



OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

PEREHDYTYSaineiston LAADINTA KONEPAJATEK- NISIIN MITTAUKSIIN

TEKIJÄ: Pekka Nissinen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma Konetekniikan tutkinto-ohjelma	
Työn tekijä Pekka Nissinen	
Työn nimi Perehdytysaineiston laadinta konepajateknisiin mittauksiin	
Päiväys	27.5.2019
Sivumäärä/Liitteet	54/3
Ohjaaja(t) Juhani Niiranen, Sami Ipatti, Pentti Halonen	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Toolfac Oy	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyö tehtiin hienomekaanisten komponenttien valmistajalle Toolfac Oy:lle ja työn aiheena oli perehdytysaineiston laadinta konepajateknisiin mittauksiin. Toolfacin voimakas kasvu aiheutti koneistajien rekrytointeja, joissa huomattiin uusien työntekijöiden mittausosaamisen olevan liian heikko Toolfacin valmistamien tuotteiden vaatimuksiin nähden. Opinnäytetyön tarkoituksena oli luoda Toolfac Oy:n vaatimuksille räätälöity perehdytysaineisto konepajateknisiin mittauksiin, jonka avulla uusien työntekijöiden mittausosaamista voitaisiin kehittää ja pienentää yrityksen riskiä työllistää kokemattomia työntekijöitä.</p> <p>Työn teoriaosuudessa käsiteltiin mittaamista, mittausvirheitä ja perehdyttämistä. Teoriatietoa sekä työntekijöiden että yrityksen kokemuksia hyödynnettiin perehdytysaineistoa laadittaessa.</p> <p>Opinnäytetyön tuloksena saatiin aikaan tarkoitustaan vastaava perehdytysaineisto konepajateknisistä mittauksista, joka sisältää yleistä tietoa mittaamisesta, mittavälineiden käyttöohjeita ja tuotekohtaisia mittausohjeita. Perehdytysaineisto edistää työntekijöiden oppimista työtehtäviensä vaatimalle tasolle ja tehostaa perehdytysprosessia. Lisäksi perehdytysaineisto pienentää työnantajan riskiä kokemattomien työntekijöiden työllistämiseen.</p> <p>Jatkotoimenpiteissä perehdytysaineisto tullaan käyttöönottamaan ja siihen lisätään mittausharjoituksia, joilla mittausosaamista voidaan todentaa.</p>	
Avainsanat konepajatekninen, mittaaminen, mittausvirhe, mittaväline, perehdytys	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Mechanical Engineering			
Author Pekka Nissinen			
Title of Thesis Preparation of the orientation material for measurements in an engineering workshop			
Date	27.5.2019	Pages/Appendices	54/3
Supervisor(s) Juhani Niiranen, Sami Ipatti, Pentti Halonen			
Client Organisation /Partners Toolfac Ltd			
<p>Abstract</p> <p>The thesis was made for a fine-mechanical component manufacturer, Toolfac Ltd, and the topic of the thesis was the preparation of the orientation material for measurements in an engineering workshop. The strong growth of Toolfac caused recruitments of machinists. In the recruitments they found that measuring capabilities of the new employees were too low for the requirements of the products made by Toolfac. The purpose of the thesis was to create the orientation material about measurements of engineering workshop tailored for the requirements of Toolfac. With the help of that material measuring capabilities of the new employees could be improved and the company's risk of employing unexperienced employees would be reduced.</p> <p>The theoretical part of the thesis covers measuring, measuring errors and orientation. Theoretical information and the experiences of both the employees and the company were used for the preparation of the orientation material.</p> <p>As a result of this thesis the orientation material for measurements in an engineering workshop was made and it reached its purpose. The material includes common knowledge about measuring, operating manuals for measuring instruments and product specified measuring instructions. The orientation material improves employees' learning to the level that their tasks require and the material makes the orientation process more effective. Additionally, the orientation material reduces the employer's risk to hire unexperienced employees.</p> <p>In the further actions the orientation material will be put into operation and measuring exercises will be added into the material. With those exercises measuring capabilities can be proved.</p>			
<p>Keywords engineering workshop, measuring, measuring error, measuring instrument, orientation</p>			

ESIPUHE

Toolfacin kasvaminen ja sisäinen halu kehittää yrityksen toimintaa tarjosi opinnäytetyölleni aiheen mittaamisen ja perehdyttämisen parissa. Toolfac tarjosi avoimen ja itsenäisen ympäristön opinnäytetyölleni. Perehdytysaineiston toteuttamisessa minulla oli riittävän vapaat kädet ja apua sain aina tarvittaessa.

Kiitokset haluan esittää Toolfacin henkilöstölle, opinnäytetyöni ohjaajille sekä vanhemmilleni.

Vieremällä toukokuussa 2019

Pekka Nissinen

SISÄLTÖ

SISÄLTÖ.....	5
1 JOHDANTO.....	7
2 TOOLFAC OY.....	8
2.1 Historia.....	8
2.2 Nykytilanne.....	8
2.3 Tuotteet.....	8
2.3.1 Valmistusprosessi.....	9
2.3.2 Laadunvarmistus.....	11
3 MITTAAMINEN.....	12
3.1 Metrologia, mittaustekniikka.....	12
3.2 Mittaus ja mittaustoiminta.....	13
3.3 Kalibrointi ja mittausepävarmuus.....	13
3.4 Mittausvirheet.....	15
3.4.1 Systemaattiset virheet.....	15
3.4.2 Satunnaiset virheet.....	15
3.4.3 Karkeat virheet.....	15
3.4.4 Toiminnalliset virhelähteet.....	16
3.5 Yleisimmät virhelähteet mittauksissa.....	16
3.5.1 Lämpötila.....	16
3.5.2 Mittausvoimat.....	17
3.5.3 Mittauksen kohde.....	17
3.5.4 Asentovirheet.....	17
3.5.5 Mittaväline.....	18
3.5.6 Mittaaja.....	18
3.6 Mittausohjeet.....	19
3.6.1 Mittavälineohjeistus.....	19
3.7 Geometriset toleranssit.....	20
4 PEREHDYTTÄMINEN JA TYÖNOPASTUS.....	21
5 TYÖN LÄHTÖKOHDAT.....	23
5.1 Nykytilanne.....	23
5.2 Työn tarkoitus ja tavoitteet.....	23

5.3 Työn rajaukset.....	24
6 PEREHDYTYSAINIESTON LAATIMINEN.....	25
7 TYÖN TULOKSET – PEREHDYTYSAINIESTO	26
7.1 Tuotetut aineistot	26
7.2 Tulokset.....	27
8 POHDINTA.....	28
LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT	29
LIITE 1: PEREHDYTTÄMISEN SEURANTALOMAKE.....	30
LIITE 2: ESIMERKKEJÄ PEREHDYTYSAINIESTOSTA.....	31
LIITE 3: OHJE KOORDINAATTIMITTAKONEELLE	44

1 JOHDANTO

Alihankkijan asemassa konepajateollisuudessa kilpailukyky muodostuu karkeasti tuotannon tehokkuudesta ja hinta-laatusuhteesta. Alihankkijan tuottaman palvelun on vastattava mahdollisimman hyvin asiakkaan asettamiin vaatimuksiin, kuten nopeuteen, toimitusvarmuuteen, laatuun ja hintaan. Tuotannon resurssit määrittävät kuinka hyvin vaatimuksiin pystytään vastaamaan ja tämä määrittää kilpailukykyisyyden. Alihankkijan on pysyttävä kilpailukykyisenä vaatimusten kehittyessä. Resursseja on lisättävä ja tämä tarkoittaa yrityksen kasvua. Kasvu ei ole aina kivutonta, sillä kaikkia resursseja ei voi ostaa, kuten kokemuksen tuomaa ammattitaitoa.

Toolfac Oy on kasvava teknologiateollisuuden yritys Iisalmesta, jonka toimiala on hydrauliiikan ja pneumatiikan komponenttien sarjavalmistus. Toolfac on kasvun ja kehityksen myötä kasvattanut tuotantonsa kapasiteettia hankkimalla lisää koneita ja työntekijöitä. Vaativat tuotteet tarvitsevat koneita ammattitaitoisia työntekijöitä, joita ei ole tarpeeksi tarjolla kysyntään nähden. Tilanne tarjosi opinnäytetyölle aiheen luoda Toolfac Oy:n vaatimuksille räätälöity perehdytysaineisto, jonka avulla kynnys palkata kokemattomampia työntekijöitä pienentyy. Perehdytysaineiston tarkoitus on nopeuttaa työhön perehdytysprosessia antamalla työtehtävien vaatimat valmiudet uusille työntekijöille. Perehdytysaineistoon on sisällytetty tietoa mittaamisesta, mittavälineiden käyttöohjeita ja tuotekohtaisia mittausohjeita.

Perehdytysaineistoa luodessani toimin Toolfac Oy:ssä laadunvalvojana, jossa pääsin tutustumaan mittavälineisiin ja tuotteisiin, joita Toolfac valmistaa. Työtehtäviini sisältyi tuotteiden laadunvarmistus, mittavälineiden ylläpito sekä laatuohjeistus.

2 TOOLFAC OY

2.1 Historia

Oy Toolfac Ab perustettiin vuonna 1988, kun iskevien paineilmavarasoiden valmistaja Atlas Copco lopetti tuotannollisen toimintansa Suomessa. Toolfacin perustivat 12 Atlas Copcon Iisalmen toimipisteiden työntekijää, jotka ostivat Atlas Copcon koneet, laitteet ja keskeneräisen tuotannon. Toolfac aloitti toimintansa alihankkijana, jonka suurin asiakas oli Atlas Copco. Toolfac alkoi kehittää liiketoimintaansa hankkimalla lisää asiakkaita ja investoimalla 1990-luvun alun lamasta huolimatta. 90-luvulla yrityksen toimintaa kehitettiin ISO 9001 standardin mukaiseksi ja henkilöstön ammattitaitoa kasvattaen. 2000-luvun alussa Toolfac jatkoi kehitystyötään investoimalla koneisiin ja ISO 14001 standardin rakentamisella.

Vuonna 2004 yrityksen nimi muuttui Toolfac Oy:ksi, kun Erkki Huuskonen, Pekka Koponen ja Sentic Partners Oy tekivät liiketoimintakaupat. Pekka Koponen aloitti toimitusjohtajana. Kari Lappalainen liittyi myöhemmin Toolfac Oy:n osakkaaksi. Toolfac kasvoi ja kehittyi uudistuksen jälkeisinä vuosina voimakkaasti. Pitkäjänteisen kehitystyön myötä Toolfac erikoistui hienomekaanisten tuotteiden valmistajaksi.

Yrityksen omistajuudessa tapahtui muutos vuonna 2012, jolloin Lappalainen ja Huuskonen myivät osakkeensa. Pekka Kopoesta tuli yrityksen pääomistaja ja hänen kumppanikseen tuli pääomasijoitusyhtiö Canelco Capital Oy. (Toolfac Oy)

2.2 Nykytilanne

Toolfac sijaitsee samalla paikalla, missä se aloitti liiketoimintansa ja työllistää nykyisellään yli 50 henkilöä. Yrityksen liikevaihto on kasvanut tasaisesti viime vuosina ja vuoden 2018 liikevaihto oli noin 8 miljoonaa euroa. Toiminta on erikoistunut hienomekaanisten hydrauliiikan ja pneumatiikan komponenttien ja kokoonpanojen sarjavalmistukseen. Tuotteiden sarjakoko, tarkkuus ja fyysinen koko vaihtelevat, jonka vuoksi Toolfac on investoinut erilaisiin koneisiin tarjotakseen monipuolista palvelua. Hienomekaanisten tuotteiden ominaisuudet vaativat tuhannesosamillien tarkkuudella suoritettavaa valmistusta. Valmistettavien tuotteiden sarjakoot vaihtelevat yksittäisistä tuhansiin tuotteisiin. Toolfac tarjoaa myös mittalaitteiden kalibrointipalvelua.

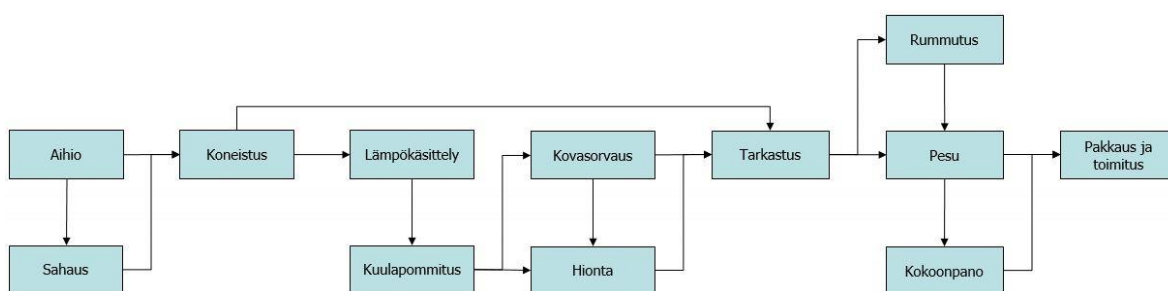
Viimeisin muutos yrityksen omistajuudessa tapahtui 2019 tammikuussa, kun ruotsalainen Hanza Holding AB osti Toolfac Oy:n osuudet Pekka Kopolta ja Canelco Capital Oy:ltä. (Canelco, 2019)

2.3 Tuotteet

Valmistettavat tuotteet ovat pääasiassa pyörähdyskappaleita, jotka valmistetaan tanko-, kappale- ja valuaihioista sorvaamalla ja yleisimpiä materiaaleja ovat alumiini, rauta ja teräs. Tuotteiden halkaisijat vaihtelevat 3-200 ja pituudet 5-500 millimetrin välillä. Toolfac on erikoistunut sarjatuotantoon eli

samaa tuotetta valmistetaan useita kappaleita toistuvasti. Tuotantosarjojen koot vaihtelevat yksittäisistä tuhansiin kappaleisiin. Suurin osa valmistettavista tuotteista on hienomekaanisia hydraulikan ja pneumatiikan komponentteja. Hienomekaanisille komponenteille tyypillisiä ominaisuuksia ovat tarkat toleranssi ja pinnankarheus vaatimukset, jotka ovat edellytyksiä komponenttien toimivuudelle käyttökohteessaan. Tarkat toleranssit liittyvät yleensä kahden tai useamman osan väliseen kontaktiin, jossa osien välys tulee olla riittävän pieni tiiveyden säilyttämiseksi. Pinnankarheus vaatimukset perustuvat yleensä komponenttien kitka ominaisuuteen. Hydrauliset ja pneumaattiset laitteet sisältävät liikkuvia osia, joissa pieni kitka ja tiiveys ovat edellytyksiä laitteen tehokkaalle toiminnalle.

2.3.1 Valmistusprosessi



KUVIO 1 Aihio-tuote-toimitus (Toolfac 2019)

Käytettäviä aihioita ovat tanko-, kappale- ja valuaihiot, joita tilataan eri toimittajilta. Toimittajilta tulevat kappale- ja valuaihiot ovat sellaisenaan käyttövalmiita. Tankoaihioiden valmistusprosessi alkaa aihion sahaamisesta työstökoneelle sopivan mittaisiksi aihioiksi. Riippuen työstökoneen tyypistä aihot sahataan, joko sorvin tankomakasiiniin sopiviksi tai lopputuotetta hieman pidemmiksi kappaleaihioiksi. Aihion halkaisua on valittu valmiiksi tuotannon suunnitteluvaiheessa tai asiakkaan toimesta.

Aihiot toimitetaan työstökoneelle, jossa aihioista koneistetaan valmistuspiirrustuksen mukaisia tuotteita. Koneistuksessa aihioita voidaan sorvata, jyrsiä, porata ja muokata muilla lastuavan työstön menetelmillä. Koneistusvaiheessa tuote saadaan suurimmilta osin valmiiksi, mutta useissa tuotteissa on mitta- ja muotovaatimuksia, joiden tarkkuuksiin ei päästä kuin hiomalla tai kovatorvaamalla. Lisäksi monilla tuotteilla on lämpökäsittelyvaatimus. Tuote etenee koneistuksesta tarkastukseen, mikäli se saadaan valmiiksi ja lämpökäsittelyä ei tarvita.

Lämpökäsittelyllä tuotteelle saadaan sen käyttökohteen vaatimia materiaaliominaisuuksia, joita voivat olla kulutuskestävyys, korroosiosuojaus, kovuus ja sitkeys. Lämpökäsittelyjä tarvitaan, koska aihiomateriaalien on oltava kustannustehokkaasti koneistettavissa, sillä niistä poistetaan materiaalia suuria määriä, mutta ahiomateriaalin ominaisuudet sellaisenaan eivät välttämättä sovellu tuotteen käyttökohteen vaatimuksiin. Lämpökäsittelyn haittapuolena on lämpövaihtelun aiheuttamat muodonmuutokset ja jännitykset, joiden vuoksi tuotteisiin jätetään koneistusvaiheessa ylimääräistä materiaalia, jotta ne voidaan uudelleen koneistaa valmiiseen mittaansa. Lämpökäsittelystä tuotteet etenevät kuulapommituksen kautta hiontaan tai kovatorvaukseen.

Kuulapommitus eli sinkopuhdistus on esikäsitelyprosessi, jossa kappaleisiin singotaan teräskuulia paineilman avulla. Sinkopuhdistuksessa lämpökäsitellyt kappaleet puhdistuvat ruosteesta ja koneistuksen jäysteistä. Lisäksi kuulapommitus poistaa lämpökäsittelyn aiheuttamia jännityksiä.

Kovatorvauksella tarkoitetaan lämpökäsittelyn kappaleen sorvausta. Tavallisesta sorvauksesta kovatorvaus eroaa työkaluiltaan ja työstöparametreiltaan, sillä sorvattava materiaali on lämpökäsittelyn johdosta kovempaa ja materiaalia poistetaan vähemmän. Kovatorvauksella päästään lähes hiomalla saavutettaviin tarkkuuksiin. Kovatorvauksesta tuotteet etenevät hiontaan tai tarkastukseen.

Hiontaan tuotteita tulee pääasiallisesti koneistuksesta, kovatorvauksesta ja kuulapommituksesta. Toolfac tekee myös pelkkää hiontaa alihankintana. Tuotteen vaatimukset määrittävät mitä hiontamenetelmää tarvitaan. Tuotteelle voidaan tehdä taso-, pyörö-, centerless- ja sisähiontaa. Hionnassa tuote saa tarkimmat mittansa valmiiksi ja etenee tarkastukseen.

Tarkastuksessa tuotantosarjasta otetaan otanta ja varmistetaan, että tuotteet ovat konepiirustusten asettamien laatuvaatimusten mukaisia. Esimerkkejä laatuvaatimuksista ovat tuotteen kovuus, pinnanankarheus, muoto ja erityyppiset mitat. Tarkastuksessa käytetään perinteisiä käsimittovälineitä sekä uudempaa teknologiaa kuten 3D-mittakonetta. Tarkastusta suoritetaan myös muun tuotannon aikana tietyille tuotteille. Tarkastuksesta tuotteet etenevät pesulinjastolle tai rummutukseen.

Rummutusta eli täryhiontaa käytetään tuotteiden viimeistelyssä terävien reunojen pyöritykseen. Rummutuksessa tuotteet asetetaan altaaseen, joka on täytetty keraamisilla hiomakivillä ja hiontaneesteellä. Tärinä saa tuotteet liikkumaan hiontakivien joukossa ja hiontaneeste edes auttaa hiomisprosessia. Rummutuksesta kappaleet siirtyvät pesulinjastolle.

Kaikki tuotteet puhdistetaan ultraäänipesurilla epäpuhtauksista, joille tuotteet altistuvat tuotannon aikana. Tyypillisiä tuotannossa syntyviä epäpuhtauksia ovat hiontapöly, metallilastut ja leikkuunestejäämät. Pesun jälkeen tuotteet siirtyvät kokoonpanoon tai pakkaus ja toimitus -vaiheeseen.

Kokoonpanossa tuotteita liitetään toisiinsa ja niihin asennetaan erinäisiä lisätarvikkeita kuten tiivisteitä. Kokoonpanossa suoritetaan myös painetestaukset kokoonpanoille. Kokoonpanosta tuotteet siirtyvät pakkaus ja toimitus -vaiheeseen.

Viimeisenä vaiheena on pakkaus ja toimitus, jossa tuotteet pakataan asiakkaan vaatimusten mukaisesti ja suojataan kuljetuksen ajaksi. Pakatut tuotteet toimitetaan asiakkaalle kuljetusyritysten palveluilla.

2.3.2 Laadunvarmistus

Hienomekaanisten kappaleiden valmistus vaatii ammattitaitoisia koneistajia, joiden on hallittava työstökoneen lisäksi useiden eri mittavälineiden käyttö yhdistettynä konepiirustusten ja toleranssien ymmärtämiseen. Koneistajan tehtävä on hyvin vastuullinen, sillä joissain tapauksissa koneistaja on valmistamiensa tuotteiden ainoa laadunvarmistaja ennen tarkastusta (KUVIO 1). Kuitenkin useiden tuotteiden työohjeistuksessa neuvotaan käyttämään tuotantosarjan alussa kappale tarkastajalla. Lisäksi vähintään 10% tuotantosarjasta on osalta dokumentoitava täyttämällä mittauspöytäkirja. Tarkastaja ja koneistajat yhteistyössä varmistavat tuotteiden laadun erinäisillä mittauksilla ja tarkastusvälineillä.

3 MITTAAMINEN

Mittaaminen on merkittävä osa kaikkea tuotantotoimintaan. Mittaamisen avulla tuotteita voidaan kehittää ja tehostaa niiden valmistusta. Mittaamalla varmistutaan tuotteiden laadusta ja varmistetaan liiketoiminnan kannattavuus. (Esala;Lehto;& Tikka, 2003, s. 6)

3.1 Metrologia, mittaustekniikka

Metrologia on mittauksia käsittelevä tieteenala, joka sisältää mittausten käytännölliset ja teoreettiset näkökulmat riippumatta tekniikan tai tieteen alasta ja mittausten epävarmuudesta. (Mikes, 2008, s. 71) Metrologian keskeisiä kohteita ovat suureet, mittayksiköt ja -normaalit, mittaukset, mittauslaitteet, mittaustulosten käsittely ja luotettavuuden arviointi, sekä mittausten inhimilliset tekijät. (Andersson & Tikka, 1997, s. 120) Yksi metrologian osa-alue on teollisuusmetrologia, jonka tehtävänä on varmistaa mittavälineiden asianmukainen toiminta teollisuuden tuotannossa ja kehitystyössä. Teollisuudessa hyödynnetään metrologian toimia, kuten testausta ja mittausta. Lisäksi teollisuuden laadunvalvonnassa yhä tärkeämmäksi on muodostunut mittausten jäljitettävyyden, jolla arvioidaan mittausten luotettavuutta. (Mikes, 2008, ss. 10-11)

Jäljitettävyyden tarkoittaa referenssien ja kansainvälisten mittanormaalien yhteyttä mittaustuloksiin ja mittanormaaleihin aukottoman vertailuketjun kautta, jossa epävarmuudet ovat ilmoitettu kaikille vertailuille (KUVA 1). Mittausten jäljitettävyyden vaikuttaa myös kilpailukykyyn, sillä teollisuudessa tarvitaan luotettavia mittauksia laadukkaiden ja korkeatasoisten tuotteiden sekä palveluiden tuottamiseksi. (Andersson & Tikka, 1997, ss. 120, 157)



KUVA 1 Konepajan jäljitettävä kalibrintiketju. (Esala;Lehto;& Tikka, 2003, s. 42)

Mittaustekniikan avulla metrologiaa sovelletaan käytäntöön. Valmistustekniset mittaukset ovat mitaustekniikan osa, jota käytetään valmistustekniikan prosesseissa. Valmistustekniset mittaukset voidaan jakaa materiaalitekniisiin- ja konepajatekniisiin mittauksiin. Materiaalitekniikassa mittaukset keskittyvät voimaan, kovuuteen, lujuuteen ja eheyteen. Konepajateknisissä mittauksissa keskeistä on pituuden ja sen johdannaisten mittaukset sekä geometriaan ja pinnankarheuteen liittyvät mittaukset. (Ihalainen;Aaltonen;Aromäki;& Sihvonen, 2005, s. 434)

Tuotantotekniikassa mittaustoimen tehtäviä ovat:

- selvittää työkalun tai työstökoneen asetus työkappaleita mittaamalla ja asetusten säilyvyys valmiista kappaleesta mittaamalla
- tuotteiden ja kappaleiden loppu- ja vastaanottotarkastukset, joissa tarkastetaan täyttyvätkö asetetut laatuvaatimukset
- selvittää onko laatuvaatimusten mukaiset tuotantomenetelmät olemassa

(Andersson & Tikka, 1997, ss. 11-12)

3.2 Mittaus ja mittaustoiminta

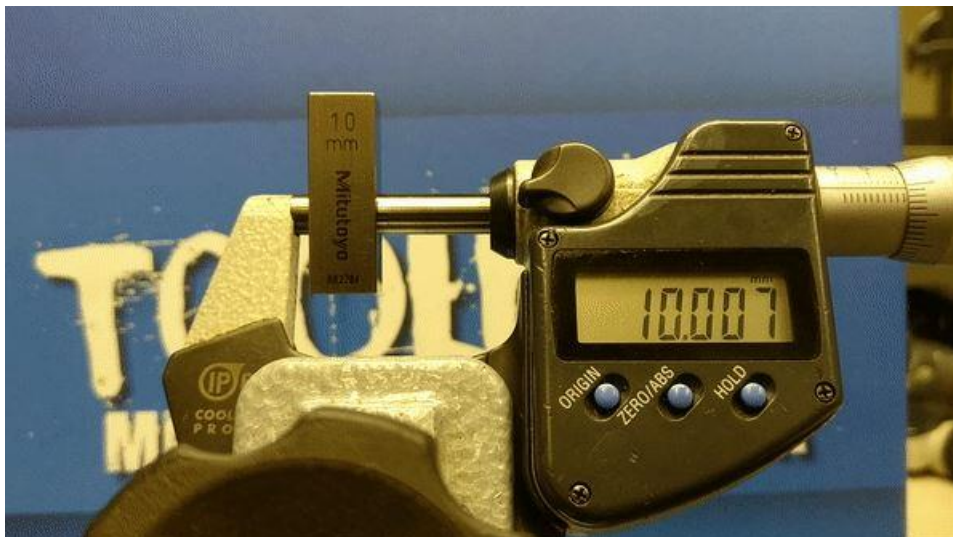
Mittauksella tarkoitetaan toimintojen sarjaa, joiden avulla saadaan määritettyä suurelle arvo. Mittauksen suorittajaa kutsutaan mittaajaksi. Mittaukset tuottavat luotettavaa tietoa, jota käytetään tuotteiden kehittämisen, tuotannon tehostamisen ja kappaleiden mittatarkkuuden varmistuksessa. Osana laatujärjestelmää mittaukset varmistavat myös yrityksen kannattavuuden.

Mittaustoiminta liittyy kaikkiin valmistavan teollisuuden tasoihin kuten suunnitteluun, valmistukseen, tuotteiden toimitukseen sekä huolto- ja varaosapalveluihin. Kuitenkin pääosa valmistavan teollisuuden mittaustoiminnasta liittyy valmistukseen ja sen kehittämiseen. Tuotteiden valmistuksessa mittauksia tarvitaan tuotantoprosessien säätämiseen ja laadunvalvontaan. Mittaustoiminnan jäljitettävyyttä mittaajajärjestelmään ja siihen kytköksissä oleviin standardeihin on edellytys asiakassuhteille ja hajautetussa tuotannossa valmistettaville tuotteille. Mittaustoiminta vaatii riittävät toimitilat, pätevän henkilöstön ja soveltuvat mittauslaitteet sekä ohjelmistot. Yritystasolla mittaustoiminnasta saadaan suurin hyöty selkeällä organisoinnilla. Mittaus- ja kalibrointitilat tulee olla toiminnallisesti lähellä valmistusta, sillä valmistuksesta vastaavat henkilöt joutuvat varmistumaan mittaamisen ja tuotantokoneiden luotettavuudesta ja tarkkuudesta. Mittaajan tehtävän vastuullisuudesta johtuen mittaaja tarvitsee monipuoliset tiedot ja taidot liittyen mittalaitteisiin ja mittaustekniikan teoriaan. Mittaajan tiedoilla ja ammattitaidolla on suora vaikutus mittauksen luotettavuuteen. (Esala;Lehto;& Tikka, 2003, ss. 3,6-8,20-21, 23)

3.3 Kalibrointi ja mittausepävarmuus

Mittauksien jäljitettävyyden edellytyksiä ovat mittalaitteiden kalibrointi ja mittausepävarmuuksien tunteminen, jotka liittyvät mittauslaitteisiin ja mittaajajärjestelmiin. Mittalaitteen kalibroinnilla tarkoitetaan mittauslaitteen testausta, jonka avulla selvitetään laitteen antamien arvojen yhteys mitta- normaaleihin ja laitteen epävarmuus mitattaessa. Yrityksissä mittalaitteiden kalibroinnit suorittaa kalibroija tai kalibrointi on ulkoistettu. Esimerkiksi kaarimikrometrin asteikko testataan jäljitettävästi

kalibroituihin tunnettuihin mittanormaaleihin kuten mittapaloihin ja testauksen perusteella voidaan tehdä tarvittavat säädöt (KUVA 2). Päivittäiskalibrointi on kalibroinnin rajoittuneempi muoto, jossa tarkastetaan mittalaitteen näyttämä käyttöolosuhteissa. Päivittäiskalibrointia on esimerkiksi kaarimikrometrin nollauksen tarkastaminen. Päivittäiskalibroinneista huolehtii mittalaitteen käyttäjä.



KUVA 2 Kaarimikrometri ja mittapala (Nissinen, 2018)

Yleisluontoisesti mittausepävarmuus tarkoittaa mittaustuloksien vaihtelua, joka on virherajoilla määriteltä. Mittausepävarmuuksien tunteminen edistää oikeiden johtopäätösten tekemistä, joita tehdään mittaustuloksien perusteella. Tuotteen tarkastuksessa päätös hyväksymisestä tai hylkäämisestä on verrattavissa arpapeliin, mikäli mittausepävarmuutta ei tunneta. Valmistajan tekemässä tarkastuksessa tuotteen mittojen on oltava toleranssialueella mittausepävarmuus sisällyttynä saatuaan tulokseen, jotta se on hyväksyttävissä (KUVA 3). Mittausepävarmuudet voidaan selvittää mittaustointia koskevasta kirjallisuudesta sekä vertailu- ja koemittauksilla. Lisäksi mittalaitteiden teknisissä tiedoissa annetaan laitteen mittausepävarmuus. Vertailu- ja koemittauksien suorittaminen antaa tietoa myös mittauksen suorittajan osaamisesta ja henkilökohtaisista ominaisuuksista. Mittausepävarmuuteen vaikuttavia tekijöitä ovat mittalaite, mittauskohde, mittaja, mittaolosuhteet ja mittausmenetelmä. (Esala;Lehto;& Tikka, 2003, ss. 3, 8, 21, 56)



KUVA 3 Hyväksymisrajan määräytyminen valmistajan tapauksessa. (Esala;Lehto;& Tikka, 2003, s. 36)

3.4 Mittausvirheet

Mittaukset sisältävät aina virheitä, johtuen mittauksiin osallistuvien tekijöiden virheellisyydestä ja epävarmuudesta. Mittauksien virhelähteitä ovat muun muassa: mittaaja, mittauslaite, mittaustapa, olosuhteet, mittauksen kohde, perusmitat ja mittauksen aikana tapahtuvat muutokset virhelähteissä. (Andersson & Tikka, 1997, s. 127) Yleisimpiä virheen aiheuttajia ovat lämpötila, voimat, mittauksen kohteen virheet, asentovirheet, mittausväline ja mittaaja. Virheet aiheuttavat poikkemaa mittaustulokseen, joka pahimmillaan aiheuttaa merkittäviä laatuksannuksia, kun hyväksytään virheellisiä tuotteita tai hylätään kelvollisia tuotteita. (Ihalainen;Aaltonen;Aromäki;& Sihvonen, 2005, ss. 434-436) Mittausvirheet jaotellaan perinteisesti systemaattisiin, satunnaisiin ja karkeisiin virheisiin, jolloin virheet ovat hallittavissa matemaattisesti. Toinen tapa ryhmitellä mittausvirheet, on jaottelu toiminnallisten virhelähteiden mukaan, jolloin mittausepävarmuutta voidaan käsitellä järjestelmällisesti syy-seuraussuhteen mukaisesti. (Andersson & Tikka, 1997, s. 138)

3.4.1 Systemaattiset virheet

Systemaattisille virheille on tyypillistä tunnettu suunta, suuruus ja säännönmukainen toistuvuus. Systemaattiset virheet johtuvat mittaukseen vaikuttavista virhelähteistä. Tuntemalla ja hallitsemalla perusteellisesti mittaukseen vaikuttavat virhelähteet voidaan systemaattisten virheiden vaikutus kumota lasketuilla korjauksilla. Lisäksi mittausmenetelmää ja mittauslaitetta parantamalla sekä mittaajaa kouluttamalla voidaan korjata systemaattisia virheitä. (Ihalainen;Aaltonen;Aromäki;& Sihvonen, 2005, s. 436) Tyypillisimmät systemaattiset virheet liittyvät mittausvoimiin, mittalaitteen kalibrointiin ja lämpötilan vaikutukseen. Keskeistä systemaattisten virheissä on poikkeaman ja virhelähteen välisen yhteyden riittävän tarkka tunteminen, jotta se voidaan korjata. Kuitenkin mittauksissa ilmenee systemaattisesti virheitä, joiden suuruutta ja aiheuttajaa ei tunneta riittävän tarkasti virheen korjaamiseksi. Tällaiset virheet käsitellään satunnaisina virheinä. (Andersson & Tikka, 1997, s. 128)

3.4.2 Satunnaiset virheet

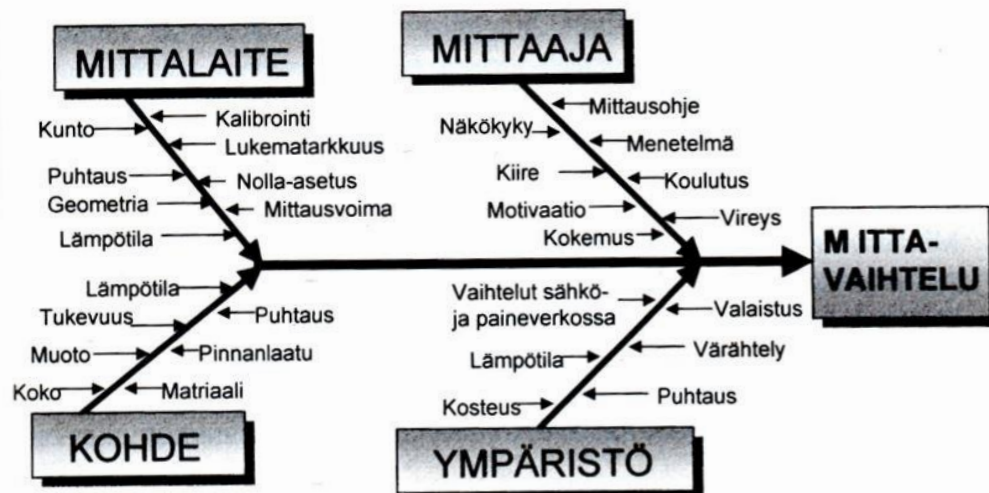
Satunnaiset virheet ovat mittausvirheitä, joiden suunta ja suuruus vaihtelee satunnaisesti mittauksien välillä. Satunnaisten virheiden lähdettä ei pystytä hallitsemaan, jonka vuoksi yksittäisiä virheitä ei voida kompensoida kuten systemaattisia virheitä. Toistamalla mittaus useita kertoja voidaan virheen suuruudelle määrittää keskiarvo ja pienentää virheen vaikutusta mittaustulokseen. (Andersson & Tikka, 1997, s. 129)

3.4.3 Karkeat virheet

Karkeisiin virheisiin sisältyy erilaiset erehdykset, ajatusvirheet ja huolimattomuudesta johtuvat virheet, kuten mittausarvon virheellinen lukeminen, mittaukseen soveltumattoman mittausmenetelmän tai -välineen käyttö ja virhelähteen huomiotta jättäminen. (Andersson & Tikka, 1997, s. 130) Mittausten suunnittelulla ja ohjeistuksella voidaan välttää karkeita virheitä. Lisäksi mittaajan huolellisuus on avainasemassa karkeiden virheiden välttämiseksi. (Ihalainen;Aaltonen;Aromäki;& Sihvonen, 2005, s. 436)

3.4.4 Toiminnalliset virhelähteet

Jaoteltaessa mittausvirheet toiminnallisten lähteiden mukaan, ryhmiksi muodostuu mittalaitte, mittaaja, mittauksen kohde ja ympäristö. Nämä virhelähteet sisältävät useita eri tekijöitä, jotka aiheuttavat vaihtelua mittaustulokseen (KUVIO 2). Toiminnallisen jaottelun avulla mittausvirheitä ja virhelähteitä pystytään käsittelemään järjestelmällisesti mittavaihtelun ehkäisemiseksi ja eliminoimiseksi. (Andersson & Tikka, 1997, s. 138)



KUVIO 2 Mittauksen epävarmuuden syy-seuraus-diagrammi. (Andersson & Tikka, 1997, s. 139)

3.5 Yleisimmät virhelähteet mittauksissa

Mittauksien yleisimpinä ja tärkeimpinä virhelähteinä pidetään lämpötilaa, voimia, mittauksen kohteen virheitä, asentovirheitä, mittausvälineitä ja mittaajaa. (Ihalainen;Aaltonen;Aromäki;& Sihvonen, 2005, s. 436)

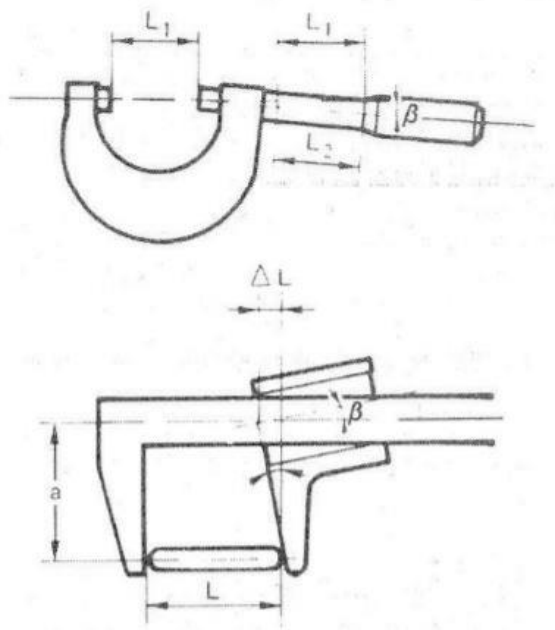
3.5.1 Lämpötila

Metrijärjestelmää noudattavissa maissa teknisten mittausten peruslämpötila on $+20^{\circ}\text{C}$, mikä tarkoittaa, että tekninen metri on kyseisessä lämpötilassa määritelmänsä mukainen.

Lämpötila ja sen muutokset ovat yleisimpiä virheenaiheuttajia, koska lämpötila vaikuttaa käytännössä kaikkiin mittauksen toiminnallisiin tekijöihin (KUVIO 2). Lämpötilan muutos aiheuttaa lämpölaajenemista kappaleissa ja mittavälineissä. Lämpölaajenemisen vaikutus riippuu lämpötilan muutoksen suunnasta, mikäli lämpötila kasvaa niin lämpölaajentuminen pidentää kyseistä objekti ja lämpötilan laskiessa vaikutus on vastakkainen. Lämpötilan muuttuessa mittauksen kohde ja mittausväline käyttäytyvät materiaalinsa lämpölaajenemiskertoimen mukaisesti. Kohteen ja mittalaitteen ollessa eri materiaalia on niissä tapahtuvan niissä lämpölaajeneminen eri suuruista ja tämä aiheuttaa virhettä mittauksessa. Virhettä aiheuttaa myös mitattavan kappaleen ja mittalaitteen välinen lämpötilaero. Lämpötilan aiheuttamia virheitä voidaan kompensoida laskemalla, kun tunnetaan mittauksen kohteen ja mittalaitteen lämpölaajenemiskertoimet sekä niiden lämpötila mittauksen aikana. Lämpötilan aiheuttamia virheitä voidaan välttää suorittamalla mittaukset vakioituissa olosuhteissa ja käyttämällä riittävästi aikaa lämpötilaerojen tasaamiseen. (Andersson & Tikka, 1997, s. 131)

3.5.2 Mittausvoimat

Mittauksissa vallitsevat voimat aiheuttavat virhettä mittaustuloksiin. Voimista aiheutuvat virheet jaetaan vaikutussuunnan mukaan taiputtaviin ja mittauksen suuntaisiin. Taipumaa ja muodonmuutosta mittauksen kohteessa tai mittavälineessä aiheuttaa niiden oma paino. Tämä on tyypillistä pitkillä mittavälineillä ja kappaleilla sekä ohutseinämaisillä putkilla, joiden halkaisija on suuri. Kappaleen tai mittavälineen taipuma aiheuttaa virhettä pituuden mittaukseen. Mittauksen suuntaisia voimia ilmenee esimerkiksi kaarimikrometrillä mitattaessa. Kaarimikrometrin mittauskärkiä kiristettäessä liian suurella voimalla mitattavaan kohteeseen aiheuttaa voimat kaarimikrometrin kaareen taipumisen tai kappaleen litistymisen (KUVA 4). Molemmat aiheuttavat virhettä mittaustulokseen. Työntömitassa liian suuri mittausvoima aiheuttaa työntömitan siirtyvän leuan vääntymisen, joka johtaa virheelliseen mittaustulokseen (KUVA 4). Voimien aiheuttamia virheitä voidaan välttää käsittelemällä mitattavia kappaleita ja mittavälineitä oikein. (Andersson & Tikka, 1997, ss. 133-136)



KUVA 4 Mikrometrin ja työntömitan taipuma mittausvoimasta. (Andersson & Tikka, 1997, s. 143)

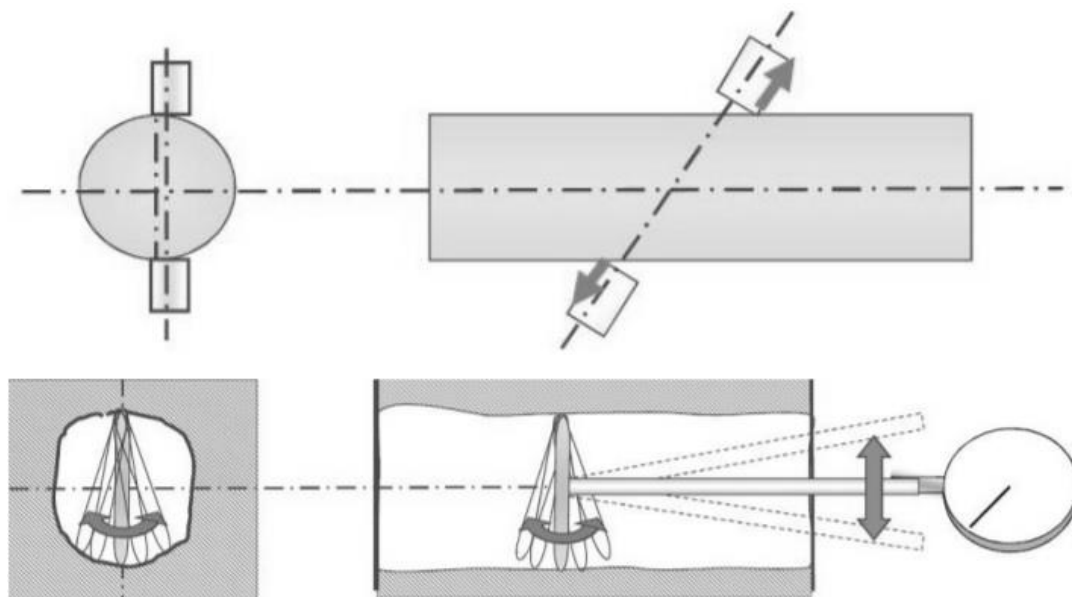
3.5.3 Mittauksen kohde

Mittauksen kohteessa tapahtuu mitta- ja muodonmuutoksia lämpötilanmuutoksen kautta. Esimerkiksi koneistus voi aiheuttaa lämpötilan muutosta työkaluissa. Tämän lisäksi mittauksen kohteen pinnan laatu ja muoto sekä epäpuhtaus voivat aiheuttaa virhettä mittaustulokseen. Mitattavan kappaleen materiaali voi myös vaikuttaa mittaustulokseen. Hyvin pehmeä materiaali voi puristua mittausvoimien vaikutuksesta. (Andersson & Tikka, 1997, s. 139)

3.5.4 Asentovirheet

Asentovirheet mittauksen kohteen ja mittavälineen välillä ovat yksi yleisimmistä mittauksivirheistä. Mittauksessa mittalaitteen mittauspintojen ja kappaleen mitattavan suuren pintojen tulisi olla yhdensuuntaisia. Lisäksi mittaus tulee suorittaa oikealta kohtaa. Vaino asento toisiinsa nähden tai mittaus väärältä halkaisijalta antaa virheellisen mittaustuloksen (KUVA 5). (Andersson & Tikka, 1997, ss.

136-137) Asentovirheissä mittaajan huolellisuudella ja mitattavan kappaleen pinnalla on suuri vaikutus mittauksen onnistumiseen (Esala;Lehto;& Tikka, 2003, s. 59).



KUVA 5 Sisä- ja ulkopuolisen lieriön mittauksen asentovirhe. (Andersson & Tikka, 1997, s. 137)

3.5.5 Mittaväline

Mittausväline voi aiheuttaa mittausvirheitä monella eri tapaa. Lämpötilanmuutokset ovat yksi merkittävimmistä mittavälineen virheen aiheuttajista. Lisäksi mittausvoimat vaikuttavat mittavälineiden kautta mittaustulokseen. (Andersson & Tikka, 1997, ss. 130, 133) Muita mittausvälineestä johtuvia virheitä ovat lukemataarkkuuden virheet, mittauslaitteen huonon kunnon aiheuttamat virheet ja epäpuhtaudet mittavälineessä. Mittauslaitteesta johtuvia virheitä pyritään ehkäisemään huolellisella käytöllä säännöllisellä kalibroinnilla ja käyttäjää kouluttamalla. (Keinänen & Järvinen, 2014, s. 96)

3.5.6 Mittaaja

Mittaajalla on suuri merkitys mittauksen luotettavuudelle, sillä mittaajan ajattelukyky on mittauksien tärkein tekijä. Mittaaja tekee päätökset omien tietojensa ja käytössä olevien resurssien mukaan, mitä välineitä ja menetelmiä käyttää mittaukseen, ellei mittausta ole erikseen ohjeistettu. Mittaajan tietojen puute aiheuttaa suurimmat puutteet mittauksessa. Mittaajasta aiheutuu kolme eri tyyppistä virhettä. Näitä virheen aiheuttajia ovat näkökyky, mittaajan pysyvät ja muuttuvat ominaisuudet sekä mittaajan ammattitaito. Näkökyvyllä ja etenkin sen erottelukyvylle on merkittävä vaikutus mittauksen lopputulokseen. Visuaalisella tarkastuksella pystytään havaitsemaan muoto ja pinta virheitä, joita mittalaitte ei välttämättä havaitse. Näkökyky on voimakkaasti riippuvainen ympäristön sopivasta valaistuksesta, koska liian kirkas valaistus häikäisee ja hämärässä silmä väsy. Mittaajan pysyviä mittauksiin vaikuttavia ominaisuuksia ovat huolellisuus, stressinsietokyky ja älykkyys. Mittaajan pysyviin ominaisuuksiin vaikuttaminen on vaikeaa, joten mittaajan luonteenpiirteiden vaikutus mittauksiin on aina läsnä. Muuttuvia ominaisuuksia mittaajassa ovat fyysinen kunto, motivaatio ja vireystila. Muuttuvat ominaisuudet voivat vaihtua päivittäin tai jopa samana päivänä. Mittaajan nopeaälyisyys

vaikuttaa karkeiden virheiden välttämiseen ja mittaukseen liittyviin valintoihin sekä päätöksen tekoon.

Mittaaminen on kokemusta ja koulutusta vaativaa toimintaa, joten mittajaan ammattitaitoa ei voida väheksyä laadukkaan mittauksen tekijänä. (Andersson & Tikka, 1997, ss. 143-144) Mittavälineet ovat hienomekaanisia laitteita, joita kokematon mittaja ei osaa käyttää ilman koulutusta. Kokematon mittaja saattaa myös vahingoittaa mittalaitetta tietämättömyyttään. Lisäksi perinteisillä käsimitausvälineillä kokenut mittaja pääsee parempiin tarkkuuksiin kuin kokematon mittaja. Mittajan ammattitaidon yksi tärkeimmistä osa-alueista on toleranssien ymmärtäminen mittalaitteen hallinnan ohella, jotta mittaja osaa mitata oikeita suureita. Mittajan ammattitaito kehittyy kokemuksen myötä ja koulutuksen avulla. (Ihalainen;Aaltonen;Aromäki;& Sihvonen, 2005, s. 435)

3.6 Mittausohjeet

Mittaukset sisältävät monia tekijöitä, jotka vaikuttavat mittaustulokseen, mittausvirheeseen ja mitatausepävarmuuteen. Mittaus on yleensä olosuhteiden, laitteiston ja mittajan osalta kompromissi, parhaan mahdollisen tuloksen saavuttamiseksi. Siksi mittauksien kirjallinen ohjeistaminen on usein tarpeellista. Kirjalliset mittausohjeet palvelevat seuraavia asioita: mittaja voi tarkastaa epäselvän tai unohtuneen asian, mittausohje toimii koulutusmateriaalina uusille mittajille, mittausohjeesta voidaan näyttää asiakkaalle toimintamalli ja mittausohjeesta saadaan perusteet mittausepävarmuuden määrittämiseen. Mittausohjeesta saadaan tietoa mittauksessa käytettävistä välineistä ja tarkat perustellut ohjeet mittauksen oikeaoppiseen suorittamiseen. Mittausohjeistuksessa voidaan opastaa myös mittauksen dokumentointi. Mittausten ohjeistamisella eliminoidaan virhetekijöitä ja saavutetaan tarkempia mittaustuloksia. (Esala;Lehto;& Tikka, 2003, ss. 32-33)

3.6.1 Mittavälineohjeistus

Mittausohjeeseen voidaan sisällyttää mittausvälineitä koskevia ohjeita, jotka liittyvät mittavälineen valintaan ja oikeaoppiseen käyttöön. Mittausvälineen valintaa ohjaa mitattavan kohteen toleranssit ja käytettävissä olevat mittausvälineet. Aika ja erityisolosuhteet vaikuttavat myös mittausvälineen ja menetelmän valintaan. Erityisolosuhteiden haasteet voivat hidastaa mittauksia, mikäli käytettävissä olevat välineet eivät sovellu täysin kyseiseen mittaukseen. Mittauksiin käytetty aika on kallista, sillä se kasvattaa tuotteen läpimenoaikaa lisäämättä tuotteen arvoa. Mittavälineet ovat lähtökohtaisesti tehty käyttövarmoiksi ja helppokäyttöisiksi, mutta silti ne usein vaativat käyttäjien ohjeistusta sekä säännöllistä huoltoa kuten puhdistusta ja korroosionestoa. (Ihalainen;Aaltonen;Aromäki;& Sihvonen, 2005, ss. 434-436)

Käsimittausvälineet muodostavat monen yrityksen valmistuksen laadun perustan, koska ne soveltuvat laajalti erilaisiin mittauksiin. Käsimittalaitteiden käyttö vaatii ammattitaitoa, vaikka usein mielletään, että niitä osaavat kaikki käyttää ilman koulutusta ja ohjeistusta. Yleisten aatteiden johdosta käsimittausvälineiden käyttö ei opeteta riittävästi ja oppiminen tapahtuu tehtyjen virheiden kautta. (Esala;Lehto;& Tikka, 2003, ss. 22-23)

3.7 Geometriset toleranssit

Valmistettavien tuotteiden mitoituksessa toleranssit määrittelevät, millä alueella kyseisen suureen tulee olla, jotta tuote toimii. Valmistuksen näkökulmasta toleranssit ovat välttämättömiä toimivien tuotteiden valmistamiseksi. Lisäksi tuotteiden tarkastus perustuu toleransseihin (KUVA 3). Geometriset toleranssit ovat tuotteiden muoto- ja sijaintitoleransseja, joilla voidaan antaa tuotteelle vaatimuksia perinteisten mittatoleranssien ohella. Muototoleransseilla annetaan kappaleen yksittäiselle ominaisuudelle vaatimuksia esimerkiksi suoruuden tai ympyrämäisyyden osalta. Sijaintitoleranssit taas ohjaavat kahden tai useamman ominaisuuden välistä asento, kuten yhdensuuntaisuutta, kohtisuoruutta, paikkaa tai symmetriaa. (Andersson & Tikka, 1997, ss. 201-203)

Geometrisen tuotemäärittely järjestelmän eli GPS-järjestelmän (geometric product specifications) tehtävänä on kehittää yksiselitteinen ja kattava symbolikieli teknisiin piirustuksiin, jolla ohjataan geometriaa koskevien tuotevaatimusten ilmaisua. GPS-järjestelmä käsittelee sijaintia, suuntaa, mittoja ja pinnan ominaisuuksia. GPS asettaa vaatimuksia myös mittausvälineille, kalibroinneille, mittausepävarmuuden ilmoittamiselle ja mittausmenetelmille, jotka koskevat tuotteen geometriaa. (Pere, 2016, ss. 20-5)

4 PEREHDYTTÄMINEN JA TYÖNOPASTUS



KUVA 6 Perehdyttäminen ja työnopastus (Työturvallisuuskeskus, 2013)

Perehdyttäminen ja työnopastus ovat toimenpiteitä, joita käytetään, kun työtehtävä ja/tai työpaikka on työntekijälle uusi (KUVA 6). Perehdyttämisen avulla työntekijä oppii tuntemaan työpaikkansa ja työtehtävänsä toimintatavat, työvälineet, yleiset käytännöt ja työyhteisön. Perehdyttäminen antaa työntekijälle edellytykset työtehtävän turvalliseen suorittamiseen ja työssä onnistumiseen. Työnopastus on perehdyttämisen vaihe, jossa perehdytettävä saa kokonaiskuvan työtehtävästä ja yksityiskohtaisempia ohjeita työvaiheista sekä niissä käytettävistä työvälineistä ja suojavarusteista. Työsuojeluun liittyvät asiat (Työturvallisuuskeskus, 2013)

Yksi perehdyttämisen tavoitteista on nopeuttaa työntekijän oppimista uuteen työpaikkaan, työtehtävään ja saada työstä nopeammin tuottavaa (Valvisto, 2005, s. 47). Parhaimmillaan perehdyttämisessä kehitetään työntekijän osaamista ja hyödynnetään työntekijän aikaisemmin hankimaa osaamista (Kupias & Peltola, 2009, s. 88).

Lait kuten työturvallisuuslaki, työsopimuslaki ja laki yhteistoiminnasta yrityksissä käsittelevät perehdyttämistä. Työlainsäädäntöjen tavoitteena on sopeuttaa ja suojata työntekijää sekä korostaa työnantajan vastuuta työhönopastuksessa. Lisäksi monien alojen työehtosopimukset tukevat lainsäädäntöä. (Kupias & Peltola, 2009, ss. 20-21)

Työturvallisuuslaissa säädetään perehdyttämisestä seuraavasti:

”Työnantajan on annettava työntekijälle riittävät tiedot työpaikan haitta- ja vaaratekijöistä sekä huolehdittava siitä, että työntekijän ammatillinen osaaminen ja työkokemus huomioon ottaen:

- 1) työntekijä perehdytetään riittävästi työhön, työpaikan työolosuhteisiin, työ- ja tuotantomenetelmiin, työssä käytettäviin työvälineisiin ja niiden oikeaan käyttöön sekä turvallisiin työtapoihin erityisesti ennen uuden työn tai tehtävän aloittamista tai työtehtävien muuttuessa sekä ennen uusien työvälineiden ja työ- tai tuotantomenetelmien käyttöön ottamista;
- 2) työntekijälle annetaan opetusta ja ohjausta työn haittojen ja vaarojen estämiseksi sekä työstä aiheutuvan turvallisuutta tai terveyttä uhkaavan haitan tai vaaran välttämiseksi;

- 3) työntekijälle annetaan opetusta ja ohjausta säätö-, puhdistus-, huolto- ja korjaustöiden sekä häiriö- ja poikkeustilanteiden varalta; ja
- 4) työntekijälle annettua opetusta ja ohjausta täydennetään tarvittaessa.”
(Työturvallisuuslaki 738/2002, s. §14)

Perehdyttämisen suunnittelua varten organisaatiossa on päätettävä perehdyttämisen tavoitteet ja otettava huomioon käytössä olevat resurssit. Perehdyttämisen suunnittelussa määritellään, onko kyseessä systemaattinen koko organisaatiota tai työyksikköä koskeva perehdyttäminen vai pienemmälle joukolle suunniteltu yksilöllinen perehdyttäminen. Suunnittelun pohjilta voidaan laatia perehdyttämissuunnitelma ja apumateriaaleja perehdyttämisen avuksi. Perehdyttämissuunnitelmia ja apumateriaaleja on haastavaa luoda keskitetysti koko organisaatiota koskeviksi tai hyvin yksityiskohtaisiksi yhtä tiettyä tehtävää varten, kuitenkin suunnitelmat ja aineistot ovat usein avuksi perehdytykseen osallistuville. (Kupias & Peltola, 2009, ss. 87-88)

Apumateriaalien laadinta vie aikaa, mutta nopeuttaa perehdyttämistä ja tukee työntekijän oppimista. Perehdyttämisessä työntekijälle tulee paljon uutta asiaa, mikäli perehdytettävällä on mahdollisuus tutustua apumateriaaleihin etukäteen, asioiden omaksuminen on helpompaa. Perehdytyksen yhtedessä annettavien apumateriaalien ja niiden selostamisen avulla asioiden mieleen jääminen on parempaa. Apumateriaaleista on hyötyä myös perehdytyksen jälkeen, sillä niistä perehdytetty voi kerrata asiota itsenäisesti. Perehdytyksessä käytettäviä apumateriaaleja ovat esimerkiksi perehdyttämishjelmat, perehdyttämisen tarkistus- ja muistilistat, käsikirjat, käyttöohjeet, työohjeet ja -oppaat. Apumateriaalit voivat olla sähköisiä tai painettuja materiaaleja. (Kangas, 2000, ss. 8-10)

Vastuu perehdyttämisestä on esimiehellä, vaikka perehdyttämiseen osallistuisikin useampia henkilöitä, joille perehdyttämistehtäviä on delegoitu. Perehdyttämisessä ja työnopastuksessa tulokas saa tietoa organisaation strategioista ja arvoista sekä työtehtävästään ja siihen liittyvistä seikoista. Perehdyttämisen laajuuden vuoksi prosessiin osallistuu eri alueiden osaajia, joista jokaisella on oma roolinsa perehdyttämisessä. Perehdyttäjäröoleja on muun muassa työhönottaja, hallinnollinen perehdyttäjä, työyhteisöön ja työsuhteeseen perehdyttäjä, perehdyttämisen koordinoija, työnopastaja ja tietyn alueen syvälinen osaaja. Perehdyttävällä henkilöllä voi olla useampiakin rooleja ja tyypillisesti suuremmissa organisaatioissa näitä tehtäviä hoitaa koulutetut perehdyttäjät ja pienemmissä työyhteisöissä nimetty perehdyttäjä. (Kupias & Peltola, 2009, ss. 94-95) Kuitenkin useissa organisaatioissa perehdyttäminen kuuluu jokaisen työntekijän tehtäviin ja perehdyttämisprosessin kehittämiseen osallistuu koko työyhteisö. (Kupias & Peltola, 2009, s. 47)

5 TYÖN LÄHTÖKOHDAT

Toolfacin resurssipula ammattitaitoisista koneistajista tarjosi aiheen tälle opinnäytetyölle. Yrityksen tarpeesta kasvattaa tuotantokapasiteettiaan aiheutui investointeja tuotantokoneisiin ja koneistajien rekrytointeja. Rekrytoinnissa havaittiin, ettei kokeneita ammattitaitoisia koneistajia ollut tarjolla. Tämä aiheutti kokemattomien koneistajien työllistämistä. Seuraava ongelma havaittiin todettaessa kokemattomien koneistajien mittaussosaamisen olevan liian heikko Toolfacin valmistamien tuotteiden vaatimuksiin nähden. Hienomekaanisten tuotteiden toleranssivaatimusten todentaminen mittaamalla vaatii koneistajalta edistynyttä mittavälineiden hallintaa. Tähän luonnollinen ratkaisu oli koneistajien kouluttaminen, joka todettiin runsaasti aikaa vieväksi ja usein koneistajan omille harteille jääväksi. Tämä aiheutti tarpeen luoda Toolfacin vaatimuksille räätälöity mittaamisen perehdytysaineisto, jolla työntekijöitä voidaan kouluttaa johdonmukaisesti heti työsuhteen alussa. Kirjallinen perehdytysaineisto mahdollistaa itsenäisen opiskelun ja työntekijöillä on mahdollisuus myös palata aineistoon muistin virkistämiseksi.

5.1 Nykytilanne

Nykyisessä perehdytyskäytännössä työsuhteen alkaessa työntekijälle esitellään yritys, henkilöstö, toimitilat, tuleva työpiste ja muut perehdyttämisen seurantalomakkeen mukaiset asiat (Liite1). Mittaamisen osalta tarkastaja pitää esittelyn mittahuoneesta, mittavälineistä, mittaustavoista ja kalibroinneista. Uusi työntekijä aloittaa yrityksessä pidempää työskennelleen henkilön kanssa, joka kouluttaa hänet työpisteen ja talon tavoille. Uusi työntekijä kulkee 2-4 viikkoa vanhemman työntekijän mukana, jonka aikana uuden työntekijän tulisi oppia käyttämään työpisteensä tärkeimpiä työvälineitä. Työvälineisiin sisältyy vähintään työstökone ja mittavälineet, joita työpisteellä valmistettujen tuotteiden laadunvarmistuksessa tarvitaan.

Nykyisessä perehdytyskäytännössä uuden työntekijän oppiminen on hyvin riippuvainen työntekijän aktiivisuudesta ja opastavasta työntekijästä. Käytännössä jokaisen työntekijän perehdytys on erilainen, sillä perehdyttäjänä toimii tuleva työpari, joka perehdyttää asiat parhaaksi katsomallaan tavalla. Työstökoneen käyttämisen oppiminen vie suuren osan perehdyttämisaikasta, jolloin muiden aihealueiden kuten mittaamisen oppiminen voi jäädä heikommalle. Työntekijä joutuu käyttämään paljon aikaa mittaamisen oppimiseen ja oikean oppimateriaalin löytäminen itsenäisesti voi olla haastavaa.

5.2 Työn tarkoitus ja tavoitteet

Opinnäytetyön tarkoituksena on luoda Toolfacin vaatimuksille räätälöity perehdytysaineisto konepajateknisiin mittauksiin, joka yhtenäistää perehdytyskäytäntöä uusien työntekijöiden osalta. Opinnäytetyössä tuotettujen aineistojen tavoitteena on kehittää työntekijöiden ammattitaitoa sekä pienentää työnantajan kynnystä palkata uusia työntekijöitä. Perehdytysaineiston tavoitteena on nopeuttaa uuden työntekijän oppimista työtehtäviensä vaatimalle tasolle. Perehdytysaineistosta työntekijä saa perustiedot ja käyttöohjeet eniten käytetyille mittavälineille sekä yleisiä mittaamiseen liittyviä ohjeita.

5.3 Työn rajaukset

Opinnäytetyön aikana tuotettiin perehdysaineistoa useampiin käyttötarkoituksiin ja perehdystysprosessia alettiin tarkastella yrityksen toiminnan eri näkökulmista. Opinnäytetyö on kuitenkin rajattu konepajateknisiin mittauksiin liittyvään perehdyttämisaineistoon. Suurin osa mittaus perehdytysaineistosta yleisimpien mittavälineiden käyttöohjeistusta ja mittauksissa ilmenevien virheiden ehkäisyä. Aineisto sisältää yleistä tietoa mittaamisesta ja mittavälineistä sekä tuotekohtaisia mittaushjeita.

6 PEREHDYTYSAINIESTON LAATIMINEN

Perehdytysaineiston laatiminen alkoi suunnittelulla ja tiedon keräämisellä. Suunnittelussa oli mukana tehtaanjohtaja, tuotantopäällikkö ja vanhempi tarkastaja. Suunnittelun tuloksena laadittava perehdytysaineisto rajattiin konepajateknisiin mittauksiin ja perehdytysaineiston pääpaino eniten käytettyihin mittavälineisiin sekä niiden käytössä esiintyviin haasteisiin. Tietoa eniten käytetyistä mittavälineistä ja niiden käytössä esiintyvistä haasteista kerättiin haastatteleamalla työntekijöitä, sekä analysoimalla tuotannon tarkastusvaiheessa havaittuja virheitä. Konepajateknisistä mittauksista tietoa kerättiin tutustumalla alan kirjallisuuteen ja mittaväline valmistajien materiaaleihin sekä osallistamalla Ammatinedistämislaitoksen (AEL) konepajatekniset mittaukset -kursille.

Kerätyn tiedon perusteella yleisimmiksi mittavälineiksi osoittautui työntömitta, kaarimikrometri ja kolmipistemikrometri. Yleisimpiä mittavälineiden käytössä esiintyviä virheitä olivat asento- ja kohdistusvirheet sekä epäpuhtauden aiheuttamat virheet mittauksissa. Mittavälineiden käyttöön liittyviksi haasteiksi työntekijät kokivat vähäisen kokemuksen ja koulutuksen puutteen. Haasteita ilmeni etenkin uudempien mittalaitteiden kuten korkeudenmittauskoneen ja koordinaattimittakoneen käytössä. Konepajateknisten mittauksen kurssilta sain tietoa mittavälineistä, mittaamisesta ja esimerkin ohjelmamateriaaleista, mitä pystyin hyödyntämään perehdytysaineiston laadinnassa.

Perehdytysaineiston pohjaksi valittiin Microsoft PowerPoint, koska se osoittautui havainnollistamisen kannalta käytännölliseksi ja ohjelma oli ennalta tuttu. PowerPoint-esitykseen pystytään liittämään kuvia, videoita ja animaatioita, joilla tehostetaan asian esittämistä ja edistetään asian oppimista. Lisäksi PowerPoint sisältää omia havainnollistamisen keinoja, kuten muotoja, joilla voidaan korostaa yksityiskohtia (KUVA 7). Videoiden, kuvien ja animaatioiden avulla mittavälineohjeista pystyttiin tekemään selkeitä ja yksityiskohtaisia, sillä ne tukivat kirjoitettuja ohjeita.



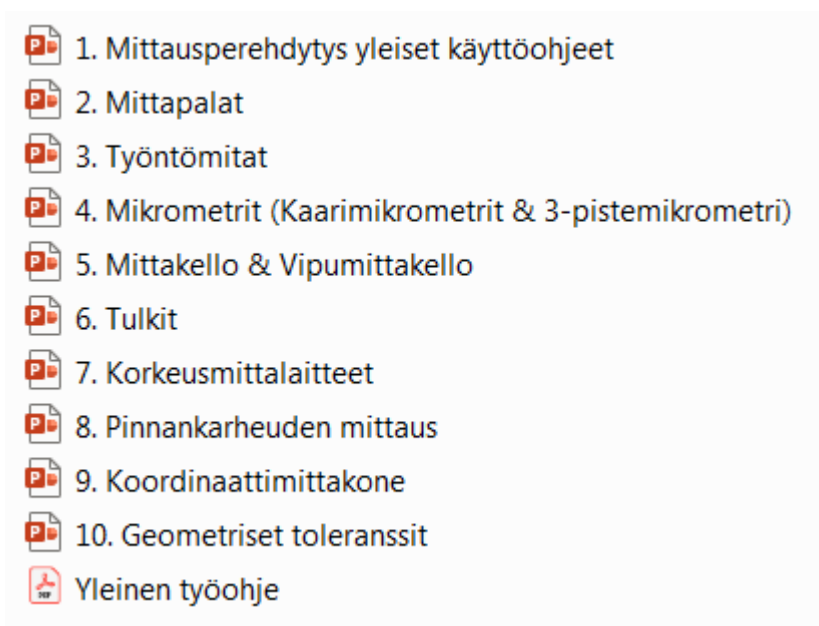
KUVA 7 Mikrometrin asteikon lukeminen. (Nissinen, 2018)

7 TYÖN TULOKSET – PEREHDYTYSAINEISTO

7.1 Tuotetut aineistot

Opinnäytetyön aikana luotiin perehdytysaineisto, joka koostuu kymmenestä PowerPoint-esityksestä ja yleisestä työohjeesta (KUVA 8). Esitysten yhteispituus on yli 170 diaa ja yleinen työohje on pituudeltaan 10 sivua. Esitykset sisältävät eri mittalaitteiden käyttöön liittyviä ohjeita ja yleiset käyttöohjeet sekä geometrisiin toleransseihin liittyvän tietopaketin. Esityksissä on paljon kuvia, videoita ja animaatioita havainnollistamisen tehostamiseksi. Suurin osa perehdytysaineiston kuvista, videoista ja animaatioista ovat opinnäytetyössä luotuja.

Mittavälineiden ohjeistuksessa opastetaan mittavälineen rakenne, toiminta, käyttökohteet, päivittäiskalibrointi ja käyttö. Lisäksi mittaväline ohjeisiin on liitetty esimerkkejä kyseisellä välineellä tapahtuvista virheistä sekä tuotekohtaisia esimerkkejä. Mittausperehdytys yleiset käyttöohjeet sisältävät kaikkia mittauksia koskevaa tietoa muun muassa mittauksen kohteen ja mittavälineen puhtaudesta, mittavälineen kunnosta, lämpötilan vaikutuksista, visuaalisesta tarkastuksesta ja mittausepävarmuudesta.



KUVA 8 Perehdytysaineisto (Nissinen, 2018)

Yleinen työohje käsittelee käytännön asioita, joita tuotannon työssä tarvitaan. Yleiseen työohjeeseen on sisällytetty työvaiheisiin liittyviä ohjeita sekä mittapöytäkirjoihin liittyviä ohjeita. Mittapöytäkirjoihin liittyvät ohjeet koskevat mittapöytäkirjan täyttöä prototyypisarjasta sekä normaalista tuotantosarjasta. Geometristen toleranssien tietopaketti sisältää yleisimmät geometristen toleranssien symbolit ja niiden selitykset esimerkkeineen käyttökohteista. Esimerkkejä aineistosta nähtävissä liitteissä 2 ja 3.

7.2 Tulokset

Opinnäytetyön tuloksena saatiin aikaan perehdytysaineisto konepajateknisistä mittauksista Toolfac Oy:ssä. Perehdytysaineistosta suurin hyöty on työntekijöille ja etenkin uusille työntekijöille. Perehdytysaineiston avulla työntekijöitä voidaan kouluttaa työtehtäviinsä ja perehdytysaineisto mahdollistaa myös itsenäisen opiskelun. Aineistoon on koottu työntekijälle tärkeimmät tiedot, jotka edesauttavat työssä onnistumista ja nopeampaa oppimista työtehtäviin. Perehdytysaineiston avulla työntekijät oppivat käyttämään mittavälineitä oikein ja tulevat tietoisemmiksi mittausvirheistä. Valmiiksi koottu aineisto helpottaa työntekijän tiedon etsimistä ja käsittelyä merkittävästi. Aineistosta on apua myös perehdyttäjille, sillä heillä on apumateriaali, johon tukeutua perehdyttämisessä. Työnantaja hyötyy aineistosta rekrytoinnissa, sillä aineisto madaltaa kynnystä palkata kokemattomampia työntekijöitä, koska heidät voidaan kouluttaa yrityksen sisällä. Työnantaja hyötyy myös työntekijöiden ammattitaidon kehittymisestä, jonka vaikutus on nähtävissä tuotannon laadussa. Lisäksi perehdytysaineisto tukee työnantajaa työlainsäädännön asettamissa vaatimuksissa. Perehdytysaineisto yhdenmukaistaa perehdytysprosessia, koska kaikilla perehdytettävillä on käytössä sama materiaali. Aikaisemmin perehdytysprosessissa perehdytettävä sai materiaalin suullisesti ensimmäisten työpäivien aikana. Nykyisessä käytännössä perehdytettävä saa materiaalia suullisesti ja kirjallisesti, joiden yhteisvaikutus tukee oppimista. Lisäksi kirjalliseen materiaaliin on mahdollista palata, mikäli asioita unohtuu.

8 POHDINTA

Opinnäytetyössä tuotetut aineistot ovat onnistuneita ja vastaavat käyttötarkoitustaan. Lisäksi aineistot antavat hyvän pohjan, mikäli aineistoa halutaan tuottaa lisää konepajateknisistä mittauksista ja erikoisemmista mittavälineistä työntekijöiden perehdytystarkoitukseen. Tiettyjen mittavälineiden osalta perehdytysaineisto olisi voinut olla syvempääkin, mutta aikataulullisista syistä aineistossa on keskitytty tärkeimpiin mittavälineisiin. Aineiston valmistuminen vei kuitenkin pidemmän aikaa kuin oli suunniteltu. Omien tietojen ja taitojen kehittäminen riittävälle tasolle ottaa oman aikansa. Tarkastajan työtehtävistä, AEL-koulutuksesta ja eri materiaaleja tutkiessani opin paljon asiaa konepajateknisistä mittauksista, joita yritin parhaalla mahdollisella tavalla suodattaa ja järjestää perehdytysaineistoon selkeäksi kokonaisuudeksi.

Opinnäytetyön jälkitoimenpiteisiin kuuluu aineiston käyttöönotto siirtämällä aineisto yrityksen tietokantaan ja sieltä työntekijöille jaettavaksi. Lisäksi aineiston päivittäminen ja ylläpito on otettava huomioon käyttöönoton jälkeen. Aineisto on hyvä päivittää aina uusia mittausvälineitä tai menetelmiä käyttöönotettaessa.


Perehdytysaineistoa pystytään jatkokehittämään laajentamalla erikoisempiin mittausvälineisiin sekä syventämällä tietoutta entisistä, mikäli tarvetta esiintyy. Oma näkemykseni seuraavasta luontevasta kehitystoimenpiteestä olisi mittausharjoitusten lisääminen osaksi perehdyttämistä. Mittausharjoitusten avulla saataisiin tarkempaa tietoa mittaajan osaamisesta ja heikkouksia pystyttäisiin kehittämään tehokkaammin. Mahdollisia muita uudistuksia mittaamisessa olisi mittauspöytäkirjojen muuttaminen sähköiseen muotoon, joka helpottaisi mittauspöytäkirjojen käsittelyä. Sähköisiin mittauspöytäkirjoihin voitaisiin liittää myös käsimittaussivälineet langattomalla tiedonsiirrolla, jolloin mittauspöytäkirjan täyttäminen tapahtuisi automaattisesti. Sähköiset mittauspöytäkirjat ovat käytössä koordinaattimitakoneella.

LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT

- Andersson, P. H.;& Tikka, H. (1997). *Mittaus- ja laatutekniikat*. WSOY. Haettu 31. 3. 2019
- Canelco. (31. 1. 2019). *Ajankohtaista*. Haettu 12. 3. 2019 osoitteesta
<https://www.canelco.fi/ajankohtaista/ruotsalainen-hanza-ostaa-toolfac-oy-suomen-klusteriinsa/>
- Esala, V.-P.;Lehto, H.;& Tikka, H. (2003). *Konepajatekniset mittaukset ja kalibroinnit*. Helsinki: Teknologiateollisuus ry. Haettu 7. 4. 2019
- Ihalainen, E.;Aaltonen, K.;Aromäki, M.;& Sihvonen, P. (2005). *Valmistustekniikka* (11. muuttumaton painos p.). Espoo: Otatieto. Haettu 7. 4. 2019
- Kangas, P. (2000). *Perehdyttäminen palvelualoilla* (1. painos p.). Työturvallisuuskeskus. Haettu 27. 3. 2019
- Keinänen, T.;& Järvinen, M. (2014). *Mittaustekniikka* (1. painos p.). Helsinki: Sanoma Pro Oy. Haettu 15. 5. 2019
- Kupias, P.;& Peltola, R. (2009). *Perehdyttämisen pelikentällä*. Tampere: Juvenes Print. Haettu 21. 3. 2019
- Mikes. (2008). *Metrologiasta lyhyesti* (Suomennettu painos, 4. painos p.). (J. Järvinen;S. Eerola;& K. Milla, Käänt.) Espoo: Multiprint. Haettu 31. 3. 2019 osoitteesta
https://www.mikes.fi/mikes/Oppaat/metrologiasta_lyhyesti_nettiin.pdf
- Nissinen, P. (2018). Perehdytysaineisto Mittaamiseen. *Perehdytysaineisto*. Toolfac Oy, Iisalmi. Haettu 7. 4. 2019
- Pere, A. (2016). *Konepiirustus 1 & 2*. Espoo: Kirpe Oy. Haettu 20. 5. 2019
- Toolfac Oy. Haettu 12. 3. 2019 osoitteesta <http://www.toolfac.fi/historia/2>
- Työturvallisuuskeskus. (2013). Haettu 19. 3. 2019 osoitteesta
https://ttk.fi/koulutus_ja_kehittaminen/julkaisut/digijulkaisut/perehdyttaminen_ja_tyonopastus_-_ennakoivaa_tyosuojelua#vastuu_perehdyttamisesta_2
- Työturvallisuuslaki 738/2002. (23. 8. 2002). (Finlex) Haettu 19. 3. 2019 osoitteesta
<https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2002/20020738#a738-2002>
- Valvisto, E. (2005). *Oikeat ihmiset oikeille paikoille*. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy. Haettu 21. 3. 2019

LIITE 1: PEREHDYTTÄMISEN SEURANTALOMAKE

PEREHDYTTÄMISEN SEURANTA

		Paivämäärä:
Sukunimi:		Etunimet:
e-mail:		Töiden aloitus pvm
TYÖHÖNOTTAJA		<ul style="list-style-type: none"> Tiedottaminen <ul style="list-style-type: none"> - Työhön liittyvä tiedotusvelvollisuus - sisäinen tiedottaminen - ilmoitustaulut - aloitetoiminta
<ul style="list-style-type: none"> Työsopimus Palkkaus <ul style="list-style-type: none"> - palkanmaksutapa - palkkapäivät Henkilökuntaedut <ul style="list-style-type: none"> - ruokailu - työvaatteet - työterveyshuolto - muut edut Organisaatio Yritysesite Sosiaalililat Pysäköintipaikat Esimiehen esittely 		TARKASTAJA
		<ul style="list-style-type: none"> Mittavälineet, mittaustavat, mittavälineiden käyttö ja sijainti Kalibrointi
		LUOTTAMUSMIES
		<ul style="list-style-type: none"> Palkka / AY- asiat
PEREHDYTTÄJÄ		TYÖSUOJELUVALTUUTETTU
<ul style="list-style-type: none"> Kuvaus tehtaasta Kierros tehtaalla Tehtävän osuus kokonaisuudesta ja sen merkitys tuottavuudelle Esimiehen tehtävät Työajat, vuoronvaihto, ruokailu ja kahvimahdollisuudet Työajanseuranta ja leimaaminen Työvaatteiden huolto Puhelimen käyttö työajalla Tuotannon raportointikoneet Onnettomuuden sattuessa 		<ul style="list-style-type: none"> Työturvallisuus. Osastokohtaiset turvallisuusohjeet, varoituskilvet Turvallinen poistuminen vaaratilanteissa Paarit, ensiapukaappi ym Alkusammuttimet, niiden sijainti ja käyttö Vaaralliset aineet, käyttöturvatiedotteet ja eritysmääräykset.
		KUITTAUKSET:
		TYÖHÖNOTTAJA _____
		PEREHDYTTÄJÄ _____
		TARKASTAJA _____
		LUOTTAMUSMIES _____
		TS- VALTUUTETTU _____
		TYÖNTEKIJÄ _____
<ul style="list-style-type: none"> Huolto-, korjaus- ja varastotilat Luottamusmiehen esittely Työsuojeluvalluutetun esittely Työtovereiden esittely Oman työpaikan esittely Työpaikan järjestys Koneet, välineet ja laitteet Oman työn kehittäminen ja sen vaikutus palkkaan Toimintajärjestelmä <ul style="list-style-type: none"> - laatu- ja ympäristöpolitiikka + yleistä 		HUOMAUTUKSET:

Laat: Juhani Niiranen / 29.5.2017 Hyv./pvm: Pekka Koponen / 30.5.2017

LIITE 2: ESIMERKKEJÄ PEREHDYTYSAINIESTOSTA



Mittavälineiden yleiset käyttöohjeet

Mittavälineet ovat arvokkaita ja herkkiä laitteita, joten niitä tulee käsitellä huolellisesti ja käyttää vain niille soveltuviin kohteisiin.

Valittaessa mittavälinettä mitoituksen varmistamiseen ota huomioon mittavälineen tarkkuus ja soveltuvuus mittaukseen.

Mittavälineen pudotessa tai muuten vioittuessa sen toiminta on tarkastettava ennen käyttöä.



Mittavälineiden yleiset käyttöohjeet

Ennen mittausta

- Puhdista mittaväline
- Tarkasta onko mittavälineen kalibrointi voimassa
- Tarkasta mittausvälineen toiminta, mittauspintojen kunto ja näyttämä lukema
- Puhdista mitattava kappale

QUALITY CONTROL	JANNAK.	HOUK.	MAALIS.	HUHTI.	LOUKO.	KESÄ.	HEINÄ.	ELO.	SYYS.	LOKA.	MARRAS.	JOULO.
2016	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2017	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2018	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2019	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2020	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Mittavälineiden yleiset käyttöohjeet

Mittauksen aikana

- Suorita mittaus kappaleen ollessa kiinni työstökoneessa, mikäli mahdollista.
 - Näin kappaleen kiinnitys ei muutu, mikäli se on uudelleen työstettävä.
- Varmista, että mittauspinnat asettuvat oikein mitattaviin pintoihin nähden.
- Toista mittaus, näin saat varmuutta mittaustuloksiin.

Mittavälineiden yleiset käyttöohjeet

Mittauksen jälkeen

- Puhdista mittaväline
- Palauta se omalle paikalleen sille tarkoitettussa laatikossa

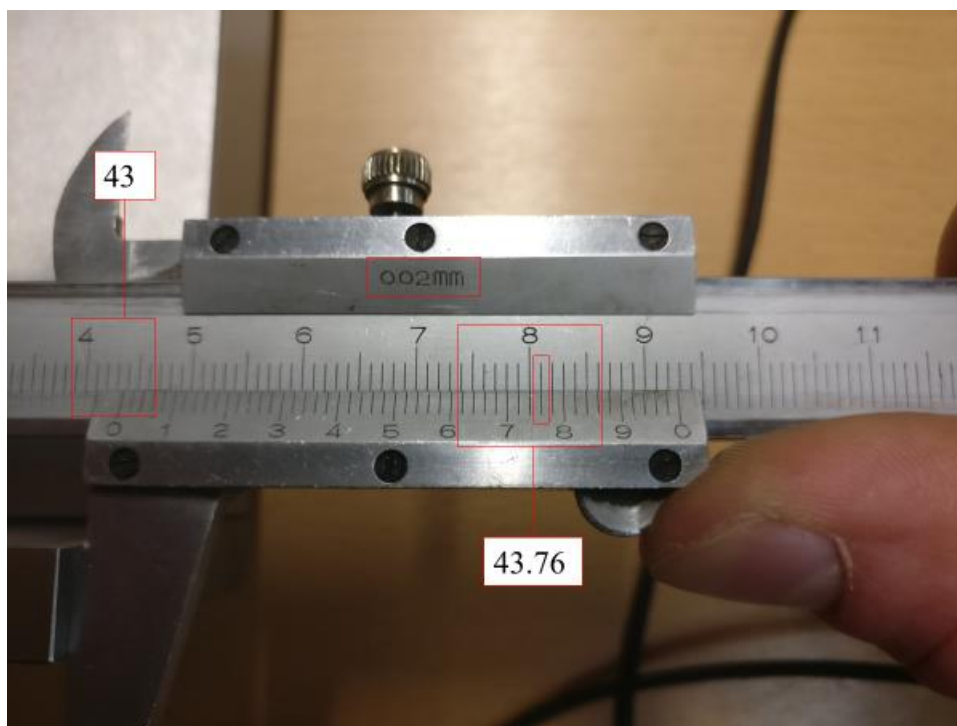
Työntömitat



Työntömitan päivittäinen tarkastus

- Mittauspinnat
 - Tarkasta, että mittauspinnat ovat puhtaat ja kolhuttomat.



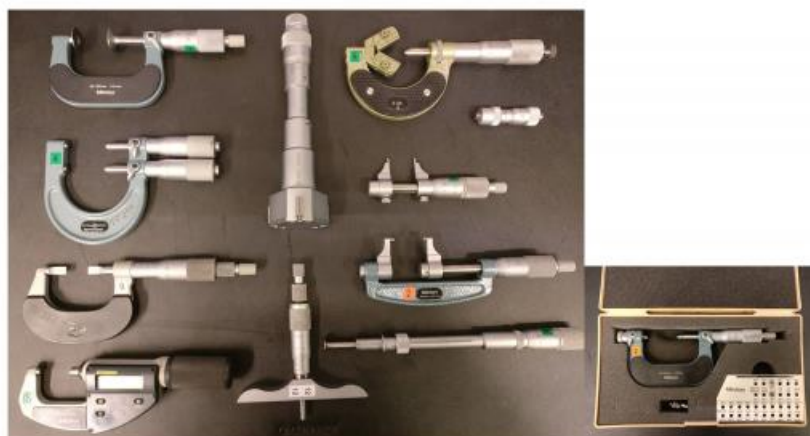


Parallaksivirhe

TOOLFAC



Mikrometrit



Asteikon lukeminen



Päivittäiset tarkastukset

Karan liike

- Tarkasta karan liike rauhallisesti räikästä pyörittäen mitta-alueen maksimista minimiin. Tällä matkalla räikän momenttiraja ei saa ylittyä mittauspintojen ollessa vapaana.
- Mikäli räikän momenttirajan ylittyy:
 - Varmista, että lukitusvipu on auki
 - Puhdista mittaväline huolellisesti
 - Öljyä kara: Pyöritä kara mitta-alueen minimiin ja suihkauta öljyä (esim. elektroniikan suojaus ja voitelu) karan juureen. Liikuta karaa mitta-alueen minimistä maksimiin muutamia kertoja ja pyyhi pois ylimääräinen öljy.
 - Mikäli öljyminen ei auta on mittavälineelle tehtävä perusteellisempi huolto, jonka suorittaa tarkastaja.



Päivittäiset tarkastukset

Mittauspinnat

- Tarkasta mittauspintojen kunto ja puhtaus.

Lukema

- Tarkasta mikrometrin näyttämä mittapalaan, jonka pituus on mahdollisimman lähellä suureen nimellismittaa jota aiotaan mitata.
- Mikrometrit joiden mitta-alueen minimiarvo on 0 tulee tarkastaa nollan lisäksi mittapalaan.
- Mikäli lukema on virheellinen:
 - Puhdista mittauspinnat ja tarkasta uudelleen
 - Säädä kohdalleen

Mittausvirheet

- Parallaksivirhe
 - Esiintyy mittavälineissä joissa on nonius-asteikko. Virhe johtuu väärästä katsomissuunnasta. Esimerkiksi kappaleen ollessa työstökoneessa kiinni, jolloin mittaja ei pysty lukemaan asteikkoa kohtisuorasti.
- Liian suuri mittausvoima
 - Mittauspinta ajetaan liian suurella nopeudella kiinni mitattavaan kohtaan.
 - Mittauspinnat kiristetään rummun osasta jossa ei ole momenttiräikkää, tämä aiheuttaa kaaren taipumisen.
- Huono kohdistus
 - Mittauspinnat ei asetu mitattavan suureen suuntaisiksi
 - Etenkin suuremmilla kaarimikrometreillä kohdistus on vaativaa

Huono kohdistus



Huono kohdistus


TOOLFAC


TOOLFAC

Tarkastus asetusrenkaaseen

- Tarkasta mikrometri asetusrenkaaseen, jonka halkaisija on mahdollisimman lähellä mitattavan kappaleen halkaisijaa.
 - Mikrometrin lukeman virhe asetusrenkaan halkaisijaan on huomioitava kappaletta mitattaessa
- Esim. Kuvan asetusrenkas on 25.010mm
- Mikrometrin lukema 25.000
- Erotus 0.01mm on lisättävä kappaleesta saatuun lukemaan, josta saadaan todellinen mittaustulos

Tarkastus asetusrenkaaseen



- Mitattaessa asetusrenkaaseen mittaväline ei saa "pohjata"



Tarkastus asetusrenkaaseen



- Tarkastettaessa asetusrenkaaseen mittavälineen leukojen tulee olla samoin kuin ne ovat mitattaessa kappaletta
- Esim. mittavälineen leuat eivät kokonaan mahdu kappaleeseen, silloin tarkastus asetusrenkaaseen on tehtävä samalla osalla leukoja kuin itse mittaus



Pinnankarheusmittari

TOOLFAC



Pinnankarheusmittari

TOOLFAC



- Mittauspää on hyvin herkkä, sitä ei saa pudottaa tai kolhia



Pinnankarheusmittari

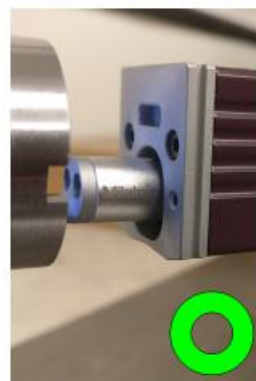


- Mittauspään asettaminen
 - Näytön yläosassa on palkki, joka palaa oranssina mittauspään ollessa vapaana
 - Mittauspään koskettaessa kappaletta palkki muuttuu siniseksi

Pinnankarheusmittari



- Mittauspään asettaminen
 - Mittauspää ei saa painaa liian syväälle kappaleeseen





Lämpökäsiteltävät tuotteet

Ensimmäistä kertaa (**PROTOSARJAT**) lämpökäsiteltävistä tuotteista on tehtävä mittapöytäkirja yksilöidyistä kappaleista ennen ja jälkeen lämpökäsittelyn. Tällä menettelyllä lämpökäsittelyn aiheuttamista muutoksista saadaan tietoa, jota voidaan hyödyntää tulevilla sarjoilla ja samaan lämpökäsittelyprosessiin menevissä tuotteissa.

Kappaleet yksilöidään kaivertamalla niihin merkki tai numero sellaiseen kohtaan, joka ei vaikuta tuotteen toimivuuteen. Merkinnän avulla kappaleet ovat jäljitettävissä lämpökäsittelyn jälkeen. Kappaleita kannattaa yksilöidä muutama, tämä antaa varmuutta mittaustulosten arviointiin.

Muista täyttää mittapöytäkirja!

TOOLFAC		TYÖVAIHE: <u>XXXXXXXX</u>		Mittaustulokset								
Toimittaja; Supplier	Piirustuksen nro.; Drawing Number	Materiaali nro.; Material number	Laatinut Made by	Mittaja; Measurer								
Toolfac Oy	123456789 B		20.12.12 Petrus Soikk	XXX								
Päivämäärä; Date	Osan nimi; Part name:	Asiakas; Customer:	Approved	Työ nro; Order number								
0.0.0000	XXXXXXXXXX	ABCDEFG OY	20.12.12 Petrus Soikk	00XXXX								
<input type="checkbox"/> Uusi osa; New part		<input type="checkbox"/> Tuotannon seuranta		Checked by:								
Mittausmitta no: The Number of the Measure Nr.	Tekniset tiedot (mm); Specifications			Kappaleen numero: The number of the measured part								
	Kappaleen ominaisuus tai mita; the Feature or the measure	Toleranssi; Tolerance	Mittausväline/ mittausvälineen numero; Measuring instrument/ or its number	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												

MUISTA KIRJATA MYÖS PUNAISELLA MERKITYT TIEDOT!

Mittapöytäkirjaan kirjataan mittaustulokset maksimissaan yhdeksästä kappaleesta ja minimissään 10% sarjasta.

Mittapöytäkirjaan tulee täyttää punaisella merkityt tiedot, niiden avulla tuotteiden jäljitettävyys säilyy.

Mittapöytäkirjan ollessa puutteellinen, tuotteet palautetaan valmistuspisteeseen.

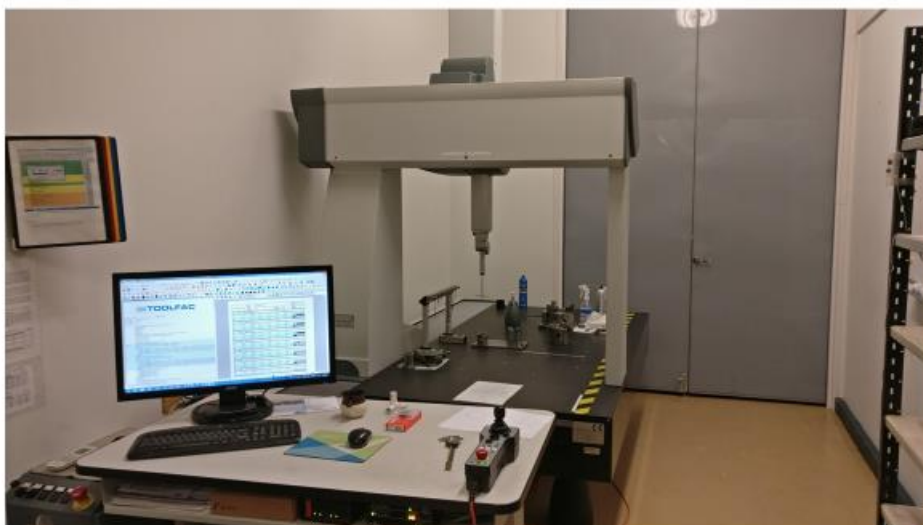
PROTOSARJASTA KAIKKI KAPPALEET MITATAAN JA TULOKSET KIRJATAAN MITTAPÖYTÄKIRJAAN!

Mittapöytäkirjaa hyödynnetään seuraavissa tilanteissa:

- Asiakasreklamaatio
 - Toimittajan on pystyttävä näyttämään toteen tuotteen oikeellisuus.
- Lämpökäsittelyn aiheuttama poikkeama
 - Esimerkiksi kappale on turvonnut/kutistunut toleranssialueen ulkopuolelle. Mittapöytäkirjasta nähdään mihin mittaam kappale on valmistettu ja tätä tietoa hyödynnetään työhjeistuksessa seuraavalla valmistus kerralla, ettei samaa virhettä toisteta.

LIITE 3: OHJE KOORDINAATTIMITTAKONEELLE

Koordinaattimittakone



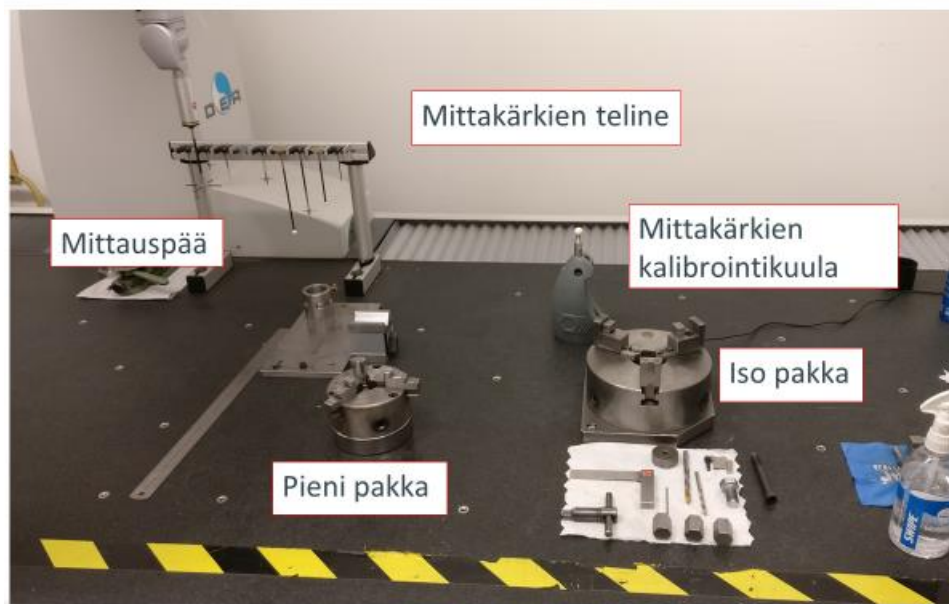
Koordinaattimittakone



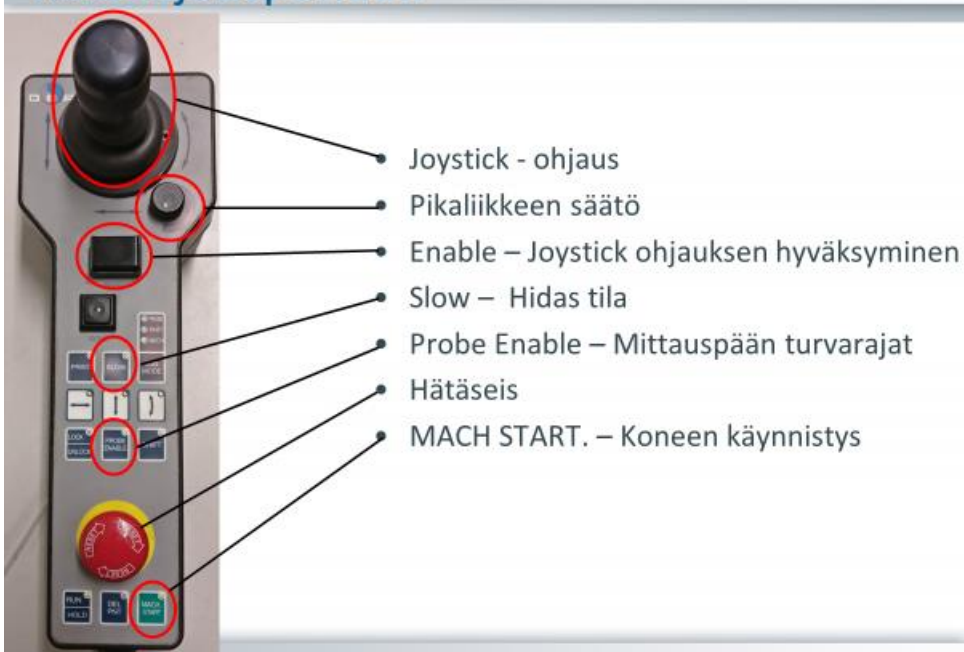
- Koordinaattimittakonetta käytetään kappaleiden mittauksiin joiden mittaamiseen muut menetelmät ei sovellu tai niiden tarkkuus ei ole riittävä. Asiakasvaatimus voi myös edellyttää mittakoneella mittausta.
- Käyttökohteet
 - Geometrisiä toleransseja sisältävät kappaleet
 - Muodon mittaus
- Mittakoneella mitattavien tuotteiden työkorttiin on merkitty työvaiheen alle: Huomioi mittaushjeet

20	35320	Väliteistely sorvaus	4.5.2017	___/___/___	9.5.2017	___/___/___
	35320	Tunniste	073104				
			073104				
		Huomioi mittaushjeet					
25	01002	Tarkastus	9.5.2017	___/___/___	9.5.2017	___/___/___
	01002	Tunniste	073103				
			073103				
		Huomioi mittaushjeet					

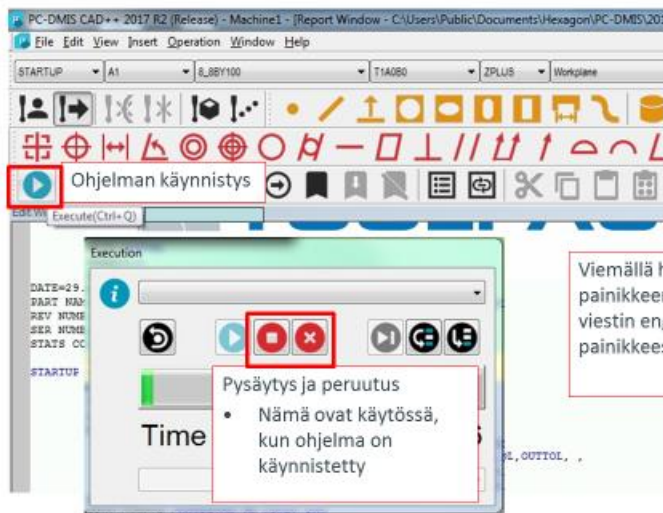
Koordinaattimittakone



Käsiohjauspaneeli



Ohjelman painikkeet



Viemällä hiiren osoittimen painikkeen päälle, ohjelma antaa viestin englanniksi mitä painikkeesta tapahtuu

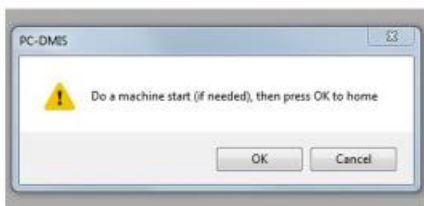
Käynnistäminen



1. Käynnistä tietokone
2. Päävirta ON
3. Control ON
4. Avaa ohjelma PC-DMIS työpöydältä



Käynnistäminen

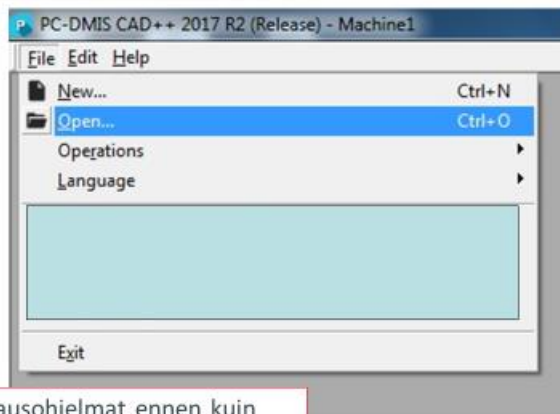
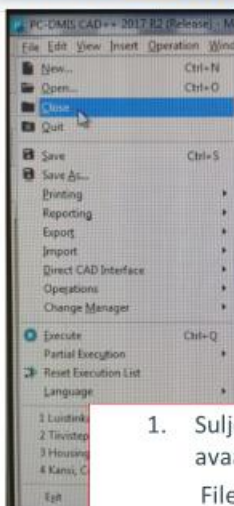


5. Mikäli PC-DMIS antaa ilmoituksen "Do a machine start...", paina käsiohjauspaneelista "MACH. START" –painiketta.
6. Varmista että mittauspää voi liikkua esteettömästi kotipesään
7. Painamalla mittauspää siirtyy kotipesään.



Vilkkuu = Ei käynnissä
Palaa = Käynnissä

Mittausohjelman valinta



1. Sulje muut mittausohjelmat ennen kuin avaat uuden: Vasen yläkulma, klikkaa:
File → Close
– Avaa ohjelma: vasen yläkulma, klikkaa File ja Open
Tämä aukaisee mittausohjelmat kansion

Mittausohjelman valinta

2. Avaa asiakkaan kansio, jonka tuotetta olet mittaamassa.
Esimerkkinä: S [redacted]

Muokkaukspäivä...	Typpi	Koko
26.12.2017 12:50	Tiedostokansio	
29.10.2018 6:30	Tiedostokansio	
4.18.2018 10:05	Tiedostokansio	
30.10.2018 11:		
30.10.2018 12:		
30.10.2018 21:4		
7.6.2018 10:05		
17.11.2018 13:		
15.11.2018 14:		
30.1.2019 12:1		
17.11.2018 13:		
26.10.2018 18:2	Tiedostokansio	
26.7.2018 14:14	Tiedostokansio	
17.11.2018 13:42	Tiedostokansio	
17.11.2018 13:42	Tiedostokansio	
17.11.2018 13:42	Tiedostokansio	
17.11.2018 13:42	Tiedostokansio	
17.11.2018 13:42	Tiedostokansio	
26.7.2018 14:22	Tiedostokansio	
23.10.2018 20:43	Tiedostokansio	
14.3.2019 11:29	PC-DMS-Messun...	109 kt
20.1.2017 12:30	PC-DMS-Messun...	1,405 kt
4.9.2018 16:31	PC-DMS-Messun...	20 kt
12.8.2018 12:31	PC-DMS-Messun...	337 kt
26.7.2018 14:14	PC-DMS-Messun...	37 kt
26.7.2018 14:14	PC-DMS-Messun...	27 kt
1.8.2018 9:48	PC-DMS-Messun...	39 kt
8.10.2015 13:29	PC-DMS-Messun...	343 kt
17.10.18 8:35	PC-DMS-Messun...	20 kt
8.5.2018 8:51	PC-DMS-Messun...	49 kt
25.10.2018 8:00	PC-DMS-Messun...	20 kt
30.9.2018 12:42	PC-DMS-Messun...	40 kt

Mittausohjelman valinta

3. Etsi asiakkaan kansioista tuote, jonka aiot mitata. Mittausohjelmat on nimetty piirustusnumeroiden mukaisesti.
• Esimerkkinä S [redacted] Tiivistepesä [redacted]

4. Valitse ohjelma klikkaamalla sitä ja Avaa-painiketta
• Tämä aukaisee mittausohjelman

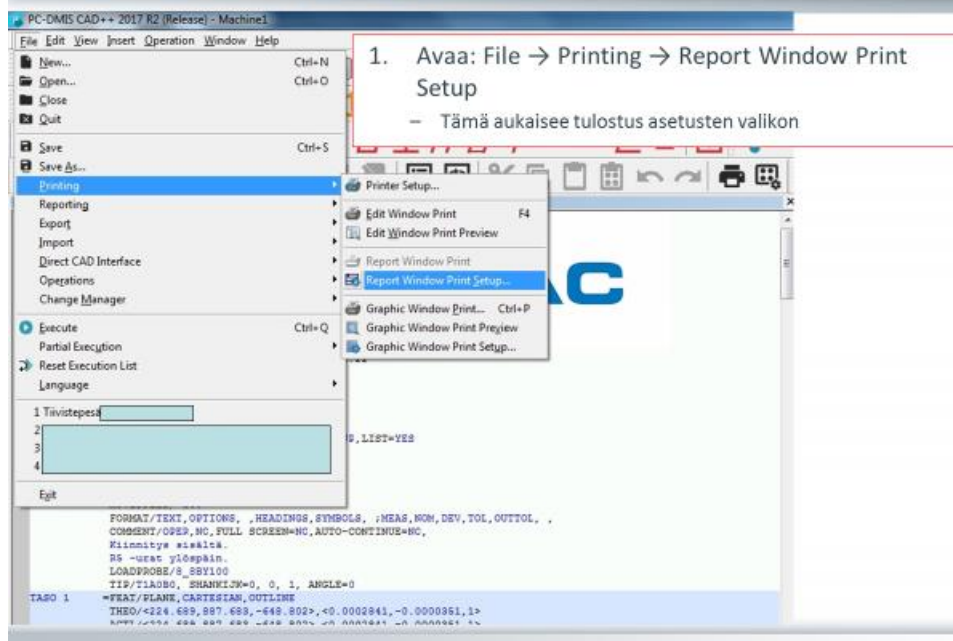
Muokkaukspäivä...	Typpi	Koko
18.8.2017 12:41	PC-DMS-Messun...	1,732 kt
15.5.2018 15:31	PC-DMS-Messun...	155 kt
14.5.2018 19:17	PC-DMS-Messun...	88 kt
29.8.2018 7:37	PC-DMS-Messun...	1,944 kt
29.9.2018 13:08	PC-DMS-Messun...	2,132 kt
30.10.2018 19:10	PC-DMS-Messun...	2,359 kt
6.6.2017 14:30	PC-DMS-Messun...	1,284 kt
11.7.2018 15:58	PC-DMS-Messun...	1,236 kt
14.12.2017 12:14	PC-DMS-Messun...	1,352 kt
8.1.2019 10:57	PC-DMS-Messun...	1,181 kt
6.7.2018 13:26	PC-DMS-Messun...	1,351 kt
13.8.2018 7:13	PC-DMS-Messun...	4,872 kt
14.8.2018 10:42	PC-DMS-Messun...	5,028 kt
14.8.2018 8:30	PC-DMS-Messun...	3,068 kt
3.12.2017 20:14	PC-DMS-Messun...	3,682 kt
21.3.2016 14:21	PC-DMS-Messun...	387 kt

Mittausohjelman valinta



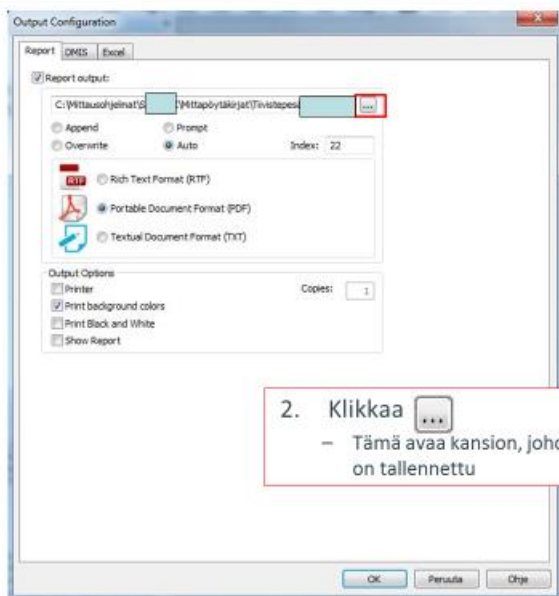
5. Muokkaa mittausohjelmaan (Edit Window) kohtaan SER NUMBER työnnumero.
 - Työnnumero löytyy työkortista
6. Tallenna näppäin yhdistelmällä: CTRL + S

Mittautulosten tallentaminen



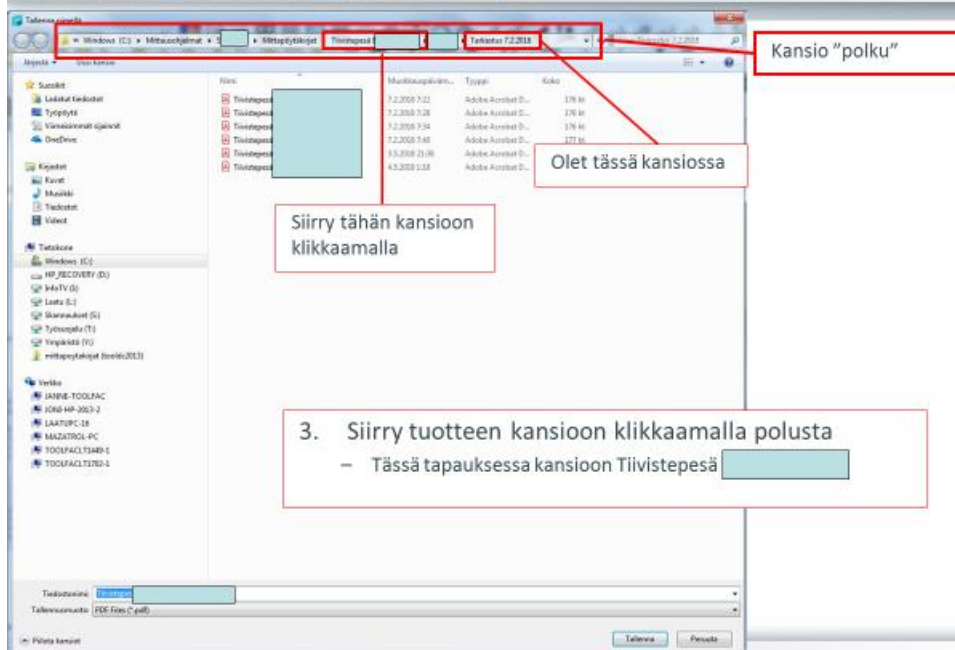
1. Avaa: File → Printing → Report Window Print Setup
 - Tämä aukaisee tulostus asetusten valikon

Mittaustulosten tallentaminen


2. Klikkaa 

- Tämä avaa kansion, johonka edellisen sarjan mittapöytäkirjat on tallennettu

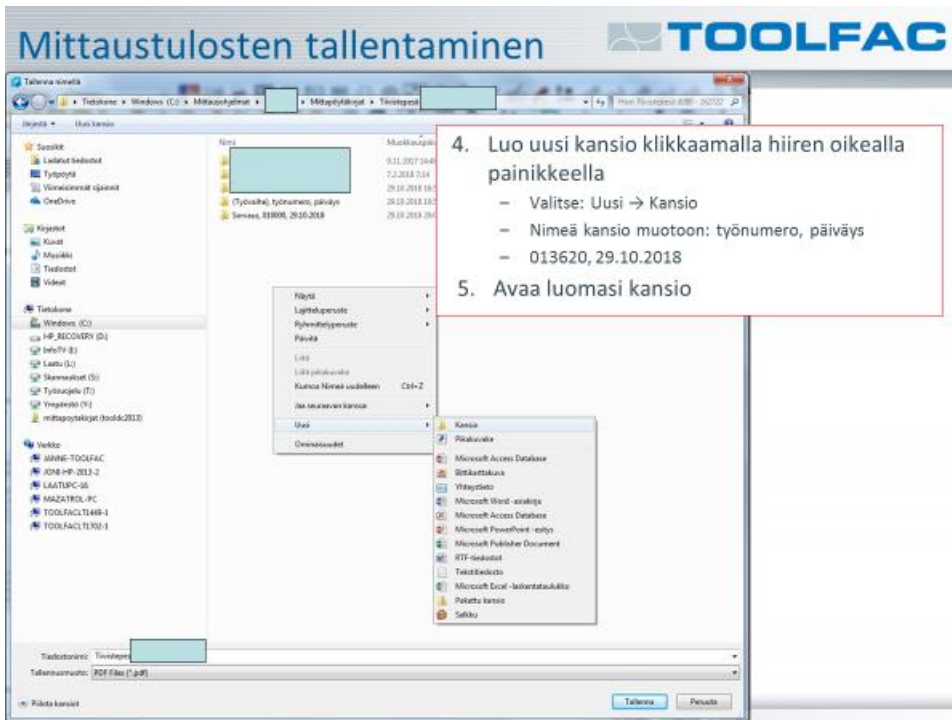
Mittaustulosten tallentaminen



3. Siirry tuotteen kansioon klikkaamalla polusta

- Tässä tapauksessa kansioon Tiivistepesä 

Mittaustulosten tallentaminen

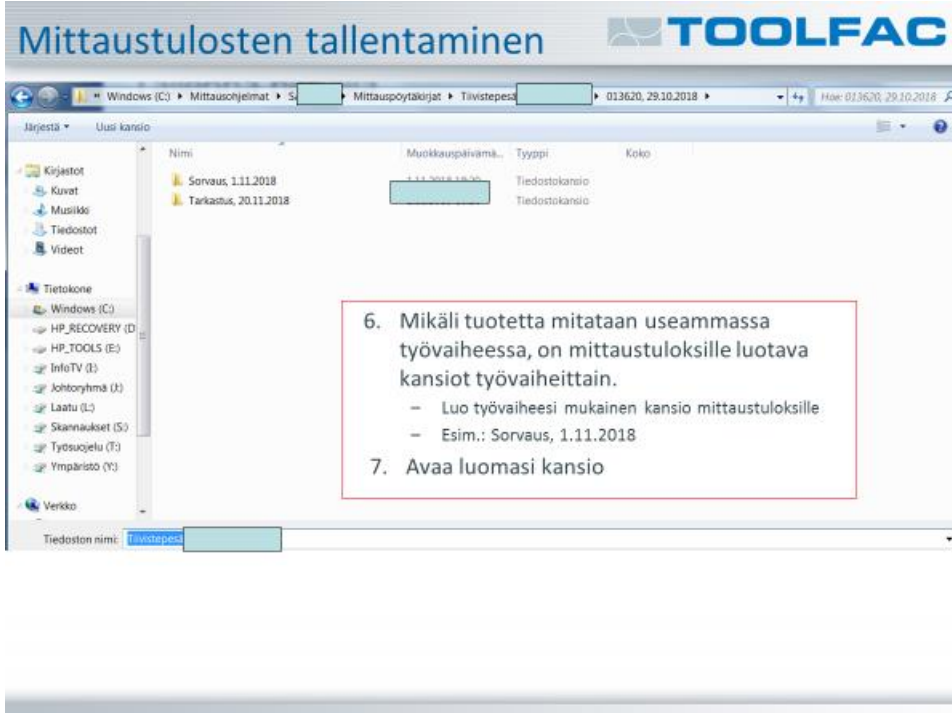


4. Luo uusi kansio klikkaamalla hiiren oikealla painikkeella

- Valitse: Uusi → Kansio
- Nimeä kansio muotoon: työnnumero, päiväys
- 013620, 29.10.2018

5. Avaa luomasi kansio

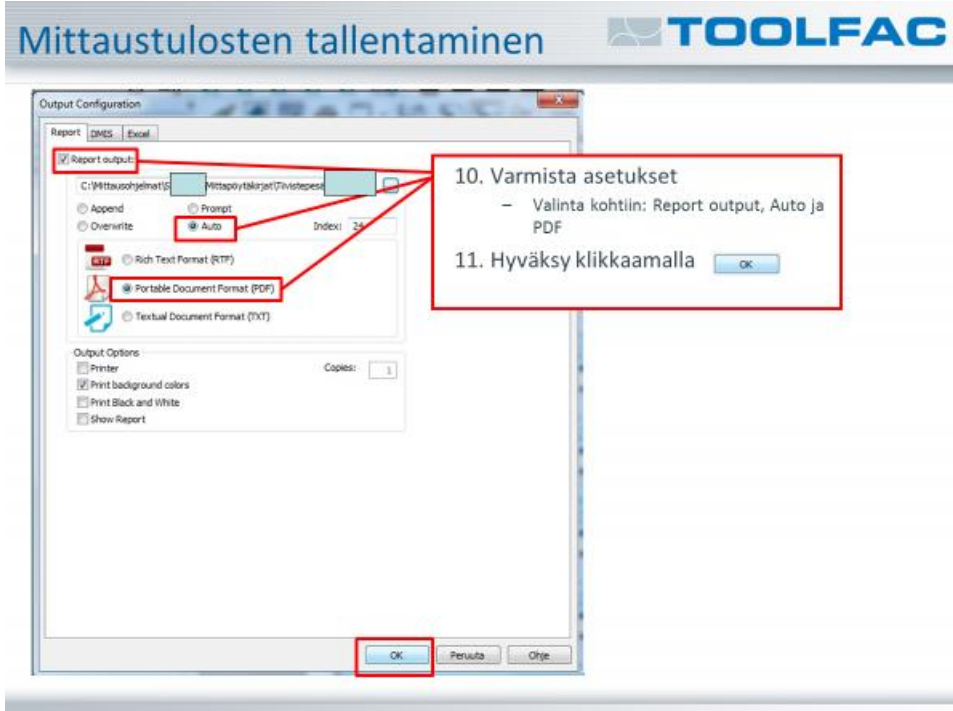
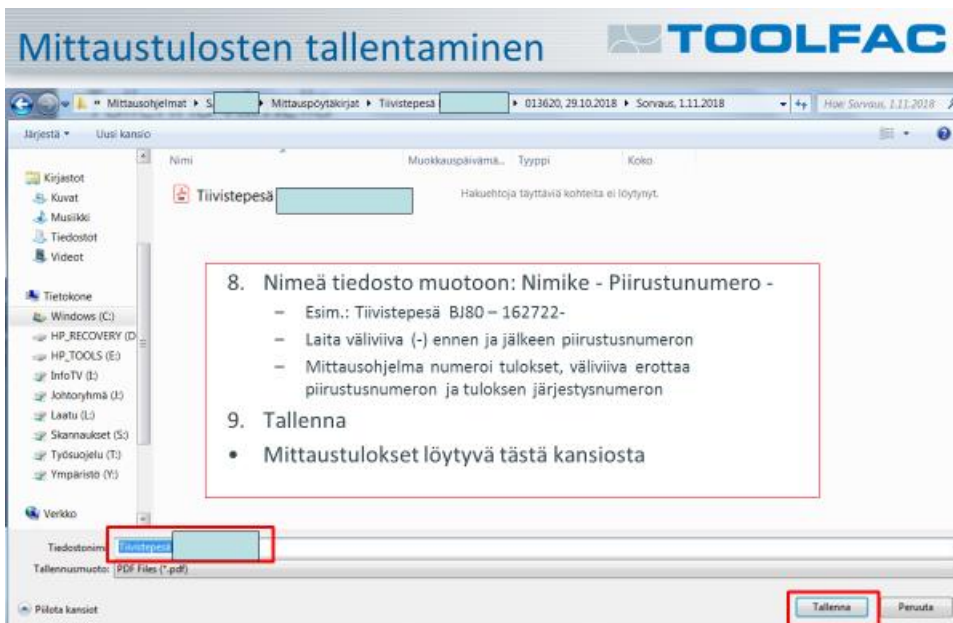
Mittaustulosten tallentaminen



6. Mikäli tuotetta mitataan useammassa työvaiheessa, on mittauksille luotava kansiot työvaiheittain.

- Luo työvaiheesi mukainen kansio mittauksille
- Esim.: Sorvaus, 1.11.2018

7. Avaa luomasi kansio



Mittaaminen



1. Puhdista mitattava kappale huolellisesti, käyttäen paineilmaa, paperia ja isopropanolia



Mittaaminen



2. Varmista käsiohjauspaneelista, että pikaliike on asetettu minimiin ja Probe Enable kohdassa palaa valo.
3. Käynnistä mittausohjelma painamalla 



Min.

Max.



Mittaaminen




4. Kiinnitä kappale mittausohjelman ponnahdusviestin mukaisesti
 - Mikäli et ole varma miten kappale tulee kiinnittää, keskeytä mittaus painamalla  ja kutsu tarkastaja avuksi.
5. Kun kappale on kiinnitetty **VARMASTI** oikein ja kiinnityksen ympärillä ei ole esteitä aloita mittaus painamalla 
 - Mittauksen voi keskeyttää:



Tai

häätätilanteessa
6. Lisää pikaliikettä hillitysti ja seuraa mittapäätä
 - Pikaliikkeen tulee olla Max. – asennossa kun kärki koskettaa kappaletta