

Timo Kirjava

OFFLINE-OHJELMOINTI OHUTLEVYJEN SÄRMÄYKSESSÄ

Käyttöönotto ja ohjeistus

**Opinnäytetyö
CENTRIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Tuotantotalouden koulutusohjelma
Toukokuu 2016**

TIIVISTELMÄ OPINNÄYTETYÖSTÄ

Yksikkö Ylivieska	Aika Toukokuu 2016	Tekijä/tekijät Timo Kirjava
Koulutusohjelma Tuotantotalous		
Työn nimi OFFLINE-OHJELMOINTI OHUTLEVYJEN SÄRMÄYKSESSÄ. Käyttöönotto ja ohjeistus		
Työn ohjaaja Jari Kaarela, Sakari Pieskä		Sivumäärä 28 + 42
Työelämäohjaaja Mikko Voltti		
<p>Tämän opinnäytetyön toimeksiantajana toimi sieviläinen tietoliikenne- ja elektroniikkateollisuuden sopimusvalmistaja Scanfil EMS Oy. Aiheena oli offline-ohjelmoinnin käyttöönotto ohutlevyjen särmäyksessä. Tavoitteena oli tehdä offline-ohjelmoinnin käyttöönottotestaus, prosessikuvaus ja työohjeet.</p> <p>Työn tuloksena offline-ohjelmoinnista valmistui prosessikuvaus ja työohjeet ohjelmointiin. Prosessikuvauksessa käytettiin kolmisivutekniikkaa, josta löytyy kansilehti, prosessikaavio ja prosessin selitysledet. Työohjeet valmistuivat käyttökokemuksen pohjalta. Ohjeen avulla ohjelmoija voi edetä johdonmukaisesti ohjelmointityössä ja ohje toimii apuna uuden työntekijän perehdytyksessä. Käyttöönottotestauksella tarkastettiin tiedonsiirron toimivuutta ja pyrittiin löytämään ongelmia ennen käyttöönottoa.</p> <p>Osa opinnäytetyön sisällöstä on salattu toimeksiantajan pyynnöstä.</p>		
Asiasanat Numeerinen ohjaus, tietokoneavusteinen valmistus, särmäys.		

ABSTRACT

Centria University of Applied Sciences	Date May 2016	Author Timo Kirjava
Degree programme Industrial Management		
Name of thesis OFFLINE PROGRAMMING IN PRESS BRAKE BENDING. Introduction and guidance.		
Instructor Jari Kaarela, Sakari Pieskä		Pages 28 + 42
Supervisor Mikko Voltti		
<p>This thesis was commissioned by a contract manufacturer of telecommunications and electronic manufacturing; Scanfil EMS Oy. The subject was an introduction of offline programming for mechanics manufacturing. The target of this work was to prepare an introduction test, process description and work instructions for offline programming.</p> <p>The results of this commission were the process description and work instructions of offline programming. The process description includes a cover, a process flowchart and commentary pages. Work instructions were prepared by an experience of programming. Work instructions are a guide to move rationally in programming and it is useful for briefing a new employee. The introduction test was to test data transfer and find some problems before introduction.</p> <p>By request of the customer part of this thesis is classified confidential.</p>		

<p>Key words Computer-aided manufacturing, numerical control, press brake bending.</p>

KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY

CAD	Computer-aided Design, tietokoneavusteinen suunnittelu.
CAM	Computer-aided Manufacturing, tietokoneavusteinen valmistus.
DXF	Drawing Exchange Format, on CAD-tiedostomuoto, jonka kehitti Autodesk. DXF mahdollistaa tietojen siirtoa eri CAD-ohjelmien välillä
IED	Inside Exchange of Die, asetus joka täytyy tehdä koneen seisoessa.
NC	Numerical Control, numeerinen ohjaus.
OED	Outside Exchange of Die, asetus joka voidaan tehdä koneen käydessä.
SMED	Single-digit Minute Exchange of Die, menetelmä asetusajkojen lyhentämiseksi.
STP	Standard for the Exchange of Product Model Data, kansainvälinen standardi tietokone-tulkittavalle esitykselle ja teolliseen tiedonsiirtoon.

TIIVISTELMÄ
ABSTRACT
KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY
SISÄLLYS

1 JOHDANTO	1
2 LAADUNHALLINTAJÄRJESTELMÄT	3
2.1 ISO 9001.....	3
2.2 ISO 13485.....	4
2.3 Prosessikuvaus.....	4
3 OHUTLEVYJEN TAIVUTUS	6
3.1 Särmäys.....	6
3.2 Särmäyspuristimet	7
3.3 Särmäyspuristimien ohjausjärjestelmät	8
3.4 Särmäyspuristimien työkalut.....	8
4 TIETOKONEAVUSTEINEN NC-OHJELMOINTI.....	10
5 ASETUSAIKOJEN KEHITTÄMINEN	12
5.1 SMED-järjestelmä.....	12
5.2 Asetusajan vaikutus	13
6 PROJEKTIN LÄHTÖTILANNE JA INVESTOINNIT	14
6.1 Särmäyksen konekanta.....	14
6.2 Terät	14
6.3 Ohjelmointi ja asetukset	15
6.4 Amada HFE 3i 100.3	16
6.5 Amada Solution Pack for Bend.....	17
6.5.1 AP100 Data Manager.....	17
6.5.2 Dr. Abe Bend	18
6.5.3 Data Explorer & Parameter Explorer	18
6.5.4 Production Designer.....	19
6.6 Amada LinkPAD	19
7 KÄYTTÖÖNOTTOTESTAUS	20
7.1 Valmistelu	20
7.2 Ongelmat ja ratkaisut	21
7.3 Huomiot.....	22
8 TULOKSET JA POHDINTA	23
LÄHTEET	26
LIITTEET	
KUVIOT	
KUVIO 1. Laadunhallintajärjestelmän rakenne.....	4
KUVIO 2. NC-ohjelmoinnin työn kulku	11

KUVIO 3. Asetusajan vaikutus.....	13
KUVIO 4. Amada Solution Pack for Bend.....	17
KUVIO 5. Prosessikaavio: offline-ohjelmointi	23
KUVIO 6. Muutos särmäysprosessissa.....	24

KUVAT

KUVA 1. Ohutlevyn taivutusprosessi.....	6
KUVA 2. Amada HFE 3i-särmäyspuristin	7
KUVA 3. Särmäyspuristimen ohjelmoitavat akselit.....	8
KUVA 4. Esimerkkejä Amadan painmista ja vastimista.....	9
KUVA 5. Amada kiinnityskisko.....	15
KUVA 6. Amada S-Grip Duo.....	16
KUVA 7. BendCAM-näkymä.....	28
KUVA 8. LinkPAD: taivutuksen simulointi-näkymä.....	19

TAULUKOT

TAULUKKO 1. Asetusajan vaiheet	12
--------------------------------------	----

1 JOHDANTO

Scanfil-konsernin muodostaa emoyhtiö Scanfil Oyj sekä sopimusvalmistusliiketoimintaa harjoittava alakonserni Scanfil EMS Oy. Vaativasta sopimusvalmistustoiminnasta Scanfil-konsernilla on 40 vuoden kokemus. Yhtiö on järjestelmätoimittaja, joka tarjoaa tuotteitaan ja palveluitaan kansainvälisesti toimiville tietoliikennejärjestelmien ja ammattielektroniikan valmistajille. Tyypillisiä tuotteita ovat mobiili- ja tietoliikenneverkkolaitteet, automaatiojärjestelmien moduulit, taajuusmuuttajat, hissien ohjauksjärjestelmät, analysaattorit, erilaiset peli- ja itsepalveluautomaatit sekä hoitoteknologiaan ja säähavainnointiin liittyvät laitteet. Scanfilin tehdasverkostoon kuuluu Euroopassa, Aasiassa sekä Pohjois-Amerikassa sijaitsevat 16 tuotantoyksikköä, joissa työskentelee 3500 henkilöä. (Scanfil Oyj 2016.)

Sievin mekaniikassa tuotteet jalostetaan tuotantosoluissa. Ohutlevytyöstöön perustuvat solut koostuvat levytyökeskuksesta, särmäyskoneesta ja ruuviniittaus- tai kierrekoneesta. Muita soluja ovat levyleikkaus, lasertyöstö, hitsaus, maalaus ja instrumenttikokoonpano.

Scanfil EMS Oy:n Sievin mekaniikkatuotannossa toteutettiin tehdasprojekti, jossa investoitiin uuteen valmistusteknologiaan. Projektiin kuului konekannan päivittämistä sekä CAM-ohjelmistojen käyttöönotto koulutuksineen. Yhtenä osana projektiin kuului uudemman teknologian särmäyskoneiden hankinta ja offline-ohjelmoinnin käyttöönotto. Särmäyspuristimet ja ohjelmistot olivat Amadan valmistamat ja niiden toimittajana oli Ama-Prom Finland Oy. Offline-ohjelmiston koulutus toteutettiin Ama-Prom Finland Oy:n tiloissa Salossa ja osittain asennustyön yhteydessä Sievin tehtaalla.

Tämä opinnäytetyö koskee ohutlevysärmäyksen offline-ohjelmoinnin käyttöönottoa. Koska särmäyksen offline-ohjelmointi tuli uutena prosessina Sievin mekaniikkatehtaalle, työn tavoitteena oli luoda yrityksen laatukäsikirjaan prosessikuvaus ja työohjeet offline-ohjelmoinnista sekä lisäksi käyttöönottotestaus. Opinnäytetyön alussa on ensin käyty läpi oleellisimpia teoriatietoja aihealueen kannalta.

Prosessikuvaukset ovat johtamisen väline, jotka auttavat hallitsemaan ja parantamaan prosesseja. Kuvauksesta selviää prosessin tarvitsemat resurssit, kuten henkilöt ja laitteet, ja sen ansiosta määritellään myös työnkulku offline-ohjelmoinnissa. Kuvauksien pyrkimyksenä on parantaa toiminnan tuloksellisuutta. Prosessien kuvaamiseksi ei ole määrätty erityisiä käytäntöjä. Ja vaikka niitä

varten on kehitelty joitain IT-sovelluksia, sen voi toteuttaa myös paperilla. Tässä työssä käytettiin ns. kolmisivutekniikkaa.

Käyttöönottoa on käsitelty nykytilanteen selvittämisellä ja käyttöönottotestauksella. Aluksi tutustutaan nykyisiin toimintatapoihin, jonka pohjalta voidaan vertailla myöhemmin millaista hyötyä offline-ohjelmoinnilla on saavutettavissa. Testivaiheessa pyritään löytämään ja ennalta ehkäisemään mahdollisia ongelmia liittyen offline-ohjelmointiin ja särmäystyöhön. Työn suoritukseen sisältyy työohjeiden laatiminen offline-ohjelmointiin ja särmäykseen. Tämän lisäksi opinnäytetyön sisällössä tullaan pohtimaan offline-ohjelmoinnin hyötyjä verrattuna nykyisiin käytössä oleviin työmenetelmiin ja -tapoihin.

2 LAADUNHALLINTAJÄRJESTELMÄT

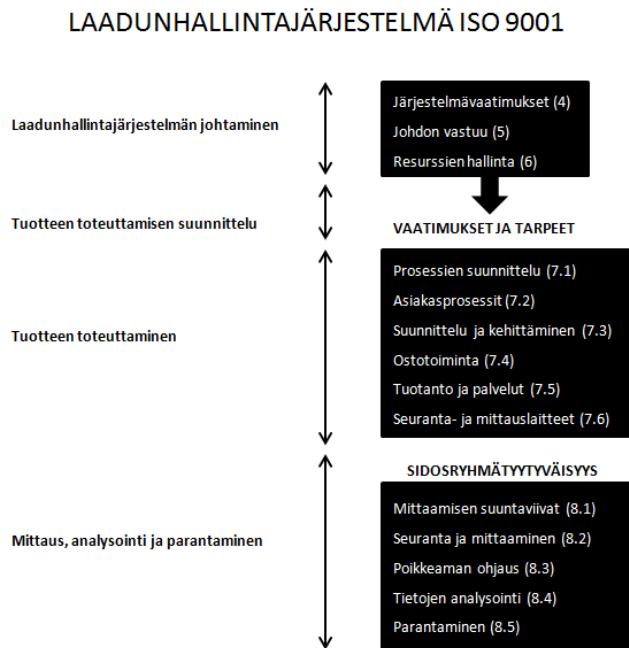
Jokaisella Scanfilin tehtaalla on käytössä ISO 9001 -standardin mukainen sertifioitu laatujärjestelmä. Valituilla tehtailla on lisäksi tarkemmat, tietyille teollisuudenaloille suunnatut sertifioidut laatujärjestelmät. Esimerkiksi lääketieteen asiakkuuksia palvelevilla tehtailla on käytössä ISO 13485 -standardin mukainen sertifioitu laatujärjestelmä. (Scanfil Oyj 2016.)

Laadunhallintajärjestelmä on organisaation tapa johtaa ja ohjata toimintoja, jotka liittyvät suoraan tai välillisesti asiakasvaatimusten täyttämiseen. Yleisesti ottaen se käsittää organisaatorakenteen sekä suunnittelun, prosessit, resurssit ja dokumentoinnin, joita käytetään laadutavoitteiden saavuttamiseen, asiakasvaatimusten täyttämiseen ja laadunhallintajärjestelmän kehittämiseen, mikä taas johtaa lopulta tuotteiden parantumiseen. Tuotestandardien, laadunhallintajärjestelmästandardien ja laadunparantamismallien käyttö ovat kaikki keinoja, joilla asiakastytyväisyyttä voidaan kasvattaa ja organisaation kilpailukykyä parantaa, eivätkä ne ole toisiaan poissulkevia. (SFS ry 2010.)

Kansainväliset ISO 9000-standardit sisältävät ohjeita ja määrittelyjä, kuinka organisaatioiden laatua hallitaan järjestelmällisesti ja tavalla, joka helpottaa yhteisymmärrystä myös kansainvälisessä kaupassa. Standardeissa tätä kokonaisuutta sanotaan laadunhallintajärjestelmäksi. (Moisio & Tuominen 2011.)

2.1 ISO 9001

Kuviossa 1 on esitetty ISO 9001-laadunhallintajärjestelmän rakenne. ISO 9001 määrittelee mitä vaatimuksia laadunhallinnan on täytettävä asiakkaan luottamuksen saavuttamiseksi ja ylläpitämiseksi (Moisio & Tuominen 2011). ISO 9001 uudistui syksyllä 2015. Uusitussa standardissa painottuu laadunhallintajärjestelmän suunnittelun ja käytön kokonaisvaltaisuus suhteessa toimintaympäristöön ja liiketoimintaan. Johdon pitää sitoutua ja osallistua laatujohtamiseen sekä ottaa siitä näkyvä vastuu. Päätöksenteon lähtökohdaksi on nostettu riskilähtöisyys. (SFS ry 2016.)



KUVIO 1. Laadunhallintajärjestelmän rakenne. (mukaiillen Moisio & Tuominen 2011.)

2.2 ISO 13485

ISO 13485 on maailmanlaajuisesti laajimmin käytetty johtamisjärjestelmä terveydenhuollon laitteille ja tarvikkeille. Terveydenhuollon laitteiden ja tarvikkeiden menestyksekkäs suunnittelu ja tuotanto edellyttää laadun johtamisjärjestelmää perustuen ISO 13485:een. Standardi 13485:2012 on luotu erityisesti terveydenhuollon laitteille ja tarvikkeille, ja se perustuu ISO 9001:een. Standardi on tehty käytännön työkaluksi: sen avulla erityisesti valmistajat voivat varmistaa lainsäädännön turvallisuusvaatimusten täyttymisen ja asiakasvaatimukseen vastaamisen tuotteen elinkaaren eri vaiheissa. (Inspecta Group 2016.)

2.3 Prosessikuvaus

ISO 9001-standardissa laadunhallintajärjestelmän yleisissä vaatimuksissa organisaation on määritettävä laadunhallintajärjestelmää varten tarvittavat prosessit ja niiden soveltaminen koko organisaatiossa. Lisäksi sen on määritettävä näihin prosesseihin tarvittavat lähtötiedot ja niiltä

odotettavat tuotokset ja määritettävä näiden prosessien keskinäinen järjestys ja vuorovaikutus (SFS ry 2010). Prosessikuvauksen tarkoituksena on antaa yleiskuva prosessista. Kuvauksesta jokainen prosessissa toimiva osapuoli näkee milloin on hänen vastuidensa vuoro, mitä hän voi odottaa muilta ja mitä häneltä odotetaan seuraavia vaiheita varten. (Korhonen & Rajala 2011, 107.)

On olemassa erilaisia IT-sovelluksia, helpottavat prosessikaavioiden piirtämistä ja sisältävät lisäksi muita visualisointimahdollisuuksia (Martinsuo & Blomqvist 2010). Prosessin voidaan mallintaa myös kolmisivutekniikkaa käyttäen. Kolmisivutekniikassa prosessista laaditaan kansilehti, prosessikaavio ja selityshehdet. Mallintamisen tukena voidaan käyttää mallinnusohjetta, perustietojen keräyslomaketta, selityssivulomaketta ja kansilehtilomaketta (LIITE 1).

3 OHUTLEVYJEN TAIVUTUS

Seuraavissa alaluvuissa käsitellään ohutlevyjen taivutukseen liittyviä käsitteitä ja laitteita.

3.1 Särmäys

Särmäys on yksi ohutlevyn taivutusmenetelmä. Levyaihio taivutetaan puristamalla se työkalujen välissä haluttuun kulmaan ja taivutussäteeseen. Särmäyspuristin on ohutlevyteollisuuden yleisin kone. Särmäyspuristimen taivuttavat työkalut ovat ylä- ja alapalkkiin kiinnitetyt painin ja vastin. Levy asetetaan työkalujen väliin, jolloin painimen liike suorittaa taivutuksen vastinta vasten ja palautuu takaisin (KUVA 1). Kappaletta siirretään ja seuraava taivutus voidaan tehdä. Särmättävä kappale paikoitetaan ennen jokaisen särmän taivutusta koneen takana oleviin takavasteisiin. Yleensä takavasteet ovat numeerisesti ohjattuja ja liikkuvat särmättävän kappaleen ohjelman mukaan ohjelmoidusti oikeaan kohtaan ennen jokaisen särmän särmäystä. (Mäki-Mantila 2001.)



KUVA 1. Ohutlevyn taivutusprosessi. (Amada HG 2204 Press Brake 2016.)

3.2 Särmäyspuristimet

Useimmiten särmäyspuristin on manuaalikone, eli työntekijää tarvitaan särmäämään kappaleita. Särmäyspuristin voi olla joko mekaaninen, hydraulinen tai sähkömekaaninen. Valtaosa särmäyspuristimista on hydraulisia (KUVA 2). Työliikkeen suorittavaa ala- tai yläpalkkia liikutetaan yleensä kahdella palkin päihin asennetulla hydraulisynterillä. Hydraulisten särmäyspuristinten etuja ovat:

- voima on sama koko liikkeen matkalla
- säädettävä avautumiskorkeus
- vähäinen huollon tarve
- ohjattavuus ja nopeuden säätö
- helposti säädettävä iskunpituus
- ylikuormitussuojaus.

Hydraulisten särmäyspuristinten puristusvoima on 250...20 000 kN. (Mäki-Mantila 2001.)

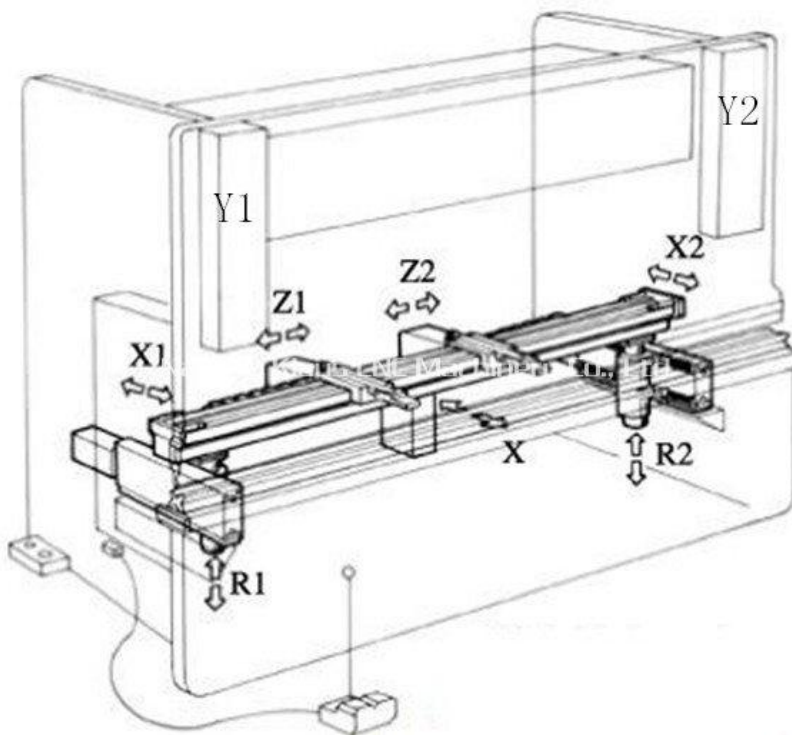
Koneen päätyökalut ovat painin ja taivutusvastin, joita on hyvin monenlaisia. Painin kiinnitetään liikkuvaan yläpalkkiin ja se voi olla yhtenäinen tai koostua monista osista, jolloin koneen käyttö monipuolistuu. Taivutusvastin on melkein aina koko särmäyspuristimen mittainen, mutta sen sivuilla on erikokoisia ja –muotoisia uria. (Keinänen & Kärkkäinen 1998.)



KUVA 2. Amada HFE 3i-särmäyspuristin. (Ama-Prom Finland Oy 2016.)

3.3 Särmäyspuristimien ohjausjärjestelmät

Särmäyspuristimien nykyaikaiset ohjausjärjestelmät ovat graafisella käyttöliittymällä varustettuja usein 3-akselisia järjestelmiä, jotka on yhdistetty CAD/CAM-linkillä suoraan suunnittelijan työasemaan. Käytössä on kuitenkin paljon 1-, 2- tai useampiakselisella ohjauksella varustettuja puristimia, jotka on varustettu särmäystä helpottavilla lisälaitteilla (KUVA 3). Tavallisella NC-ohjauksella varustetulla koneella ohjelmantekijä ohjelmoi koneen päätteelle jokaisen työkierron vaihe vaiheelta. Ohjelmoija kirjoittaa ohjelmaan särmäyskulman, takavasteen arvon, väiston ja nopeudet sekä muut tarvittavat tiedot. Koneen ohjaukselle on ennakkoon talletettu työkalu- ja raaka-ainetiedot. (Keinänen & Kärkkäinen 1998.)



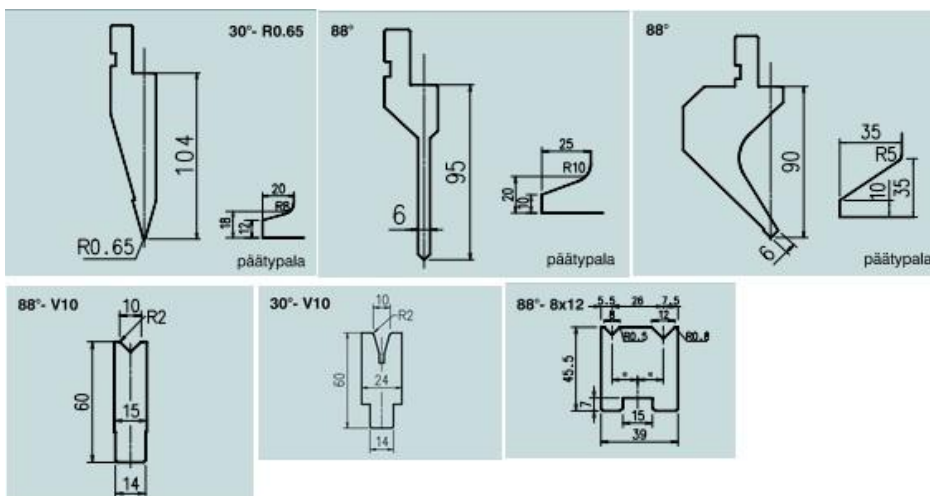
KUVA 3. Särmäyspuristimen ohjelmoitavat akselit. (Krrass 2016.)

3.4 Särmäyspuristimien työkalut

Särmäyspuristimen alkuperäisenä työkaluratkaisuna on puristaminen ylätyökalun eli painimen kärjellä alatyökalun eli alavasteen uraan, jolloin välissä oleva levy taipuu. Jos ylätyökalu puristetaan alatyökalun uran pohjaan, puhutaan pohjataivutuksesta ja vastaavasti ilmataivutuksesta, jos puristus ei

jatku pohjaan saakka. Alatyökaluna käytettiin ja käytetään erilevyisillä V-urilla varustettua työkalua. Tämä työkalu on helppo kääntää siten, että kussakin tapauksessa tarvittava ura tulee ylätyökalun keskilinjalle. Koneella on taulukkona tai ohjelmointilaitteen muistissa V-uran leveyden vaikutus puristusvoimaan eri leveyspaksuuksilla ja eri raaka-aineilla. Tavallisimmat perinteiset ylätyökalut ovat noin 30 asteen kärkikulmalla varustettu terävien kulmien särmästyökalu ja hieman alle 90 asteen kärkikulmalla varustettu työkalu. Tällainen ratkaisu on toimiva melko yksinkertaisten kappaleiden särmäykseen pienehköillä sarjoilla (KUVA 4). (Keinänen & Kärkkäinen 1998.)

Nykyaikaisissa ohjelmoitavissa koneissa käytetään alatyökaluna yksiuraista ja vain tietylle levynpaksuudelle sopivaa työkalua, joka kiinnitetään pöydässä olevaan keskitettävään kiinnitysuraan. Ylätyökalu on samanlainen kuin ennenkin, mutta muotoiltu sopivaksi vain tietylle tuotteelle. Koska ohjelmoitavuus mahdollistaa vaikeidenkin kappaleiden särmäyksen joustavasti on kehitetty erilaisia palateräsarjoja, joiden avulla on mahdollista valmistaa useita särmäyksiä vaativa tuote yhdellä teräasetuksella. Näissä palateräsarjoissa ylätyökalu koostuu aina useista paloista mutta alatyökalu voi olla useampiosainen. (Keinänen & Kärkkäinen 1998.)



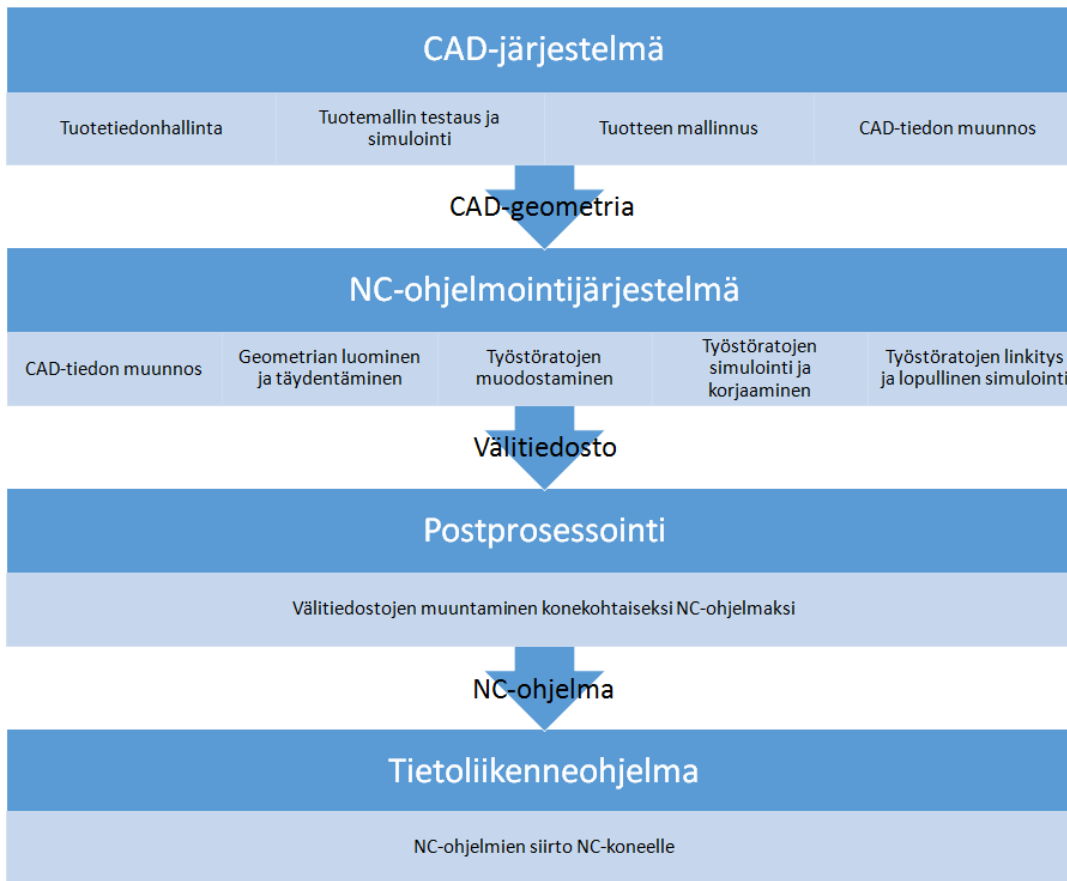
KUVA 4. Esimerkkejä Amadan painimista ja vastimista. (Amada työkalut särmäyspuristimille 2008, muokattu.)

4 TIETOKONEAVUSTEINEN NC-OHJELMOINTI

Tietokoneavusteinen NC-ohjelmointi on toimintaa, jossa luodaan NC-koneiden työstöratvoja ja ohjataan työkalun liikkeitä kappaleen geometriaan tukeutuen. Tietokoneavusteisen NC-ohjelmoinnin ensimmäinen vaihe on siirtää tai luoda kappaleen geometria. Geometria on kuvattu CAD-järjestelmän avulla joko kaksi- tai kolmiulotteisena. Integroidussa CAD/CAM-järjestelmissä luodaan työstöradat samaan tietokantaan CAD-mallin kanssa. Erillisiin NC-ohjelmointijärjestelmiin CAD-geometria pitää siirtää. Tämä voi tapahtua suoraan ilman minkäänlaista muunnosohjelmaa. Geometriaa voidaan siirtää myös erilaisten standarditiedostojen välityksellä. Yleensä vielä erillisissä NC-ohjelmointijärjestelmissä on oma geometrian luontiin soveltuva ohjelmamoduuli, jonka avulla voidaan myös täydentää tai siistiä siirrettyä geometriaa. (Pikkarainen & Mustonen 2010.)

Toinen vaihe on laatia kappaleen koneistamiseksi tarvittavia työstöratvoja. Ohjelmoija voi antaa työstöradioissa käytettävät teknologiset tiedot, tai järjestelmä laskee ne tiettyjä sääntöjä noudattaen kirjastosta hakemistaan arvoista. Seuraavassa vaiheessa simuloidaan laadittu työstörata. Työkalun liikkeitä verrataan geometriaan. Samalla tarkastetaan työkalun soveltuvuus ja tarkoituksenmukainen liikkuminen. Simuloinnin tuloksen perusteella voidaan työstörataa korjata. Samoin voidaan vaihtaa teknologia- ja asetusarvoja. (Pikkarainen & Mustonen 2010.)

Simuloinnin jälkeen voidaan tulostaa välitiedosto, yleisimmin standardin mukainen CLDATA. Tähän välitiedostoon on talletettu työkalun liikkeiden koordinaattipisteet geometriatiedostona, teknologiatiedot ja muut ohjauskäskyt. Viimeinen vaihe on muodostaa välitiedostosta varsinainen NC-ohjelma. Valmis NC-ohjelma voidaan tämän jälkeen arkistoida ja joko heti tai myöhemmin siirtää NC-koneelle (KUVIO 2).



KUVIO 2. NC-ohjelmoinnin työn kulku. (mukaiillen Pikkarainen & Mustonen 2010.)

Kaikissa järjestelmissä eivät työskentelyn vaiheet ole erotettavissa yhtä selväpiirteisenä. Usein välitiedostoa ei tulosteta lainkaan ja postprosessori on muodostettu tiiviiksi osaksi työstöratojen laadinnan kanssa (Pikkarainen & Mustonen, 2010). Amadan NC-ohjelmoinnissa postprosessointi on integroitu ohjelmiston sisälle, jota käsitellään kappaleessa 6.

5 ASETUSAIKOJEN KEHITTÄMINEN

Asetusaika on aika, joka kuluu varsinaisen työn valmisteluun. Tuotannossa asetusaika syntyy edellisen sarjan viimeisestä valmistuneesta kappaleesta seuraavan sarjan ensimmäisen kelvollisen kappaleen valmistumiseen. Tähän aikaan sisältyy koneiden työkalujen vaihdot ja koneen säädöt, niin että sillä voidaan täyttää tuotteen spesifikaatiot. Asetusaikana kone ei tuota mitään. (Nicholas 2011.) Taulukossa 1 on esitetty mitä toimenpiteitä asetusaikaan tavallisesti kuuluu ja mikä on toimenpiteisiin käytetyn ajan osuus asetuksen teosta.

TAULUKKO 1. Asetusajan vaiheet. (Shingo 1985, 27.)

Toimenpide	Käytetyn ajan osuus
Valmistelu, prosessin jälkeiset säädöt, materiaalien-, työkalujen-, terien-, muottien- ja jigien tarkistukset	30 %
Työkalujen ja osien kiinnitykset ja irroitukset	5 %
Mittaukset, asettamiset ja kalibroinnit	15 %
Koeajot ja säädöt	50 %

5.1 SMED-järjestelmä

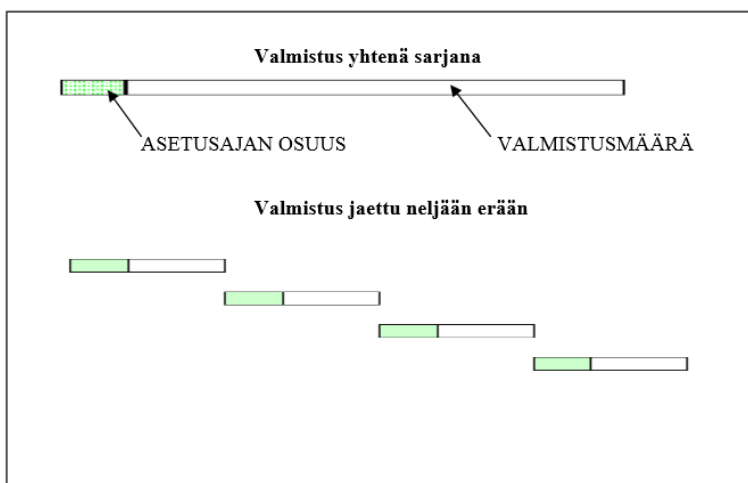
SMED (Single-digit Minute Exchange of Die) on menetelmä asetusaikojen lyhentämiseksi. SMED-käsite merkitsee kaikkien koneiden asetusaikojen olennaista alentamista. Tämä systeemi sai nimensä, kun menetelmän kehittäjä Shigeo Shingo, onnistui sen avulla lyhentämään erään asetusajan alle kymmenen minuutin (yksinumeroiseksi määräksi minuutteja). SMED-menetelmä on osa Toyota Manufacturing System:ia joka on kehitetty erityisesti lastuavaa työstöä ja levyn puristusta ajatellen. Sitä voi kuitenkin käyttää kaikentyypisiin operaatioihin. (Pellja 2006.)

SMED-menetelmän idea on jakaa asetusten vaihdossa toimenpiteet sekä sisäisiin, että ulkoisiin asetuksiin. Sisäinen asetus (IED, Inside Exchange of Die) voidaan tehdä ainoastaan koneen seisoessa, esimerkiksi teriä vaihdettaessa. Ulkoinen asetus on asetus (OED, Outside Exchange of Die), joka

tehdään koneen käydessä esimerkiksi seuraavan työkalunvaihdon esivalmistelu. Tarkoituksena on nopeuttaa tai vähentää sisäisiä asetuksia kehittämällä ja monipuolistamalla ulkoisia asetuksia. (Pellja 2006.)

5.2 Asetusajan vaikutus

Pellja (2006) on esittänyt periaatteen asetusajan vaikutuksesta, kun erien lukumäärä kasvaa valmistusmäärän pysyessä samana. Kuvioista voidaan havaita kuinka tärkeää on asetusajojen lyhentäminen, kun eriä on enemmän kuin yksi. Alhaalla olevasta kuvioista 3 voi päätellä, että koko valmistusmäärään tarvitaan enemmän aikaa asetukselle, kuin yhtenä sarjana valmistukseen. Lisäaika on tässä tapauksessa $3 * \text{asetusaika}$. (Pellja 2006.)



KUVIO 3. Asetusajan vaikutus (Pellja 2006.)

6 PROJEKTIN LÄHTÖTILANNE JA INVESTOINNIT

6.1 Särmäyksen konekanta

Scanfilin Sievin mekaniikassa käytössä olevat koneet ovat Amadan valmistamia NC-ohjattuja manuaalisia hydraulipuristimia. Lisävarusteena ohjauksissa oli USB-portti, johon särmääjä pystyi liittämään ulkoisen massamuistin särmäysohjelmien tallentamiseksi. Koneet ovat OP2-ohjauksella, joten niihin liitettiin offline-ohjelmien hyödyntämiseksi sekä tiedonsiirtoa varten LinkPad-ohjelmistoilla varustetut tietokoneet. Särmäyspuristimet ovat taivutusleveydeltään 2,5-, 3- ja 4-metrisiä. Suurimpien koneiden maksimivoima on 1300 kN ja pienimpien 800 kN. Koneissa on kahdeksan NC-ohjelmoitavaa akselia (x1, x2, y1, y2, r1, r2, z1 ja z2).

6.2 Terät

Särmäyksen käytettävissä oli kattavasti uusia, vanhoja ja muokattuja sekä erikoistyökaluja monenlaiseen taivuttamiseen. Uusiin teriin oli panostettu aina edellisestä tehdasprojektista asti, niin että uusia teriä oli käytettävissä jokaisen solun särmääjällä. Jokaisesta tuotantosolusta löytyi oma työkalukaappi särmäysterille, joista löytyi yleisimmät käytettävissä olevista teristä. Erikoisterät ja harvemmin käytetyt olivat omissa kaapeissaan.

Vanhoissa ja uusissa särmäyspuristimissa käytettiin 1V-urille ruuveilla lukittavia alaterän kiinnityskiskoja, joilla terän kiinnittämistä nopeutettiin (KUVA 5). Asetuksen teosta jäi pois aikaisemmin teipeillä ja lukitusaloilla toteutetut alaterän kiinnitykset.



KUVA 5. Amada kiinnityskisko. (Amada työkalut särmäyspuristimille 2008.)

6.3 Ohjelmointi ja asetukset

Särmäyksessä käyttäjät vastasivat itse asetusten ja ohjelmien teosta, jonka vuoksi asetusten teolle ei ollut vakiomenetelmiä ja asetukset vaihtelivat työntekijän mukaan. Oli kuitenkin olemassa tietyt säännöt sille minkä kokoista alapitimen v-uraa ja yläpitimen taivutussädettä käytettiin. Työohjeet laadittiin manuaalisesti paperille (LIITE 2) ja niissä oli vaihtelua konekohtaisesti. Särmäysohjelmakirjastoja säilytettiin konekohtaisilla USB-muistitikuilla.

Särmääjän tuli määrittää kappaleen särmäysjärjestys, valita sopivat terät ja paikoittaa terät särmäyspuristimeen ennen särmäysohjelman tekoa. Tässä kohtaa tuli suunnitella työkaluasetuksen layout, jotta kappaleen särmäys onnistuisi yhdellä ohjelmakierrolla mahdollisuuksien mukaan. Tämä vaihe oli sisäistä asetusaikaa (IED), jonka aikana ei tehty jalostavaa työtä. Vaikeissa ja monimutkaisissa kappaleissa layoutin suunnitteluun saattoi kulua kauankin aikaa.

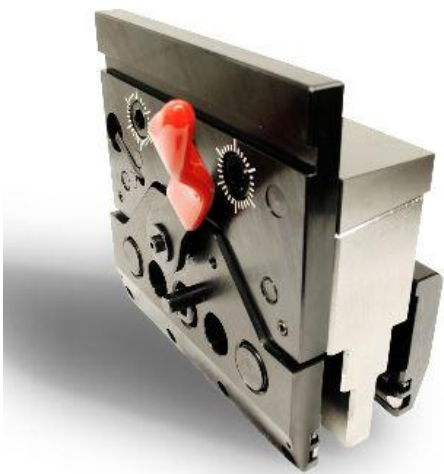
Särmäystyön alussa hienosäätöä varten käytettiin harjoituskappaleita. Tuotantosarjojen valmistamisessa pyrittiin siihen, ettei levytyökeskukselta tuotettaisi ylimääräisiä kappaleita. Särmäyksessä kappaleen oli siis täytettävä tekniset yksityiskohdat sarjan ensimmäisestä kappaleesta

lähtien. Uuden tuotteen asetuksen teossa harjoituskappaleita saattoi kuluu useampi, riippuen kappaleen monimutkaisuudesta ja teknisten dokumenttien ominaisuuksista. Joskus dokumenteista saattoi puuttua oleellisia mittoja, joiden täydennystä täytyi tiedustella työnjohdon kautta.

6.4 Amada HFE 3i 100.3

Yritys investoi kolme kappaletta uusia HFE 3i-särmäyspuristimia. Ohjauksena toimii Amadan kehittämä 18,5" innovatiivinen AMNC 3i kosketusnäyttö graafisella käyttöliittymällä, jossa on useita erilaisia ohjelmointitapoja. Ohjausyksikkö on varustettu viivakoodinlukijalla ja verkkokortilla. Ohjain on suoraan yhdistettävissä verkkopalvelimeen. Särmäyspituus on 3 m ja puristusvoima 1000 kN, joka on hydraulisesti toteutettu. Puristimissa on 9 NC-ohjattua akselia X1, X2, R, Y1, Y2, Z1 ja Z2. Akas III P-laserturvasäde mahdollistaa yläpalkin pikaliikkeen 4 mm:n päähän levynpinnasta. Kahteen puristimeen on lisäoptiona tilattu taivutusapupöydät (KUVA 2), joita on kaksi kappaletta puristinta kohti. (Ama-Prom Finland Oy 2015.)

Asetuksentekoa nopeuttavia työkaluja HFE 3i-puristimissa ovat Amadan S-Grip Duo –yläteränpitimet, joissa on pikakiinnitystoiminto terän kiinnitykseen (KUVA 6). Näillä pitimillä yläterää ei tarvitse liu'uttaa paikalleen koneen päästä, vaan se voidaan kiinnittää nopeasti pitimeen kiinni oikeassa kohdassa palkkia. Terän kiinnittäminen tapahtuu kääntämällä yhtä vipua, jolloin terä lukittui pitimeen. Kiinnitys on mahdollista toteuttaa molemmin puolin yläpidintä.

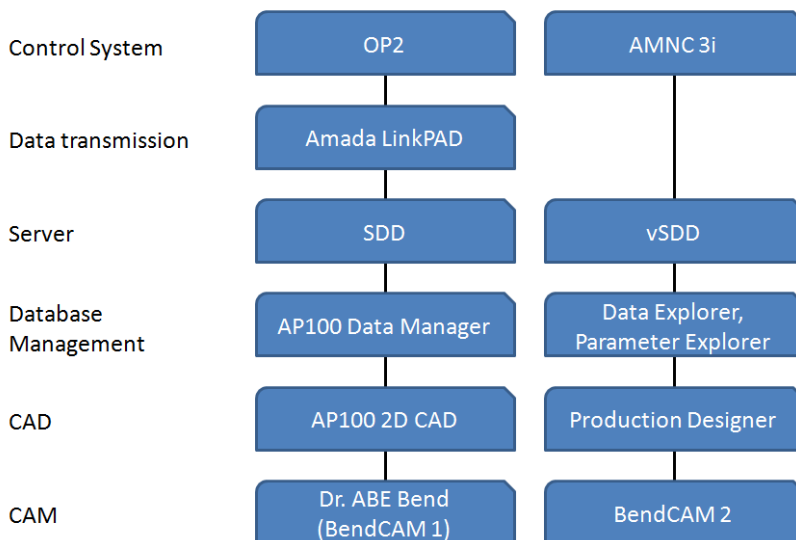


KUVA 6. Amada S-Grip Duo. (Amada America Inc. 2016.)

6.5 Amada Solution Pack for Bend

Offline-ohjelmointia varten hankittu ohjelmistopaketti oli yhdistelmä vanhemmalle (OP2 & AMNC) ja uudemmalle (AMNC 3i) särmäyspuristimen ohjaukselle suunniteltua ohjelmistoa. Ohjelmistojen tietokannat sijaitsivat erillisillä SDD- ja vSDD-verkkopalvelimilla. Palvelimet toimivat särmäysohjelmien ja –koneiden sekä terä- ja materiaalikirjaston tietokantana. AP100 Data Manager-tietokantaohjelmistolla hallinnoitiin SDD-palvelimella sijaitsevaa tietokantaa ja vSDD-tietokannan hallintaohjelmat olivat Data Explorer ja Parameter Explorer. Kuviossa 4 on havainnoitu Solution Pack for Bend:in ohjelmistorakennetta.

CAD-tiedostojen käsittely toteutettiin Production Designer ja AP100 2D CAD-ohjelmilla. Production Designerillä oli mahdollista editoida DXF-tiedostojen lisäksi STP-tiedostoja eli kappaleen 3D-malleja, joten tiedostojen editointi painottui enemmän tälle ohjelmalle. Särmäyksen offline-ohjelmointi toteutettiin sitten Dr. ABE Bend:llä (BendCAM 1) ja BendCAM 2:lla.



KUVIO 4. Amada Solution Pack for Bend.

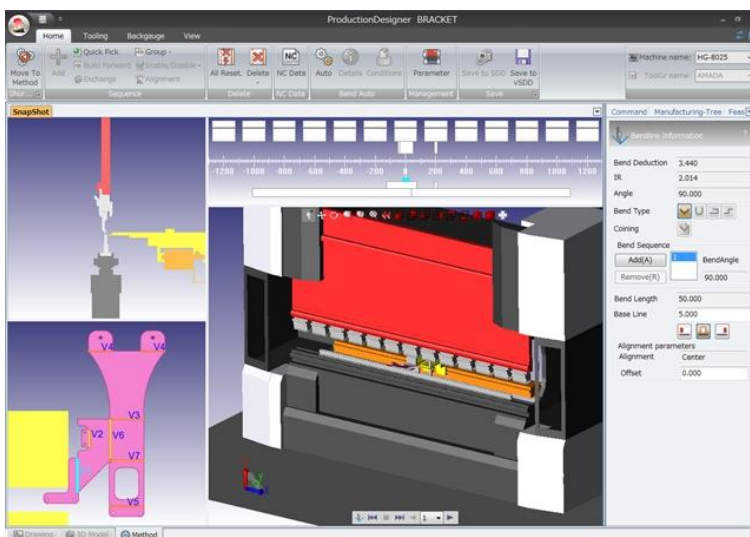
6.5.1 AP100 Data Manager

AP100 Data Manager on datan hallinta ja tietokantaohjelmisto Amadan levytyö- ja särmäyskoneille, joissa on AMNC-ohjaus, mutta laiteasetuksista löytyi myös parametriasetukset OP2-ohjauksella

toimiviin särmäyspuristimiin. Ohjelmisto käyttää SDD-verkkopalvelinta, jonne varastoidaan kaikki data liittyen CAD-tiedostoihin, materiaaleihin, työkaluihin, työkoneisiin ja NC-ohjelmiin.

6.5.2 Dr. Abe Bend

Dr. Abe Bend on Amadan särmäyskoneiden offline-ohjelmointia varten kehitetty ohjelmisto. Ohjelmiston avulla on mahdollista tehdä tietokoneella offline-ohjelmointina särmäysohjelma ja työkalujen valinta. Ohjelmalla voi simuloida särmäysprosessia ja ohjelma ilmoittaa mahdollisista törmäyksistä ja virheistä NC-koodissa (KUVA 7). Näin ollen ohjelman avulla on mahdollista pienentää särmäyksen asetusaikoja siirtämällä ohjelmointityötä ulkoiseksi työskentelyksi. Dr. Abe Bend on yhteydessä SDD-tietokantaan ja ohjelmat voidaan suoraan ladata HFP- ja HD-särmäyspuristimille. (Amada UK Ltd 2016; Amada America Inc 2016.)



KUVA 7. BendCAM-näkymä. (Amada UK 2016.)

6.5.3 Data Explorer & Parameter Explorer

Data- ja Parameter Explorer ovat datan hallinta ja tietokantaohjelmisto Amadan levytyö- ja särmäyskoneille, joissa on AMNC 3i-ohjaus. Ohjelmisto käyttää vSDD-verkkopalvelinta, jonne varastoidaan kaikki data liittyen CAD-tiedostoihin, materiaaleihin, työkaluihin, työkoneisiin ja NC-ohjelmiin. Kun AP100 Data Manager oli keskitetty tietokantaohjelmisto, niin vSDD-palvelimen

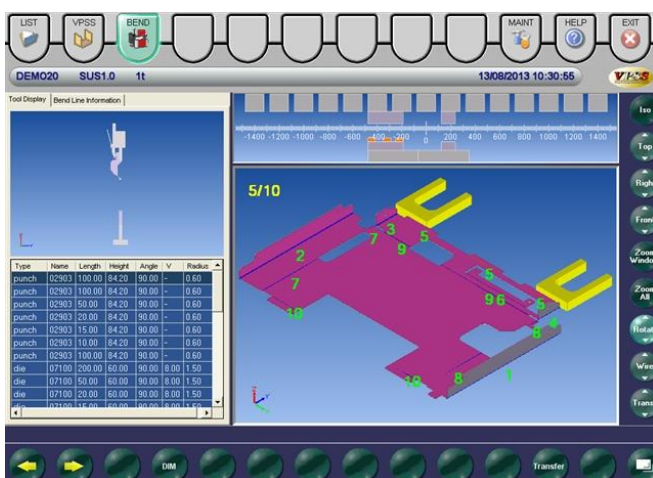
tietokantahallinta oli jaettu Data Explorer:n ja Parameter Explorer:n kesken. Data Explorer oli suunnattu särmäysohjelmakirjaston hallintaan ja raporttien tulostamiseen. Parameter Explorer:in keskitettiin materiaalien, työkalujen ja työkoneiden hallinta.

6.5.4 Production Designer

Production Designer on 3D CAD-mallien ja DXF-tiedostojen editoimiseen suunniteltu ohjelmisto. Ohjelmalla konvertoidaan 2D- tai 3D-mallista ohutlevypiirre BendCAM:lla ohjelmointiin. Ohjelmassa on laaja tuki eri 3D-malleille ja sillä pystyy avaamaan myös kokoonpano-tiedostoja, joista saadaan eroteltua yksitellen ohutlevypiirteet ja kappaleessa olevat erikoistyökaluja vaativat muodot. Production Designer on suoraan yhteydessä vSDD-palvelimelle, mutta sillä voi viedä tiedostot SDD:lle BendCAM 1-ohjelmointia varten.

6.6 Amada LinkPAD

LinkPAD on tietokoneelle asennettu tiedonsiirto-ohjelma särmäysohjelmien siirtämiseksi OP2-ohjaukselle. LinkPAD toimii SDD-tietokannan ja särmäyspuristimen ohjauksen linkkinä. Ohjelmalla voi selata palvelimella olevia särmäysohjelmia, ladata ne särmäyspuristimen ohjelmakirjastoon ja takaisin palvelimelle. LinkPAD:n näkymistä selviää särmäysohjelmissa tarvittavat työkalut, kappaleen 3D-malli, taivutusjärjestys ja särmäyksen simulointi (KUVA8).



KUVA 8. LinkPAD: taivutuksen simulointi-näkymä. (Amada UK 2016.)

7 KÄYTTÖÖNOTTOTESTAUS

Käyttöönoton yhteydessä tarkoitus oli testata ohjelmien siirrettävyyttä palvelimen ja särmäyskoneen välillä ja offline-ohjelmien toimivuutta särmäyskoneella. Näitä oli mahdollista testata uusilla 3i-särmäyskoneilla ennen lopullista offline-ohjelmiston parametrien asettelua. Ohjelmistoasetuksista piti löytyä uudet koneet listalta ja teräkirjastossa oli valmiina teriä tämän mahdollistamiseksi.

7.1 Valmistelu

Ennen offline-ohjelmiston asennusta ja käyttöönottoa kävimme koulutuksessa Ama Prom Finland Oy:n luona Salossa. Kouluttajana toimi Amadan ohjelmistoista ja -koulutuksesta vastaava Tero Ranta. Koulutuksen tavoitteena oli tutustua BendCAM:in käyttöön, niin että ohjelman käyttäminen ja sen ominaisuudet tulisivat tutuiksi. Ryhmällä oli mukana Scanfilin tavallisten tuotantotilauksien DXF- ja STP-tiedostoja. Tarkoituksena oli että ohjelmointiharjoittelu vastasi todenmukaista tilannetta.

Ohjelmointia varten materiaali- ja teräkirjastot täytyi päivittää vastaamaan särmäyksessä käytettäviä teriä. Materiaalitietoja varten riitti vain aineenvahvuudet ja materiaalityypit, eli oliko alumiinia, ruostumatonta- vai valssattua terästä. Teräkirjaston kohdalla tilanne vaati hieman enemmän töitä. Ensiksi oli kartoitettava särmäyksessä käytettävä terävalikoima, jotta ohjelmiston tietokanta voitiin synkronoida oikean tilanteen mukaan. Tämä helpottaisi ja nopeuttaisi ohjelmointia, sillä BendCAM:in automaattityökalutus ei turhaan käyttäisi työkaluja joita särmäyksessä ei edes käytettäisi.

Toinen seikka oli teränumerointi, sillä tietokannasta löytyvä teräkirjasto oli numeroitu valmistajan käyttämän numeroinnin mukaan. Särmäyksessä käytettävä numerointi vaihteli konekohtaisesti ja teränimityksille oli muodostunut oma käytätönsä. Tästä johtuen numerointi päätettiin toteuttaa mahdollisimman pitkälle valmistajan numeroinnin mukaan. Vanhemmille särmäyskoneille tiedonsiirron ongelmien välttämiseksi koneen teräkirjastotkin olisi päivitettävä uuden käytännön mukaisesti. Uudessa AMNC 3i-ohjauksessa synkronointi onnistui helposti suoraan tietokannasta verkon välityksellä.

Ohjelmiston tietokannasta löytyi luonnollisesti vain Amadan valmistamia teriä ja särmäyksessä käytettiin myös Wilsonin valmistamia ylä- ja alateriä. Wilsonin terät täytyi siis luoda tietokantaan itse.

Terät päivitettiin SDD-palvelimelle Data Managerilla ja tuotiin sitten vSDD-palvelimelle Parameter Explorerilla. Näin välttyttiin kaksinkertaiselta työn määrältä.

Käytön kannalta teräasetuksiin liittyi vielä prioriteettien määrittely. Parametreihin piti vielä määritellä minkä kokoinen alaterän v-ura vastasi särmäyksessä käytettävää aineenvahvuutta. Yläterien osalta määriteltiin terätyypit, jotta ohjelman automatiikka osaisi ehdottaa särmäyksessä yleisimmin käytettäviä teriä.

LinkPAD-ohjelmia varten tarvittiin tietokone ja ethernet-kaapelia tiedonsiirtoon palvelimen ja OP2-ohjauksella varustettujen särmäyskoneiden välille. Tietokoneen ja särmäyskoneen väliseen kaapeliin täytyi asettaa adapteri ethernet-kaapeliin OP2:sen sarjaportin vuoksi. Tietokoneita hankittiin jokaiseen soluun yksi ja suurimmassa osassa soluista yhteys asennettiin kahdelle särmäyskoneelle.

7.2 Ongelmat ja ratkaisut

Yhteyttä testattiin siis ensin uudella 3i-särmäyskoneella. Offline-ohjelman teko onnistui ja simuloinnin perusteella työ oli toteutettavissa. Ohjelmaa ei kuitenkaan saatu onnistuneesti ladattua särmäyskoneelle. Ratkaisu tähän löytyi ohjelmistopäivityksestä. Käyttöohjeista löytyi tieto, että uutta BendCAM-ohjelmiston versiota käytettäessä särmäyskoneen käyttöjärjestelmän piti olla päivitetty.

LinkPAD:in kautta tiedonsiirtoa testatessa ilmeni yhteysongelmia, sillä särmäyskoneeseen ei saatu ollenkaan yhteyttä. Amadan ohjelmistovastaava Tero Ranta oli ongelmaa ratkaisemassa. Ethernet-kaapelin kytkentöjä täytyi muuttaa, että yhteys toimisi. LinkPAD:in osalta kaikki ongelmat eivät vielä ratkennut siihen, sillä vanhempien koneiden yhteyden kanssa oli vielä vaikeuksia. Ohjelmien onnistuneessa latauksessa oli vielä paljon vaihtelua ja yhdenkään koneen muistin tietoja ei onnistunut ladata. Uudemmissa koneilla tuloksissa onnistuttiin huomattavasti paremmin.

Yhteysongelmat vanhempien koneiden kanssa ratkesivat asentamalla LinkPAD-ohjelmistot uudelleen. Ohjelmasta täytyi asentaa uudempi 2.5-versio ja asennuksessa oli käytettävä toimitusten mukana tulleita asennustiedostoja. Ensimmäisessä asennuksessa oli käytetty ilmeisesti toista versiota, joka lienee juurisyy tiedonsiirrossa ilmenneisiin ongelmiin.

7.3 Huomiot

Offline-ohjelmoidulla työllä testattaessa oli huomioitavaa, että särmätyihin kappaleisiin tuli lähes tai juuri oikeat mitat, kun niitä vertasi kappaleen tekniseen piirustukseen. Taivutuskulmille joutui jonkin verran korjaamaan tai hakemaan oikeat säädöt. Tähän vaikuttavat esimerkiksi terien kunto, koneen omat parametrit ja materiaalin tasalaatuisuus. Kulmien korjaaminen ei rajoittunut pelkästään offline-ohjelmiin, vaan sitä ilmeni myös manuaalisesti tehdyissä ohjelmissa. Offline-ohjelmien avulla korjauksien ja säätöjen määrää saatiin kuitenkin merkittävästi vähennettyä verrattuna manuaalisesti tehtyihin ohjelmiin.

Alussa särmäysohjelmia avattiin samasta hakemistosta eri koneella. Tämä kuitenkin vaikutti aina korjaamisen ja säädön määrään työtä aloittaessa, koska koneiden välillä on pientä vaihtelua parametreissa. Todettiin että tallentamalla ohjelmat konekohtaisiin kansioihin pystytään vähentämään tätä korjaamista.

Testauksen perusteella offline-ohjelmien käytettävyys oli hyvä ja auttaisi asetusajkojen pienentämisessä. Harjoituskappaleiden tarve väheni, joten särmäyksen läpimenoajat lyhenevät. BendCAM:llä tehty särmäysohjelma oli täysin valmis käytettäväksi särmäyspuristimella työn suorittamiseksi, joten sisäistä asetusajkaa (IED) oli mahdollista siirtää särmäyspuristimelta ulkoiseksi asetusajaksi (OED).

8 TULOKSET JA POHDINTA

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä prosessikuvaus ja työohjeet sekä lisäksi käyttöönottestaus offline-ohjelmoinnista. Lisäksi tarkoitus oli pohtia offline-ohjelmoinnin hyötyjä verrattuna nykyisiin käytössä oleviin työmenetelmiin ja –tapoihin.

Prosessin kuvauksessa käytettiin ns. kolmisivutekniikkaa, josta löytyy kansilehti, prosessikaavio ja selityislehdet (LIITE 1). Aloitin kuvauksen tekemisen prosessin perustietojen keräyslomakkeella ja seuraavaksi täytin prosessin selityslehtilomaketta. Selityslehtilomaketta oli johdonmukaista edetä kaksi saraketta kerrallaan, ennenkuin alkoi täydentämään koko lomaketta. Näiden lomakkeiden ollessa valmiina, prosessista oli muodostunut jo hyvä kokonaiskuva, joka helpotti prosessikaavion (KUVIO 5) tekemistä. Kaaviossa on käytetty uimarata-kaaviota joka esittää sitä, kuka tekee ja milloin. Pystytasoon vasempaan reunaan on merkitty prosessin toimijat siinä järjestyksessä, kun ne tulevat prosessiin mukaan. Kaaviosta ilmenee työjärjestys ja toimijoiden tehtävät prosessissa.

SALATTU

KUVIO 5. Prosessikaavio: offline-ohjelmointi.

Prosessin kuvauksen myötä offline-ohjelmointi on tunnistettu ohutlevyjen valmistuksen osaprosessiksi. Prosessista voidaan tunnistaa tekijät, työjärjestys, prosessin tarvitsemat resurssit sekä prosessin syöte (input) ja tuotos (output). Prosessia voidaan mitata, ohjata, parantaa ja sille voidaan asettaa tavoitteita. Mittaamisen tarkoitus on kehittää tai uudistaa prosessia. Prosessissa voidaan mitata ja seurata sekä tuotoksia, syötteitä että itse prosessin toimivuutta (Martinsuo & Blomqvist 2010).

Jatkuvan parantamisen periaatetta noudattaen parannusehdotuksia voi tulla prosessin parissa työskenteleviltä ihmisiltä. Palautteen keräämisellä voidaan myös kehittää ja uudistaa prosessia.

Työohjeesta (LIITE 4) pyrin saamaan aikaiseksi johdonmukaisen ja selkeän. Hieman sekavasta ohjelmistosta oli haastava saada rakennettua selkeä eteneminen ohjelmoinnissa. Käytin paljon kuvakaappauksia toimintojen havainnollistamiseksi ja minimoin tekstin määrän, kuitenkin niin että tarpeelliset toiminnot olivat kuvattuina. Ohjeesta on jätetty tarkoituksella pois parametriasetukset, sillä ne olivat säädetty kohdilleen ennen käyttöönottoa.

Työohje alkaa sisällysluettelolla, joka helpottaa jonkin tietyn toiminnon hakemista. Ensimmäisessä kappaleessa on kuvattuna Offline-ohjelmoinnin prosessikaavio sekä Solution Pack-ohjelmiston osat ja niiden käyttötarkoitus. Tämä auttaa ohjelmoijaa ymmärtämään eri ohjelmien kytkeytyminen toisiinsa. Sitten ohjeet etenevät STP- tai DXF-tiedoston avaamisesta raportin tulostamiseen asti. Pääasiassa ohjeet koskevat Production Designer-, BendCAM 1- ja BendCAM 2-ohjelmien käsittelyä ja ohjelmointia.

Offline-ohjelmoinnin käyttöönotolla särmäyksen asetuksista saatiin muutettua ulkoiseksi asetusajaksi (OED) työkalu-layoutin suunnittelu, ohjelmointi ja särmäysasetusten ja -ohjeiden teko (KUVIO 6). Myös uusien HFE 3i 100.3-särmäyskoneiden ohjelmakirjasto löytyy verkkopalvelimelta omista konekohtaisista kansioista.

SALATTU

KUVIO 6. Muutos särmäysprosessissa.

Aikaisempien kokemusten mukaan vaikean ja monimutkaisen uuden tuotteen särmäysohjelman suunnittelussa ja asetusten tekemisessä on saattanut kulua useampi työtunti. Tämä on johtunut uusien harjoituskappaleiden tarpeellisuudesta ja monesti teknisten dokumenttien ominaisuuksien puutteellisuudesta. Uusia harjoituskappaleita on jouduttu odottelemaan levytyökeskukselta, eivätkä ne aina ajoitu samalle vuorolle. Kappaleeseen on voinut tulla mitta- tai kulmavirheitä näiden mittojen puuttuessa dokumentista ja kappale on jouduttu tekemään uusiksi. Offline-ohjelmoinnin käyttöönoton myötä vaiheet ovat kääntyneet toisinpäin, sillä kappaleen mitoitukset voidaan tarkistaa ja särmäys voidaan simuloida ja todeta toimivaksi jo ennen levytyökeskukselle menoa.

Ohjelmointivaiheen ulkoistamisen ansioista särmäyksen asetuksen teosta jää paljon ylimääräistä työtä pois. Erityisesti uuden kappaleen särmäyksen ohjelmoinnissa täytyy miettiä ja suunnitella jokaisen taivutuksen parametrit, jotka ohjelmoidaan yksitellen. Offline-ohjelmoinnin käyttöönoton jälkeen jäljelle jäävä ohjelmointityö on kappaleen kulmamittojen hienosäätöä.

Ohjeet asetusten tekoon ja kappaleen särmäykseen tulevat offline-ohjelmoinnista. Liitteessä 3 on esitetty ohjelmoinnista tulostettu raportti särmäysohjeista. Siitä ilmenee taivutusjärjestys,

työkaluasetukset, käytettävä särmäyspuristin, materiaali- ja kappaletiedot sekä yksityiskohtaista tietoa taivutusparametreista.

Särmäyspuristimen ohjauspaneelin näytöltä on katsottavissa työkaluasetukset ja särmäyksen simulointi. Asetuksia on mahdollista muuttaa puristimella, jos se on tarpeellista ja muutokset näkyvät myös BendCAM:lla. Särmäysohjeiden tullessa valmiina offline-ohjelmoinnista, särmäystyön vaihtelu vähenee ja menetelmät standardoituvat. Toki särmäysterien valinnalla voi olla vielä vaihtelua aiheuttavaa vaikutusta. Esimerkiksi terien kuluneisuus vaikuttaa lopputulokseen, mutta särmäyksen terävalikoima on kohtalaisen uusi, lukuunottamatta joitain erikoisteriä.

Särmäysohjelmakirjasto sijaitsee verkkopalvelimella. Palvelinyhteys toimii särmäyskoneilla kaksisuuntaisesti, eli ohjelmat voidaan ladata puristimen ohjausjärjestelmään ja ohjelmia voidaan tallentaa palvelimelle. Ohjelmakirjaston hallinta toimii vain offline-ohjelmoinnin tietokanta-ohjelmistoilla. Keskittämällä ohjelmakirjasto verkkopalvelimelle, särmättävien tuotteiden ja ohjelmien versioiden täsmävyys on tarkistettavissa jo ennenkuin kappaleet menevät tuotantoon, ja uusien ohjelmien tarpeellisuus on nopeasti selvitettävissä. Myös ohjelmien varmuuskopiointi tehostuu, koska IT-osasto tekee säännöllistä varmuuskopiointia yrityksen palvelimista.

Offline-ohjelmoinnin käyttöönotto oli yksi osa-alue yrityksen suuresta investointi-projektista, johon tämä opinnäytetyö on kohdistunut. Tuotannon kehittämisenä on kovat paineet Suomessa, jotta toiminta pysyy kannattavana. Eräitä tärkeitä keinoja on juuri laatuun ja uuteen teknologiaan panostaminen. Särmäyksen offline-ohjelmoinnilla on vaikutusta juurikin laatu- ja tuotantokustannuksiin. Särmäyksen menetelmien standardoimisen myötä vaihtelutekijät vähenevät ja menetelmiä voidaan parantaa. Kuten Imai selitti Kaizen-kirjassaan: jos prosessi vaihtelee edestakaisin, jokainen parannus on vain yksi muunnos, jota satunnaisesti käytetään ja useimmiten ei (Liker 2004). Offline-ohjelmointi vaikuttaa oleellisesti myös läpimenoaikaan. Särmäysasetukset ja -ohjeet ovat jo valmiit tuotteen mennessä tuotantoon, kappaleen mitat ovat tarkistettu oikeiksi ja särmäyksen toteutettavuus on simuloitu ohjelmoinnissa. Offline-ohjelmoinnin vaikutuksista asetus- ja läpimenoaikaan on tulossa tarkemmat mittaukset opinnäytetyön valmistumisen jälkeen.

LÄHTEET

Amada America Inc. 2016. Dr. Abe Bend-ohjelman esittely. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.amada.com/site/Default.aspx?PageName=soft-bendins-defeatures.aspx>. Luettu: 25.1.2016.

Amada America Inc. 2016. S-Grip Duo-esite. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.amada.com/america/brochures/tooling/s-grip-punch-holder/>. Luettu: 25.1.2016.

Ama-Prom Finland Oy. HFE 3i-särmäyspuristimen esittely. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://amada.sheetmetal.club/Konemarkkinat/S%C3%A4rm%C3%A4yspuristin/Amada-HFE-3i-sarja.lst?language=fi-fi&listing=1016>. Luettu: 25.1.2016.

Amada UK Ltd. 2016. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.amada.co.uk/Software>. Luettu: 25.1.2016.

Amada työkalut särmäyspuristimille. 2008. Työkalukuvasto. Www-dokumentti. Saatavissa: <https://drive.google.com/file/d/0B-gTvuk5IiSXVWtlb2EwQIJTcVE/view?pref=2&pli=1>. Luettu: 25.1.2016.

Amada HG 2204 Press Brake. 2016. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://atcstructural.com/atc-fab-shop/amada-hg-2204-press-brake/>. Luettu: 25.1.2016.

Inspecta Group. 2016. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.inspecta.com/fi/Palvelut/Sertifiointi/Jarjestelmasertifiointi/Terveysthuollon-laitteiden-jat-tarvikkeiden-Medical-Devices-johtamisjarjestelman-sertifiointi-ISO-13485/>. Luettu 28.1.2016.

Keinänen, T & Kärkkäinen, P. 1998. Konetekniikan perusteet. 2. painos. Porvoo: WSOY.

Korhonen, N. & Rajala, R. 2011. Viestinnän prosessointi. Helsinki: Talentum.

Krrass. 2016. Nanjing Klaus CNC Machinery Co., Ltd. Www-dokumentti. Saatavissa: http://www.krrass.com/zwj/CNC_press_brake_DA52S/94.html. Luettu: 25.1.2016.

Liker, J. 2004. Toyotan tapaan. Jyväskylä: WS Bookwell Oy.

- Martinsuo, M. & Blomqvist, M. 2010. Prosessien mallintaminen osana toiminnan kehittämistä. Tampereen teknillinen yliopisto. Opetusmoniste 2. Saatavissa: https://dspace.cc.tut.fi/dpub/bitstream/handle/123456789/6825/prosessien_mallintaminen.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Luettu: 31.3.2016.
- Moisio, J & Tuominen K. 2011. Johtamisstandardit osa 4: Laatu ja luotettavuutta ISO 9001. Turku: Benchmarking Oy.
- Mäki-Mantila, J. 2001. Ohutlevyjen taivutus ja muovaus. Helsinki: Metalliteollisuuden Kustannus Oy.
- Nicholas, J. 2011. Lean production for competitive advantage. A Comprehensive Guide to Lean Methodologies and Management Practices. New York: Taylor & Francis Group.
- Pellja, M. 2006. Muotin asetusajan lyhentäminen SMED-järjestelmän avulla. Opinnäytetyö. Lahden ammattikorkeakoulu. Materiaali- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma.
- Pikkarainen E. & Mustonen M. 2010. Numeerisesti ohjatut työstökoneet. Tampere: Opetushallitus.
- Scanfil Oyj. 2015. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.scanfil.fi/sijoittajat>. Luettu: 24.11.2015.
- Scanfil EMS Oy. 2015. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.scanfil.fi/palvelut/valmistusmekaniikka>. Luettu: 24.11.2015.
- Shingo, S. 1985. A Revolution in Manufacturing: The SMED System. Boca Raton: Taylor & Francis Group.
- SFS ry. 2010. ISO 9001 pk-yrityksille. Kuinka toimia, ohjeita tekniseltä komitealta ISO/TC 176. 3. painos. Helsinki: SFS ry.
- SFS ry. 2016. Www-dokumentti. Saatavissa: http://www.sfs.fi/julkaisut_ja_palvelut/tuotteet_valokeilassa/iso_9000_laadunhallinta/iso_9001_2015. Luettu: 20.4.2016

PROSESSIN _____ PERUSTIEDOT

Prosessin tarkoitus:

Prosessin tavoite:

Prosessin omistaja:

Prosessin asiakkaat:

Prosessin käyttämät keskeiset lähtötiedot:

Prosessin tuotokset:

Prosessin keskeiset toimijat: (kts. prosessikaavio)

Mistä prosessi alkaa:

Mihin prosessi päättyy:

Prosessin menestystekijät:

Prosessin mittarit:

Prosessin rajapinnat muihin prosesseihin:

PROSESSIKAAVIO

SALATTU

PROSESSIN PERUSTIETOJEN KERÄYSLOMAKE

1. **Prosessin nimi ja tarkoitus**
 - miksi prosessi on olemassa

2. **Prosessin omistaja**
 - henkilö, joka vastaa, ohjaa sekä voi muuttaa ja käynnistää prosessin parantamisen

3. **Prosessin lähtötiedot (syötteet)**
 - millaisten tietojen varassa prosessi käynnistyy

4. **Koko prosessin edellyttämät keskeiset resurssit, esim**
 - henkilöstö
 - välineet ja laitteet
 - järjestelmät
 - tilat ja materiaalit jne

5. **Prosessin asiakkaat ja muut toimijat**
 - kaikki ne, joilla on prosessissa jokin rooli tai prosessiin kohdistuva vaatimus
 - ulkoiset asiakkaat
 - sisäiset toimijat
 - sidosryhmät
 - viranomaiset yms.

6. **Mistä prosessi alkaa**
 - ensimmäinen konkreettinen tekeminen

7. **Mihin prosessi päättyy**
 - viimeinen vaihe, viimeinen konkreettinen tekeminen

8. Koko prosessin tuotokset ulkoiselle asiakkaalle tai sisäiselle toimijalle

- tuote
- palvelu
- dokumentit
- data yms

9. Koko prosessin tavoitteet

- millainen prosessin tulee olla asiakkaan, oman henkilöstön, suorituskyvyn ja talouden näkökulmasta tarkasteltuna
- prosessin sekä sen tuotosten mittarit asiakas-, henkilöstö-, prosessin suorituskyky ja talousnäkökulmasta tarkasteltuna
- missä pitää ehdottomasti onnistua (prosessin alustavat menestystekijät, jotka täsmentyvät prosessin vaiheiden kriittisten kohtien löydyttyä)?

10. Prosessin arviointitapa ja palautteen hankintatapa

11. Prosessin tulosten käsittelytapa prosessin parantamiseksi

PROSESSIN SELITYSLEHTILOMAKE

1.Vaihe/ tehtävä	2.Kuka/ ketkä	3.Kriittiset tekijät, mikä voi epäonnistua vaiheessa	4.Menetelmät, työohjeet, lomakkeet, laitteet, tietojärjestelmät jne. ohjaus ja valvonta	5.Tietojen hallinta. Input- tiedot –mitä tietoa tarvitaan vaiheen läpiviemisessä	6.Tietojen hallinta. Output- tiedot –mitä tietoa, dokumentteja ja dataa tulee vaiheesta ulos

SALATTU

LIITE 2/1

SALATTU

SALATTU

SALATTU

SALATTU

SALATTU

SALATTU