



Jouni Pesiö

3D-MITTAUSJÄRJESTELMÄN KÄYTTÖ VALIMON LAADUNVARMISTUKSESSA

3D-MITTAUSJÄRJESTELMÄN KÄYTTÖ VALIMON LAADUNVARMISTUKSESSA

Jouni Pesio
Opinnäytetyö
Kevät 2013
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun seudun ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikka, energiatekniikka

Tekijä: Jouni Pesio

Opinnäytetyön nimi: 3D-mittausjärjestelmän käyttö valimon laadunvarmistuksessa

Työn ohjaaja: Esa Kontio

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2013 Sivumäärä: 37 + 2 liitettä

Työn aihe oli 3D-mittausjärjestelmän käyttö valimon laadunvarmistuksessa. Työn tavoitteina oli luoda toimintaohjeet Componenta Finland Suomivalimolle valujen mittaukseen. Työhön kuului laatia käyttö- ja kalibrointiohjeet Suomivalimolla lainassa olevalle Faro Platinum Arm -nivelsimittakoneelle ja Cam2 Measure 4.0 -ohjelmistolle ja tehdä tarvittavat mittapöytäkirjat valujen mittauksen raportointiin. Tavoitteena oli myös selvittää, millainen mittauslaitteisto olisi sopivin Suomivalimolle tulevaisuudessa.

Faro Platinum Arm on nivelsikoordinaattimittauskone. Suomivalimossa oleva Platinum-malli on 6-akselinen. Sen mittausalue on 2,4 m, ja se on varustettu mekaanisella mittauskärjellä. Koordinaattimittauskoneen tarkoituksena on määrittää mittauskärjen paikka mahdollisimman luotettavasti X-, Y- ja Z-koordinaatistossa. Mittausohjelmisto tallentaa mitatut pisteet ja muodostaa niistä mittautuloksen. Mittausohjelmistona Suomivalimolla oli Cam2 Measure 4.0.

Laitteiston ongelmana oli sen rajoitettu ulottuvuus suurien valujen mittauksessa. Sen takia laitetta pitää siirtää mittauksen aikana, mikä lisää mittauksen virhettä. Measure 4.0 on vanha versio kyseisestä ohjelmistosta, ja tässä versiossa ei ole vielä mahdollista verrata mittauksia suoraan 3D-malliin, vaan mittauksia verrataan ohjelmistoon syötettäviin nimellismuotoihin.

Käyttöohjeeseen tuli opastus siitä, miten Faro Platinum Arm kalibroidaan, miten Cam2 Measure 4.0 -ohjelmistoa käytetään valujen mittauksessa ja miten laitteisto voidaan luotettavimmin siirtää mittauksen aikana. Käyttöohje sisältää siihen tavoitteissa määrätyt kohdat, mutta ohjeen käyttö vaatii, että mittaaja hallitsee nivelsimittauskoneen käytön ja ymmärtää 3D-mittauksen periaatteet.

Valimolle sopivaa mittauslaitteistoa etsittäessä nousi kaksi mittausjärjestelmää vartenotettaviksi: Metronorin Solo -mittausjärjestelmä ja COMin Atos -optinen mittausjärjestelmä. Metronorin etuina olivat sen kompakti koko, helppo siirrettävyys ja mittauksien monipuolisuus, Atoksella taas optiseen tarkastukseen perustuva pintojen nopea ja täydellinen mittautulos.

Asiasanat: valimotekniikka, koordinaattimittaus, nivelsimittauskone

ALKULAUSE

Haluan kiittää Componenta Finland Suomivalimoa mahdollisuudesta tehdä työtyösuhteessa, joka mahdollisti sen taloudellisesti ja toimi motivaattorina työtä kohtaan. Kiitän myös Pietarsaaren valimon 3D-mittaajaa Esa Pouttua koulutuksesta.

Oulussa 5.4.2013

Jouni Pesiö

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ALKULAUSE	4
SISÄLLYS	5
1 JOHDANTO	6
1.1 Tavoite	6
1.2 Componenta Oyj	6
1.3 Componenta Finland Oy Suomivalimo	7
2 HIEKKAVALIMON VALIMOPROSESSI	9
2.1 Kaavaus	11
2.1.1 Valumallit	13
2.1.2 Kokillit	14
2.1.3 Peitostus	15
2.2 Keernat	16
2.3 Muotin kasaus	17
2.4 Valuraudan sulatus	19
2.5 Valukappaleen puhdistus	19
2.6 Valuviat ja valujen tarkastusmenetelmät	19
2.6.1 Valujen mittatarkastus	21
2.6.2 Valujen mittaukseen soveltuvat laitteistot	22
3 KOORDINAATTIMITTAUS	27
3.1 Mittausalue	28
3.2 Koordinaattimittauskone (KMK)	28
3.3 Nivelvarsikoordinaattimittauskone (NVKMK)	29
4 NIVELVARSIMITTAKONE FARO PLATINUM ARM	30
4.1 Kalibrointi	31
4.2 Käyttöohje	33
5 YHTEENVETO	35
LÄHTEET	37
LIITTEET	
Liite 1. Lähtötietomuistio	

1 JOHDANTO

1.1 Tavoite

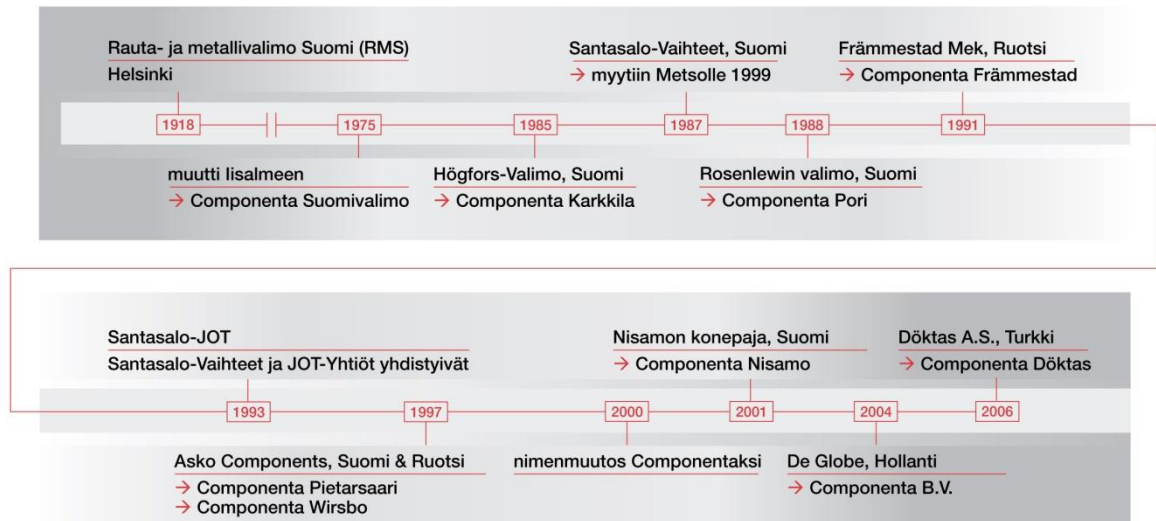
Opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää, kuinka hyvään mittauskykyyn päästään Faro Platinum Arm -nivelsimittakoneella ja Cam2 Measure 4.0 -mittausohjelmalla. Tarve työlle tuli asiakkaiden vaatimuksista saada 3D-mittauspöytäkirjat Suomivalimolla valetuista uusista valuista. Mittauslaitteiston käyttö myös omaan laadunvarmistukseen koettiin tarpeelliseksi.

Työ alkoi tutustumalla valimoon ja sen eri työvaiheisiin. 3D-mittaukseen tutustumisen aloitin viikon mittaisella koulutusjaksolla Componentan Pietarsaaren valimolla, jossa 3D-mittausta oli tehty jo vuosia.

Työn tavoitteina oli laatia käyttö- ja kalibrointiohjeet Suomivalimolle 3D-mittauslaitteiston käytöstä valujen mittauksessa ja tehdä mittauksia varten raporttipohjat. Tuli myös selvittää, millaiset laitteistot olisivat vartenotettavia tulevaisuudessa. (Liite 1.) Valujen mittaukseen tehtyä käyttöohjetta ja muita työstä syntyneitä dokumentteja ei julkaista tässä opinnäytetyössä työnantajan toiveesta.

1.2 Componenta Oyj

Componenta on Euroopan yksi suurimmista valujen toimittajista. Componenta on perustettu vuonna 1918 yhden miehen yrityksenä Helsinkiin nimellä Rauta- ja metallivalimo Suomi. Yrityksen perustaja oli Matti Lehtonen, joka on nykyisen toimitusjohtajan isoisoisä. Valimo toimi Helsingissä aina vuoteen 1975, jolloin se muutti Iisalmeen, jossa se toimii edelleen. Nykyään Componentalla on toimintayksiköitä Suomessa, Ruotsissa, Hollannissa ja Turkissa. (Kuva 1.) (1.)



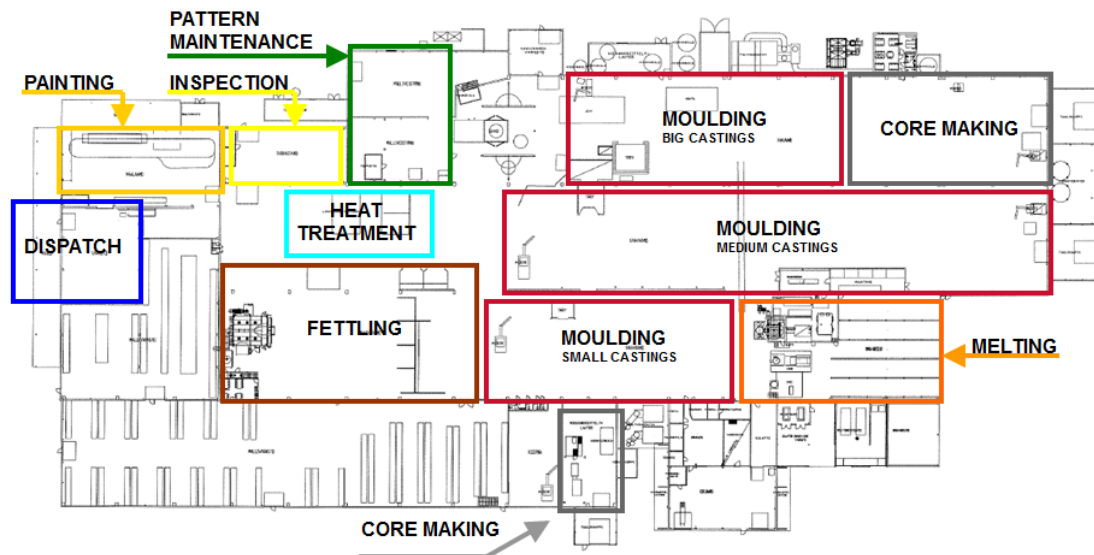
KUVA 1. Componentan historia aikajanana (1)

1.3 Componenta Finland Oy Suomivalimo

Componenta Suomivalimo tekee valurautaisia komponentteja erityisesti diesel- ja tuulivoimalaitoksien käyttöön. Yleisimmät materiaalit ovat suomugrafiitti (GJL) ja pallografiitti (GJS), HiSi ja LT rautalaadut. Suomivalimolla valetaan myös austemperoitu pallografiitti (ADI) ja SiMo valurautoja. (2.)

Valujen painot vaihtelevat 200 - 5 000 kg välillä, koon ollessa enimmillään 3 000 x 4 000 x 2 500mm. Tuotannon kapasiteetti on 17 000 t/a. (2.)

Suomivalimolla (kuva 2) on käytössä kolme uunia rautojen sulatukseen: 8 t, 3 t ja 1 t keskitaajuusinduktiouunit. Näistä 8 t ja 3 t uunit ovat pääasiassa käytössä. (2.)



KUVA 2. Suomivalimon layout (2)

Kaavausosastolla on neljä syöttösekoitinta muottien tekoon ja keernaosastolla kolme keernojen valmistusta varten. Kummassakin on käytössä käsinkaavaus furaanihartsihiekkaan. (2.)

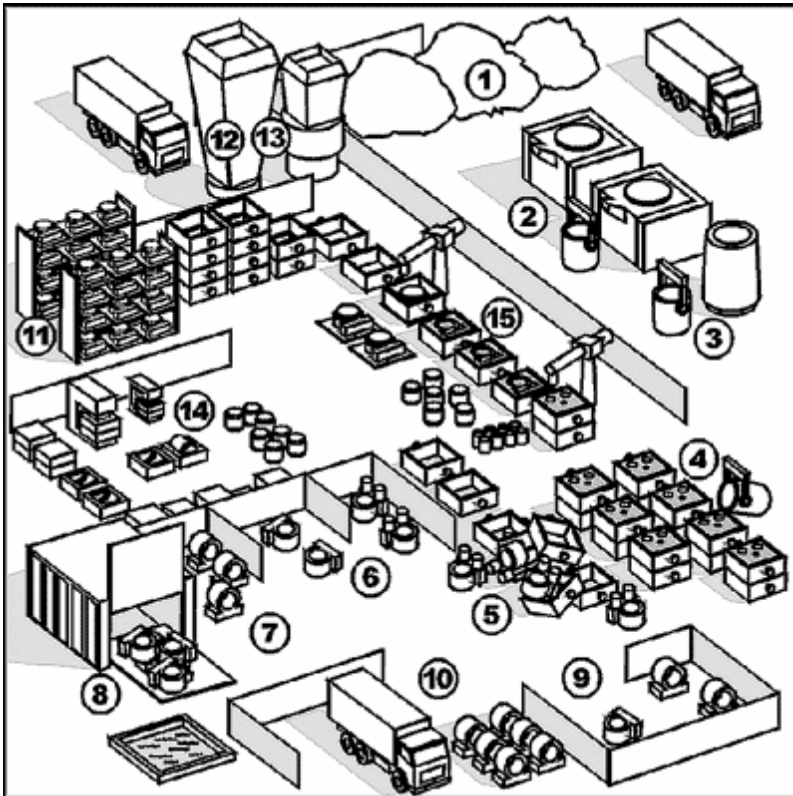
Valukappaleiden puhdistukseen Suomivalimolla on käytössä sinkopuhalluskaappi ja robottipuhalluskaappi. Suurimmaksi osaksi valut puhdistetaan vielä käsityönä. (2.)

Valuja voidaan lämpökäsitellä halutun mikrorakenteen ja ominaisuuksien saamiseksi kolmessa uunissa. Materiaalilaboratoriossa on materiaalianalyysijä varten spektrometri. Laboratoriossa suoritetaan myös vetokokeita ja valmistetaan hieitä. (2.)

NDT-tarkastuksia suoritetaan omalla osastolla. Yleisimpänä tarkastuksena on ultraäänitarkastus ja kovuusmittaus. Myös tunkeumaneste- ja magneettijauhetarkastuksia suoritetaan. Uusimpana tarkastuksena on tulossa käyttöön valujen 3D-mittaustarkastus. (2.)

2 HIEKKAVALIMON VALIMOPROSESSI

Valimoprosessi alkaa raudan sulatuksella ja päättyy valukappaleen viimeistely-
töihin. Valimoprosessi riippuu paljon valimon koosta ja työtavoista. Pienissä va-
limoissa prosessi ei ole niin yhtenäinen tavoiltaan kuin suurissa. Valimojen ai-
nevirrat (kuva 3) ovat kuitenkin hyvin samantapaisia riippumatta valimon koosta.
(3, s. 1.)



KUVA 3. Periaatteellinen valimon kaavio (3, s. 1)

- | | |
|------------------------------|------------------------------------|
| 1. raaka-aineet | 9. tarkastus |
| 2. sulatus | 10. valujen varastointi ja rahtaus |
| 3. sulankäsittely | 11. mallivarasto |
| 4. valu | 12. hiekkojen elvytys |
| 5. muotin purku | 13. hiekanvalmistus |
| 6. valukappaleiden puhdistus | 14. keernan valmistus |
| 7. jälkikäsittelyt | 15. kaavaus |
| 8. lämpökäsittely | |

Hiekkamuottien valmistus eli valimotermein kaavaus suoritetaan omalla osastol-
lansa. Myös keernojen valmistus suoritetaan omalla osastolla keernalaatikoihin.

Hiekkaseos koostuu uudesta hiekasta, kiertohiekasta, sideaineista ja muista mahdollisista lisäaineista. Keernat voidaan mahdollisesti myös tehdä tulenkestävämmästä keernahiekasta. (3, s. 2.)

Keernat ovat hiekasta valmistettuja kappaleita, jotka antavat valukappaleelle sen sisäpuoliset muodot. Valmiiden muottien ja keernojen annetaan kuivua vähän aikaa, ennen kuin ne puretaan irti malleista ja laatikoista. (3, s. 2.)

Valumuotit ja keernat peitostetaan ennen kasaamista. Peitostamisella tarkoitetaan muotin ja keernan pinnoittamista tulenkestävällä kerroksella. Yleensä peitosteet ovat alkoholi- tai vesipohjaisia, ja niiden annetaan kuivua joko vapaasti ilmassa, uunissa tai polttamalla. Tämän jälkeen keernat kootaan muottiin ja muotti suljetaan odottamaan valua. (3, s. 35.)

Valurautojen ja terästen sulatukseen käytetään yleisesti valokaari- ja induktio uuneja (3, s. 2). Valamiseen tarvittava sula saadaan sulattamalla sopivia metalliharkkoja tai metalliromua. Perusaineen lisäksi sulaan tarvitaan myös lisäaineita, jotta sula saa halutun analyysin ja ominaisuudet. Metallit ja seosaineet panostetaan uuniin vaiheittain sulatuksen edetessä. Sula kuumennetaan valulämpötilaan, joka on huomattavasti sulamislämpötilaa suurempi. (3, s. 4.)

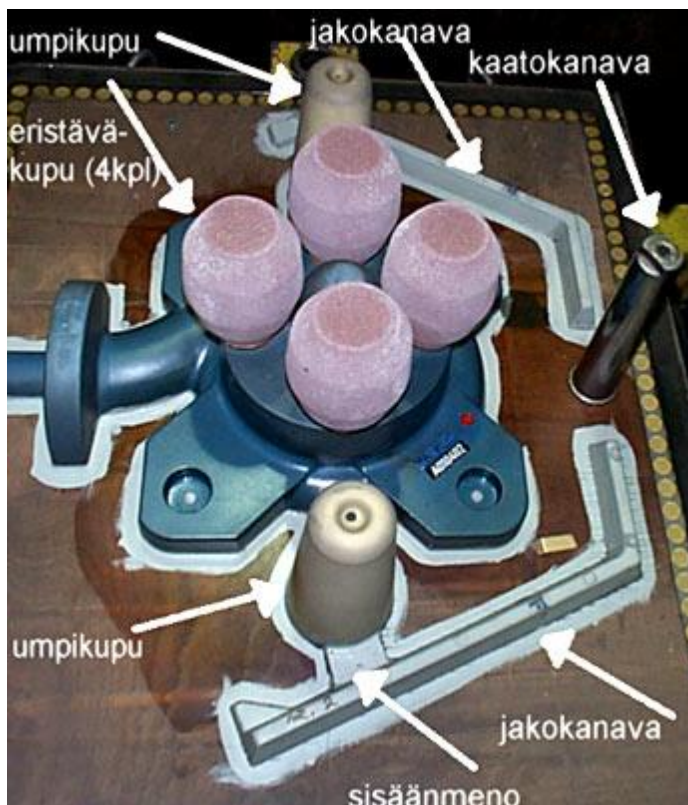
Sulatettu metalli kaadetaan kuljetuskenkään ja kuljetetaan valuosastolle, jossa sula kaadetaan valmiisiin muotteihin senkasta. Kun valettu metalli on jäähtynyt tarpeeksi, se puretaan muotista tyhjentämällä muotti hiekasta joko koneellisesti tai käsin. Muottien purkaminen on erittäin voimaa vaativa työvaihe, joten se pyritään tekemään täysin koneilla. Hiekkamuottien purkuun käytetään nykyään useasti niille tarkoitettu täryjä. (3, s. 2.)

Kun valut on purettu muotista, ne kuljetetaan jäähdytykseen tai suoraan jälkipuhdistukseen. Valulle tehdään vielä ennen lähetystä tarpeen vaatiessa tarkastuksia tai lämpökäsittelyä. Valmis valukappale maalataan tarvittaessa, pakataan ja lähetetään asiakkaalle. (3, s. 2.)

2.1 Kaavaus

Kaavaus on työvaihe, jossa muottihiekasta tehdään muottipuoliskot kaavauskehiiin valumallin avulla. Kaavauskehään sijoitetaan valumallin puolikas ja siihen asennetaan valujärjestelmä ja tarvittaessa kokillit eli jäähdytyslementit. Kaavauskehä täytetään hiekalla ja sullotaan tiiviiksi. Kehien välinen pinta on kappaleen ja myös valumuotin jakopinta. (3, s. 35.)

Kaavauksen yhteydessä muottiin asennettava valujärjestelmä (kuva 4) koostuu täyttöjärjestelmästä ja syöttöjärjestelmästä. Täyttöjärjestelmään kuuluvat kaatosuppilo, kaatokanavat, jakokanavat ja valukanavat. Metallin jähmettymisestä johtuvan kappaleen kutistuminen kompensoidaan syöttökuvuilla, jotka muodostavat syöttöjärjestelmän. Lisäksi tarvitaan vielä kaasujen poistoa varten olevia kanavia. (3, s. 36.)



KUVA 4. Valujärjestelmän osat (4)

Kaavaus jaetaan kone- ja käsinkaavaukseen sen perusteella, tapahtuuko kaavaus käsitöinä vaan koneellisesti. Tämä raja on kuitenkin häilyvä, koska nykyään monia käsinkaavauksen kohtia suoritetaan koneellisesti. Kaavauskehän

täyttö tapahtuu koneellisesti esimerkiksi pudottamalla hiekka syöttösekoittimista eli mikseristä. Kehyksen kääntö suoritetaan nostureilla, ja mallin irrotus voi tapahtua siihen suunnitellulla laitteella. (3, s. 35.)

Käsinkaavauksessa (kuva 5) käytetään nykyään yleisemmin kylmänä kovettuvia hartsihiekköjä, jotka kovettuvat kemiallisesti. Tällöin muotin annetaan kuivua jonkin aikaa ennen mallista irrottamista. Käsinkaavausta käytetään silloin, kun valmistettava kappale on niin suuri, että sen valmistaminen koneellisesti on mahdotonta tai valmistettava määrä on niin pieni, ettei konekaavaukseen tarvittavien mallivarusteiden valmistaminen ole taloudellista. Konekaavauksessa muotin kovettuminen voi tapahtua joko kemiallisesti tai koneella sullomalla. (3, s. 35.)



KUVA 5. Hiekkamuotin valmistus valumallin avulla kaavauskehään käsinkaavauksessa

2.1.1 Valumallit

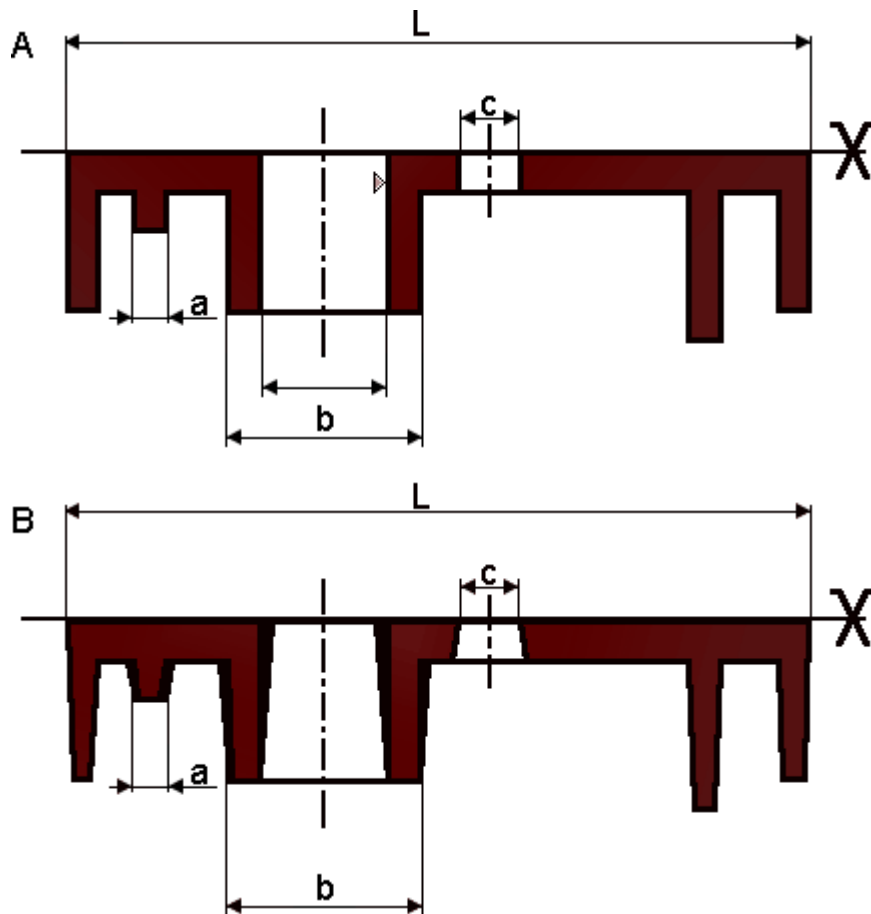
Valumallit määräävät sen, miltä valmis valu tulee näyttämään. Valumallien suunnittelussa on huomioitavia muutamia tärkeitä asioita: Metallit kutistuvat sulasta jähmettyessään ja jäähtyessään. Jotta valukappaleesta saadaan mitoit- taan mahdollisimman lähelle haluttua, tulee kutistumat ottaa huomioon valumal- lin mittoja määrittäessä. Eri metalleille on olemassa ohjeelliset kutistuma- arvot. (4.)

Jakopinta jakaa mallin, muotin ja keernalaatikon puoliskot erillisiksi kappaleiksi. Jakopinta on useimmiten tasomainen. Päästöjen eli hellityksien tarkoituksena on helpottaa mallin irtoamista muotista ja keernojen irtoamista keernalaatikois- ta. (4.)

Työstövarat ovat kappaleessa olevaa ylimääräistä materiaalia joka poistetaan kappaleesta halutun mitan ja pinnanlaadun saavuttamiseksi. Valutoleranssi on yhteisesti sovittu alue, jonka sisällä valun mittapoikkeamat tulee olla. Standar- dissa ISO 8062 (5) on ohjeistus valukappaleen toleranssin valintaan. (4.)

Edellä mainitut asiat ovat tärkeitä suunnittelussa, ja ne tulee ottaa huomioon myös valumallien mittatarkastuksessa. Valumalli ei ole siis tarkka kopio valmiis- ta valutuotteesta, vaan valumalliin on huomioitava metallin jäähtymisessä ta- pahtuva kutistuminen. Metalleille on omat kutistumisarvot, mutta ne vaihtelevat todellisuudessa hieman. Valumallien mittatarkistuksella pystyttäisiin myös nä- kemään, kuinka hyvin mallipuoliskot istuvat toisiinsa. Puumallien mittatarkastus olisi tärkeää siksi, että puumallit elävät käytössä ja voivat varastoinnin aikana ilmankosteuden vuoksi turvota ja näin aiheuttaa mittamuutoksia.

Hellityksien (kuva 6) vaikutus mittaan voi olla merkittävä, jos valmistusteknisistä syistä on jouduttu tekemään valukappaleeseen jyrkkä hellitys. Valukappaleen koon ollessa suuri voi loivakin hellitys pitkällä matkalla tehdä merkittävän eron mittaan.



KUVA 6. Hellityksien vaikutus valussa (6)

2.1.2 Kokillit

Kokillit (kuva 7) ovat valuraudasta tai teräksestä valmistettuja jäähdytys-elementtejä. Kokilleilla saadaan kappaleeseen parempi jäähdyminen paikallisesti, koska metalleilla on huomattavasti parempi lämmönsiirtokyky kuin muottihiekalla. Näillä estetään imuonteloiden syntyminen kohdissa, joissa kappale on suurempi kuin ympäristönsä, ja jäähtyisi muuten hitaammin. (6.)



KUVA 7. Kokillointi muotissa (6)

Kokilleissa tulee olla hyvä pinnanlaatu eivätkä ne saa olla öljyisiä, ruosteisia ja kosteisia, sillä muuten ne voivat aiheuttaa kappaleeseen pintavikoja. Kokillit eivät myöskään saisi olla vääntyneitä tai rikkinäisiä, koska se vaikuttaa heti pinnan suoruuteen ja aiheuttaa ylimääräistä jälkihiontaa ja mittapoikkeamia. (6.)

2.1.3 Peitostus

Peitostuksella tarkoitetaan muotin ja keernojen pinnoittamista ohuella tulenkestävällä kerroksella. Peitostus muodostaa suojan sulan ja hiekkakerroksen väliin. Peitosteen tulee olla hyvin tarttuvaa ja halpaa, sekä sen on muodostettava sileä ja hyvin kestävä pinta. Peitoste ei saa sakkautua, kehittää kaasuja, halkeilla ja reagoida peitostettavan materiaalin kanssa. (3, s. 36 - 37.)

Peitoste koostuu tulenkestävistä ainesosista kuten zirkoniumista, magnesium-oksidista tai grafiitista, nestemäisestä väliaineesta ja sakkautumista estävistä aineksista kuten bentoniitti ja bentoni. Lisäksi peitosteessa on sopivia sideaineita ja lisäaineita. Peitoste levitetään muotin ja keernan sarjamäärästä ja koosta johtuen joko ruiskuttamalla, sivelemällä, valuttamalla tai upottamalla. Peitosteet kuivataan joko polttamalla, uunissa tai ilmassa. (3, s. 36 - 37.)

2.2 Keernat

Keerna on hiekkaseoksesta valmistettu ja kovetettu kappale, jolla saadaan aikaan valukappaleeseen reikiä ja onkaloita. Keerna valmistetaan samasta hiekkaseoksesta kuin valumuottikin. Siihen voidaan käyttää myös erikoisempaa ja paremmin lämpöä kestävä hiekkaseosta. Keernoja ympäröi sula valun aikana, ja ne joutuvat kaikista kovimmalle lämpörasitukselle. Keernan tulee olla myös riittävän tarkka mitoiltaan ja keernassa tulee olla riittävän suuret keernakannat, jotta keerna pysyy paikallaan valun aikana. Keernan lujuuden tulee olla riittävän suuri, jotta se kestää kuljetuksen ja asennuksen valumuottiin. Tämän vuoksi joihinkin keernoihin laitetaan raudoitus (kuva 8). (3, s. 32.)



KUVA 8. Raudoitus avonaisessa keernalaatikkossa

Sulan kuumentessa keernaa keernasta vapautuu kaasuja, joiden pitää esteettömästi päästä purkautumaan ulosmuotin kautta, etteivät ne aiheuttaisi keernan rikkoutumista tai kaasuvikoja kappaleeseen. Keernan tulee olla myös helposti poistettavissa valmiista kappaleesta. (3,s. 32.)

Keernoilla saadaan myös tehtyä muotoja, joita kaavaamalla ei pystytä toteuttamaan. Keernojen avulla voidaan kappaleen mittatarkkuutta ja pinnanlaatua pa-

rantaa. Monimutkaiset keernat kootaan useista keernoista, ja näitä kutsutaan keernapaketeiksi. Valmiit keernat (kuva 9) peitostetaan ennen muotin kokoonpanoa. (3, s. 32.)



KUVA 9. Valmis peitostamaton keerna

2.3 Muotin kasaus

Keernat asennetaan muottiin paikoilleen niille tarkoitettuihin keernasijoihin. Ennen keernan asennusta tulee varmistaa kaasunpoistokanavien avoimuus keernasijoista- ja kannoista. (6.)

Keernojen tulee asettua muottiin jouhevasti, eivätkä ne saa jäädä kantamaan ollenkaan. Keernan tulisi ensisijaisesti pysyä paikallaan keernakantojen ja sijojen avulla, mutta monesti joudutaan käyttämään myös keernatukia. Keernatuen tehtävänä on pitää keerna paikoillaan valun ja jähmettymisen aikana. (6.)

Keernatuen tulisi säilyä sulamatta valumetallin lämpötilassa, jolloin keernatuen kantokyky ei huononnu, ennen kuin ympärillä oleva sula on jähmettynyt. Keernatuen pitää sulautua valumetalliin kiinni, ennen kuin metalli jähmettyy. Keernatukien käyttöä pyritään välttämään mahdollisimman paljon, koska ne aiheuttavat herkästi valuvikoja. Jos ne sulavat liian aikaisin tai eivät kestä sulan aiheuttamia voimia, voi keerna päästä siirtymään. (6.)

Jos keernatuki ei sula, se voi aiheuttaa kylmäjuoksun tai ei-toivottua mikrorakennetta kappaleeseen. Sulamaton keernatuki voi aiheuttaa myös sen, ettei kappale ole kunnolla tiivis. Keernatukien (kuva 10) koon määrää haluttu seinämepaksuus. Tämä voidaan varmistaa piirustuksesta tai koekasaamalla keerna paikoilleen ja laittamalla väliin vahapalan, joka puristuu oikean paksuiseksi. (6.)



KUVA 10. Keernatuet muotissa odottamassa keernan laskua (6)

Muotti tulee viimeistellä ennen sulkemista. Muottiontelot tulee puhdistaa irtohiekasta ja mahdollisesti irtoavasta hiekasta sekä muista epäpuhtauksista. Muottia muotoillaan ja tarvittaessa korjailaan valuystävälliseksi, mikäli tälle on tarvetta. Tämäntapaista tarvetta syntyy, jos muotti on rikkoutunut irrottaessa tai siihen on jäänyt hiekkaa tai hiekkapurseita. Muotista irtoaa useasti palasia irrotuksen aikana, jolloin ne voidaan liimata takaisin paikoilleen tai muotoilla puuttuva pinta uudestaan kaavaushiekasta. Näissä tilanteissa on tärkeää, että muodosta tulee täsmälleen sama kuin mallissa, koska muuten kappaleeseen tulee

mitta- ja muotovirheitä. Mikäli muottia ei pystytä korjaamaan, tulee muotti hylätä ja tehdä uusi. Peitostamattomat kohdat peitostetaan vielä ennen muotin sulke-
mista. (6.)

2.4 Valuraudan sulatus

Sulatus alkaa panoksen valmistamisella. Käytettävistä raaka-aineista kootaan määrältään sopiva ja koostumukseltaan lähellä haluttua sulan metallin koostu-
musta oleva uuniin sopiva panos. Kun sula on saatu muodostetuksi, otetaan
siitä näyte, analysoidaan se ja korjataan sulan koostumus halutuksi lisäämällä
seosaineita sulaan. Sulatusuunista saatu sula ei läheskään aina ole koostu-
mukseltaan haluttu. Riippuen halutusta sulan koostumuksesta, ovat tarpeen
tiedyt sulankäsittelytoimenpiteet. Näin voidaan sulan ja siitä syntyvän valumetal-
lin laatua parantaa. (4.)

2.5 Valukappaleen puhdistus

Valukappaleen puhdistukseen luetaan kuuluvaksi valukkeiden poisto, pintapuh-
distus ja pinnan tasoitus talttaamalla ja hiomalla. Valukkeiden poistolla tarkoite-
taan valuun kuulumattomien valukanavistojen ja syöttöjen irrotusta. Valukkeet
irrotetaan kappaleesta mekaanisesti lyömällä, sahaamalla, leikkaamalla tai ter-
misesti polttoleikkaamalla. (3, s. 12.)

Pintapuhdistuksessa kappaleen pintaan kiinni palanut hiekka ja oksidikerros
poistetaan rummuttamalla, hiekkapuhaltamalla tai sinkopuhdistuksella.
Talttauksessa ja hionnassa kappaleesta poistetaan loput ylimääräiset ainejää-
mät ja aukaistaan pinnassa olevat valuviat. (3, s. 12.)

2.6 Valuviat ja valujen tarkastusmenetelmät

Valuvika on kappaleen muotin tai mallin suunnittelun, keernanvalmistuksen,
muotin kaavauksen, sulattamisen, sulan kuljettamisen ja käsittelyn tai valami-
sen aikana tapahtunut virhe. Virhe aiheuttaa puutteen valukappaleen raken-
teessa. Valuvikoja ovat esimerkiksi seuraavat:

- mittaviat, jotka ovat kappaleessa olevia mittoja, jotka eivät ole hyväksyt-
täviä, jolloin seinämän paksuus voi olla myös väärin

- siirtymäviat, jolloin muottipuoliskot eivät ole kohdistuneet oikein tai keerna on ollut väärällä kohdalla, jolloin kappaleeseen on syntynyt porras jakopinnan kohdalle. Keerna on myös voinut liikkua, jos se on ollut väljästi keernasijoissaan.
- ainepuutokset, jotka tarkoittavat tilanteita, kun muotti ei ole täyttynyt, joko muotin vuotamisen seurauksena tai riittämättömän sulan vuoksi. On myös voinut sattua, että purun tai puhdistuksen aikana on valukappaleesta irronnut osa.
- pintaviat, jotka näkyvät kappaleessa ulospäin tai sisäänpäin suuntautuneina rosoisina, suonistuneina tai muulla tavoin vioittuneena vikana pinnalla. Myös kappaleen jakopinnalle, muotin ja keernojen liikkuvien osien ympärille ja halkeamiin tulleet valupurseet luetaan näihin.
- imu- eli kutistumaviat aiheutuvat kappaleen jäähtymisen aikana tapahtuvista kutistumisilmiöistä. Näkyvät kappaleessa huokoisina, onteloina tai kappaleen pinnalla olevina syvennyksinä.
- huokoisuusviat, jotka ovat sulaan sekoittuneen ilman tai reaktiokaasujen aiheuttamia huokosia.
- halkeamat, jotka voivat tulla valuun jo valun aikana tai pian muotista poistamisen jälkeen. (4.)

Valuvikaa voidaan pitää periaatteeltaan laatuominaisuutena. Millään menetelmällä ei ole mahdollista tehdä kiistatta täydellistä tuotetta. Mittauksen kannalta tärkeitä tietoja ovat koneistettavien pintojen sijainti, sekä mitta- ja muototoleranssit kappaleen eripuolilla. Lisäksi tärkeää on, onko ne suhteutettu kappaleen kokoon ja geometriaan ja millaisia siirtymävikoja sallitaan. (4.)

Valujen mittatarkastuksen lisäksi valuille tehdään silmämääräistä tarkistusta, pinnankarheuden mittauksia, magneettijauh tarkastuksia, tunkeumanestetarkastuksia, ultraäänitarkastuksia, radiograafista tarkastusta, painetiiveyden tarkastuksia ja materiaalikokeita. Materiaalikokeisiin kuuluvat esimerkiksi vetokokeet, kovuuskokeet, iskutkeys kokeet, väsytyk kokeet, virumiskokeet ja kulutus kokeet. (4.)

2.6.1 Valujen mittatarkastus

Valujen mittatarkastuksessa tarkastetaan valussa olevat mittapoikkeamat. Standardissa ISO 8062 (5) on annettu ohjeistus valujen mittatoleransseista. Näihin vaikuttavat niin kappaleen koko kuin valmistustekniset seikat. Joissakin pinnoissa on työvaraa oltava enemmän kuin standardi sallii, jotta kappale pystyttäisiin valmistamaan. Myös pinnoissa olevat hellitykset ja kokillointi vaikuttavat mittoihin.

Valuissa tärkeää olisi löytää aina se pienin mitta ulkomitoista ja sisämitoista se suurin, jotta nähtäisiin, onko valusta vielä mahdollista valmistaa koneistamalla haluttua kappaletta. Useat valut koneistetaan, ja tämä edellä käsitelty asia koskeekin juuri koneistettavia pintoja. Reikiä ja halkaisijoita mitattaessa on tärkeää mitata reiän halkaisijan lisäksi myös reikien sijainti haluttuun vertailupisteeseen tai reikien sijainti suhteessa toisiinsa.

Hammasprofiilien tarkastus on perinteisesti tehty vertaamalla valua kalvolla olevaan hammasprofiiliin. Tämä vaatii tarkastajalta tarkkaa silmää ja taitoa sijoittaa kalvo oikein hammasprofiiliin päälle. 3D-mittauksella hammasprofiilin tarkastus on huomattavasti luotettavampaa kuin kalvoon vertaamalla tehty. Koordinaattimittauskoneilla hammasprofiili tarkastetaan vetämällä mittakärkeä profiilia pitkin, jolloin kone ottaa määrätyn välein mittapisteitä ja ohjelma yhdistää pisteet lopuksi viivaksi. Viivaa voidaan verrata suoraan mittausohjelmassa olevaan 3D-malliin. Jos tämä ei ole mahdollista, voidaan skannattu profiili viedä 3D-CADiin, jossa sitä voidaan verrata 3D-malliin.

Kappaleista ei monesti ole valupiirustusta vaan mittoja verrataan koneistuspiirustuksen mittoihin. Mittausta suunniteltaessa on koneistuspiirustusta tärkeä tutkia, että nähdään, mitkä pinnat ja reiät koneistetaan ja kuinka paljon niissä pitää olla työstövaraa. Se, tarvitaanko valusta täydellistä ja monisivuista perinteistä koordinaattimittauspöytäkirjaa, jossa koko kappale on mitattu, vai riittääkö siitä vain tärkeimpien pisteiden, reikien ja pintojen mittaus, on tapauskohtaista. Aina olisi hyvä olla tiedossa, mihin tarkoitukseen mittaus tarvitaan. Jos kyseessä on uusi valumalli, on syytä mitata valu kattavasti.

Eri laitteistoilla saadaan erilaisia mittaustuloksia. Koordinaattimittauskone antaa tuloksen yksittäisinä pisteinä, pisteiden välisinä mittoina, halkaisijoina yms., ja optiset mittausslaitteet ja laserskannerit antavat tuloksena skannatun pinnan. Laserskannereilla ja optisilla mittausslaitteistoilla on useasti myös mahdollisuus mitata kohteesta pisteitä, joskin tämä on yleensä työläämpää kuin koordinaattimittauskoneella.

2.6.2 Valujen mittaukseen soveltuvat laitteistot

Laitteiston valitsemiseen vaikuttaa kolme tärkeää tekijää: kuinka isoja valuja sillä aiotaan mitata, mitataanko sillä kotelomaisia rakenteita ja pitääkö mittausslaitteistoa pystyä siirtämään. Valujen painon ollessa sen verran pieniä, että ne ovat käsin siirrettävissä, on paras perustaa valujen mittauksia varten työpiste, jossa mittaukset suoritetaan pöydällä kiinnittimessä. Tällöin myös nivelvarsimit-tauskone on vartenotettava laitteisto mittaukseen. Myös optiset mittausslaitteet, laserskannerit ja laserpaikannukseen perustuvat koordinaattimittauslaitteistot ovat soveltuvia. Optisilla mittausslaitteilla ja laserskannereilla varsinkin silloin, kun mitataan kohdetta pääasiassa pinnalta.

Optisilla laitteistoilla heikkoutena on se, että liian kirkkaat pinnat joudutaan esi-käsittelemään maalaamalla. Jo valujen pinnanlaatu edellyttää maalausta useis-sa tapauksissa, jotta kone pystyy mittaamaan kappaleen. Optisella mittausslait-teella saadaan pinnan poikkeavuuksien lähes täydellinen tieto varsin nopeasti ja se on sen suurin etu mittauksissa. Optinen mittausslaitteisto voi mitata suurenkin pinnan pelkästään yhdellä kuvalla. Kotelomaisten rakenteiden sisämittaukset vievät tosin sitten huomattavasti pidemmän ajan verrattuna koordinaattimittaukseen.

Suuret valut vievät paljon tilaa ja ovat painavia. Onkin monesti helpompaa siir-tää mittausslaitteisto sopivaan asemaan valuun nähden kuin siirrellä valua mittausta varten. Suuret valut eivät tarvitse enää kiinnittimiä, mutta valua varten kannattaa olla erilaisia pukkeja, jotta valu voidaan asettaa sellaiseen asentoon, jossa valun mittaus onnistuu kerralla. Nivelvarsikoordinaattimittauskone ei so-vellu enää kovin hyvin suurille valuille, koska sen mittaussalue on rajallinen. Ko-noon siirtäminen mittauksen aikana on mahdollista, mutta se aiheuttaa aina vir-

hettä mittaukseen. Jos konetta joudutaan useasti siirtämään ja paikoittamaan uudelleen, virhe kertaantuu joka siirrolla.

Suurten valujen mittauksessa tehokkaimmat mittauslaitteet ovat varrettomia laserpaikannukseen perustuvia koordinaattimittauskoneita tai optisia mittauslaitteita. On olemassa suuria NC-ohjattuja koordinaattimittauskoneita, joilla pystytään tehokkaasti mittaamaan minkä kokoisia valuja tahansa.

Faro Platinum Arm mittausjärjestelmä

Faro Platinum Arm on nivelvarsikoordinaattimittauskone, jota on saatavilla 1,8 m, 2,4 m, 3,0 m ja 3,7 m mittausalueen kattavilla varsilla. Faro Platinum Armin mittausalue on muodoltaan pallokalotti. Volumetrinen tarkkuus on $\pm 0,029$ mm - $\pm 0,086$ mm, riippuen varsien pituudesta. Faro Platinum Arm esitellään tarkemmin luvussa 4. (7.)

Metronor Solo mittausjärjestelmä

Metronor Solo (kuva 11) on kompakti, täydellinen ja helposti liikuteltava mittausjärjestelmä, jolla on erittäin monipuoliset mittausmahdollisuudet. Mittaus tapahtuu langattomalla hiilikuituisella mittauskynällä, jonka teknologia on Metronorin patentoima. (8.)



KUVA 11. Metronor Solo -mittauslaitteisto (8)

Laitteessa ei ole niveliä, joten ei ole tarvetta myöskään kalibroinnille. Solo-järjestelmän mittausalue on 1,5 – 25 m kamerasta ja 3D-mittatarkkuus pieni volyymisille maksimissaan 1,5 x 1,5 x 1,5 m³ kappaleille ±0,12 mm ja suuremmille maksimissaan 3 x 3 x 3 m³ ±0,20 mm. (8.)

Metronorin mittauslaitteisto sopisi hyvin valimolle, koska langaton mittauskynä mahdollistaa suurienkin valujen helpon mittauksen ja erilaisilla mittauskärjillä on mahdollista mitata kotelomaisiakin rakenteita. Helppo siirrettävyys ja asennus mahdollistaisi myös muottien mittauksen. (8.)

Metronorin mukana tuleva mittausohjelmisto on PowerINSPECT. Sen tärkeimpinä ominaisuuksina ovat mittauksien vertaus suoraan yleisimpiin CAD-formaatteihin, nopea sovitus vapaamuotoisille kappaleille, käyttäjän määräämät toleranssialueet, automaattinen mittojen siirto muokattavaan mittausraporttiin tai

vertaaminen haluttuihin mittoihin. PowerINSPECTissä on mahdollisuus myös ottaa kuvan kaappauksia mittauksesta mittausraporttiin. (8.)

GOM Atos -mittausjärjestelmä

GOM Atos (kuva 12) on optinen mittauslaitteisto, jolla on suuri mittausalue, tarkkuus ja hyvä erottelukyky myös pienten ja yksityiskohtaisten kappaleiden mittauksessa. Atoksella ei pelkästään voida mitata, vaan sen avulla voidaan myös digitalisoida valu, malli tai muotti, josta ei ole olemassa 3D-mallia. (9.)



KUVA 12. GOM Atos -optinen mittauslaitteisto (10)

Monimutkaiset ja kotelomaiset rakenteet ovat tosin hankalia mitata pelkällä optisella mittauslaitteistolla. Atoksella on tähän olemassa kädessä pidettävä pistemittauslaite, jolla hankalasti mitoittavat alueet pystytään mittaamaan. Pistemittauslaitteen pystyy helposti myös itse rakentamaan, eikä sen kalibrointi vie kuin pari minuuttia. (9.)

GOM Atoksen mukana tuleva ohjelmisto on Atoksen oma ohjelmisto, jonka mittausraportti on erittäin selkeälukuinen ja informatiivinen. Mittauksen erot haluttuun näkyvät värikoodeina mittausraportissa. Atoksella saatava valujen pintojen lähes täydellinen mittaustulos nopeasti on ehdottomasti sen suurin hyöty valujen mittauksessa. (9.)

3 KOORDINAATTIMITTAUS

Koordinaattimittauksella tarkoitetaan koordinaattien määrittämistä avaruudessa tai jossakin tapauksissa tasossa. Sitä voidaan tehdä erilaisilla tavoilla: fotogrammetria, GPS, laserseurain, laserkeilain, laserskanneri, kaksoisteodoliittilaitteisto, vaakituskone, täkymetri, konenäkö ja monikamerakuvaus, digitaaliset nauhamitat konemittauksessa, viistokuvamittaus, holografia, elektronimikroskopia, AFM, tomografia, röntgenmittaus ja koordinaattimittaus. Mainitut mittaustavat on tarkoitettu hyvin erilaisille mittausalueille ja kohteille. Näistä kaikki eivät ole vain yksinomaan koneita vaan osia mittausjärjestelmistä, jotka koostuvat useista laitteista, ohjelmista ja menetelmistä. (11, s. 16.)

Kappalegeometria muodostuu mitatuista pisteistä. Koskettavalla kärjellä tai laserservalolla mitatut pisteet ovat kappaleen geometrian pinnalta. Videomittauksessa pisteet tulevat geometrian reunoilta ja pinnoilta. Kappaleen mittaaminen eri menetelmillä tuo myös erilaiset mittaustulokset. Itse koordinaattimittauskone ei tuota mittaustulosta, vaan se vain kertoo mittauspään sijainnin koordinaatistossa. Mittaustulos syntyy mittausohjelmassa, jonka avulla mitatut pisteet yhdistetään elementeiksi ja lasketaan poikkeamia tavoitemitoista ja muodoista. (11, s. 25.)

Mittauskoneen ohjelmistolla suoritetaan mittakärkien kalibrointi. Ohjelma käsittelee mitattuja pisteitä laskien koneen liikeakseleiden paikka- ja anturitietojen perusteella kosketuskohdat kappaleeseen. Ohjelma korjaa mittauskoneen systemaattisia virheitä ja muodostaa mitatuista pisteistä geometrioita. Näiden avulla se laskee uusia elementtejä, muodostaa tilastollisia parametreja ja vertaa tuloksia nimellismuotoihin ja mittoihin sekä muoto- ja sijaintitoleranssivaatimukseen ja muodostaa näistä mittauspöytäkirjan. Mittauspöytäkirjan pystyy tulostamaan tai tallentamaan sähköisesti. (11, s. 26.)

Käytetyin koordinaatisto on oikean käden suorakulmainen eli karteesinen XYZ-koordinaatisto ja niiden ympäri pyörivät akselit A, B ja C. Tasojen normaalit yksikkövektorit ovat I, J ja K. (11, s. 30.)

3.1 Mittausalue

Koneelle on määritetty tietty mittausalue, jolla se pystyy mittaamaan. Tämä ei kuitenkaan tarkoita sitä, että se pystyisi välttämättä mittaamaan sen kokoista kappaletta. Isojen kappaleiden mittaus vaatii, että kappale mitataan osissa tai konetta pystytään siirtämään mittauksen aikana. (11, s. 65.)

Koneen mittausavaruus tarkoittaa aluetta, jolla kone liikkuu. Tämä alue pienee koneen mittapäiden- ja kärkien sekä mitattavan kappaleen kiinnittimien ja tukien vaativan tilan takia. Jos on tarve päästä mittaamaan syvälle kappaleen sisälle ja monesta suunnasta, on mittauskärkien pituutta suurennettava ja mahdollisesti myös tehtävä erityisiä mittakärkiä, joilla halutut mittapisteen voidaan mitata. (11, s. 65.)

Aina kannattaisi valita mahdollisimman suurella mittausalueella oleva koordinaattimittauskone. Hankintapäätökseen vaikuttavat hinta, tarkkuus sekä tila, mihin kone sijoitetaan. Tämä kannattaa testata omilla tuotteilla, jotta varmistetaan, että ainakin omat avaintuotteet pystytään mittaamaan mittauslaitteistolla. (11, s. 65 - 67.)

3.2 Koordinaattimittauskone (KMK)

Koordinaattimittauskoneita on mittausmenetelmien perusteella monenlaisia: videomittauskoneita, koskettavia mittauskoneita ja lasermittauskoneita. Lisäksi on olemassa myös näiden yhdistelmänä monianturikoordinaattimittauskone. (11, s. 16.)

Koordinaattimittauskoneella määritetään koordinaattipisteitä avaruudesta tai tasosta mekaanisella tai optisella anturilla. Mittauskoneet ovat joko motorisoituja, numeerisesti ohjattuja tai käsikäyttöisiä. Käsikäyttöiset ovat Suomessa tällä hetkellä yleisimpiä halvemmän hinnan vuoksi. Käsikäyttöiset vaativat mittaajan työpanoksen koko mittaustapahtuman ajan. Numeerisesti ohjatulla mittauskoneella pystytään mittaamaan koko kappale automaattisesti. (11, s. 25.)

3.3 Nivelvarsikoordinaattimittauskone (NVKMK)

Nivelvarsikoordinaattimittauskone muistuttaa robottia, jossa on 6 - 7 vapausastetta eli kiertyvää niveltä. Niveliä eivät liikuta moottorit, vaan ne kiertyvät vapaasti, kun mittausanturia kuljetetaan käsin. Nivelvarsikoordinaattimittauskone muistuttaakin liikkeiltään hyvin paljon käsivartta. Nivelvarsien avulla koneella pystytään mittaamaan myös kotelomaisia rakenteita. Jokaisen nivelen kulmasento välittyy automaattisesti yhdessä anturin antaman signaalin kanssa ohjelmistolle, joka laskee mittakärjen, anturin tai laserpisteen paikan XYZ-koordinaateiksi. (11, s. 59 - 60.)

Laitteita on erikokoisia, mikä tarkoittaa, että nivelten väliset putket ovat eripituisia. Tämä määrää myös laitteen mittausalueen, joka on muodoltaan pallokallio. Varsien rakenteet tulee olla mahdollisimman stabiileja lämpöpiteneemiselle, jäykkiä ja kevyitä. Varret on yleisesti rakennettu stabiileista hiilikuituputkista. Nivelten asentoanturien tarkkuus määrää koneen tarkkuuden, mutta perusperiaatteena voi pitää, että mitä pitemmät varret ovat, sen huonompi on tarkkuus. (11, s. 59 - 60.)

Anturivalikoima on monipuolinen aina tavallisista mekaanisista mittauskärjistä sähköisiin koskettaviin mittauspäihin, laserskannereihin ja putkien mittauksiin tarkoitetuilla mittausantureilla. On mahdollista myös tehdä itse omaan tarkoitukseen sopiva mekaaninen mittauskärki. Laitteelle pitää olla tukeva kiinnitysalusta. Laite useasti kiinnitetäänkin omaan pöytänsä, mutta se on mahdollista kiinnittää sopivalla sovitteelle mihin vain riittävän tukevaan tasoon. (11, s. 60 - 61.)

4 NIVELVARSIMITTAKONE FARO PLATINUM ARM

Faro Platinum Armia (kuva 13) on saatavilla 6-akselisena ja 7-akselisena. 7-akselinen tulee silloin, jos viimeiseen ranneniveleen asennetaan nauhaviiva-laserskanneri. Mittakärkipallojen halkaisijat vaihtelevat yleensä 3 - 6mm välillä. Laitteeseen on mahdollista saada erilaisia mittauspäitä, kuten pidennyksiä, kaarimaisia jatkeita, kärkiantureita, kärkien adaptoreita ja kosketusherkkiä mittapäitä. Mittakärjet ovat kiinni vakiokierteellä ja ne ovat helposti vaihdettavissa. Faro-nivelvarsimittakoneessa on automaattinen lämpötilan kompensointi. Laite tarvitsee jonkin verran aikaa sopeutuakseen uuteen lämpötilaan. (12.)



KUVA 13. 6-akselinen Faro Platinum Arm

Faro Platinum Armin rakenteesta on tehty vapaasti kelluva patentoidun sisäisen vastapainoteknologian avulla. Tämä näkyy koneessa ulkoisten tukirakenteiden, kuten jousien puuttumisella, mikä taas helpottaa mittausta varsinkin ahtaissa

paikoissa. Käytännössä tämä tarkoittaa myös sitä, että laitetta pystyy käyttämään yhdellä kädellä ilman, että koneen varsia tarvitsisi muuten kannatella.

(12.)

Faro Platinum Armia voidaan käyttää erillisellä virtalähteellä tai sitten laitteen kuuluvalla akulla, jolla saavutetaan n.8 h mittausaika. Laite voidaan asentaa pöytäkiinnityslevyyn tai magneettijalustaan. Kolmas vaihtoehto on hankkia kolmijalka. Näin laite on liikuteltavissa aina mitattavan kohteen luokse ja siirrettävissä mittauksen aikana. Tiedonsiirto tapahtuu usb-kaapelin kautta tietokoneelle. (12.)

6-akselisella Farolla mittaus tapahtuu viemällä mittauskärki kappaleen pintaan ja hyväksymällä piste vihreää nappia painamalla. Vihreällä napilla kerätään mitausdataa. Mittauspisteitä voidaan kerätä niin paljon kuin vain mittaus vaatii.

(12.)

Jokaisen mitatun pisteen tai halutun piste joukon jälkeen pitää mittauskärki nostaa irti pinnasta ja hyväksyä piste punaisella napilla, joka tallentaa mitausdatan. Reikää mitattaessa hyväksytään muoto reiän sisälle ja ulkohalkaisijaa mitattaessa hyväksytään mittaus halkaisijan ulkopuolelle. Näin kone osaa ottaa huomioon mittakärjen säteen oikeaan suuntaan ja reiästä sekä halkaisijasta tulee oikean kokoinen. Haluttu piste paikantuu oikeaan paikkaan eikä mittakärjen säteen verran väärin. (12.)

4.1 Kalibrointi

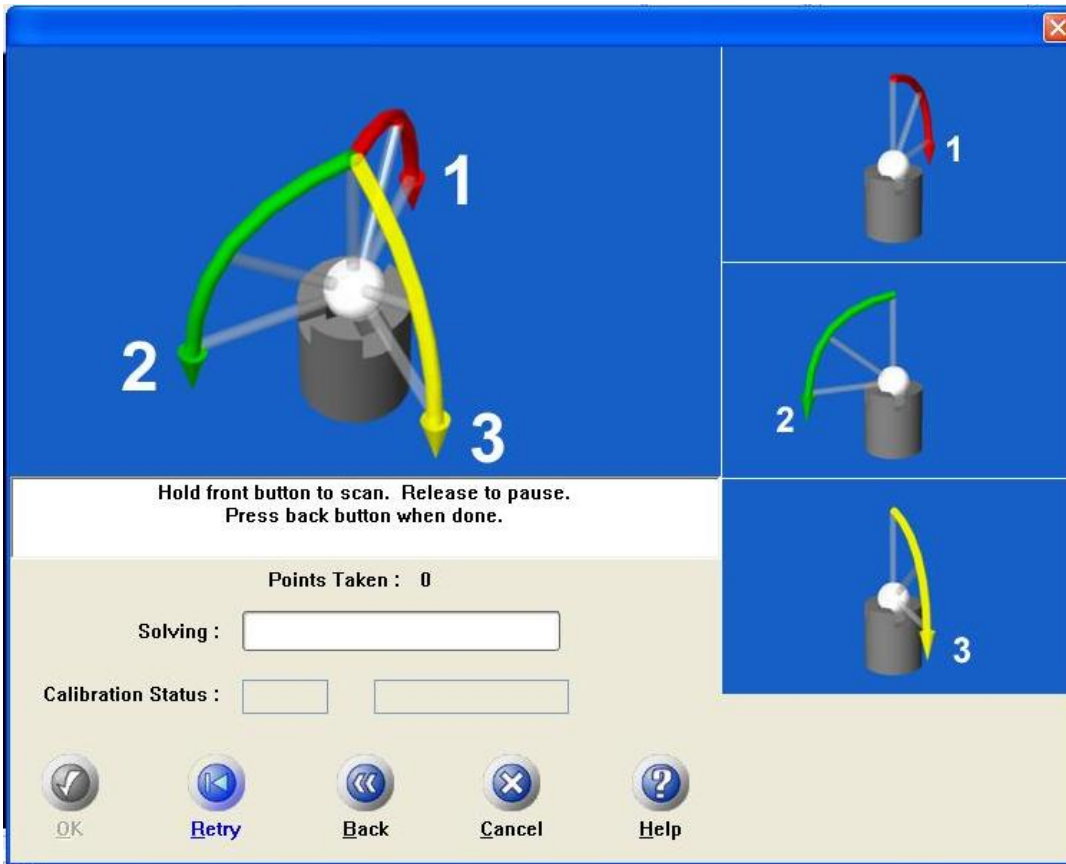
Ennen mittauksia on hyvä suorittaa mittakärjen kalibrointi. Tämä suoritetaan Faron mukana tulevalla kalibrointityökalulla, joka kiinnitetään tukevasti rautalevyyn kuusiokoloruuvilla, ja levy kiinnitetään kiinnittimellä tukevasti pöytään.

Avautuvasta valikosta varmistetaan (kuva 14), että ylhäällä olevassa valikossa Current Probe on oikean kokoinen mittakärki. Valitsemalla Custom Probe ja painamalla Edit voidaan määrittää itse tehdyn mittakärjen parametrit. Mittakärki voidaan kalibroida joko kolon tai pallon avulla.



KUVA 14. Mittakärjen valinta (13)

Kalibrointi suoritetaan ohjeen (kuva 15) mukaan. Mittakärkeä kierretään kolmeen suuntaan vihreä nappi pohjassa, jolloin koneen pitäisi ottaa n. 200 pistettä joka vetäisystä. Ohjelma näyttää kalibroinnin pöytäkirjan ja tallentaa sen muistiin. Kalibroinnin tarkoituksena on määrittää mittakärjen keskipiste mahdollisimman tarkasti.



KUVA 15. Mittakärjen kalibrointi kolon avulla (13)

4.2 Käyttöohje

Käyttöohjetta voisi kuvailla tarkemmin käytettävissä olevan ohjelmiston käyttöohjeeksi. Nivelvarsimittauskoneella mittaus on teknisesti hyvin samanlaista, mutta ohjelmistot vaihtelevat ja näiden käyttöön käyttöohjeet ovat hyvin tarpeellisia. Ohjelmistoista perusmittaukseen tarvittavat komennot ovat helposti löydettävissä, mutta ohjelmiston monipuoliseen käyttöön tarvitaan jo harjoitusta.

Ennen kuin aletaan mitata, on saatava kohdistettua ohjelmassa oleva 3D-malli tai nimellismuodot mitattavaan kohteeseen. Tämä tarkoittaa koordinaatistojen yhdistämistä. Tällöin ohjelmistossa oleva nollapiste on samassa kohdassa kuin mitattavassa kappaleessa oleva nollapiste.

Verrattaessa suoraan 3D-malliin kappaletta voidaan paikoittaa paremmin sopivaksi malliin mittauksen jälkeenkin "best fit" -toiminnolla. Ohjelma laskee, milloin mitatut pisteet ovat kaikista tasaisimmin jakautuneet kappaleeseen. Tällöin on

tärkeää, että kappaleesta on mahdollisimman paljon mittapisteitä ympäri kappaletta.

Suoraan 3D-malliin verrattaessa otetaan pelkästään yksittäisiä pisteitä kappaleesta, jolloin jokainen piste kertoo eron haluttuun. Nykyään 3D-mallit ovat saatavilla lähes kaikista malleista, jolloin mittaukset ovat helpompia suorittaa.

Jos kappaleesta ei ole olemassa 3D-mallia, tulee mittausohjelmistoon luoda nimellismuodot. Nimellismuotoina voivat olla reiät, halkaisijat yms. muodot, joita ohjelmalla on mahdollista luoda ja joiden koko ja sijainti voidaan määrittää piirrustuksista. Nimellismuodot luodaan syöttämällä halutun muodon koordinaatit tietueeseen. Tietueeseen syötetään muodon keskipisteen ja muiden tarvittavien pisteiden paikat nollapisteeseen verrattuna eli X-, Y- ja Z-suuntaan nähden. Piirrettä voidaan kääntää I-,J- ja K-vektoreiden ympäri. Loput mittaukseen vaikuttavat tekijät ovat yleensä mittausohjelmakohtaisia ja riippuvat siitä, mitä koneella aiotaan mitata.

5 YHTEENVETO

Opinnäytetyössä selvitettiin, kuinka hyvään mittauskykyyn päästään Suomivalimolla lainassa olevalla Faron Platinum Arm -nivelsimittakoneella ja Cam2 Measure 4.0 -mittausohjelmalla. Lisäksi tavoitteena oli laatia käyttö- ja kalibrointiohjeet laitteiston käytöstä valujen mittauksessa, tehdä mittauksia varten raporttipohjat ja selvittää, millaiset laitteistot olisivat varteenotettavia tulevaisuudessa.

Tavoitteet täyttyivät siltä osin, että sain selvitettyä, mikä on mittalaitteen suorituskyky valujen mittauksessa ja tein mittalaitteen käytöstä ohjekirjan valujen mittausta varten. Lisäksi löysin kaksi varteenotettavaa mittalaitteistoa, jotka soveltuvat valimolle.

Mittauslaitteiston suorituskyky valujen mittauksessa ei ole kovin tehokas. Mittapöytäkirjan kansilehden joutuu tekemään 3D-CADilla, joka tässä tapauksessa oli SolidWorks. Cam2 Measure 4.0:ssa ei ole mahdollista ottaa 3D-mallia taustalle, johon mittaustuloksia verrattaisiin. Ohjelmassa joutuu luoman nimellismuodot ja mitat, joihin mittauksia verrataan.

Yllämainittu rajaa mittausta paljon, ja tällä hetkellä laitteella pystytään lähinnä mittamaan reikien ja halkaisijoiden kokoa ja sijaintia toisiinsa tai valittuun pisteeseen tai kahden pisteen välistä etäisyyttä. Hammasprofiilien tarkastus oli yksi tärkeä asia, johon Farolla pitäisi pystyä. Siihen löytyi keino vetämällä Faron mittakärkeä haluttua pintaa pitkin, josta tulostuu pistejoukko, jonka ohjelmisto yhdistää yhdeksi viivaksi. Tämä viiva voidaan viedä 3D-CADiin, jossa sitä voidaan verrata 3D-malliin.

Faro Platinum Arm ei sovellu hyvin suurikokoisten valujen mittaukseen, vaan se on tarkoitettu huomattavasti pienempien kappaleiden tarkastukseen. Faron siirtäminen aiheuttaa aina virhettä, ja virhe kertyy jokaisella siirrolla. Nykyaikaisemmalla mittausohjelmistolla mittauksen suorituskykyä saataisiin parannettua huomattavasti. Paras ratkaisu olisi investoida uuteen mittauslaitteistoon.

Metronorin etuihin voidaan lukea sen helppo siirrettävyys ja kompaktimpi koko, joka helpottaa mittalaitteiston viemisen mitattavan kohteen luokse, sekä se,

ettei kameraa tarvitse liikuttaa mittauksen aikana. Metronorilla kappaletta ei tarvitse esikäsitellä kuten Atoksella, jossa jotkin pinnat vaativat maalaamisen. Metronor tuottaa jokaisesta mittauspisteestä oman mittalaatikon, jossa näkyy lukuna ero haluttuun. Piilossa olevien pisteiden mittaaminen on nopeampaa ja helpompaa kuin Atoksella.

Atos on suurempi ja vaatii, että mitattava kohde pystytään kiertämään ympäri tai kappaletta käännetään välillä, jotta kone saa otettua kuvat joka puolelta kappaletta. Atoksen kohdalla on helpointa tuoda mitattava kohde laitteiston luokse. Huonona puolena on se, että kappaleesta joudutaan maalaamaan kaikki kirkkaammat kohdat, koska ne haittaavat mittauksia. Atokselta saatava täydellisempi data pinnan poikkeavuuksista ja siitä tulostettava mittapöytäkirja olisi erittäin informaatiivinen ja helppolukuinen.

Opinnäytetyöni aihe oli minusta kiinnostava. Työn aikana opinkin paljon uutta valutuotteista ja niiden valmistuksesta, kuin myös 3D-mittauksesta. Opinnäytetyöltäni toivon eniten sitä, että Suomivalimolle hankittaisiin nykyaikainen mittauslaitteisto, joka soveltuisi paremmin heidän käyttöön, kuin nykyinen mittauslaitteisto. Opinnäytetyön tuloksina tehdyt valujen mittauksen ohjeistus ja raporttipohjat ovat Suomivalimon sisäisiä dokumentteja, eikä niitä tämän vuoksi julkaista tässä opinnäytetyössä.

LÄHTEET

1. Componena Oyj. Historia. 2011. Saatavissa:
http://www.componenta.com/fi_about_us/fi_history/. Hakupäivä 14.1.2013.
2. Casting Future SOLUTIONS. Componenta. 2012. Powerpoint-diasarja. Sisäinen dokumentti. Componenta Finland Suomivalimo.
3. Meskanen, Seija – Höök, Tuula. Hiekkavalimon valimoprosessi. Teknillinen korkeakoulu, Tampereen teknillinen yliopisto. Saatavissa:
<http://www.valuatlas.fi/tietomat/koosteet/valimoprosessi/index.html>. Hakupäivä 17.1.2013.
4. Meskanen, Seija – Höök, Tuula – Niini, Eero – Orkas, Juhani – Piha, Olavi – Tiainen, Tuomo – Toivonen, Pentti. Valimotekniikan perusteet. Teknillinen korkeakoulu, Tampereen teknillinen yliopisto. Saatavissa:
<http://www.valuatlas.fi/tietomat/koosteet/valimotekniikanperusteet/index.html>
Hakupäivä 28.2.2013.
5. SFS-EN ISO 8062-3 + AC. 2007. Geometrinen tuotemäärittely. Muotilla valmistettujen kappaleiden mittatoleranssit ja geometriset toleranssit. Osa 3: Valukappaleiden mittojen yleistoleranssit, geometriset yleistoleranssit ja työstövarat. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.
6. Keskinen, Raimo – Niemi Pekka. Muotinvalmistustekniikka. Tampereen ammattiopisto. Saatavissa:
http://www.valuatlas.fi/tietomat/koosteet/muotinvalm_tao/index.html. Hakupäivä 28.2.2013.
7. FARO. TechSheet_FaroArm Platinum. 2010. Saatavissa:
www.faro.com/site/resources/share/555. Hakupäivä 11.4.2013.
8. Tarjous Metronor 3D-mittausjärjestelmä. 8.10.2012. Laatija Vossi Group Oy. Tilaaja Componenta Finland Suomivalimo.

9. Ponsse Oyj 2012. Vieremä. COM Atos mittausjärjestelmän esittely.
7.11.2012.
10. FMF. gom_atos_triplescan.jpg. 2013. Saatavissa:
http://www.fmf.de/web/images/fmf/gom_atos_triplescan.jpg. Hakupäivä
11.4.2013.
11. Tikka, Heikki 2009. Koordinaattimittaus. 2., korjattu painos. Tampere: Tampereen Yliopistopaino Oy- Juvenes Print.
12. Pouttu, Esa 2012. 3D-mittaaja, Componenta Pietarsaari. Keskustelut
1.-5.10.2012.
13. Cam2 Measure 4.0. Versio 4.0. Probes.

OULUN SEUDUN
AMMATTIKORKEAKOULU



TEKNIIKAN YKSIKKÖ
KOTKANTIE 1, 90250 OULU
www.oamk.fi

LÄHTÖTIETOMUISTIO

Työn tiedot	Tekijä ¹	Jouni Pesio	Tilaaaja ²	Componenta Suomivalimo Oy
	Tilaaajan yhdyshenkilö ja yhteystiedot ³	Teri Kainulainen 0104033635		
	Työn nimi ⁴	3-D-mittajärjestelmän määrittäminen valimolle		
	Työn kuvaus ⁵	Selvitetään nykytilanne, josta lähdetään rakentamaan mitta järjestelmää valimolle.		
	Työn tavoitteet ⁶	<ul style="list-style-type: none"> - luoda toiminta ohjeet 3D-mittaamiseen valimolle - käyttö ja kalibrointi ohjeet - Pöytäkirja pohjen teko - Parannus ehdotuksia 		
	Tavoiteaikataulut ⁷	Käytännön osuus valmiiksi 15.12.12 Kirjoitus osuus kevatkuu haudella,		
	Päiväys ja allekirjoitukset ⁸	9 / 10 / 2012	Tekijän allekirjoitus	Tilaaajan allekirjoitus

9 / 10 / 2012

Tekijän allekirjoitus Jouni Pesio

Tilaaajan allekirjoitus

1. Tekijän nimi, puhelinnumero ja sähköpostiosoite.
2. Työn teettävän yrityksen virallinen nimi.
3. Sen henkilön nimi ja yhteystiedot, joka yrityksessä valvoo työn suoritusta.
4. Työn nimi voi olla tässä vaiheessa työnimi, jota myöhemmin tarkennetaan.
5. Työ kuvataan lyhyesti. Siinä esitetään muun muassa työn tausta, lähtötilanne ja työssä ratkaistavat ongelmat.
6. Esitetään lyhyesti ja selvästi työn tavoitteet.
7. Esitetään projektin tavoiteaikataulu. Silloin, kun työllä on välitavoitteita, myös ne merkitään aikatauluun. Tavoiteaikataulun ja oppilaitoksen yleisaikataulun perusteella tekijä laatii oman aikataulunsa.
8. Lähtötietomustio päivätään ja sen allekirjoittavat tekijä ja tilaaajan yhdyshenkilö