Metropolia

Samu Saarikoski

AviX-ohjelma tuotannon kehitykseen

Metropolia Ammattikorkeakoulu
Insinööri (AMK)
Kone- ja tuotantotekniikka
Insinöörityö
23.11.2012

Metropolia

Tiivistelmä

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Samu Saarikoski AviX-ohjelma tuotannon kehitykseen 42 sivua + 2 liitettä 23.11.2012
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Kone- ja tuotantotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Koneautomaatio
Ohjaaja	Lehtori Heikki Paavilainen

Tämä insinöörityö tehtiin Metropolia Ammattikorkeakoulun koneautomaation laboratorioon. Työn tarkoituksena oli selvittää tuotannon kehitykseen tarkoitetun AviX-ohjelman käyttöominaisuuksia, laatia ohjelmaan käyttöohjeet sekä suunnitella demomallit ohjelman Method- ja DFX-ohjelmistotyökaluilla.

Aluksi perehdyttiin AviX-ohjelman käyttöön ja selvitettiin, miten ohjelma toimii käytännössä. Sen jälkeen suunniteltiin teollisuuden manuaalisen työn aikaa ja menetelmiä analysoivalla Method-ohjelmistolla tuotteelle kokoonpanolinja sekä käytettiin ohjelman videotekniikkaa kokoonpanotyön havainnollistamiseen. Seuraavaksi tehtiin ohjelman kokoonpantavuuden analysointiin kehitetyllä DFX-ohjelmistolla tuotteelle DFA2 tuote- ja osatasoanalyysit sekä niiden perusteella kehitettiin tuotteen kokoonpantavuutta, DFA.

Työn tuloksena rakennettiin AviX-ohjelman Method- ja DFX-ohjelmistotyökaluilla demomallit sekä kehitettiin tuotteen kokoonpanoa ja kokoonpantavuutta ohjelmistojen avulla. Lisäksi laadittiin ohjelmistoille käyttöohjeet ja kerrottiin niiden ominaisuuksista sekä selvennettiin DFA2-analyysin kysymyksiä ja tuloksia.

Avainsanat	AviX, tuotannonkehitys, kokoonpano, DFA

Metropolia

Abstract

Author Title Number of Pages Date	Samu Saarikoski AviX-Software for Production Development 42 pages + 2 appendices 23 November 2012
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Mechanical Engineering
Specialisation option	Machine Automation
Instructor	Heikki Paavilainen, Lecturer

This Bachelor's thesis was carried out at the machine automation laboratory of Metropolia University of Applied Sciences. The objective of this thesis was to examine the features of AviX computer software, write a manual for the users of AviX-Method and DFX-tools, and design demo models by using these tools.

Firstly, it was analyzed how to use AviX-software and examined how this software works in practice. Secondly, an assembly line was designed by using Method-tools and video techniques to demonstrate the assembly work. Thirdly, a product analysis and a part level analysis were made for the product DFA2 by using DFX-tools and on their basis the product DFA (Design For Assembly) was developed.

As a result, demo models were built with AviX-software Method and DFX-tools. Furthermore, the product's assembly and DFA (Design For Assembly) were developed by using these programs. In addition, a software user's manual was composed, the features of the software were analyzed, and finally, the results and questions of the DFA2-analysis were clarified.

Keywords	AviX, production development, assembly, DFA

Sisällys

LYHENTEET

1 JOHDANTO 1

2 YLEISESTI KOKOONPANOSTA 2

2.1 Kokoonpanotyö 2
2.2 Kokoonpantavuus 3
2.3 Kokoonpantavuuden arviointiohjelmistot 3

3 AviX-OHJELMA TUOTANNON KEHITYKSEEN 4

4 AviX METHOD -KÄYTTÖOHJE 5

4.1 AviX Method -ohjelmisto 5
4.2 Method-rakenteen luonti 6
4.3 Toimintoanalyysi 9
4.4 Hukka-analyysi 11
4.5 Tulokset 11
4.6 Raportit 12

5 BOM- JA TYÖKALULUETTELO 14

6 AviX DFX -KÄYTTÖOHJE 16

6.1 AviX DFX -ohjelmisto 16
6.2 DFX-analyysi 16
6.3 DFX-analyysin luonti 17
6.4 DFX-tuotetaso 18
6.4.1 DFX–tuotetasokysymykset 18
6.4.2 DFX-tuotetasoraportti ja tulokset 22
6.5 DFX-osataso 23
6.5.1 DFX-osatason kysymykset 23
6.5.2 DFX-osatasoraportti ja tulokset 34

7 AviX-DEMOMALLIT 35

7.1 AviX Method -malli 35

7.2 AviX DFX -malli 37

8 YHTEENVETO 40

LÄHTEET 42

Liitteet

Liite 1. Partakoneen AviX Method -ohjelmiston raportit

Liite 2. Partakoneen AviX DFX -ohjelmiston raportit

LYHENTEET

BOM	Bill of Materials; tuotteen osaluettelo
DFA	Design For Assembly; kokoonpantavuus
DFA2	Design For Automatic Assembly; automaattiseen kokoonpanon suunnittelumenetelmä.
DFX	Design For eXcellence; Design for X on yhteisnimitys eri näkökulmat huomioonottaville suunnittelumenetelmille.
FMEA	Failure Mode and Effect Analysis; vika- ja vaikutusanalyysi.
MTM	Method-Time Measurement; liikeaikajärjestelmä.
SMED	Single- Minute Exchange of Die; asetusaikojen lyhennysmenetelmä.

1 JOHDANTO

Tämä insinöörityö on tehty Metropolia Ammattikorkeakoulun koneautomaatio-osastolle. Insinöörityön tarkoituksen on perehtyä tuotannonkehitykseen suunnattuun AviX-tietokoneohjelmaan. Työssä käsitellään ohjelman soveltuvuutta kokoonpanon ja kokoonpantavuuden kehittämiseen.

Insinöörityössä käsitellään AviX-ohjelman Method-ohjelmistotyökalua, joka on manuaalisen kokoonpanotyön aikaa ja menetelmiä analysoiva ohjelmisto, sekä kokoonpantavuuden analysointiin ja arviointiin kehitettyä AviX DFX-ohjelmistotyökalua. Työssä perehdytään ohjelmistojen käyttöominaisuuksiin ja siihen, kuinka ohjelmaa pystytään hyödyntämään kokoonpanotyön sekä prosessien havainnollistamiseen ja kehittämiseen.

Työssä suunniteltiin ja rakennettiin AviX Method-ohjelmistolla tuotteelle manuaalinen kokoonpanoprosessi ja havainnollistettiin se ohjelmiston videotekniikan avulla sekä analysoitiin ja kehitettiin tuotteen kokoonpanotyötä ohjelmalla. Lisäksi tehtiin tuotteelle DFX-ohjelmistolla kokoonpantavuuden DFA2-analyysi tuote- ja osatasolla sekä kehitettiin analyysin avulla tuotteen kokoonpantavuutta ja kirjoitettiin ohjelmistoille käyttöohjeet.

2 YLEISESTI KOKOONPANOSTA

Kokoonpano on tehtaassa eri vaiheissa valmistettujen ja muualta hankittujen osien sekä standardikomponenttien ja -tarvikkeiden liittämistä toisiinsa toimivaksi tuotteeksi tai sen osaksi. [1, s. 111.]

2.1 Kokoonpanotyö

Metalliteollisuudessa kokoonpannaan tuotteita pienistä sekä suurina erinä valmistettavista kulutustavaroista aina suuriin koneisiin ja laitteisiin asti. Kokoonpanotyötä tapahtuu metalliteollisuuden lisäksi lähes kaikilla teollisuudessa, esimerkiksi huonekalu ja vaate-, sähköteknisessä ja elektroniikkateollisuudessa. Erilaisien tuotteiden ja alojen kokoonpanotekniikat ovat luonnollisesti hyvinkin erilaisia. [1, s. 111.]

Kokoonpanotyö on perinteisesti ollut käsityötä, mutta nykyaikana kokoonpanotöiden automatisointi on hyvin yleistä. Nykyään kokoonpanoon suunniteltu tuote on pyrittävä suunnitelmaan automaatioystävälliseksi, koska kokoonpano on tyypillisesti työvoimavaltaisin alue tuotteen valmistuksessa. Lisäksi automaattiseen kokoonpanoon suunniteltu tuote on myös yksikertainen koota manuaalisessa kokoonpanossa. [1, s. 111; 5, s. 69 - 70.]

Kokoonpanotyön osuus tuotteen valmistusprosessista voi olla jopa 20 - 40 %. Kokoonpanotyö sisältää yleensä osien liittämisen lisäksi usein myös kappaleiden käsittelemistä, siirtämistä paikasta toiseen, varastointia ja sovittamista sekä tarkastamista. Vain pieniosa kokoonpanossa tapahtuvasta työstä kohottaa tuotteen arvoa. Varastointi, käsittely, siirtäminen ja tarkastaminen eivät jalosta tuotetta, vaan aiheuttavat aikaviiveitä ja lisäkustannuksia. Ilman näitä toimintoja ei kokoonpano kuitenkaan ole mahdollista. Niiden osuus tulisikin minimoida tuotteen kokoonpanon suunnittelussa. Minimoimalla näitä toimintoja voidaan säästää huomattavasti tuotteen valmistuskustannuksissa. [1, s. 111 - 112.]

2.2 Kokoonpantavuus

Tuotteiden kokoonpantavuus eli DFA on systemaattinen tuotekehitysmenetelmä. Menetelmän tavoitteena on nopeuttaa ja parantaa kokoonpanotyötä yksinkertaistamalla tuotteen rakennetta. Usein yksinkertainen rakenne tuotteelle saavutetaan osia vähentämällä tai osien toimintoja yhdistämällä. DFA:lla pyritään modulaariseen rakenteeseen, joka mahdollistaa paremmin tuotteen yksilöimisen juuri asiakastarpeiden mukaan. Lisäksi menetelmän avulla pystytään yleensä parantamaan tuotteen toimivuutta, laatua, ulkonäköä, huollettavuutta sekä ympäristökuormitusta. [5, s. 69.]

2.3 Kokoonpantavuuden arviointiohjelmistot

Kokoonpantavuuden arviointiin on kehitetty monenlaisia työkaluja ja ohjelmistoja, joista kolme tunnetuinta ohjelmistoa ovat Hitachi, Boothroyd-Dewhurst ja Lucas DFA. Näitä menetelmiä on käytetty paljon ja laajalti kaikkialla teollisuudessa. Nämä tekniikat ovat arvioivia menetelmiä, joiden avulla pystytään analysoimaan kokoonpanotyötä jo varhaisessa tuotantovaiheessa. Kaikki ohjelmistot käyttävät hieman erilaisia laskentamenetelmiä tuotteen kokoonpantavuuden arviointiin. [5, s. 155 - 156.]

Työssä käsitellään AviX DFX -ohjelmistotyökalua, joka on tietokonepohjainen kokoonpantavuuden arviointityökaluja. Työkalun avulla pystytään arvioimaan tuotteen soveltuvuus sekä manuaaliseen että automaattiseen kokoonpanotyöhön. DFX-työkalu käyttää kokoonpantavuuden analysointiin DFA2-menetelmää.

3 AviX-OHJELMA TUOTANNON KEHITYKSEEN

AviX-ohjelma on videopohjainen ohjelmistotyökalu yrityksen tuotantotekniikan kehittämiseen. Ohjelman perusajatuksena on edistää omien tuotteiden ja prosessien tuntemusta. Prosessit pystyttäisiin suorittamaan paremmin ja tarkemmin, mikä mahdollistaisi tuotannon nopeutumisen ja motivoisi parempiin tuotteisiin. Ohjelma sisältää useita eri moduuleja, joiden kaikkien on tarkoitus edistää käyttäjän tuotteita ja prosesseja. [2.]

AviX Method -ohjelmisto on teollisuuden manuaalisen työn aikaa ja menetelmiä analysoiva ohjelmisto. Työkalu käyttää manuaalisen kokoonpanotyön havainnollistamiseen videotekniikkaa ja standardiaikoja.

AviX Balance on tuotantolinjojen tasapainotusohjelmisto. Se auttaa yksinkertaistamaan tuotantoa optimoimalla tuotantolinjat ja lisää siten tuotannon tehokuutta. [2.]

AviX FMEA on prosessin riskien analysointiohjelmisto. Työkalu mahdollistaa uudella ja tehokkaalla tavalla FMEA-analyysin suorittamisen. [2.]

AviX SMED on koneasetusten ja linjan tuotevaihtojen nopeuden parantamiseen kehitetty ohjelmisto, joka mahdollistaa yksikertaisen ja havainnollisen tavan suorittaa SMED-analyysi. [2.]

Avix DFX on tuotteen kokoonpantavuuden analysointiin kehitetty ohjelmisto. Ohjelmiston DFA2-analyysin avulla on tarkoitus parantaa tuotteen kokoonpantavuutta ja siten nopeuttaa tuotteen kokoonpanoprosessia sekä parantaa tuotteen laatua ja tuotannontehokuutta. [2.]

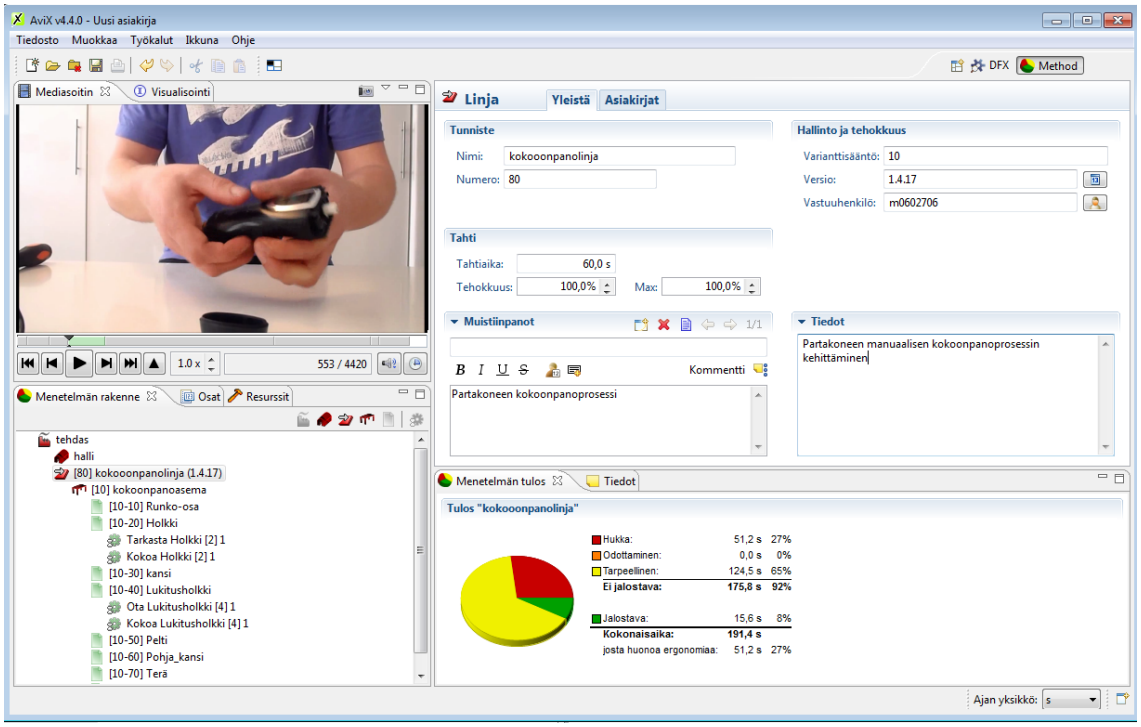
AviX ERGO on työtekijöiden työergonomian parantamiseen kehitetty ohjelmisto. ERGO mahdollistaa uudenlaisen tavan kehittää työntekijän ergonomiaa ja siten lisätä työn tehokkuutta. [2.]

4 AviX METHOD -KÄYTTÖOHJE

AviX4 Method -käyttöohje sisältää ohjelmistosta perustietoa, ohjeistuksen yleiskäyttöön, ohjelman rakenteen ja videon siirtämisen ohjelmaan. Lisäksi kerrotaan ohjelmiston hukka- ja toimintoanalyysien ominaisuudet ja käydään läpi menetelmän tulokset ja raportit.

4.1 AviX Method -ohjelmisto

AviX Method -ohjelmistotyökalu käyttää manuaalisen kokoonpanotyön havainnollistamiseen videotekniikka ja standardiaikoja. Ohjelmaan pystytään lisäämään tuotteesta reaaliaikainen tai 3D-ohjelmalla laadittu simulaatiovideo kuvaamaan kokoonpanoprosessia. Videon avulla pystytään vaiheistamaan eri työvaiheet helposti ja hyvin havainnollisesti (kuvio 1).



Kuvio 1. AviX Method-ohjelmiston käyttöliittymä

AviX Method käyttää kokoonpanossa tarvittavien liikkeiden ja työtehtävien havainnollistamiseen MTM-järjestelmään perustuvia standardiaikoja. Standardiaikojen

avulla pystytään analysoimaan kokoonpanoprosessin läpimenoaikoja jo ennen, kuin tuote on varsinaisesti tuotannossa. [3, s. 3.]

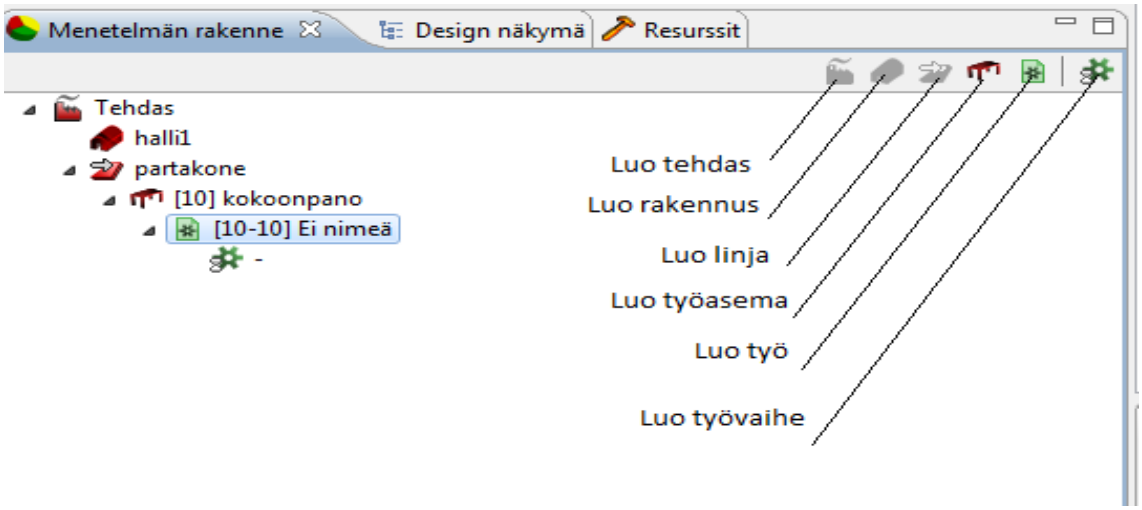
Käyttämällä työkalun videotekniikkaa ja standardiaikoja yhdessä pystytään havainnollistamaan manuaalisesti kokoonpantavan tuotteen kokoonpanoprosessi, joka mahdollistaa tuotteen kokoonpanon kehittämisen tietokoneen avulla. Näin saadaan tuotteen kokoonpanolle mahdollisimman hyvät lähtökohdat tuotantoon.

4.2 Method-rakenteen luonti

Avix Method -ohjelmistotyökalun käyttö aloitetaan luomalla tuotantoprosessissa tarvittavat objektit tehdas, rakennus, linjat, työasemat, työt ja työvaiheet ohjelman rakennepuuhun (kuvio 2).

Luo tehdas

Luo tehdas -kohdassa määritellään rakennepuuhun tuotantolaitos. Tuotantolaitos voi koostua yhdestä tai useammasta tehtaasta. Tehdasta luodessa avautuu objektin ikkuna, johon määritellään tehtaan nimi, tunnisteet, yleiset tiedot, muistiinpanot, hallinto ja tehokkuus.



Kuvio 2. Avix4 Method -rakennepuu

Luo rakennus

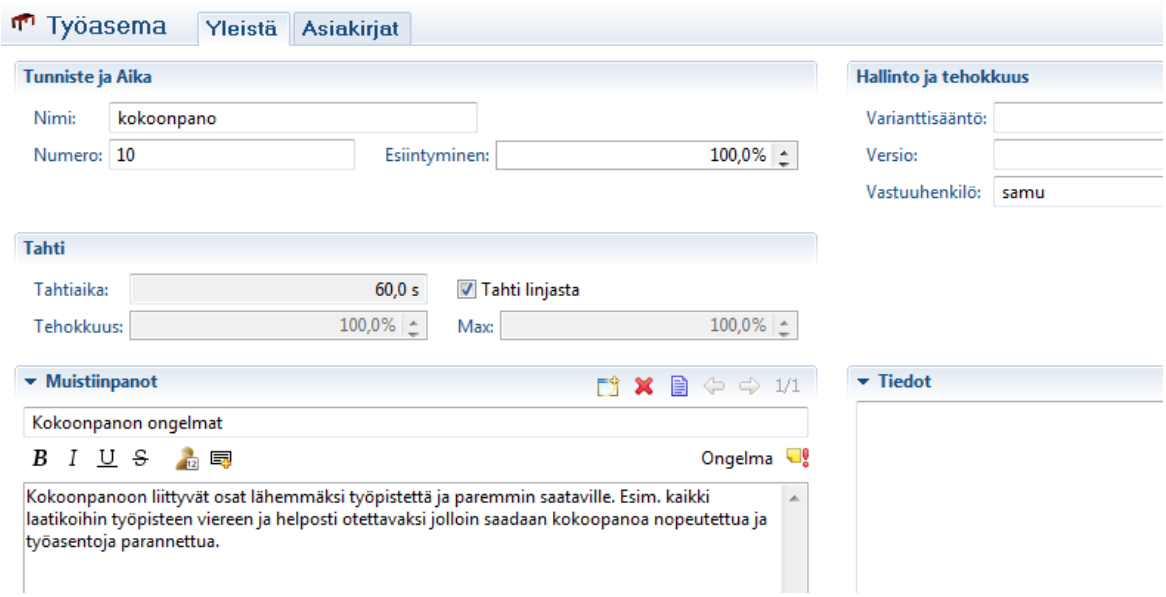
Luo rakennus -kohdassa määritellään rakennepuuhun, missä tehtaan rakennuksessa linjasto sijaitsee. Rakennusta luodessa avautuu objektin ikkuna, johon määritellään rakennuksen nimi, tunnisteet, yleiset tiedot, muistiinpanot, hallinto ja tehokkuus.

Luo linja

Luo linja -kohdassa määritellään linja, jossa työasema toimii. Linjoja voi olla yksi tai useampi riippuen tuotteen kokoonpanoprosessissa tarvittavien linjojen määrästä. Linjan luominen on ohjelman toiminnan kannalta välttämätön. Linjoja luodessa määritellään linjan nimi, tunnisteet, linjan tahtiaika, yleiset tiedot, muistiinpanot, hallinto ja tehokkuus. Tahtiajalla tarkoitetaan yhden prosessin tuottamien tuotteiden kysynnän vauhtia.

Luo työasema

Luo työasema -kohdassa määritellään työasema (kuvio 3), jossa kyseisen tuotteen koko kokoonpanoprosessi tapahtuu. Työasemaa luodessa määritellään työaseman nimi, tunnisteet, yleiset tiedot, muistiinpanot, työaseman tahtiaika, hallinto ja tehokkuus.



Kuvio 3. Esimerkki ohjelman työasemaikkunasta

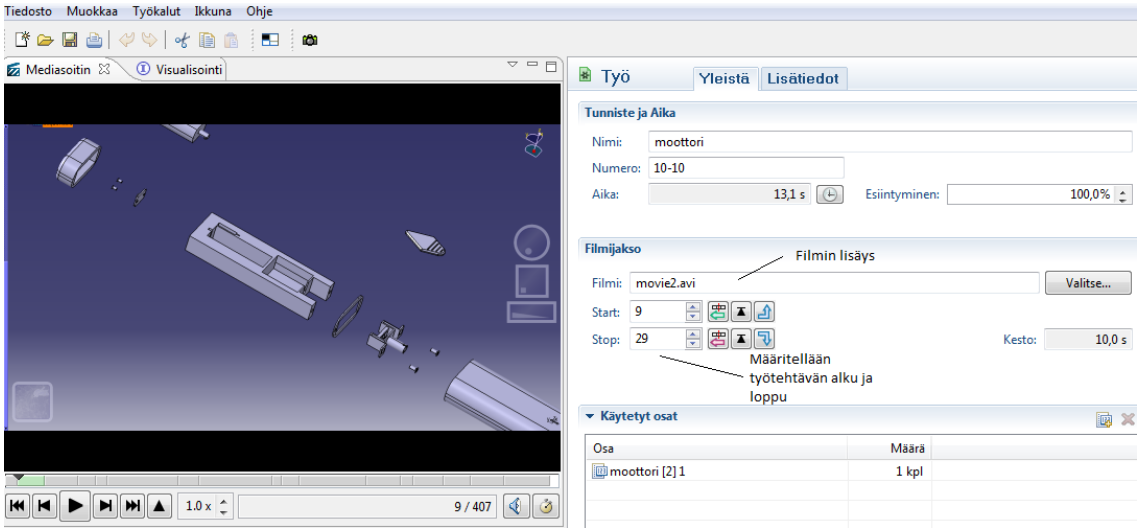
Luo työ

Luo työ -kohdassa eritellään koko tuotteen kokoonpanoprosessi yksittäisten osien kokoonpanoksi eli työobjekteiksi (kuvio 4). Työobjektit on selkeintä luoda kokoonpanoprosessin videodokumentaation avulla. Työobjekteja voi olla yksi tai useampi jokaista työasemaa kohden.

Työobjekteja luodessa määritellään myös prosessin nimi, tunnisteet, aika, yleiset tiedot, muistiinpanot, työkalut, BOM-osaluettelo, hallinto ja tehokkuus. BOM-osaluettelo ja työkaluluettelo tehdään Excel-taulukkona. Työkalu- ja osaluettelon luonti Excelillä ja siirtäminen AviX-ohjelmaan käsitellään myöhemmin tässä opinnäytetyössä.

Työtehtävien vaiheistus filmin avulla

Ohjelman Method -työkalun tärkeimpiä ominaisuuksia on kokoonpanovideon lisääminen projektiin, sen avulla voidaan havainnollistaa prosessin eri työvaiheita videon avulla. Kokoonpanovideon lisääminen tapahtuu ensimmäisen työobjektin luontivaiheessa.

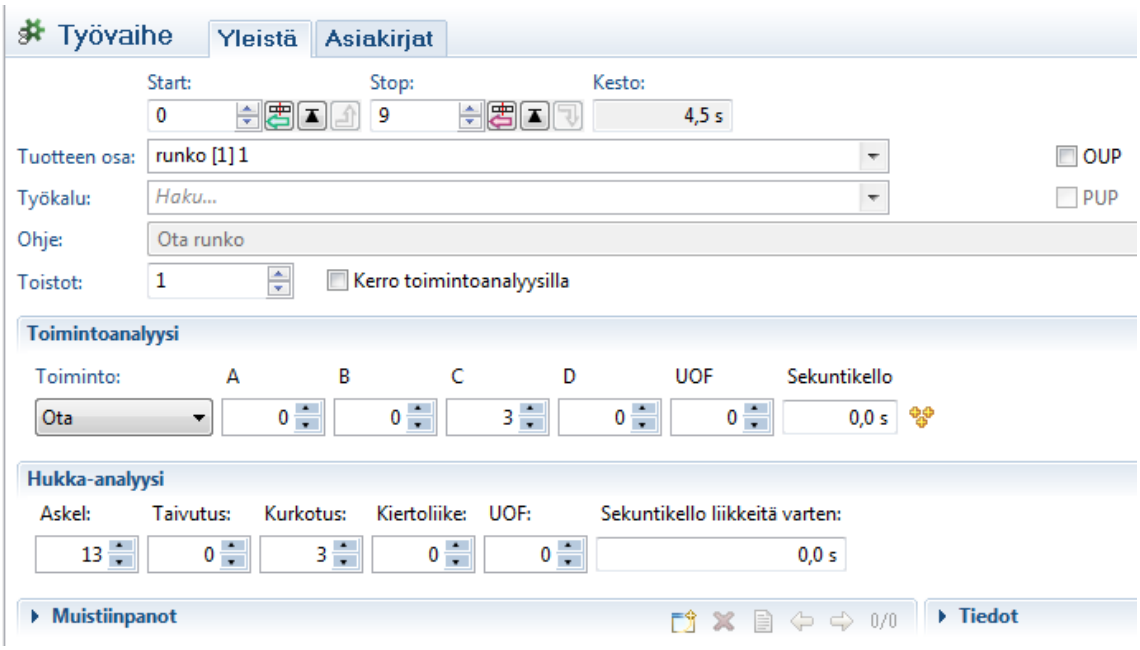


Kuvio 4. Videon siirtäminen ohjelmaan sekä videon vaiheistaminen eri työobjekteiksi

Kokoonpanovideolta eritellään jokaisen osan kokoonpanovaihe työobjekteihin Filmijakso-sarakkeessa olevien valikoiden avulla (kuvio 4). Video voi olla joko kokoonpanoprosessista kuvattu video tai 3D-ohjelmalla tehty kokoonpanosimulaatio. Ohjelma toistaa yleisimpiä videoformaatteja.

Luo työvaihe

Luo työvaihe -kohdassa (kuvio 5) määritellään kokoonpanon työntekijän yksittäisessä kokoonpanovaiheessa tarvittavat työtoiminnot ja hukka-arviot. Ne määritellään hyvin yksityiskohtaisesti ohjelman toiminto- ja hukka-analyysilla.

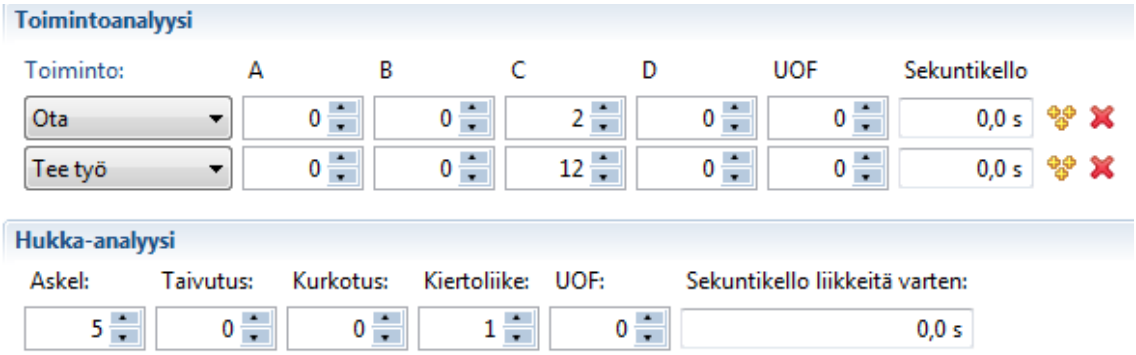


Kuvio 5. Luo työ- kohdassa avautuva ikkuna

Työvaiheen editori -ikkunassa (kuvio 5) lisätään myös työvaiheessa tarvittavat työkalut. Työkaluluettelo tuodaan ohjelmaan Excel-taulukkona. Lisäksi voidaan kirjoittaa ohjeita kokoonpanon tekijälle ja lisätä muistiinpanoja esimerkiksi analysoinnissa ilmaantuneista ongelmista tai parannusehdotuksia tuotteen kokoonpanotyöhön.

4.3 Toimintoanalyysi

Toimintoanalyysissä (kuvio 6) määritellään työvaiheessa tehtävät työtoiminnot. Ohjelman toimintovalikosta löytyy tiettyjä toimintoja vakiona: esimerkiksi ota, kiinnitä, kokoa, tee työ ja säädä, jotka perustuvat MTM-järjestelmän standardiaikoihin. Standardiaikoja on aika mahdoton käyttää tietyissä kokoonpanotehtävissä, joten ohjelmaan on lisätty sekuntikello. Sekuntikelloon voidaan lisätä suoraan kokoonpanon yksittäisessä työvaiheessa kulutettu aika. Toimintoja voi olla yhdessä työvaiheessa yksi tai useampi.



Kuvio 6. Toiminto- ja hukka-analyysin valikot

Toimintoanalyysissä analysoidaan myös työntekijän tekemät liikkeet. Liikevaihtoehtoina ovat A, B, C ja D riippuen liikkeen vaikeustasosta. Esimerkiksi A-vaihtoehto sisältää liikkeen, joka on yli 13 cm ja vaikeustasoltaan vaikea liike (taulukko 1). Liikkeiden tasot saadaan selville viemällä hiiren kursori sarakkeen kohdalle, joka aukaisee ohjeikkunan. UOF-sarakkeella tarkoitetaan liikkeessä käytettyä voimaa (taulukko 2). Liikkeet arvioidaan numeroiden tai sarakkeissa olevien nuolien avulla. Liikkeitä voi olla yksi tai useampi jokaista työtoimintoa kohden. [3, s. 11.]

Taulukko 1. Toimintoanalyysin liikevaihtoehdot ja ohjelman käyttämät standardiajat liikkeille [3, s. 10]

Luokka	Liike	Aika
A	Vaikeutta sisältävä liike yli 13 cm	2,23 s
B	Helppo liike yli 13 cm tai vaikeutta sisältävä liike alle 13 cm	1,11 s
C	Helppo liike alle 13 cm	0,56 s
D	Hyvin pieni liike	0,28 s

Taulukko 2. Toimintoanalyysin voimankäyttötaulukko UOF [3, s. 14]

	Paino alle 2 kg	Paino yli 5 kg	Paino yli 10 kg
Hartioiden yläpuolella oleva osa		1 UOF	2 UOF
Hartioiden alapuolella oleva osa	1 UOF	2 UOF	2 UOF

4.4 Hukka-analyysi

Hukka-analyysissä (kuvio 6) analysoidaan työvaiheessa tehtävää niin sanottua ylimääräistä työtä, kuten työntekijän ottamat askeleet ja kurotusliikkeet. Ohjelmassa on standardiaikoihin perustuvia hukaksi luettuja liikkeitä, jotka ovat askel, taivutus, kurotus, kiertoliike ja UOF-voimankäyttö. Lisäksi myös hukka-analyysin arviointiin on lisätty sekuntikello. Sekuntikelloon voidaan lisätä suoraan aika, joka on kellotettu työvaiheessa hukatuksi ajaksi.

4.5 Tulokset

Ohjelma tekee toiminto- ja hukka-analyysissä annetuista arvoista sektoridiagrammin (kuvio 7). Diagrammista ilmenevät jokaisen yksittäisen työvaiheen tai koko prosessin läpimenoajat, huono ergonomia, hukat, odotusajat, sekä jalostava ja tarpeellinen työ.

Kuvio 7. AviX Method -työkalun sektoridiagrammi

Jalostava työ

Jalostavaa työtä (kuvio 7) kuvataan vihreällä värillä. Jalostavalla työllä tarkoitetaan tuottavaa toimintaa eli kokoonpanon arvo-osien sijoittamista lopulliseen paikkaan tuotteessa. Ohjelma luokittelee jalostavaksi työksi toimintoanalyysissä kokoa- ja tee työ- vaihtoehdot. [3, s. 6]

Tarpeellinen työ

Tarpeellisella työllä (kuvio 7) tarkoitetaan työtä, joka tapahtuu ennen tuottavaa toimintaa tai sen jälkeen esimerkiksi arvo-osien kiinnittämistä lopulliseen sijoituspaikkaan esimerkiksi ruuveilla. Ohjelma kuvaa tarpeellista työtä keltaisella värillä ja luokittelee tarpeelliseksi työksi toimintoanalyysissä asettamisen, säätämisen, käsittelemisen, ottamisen, palauttamisen, kiinnittämisen, tarkastamisen, ohjeiden lukemisen ja hallintotyöt. [3, s. 6]

Hukka

Diagrammissa hukattua aikaa (kuvio 7) merkitään punaisella värillä. Hukatulla ajalla tarkoitetaan kaikkea ylimäärästä toimintaa työn aikana, mikä ei lisää tuotteen arvoa asiakkaan näkökulmasta. Hukatuksi ajaksi ohjelma laskee prosessissa otetut askeleet, taivutukset, kiertoliikkeet, kurkotukset ja voimankäytön. [3, s.4]

Odottaminen

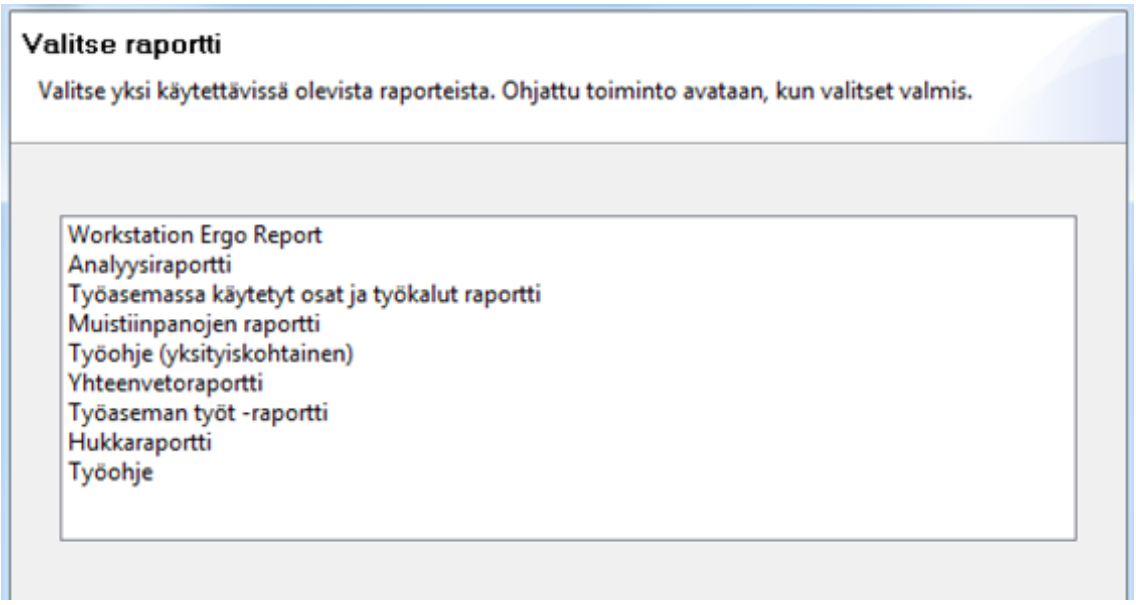
Odottamista (kuvio 7) kuvataan oranssilla värillä. Odottamista syntyy esimerkiksi, jos kokoonpanolinjalla joudutaan odottelemaan materiaaleja tai osia. Odottaminen on prosessin kannalta myös hukattua aikaa. [3, s. 6]

4.6 Raportit

Ohjelmasta voidaan tulostaa erilaisia raportteja ja työohjeita, mm. yhteenveto-, analyysi- ja hukkaraportteja (kuvio 8). Raportteja voidaan tehdä yksittäisistä työvaiheista, työasemista tai koko kokoonpanolinjasta. Ohjelma tekee raportin automaattisesti toiminto- ja hukka-analyysissä annettujen arvojen ja osien perusteella. Liitteestä 1 löytyy ohjelman Method-ohjelmistosta tulostettuja raportteja.

Raportin ja työohjeen tulostaminen:

1 Valitaan AviX Method -rakennepuusta haluttu kokoonpanolinja, työasema tai työtehtävä raporttia tai työohjetta varten.
2 Valitaan ohjelman yläpalkista tulosta.
3 Aukeaa ikkuna, joka sisältää listan tulostettavista työohjeista ja raporteista.
4 Valitaan listasta haluttu raportti tai työohje, minkä jälkeen analyysi tulostuu näytölle.
5 Analyysit voidaan tallentaa tietokoneen kovalevylle, josta niitä voidaan myöhemmin tarkastella tai tulostaa paperille.



Kuvio 8. AviX Method -ohjelmistosta tulostettavat raportit

5 BOM- JA TYÖKALULUETTELO

BOM-luettelolla (taulukko 3) tarkoitetaan tuotteen osaluetteloa. Osaluettelon tekeminen on välttämätöntä ohjelman toimivuuden kannalta. Osaluettelo tehdään Excel-taulukkona. Taulukko sisältää osanumeron, nimen, VO/FO:n, version, tason ja niiden osien määrän, joita tarvitaan valmiissa tuotteessa.

VO tarkoittaa tuotteen arvo-osia. Arvo-osat ovat tuotteessa käytettyjä, joko itse valmistettuja tai muualta ostettuja osia. Arvo-osat yleensä määrittelevät tuotteen lopullisen hinnan. FO tarkoittaa tuotteessa käytettyjä kiinnitysosia. Tyypillisesti nämä osat ovat ruuveja, pultteja tai muttereita. Tasosarake kertoo, onko kyseessä pää- vai osakokoonpano. Taso 1 on pääkokoonpano. Taso 2 on osakokoonpano. Taso 3 ja sen alla olevat tasot ovat osakokoonpanon alla olevia tasoja, tyypillisesti kiinnitysvaiheita.

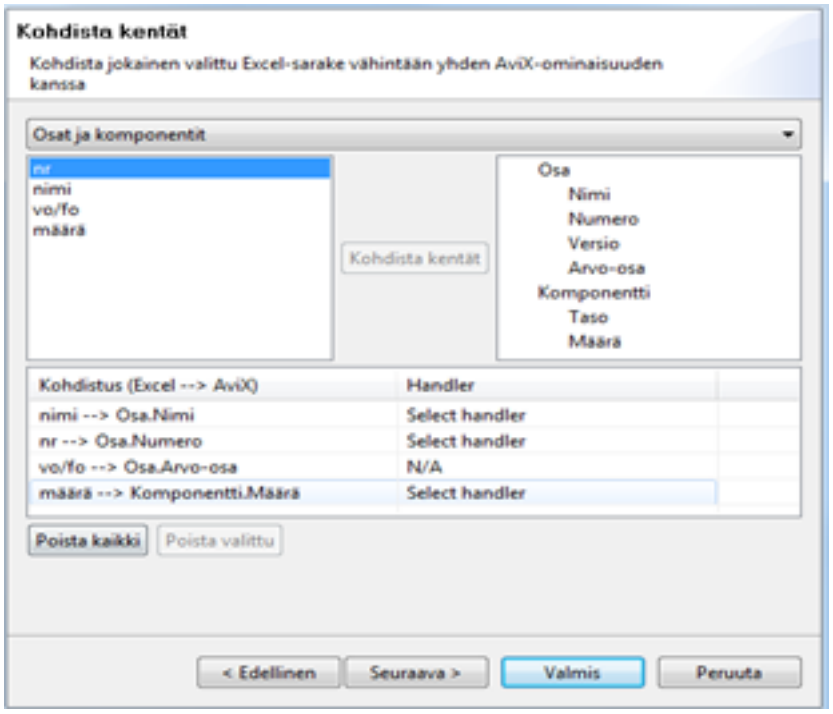
Taulukko 3. Microsoft Excel-ohjelmalla luotu BOM-osaluettelo

NR	Nimi	VO/FO	Versio	Taso	Määrä
1	Runko	VO	1	1	1
2	Moottori	VO	1	2	1
3	Akku	VO	1	2	1
4	Piirilevy	VO	1	2	1
5	Takalevy	VO	1	2	1
6	Ruuvi 1	FO	1	3	2
7	Takakansi	VO	1	2	1
8	Ruuvi 2	FO	1	2	2

Työkaluluettelo sisältää tuotteen kokoonpanossa tarvittavat työkalut. Luettelo tehdään Excel-taulukkona. Taulukko sisältää työkalun nimen, numeron, kuvauksen, version, tason ja liikutettavuuden.

Excel-tiedoston siirtäminen ohjelmaan:

1 Tallennetaan luotu Excel-tiedosto tietokoneen kovalevylle.
2 Avataan AviX ohjelma.
3 Valitaan ohjelman yläpalkista tiedosto->tuo.
4 Avautuu ikkuna, valitaan Excel-tiedoston tuonti.
5 Valitaan haluttu Excel-tiedosto.
6 Seuraavaksi avautuvasta ikkunasta valitaan sheet1 ja ohjelmassa tarvittavat Excel-taulukon sarakkeet. Esimerkiksi osaluettelo: NR, Nimi, VO/FO, Versio, Taso ja Määrä.
7 Tämän jälkeen avautuu ikkuna, josta valitaan yläosan valikosta työkalut tai vaihtoehtoisesti osat ja komponentit riippuen halutusta luettelosta, jonka jälkeen kohdistetaan valitut Excel- sarakkeet AviX-ominaisuuksien kanssa (kuvio 9).



Kuvio 9. AviX ohjelmassa BOM-luettelon kohdistaminen

6 AviX DFX -KÄYTTÖOHJE

DFX-käyttöohje sisältää ohjelmistosta yleistä tietoa, kerrotaan mihin DFX-analyysi perustuu ja miten työkalu toimii käytännössä. Lisäksi selvennetään osa- ja tuoteanalyysin kysymykset, sekä käydään läpi analyysien tulokset ja raportit.

6.1 AviX DFX -ohjelmisto

Avix DFX on tuotteen kokoonpantavuuden analysointiin kehitetty ohjelmistotyökalu. Työkalun avulla pystytään arvioimaan tuotteen soveltuvuus automaattiseen tai manuaaliseen kokoonpanoon. Pystytään suunnittelemaan ja kehittämään kokoonpantavuutta ilman prototyyppiä, joka mahdollistaa, että kokoonpantavuuteen pystytään vaikuttamaan jo tuotesuunnittelun alkuvaiheessa. Näin pystytään parantamaan tuotteen lähtökohtia lopullisessa tuotannossa, lisäämään tuotannon tehokkuutta ja laskemaan mahdollisesti valmistuskustannuksia yksikertaisesti kokoonpantavalla tuotteella.

6.2 DFX-analyysi

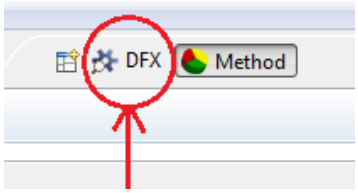
DFX-ohjelmistolla luodaan tuotteesta DFX-analyysi, joka perustuu DFA2-menetelmään. DFA2-menetelmä sisältää tuote- ja osatasoanalyysin. Analyysin tuotetasolla käsitellään koko tuotteeseen tai moduuliin liittyviä kysymyksiä. Osatasolla käsitellään tuotteen jokaiseen osaan liittyviä kysymyksiä. Kysymyksien arviointi suoritetaan pisteytysjärjestelmällä, joka sisältää kolme tasoa: [4, s.77.]

1. Yhdeksän pistettä on paras ratkaisu automaattisen kokoonpanon näkökulmasta. (9 p.)
2. Kolme pistettä on hyväksyttävä, mutta ei täysin tyydyttävä ratkaisu automaattisen kokoonpanon näkökulmasta. (3 p.)
3. Ei toivottu ratkaisu yksi piste. Nämä ratkaisut olisi suunniteltava uudelleen ennen kun tuotteen valmistus aloitetaan. (1 p.)

Kysymyksiä arvioidessa pitäisi välttää nollapisteiden antamista, koska arviointi perustuu kolmeen tasoon ja näitä tasoja käyttämällä pystytään parhaiten löytämään mahdolliset epäkohdat tai huonot ratkaisut tuotteesta. [4, s. 77.]

6.3 DFX-analyysin luonti

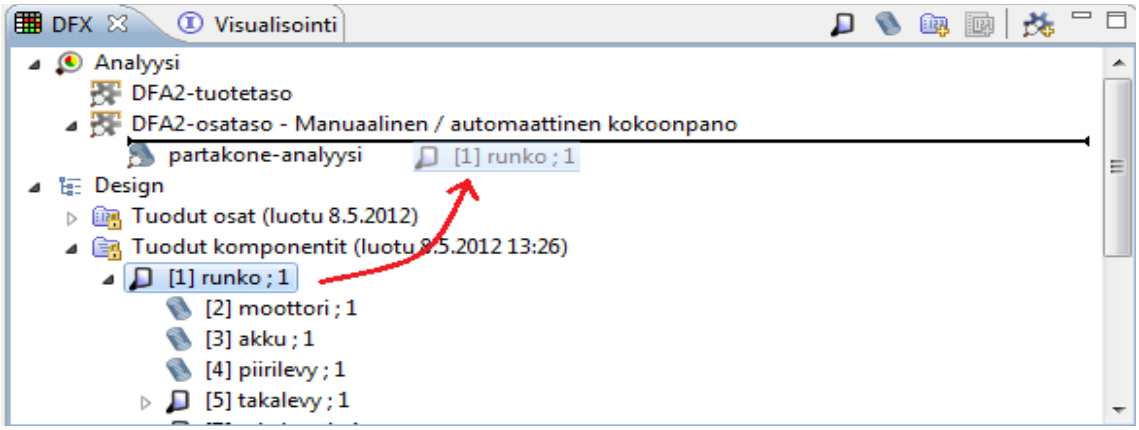
DFX-analyysin luonti AviX-ohjelmalla aloitetaan valitsemalla ohjelman perusnäkymän yläpalkista DFX, joka avaa DFX-ohjelmiston käyttölittymän (kuvio 10).



Kuvio 10. Ohjelman DFX-työkalun käynnistäminen yläpalkista

AviX DFX -analyysin luonti:

1 Valitaan ohjelman perusnäkymän yläpalkista DFX, joka aukaisee DFX ohjelmiston käyttölittymän.
2 Valitaan DFX-rakennepuusta tuodut komponentit tai osat. Näistä valikoista löytyy siirtämäsi BOM-osaluettelo (kuvio 11).
3 Siirretään hiirellä osaluettelo DFA2 tuote- tai osatasoon (kuvion 11) mukaisesti.
4 Näin aukeaa DFA2- analyysin kysymykset ja ominaisuusmäärittelyvalikko.



Kuvio 11. DFA2-analyysin tuote- ja osatason luonti

6.4 DFX-tuotetaso

Tuotetasoanalyysissä käsitellään koko tuotteen tai moduulin suunnitteluun liittyviä kysymyksiä. Tarkoituksena olisi suunnitella mahdollisimman yksinkertainen tuote, joka olisi myös helppo ja yksinkertainen kokoonpantava. Tuoteperheiden suunnittelussa on tärkeä pystyä valmistamaan yksinkertainen moduuli, jotta yhdestä moduulista pystyttäisiin valmistamaan tuotteita eri ominaisuuksilla ja yksilöimään tuotteen ominaisuudet juuri asiakkaan tarpeiden mukaan. [4, s. 154.]

Tuotetason ominaisuudet

DFX- tuotetason ominaisuudet välilehdellä nimetään analyysi ja valitaan analyysissä käytettävät kysymykset. Suositus on valita kaikki ominaisuudet, näin saadaan tuotteesta tarkempi DFA2-analyysi. Tuote kannattaa suunnitella automaattiseen kokoonpanoon, vaikka sen kokoonpanotyö suoritetaanki manuaalisesti. Automaattiseen kokoonpanoon suunnitellun tuotteen kokoonpanotyö on huomattavasti yksikertaisempi. Lisäksi välilehdellä voidaan nimetä vastuuhenkilöt, versio, hallita osallistujia, lisätä kommentteja ja tietoja analyysistä.

6.4.1 DFX–tuotetasokysymykset

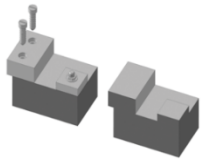
Osien lukumäärä

Tuotetta suunniteltaessa tai kehittäessä pyritään yleensä mahdollisimman yksinkertaiseen ratkaisuun ja vähän osia sisältävään tuotteeseen, jolloin voidaan parantaa tuotteen kokoonpantavuutta ja laskea mahdollisesti valmistuskustannuksia (taulukko 4).

Uutta tuotetta suunniteltaessa pitäisi tuotteesta suunnitella muutama erilainen ratkaisu, jotta sille löydettäisiin paras ja mahdollisimman yksikertainen lähtökohta. Kehitettäessä vanhan tuotteen kokoonpantavuutta pyritään yleensä suunnittelussa integroimaan tai mahdollisesti poistamaan osia, kuitenkaan menettämättä tuotteen ominaisuuksia. Näin voidaan yksinkertaistaa tuotannossa olevan tuotteen kokoonpanoprosessia ja vähentää tuotteen valmistuskustannuksia. [5, s. 69.]

Tuote, joka sisältää vähän osia, sisältää myös vähän liitoksia, mikä yksinkertaistaa kokoonpantavuutta sekä parantaa valmiin tuotteen laatua niin automaattisessa kuin manuaalisessa kokoonpanotyössä. [4, s. 155; 5, s. 69 - 72.]

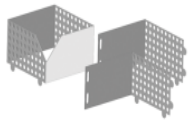
Taulukko 4. Osien lukumäärä tuotteessa

	Osien lukumäärä	
	alle 21 osaa	9 pistettä
	21 - 30 osaa	3 pistettä
	Yli 30 osaa	1 piste

Ainutlaatuiset osat

Tuotetta suunniteltaessa olisi hyvä käyttää mahdollisimman vähän ainutlaatuisia osia ja korvata näitä standardiosilla. On turha suunnitella sellaista osaa, joka voidaan ostaa tai tilata muualta. Käyttämällä mahdollisimman paljon standardiosia tuotteessa voidaan valmistuskustannuksissa säästää huomattavasti (taulukko 5). [4, s. 156.]

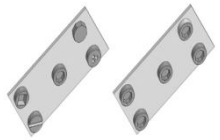
Taulukko 5. Ainutlaatuiset osat tuotteessa

	Ainutlaatuiset osat	
	Ainutlaatuisia osia <=10	9 pistettä
	10< Ainutlaatuisia osia <=20	3 pistettä
	Ainutlaatuisia osia >20	1 piste

Ainutlaatuiset kiinnitysosat

Tuotetta suunniteltaessa pitäisi pyrkiä käyttämään standardikiinnitysosia. Kiinnitysosien olisi hyvä olla kaikissa liitoksissa samanlaisia. Esimerkiksi tuote, joka sisältää kymmenen ruuvia, tulisi kaikkien ruuvien olla samanlaisia. Näin pystytään nopeuttamaan kokoonpanoa ja vähentämään valmistuskustannuksia. Varsinkin automaattisessa kokoonpanossa erilaiset kiinnitysosat saattavat aiheuttaa ongelmia kiinnitysmenetelmien, syöttimien ja tarttujien kanssa (taulukko 6).

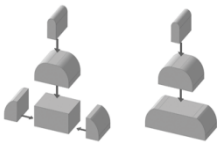
Taulukko 6. Ainutlaatuiset kiinnitysosat tuotteessa

	Ainutlaatuiset kiinnitysosat	
	Ainutlaatuisia kiinnitysosia<=1	9 pistettä
	2<= Ainutlaatuisia kiinnitysosia<=3	3 pistettä
	Ainutlaatuisia kiinnitysosia >=4	1 piste

Perusosa

Kokoonpantavalla tuotteella tulisi olla perusosa varsinkin automaattiseen kokoonpanoon suunniteltavassa tuotteessa. Perusosaa käytetään kokoonpanossa ensimmäisenä osana, ja se toimii muun kokoonpanon pohjana. Kaikki kokoonpanon toiminnot tulisi suorittaa perusosaan (taulukko 7). [4, s. 157.]

Taulukko 7. Perusosa tuotteessa

	Perusosa	
	Perusosa paikallaan	9 pistettä
	Perusosa puuttuu	1 piste

Perusosan suunnitteleminen

Perusosa tulisi suunnitella muodoiltaan mahdollisimman yksikertaiseksi. Perusosan pitäisi olla helposti kiinnitettävissä ja koko kokoonpanoprosessi voitaisiin suorittaa siten, että perusosaa ei tarvitsisi asemoida uudelleen (taulukko 8).

Kokoonpanosuuntia tulisi olla vain yksi, ja osan pitäisi olla helposti kuljetettavissa ja tartuttavissa, mikä helpottaa automaattista kokoonpanoa. Yksikertainen perusosa on helppo kokoonpantava, joten uutta automaattista kokoonpanolinjaa rakentaessa voidaan säästää huomattavasti laitteiden hankintakustannuksissa hyvällä perusosan suunnittelulla. [4, s. 158.]

Taulukko 8. Perusosan suunnitteleminen

Suunnittele perusosa	
Perusosa ei edellytä lisäkiinnitintä tai uutta asemointia	9 pistettä
Perusosa on asemoitava uudelleen ja se vaatii useita kiinnittimiä, joista jokaisella on yksi kiinteäasema	3 pistettä
Perusosa vaatii vähintään yhden kiinnityksen, jossa on useita liikkuvia asentoja	1 piste

Kokoonpanosuunnat

Tuotteen kokoonpantavuutta suunniteltaessa tulisi pyrkiä mahdollisimman vähän suuntia sisältävään ratkaisuun. Kokoonpanosuunnan tulisi olla ylhäältäpäin. Tämä kokoonpanosuunta on suositeltava, koska tästä suunnasta tuote on helpoin ja yksikertaisin kokoonpantava ja sopii parhaiten automaattiseen kokoonpanoon (taulukko 9). [4, s. 159.]

Taulukko 9. Kokoonpanosuunnat

Kokoonpanosuunnat	
Yksi kokoonpanosuunta	9 pistettä
kaksi kokoonpanosuuntaa	3 pistettä
Vähintään kolme kokoonpanosuuntaa	1 piste

Toleranssiketju

Toleranssiketjut saattavat aiheuttaa ongelmia kokoonpanoprosessissa, joten niitä tulisi välttää. Toleranssiketjut minimoimalla saadaan tuotteelle parempi ja luotettavampi kokoonpanoprosessi.

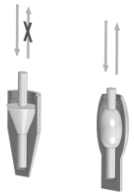
Taulukko 10. Toleranssiketjut

Toleranssiketju	
Kokoonpanoprosessissa ei ole merkittäviä toleranssiketjuja	9 pistettä
Kokoonpanoprosessissa on kaksi merkittävää toleranssiketjua	3 pistettä
Kokoonpanossa on vähintään kolme merkittävää toleranssiketjua	1 piste

Purkaminen

Tuotetta suunnitellessa olisi pyrittävä siihen, että tuote olisi helppo purkaa ainakin niiltä osa-alueilta, joiden oletetaan tarvitsevan huoltoa ja kunnossapitoa. Nykyaikana kannattaa myös pyrkiä siihen, että tuotteen elinkaaren päättyessä pystytään tuote purkamaan ja lajittelemaan mahdollisimman helposti. Mahdollisesti tuotteessa olevat arvo-osat voidaan käyttää uudelleen tai kierrättää (taulukko 11). [4, s. 162.]

Taulukko 11. Osien purkaminen tuotteesta

	Purkaminen	
	Osat, joiden oletetaan tarvitsevan korjausta/purkamista, ovat helposti saatavilla ilman muiden osien purkamista	9 pistettä
	Vaatii muiden osien purkua, jotta päästään käsiksi oletetun korjauksen/purkamisen tarpeessa oleviin osiin	3 pistettä
	Osat, joiden oletetaan tarvitsevan korjausta/purkua, kootaan irrotukseen sopimattomilla kiinnikkeillä	1 piste

Pakkaaminen

Tuotteen paketin tulisi olla mahdollisimman pieni ja pakkausmateriaalin käyttö tulisi minimoida, kuitenkin siten että tuote säilyy kuljetuksen aikana vaurioitta. Näin voidaan säästää kuljetus- ja pakkauskustannuksissa (taulukko 12). [4, s.164]

Taulukko 12. Tuotteen pakkaaminen ja pakkaus

Pakkaaminen	
Optimaalinen pakkauskonstruktio	9 pistettä
Pakkaus on puutteellinen yli kahdessa kriteerissä	3 pistettä
Pakkaus on puutteellinen kaikilla tai lähes kaikilla kriteereillä	1 piste

6.4.2 DFX-tuotetasoraportti ja tulokset

Ohjelmasta tulostettavasta DF2-tuotetasoanalyysistä ilmenee yksittäisten kysymyksien pistemäärä, yhteenlaskettujen pisteiden määrä ja prosentuaalinen kokoonpantavuuden kannattavuus. DFA2-menetelmä käyttää tuotteen kokoonpantavuuden määrittämiseen kaavaa.

$$100 * \frac{Vastauksien\ pistemäärä}{maksimi\ pistemäärä} = DFA2\ tulos\ \% \qquad (1)$$

Kokoonpantavuuden kannalta analyysin tuloksen tulisi olla mahdollisimman lähellä 100 prosenttia, silloin tuote olisi optimaalisesti kokoonpantava tuotetasolla ja saisi parhaan mahdollisen lähtökohdan tuotantoon. [4, s. 78.]

Raportin tulostaminen suoritetaan ohjelman DFX-ohjelmiston yläpalkin valikosta Tulosta-painikkeesta. Raportit voidaan tallentaa tietokoneen kovalevylle, josta niitä voidaan myöhemmin tarkastella tai tulostaa paperille. Liitteestä 2 löytyy ohjelman DFX-ohjelmistosta tulostettuja tuotetasoraportteja.

6.5 DFX-osataso

Osatasoanalyysissä käsitellään tuotteen jokaiseen yksittäiseen osaan liittyviä kysymyksiä. Tarkoituksen on suunnitella yksinkertainen ja mahdollisimman vähän osia sisältävä tuote, joka mahdollistaisi yksinkertaisen ja helpon kokoonpanoprosessin. Osatasoanalyysin suorittaminen on erittäin hyvä suorittaa uutta tuotetta sekä vanhaa tuotetta suunniteltaessa. Osataso analyysi toimii hyvänä kokoonpanon suunnittelun lähtökohtana. [4, s. 164 - 165.]

Osataso ominaisuudet

DFX-osatason ominaisuudet välilehdellä nimetään analyysi ja valitaan analyysissä käytettävät kysymykset. Suositus on valita kaikki ominaisuudet sekä automaattiseen että manuaaliseen kokoonpanoon, näin saadaan tuotteesta tarkempi DFA2-analyysi. Lisäksi välilehdellä voidaan nimetä vastuuhenkilöt, versio, hallita osallistujia, sekä lisätä kommentteja ja tietoja analyysistä.

6.5.1 DFX-osatason kysymykset

Osan kokoamistarve

Osan kokoamistarpeella tarkoitetaan sitä, onko osa tarpeellinen tuotteessa vai pystyisikö sen integroimaan jonkin muun osan kanssa tai mahdollisesti poistamaan tuotteesta kokonaan. Osien mahdollinen poistaminen tai integrointi muiden osien kanssa mahdollistaisi yksikertaisemman ja edullisemman kokoonpanoprosessin tuotteelle (taulukko 13). [5, s. 69.]

AviX-ohjelma käyttää osan kokoamistarpeen määrittämiseen Boothroyd & Dewhurstin menetelmän mukaista kolmea kriteeriä: [4, s. 166]

- Osan on oltava erillinen jos tuotteen toiminnan kannalta sen on oltava eri materiaalia kuin viereiset osat, esim. sähkön eristysmateriaali. [5, s. 70]

- Osan on oltava erillinen jos osa liikkuu viereisiin osiin nähden eikä tätä liikettä voida aikaansaada osan materiaalin tai muodon elastisuutta hyväksikäyttäen. esim. pyörivä akseli. [5, s. 70]

- Osan on oltava erillinen, jotta tuotteen kokoonpano tai purku on mahdollista, esim. vaihdelaatikon puolikkaiden jakotaso on välttämätön. [5, s. 70]

Jos menetelmän yhteen kysymykseen kolmesta vastaus on ”kyllä”, tuotteen osan kokoaminen on tarpeellista. Vastattaessa ”ei” kaikkiin kolmeen kysymykseen osa on turha ja tulee poistaa tai integroida toisen osan kanssa. [4, s. 166.]

Taulukko 13. Osan kokoamistarve

Osan kokoamistarve	
Sille on syitä, miksi osa on erillinen (vähintään yksi ”kyllä” kolmeen kysymykseen)	9 pistettä
Osa tulee poistaa tai yhdistää ("ei" kaikkiin kolmeen kysymykseen)	1 piste

Tarttuminen käsin

Osaan käsin tarttumiseen vaikuttavat monenlaiset asiat, esimerkiksi osan koko, paino, muoto sekä takertuuko osa helposti muiden osien kanssa. Hyvänä peruslähtökohta pidetään sitä, että osaan tulisi pystyä tarttumaan yhdellä kädellä, jos vain mahdollista koon ja painon suhteen. Pieneksi kappaleeksi kokoonpanossa lasketaan osa, jonka pisin dimensio on korkeintaan 6 mm. Kaikki osat, jotka ovat tätä pienempiä, tarvitsevat erillisen tartuntatyökalun. Yli viiden kilon painoiset osat vaativat kokoonpanotyössä jo erikoistyökaluja tai kahta kättä painon takia (taulukko 14). [5, s. 72 - 73.]

Taulukko 14. Osaan tarttuminen käsin

Tarttuminen käsin	
Tarttuminen onnistuu yhdellä kädellä	9 pistettä
Tarttuminen vaatii kahta kättä tai osaa on hankala käsitellä. esim. takertuminen (-5 kg)	3 pistettä
Tarttuminen edellyttää käsiä sekä erikoistyökaluja tai kahta kättä painon (+5 kg) takia	1 piste

Automaattinen tarttuminen

Automaattiseen tarttumiseen vaikuttavat osan paino, muoto, painopiste, koko, pinnakarkeus ja materiaali. Kokoonpanolinjalla samaa automaattista tarttujaa pitäisi hyödyntää mahdollisimman monessa tuotteen osassa ja osissa tulisi olla tartuntapinnat. Automaattiset tarttujat ovat yleensä iso investointi yritykselle ja saman tarttujan käyttö eri osille laskee huomattavasti automaattisen kokoonpanolinjan hankintakustannuksia (taulukko 15). [4, s. 176 - 177.]

Taulukko 15. Automaattinen tarttuminen

Automaattinen tarttuminen	
Osassa on tartuntapinnat ja se voi käyttää samaa tarttujaa kuin edellinen osa	9 pistettä
Osassa on tartuntapinnat, mutta se tarvitsee uuden erilaisen tarttujan	3 pistettä
Osassa ei ole tartuntapintoja tai kyseessä on joustava osa	1 piste

Tavoitettavuus

Tavoitettavuudella tarkoitetaan ulottuvuutta ja tilaa, kun osia sovitetaan kokoonpantaessa. Tuotteen osia sovitettaessa ulottuvuus ei tulisi olla millään tapaan estetty tai rajoitettu. Jos ulottuvuus on rajoitettu tai estetty, saattaa kokoonpano vaatia erityistyökaluja tai toimenpiteitä, jotka saattavat hidastaa kokoonpanoprosessia ja laskea tuotannontehokuutta (taulukko 16). [4, s. 178.]

Taulukko 16. Osan tavoitettavuus

Tavoitettavuus	
Ei rajoituksia tai ongelmia ulottuvuuden kanssa, kun osaa sovitetaan	9 pistettä
Ulottuvuus on rajoitettu	3 pistettä
Ulottuvuus on rajoitettua ja kokoaminen edellyttää erityistyökaluja tai tarttujia	1 piste

Liittäminen

Viisteet, sokat, reiät sekä ohjauspinnat helpottavat kokoonpantavuutta niin automaattisessa kuin manuaalisessakin kokoonpanossa. Osat menevät helpommin ja varmemmin lopulliseen sijoituspaikkaansa tuotteessa. Viisteiden ja ohjauspintojen avulla voidaan nopeuttaa kokoonpanon läpimenoaikoja, vähentää virheellisten tuotteiden määrä ja parantaa tuotteen laatua (taulukko 17).

Taulukko 17. Osan liitäminen

Liittäminen	
Viisteitä käytetään apuna paikalleen laittamisessa	9 pistettä
Viisteitä ei ole, mutta muut ohjauspinnat helpottavat osan paikalleen laittoa	3 pistettä
Viisteitä tai muita ohjauspintoja ei ole	1 piste

Toleranssit

Kokoonpantavissa tuotteissa liian tarkkoja toleransseja tulisi välttää, koska ne aiheuttavat suurempia kustannuksia osien valmistuksessa. Liian suuret toleranssit saattavat taas vaikuttaa tuotteen laatuun ja kokoonpantavuuteen. Toleranssien tulisi olla kokoonpantavissa tuotteissa yli 0,5 mm (taulukko 18). [4, s. 181.]

Taulukko 18. Osien toleranssit

Toleranssit	
Toleranssi on yli 0,5 mm	9 pistettä
Toleranssi on 0,1 - 0,5 mm	3 pistettä
Toleranssi on alle 0,1 mm	1 piste

Osien paikallaan pysyminen kokoonpanonaikana

Kun kokoonpantavan tuotteen osa on asennettu tuotteeseen, sen tulisi pysyä ilman ulkoisia apuja paikallaan. Lisälaitteet vievät turhaa tilaa ja lisäävät kustannuksia, vaikeuttavat kokoonpanoa ja vähentävät linjaston luotettavuutta. Osan paikallaan pysymiseen voidaan vaikuttaa osan muotojen ja vakaan painopisteen avulla (taulukko 19). [4. s. 181 - 182.]

Taulukko 19. Osien pysyminen paikallaan kokoonpanonaikana

Osien paikallaan pysyminen kokoonpanonaikana	
Osan kokoonpano on varmistettu heti, kun osa on laitettu paikalleen	9 pistettä
Osa pitää asennon ja paikan, mutta sitä ei ole varmistettu	3 pistettä
Osaa on pidettävä paikoillaan paikalleen laiton jälkeen, jotta sen asema säilyy (orientaatio ja paikka)	1 piste

Kiinnitysmenetelmät

Osien erilaiset kiinnitysmenetelmät määrittelevät yleensä suuren osan tuotteen kokoonpanoprosessin läpimenoajasta. Kiinnitystapoja tulisi yrittää välttää mahdollisimman paljon, ja paras mahdollinen ratkaisu olisikin että, kiinnitystapaa ei tarvittaisi ollenkaan. Liitos konstruktiossa on aina potentiaalinen laaturiski (taulukko 20). [4, s. 183 - 184; 5, s. 101 - 107, s. 112 - 115.]

Automaattisessa kokoonpanossa suositeltava kiinnitysmenetelmä on painamisliitokset. Painamisliitokset on automaattisesti helppo toteuttaa suoraviivaisen ylhäältä - alaspäin -kokoonpanoliikkeen ansiosta. Painamisliitos ei myöskään tarvitse erillisiä liitososia ja liitoksen tilantarve on hyvin pieni. Painamisliitoksien ongelma on kuitenkin niiden kestävyys avattaessa ja suljettaessa esimerkiksi huolto- tai purkutoimenpiteissä. [4, s. 183 - 184; 5, s. 101 - 107, s. 112 - 115.]

Ruuviliitokset ovat hyvin suosittuja kiinnitysmenetelmiä kokoonpantavissa tuotteissa. Ruuviliitos sopii hyvin tuotteisiin, jotka tarvitsevat paljon huoltoa ja purkutoimenpiteitä. Manuaalisessa kokoonpanossa ruuviliitokset ovat suhteellisen helppo toteuttaa, mutta ne ovat yleensä hitaampia asentaa kuin painamisliitokset. Automaattisessa kokoonpanossa ruuvien syöttölaitteet saattavat aiheuttaa ongelmia. [4, s. 183 - 184; 5, s. 101 - 107, s. 112 - 115.]

Liimaaminen, hitsaaminen, juottaminen ja niittaus ovat yleensä ongelmallisia ja hyvin paljon aikaa vieviä menetelmiä, joten niitä tulisi välttää mahdollisimman paljon kokoonpantavissa tuotteissa. [4, s. 183 - 184; 5, s. 101 - 107, s. 112 - 115.]

Taulukko 20. Osien kiinnitysmenetelmät

Kiinnitysmenetelmät	
Ei kiinnitystapaa	9 pistettä
Ruuvaamis- tai painamistoiminnot	3 pistettä
Liimaaminen, hitsaaminen, juottaminen, niittaus	1 piste

Erilliset toiminnot

Erillistä toimintaa kokoonpanoprosessissa tulisi olla mahdollisimman vähän. Erilliseksi toiminnaksi luetaan osien ylimääräinen kääntäminen, käsittely, erillisien materiaalien lisäämien ja osien puhdistaminen kokoonpanoprosessin aikana. Kokoonpanossa tapahtuvat erilliset toiminnot vaikeuttavat kokoonpanoprosessia ja hidastavat kokoonpanon läpimenoaikaa (taulukko 21).

Taulukko 21. Erilliset toiminnot

Erilliset toiminnot	
Erillisiä toimintoja ei tarvita	9 pistettä
Kokoonpano on käännettävä	3 pistettä
Osien käsittely tarpeen	1 piste

Viallisten määrä

Automaattisessa kokoonpanossa pystytään vaikuttamaan viallisten tuotteiden määrään osien laadukkuudella. Kaikissa osissa tulisi olla mahdollisimman vähän vikoja myös itse valmistetuissa osissa. Hyväksyttävä taso viallisille osille on alle 0,1 prosenttia. Esimerkiksi ruuveilla vähemmän kuin yksi vika 1000 osaa kohden, jotta osa sopisi automaattiseen kokoonpanoon (taulukko 22). [4, s. 168.]

Taulukko 22. Viallisten osien määrä

Viallisten määrä	
Alle 0,1 % viallisia	9 pistettä
Viallisia 0,1 - 1,5 %	3 pistettä
Enemmän kuin 1,5 % viallisia	1 piste

Asemointi

Osien asemointia ei tulisi tarvita suorittaa uudelleen tuotteen kokoonpanon aikana. Osan asemointiin ja suuntaamiseen pystytään vaikuttamaan monella eri tavalla, kuten osan muotoa tai painopistettä hyödyksi käyttäen (taulukko 23).

Taulukko 23. Osien asemointi

Asemointi	
Osaa ei tarvitse asemoida uudelleen	9 pistettä
Osa on osittain suunnattu, mutta edellyttää lopullisen suuntauksen	3 pistettä
Osa on paikoitettava uudelleen	1 piste

Osat eivät ole särkyviä

Särkyvät ja hauraat osat aiheuttavat varsinkin automaattisessa kokoonpanossa ongelmia automaattisten syöttimien kanssa. Syöttimien aiheuttamat ongelmat pysäyttävät yleensä koko kokoonpanolinjan, joten automaattiseen kokoonpanoon menevässä tuotteessa tulisi hauraita ja helposti särkyviä osia välttää (taulukko 24). [4, s. 169 - 170.]

Taulukko 24. Osat eivät ole särkyviä

Osat eivät ole särkyviä	
Osa ei ole särkyviä	9 pistettä
Osa voi olla naarmuuntunut, mitä ei voida hyväksyä	3 pistettä
Osa ei saa pudota ilman, että sen muoto muuttuu	1 piste

Takertuminen

Osat eivät saisi takertua tai sotkeentua toisiinsa ollessaan laatikossa tai syöttimissä. Takertumista pystytään ehkäisemään hyväksikäyttämällä osan muotoa ja painopistettä. Osassa tulisi olla mahdollisimman vähän ulkonevia muotoja tai reikiä, koska ne saattavat aiheuttaa takertumista (taulukko 25).

Taulukko 25. Osien takertuminen ja hakautuminen

Takertuminen	
Osat eivät tartu ja sotkeennu toisiinsa	9 pistettä
Osat voivat takertua ja sotkeentua toisiinsa	1 piste

Painopiste

Kokoonpantavan osan painopisteen suunnittelulla pystytään vaikuttamaan osan asemointiin, takertumiseen ja osan paikallaan pysymiseen. Osan painopiste tulisi olla vakaa osan ollessa lepotilassa ja suunniteltu siten että osa suuntautuu itsekseen aina oikea puoli ylöspäin. Näin painopistettä hyväksikäyttäen pystytään vaikuttamaan osan asemointiin ja osan pysymiseen paikallaan kokoonpantuna.

Osien automaattisessa syötössä pystytään hyväksikäyttämällä painopistettä edistämään osien erottelua. Osien suuntautuminen osan painopisteen avulla, esim. riiputtamalla olakkeesta, tuo selvästi etuja luotettavan suuntautumisen toteutukseen (taulukko 26). [5, s. 127.]

Taulukko 26. Osien painopiste

Painopiste	
Osalla on vakaa lepotila ja se suuntautuu itsekseen oikea puoli ylöspäin	9 pistettä
Osalla on vakaa lepotila, mutta se suuntautuu itsekseen väärä puoli ylöspäin	3 pistettä
Osan lepotila on epävakaa ja se suuntautuu itsekseen aina eri puoli ylöspäin	1 piste

Muoto

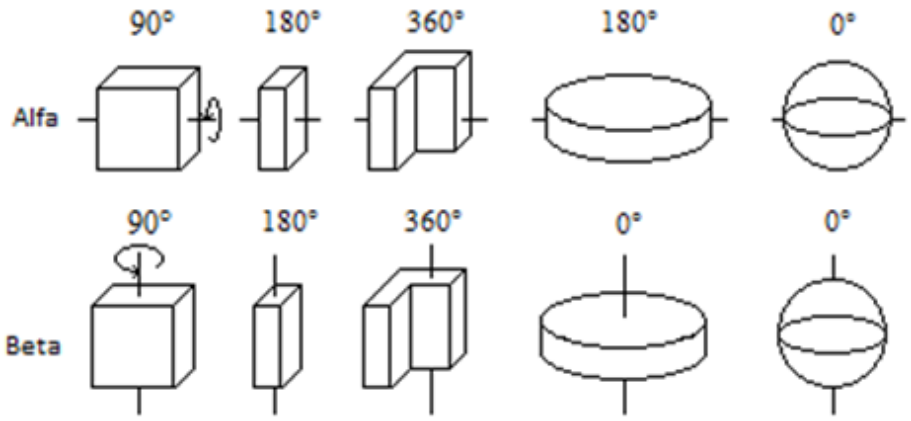
Osien muodot ja symmetria on tärkeitä varsinkin automaattista kokoonpanoa ajatellen. Osien muodoilla pystytään vaikuttamaan hakautumiseen, takertumiseen ja kiipeämiseen osien automaattisessa syötössä. Välttämällä osien kylkiviistouksia pystytään ehkäisemään kiipeämistä. Lisäämällä symmetriapiirteitä osien ulkopinnoille voidaan edesauttaa osien suuntautumista ja erottelua syöttimissä (taulukko 27). [5, s. 129 – 131.]

Taulukko 27. Osien muoto

Muoto	
Alpha + Beta - symmetria on alle 360 asetetta	9 pistettä
Alpha + Beta - symmetria on 360 - 540 astetta	3 pistettä
Alpha + Beta - symmetria on suurempi kuin 540 astetta	1 piste

Symmetriat voidaan jakaa kahteen luokkaa, alfa- ja beta- symmetria. Alfa symmetrialla tarkoitetaan sitä, kuinka monta astetta osan on pyörittävä vaaka-akselinsa ympäri, että

se palaa takaisin alkuperäiseen asentoonsa. Beta- symmetrialla taas tarkoitetaan sitä, kuinka monta astetta osa joutuu kiertämään pystyakselinsa ympäri, että se palaa takaisin alkuperäiseen asentoon (kuvio 12). [4, s. 172 - 174.]



Kuvio 12. Alfa- ja Beta-symmetria [4, s. 174]

Paino

Suunnitellessa tuotetta pitäisi välttää hyvin painavia ja kevyitä osia, koska ne ovat yleensä ongelmallisia kokoonpantavissa tuotteissa. Automaattisessa kokoonpanossa painavien osien kokoonpanolaitteet vaativat erikoisempia laitteita ja sitä kautta suurempia investointeja. Hyvin kevyet osat taas vaativat tarkkuutta, ja niiden käsitteleminen on yleensä ongelmallista. Kevyet osat myös aiheuttavat yleensä paljon ongelmia automaattisien kuljettimien, syöttimien ja tarttujien kanssa (taulukko 28). [4, s. 175.]

Taulukko 28. Osien paino

Paino	
Osan paino on 0,1 g - 2 kg	9 pistettä
Osa painaa 0,01 - 0,1 g tai 2 - 6 kg	3 pistettä
Osa painaa alle 0,01 g tai yli 6 kg	1 piste

Pituus

Pitkiä ja hyvin pieniä osia olisi vältettävä niin automaattisesti kuin manuaalisesti kokoonpantavissa tuotteissa. Pitkät osat vaativat paljon tilaa ja ovat vaikeita kokoonpantavia varsinkin automaattisen kokoonpanon kannalta. Hyvin pienit osat taas vaativat tarkkuutta ja hyvin usein erikoistyökalujen käyttöä kokoonpanossa (taulukko 29). [4, s. 175.]

Taulukko 29. Osien pituus

Pituus	
Osan pituus on 5 - 50 mm	9 pistettä
Osan pituus on 2 - 5 mm tai 50 - 200 mm	3 pistettä
Osan pituus on alle 2 mm tai yli 200 mm	1 piste

Kokoonpanoliikkeet

Manuaalisesti kokoonpanoliikkeiden tulisi onnistua yhdellä kädellä, jolloin liikkeet muistuttavat eniten automaattista kokoonpanoa. Kokoonpanoliikkeen pitäisi olla yksinkertainen painamisliike. Niin ihmiselle kuin kokoonpanorobotillekin luontainen kokoonpanosuunta on ylhäältä alaspäin suuntautuva suoraviivainen liike (taulukko 30). [5, s. 71 – 72.]

Kokoonpanosuuntien muuttaminen kesken kokoonpanotyön johtaa ylimääräiseen tuotteen kääntelyyn, mikä erityisesti tuotteen ollessa kiinnitettynä hankaloittaa kokoonpanotyötä. Kokoonpanoteollisuuden suositukset fyysisiin liikkeisiin ovat seuraavat: kokoonpanovoima ylhäältä alaspäin 20N, kokoonpanon aktiivinen työalue korkeintaan 200x200 mm ja kokoonpantavien osien etäisyys työalueesta noin 400x600 mm. [5, s. 71 – 72.]

Taulukko 30. Kokoonpanoliikkeet

Kokoonpanoliikkeet	
Kokoonpanoliike koostuu työntöliikkeestä, jossa yksi osa kootaan kokoonpanoon	9 pistettä
Kokoonpanoliike koostuu muistakin liikkeistä kuin yhden osan painamisliikkeestä	3 pistettä
Kokoonpano sisältää useita liikkuvia osia, jotka kootaan valmiiksi koottuihin osiin muilla kuin painamisliikkeillä	1 piste

Liittäminen

Liitettäessä osia lisälaitteiden ja työkalujen tarve tulisi minimoida. Jouduttaessa käyttämään työkaluja tai lisälaitteita kokoamissuunnissa ei saisi tehdä ylimääräisiä toimintoja. Lisälaitteiden ja työkalujen käyttö tuotteen kokoonpanossa luonnollisesti hidastaa tuotteen kokoonpanoprosessin läpimenoaikaa (taulukko 31).

Taulukko 31. Osien liittäminen

Liittäminen	
Lisälaitteita ei tarvita	9 pistettä
Osan sovittamiseen tarvitaan lisälaitteita tai -työkaluja ja kokoamissuunnassa tehdään ylimääräisiä toimintoja	3 pistettä
Osan sovittamiseen tarvitaan lisälaitteita tai -työkaluja, ja lisätyö tehdään muussa kuin kokoonpanosuunnassa	1 piste

Tarkistaminen/Säätäminen

Tarkistaminen ja säätäminen hidastavat aina tuotteen kokoonpanoprosessia, joten näitä toimenpiteitä tulisi välttää. Osa tulisi pystyä asentamaan vai yhdellä tavalla tuotteen kokoonpanossa. Näin osa saadaan varmasti oikealle paikalle ja sitä ei ole tarpeen tarkistaa paikoilleen laiton jälkeen. Automaattisessa kokoonpanossa on vaikea toteuttaa säätötoimenpiteitä, joten ne tulisi suorittaa tarvittaessa automaation jälkeen (taulukko 32). [4, s. 184 - 185.]

Taulukko 32. Tarkistaminen ja säätäminen

Tarkista/Säädä	
Ei tarpeen tarkistaa, onko osa paikoillaan	9 pistettä
On tarpeen tarkistaa, onko osa paikoillaan tai koottu oikein	3 pistettä
Osa on säädettävä tai asemoitava uudelleen	1 piste

6.5.2 DFX-osatasoraportti ja tulokset

Ohjelmasta tulostettava DFA2-osatasoanalyysi sisältää seuraavat asiat:

- jokaisen yksittäisen kysymyksen pistemäärä
- jokaisen yksittäisen osan kokonaistulos pisteinä ja prosentteina
- kaikkien osien kokonaistulos pisteinä ja prosentteina
- yksittäisen osan kokoonpanossa kuluttama aika
- kokoonpanon kokonaisaika

Kokonaispisteiden avulla pystytään laskemaan tuotteen kokoonpantavuuden kannattavuus ja soveltuvuus automaattiseen kokoonpanoon. DFX-ohjelmisto käyttää DFA2-menetelmän kaavaa osien kokoonpantavuuden määrittämiseen:

$$100 * \frac{Vastauksien\ kokonaispistemäärä}{maksimi\ pistemäärä * osien\ määrä} = DFA2\ tulos\ \% \qquad (2)$$

Kokoonpantavuuden kannalta analyysin prosentuaalisen kokonaistuloksen tulisi olla mahdollisimman lähellä 100 prosenttia, silloin tuote olisi osatasolla optimaalisesti kokoonpantava, sekä tuote soveltuisi parhaalla mahdollisella tavalla automaattiseen kokoonpanoon. [4, s. 77 - 78.]

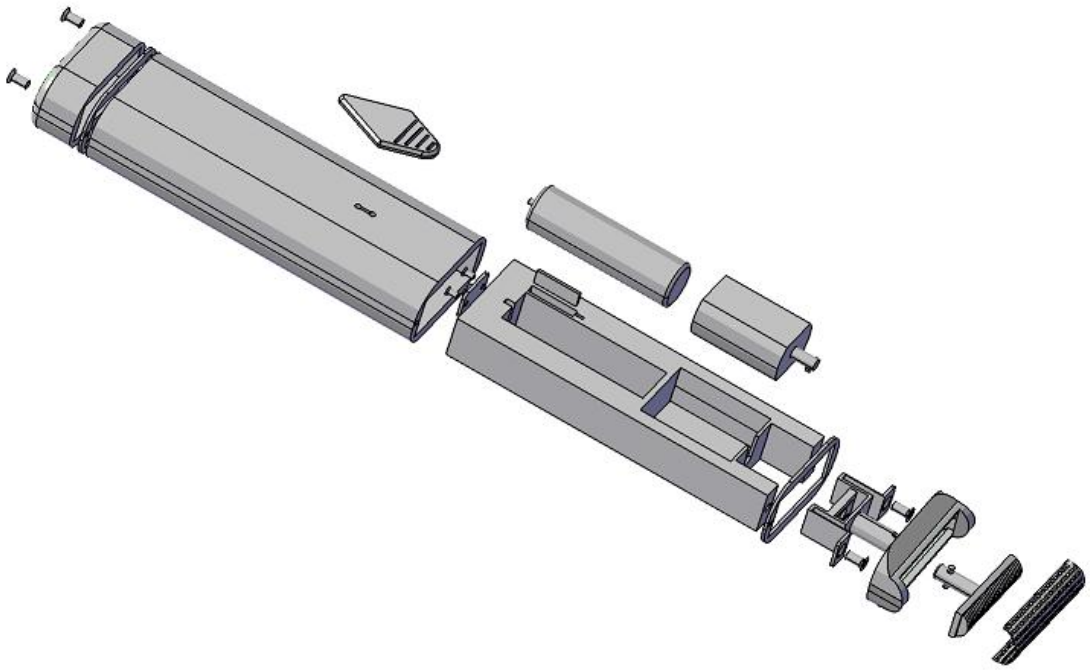
Raportin tulostaminen suoritetaan DFX-ohjelmiston yläpalkin valikosta Tulosta-painikkeesta. Raportit voidaan tallentaa tietokoneen kovalevylle, josta niitä voidaan myöhemmin tarkastella tai tulostaa paperille. Liitteestä 2 löytyy ohjelman DFX-ohjelmistosta tulostettuja osatasoraportteja.

7 AviX-DEMOMALLIT

Työssä tehtiin tuotannonkehitykseen tarkoitetulla AviX-ohjelman Method- ja DFX-työkalulla mallit tuotteen kokoonpanosta. Työ aloitettiin tekemällä Method-työkalulla tuotteen manuaalisesta kokoonpanosta demotuotantolinja, joka analysointiin ohjelmalla. Analysoinnin avulla tehtiin paranneltu versio tuotteen kokoonpanosta. DFX-työkalulla tehtiin tuotteen kokoonpantavuuden DFA2-analyysi, ja sen avulla kehitettiin tuotteen kokoonpantavuutta.

7.1 AviX Method -malli

Ohjelman Method-ohjelmistotyökalulla tehtiin malli manuaalisesti kokoonpantavasta tuotteesta. Tuotteena mallissa käytettiin partakonetta, jonka kokoonpano analysoitiin ohjelman avulla. Tuote koostuu 14 osasta, jotka kokoonpannaan käsin tuotteen omassa työasemassa. Tuotteella on selkeä runko-osa, johon muu kokoonpano rakennetaan. Liitosmenetelminä käytetään ruuvi- ja painamisliitoksia. Ohjelman videotekniikkaa käytettiin apuna kokoonpanoprosessin havainnollistamiseen. Videona käytettiin Catia 3D -ohjelmalla tehtyä kokoonpanonsimulaatiovideota (kuvio 13).



Kuvio 13. 3D-ohjelmalla tehty räjäytyskuva partakoneesta, jota käytettiin mallissa

Ohjelmalla tehdyn analyysin tuloksien (liite 1) perusteella huomattiin kokoonpanossa osien käsittelyssä menevän paljon aikaa hukkaan huonoon ergonomiaan. Lisäksi huomattiin osien kiinnittämiseen menevän paljon aikaa hukkaan. Osien paremmalla sijoittelulla työpisteessä ja oikeanlaisia työkaluja käyttämällä pystyttäisiin parantamaan tuotteen kokoonpanoprosessin läpimenoaikaa.

Ensimmäisen analyysin tuloksien perusteella tehtiin tuotteelle paranneltu kokoonpanoprosessi. Parannellussa kokoonpanoprosessissa siirrettiin osat lähemmäksi työpistettä erillisiin laatikoihin ja paremmin saataville, jotta työn aikana ei tarvitsisi tehdä ylimääräisiä askelia tai kurotusliikkeitä, sekä otettiin oikeanlaiset työkalut käyttöön. Uudessa kokoonpanoprosessin analyysissä saatiin parannettua tulosta (liite 1) huomattavasti huonon ergonomian suhteen sekä pystyttiin parantamaan prosessin läpimenoaikaa ja tuotannon tehokuutta.

7.2 AviX DFX -malli

Ohjelman DFX-ohjelmistolla tehtiin kaksi DFA2 tuote- ja osatasoanalyysia partakoneen kokoonpanosta. DFX-työkalussa käytetty kokoonpano oli hieman yksikertaisempi kuin Method-mallissa käytetty. Tästä kokoonpanosta tehtiin myös Method-työkalulla analyysi, jossa käytettiin reaaliaikaisesti kuvattua kokoonpanovideota (Kuvio 14). Yksikertaisemmalla kokoonpanolla saatiin ohjelman analyysistä paremmin esille sen hyödyllisyys.

Kuvio 14. DFX- analyysin partakoneen kokoonpano

Ensimmäiset tuote- ja osatasoanalyysit tehtiin manuaalisesti kokoonpantavasta tuotteesta, joka sisältää kahdeksan osaa. Analyyseissä käytettiin kuitenkin sekä manuaalisesti että automaattisesti kokoonpantavien tuotteiden kysymyksiä, jolloin tuotteesta saatiin mahdollisimman tarkka DFA2-analyysi ja samalla voitiin arvioida tuotteen soveltuvuus automaattiseen kokoonpanoon. Kokoonpanossa on selkeä runko-osa, johon muu kokoonpano rakennetaan. Liitosmenetelminä käytettiin ruuvi- ja painamisliitoksia.

Ohjelman tuotetasoanalyysin tulokset (liite 2) olivat tuotteelle hyvät, mutta parannusmahdollisuuksia huomattiin. Ainutlaatuisia kiinnitysosia vähentämällä tuotteen

kokoonpantavuutta voitaisiin kehittää paremmaksi ja myös sitä kautta automaattiseen kokoonpanoon paremmin soveltuvaksi.

Osataso analyysin tuloksissa (kuvio 15) huomattiin tuotteessa muutama mahdollinen parannuskohta kokoonpantavuuden kannalta (liite 2). Integroimalla tuotteen kansi- ja pohjaosa pystyttäisiin tuotteesta poistamaan yksi ruuviliitos kokonaan, mikä nopeuttasi huomattavasti kokoonpantavuutta ja parantaisi tuotteen mahdollisuuksia automaattiseen kokoonpanoon. Integroidun kansi- ja pohjaosan kiinnitys runkoon tapahtuisi napsautusliitoksella.

	Tulos	Tulos (%)	Kokona	Kokona (%)	Aika	Kokona	Kokona (%)
[1] Runko-osa ; 1	152	84%	1 646	65%	4,6	150	357%
[2] Holkki ; 1	140	78%			8,8		
[3] Kansi ; 1	112	62%			12,6		
[4] Lukitusholkki ; 1	114	63%			9,3		
[5] Pelti ; 1	122	68%	326	60%	11,3	37,9	421%
[6] Pelti_ruuvi ; 1	204	57%			26,6		
[7] Pohja ; 1	114	63%	318	59%	14,4	41	456%
[8] Pohja_ruuvi ; 1	204	57%			26,6		
[9] Terä ; 1	252	70%			17,2		
[10] Teräkansi ; 1	232	64%			18,6		

Kuvio 15. AviX DFX -analyysin osatason tulokset. (Tulos, Kokonaispisteet, Aika, Kokonaisaika, Tulos [%], Kokonaispisteet [%], Kokonaisaika [%])

Myös lukitusholkin integroiminen kiinnityspeltiin tai mahdollisesti kokonaan poistaminen tuotteesta voisi olla mahdollista. Lukitusholkin ongelma on sen vaikea ja tarkkuutta vaativa asentaminen, joka tuottaisi ongelmia etenkin, jos tuotteelle suunniteltaisiin automaattista kokoonpanoa.

Tuotteen osien asemointia tulisi kehittää, siten että osaa ei tarvitsisi asemoida uudelleen kokoonpanossa. Osat tulisi olla mahdollista asentaa vain yhdellä tavalla, minkä avulla voitaisiin rajoittaa jokaisen osan asentamisen jälkeen tapahtuvaa tarkastamista. Myös virheellisten osien määrää tulisi pystyä vähentämään.

	Tulos	Tulos (%)	Kokona	Kokona (%)	Aika	Kokona	Kokona (%)
[1] Runko-osa ; 1	158	88%	1 410	78%	4,6	83,4	278%
[2] Holkki ; 1	152	84%			7,6		
[3] Kansi ; 1	142	79%			7,6		
[4] Pelti ; 1	146	81%	390	72%	7,6	32,2	358%
[5] Pelti_ruuvi ; 1	244	68%			24,6		
[6] Terä ; 1	288	80%			15,2		
[7] Teräkansi ; 1	280	78%			16,2		

Kuvio 16. AviX DFX -analyysin muutoksien jälkeiset osatason tulokset. (Tulos, Kokonaispisteet, Aika, Kokonaisaika, Tulos [%], Kokonaispisteet [%], Kokonaisaika [%])

Näitä parannuksia käyttämällä tehtiin tuotteesta uusi DFA2-tuote- ja osatasoanalyysi, jonka tuloksien (kuvio 16) perusteella pystyttäisiin tuotteen kokoonpantavuutta parantamaan (liite 2). Tuotannon tehokkuus ja läpimenoaika parantuisivat manuaalisesti kokoonpantavassa tuotteessa. Tuote ei soveltuisi kuitenkaan näidenkään parannuksien avulla automaattiseen kokoonpanoon parhaalla mahdollisella tavalla. Osien muoto, takertuminen ja joidenkin osien helposti särkyvyys saattaisi tuottaa vaikeuksia automaattisten tarttujien ja syöttimien kanssa.

8 YHTEENVETO

Insinöörityössä oli tarkoituksena perehtyä tuotannonkehitykseen soveltuvaan AviX-tietokoneohjelmaan. Työssä tehtiin AviX Method- ja DFX-ohjelmistotyökaluilla demomallit sekä laadittiin ohjelmistoille käyttöohjeet. Lisäksi kerrottiin ohjelman käyttöominaisuuksista ja selvitettiin ohjelman käyttämän DFA2-analyysin tuote- ja osatasokysymyksiä.

Aluksi tutustuttiin ohjelman käyttöön ja rakennettiin AviX Method -ohjelmistolla partakoneen kokoonpanolinja, sekä havainnollistettiin kokoonpanoprosessi ohjelmiston videotekniikan avulla ja analysointiin linja. Analyysin avulla suunniteltiin ja kehitettiin paranneltu kokoonpanolinja, jossa pystyttiin parantamaan tuotteen läpimenoaikaa ja tuotannon tehokuutta. Sen jälkeen tehtiin ohjelman DFX-ohjelmistotyökalulla partakoneella kokoonpantavuuden DFA2-analyysi tuote- ja osatasolla. Ohjelmiston analyysien perusteella kehitettiin tuotetta ja tehtiin uusi DFA2-analyysi, jonka tuloksien perusteella pystyttiin kehittämään tuotteen kokoonpantavuutta ja kokoonpanoprosessia.

Tässä työssä käytetty tuotannonkehitykseen soveltuva AviX-ohjelma on yksinkertainen ja helppokäyttöinen sen selkeän käyttöliittymän takia. AviX Method -työkalu soveltuu hyvin uusien tuotteiden kokoonpanoprosessien kehittämiseen ja arvioimiseen, koska työkalulla voidaan helposti tietokoneen avulla rakentaa tuotteelle alustava manuaalinen kokoonpanolinja. Kokoonpanotyössä vaadittavien liikkeiden arviointi onnistuu helposti työkalun standardiliikkeiden ja -aikojen avulla. Työkalun analyyseista saadaan alustavaa arviota tuotteen kokoonpanoprosessien hukka- ja läpimenoajoista. Method-työkalu soveltuu myös hyvin ryhmässä tehtäviin töihin ja koulutuskäyttöön, koska sen videotekniikan avulla pystytään havainnollistamaan kokoonpanoprosesseja esimerkiksi videotykille.

AviX DFX -ohjelmisto on hyvä työkalu kokoonpantavuuden kehittämiseen niin uusille kuin vanhoille tuotteille. DFA2-analyysin kysymykset olivat hieman epämääräisiä aluksi, mutta asiaan perehdyttyäni hyvin hyödyllisiä tuotteen kokoonpantavuuden arvioinnissa. Analyysistä selviävät helposti tuotteen hyvät ja huonot puolet kokoonpantavuuden kannalta, ja sen avulla pystytään kehittämään tuotetta sekä voidaan helposti arvioida tuotteen soveltuvuus sekä manuaaliseen että automaattiseen kokoonpanoon.

Tyypillisiä työkalun tavoitteita on tuotteen osien määrän ja kokoonpanoajan väheneminen 20 - 40 prosenttia.

LÄHTEET

1. Kauppinen, Veijo. 1997. Kone- ja metallituoteteollisuuden tuotantojärjestelmät Helsinki: WSOY.

2. AviX Our products. 2012. Solme AB. Verkkodokumentti. <http://www.avix.eu/index.php?id=22&L=1>.Päivitetty 25.9.2012. Luettu 20.10

3. Solme AB. 2008. AviX Method Theory Manual. Göteborg: Solme AB.

4. Eskilander, Stephan. 2001. Design For Automatic Assembly – A Method For Product Design: DFA2. Verkkodokumentti. <http://rolflovgren.se/RL-MDH/Eskilander%20Doc%20thesis%20DFA2.pdf>. Maaliskuu 2001. Luettu 15.8.2012.

5. Lempiäinen, Juhani. 2003. Hyvin suunniteltu – puoliksi valmistettu. Helsinki: Hakapaino Oy.

Partakoneen AviX Method -ohjelmiston raportit

Analyysiraportit:

Analyysiraportti

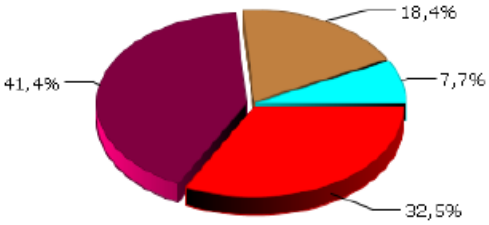
Linja:	partakone	**Julkaisu:**	
Työasema:	**kokoonpano**	**Laati:**	samu
Resource:	-	**Kokonaisaika:**	411,3 s
Variantti:	-	**Tahti:**	60,0 s

Aika toiminnon luokkaa kohti

Hukka:	133,5 s	32%
Odottaminen:	0,0 s	0%
Tarpeellinen:	202,1 s	49%
Ei jalostava:	335,5 s	82%
Jalostava:	75,7 s	18%
Kokonaisaika:	411,3 s	
josta huonoa ergonomiaa:	98,6 s	24%

Aika toimintoa kohti

Toiminto	Aika	Prosentti
Ota	31,7 s	7,7
Tee työ	75,7 s	18,4
Kiinnitä	170,3 s	41,4
Tappio	133,5 s	32,5



Analyysiraportti

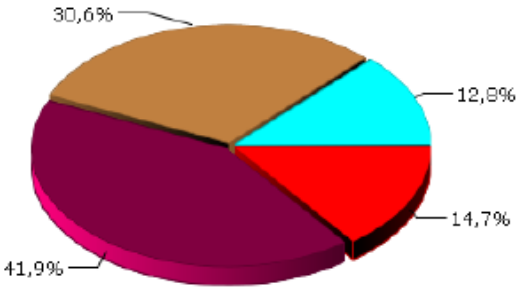
Linja:	partakone	**Julkaisu:**	
Työasema:	**kokoonpano(Paran**	**Laati:**	
Resource:	-	**Kokonaisaika:**	247,2 s
Variantti:	-	**Tahti:**	60,0 s

Aika toiminnon luokkaa kohti

Hukka:	36,3 s	15%
Odottaminen:	0,0 s	0%
Tarpeellinen:	135,3 s	55%
Ei jalostava:	171,5 s	69%
Jalostava:	75,7 s	31%
Kokonaisaika:	247,2 s	
josta huonoa ergonomiaa:	34,9 s	14%

Aika toimintoa kohti

Toiminto	Aika	Prosentti
Ota	31,7 s	12,8
Tee työ	75,7 s	30,6
Kiinnitä	103,5 s	41,9
Tappio	36,3 s	14,7

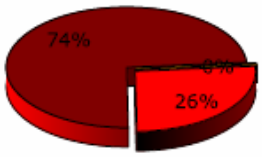


Hukkaraportit:

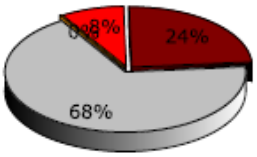
Hukkaraportti

Työasema:	kokoonpano	**Versio:**	
Numero:	10	**Tahtiaika:**	60,0 s
Liittyy linjaan:	partakone	**Aika:**	411,3 s

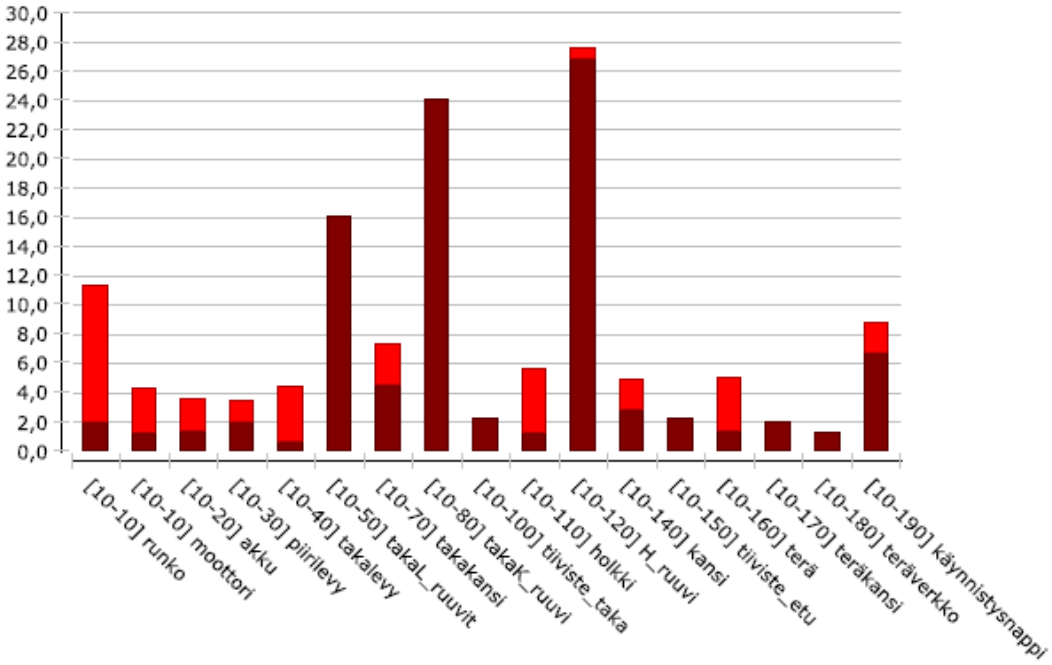
Huonoa ergonomiaa	98,6 s
Muu hukka	34,9 s
Odottaminen	0,0 s
Hukka yhteensä:	**133,5 s**



Sisäinen hukan jakauma



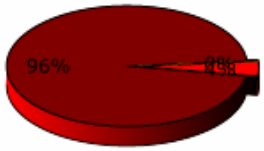
Hukan osuus kokonaisajasta



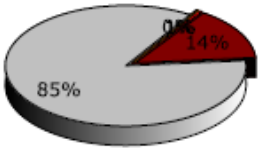
Hukkaraportti

Työasema:	kokoonpano(Parannettu_versio)	**Versio:**	
Numero:	10	**Tahtiaika:**	60,0 s
Liittyy linjaan:	partakone	**Aika:**	247,2 s

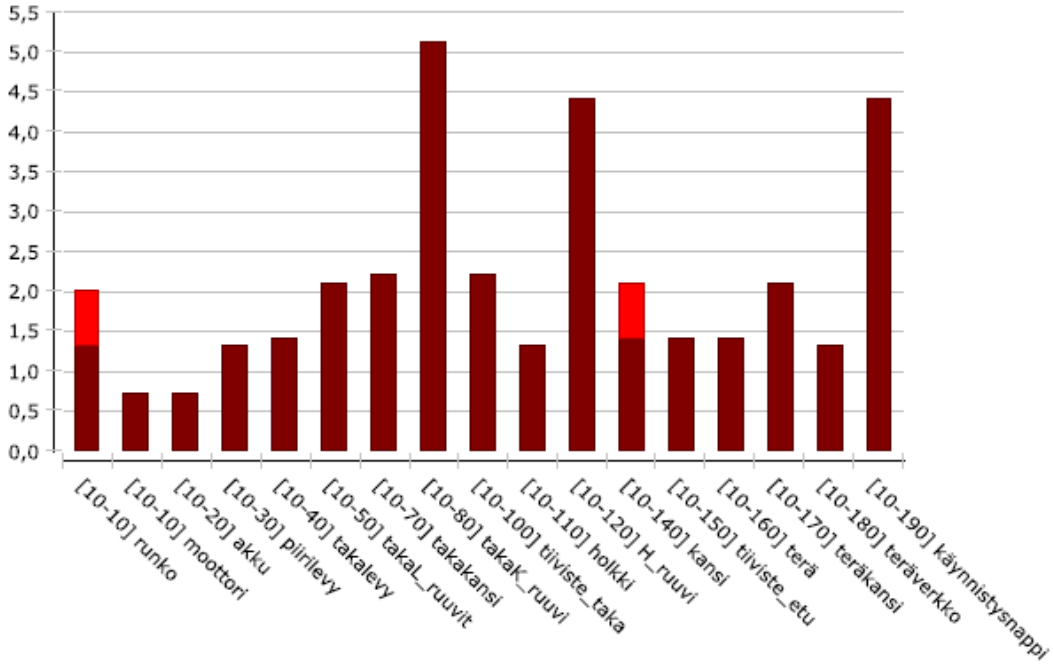
Huonoa ergonomiaa	34,9 s
Muu hukka	1,4 s
Odottaminen	0,0 s
Hukka yhteensä:	**36,3 s**



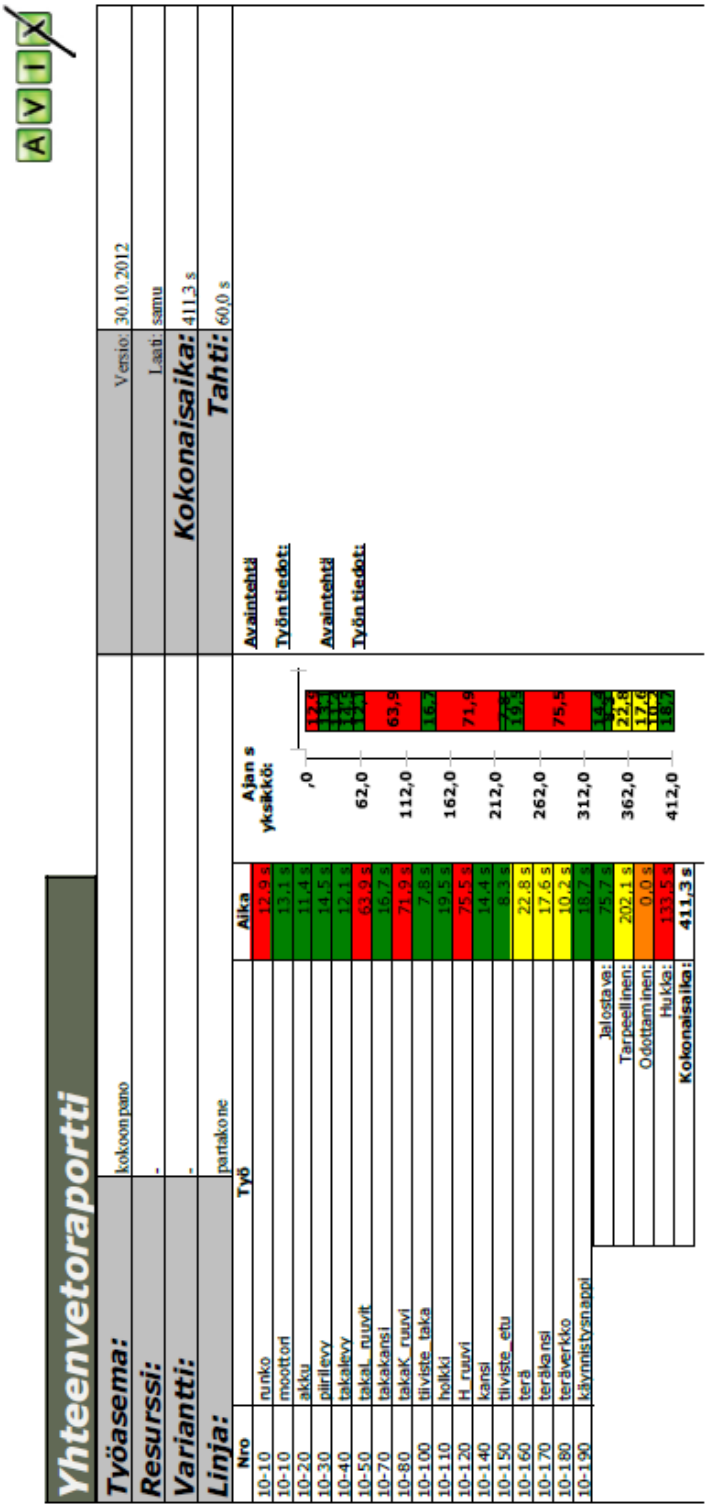
Sisäinen hukan jakauma



Hukan osuus kokonaisajasta



Yhteenvetoraportit:



Yhteenvetoraportti

Työasema:	kokoonpano	Versio:	30.10.2012
Resurssi:	-	Laati:	samu
Variantti:	-	**Kokonaisaika:**	411,3 s
Linja:	partakone	**Tahti:**	60,0 s

Nro	Työ	Aika	Ajan s yksikkö:
10-10	runko	12,9 s	
10-10	moottori	13,1 s	
10-20	akku	11,4 s	
10-30	piirilevy	14,5 s	
10-40	takalevy	12,1 s	
10-50	takal. ruuvit	63,9 s	
10-70	takakansi	16,7 s	
10-80	takaK. ruuvi	71,9 s	
10-100	tiiviste_taka	7,8 s	
10-110	holkki	19,5 s	
10-120	H. ruuvi	75,5 s	
10-140	kansi	14,4 s	
10-150	tiiviste_etu	8,3 s	
10-160	terä	22,8 s	
10-170	teräkansi	17,6 s	
10-180	teräverkko	10,2 s	
10-190	käynnistysnappi	16,7 s	
	Jalostava:	75,7 s	
	Tarpeellinen:	202,1 s	
	Odottaminen:	0,0 s	
	Hukka:	133,5 s	
	Kokonaisaika:	**411,3 s**	

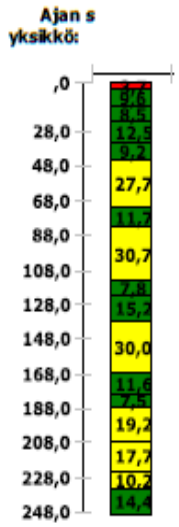
Avaintehtä
Työn tiedot:

Avaintehtä
Työn tiedot:

Yhteenvetoraportti

Työasema:	kokoonpano(Parannettu versio)	Versio:	30.10.2012
Resurssi:	-	Laati:	m0602706
Variantti:	-	**Kokonaisaika:**	247,2 s
Linja:	partakone	**Tahti:**	60,0 s

Nro	Työ	Aika
10-10	runko	3,7 s
10-10	moottori	9,6 s
10-20	akku	8,5 s
10-30	piirilevy	12,5 s
10-40	takalevy	9,2 s
10-50	takaL_ruuvit	27,7 s
10-70	takakansi	11,7 s
10-80	takaK_ruuvi	30,7 s
10-100	tiiviste_taka	7,8 s
10-110	holkki	15,2 s
10-120	H_ruuvi	30,0 s
10-140	kansi	11,6 s
10-150	tiiviste_etu	7,5 s
10-160	terä	19,2 s
10-170	teräkansi	17,7 s
10-180	teräverkko	10,2 s
10-190	käynnistysnappi	14,4 s
	Jalostava:	75,7 s
	Tarpeellinen:	135,3 s
	Odottaminen:	0,0 s
	Hukka:	36,3 s
	Kokonaisaika:	**247,2 s**



Avaintehtä

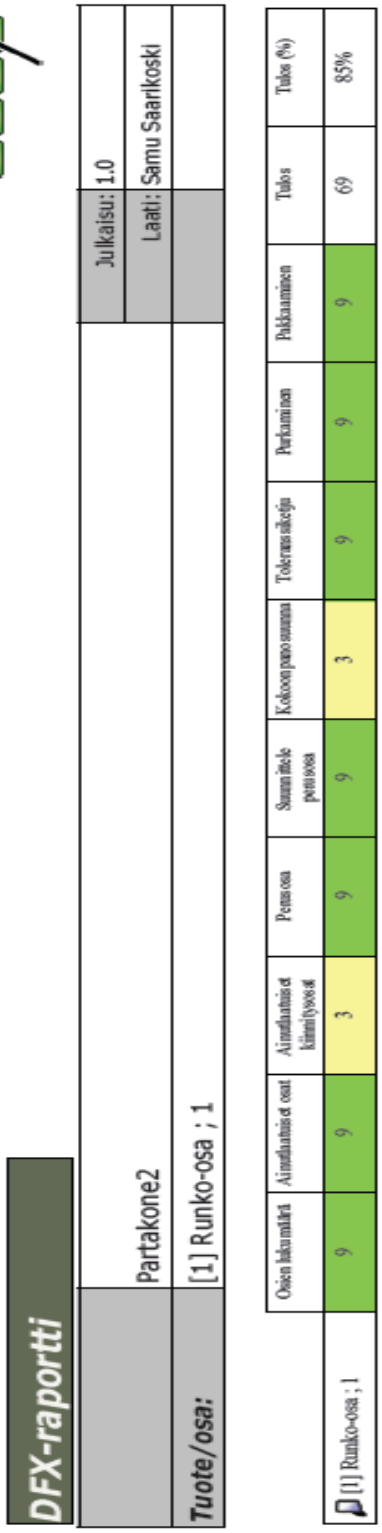
Työn tiedot:

Avaintehtä

Työn tiedot:

Partakoneen AviX DFX -ohjelmiston raportit

DFA2- tuotetasoanalyysit:



DFX-raportti

	Julkaisu: 1.0
Partakone2	Laati: Samu Saarikoski
Tuote/osa:	[1] Runko-osa ; 1

	Osien lukumäärä	Ainutlaatuiset osat	Ainutlaatuiset kiinnityssuunnat	Perusosa	Suunnitteleperusosa	Kokoonpanosuunnat	Toleranssiketju	Purkaminen	Pakkaaminen	Tulos	Tulos (%)
[1] Runko-osa ; 1	9	9	3	9	9	3	9	9	9	69	85%

DFX-raportti

	Partakone2(paranneltu)	Julkaisu:	1.0
		Laati:	Samu Saarikoski
Tuote/osa:	[1] Runko-osa ; 1		

	Osien lukumäärä	Ainutlaatuiset osat	Ainutlaatuiset kiinnitysosat	Perusosa	Suunnittele perusosa	Kokoonpanosuunnitelma	Toleranssiketju	Purkaminen	Pakkaaminen	Tulos	Tulos (%)
[1] Runko-osa ; 1	9	9	9	9	9	3	9	9	9	75	93%

DFA2- osatasoanalyysi:

DFX-raportti

	Partakone2	Julkaisu:	1.0
		Laati:	Samu Saarikoski
Tuote/osa:	[1] Runko-osa ; 1		

	Osan kokoam	Tarttum käsin	Automa tarttum	Tavoite	Liittämi	Toleran	Koottaj osien pitämis paikoil	Kiinnit	Erillise toimint	Viallist määrä	Asemo	Osat eivät ole särkyvi	Takertu	Painopi	Muoto	Paino	Pituus	Kokoon	Liittäm	Tarkist Säädä	Tulos	Tulos (%)	Kokon	Kokon (%)	Aika	Kokon	Kokon (%)
[1] Runko-osa ; 1	9	9	9	9	9	9	9	9	9	3	9	1	9	9	1	9	3	9	9	9	152	84%	1 646	65%	4,6	150	357%
[2] Holkki ; 1	9	9	9	9	3	9	9	3	9	9	3	9	1	9	1	9	9	9	9	3	140	78%			8,8		
[3] Kansi ; 1	1	9	1	9	9	9	1	3	9	3	3	3	9	9	1	9	3	9	9	3	112	62%			12,6		
[4] Lukitusholkki ; 1	1	9	3	9	3	9	9	3	9	3	3	9	1	9	1	9	9	3	9	3	114	63%			9,3		
[5] Pelti ; 1	9	9	9	9	3	9	3	3	9	9	3	9	1	9	1	9	9	3	3	3	122	68%	326	60%	11,3	37,9	421%
[6] Pelti_ruuvi ; 1	1	3	3	9	9	9	9	3	9	9	3	9	1	9	1	3	3	3	3	3	204	57%			26,6		
[7] Pohja ; 1	9	9	1	9	9	9	1	3	9	3	3	3	9	9	1	9	9	3	3	3	114	63%	318	59%	14,4	41	456%
[8] Pohja_ruuvi ; 1	1	3	3	9	9	9	9	3	9	9	3	9	1	9	1	3	3	3	3	3	204	57%			26,6		
[9] Terä ; 1	9	9	1	9	9	9	9	3	9	3	3	3	1	9	1	9	9	9	9	3	252	70%			17,2		
[10] Teräkansi ; 1	9	9	3	9	3	9	9	3	9	3	3	3	1	9	1	9	9	3	9	3	232	64%			18,6		

DFX-raportti

	Partakone2(paranneltu)	Julkaisu:	1.0
		Laati:	Samu Saarikoski
Tuote/osa:	[1] Runko-osa ; 1		

	Osan kokoam	Tarttum käsin	Automa tarttum	Tavoite	Liittäm	Toleran	Koottu osien pitämin poikoil	Kiinnit	Erillise toimint	Vialliset määrä	Asemo	Osat eivät ole säilyvi	Takertu	Painopi	Muoto	Paino	Pituus	Kokoon	Liittäm	Tarkist Säädä	Tulos	Tulos (%)	Kokon	Kokon (%)	Aika	Kokon	Kokon (%)
[1] Runko-osa ; 1	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	1	9	9	1	9	3	9	9	9	158	88%	1 410	78%	4,6	83,4	278%
[2] Holkki ; 1	9	9	3	9	9	9	9	3	9	9	9	9	1	9	1	9	9	9	9	9	152	84%			7,6		
[3] Kansi ; 1	9	9	3	9	9	9	3	3	9	9	9	3	9	9	1	9	3	9	9	9	142	79%			7,6		
[4] Pelti ; 1	9	9	3	9	9	9	3	3	9	9	9	9	1	9	1	9	9	9	9	9	146	81%	390	72%	7,6	32,2	358%
[5] Pelti_ruuvi ; 1	9	3	3	9	9	9	9	3	9	9	9	9	1	9	1	3	3	3	3	9	244	68%			24,6		
[6] Terä ; 1	9	9	3	9	9	9	9	3	9	9	9	1	1	9	1	9	9	9	9	9	288	80%			15,2		
[7] Teräkansi ; 1	9	9	3	9	9	9	9	3	9	9	9	3	1	9	1	9	9	3	9	9	280	78%			16,2		