epäkäytännölliset ratkaisut jatkuvat tuotteen sukupolvesta toiseen.

Vanha kunnan 20/80 sääntö näyttää pätevän myös tuotekehityksen osalta monessa kohdin. Voidaan esimerkiksi sanoa karkeasti, että 80 % tuotteen kustannuksista määräytyy tuotekehitysvaiheessa ja 20 % valmistuksen suunnittelun ja toteutuksen yhteydessä. Samoin 20 % tuotteen osista aiheuttaa 80 % sen valmistuskustannuksista. Nämä kalliit osat ovat juuri niitä joihin pitäisi tuotekehitysvaiheessa kiinnittää erityistä huomiota.

Valmistettavuuden yhteydessä käytetään usein lyhenteitä DFM (Design For Manufacturing) ja DFA (Design For Assembly) tai niiden yhdistelmää DFMA. DFM yhdistetään osavalmistukseen, jolloin sen yhteydessä pyritään kokoonpanossa olevan yksittäisen osan materiaalin ja muodon valintaan siten, että sen valmistus on mahdollisimman helppoa ja halpaa. Osa voidaan yleensä valmistaa useilla vaihtoehtoisilla menetelmillä (koneistus, särmäys, valu jne.), joihin jokaiseen liittyy omat suunnitteluperiaatteensa. Tämä tekee tilanteesta hankalan, koska osa pitää suunnitella kuhunkin tapaukseen erikseen ennen kuin sen kustannuksia päästään vertaamaan. Rajoitteena tulee usein myös eteen se, missä osa tullaan valmistamaan. Tehdäänkö se omassa yrityksessä vai alihankkijalla ja millaisia koneita, kiinnittimiä ja työkaluja on missäkin käytettävissä.

DFA tarkoittaa kokoonpanomyötäistä suunnittelua, jossa keskitytään siihen kuinka yksittäiset osat ja komponentit sekä osakokoonpanot saadaan liitettyä yhdeksi kokonaisuudeksi mahdollisimman tehokkaasti. Koska kokoonpano on useassa tapauksessa pitkälle henkilötyötä, se on silloin myös kallista. Kokoonpanoa tehostamalla voidaankin useimmissa tapauksissa saada merkittäviä säästöjä sekä tuotteen läpimenoaikaan että kustannuksiin.

Yleissääntönä voidaan sanoa, että keskeisin kokoonpanotehokkuutta parantava asia on osien lukumäärän vähentäminen. Jokainen osa täytyy sen valmistamisen (tai oston) jälkeen (1) kuljettaa kokoonpanopisteeseen, (2) käsitellä ja asemoida se oikeaan paikkaan ja oikeaan asentoon ja (3) kiinnittää paikalleen.

Joskus nähdään tässä yhteydessä myös lyhenne DFX (Design For X), jossa X voi tarkoittaa useampia erilaisia sanoja (edellisten lisäksi), kuten esimerkiksi luotettavuus (DFR, Design For Reliability), huollettavuus (DFS, Design For Serviceability) tai ympäristöystävällisyys (DFE, Design For Environmental impact). Tällä voidaan tarkoittaa myös sitä, että kustannusten optimoinnissa ei keskityttäisi pelkästään valmistusvaiheeseen, vaan asiaa tarkasteltaisiin kokonaisuutena. Kuvassa 1 on esitetty yksinkertaistettuna tyypillinen tuotteen elinkaari. Jos valmistettavuutta tarkastellaan pelkätään valmistusvaiheen näkökulmasta, saattaa tuotteen muihin elinkaaren vaiheisiin liittyvä kustannustekijä jäädä huomiotta. Loppukäyttäjän kannalta toki tuotteen hankintahinta on merkittävä asia, johon voidaan vaikuttaa pienetämällä valmistuskustannuksia. Koko tuotteen elinkaaren aikana syntyvät kokonaiskustannukset on kuitenkin otettava huomioon ja optimoitava mahdollisimman aikaisessa tuotekehitysprosessin vaiheessa.



Kuva 1. Tyypillinen tuotteen elinkaari.

Valmistettavuuden kehitys

Valmistettavuuden kehittämiseen tarkoitettuja menetelmiä ja työkaluja on ollut tarjolla jo ainakin parin vuosikymmenen ajan. Ensimmäisiä näistä olivat ns. integroituun tuotekehitykseen (tunnetaan myös nimellä concurrent engineering, rinnakkaissuunnittelu) perustuvat menetelmät. Niissä keskeisenä periaatteena oli se, että useat eri alat, mukaan lukien esimerkiksi valmistus ja markkinointi olivat mukana tuotekehitysprosessissa sen alusta alkaen. Organisaatiokulttuurit muuttuvat kuitenkin hitaasti ja perinteiset tavat toimia tuotekehitys- ja tuotanto-osastoineen ovat edelleen vahvasti käytössä.