

Laadunvarmistuslaboratorion testauslaitteiston
hankintasuunnitelma ja laiterekisteri

Lauri Anttila

Kone- ja tuotantotekniikan opinnäytetyö
Konetekniikka
Insinööri (AMK)

KEMI 2014

ALKUSANAT

Haluan kiittää saamastani avusta ja tuesta Würth Oy:n laadunvarmistuspäällikkö Tiina Koljosta. Haluan erityisesti kiittää myös perhettäni, joka on joustanut ja järjestänyt minulle tarvittaessa aikaa työn tekemiseen.

TIIVISTELMÄ

LAPIN AMMATTIKORKEAKOULU, Tekniikka

| | |
|--|--|
| Koulutusohjelma: | Kone- ja tuotantotekniikka |
| Opinnäytetyön tekijä: | Lauri Anttila |
| Opinnäytetyön nimi: | Laadunvarmistuslaboratorion testauslaitteiston hankintasuunnitelma ja laiterekisteri |
| Sivuja (joista liitesivuja): | 48 (2) |
| Päiväys: | 15.3.2014 |
| Opinnäytetyön ohjaaja: | DI Mari-Selina Kantanen |
| <p>Tämän opinnäytetyön aiheena on Würth Oy:lle perustettavan laadunvarmistuslaboratorion testauslaitteiston hankintasuunnitelman ja laiterekisterin laatiminen. Työn ensisijaisena tavoitteena oli ottaa selvää laboratoriossa tarvittavan laitteiston saatavuudesta, ominaisuuksista ja hintatasosta, sekä laitteiston ylläpitoon tarkoitettujen laiterekisterin laatiminen.</p> <p>Työn alussa laadunvarmistusprojektia ryhdyttiin tarkastelemaan laatu-käsitteen kautta. Työssä on käsitelty laadun ja sen eri osa-alueiden terminologiaa. Lopputuloksena muodostuu kokonaisuus, jossa laadunvarmistuslaboratorion perustamisen lähtökohdat, laadun merkitys yritykselle sekä laatuun liittyvä teoria yhdistyvät luontevalla tavalla. Laajasta ja monta eri tekijää sisältävästä aihe-alueesta on pyritty kokoamaan johdonmukainen esitys.</p> <p>Opinnäytetyön aineistona on käytetty muun muassa laatuun ja materiaalin testaamiseen liittyvää kirjallisuutta, yrityksen sisäisiä lähteitä sekä laitetoimittajilta saatua tietoa. Laitteistoon ja sen ominaisuuksiin perehtyminen alkoi yhteydenpidosta ja tapaamisista laitetoimittajien kanssa. Tämän jälkeen käyttötärpeeseen parhaiten soveltuvista laitteista pyydettiin tarjoukset, joita myöhemmin verrattiin keskenään. Saatavilla ollut teorian tieto sekä koulusta saadut valmiudet toimivat tärkeänä tukena hankintojen suunnittelulle.</p> <p>Syksyllä alkanut projekti on jatkunut näihin päiviin saakka. Työn tuloksena on selvitetty järkevin ja paras kokoonpano hankittavaksi laboratorioon, syvennytty laadun merkitykseen yrityksen liiketoiminnan kannalta, sekä tuotu esille konkreettisia uuden laboratorion tuomia vaikutuksia yrityksen toimintaan.</p> | |
| Asiasanat: laatu, laadunvarmistus, aineenkoetus, hankinta | |

ABSTRACT

LAPLAND'S UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES, Industry and Natural Resources

| | |
|---|---|
| Degree programme: | Mechanical and Production Engineering |
| Author(s): | Lauri Anttila |
| Thesis Title: | Acquisition plan and equipment register of the testing equipment for the Quality Control Laboratory |
| Pages (of which appendixes): | 48 (2) |
| Date: | 15 March 2014 |
| Thesis instructor(s): | Mari-Selina Kantanen, MSc (Tech.) |
| <p>The subject of this study is the acquisition plan and equipment register of the testing equipment for the Quality Control Laboratory for Würth Oy. The primary goal of this study was to find out the availability, features and the price level of the required equipment and also to create a register for the equipment.</p> <p>At the beginning of this work, the quality control project was managed through the concept of quality. The concept of quality and its different areas are dealt with in this study. The purpose was to create a bigger picture which combines the baseline of a new laboratory, the importance of the quality and the theory of quality in a natural way. The aim was to create a coherent presentation from the wide topic which includes a number of different factors.</p> <p>The literature on quality and material testing, company's internal sources and information obtained from the equipment suppliers have all been important material in this study. Getting familiar with the equipment and its features started practically by contacting the suppliers and later meeting them. Afterwards the requested quotations of appropriate equipment were compared to each other. Available theory related to the topic and knowledge acquired in school were the major factors in planning the acquisitions.</p> <p>This project began in autumn 2013 and has continued to these days. As a result of this work, the best configuration of the laboratory has been found, the meaning of quality issues for company's business has been reviewed and concrete effects of the new laboratory on the company have been discussed.</p> | |
| Keywords: quality, quality assurance, material testing, acquisition | |

SISÄLLYS

| | |
|--|----|
| ALKUSANAT | 2 |
| TIIVISTELMÄ | 3 |
| ABSTRACT | 4 |
| SISÄLLYS | 5 |
| 1 JOHDANTO | 7 |
| 2 WÜRTH..... | 8 |
| 3 LIIKETOIMINTA | 9 |
| 3.1 Laatu politiikka..... | 9 |
| 3.2 ISO 9000..... | 10 |
| 4 LAATU | 11 |
| 4.1 Laadun määritelmä | 11 |
| 4.1.1 Oikea laatu | 11 |
| 4.1.2 Laadun osatekijät | 12 |
| 4.2 Laatumääräykset | 13 |
| 5 LAADUNVARMISTUS | 16 |
| 5.1 Laadunohjaus..... | 16 |
| 6 LAADUNVARMISTUSLABORATORIO..... | 17 |
| 6.1 Hankintaprosessi..... | 18 |
| 6.2 Tämänhetkinen tilanne | 19 |
| 6.3 Laadunvarmistuksen merkitys..... | 20 |
| 6.3.1 Vaatimukset..... | 20 |
| 6.3.2 Vaikutukset | 22 |
| 7 LABORATORIO..... | 24 |
| 7.1 Laadunvarmistustasot konsernissa | 26 |
| 7.2 Korjaamo | 27 |
| 7.3 Kalusteet ja layout | 27 |
| 8 RIKKOVA AINEENKOETUS | 31 |
| 8.1 Ruuvit | 31 |
| 8.2 Vetokoe..... | 32 |
| 8.2.1 Laitteisto..... | 32 |
| 8.3 Kovuuden mittaaminen | 35 |
| 8.3.1 Laitteisto..... | 36 |

| | | |
|-------|--|----|
| 8.3.2 | Koekappaleen valmistelu | 37 |
| 8.3.3 | Standardit | 38 |
| 8.4 | Suorruuden mittaaminen..... | 38 |
| 8.5 | Pinnoitteen paksuuden mittaaminen..... | 39 |
| 8.5.1 | Laitteisto..... | 40 |
| 8.6 | Käsityökalut..... | 41 |
| 8.6.1 | Kalusto | 41 |
| 9 | LAITEREKISTERI | 42 |
| 9.1 | Kalibroinnit..... | 42 |
| 9.2 | Huolto | 43 |
| 10 | POHDINTA | 44 |
| | LÄHTEET | 45 |
| | LIITTEET | 46 |
| | LIITE 1 LAYOUT-PIIRUSTUS..... | 47 |
| | LIITE 2 LAITEREKISTERI..... | 48 |

1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä on esitelty Würth Oy:lle perustettavan kiinnitystarvikkeiden laadunvarmistuslaboratorion laitteiston hankintasuunnitelma sekä laitteiston laiterekisteri. Työssä käydään läpi laatua ja laadunvarmistusta käsitteinä, sekä pohditaan niiden merkitystä yrityksen kiinnitystarvikeliiketoiminnalle. Olin mukana projektissa marraskuun 2013 alusta lähtien aina maaliskuuhun 2014 saakka. Ajatus opinnäytetyön aiheesta syntyi syksyllä 2013, kun soitin Würth Oy:n laadunvarmistuspäällikkö Tiina Koljoselle. Yrityksessä oli tuolloin alkamassa laadunvarmistusprojekti, johon sain ottaa osaa lopputyöni muodossa.

Würth Oy on teollisuuden pientarvikkeiden toimittaja, jonka liikevaihdosta merkittävä osa koostuu kiinnitystarvikkeiden myynnistä. Tässä työssä kiinnitystarvikkeilla tarkoitetaan M6-M24 kokoluokan koneruuveja, jotka muodostavat suurimman osan kiinnitystarvikkeiden myynnistä. Laadunvarmistuslaboratorioon oli tarkoitus hankkia sellaiset laitteet ja välineet, joilla ruuvit voidaan koestaa, mitata ja testata, ja näin todeta niiden laatu konkreettisesti.

Työssäni otin selvää testaus- ja mittauslaitteista, niiden ominaisuuksista sekä laitteiden toimittajista. Olen myös yrittänyt ottaa selvää kaikista niistä asioista, joita olisi laitteiden hankinnassa ja käytössä syytä ottaa huomioon. Olen käynyt läpi laatua ja sen osa-alueita käsitteinä ja pyrkinyt soveltamaan niitä käytäntöön. Näiden lisäksi olen pohtinut laadunvarmistuslaboratorion tuomia vaikutuksia yrityksen käytännön toimintaan kiinnitystarvikkeiden myynnissä. Projektin edetessä olin yhteydessä toimittajiin sähköpostitse ja puhelimitse, sekä sovin heidän kanssaan tapaamisia. Kirjallisuudesta sekä alan asiantuntijoilta sain myös tärkeää tietoa aiheeseen liittyen. Olen pyrkinyt muodostamaan osaltani johdonmukaisen kokonaisuuden laajasta ja monta tekijää sisältävästä aiheesta.

Laittehankintojen ja laadun lisäksi käyn työssä läpi laboratorion tiloja ja kalustusta, sekä esittelen laboratorion layoutin. Työhön sisältyy myös laiterekisteri myöhemmin hankittavalle laitteistolle. Laiterekisterin tarkoituksena on pitää yllä testauslaitteistoa, sekä helpottaa sen hallintaa.

2 WÜRTH

Würth on vuonna 1945 perustettu perheyhtiö. Perustaja Adolf Würthin kuoltua, liiketoiminnan otti hoitaakseen hänen silloin 19-vuotias poikansa Reinhold Würth. Sodanjälkeisestä Saksasta alkanut liiketoiminta on kasvanut tähän päivään mennessä maailmanlaajuisesti yhtiöksi. (Würth Groupin www-sivut 2014, hakupäivä 31.1.2014.)

Würth Group on maailman markkinajohtaja omalla liiketoiminta-alueellaan. Würth Groupin ydinliiketoimintaa ovat kokoonpano- ja kiinnitystarvikkeiden myynti. Würth Groupiin kuuluu yli 400 yritystä yli 80 maassa. Työntekijöitä yhtiössä on noin 63000. Konzernin pääkonttori sijaitsee Künzelsaussa, Saksassa. Teollisuudelle tarkoitettu tuotevalikoima käsittää yli 100000 tuotetta, ja siihen kuuluvat esimerkiksi ruuvit ja kiinnitystarvikkeet, työkalut, kemikaalit sekä suojaimet ja suojarusteet. (Würth Groupin www-sivut 2014, hakupäivä 31.1.2014.)

Würth Oy on vuonna 1975 perustettu myyntiorganisaatio. Würth Oy:n emoyhtiö on saksalainen Adolf Würth GmbH&Co. Würth Oy on erikoistunut työkalu- ja tarvikealaan. Yrityksen liikevaihto oli noin 240 miljoonaa euroa vuonna 2012. Henkilöstöä vuonna 2012 yrityksellä oli noin 1100. Würth Oy:n logistiikkakeskus ja pääkonttori sijaitsevat Riihimäellä, Suomessa. Würth Oy:n myymäläverkosto käsittää noin 160 tukkumyymälää. (Würth Oy:n www-sivut 2014, hakupäivä 31.1.2014.)

3 LIIKETOIMINTA

Würth Oy:n tuotevalikoimaan kuuluvat ruuvituotteet, kiinnitystarvikkeet, käsi- ja sähkötyökalut, paineilmatyökalut, huoltotarvikkeet ja kemikaalit, hiomatarvikkeet, poranterät, kierretyövälineet, työsuojaimet ja muut asennustarvikkeet. Würth Oy:n tuotevalikoimaan kuuluu noin 30 000 nimikettä. Würth Oy on palveluyritys, joka on erikoistunut laskemaan asiakkaalle koituvia ylimääräisiä pientarvikekustannuksia. (Würth Oy:n www-sivut 2014, hakupäivä 4.2.2014.)

Würth Oy pyrkii toiminnallaan säästämään asiakkaan aikaa, jotta asiakkaalla olisi enemmän resursseja keskittyä omaan ydinliiketoimintaansa. Asiakkaan pientarvikekustannusten laskemiseen yritys pyrkii esimerkiksi toimittamalla tuotteet suoraan asiakkaan hyllyyn jos mahdollista, varastoimalla tuotteet asiakkaan puolesta ja tarjoamalla asiakkailleen ATK-seurantaa sovittujen tuotteiden osalta, jolloin asiakas voi halutessaan poistaa pientarvikkeet kokonaan omasta tietojärjestelmästänsä. Würth Oy:n mukaan yrityksen toiminnan kulmakiviä ovat laatu, asiakkaalle tuotettu hyöty, luotettavuus, toimitusvarmuus ja ympäristöasiat. (Würth Oy:n www-sivut 2014, hakupäivä 4.2.2014.)

3.1 Laatupolitiikka

Würthille, yrityksen omien sanojen mukaan, on ensiarvoisen tärkeää, että tuotteet ovat turvallisia ja luotettavia. Würth pitää korkeaa laatua yritystoiminnan lähtökohtana jo toimittajavalinnoissa, materiaalivalinnoissa ja tuotteiden suunnittelussa. Emoyhtiön tuotekehitysosastolla työskentelee yli 200 tuotekehitysinsinööriä sekä yli 80 laadunvalvojaa, joiden avulla yritys varmistaa, että tuotteet täyttävät niille asetetut normit ja standardit. Yrityksen filosofiaan kuuluu jatkuva kehittyminen. Würth Oy:n laatujärjestelmä sertifioitiin toukokuussa 2010 ISO 9001:2008 järjestelmän mukaiseksi. Yrityksen dokumentoitu toimitusvarmuus on ollut 10 vuoden ajan yli 99%. Laadun merkitystä Würthille voidaan pitää siis erittäin merkittävänä asiana. (Würth Oy:n www-sivut 2014, hakupäivä 4.2.2014.)

3.2 ISO 9000

ISO 9000 on laatustandardisarja. Würth Oy:n noudattama ISO 9001 on tämän standardisarjan laajin ja täydellisin standardi. ISO 9001 otetaan käyttöön silloin kun yrityksen täytyy varmistaa tuotteiden vaatimuksenmukaisuus suunnittelusta toimituksen jälkeisiin palveluihin saakka. Standardi vaatii, että yrityksellä on dokumentoitu ja ylläpidettävä laadunhallintajärjestelmä sekä laatukäsikirja. Dokumentoidun laadunhallintajärjestelmän yhtenä tarkoituksena on auttaa yritystä kehittämään toimintaansa. (Andersson&Tikka 1997, 104, 110; Lecklin 1997, 31, 34.)

Laadunhallintajärjestelmällä halutaan esimerkiksi:

- Järjestelmällisyyttä toimintaan ja valvontaan,
- Lisätä tuottavuutta,
- Luoda dokumentoidut, hyväksytyt toimintatavat,
- Yhtenäiset käytännöt,
- Varmistaa asiakastyytyväisyys,
- Varmistaa tuotteiden korkea ja tasainen laatu.

Yksi tärkeimmistä laatujärjestelmän tuottamista eduista onkin yrityksen eri toimintojen ja prosessien yksityiskohtainen analysointi. Tätä kautta tulee pyrkimys tuotteiden ja valmistuksen laadun hallintaan. (Andersson&Tikka 1997, 104, 110; Lecklin 1997, 31, 34.)

Würth Oy on lisäksi sertifioinut ympäristönhallintajärjestelmänsä. Yritys täyttää ISO 14001:2004 sertifikaatin. Würth Oy mainitsee verkkosivullaan ekologiseksi tavoitteekseen käyttöturvallisempien ja ympäristöä vähemmän kuormittavien vaihtoehtojen tarjoamisen asiakkailleen. (Würth Oy:n www-sivut 2014, hakupäivä 4.2.2014.)

4 LAATU

Laatu on käsitteenä moniulotteinen. Laatuun liittyvät ominaisuudet ja tunnusmerkit riippuvat tarkastelunäkökulmasta. Laatu siis saa eri sisältöjä arvioijan asemasta ja tekemisistä riippuen. Laatu on myös aikaan sidottu. *Laatu*- sanan merkitys on selkeästi muuttunut noin 50 vuoden aikana, jolloin laadusta ja sen olemuksesta on keskusteltu vilkkaasti. (Andersson&Tikka 1997, 16; Lecklin 1997, 20.)

4.1 Laadun määritelmä

Hyvin yleisesti ajatellaan, että asiakas määrittää laadun. Asiakkaan odotukset, vaatimukset ja tarpeet toimivat referenssinä laadulle. Pelkästään virheettömät tuotteet ja tehokas toiminta eivät takaa korkeaa laatua, vaan korkean laadun määrittämiseen tarvitaan asiakkaan näkemys. Laatua voidaan ajatella siten, että yritys täyttää asiakkaan tarpeet mahdollisimman kannattavalla ja tehokkaalla tavalla. Toisin sanoen, *laatu on soveltuvuutta käyttötarkoitukseen*. (Andersson&Tikka 1997, 18; Lecklin 1997, 20.)

Laatu voidaan määritellä myös seuraavalla tavalla: *”laatu on tuotteen tai palvelun ominaisuudet, joilla täytetään olemassa olevat tarpeet”* (Andersson&Tikka 1997, 18.)

Jo alusta alkaen laadukkaan toiminnan määritelmään on myös kuulunut, ettei virheitä tehdä. asiat tehdään oikein ensimmäisellä kerralla ja joka kerta. Virheettömyyttäkin tärkeämpää on kokonaislaadun kannalta oikeiden asioiden tekeminen. On tärkeätä ymmärtää laatu käsitteenä yleisesti. (Andersson&Tikka 1997, 18; Lecklin 1997, 20.) Tässä opinnäytetyössä laatu –käsite saa myös konkreettisempia muotoja, kun puhutaan yksittäisten tuotteiden laadusta.

4.1.1 Oikea laatu

Kun tuote tai palvelu täyttää sille asetetut vaatimukset, voidaan puhua oikeasta laadusta. Jos tarpeita ja odotuksia ei täytetä, tuote on vääränlaatuinen. Vastaavasti, mikäli tuote on ”parempi”, kuin etukäteen on määritelty, eli tuotteella on ominaisuuksia joita siltä ei ole vaadittu, on tuote vääränlaatuinen. Tämä aiheuttaa yleensä tuotteelle myös tarpeettoman korkean hinnan. Yrityksen näkökulmasta täydellinen tuote voi olla

asiakkaan mielestä ylilaatua, josta asiakas ei ole valmis maksamaan. Ylilaadusta esimerkkinä voi olla kaukosäädin, jossa on lukuisia ominaisuuksia joita suurin osa asiakkaista ei kuitenkaan koskaan tarvitse ja kaukosäätimen käyttäminen vaikeutuu. Huomionarvoisena asiana tulee ottaa huomioon, että mikäli yritys saavuttaa juuri laadulla kilpailuedun markkinoilla, tällöin asiakkaan odotukset ylittävä laatu ei ole ylilaatua. (Suomen Metalliteollisuuden Keskusliitto 1987, 10; Lecklin 1997, 20.)

4.1.2 Laadun osatekijät

David Garvin antaa tuotteiden ja palvelujen laadulle kahdeksan osatekijää, jotka kontekstista riippuen voivat saada erilaisia sisältöjä. Tässä työssä asiaa voidaan tarkastella kiinnitystarvikkeiden laadunvarmistusta ajatellen. Tällöin huomionarvoisia kohtia ovat kohdat 1-5. Näiden osatekijöiden kohdalla seuraavat kysymykset ovat oleellisia:

1. Suorituskyky
 - Täyttääkö tuote sille määritellyn tehtävän?
2. Ominaisuudet
 - Mitkä ovat tuotteen mekaaniset ominaisuudet? (Lujuus, kovuus, suoruus)
3. Luotettavuus
 - Voidaanko tuotteen laatuun luottaa?
4. Yhdenmukaisuus
 - Ovatko tuotteen keskenään yhdenmukaisia; täyttävätkö tuotteet vaaditun standardin?
5. Kestävyys
 - Määräytyy tässä tapauksessa kohdista 1. ja 3.
6. Huollettavuus
7. Ulkonäkö
8. Imago

(Andersson&Tikka 1997, 21.)

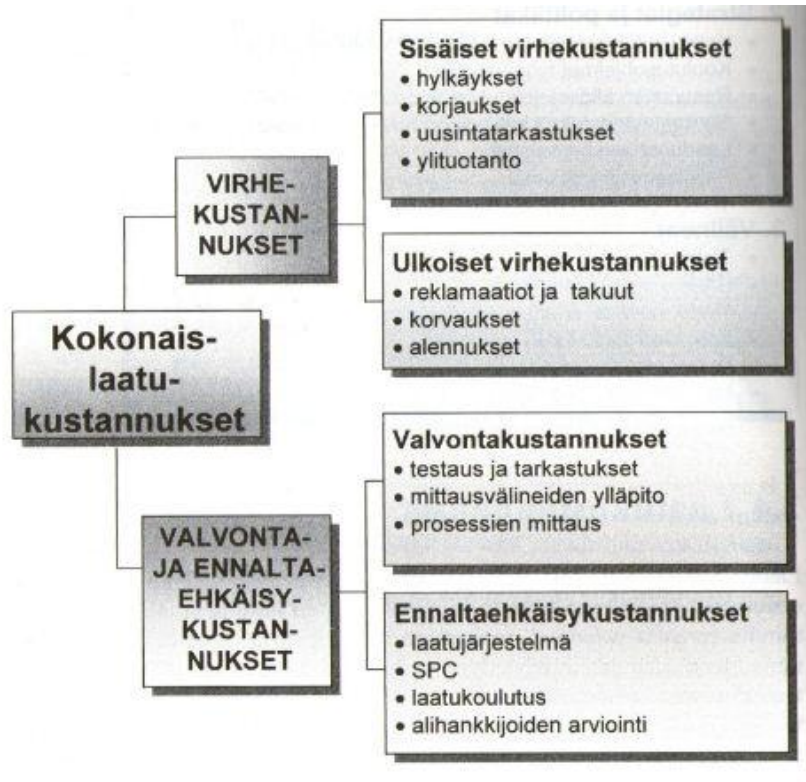
Uuden laadunvarmistuslaboratorion yksi tavoite on, että edellä esitettyihin kohtiin saadaan testauksen seurauksena vastaus. Näin voidaan varmistua tuotteen laadusta ja täyttää asiakkaalle annettu lupaus.

4.2 Laatukustannukset

Suurin syy laatukustannusten muodostumiselle aiheutuu siitä, jos yrityksessä ei toimita kerralla oikein -periaatteen mukaisesti. Laatukustannusten syntyyn vaikuttavat eniten virheellinen tuote (poikkeama laadussa), toimitetun tuote-erän jäljittäminen (mitä on toimitettu ja mihin on toimitettu), poikkeaman korjaaminen (takaisinkutsu, asiakashyvitykset, virheettömän tuotteen toimittaminen) sekä varmistaminen, ettei poikkeamaa enää synny (reklamaatio toimittajalle, toimittajayhteistyö). (Andersson&Tikka 1997, 31.)

Oikein käytetty laatukustannusten seuranta antaa käyttöön yhden tehokkaimmista laadunohjauksen välineistä. Tämä perustuu siihen, että puutteellisen laadun vaikutukset voidaan nähdä suoraan rahallisena arvona. Tätä ajattelutapaa voidaan soveltaa kiinnitystarvikkeidenkin kohdalla. Laadunvarmistusprojektin yhtenä päätarkoituksena on minimoida puutteellisen laadun aiheuttamat kustannukset. (Andersson&Tikka 1997, 31.)

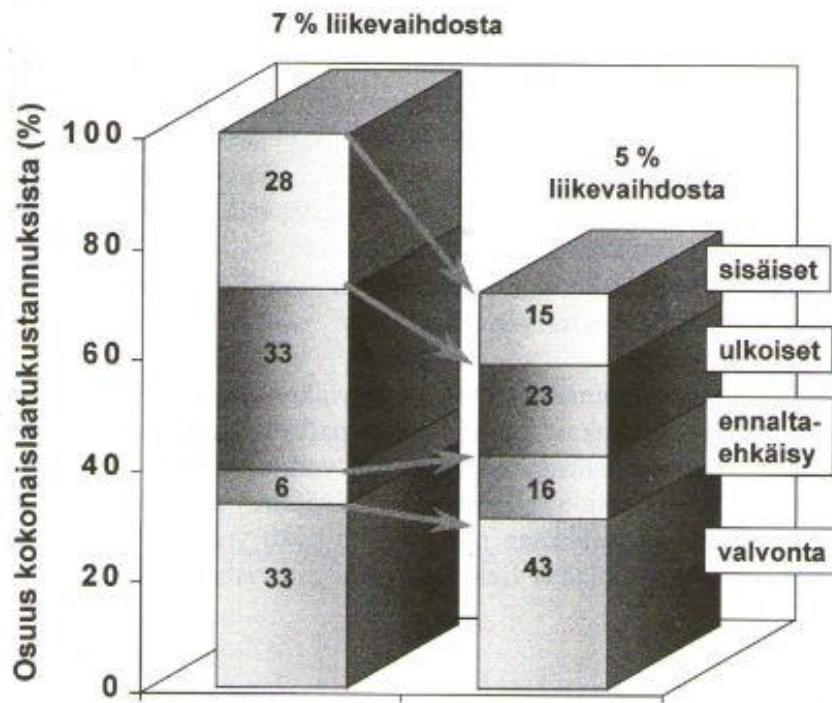
Yleisesti konepajateollisuudessa käytössä oleva laatukustannusten jako on esitetty kuvassa 1. Kyseistä jakoa voidaan soveltaen käyttää myös tässä tapauksessa, vaikka tuotteita ei valmistetakaan itse.



Kuva 1 Laatukustannusten erittely (Andersson, Tikka 1997.)

Kuvasta 1 nähdään, että laadunvarmistuskustannukset kuuluvat valvonta- ja ennaltaehkäisykustannuksiin. Laadunvarmistuslaboratoriossa tehtävät testaukset ja tarkastukset ovat tärkeitä välineitä virheiden minimointia ajatellen.

Kuvassa 2 on esimerkki siitä, miten valvontaan ja ennaltaehkäisyyn panostamalla voidaan kokonaislaatu-kustannuksia pienentää merkittävästi. Tässä tapauksessa uuden laadunvarmistuslaboratorion perustaminen voidaan linkittää suoraan kuvan 2 mukaisiin valvonta- ja ennaltaehkäisykustannuksiin.



Kuva 2 Ennalta ehkäisevän toiminnan vaikutus laatumukustannuksiin (Andersson, Tikka 1997.)

5 LAADUNVARMISTUS

Laadunvarmistus on käsitteenä laaja. Termillä tarkoitetaan yleensä koko yrityksen toiminnan koordinoimista järjestelmälliseksi. Erään määritelmän mukaan laadunvarmistus kattaa kaikki toimenpiteet, joilla varmistetaan tuotteen laatu yrityksen eri toiminnoissa. Tässä työssä laadunvarmistus -termiä ei kuitenkaan käytetä näin laajassa mittakaavassa, vaan sen käyttö on rajattu tarkoittamaan kiinnitystarvikkeiden laadunvarmistusta. (Andersson&Tikka 1997, 106.)

Tuotteiden laatua säätelevän järjestelmän, tässä tapauksessa laadunvarmistuslaboratorion, luomisen tarve voi syntyä yritykselle monesta eri syystä. Tämän projektin taustalla olevina syinä voidaan pitää seuraavia:

- Asiakkaan vaatimus
- Yrityksen oman kehityksen varmistus (Jatkuvan parantamisen malli)
- Kilpailutilanne
- Imagosyyt

(Andersson&Tikka 1997, 106.)

5.1 Laadunohjaus

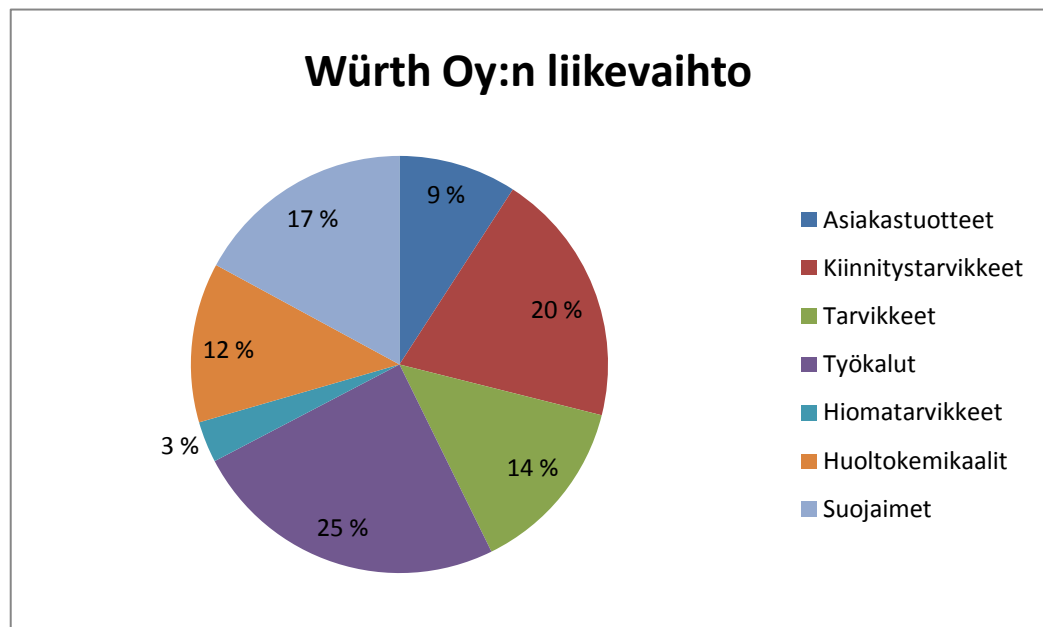
Laadunvalvonnalla ja laadunvarmistuksella tarkoitetaan toleranssien ulkopuolella olevien ja laadullisesti poikkeavien tuotteiden havaitsemista ja niiden poistamista prosessista. Laadunohjaus on tätä laajempi käsite. Laadunohjauksessa havainnoitua tietoa hyödynnetään tuotteen valmistusprosessin ohjaamiseksi. Tässä tapauksessa valmistusprosessin asemasta voidaan puhua prosessista, joka käsittää tuotteen hankinnan, käsittelyn ja myymisen. Laadunohjauksen voidaan ajatella olevan säätämistä, jolla prosessia hallitaan. Joseph Juranin mukaan laadunohjaus on säätöprosessi, joka sisältää todellisen laadun mittaamisen (laadunvarmistuslaboratorio), vertaamisen vaatimustasoon (asiakkaiden vaatimustaso) ja mahdollisten poikkeamien aiheuttamien toimenpiteiden aloittamisen. (Andersson&Tikka 1997, 29.)

6 LAADUNVARMISTUSLABORATORIO

Würth Oy:n kiinnitystarvikkeiden laadunvarmistusprojekti sekä siihen olennaisesti liittyvä laadunvarmistuslaboratorio perustuvat konsernin ylimmän johdon päätökseen parantaa yrityskohtaista laadunvalvontaa. Tuotteen laadunvarmistaminen eräkohtaisesti on mahdollista vain saapuvan tavaran yhteydessä, sitä ei voida tehdä etukäteen esimerkiksi toimittajavalinnan yhteydessä.

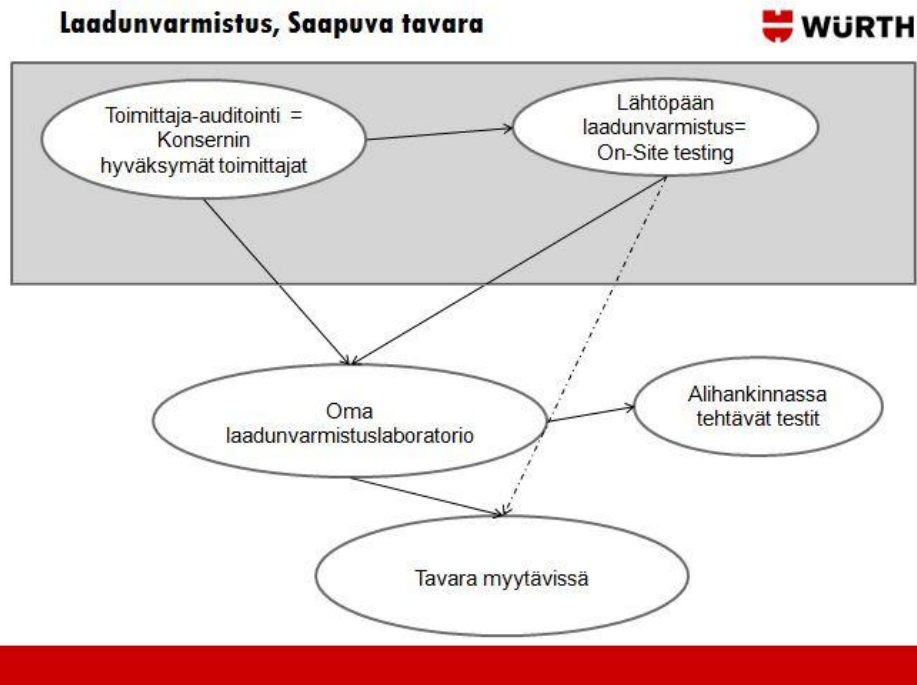
Laboratoriossa testattavilla kiinnitystarvikkeilla tarkoitetaan tässä työssä kuusio-, kuusiokolo-, ja uppokantaisia koneruuveja välillä M6-M24. Projektia lähdettiin toteuttamaan pääyhtiön mandaatilla. Laadunvarmistus ja laatuun panostaminen kuuluvat jatkuvan parantamisen malliin, jolla taataan yrityksen jatkuva kehitys. Laadunvarmistuslaboratorion perustamisen taustalla on vahvasti myös se tosiasia, että kiinnitystarvikkeet muodostavat merkittävän osan teollisuuden pientarvikkeita myyvän yrityksen liikevaihdosta (taulukko 1).

Taulukko 1 Würth Oy:n liikevaihdon muodostuminen tuotesektoreittain.



Laadunvarmistuslaboratorion perustamisen lähtökohtina voidaan pitää lisäksi muita luvussa 5 mainittuja syitä, joita ovat asiakkaan vaatimus, kilpailutilanne ja imagosyyt. Kuten aiemmin todettiin, asiakas määrittää laadun. Laadunvarmistuslaboratorion yhtenä tarkoituksena on taata, että asiakkaiden vaatima ja odottama laatu voidaan parhaalla mahdollisella tavalla täyttää. Toimiva laadunvarmistuslaboratorio on myös yksi tekijä,

jolla voidaan pyrkiä erottumaan kilpailijoista ja parantamaan yrityksen asemaa markkinoilla. Nämä tekijät osaltaan määrittävät imagon. Sitä, että tuotteiden ja palveluiden korkea laatu on yritykselle tärkeää, ja siihen todella panostetaan, halutaan myös viestiä ulospäin. Laadunvarmistusta voidaan havainnollistaa (Kuva 3) seuraavalla tavalla:



Kuva 3 Laadunvarmistus (Würth Oy 2013.)

6.1 Hankintaprosessi

Vaikka laadunvarmistusprojekti toteutetaan yksityisen sektorin yrityksessä, voidaan laboratoriolaitteiston hankintaprosessissa osittain soveltaa Suomen kuntaliiton yleisiä kunnille tarkoitettuja hankintaohjeita, tästä esimerkkinä kilpailutettavien hankintojen rajoitettu menetelmä.

Rajoitetussa menetelmässä määrätystä joukosta toimittajia pyydetään tarjoukset. Kyseiset toimittajat arvioidaan toimituskykyisiksi ja luotettaviksi suorittamaan suunniteltu hankinta. Jotta luotaisiin mahdollisimman tasapuolinen (yksityisellä sektorilla hankintaa suunnittelevalla yritykselle mahdollisimman edullinen) kilpailutilanne, tarjouspyyntö lähetetään riittävän monelle yritykselle. Suositeltavana

määränä hankinnoissa voidaan pitää vähintään kolmea toimittajaa. Rajoitettua menetelmää käytetään erityisesti, kun halutaan kiinnittää huomiota ehdokkaiden soveltuvuuteen, ja kun toimittajan valinta suoritetaan tarjousten kokonaistaloudellisuuden perusteella. (Oksanen 2010, 33.)

Ohjeiden mukainen hankintaprosessin rakenne sovellettuna:

- Tehtävän määrittely
 - Tavarat/Palvelut (esimerkiksi vetokoelaite)
- Kilpailuttamisvaihe
 - Valintaperusteiden ja arviointikriteereiden määrittäminen (laitteen ominaisuudet ja soveltuvuus käyttötarkoitukseen)
 - Tarjousten pyytäminen
- Vertailu- ja päätöksentekovaihe
 - Tarjousten avaaminen
 - Päätöksenteko ja perusteleminen
- Hankinnasta päättäminen
 - Sopimusehdot
- Sopimuksen/hankinnan toteutumisen seuranta

(Oksanen 2010, 50.)

6.2 Tämänhetkinen tilanne

Würth Oy:n kiinnitystarviketoimittajat auditoidaan konsernin vaatimusten mukaisesti. Toimittajahyväksynnän jälkeen konserni antaa tilausluvan globaalisti, jolloin toimittaja siirtyy hyväksytyksi toimittajaksi.

Toimittajan tulee suorittaa standardin mukaiset laatutestit sovitusta tuoteryhmistä ennen tavarantoimitusta. Testeistä toimittaja lähettää Würth Oy:lle sertifikaatit tuotekohtaisesti. Tämän lisäksi tehdään pistokokein lähtöpään testejä, jolla tarkoitetaan toimittajan lähettämien näytteiden testaamista Würth laboratoriossa lähetysluvan saamiseksi. Mikäli testeissä ei ole poikkeamaa, annetaan toimittajalle lupa toimittaa kyseinen erä. Testien teettämisestä päättää ostaja tai laatuosasto.

Tavaran saapuessa Würthin logistiikkakeskukseen Riihimäelle, niille tehdään visuaalinen laatutarkistus. Tarkastuksessa varmistetaan lähetyksen fyysisen ulkomuoto (muun muassa lavojen ja pakkausmateriaalien kuntotarkistus, lavakoko), EAN-koodi, tuotteen etiketti ja määrä. Tämän jälkeen tuotteet hyllytetään. Mikäli kyseessä on tehdaspakkaus, lajitellaan kiinnitystarvikkeet myyntipakkauksiin uudelleenpakkauksessa. Tarvittavat laatutestit on aikaisemmin teetetty alihankkijalla.

Kiinnitystarvikkeiden laadunvarmistus on siis ollut olemassa tähänkin asti, ja myytävien tarvikkeiden laatu on pystytty luotettavasti todentamaan. Oman laadunvarmistuslaboratorion perustamisen myötä myytävien kiinnitystarvikkeiden laatua voidaan valvoa entistä tarkemmin sekä laadunvalvontaprosessi kevenee ja nopeutuu.

6.3 Laadunvarmistuksen merkitys

Kokonaisuudessaan kiinnitystarvikkeiden laadunvarmistus on, ja tulee olemaan merkittävä asia. Kuten kohdassa 6 todettiin, huomattava osa yrityksen liikevaihdosta koostuu kiinnitystarvikkeiden myynnistä. Kun vielä myytyjen kiinnitystarvikkeiden kohdalla tärkeintä on, että asiakas voi joka tilanteessa luottaa tarvikkeen laatuun, korostuu laadunvarmistuksen merkitys. Oman laadunvarmistuslaboratorion odotetaan lisäävän asiakkaiden luottamusta Würth-kiinnitystarvikkeita kohtaan entisestään. Testaamalla voidaan todentaa kiinnitystarvikkeiden laatu eräkohtaisesti.

6.3.1 Vaatimukset

Laadunvarmistuslaboratorion toiminnassa merkittävässä roolissa tulevat olemaan kiinnitystarvikevalikoimasta vastaavat tuotepäälliköt, jotka myös vastaavat kyseisten tuotteiden hankkimisesta varastoon. Testausta ei tulla toteuttamaan jokaiselle saapuvalla erälle rutiininomaisesti, vaan on kiinnitystarvikkeita varastoon ostavan henkilön harkinnan varassa määrätä laatutestejä tehtäväksi. Tilanteita, joissa ostaja voi määrätä laatutestejä tehtäväksi, voivat olla esimerkiksi jonkin toimittajan selkeästi muuttunut laatu tai kokonaan uusi toimittaja. Laatutestipyynnöitä voidaan esittää myös esimerkiksi

uudelleenpakkauksesta, kun varastoon saapuvat kiinnitystarvikkeet lajitellaan myyntipakkauksiinsa. Havaitut laatu epäilyt tutkitaan ja jatkotoimenpiteistä keskustellaan tuoteosaston kanssa. Myös asiakkaalta tuleva palaute voi käynnistää laatututkimukset. Jotta laadunvarmistus saadaan hyödynnettyä tehokkaasti, edellyttää se tuoteosaston, korjaamon, laboratorion operaattorin sekä laadusta vastaavien henkilöiden toimivaa yhteistyötä.

Laadunvarmistuslaboratorioon tarvitaan resurssi laitteita käyttämään ja kokeita tekemään. Tässä vaiheessa on todennäköistä, että laboratoriossa tulee työskentelemään yksi henkilö, joka suorittaa materiaalin testauksen ja muut laadunvarmistukseen liittyvät asiat. On tavallista, että laitetoimittajat sisällyttävät laitteidensa hintaan koulutuksen yhdelle tai useammalle henkilölle. Laboratoriota operoiva henkilö osallistuu luonnollisesti tällaisiin koulutuksiin.

Oman vaatimuksensa laboratorion perustamiselle muodostaa budjetti. Testauslaitteiden hinnoissa ja ominaisuuksissa on paljon eroja, joten oikeilla ominaisuuksilla varustettujen, hinta-laatusuhteeltaan sopivien laitteiden valitseminen on avain-asia. On selvää, että investoinnille halutaan mahdollisimman paljon vastinetta. Jotta laboratorion saatava hyöty saataisiin parhaimmalla mahdollisella tavalla käyttöön, täytyy laboratorion prosessi, tarpeet sekä yrityksen tietojärjestelmä saada synkronoitua. Käytännön tasolla tämä voi tarkoittaa esimerkiksi sitä, että järjestelmä kertoo laadunvarmistajalle testauspyynnöistä. Järjestelmässä on laadunvarmistuksen työjono (kuva 4), jossa huomioitu tavaran kokonaisriittävyys. Tästä saadaan kiireellisyysjärjestys laaduntarkastukseen. Toisin sanoen tuotteen erä, joka on ohjattu laadunvalvontaan, on myyntikiellossa siihen asti kunnes laatutestit on tehty ja tuote vapautettu myyntiin.

| No. | Yksikkö | Paikka | Tarkastamatta | Toimittaja | Job | Saapuva toimitus | Ostolous | Nimikenumero | Nimike |
|-----|-----------|-------------------|---------------|------------|-----|------------------|------------|--------------|--------|
| 1 | | 3-PA-34-05 | 1/1 | | | 2000009748 | | | |
| 2 | 10000120 | Laaduntarkastus-1 | 1/1 | | | 0180525825 | 4700006887 | | |
| 3 | lv0037568 | 3-G-06-07B | 1/1 | | | 0180530300 | 4500269949 | | |
| 4 | lv0039107 | 2 Hyllöyn lattia | 1/1 | | | 2000018712 | 0001000739 | | |
| 5 | lv0039117 | 2 Hyllöyn lattia | 1/1 | | | 2000018712 | 0001000739 | | |
| 6 | lv0045336 | A19-A-01-05B | 2/2 | | | Useita | Useita | | |
| 7 | lv0049209 | Ei Wupak | 1/1 | | | 0180555432 | 4500260472 | | |
| 8 | lv0049329 | A08-B-07-04B | 1/1 | | | 0180542047 | 4500260472 | | |
| 9 | lv0049330 | A08-B-15-03A | 1/1 | | | 0180542047 | 4500260472 | | |
| 10 | lv0049331 | Laaduntarkastus-1 | 1/1 | | | 0180542047 | 4500260472 | | |
| 11 | lv0049917 | Laaduntarkastus-1 | 1/1 | | | 0180562217 | 4500267636 | | |
| 12 | lv0050633 | 2-C-06-03A | 1/1 | | | 0180524084 | 4500264923 | | |
| 13 | lv0050684 | 5-G-14-2B | 2/2 | | | Useita | Useita | | |
| 14 | lv0051406 | Ei Wupak | 2/2 | | | Useita | Useita | | |
| 15 | lv0055792 | 5-D-24-2A | 1/1 | | | 0180546064 | 4500258393 | | |
| 16 | lv0062603 | 5-B-17-04A | 1/1 | | | 0180528088 | 4500262334 | | |
| 17 | lv0068382 | 3-L-18-05 | 1/1 | | | 0180564883 | 4500271198 | | |
| 18 | lv0068383 | Laaduntarkastus 2 | 1/1 | | | 0180564883 | 4500271198 | | |
| 19 | lv0068384 | Laaduntarkastus 2 | 1/1 | | | 0180564883 | 4500271198 | | |
| 20 | lv0068385 | Laaduntarkastus 2 | 1/1 | | | 0180564883 | 4500271198 | | |

Kuva 4 Laadunvarmistuksen työjono (Würth Oy 2014.)

Tuotteen laatutestien vaatimukset kirjataan järjestelmään. Kiinnitystarvikkeissa tämä tarkoittaa standardin asettamia vaatimuksia. Järjestelmä ohjaa testaamista. Testaustulokset kirjataan järjestelmään eräkohtaisesti jonka seurauksena järjestelmässä on testaustietojen historia. Eräkohtainen jäljitettävyyys tilaus-toimitusketjussa takaa laatutestien todentamisen myöhemmin.

6.3.2 Vaikutukset

Selkeä tarkoitus projektin taustalla on, että laadunvarmistuslaboratorion toimintaan saattamisen jälkeen positiiviset vaikutukset olisivat huomattavissa kaikissa kiinnitystarvikkeisiin liittyvissä asioissa. Kenties konkreettisimmat hyödyt parannetun laadunvarmistuksen myötä ilmenevät toiminnassa kiinnitystarvikkeen mahdollisten asiakasreklamaatioiden kohdalla. Mikäli esimerkiksi ruuvitoimittajan tuotteissa on laatuongelma ja ruuvien laatu ei ole vaaditulla tasolla, tämä ongelma havaitaan ja todennetaan oman laadunvarmistuksen avulla ennen kuin tuote päätyy myyntiin ja asiakkaan käyttöön. Näin siis pyritään varmistumaan mahdollisimman hyvin siitä, että myytävien ruuvien laatu on joka tilanteessa vaaditulla tasolla ja väärinlaatuinen tuote saadaan nopeasti poistettua prosessista. Näiden asioiden lisäksi myös yritys itse säästää

kustannuksissa, kun viallisen tuotteen eteneminen saadaan katkaistua varhaisessa vaiheessa.

Laboratorion myötä voidaan myös ajatella, että yksi vaihe kiinnitystarvikkeiden hankintaprosessista poistuu, tai ainakin kevenee, kun ennen alihankkijalla teetetyt testit voidaan nyt toteuttaa itse. Tämä nopeuttaa ja keventää prosessia omalta osaltaan. Laadunvalvonnan tehostamisella päästään entistä parempaan asiakastyytyvyyteen. Asiakastyytyväisyys luo pohjan pitkäaikaisille asiakassuhteille ja kasvavalle myynnille. Vaikutukset näkyvät myös yrityksen yleisessä laatuimagossa markkinoilla. Luottamus yritykseen ja sen toimintavarmuuteen kasvavat.

7 LABORATORIO

Tässä luvussa perehdytään laboratorioon tiloihin, sijaintiin ja kalusteisiin. Laboratorio (kuvat 5, 6 ja 7) sijaitsee Riihimäellä, Suomessa Würthin logistiikkakeskuksessa, huoltokorjaamon yhteydessä. Laboratoriolle rakennettiin oma suljettu tilansa varastohalliin. Laboratorion pinta-ala on noin 29m². Kaikki aineenkoetus on tarkoitus suorittaa tässä sille varatussa tilassa.



Kuva 5 Laboratorio rakennusvaiheessa (Würth Oy 2013.)

Suomen Metalliteollisuuden Keskusliiton (46, 1987) mukaan paikassa, jossa mittauslaitteita käytetään ja säilytetään, täytyy olla hyvä järjestys ja mahdollisuus puhtauteen sekä lämpötilan hallintaan. Muita olennaisia huomioon otettavia asioita tarkastuspaikan suunnittelussa ja järjestelemisessä ovat ilmastointi, ilmansuodatus sekä suojaus tärinältä, sähkö- ja paineilma-verkkojen läheisyys, työolosuhteet (meluntorjunta, liikenne, valaistus...) sekä esteetön työskentely ja tilan tarpeen huomioiminen.

Kaikki edellä mainitut kohdat on pyritty huomioimaan laboratorion perustamisessa. Logistisesti tila on erinomaisella paikalla varastohallissa. Näin vastaanotettu tavara saadaan nopeasti ja helposti tarkastettavaksi tarpeen vaatiessa. Samalla on myös varmistettu, että laboratorion perustus on riittävän vahva ja tärinältä suojattu. Myös sähkö- ja paineilma-verkon osalta tilanne on hyvä, laboratoriossa on sekä voima-, että

valovirtalähteet sekä paineilmaliittymä. Myöhemmin tässä luvussa esitellyssä layout-kuvassa on pyritty huomioimaan tilankäytölliset ja esteettömään työskentelyyn liittyvät asiat.



Kuva 6 Valmis julkisivu (Würth Oy 2014.)

Suurimman haasteen tilankäytön osalta aiheutti vetokoelaitte, jonka kokonaiskorkeus mallista riippuen vaihtelee yleensä 2500 ja 3500 millimetrin välillä. Kantavien kattorakenteiden sijainti ei ollut vetokoelaitteen kannalta paras mahdollinen, mutta laitetoimittajan räätälöidyn ratkaisun avulla saimme tämän ongelman selvitettyä.



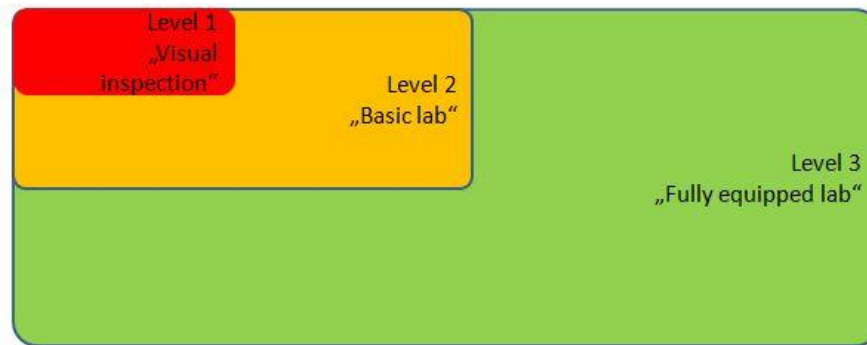
Kuva 7 Laboratorio sisältä kalustettuna (Würth Oy 2014.)

7.1 Laadunvarmistustasot konsernissa

Würth-konserni on määritellyt suositukset laadunvarmistuslaboratorioiden varustelu- ja valmiustason suhteen. Tason 1 laadunvarmistus sisältää käytännössä pelkästään silmämääräisen tarkastuksen. Tason 2 laadunvarmistuslaboratorioon kuuluvat perusmittausvälineet, kuten kierretulkit, rakotulkit, mikrometrit, digitaalinen työntömitta ja momenttiväännin. Nyt perustettava laboratorio edustaa laajuudeltaan tasoa 3. (kuva 8) Tason 3 laboratorion varustukseen kuuluu kattavampi mittausvälinelajitelma sekä testauslaitteistoa, kuten vetokoelaitteita ja kovuusmittari. Tason 3 laboratorion varustukseen voi kuulua:

- Kovuusmittari
- Läpivalaisulaite
- Mikroskooppi
- Vetokoelaitteita
- Suolasumukaappi
- Iskukoelaitteita
- Katkaisu- ja kiillotuslaitteet näytteen valmisteluun
- Tason 2 perusmittausvälineet, joiden lisäksi:
 - Kierretappitulkit
 - Kierreikätulkit
 - Suoruustulkit
 - Kuusio- ja kuusiokolokantaisten ruuvien kantojen muodon mittaamiseen tarkoitetut mittausvälineet.

Tämän työn tarkoituksena on ollut konsernin suositukset huomioonottaen kartoittaa ne laitteet ja välineet, joilla voidaan tarkastaa ja testata eniten myytyjen kiinnitystarvikkeiden laatu mahdollisimman kattavasti.



Kuva 8 Laboratorioiden eri tasot (Würth Group 2013.)

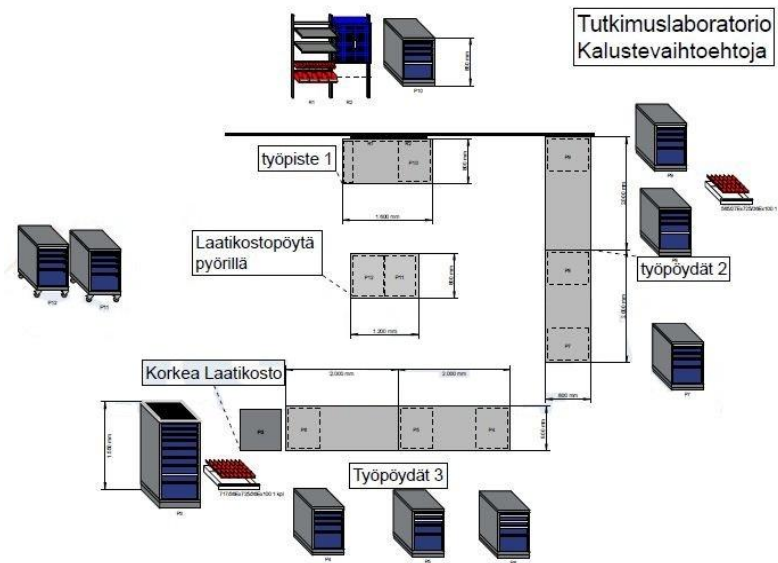
7.2 Korjaamo

Würth Oy:n huoltokorjaamo huoltaa ja korjaa kaikki Würth-koneet Suomessa. Korjaamolla työskentelee kokopäiväisesti 10 huoltohenkilöä. Kahdeksan henkilöä korjaa laitteita, yksi vastaa varaosista ja toimittaa niitä asiakkaille, ja yksi tilaa tarvittavat varaosat varastoon. Laadunvarmistuspäällikkö toimii korjaamon esimiehenä. Korjaamolla on oma varaosavarastonsa ja huoltohenkilöille omat työpisteensä. Korjaamon resurssit tähtäävät siihen, että asiakas saisi huollossa olleen koneensa mahdollisimman nopeasti takaisin käyttöönsä. Korjaamopalveluun kuuluu myös korjattujen koneiden koeajo ja testaus ennen luovutusta. Korjaamo myös neuvoo ja luovuttaa laitteiden teknisiä tietoja asiakkaan tarpeiden mukaisesti. Henkilöstöä käytetään tarvittaessa myös laadunvarmistuksessa. Näin jaetaan resurssia sinne missä sitä kulloinkin tarvitaan.

7.3 Kalusteet ja layout

Tilojen rakentamisen jälkeen ensimmäinen asia, jota laboratorioon ryhdyttiin hankkimaan, olivat kalusteet. Laboratoriossa tulitisiin tarvitsemaan työtasoja työskentelemistä ja mittaamista, sekä laatikostoja mittausvälineiden säilyttämistä varten.

Myös liikuteltavan työtason, säilytyskaappien ja erillisen työpisteen hankkimista harkittiin.

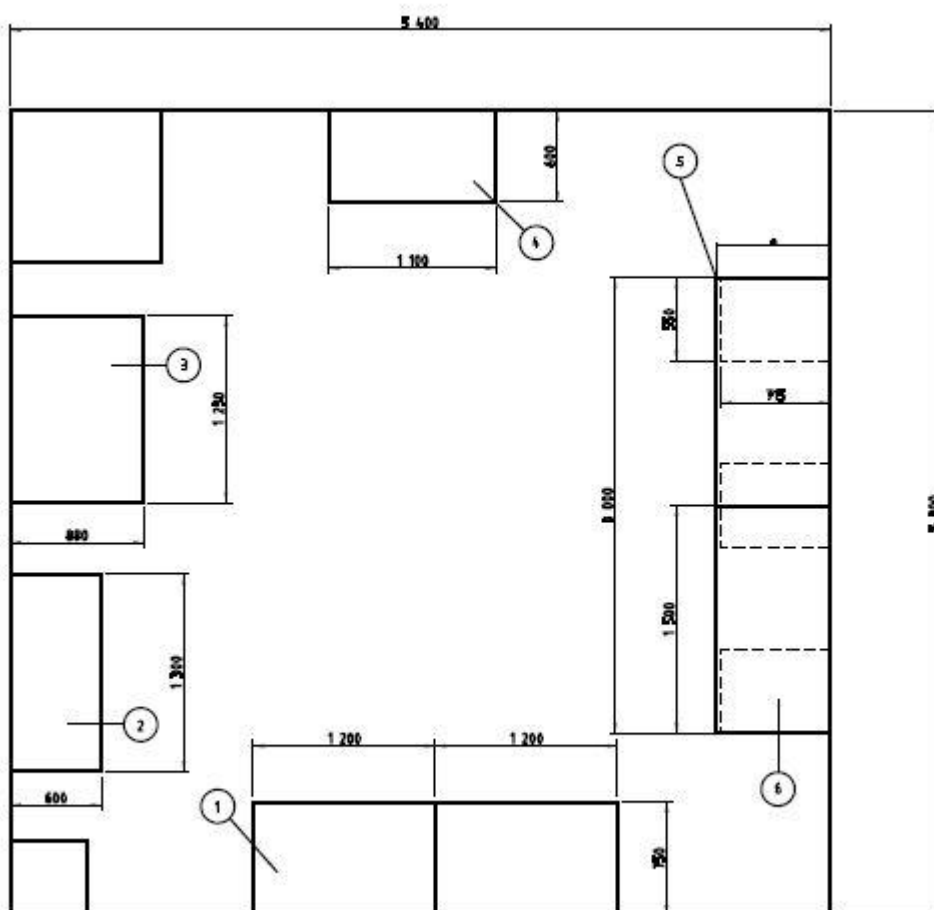


Kuva 9 Kalustevaihtoehtoja (Würth Oy 2013.)

Kuvassa 9 on esitetty erään kalustetoimittajan tarjoama alustava kalustekokoonpano, joka ei loppujen lopuksi eronnut kovin paljoa lopullisesta toteutuneesta kalustuksesta. Kuvassa 10 on luonnos hieman monipuolisemmasta kokonaisuudesta. Tässä vaihtoehdossa kalusteita osoittautui kuitenkin olevan jopa liiaksi laboratorion rajallisen tilankäytön vuoksi.

tekijät on otettu suunnittelussa huomioon, työturvallisuus ja –tyytyväisyys on huomioitu suunnittelussa, tila on käytetty tehokkaasti hyödyksi ja layout on helposti muunneltavissa jälkeenpäin. (Petäjämäki 2010, 30.)

Laboratoriolle rakennettu tila on pyritty hyödyntämään mahdollisimman tehokkaasti. Raskaimman objektin, vetokoelaitteen paikka on pyritty valitsemaan niin, ettei laitetta tarvitse myöhemmin liikutella, vaikka laboratorioon tulisi muutoksia. Laboratorioon hankitut vetolaatikostot (2 kappaletta), teräksiset työtasot (2 kappaletta) ja niiden alalaatikostot (3 kappaletta) sekä kaksi työpöytää on sijoitettu laboratorion reunoille. Tasojen alla olevissa laatikoissa säilytetään pienempiä mittausvälineitä. Mahdolliset muutokset säilytys- tai työtilan suhteen ovat helposti toteutettavissa. Laboratoriossa kaikki laitteet ja kalusteet vetokoelaitetta lukuunottamatta ovat helposti liikuteltavissa. Käytännössä layout (kuva 11) on melko yksinkertainen ja pelkistetty. Layout-kuvan kulmissa näkyvät mitoittamattomat objektit ovat lämpökeskus ja ilmanvaihtokone.



Kuva 11 Laboratorion lopullinen layout.

8 RIKKOVA AINEENKOETUS

Rikkovan aineenkoetuksen (DT, *destructive testing*) tarkoituksena on saada selville materiaalin mekaaniset ominaisuudet. Mekaanisia ominaisuuksia ovat esimerkiksi kovuus, sitkeys ja lujuus. Rikkovilla menetelmillä voidaan tutkia materiaalien kestävyyttä, käyttäytymistä ja ominaisuuksia äärimmäisten voimien alla. Rikkovaa aineenkoetusta käytetään usein, kun on kyseessä sarjatuotannossa olevien kohteiden testaaminen. Tällöin pienen koe-erän rikkominen on yleensä kustannuksiltaan edullista.

Näytteitä koestetaan erilaisilla kuormilla ja rasituksilla, jolloin saadaan tietää milloin koekappale rikkoontuu. Kokeista saatuja tuloksia verrataan säännöksiin, standardeihin ja laatuvaatimukseen. Rikkova aineenkoetus kertoo, miten ja milloin kohteet ovat vaarassa antaa periksi ja aiheuttaa vahinkoja. Rikkovalla aineenkoetuksella voidaan vähentää vikoja, onnettomuuksia ja niistä koituvia kustannuksia. Sillä saadaan varmistettua myös koekappaleiden säännöstenmukaisuus ja tasainen laatu, jonka vuoksi voidaankin puhua laadunvarmistuksesta. (Inspecta Oy:n www-sivut, hakupäivä 12.2.2014.)

Tässä luvussa käsitellään laadunvarmistuslaboratorioon hankittavia laitteita ja niiden ominaisuuksia. Laitteissa ja muissa hankinnoissa on pyritty ottamaan huomioon kaikki mahdolliset tekijät, jotta hankinnat palvelisivat parhaalla mahdollisella tavalla käyttötarkoitustaan. Rahallisesti suurimpiin investointeihin (vetokoelaitte, kovuusmittari) on käytetty eniten aikaa ja resursseja, parhaan lopputuloksen takaamiseksi.

8.1 Ruuvit

Laboratoriossa tullaan koestamaan kuusio-, kuusiokolo-, ja uppokantaisia kuusiokoloruuveja. Koestettavat ruuvit kuuluvat 7-osaiseen ISO 898-standardiin, joka kattaa M-kierteiset pultit, ruuvit, vaarnaruuvit ja mutterit, karkea- ja hienokierteisinä M39 saakka. Pääpaino myytävissä ruuveissa on kokoluokissa M6-M24 joten näitä kokoluokkia halutaan myös testata. Testattavat ruuvit kuuluvat lujuusluokkiin 4.6, 8.8, 10.9 ja 12.9. (Würth Elektronik. Suunnitteluopas. Hakupäivä 14.3.2014.)

8.2 Vetokoe

Vetokoe on yksi yleisimmin käytetyistä testausmenetelmistä. Yksinkertaisimmillaan vetokoe suoritetaan kiinnittämällä koekappale molemmista päistään vetokoelaitteeseen. Vetokoelaitte tuottaa voiman, josta seuraa koekappaleen asteittainen venyminen ja lopullinen murtuminen. Vetokokeen tuloksena syntyvä voima-venymä data, eli tiedot kappaleessa kokeen aikana tapahtuvista muutoksista, tallennetaan ja kirjataan ylös. Tämän datan perusteella voidaan materiaalille määrittää useita tärkeitä mekaanisia ominaisuuksia. Näitä ominaisuuksia ovat esimerkiksi Elastiseen muodonmuutokseen liittyvät ominaisuudet (kimmomoduuli [Youngin moduuli] ja Poissonin luku), myötölujuus ja vetomurtolujuus, sitkeysominaisuudet, kuten venymä ja kurouma alueellisesti sekä mahdollinen kylmälujittuminen. Näitä vetokokeen tuloksena saatuja tietoja materiaaleista voidaan käyttää esimerkiksi tuotannon laadunvalvonnassa. (ASM International 2000, 124.)

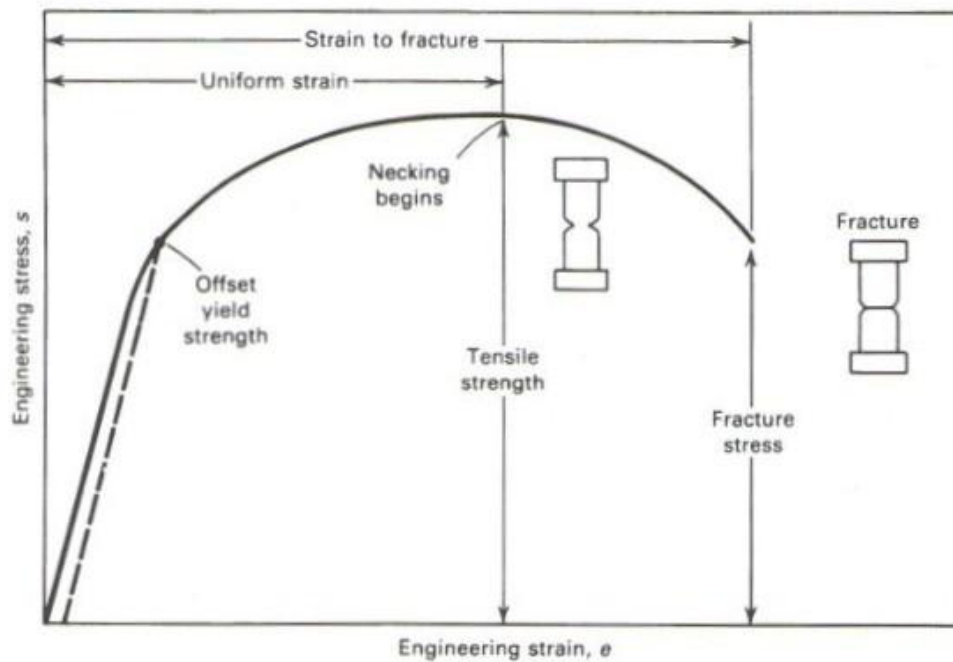
8.2.1 Laitteisto

Tavallisimmat käytössä olevat vetokoelaitteet ovat niin kutsuttuja yleislaitteita (universal testing machines). Yleislaitteilla voidaan vetämisen lisäksi myös puristaa ja taivuttaa koekappaletta. Tässä laadunvarmistuslaboratoriahankkeessa laitteelta ei kuitenkaan vaadittu puristus- tai taivutusominaisuuksia.



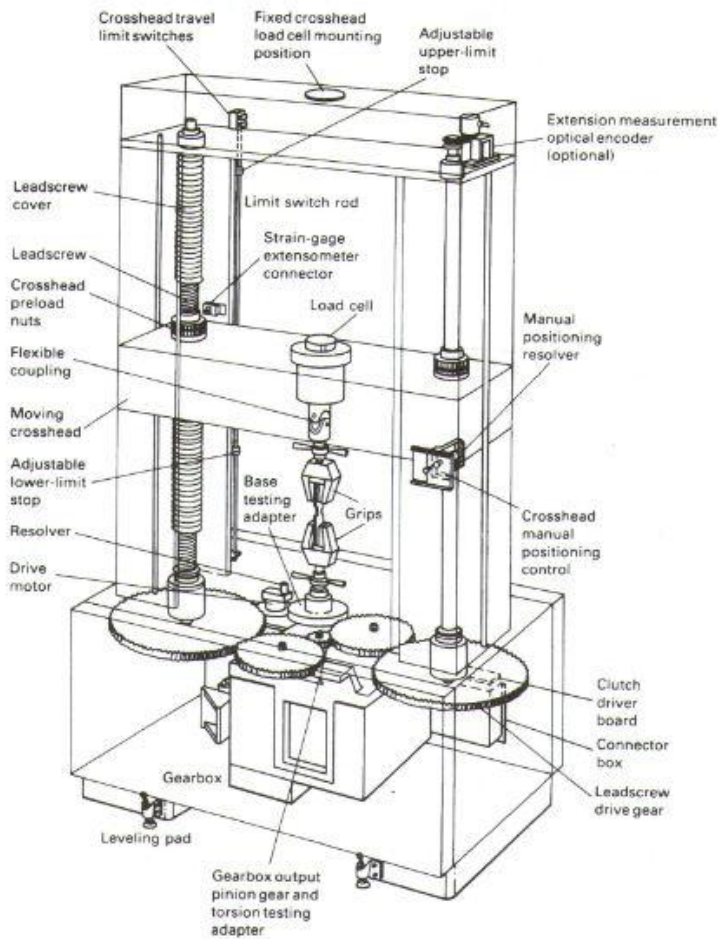
Kuva 12 Vetokoealaite (Instronin www-sivut, hakupäivä 4.2.2014.)

Vetokoealaitteen tehtävänä on välittää voima koekappaleeseen, sekä mitata ja määrittää voiman koekappaleessa aiheuttamat muutokset. Vetokokeen tuloksena saadaan jännitys-venymä -käyrä (kuva 13).



Kuva 13 Jännitys-venymä -käyrä (ASM International 2000.)

Vetokoelaitteissa (kuva 12) käytetään yleisesti kahta eri kuormitusmekanismia. Hydraulisesti toimivassa laitteessa käytetään hydraulisyntereitä yhdistettyinä hydraulipumppuun. Ruuvikuormitteisessa (elektromekaanisessa, kuva 14) laitteessa voima tuotetaan ruuvijohteiden, hammaspyörien ja sähkömoottorin avulla. Hydrauliset ja ruuvikuormitteiset laitteet eroavat ominaisuuksiltaan toisistaan. Huomionarvoisena voidaan pitää, että hydraulisilla laitteilla voidaan yleisesti ottaen tuottaa suurempi voima (jopa 4500 kN) kuin ruuvikuormitteisilla, hydraulisilla laitteilla päästään yleensä suurempiin testausnopeuksiin (jopa $2,5 \times 10^5$ mm/min) kuin ruuvikuormitteisilla (1250 mm/min), ruuvikuormitteiset laitteet ovat yleensä tarkempia, sillä niillä voidaan mitata mittauspäiden liikkumista jopa 0,6 μ m tarkkuudella, sekä ruuvikuormitteiset laitteet vaativat vähemmän huoltoa, siinä missä hydraulista järjestelmää tulee huoltaa verrattain tiheästi.



Kuva 14 Elektromekaanisen vetokoelaitteen komponentit (ASM International 2000.)

Tässä työssä vetokoelaitteen kapasiteettia ajatellen lähtökohtana oli, että laitteella tulee voida vetää poikki kuusiokantaisia, kuusiokolokantaisia, sekä uppokantaisia ruuveja, joiden halkaisija vaihtelee välillä M6-M24, pituus välillä 60 - 800 millimetriä, sekä lujuusluokka välillä 4.6-12.9. Tämä tarkoittaa sitä, että vetokoelaitteen kapasiteetin tulisi olla 500-600 kN, jotta suurimmat sekä lujimmatkin pultit saadaan testattua. (ASM International 2000, 79, 80.) Yhtenä lähtökohtana hankittavalle laitteelle oli luonnollisesti se, että vetokoe voidaan suorittaa uusimman, vuonna 2009 voimaan tulleen vetokoestandardin EN ISO 6892-1 mukaisesti.

8.3 Kovuuden mittaaminen

Kun teollisuudessa puhutaan materiaalin kovuudesta, tarkoitetaan sillä yleensä materiaalin kykyä vastustaa pysyvää muodonmuutosta ulkopuolisen kuormituksen alla. Yleisesti ottaen kovuusmittauksessa käytetään mekaanisilta ominaisuuksiltaan sopivaa määrätyn muotoista mittauskärkeä, joka painetaan testattavaa materiaalia vasten. Materiaalin kovuutta ilmaistaan erilaisilla mitta-asteikoilla, jotka suorasti tai epäsuorasti määrittävät pintapaineen materiaalin pinnan muodonmuutoksessa. (ASM International 2000, 197.)

Mittauskärjen muoto voi olla pyramidimainen (Vickersin ja Knoopin menetelmät), pallomainen (Brinellin menetelmä) tai kartiomainen (Rockwellin menetelmä). Brinellin, Vickersin ja Knoopin menetelmissä kovuusarvo määritetään kuormituksen ja mittauskärjen alan välisellä suhteella. Kovuusarvo ilmoitetaan kilogrammoina neliömillimetrille (kg/mm^2). Rockwellin menetelmässä määrättyllä voimalla painetun jäljen syvyys määrittää suoraan kovuusarvon. Näin ollen kovuusarvo on suoraan verrannollinen painetun jäljen syvyyteen. (ASM International 2000, 197.)

Kovuusmittaus on kenties yksinkertaisin ja edullisin tapa materiaalin mekaanisten ominaisuuksien määrittämiseen, sillä koekappaleiden valmistamista ei tarvitse juurikaan suunnitella, testauslaitteet ovat melko edullisia ja testaaminen on verrattaen nopeaa. Teoreettiset ja empiiriset tutkimukset ovat osoittaneet kovuuden ja muiden mekaanisten ominaisuuksien välillä olevan paljon yhtäläisyyksiä. Havaittuja yhtäläisyyksiä on yleisesti voitu hyödyntää laadunvalvonnassa ja suunnittelussa. (ASM International 2000, 197.)

8.3.1 Laitteisto

Kovuutta mittaavia laitteita (kuva 15) on markkinoilla runsaasti tarjolla. Aloitin taustatyön hankkimalla tietoa laitteista toimittajilta, valmistajilta sekä kirjallisuudesta. Näiden tietojen ja havaintojen, sekä aloitustilanteessa toimeksiantavan yrityksen puolelta tulleiden vaatimusten pohjalta asetettiin hankittavalle laitteella vaatimukseksi esimerkiksi se, että hankittavan laitteen on oltava muuttuvakuormitteinen, vähintään kolme eri kuormaa. Eri kuormia tarvitaan testattavan materiaalin vaihtuessa, esimerkiksi sinkitty teräs – ruostumaton teräs. Kuorma riippuu siis siitä, mitä materiaalia testataan.

Muita vaatimuksia olivat mahdollisuus mitata Brinellin, Rockwellin ja Vickersin kovuuksia, sillä Rockwellin ja Vickersin menetelmät sopivat molemmat kiinnitystarvikkeiden kovuusmittaukseen, näistä Rockwell vielä paremmin. Rockwellin mittauksen etuna on sen nopeus; painumajäljen syvyydestä määritettävä kovuusarvo saadaan välittömästi. Rockwellin mittaus on myös suoritustavaltaan yksinkertainen eikä se näin ollen vaadi kokenutta operaattoria. Vaikka Brinellin menetelmä ei sovi kiinnitystarvikkeille (tarkoitettu suurille ja laajoille kappaleille), haluttiin sen olevan silti mahdollista jatkoa ajatellen.

Laitteessa tulisi myös olla digitaalinen näyttö, joka on tarkempi ja sitä on helpompi lukea. Digitaalinen näyttö mahdollistaa myös kovuusarvon kuvaamisen kameralla; tämä lisää laitteen käyttömahdollisuuksia. Laitteen olisi hyvä olla myös automaattinen. Automaattisuudella tässä yhteydessä tarkoitetaan sitä, että Vickersin ja Brinellin menetelmää käytettäessä laite mittaa painaumajäljen automaattisesti. Muutoin mittaus on tehtävä silmämääräisesti mittaajan toimesta. Edellä mainittujen kohtien lisäksi laitteen tulee hinnaltaan sopia annettuun budjettiin.

(ASM International 2000, 203, 207, 261.)



Kuva 15 Kovuusmittari (Zwick/Roell 2013.)

8.3.2 Koekappaleen valmistelu

Kovuusmittauksen yhteydessä oli myös otettava huomioon koekappaleen valmistelu. Laadunvarmistuslaboratorion tapauksessa testattavat kappaleet on yleensä pinnoitettu sinkillä. Sinkki on poistettava näytteen pinnalta, jotta mittaustulokseen voidaan luottaa. Myös koekappaleina käytettävien ruuvien muoto (pyöreä läpileikkaus) asettaa omat vaatimuksensa näytteen valmistelulle.

Ulkopuolisen konsultaation ja laitetoimittajien tukemana sopivimmaksi vaihtoehdoksi valikoitui koekappaleen katkaisulaite (kuva 16). Katkaisulaite valmistelee koekappaleen automaattisesti ja standardien mukaisesti, joka on ensisijaisen tärkeää jotta projektin alkuperäinen tavoite, kiinnitystarvikkeiden laadunvarmistus täyttyy.



Kuva 16 Katkaisulaite (<http://www.discotom-100.com/img/Discotom.png>)

8.3.3 Standardit

Kovuusmittauksessa jokaiselle menetelmälle on määritetty omat standardinsa. Kovuusmittaukset tullaan toteuttamaan seuraavien standardien mukaisesti:

- Brinellin kovuuskoe, EN ISO 6506-1
- Vickersin kovuuskoe, EN ISO 6507-1
- Rockwellin kovuuskoe, EN ISO 6508-1

(Suomen Standardoimisliitto SFS ry 2007, 5.)

8.4 Suoruuden mittaaminen

Ruuvien suoruuden mittaamiseen soveltuvia menetelmiä on tarjolla omiin selvityksiini perustuen melko rajoitetusti. Markkinoilta löytyy niin kutsuttuja muodonmittauslaitteita, joilla suoruuden mittaaminen voitaisiin periaatteessa tehdä. Tässä tapauksessa kyseisen kaltainen laite ei tullut kysymykseen sen koon, verrattain hitaan käyttötavan ja hinnan vuoksi.

Asiaa selvitettiin, ja tuli esille, että konsernissa on käytössä eräs menetelmä suoruuden mittaamiseen. Ruuvien suoruutta voidaan mitata suhteellisen yksinkertaisella tavalla kuvan 17 mukaisella sovelluksella:



Kuva 17 Suoruuksmittari (Würth Oy 2014)

Kyseisessä sovelluksessa tarkkuuskoneistetuista kappaleista valmistettu penkki on varustettu digitaalisilla mittakelloilla. Mittakellojen avulla penkin ”leuat” säädetään halutulle etäisyydelle toisistaan, ja ruuvin täytyy mahtua pyörimään tässä tilassa oman akselinsa ympäri. Tällöin saadaan varmistettua, että ruuvin kierous ei ylitä sallittuja rajoja.

8.5 Pinnoitteen paksuuden mittaaminen

Suurin osa Würth Oy:n myymistä kiinnitystarvikkeista on pinnoitettuja. Myytävissä kiinnitystarvikkeissa pinnoitteena käytetään tyypillisesti sähkösinkitystä tai kuumasinkitystä. Sähkösinkitys on tavallisin elektrolyyttinen pintakäsittelymenetelmä. Sähkösinkityksen tarkoituksena on parantaa kappaleen korroosionkestävyyttä. Samalla se antaa kappaleelle myös miellyttävän ulkonäön. Kuumasinkitys pinnoitteena kuuluu kuumaupotusmenetelmiin. Kuumasinkitys on ylivoimaisesti eniten käytetty metallinen pinnoitusmenetelmä. (Kaunisto, Tunturi 1983, 48, 55.)

Edellä mainittujen seikkojen vuoksi laadunvarmistuslaboratorioon oli hankittava pinnoitteen paksuuden mittaamiseen tarkoitettu laite. Tällaisella laitteella suoritetuilla mittauksilla voidaan todentaa pinnoitteen olevan riittävän paksu ja tasalaatuinen.

8.5.1 Laitteisto

Pinnoitteen paksuuden mittaamiseen tarkoitettuja laitteita oli oman selvitykseni perusteella runsaasti tarjolla. Eri toimittajien tarjoamat laitteet erosivat toisistaan ominaisuuksiltaan ja siten myös hinnaltaan. Itsestään selvä lähtökohta mittarin hankinnalle oli, että mittarin tulee olla riittävän tarkka, jotta ohuet sinkkipinnoitteet saadaan mitattua. Kaikissa tarjotuissa mittareissa näin ei ollut. Kuumasinkityksen paksuus vaihtelee yleensä välillä 50 - 100 μm . Sähkösinkitys on pinnoitteena vielä ohuempi. (Kaunisto, Tunturi 1983, 29.) Näin ollen hankittavan mittarin tulisi voida mitata pinnoitteen paksuutta mielellään välillä 0 - 1000 μm .



Kuva 18 Pinnoitteen paksuuden mittari (Pinteco 2014.)

Tavallisesti käsi­käyt­to­iset pinnoitteen paksuuden mittarit ovat rakenteeltaan kuvan 18 mukaisia. Näyttöosaan johdolla liitettävä mittauspää painetaan tarkastettavaa kappaletta vasten, jolloin laite ilmoittaa pinnoitteen paksuuden näytöllään. Mittauspäitä on valittavana useita, riippuen esimerkiksi käyttökohteesta, olosuhteista sekä tarkasteltavan kappaleen muodosta.

8.6 Käsityökalut

Perustettavassa laboratoriossa tullaan tarvitsemaan useita eri käsityökaluja. Käsityökaluilla tarkoitetaan tässä yhteydessä esimerkiksi mittausvälineitä (työntömitta, mikrometri...), tulkkeja (kierretappitulkit, kierrerengastulkit, rakotulkit) ja muita tarvikkeita (suurennuslasi, mittauspöytä...)

Suuntaviivat käsityökalujen hankinnalle oli saatu emoyhtiöstä ennen tämän projektin varsinaista aloitusta. Myös Würthin Suomen organisaatiossa työskenteleviltä, mittausvälineitä käyttäneiltä henkilöiltä saatiin tukea käsityökalujen suhteen. Suurin työ oli osata poimia oikeat, tarvittavat työkalut toimittajien kattavista valikoimista.

8.6.1 Kalusto

Työkaluhankintojen suunnittelun seurauksena saatiin aikaiseksi lista työkaluista, jotka tulevaan laboratorioon tulisi hankkia (taulukko 2). Lopulliseen kokoonpanoon vaikuttivat konsernin sisäinen suositus laboratorion varustukseen (taso 3), mittausvälineitä aiemmin käyttäneiden henkilöiden mielipiteet sekä oman objektiivisen tutkimuksen tulokset. Testattavien tarvikkeiden ollessa pääasiassa koneruuveja, tullaan mittausvälineitä käyttämään enimmäkseen pituuksien, halkaisijoiden sekä kierteiden mittaamiseen.

Taulukko 2 Hankittavat mittaustyökalut.

| Käsityökalut |
|---|
| Mikrometri digitaalinen, 0-25mm+25-50mm+50-75mm |
| Kierretappitulkit M2-M30 |
| Kierrerengastulkit M2-M30 (Go + No-Go) |
| Työntömitta, digitaalinen 150mm |
| Sisämikrometri, digitaalinen |
| Kierremikrometri; 0-25mm+25-50mm |
| Momenttiväännin, digitaalinen |
| Kierrekampa |
| Pidikkeet mikrometrille, 2kpl |
| Optinen suurennuslasi |
| Mittauspöytä |
| Mittakello |
| Rakotulkki |
| Kierrekampa |
| Mittauspöytä |

9 LAITEREKISTERI

Laadunvarmistuslaboratorioon hankittavat laitteet ja välineet on kirjattava ylös laiterekisteriin (liite 2). Laiterekisterin avulla pystytään hallitsemaan laitteistoa, esimerkkinä laitteiston kalibroinnin huolehtiminen ajan tasalle.

Suomen Metalliteollisuuden Keskusliiton (1987, 40.) mukaan kaikkien mittausvälineiden tulee olla rekisteröityinä sekä luetteloituina. Erityisesti seuraavat tiedot ovat tärkeitä:

- Laitteen tunnus, ”rekisterinumero”
- Laitteen nimitys
- Tekniset tiedot, esimerkiksi mittausvälineen mittausepävarmuus
- Valmistaja ja valmistusvuosi
- Kalibrointijakso
- Kalibrointitulokset (kalibrointitodistus)

Toteutettava laiterekisteri tulee sisältämään käytännössä kaikki edellä mainitut tiedot. Lopulliseen laiterekisteriin on pyritty poimimaan kaikki oleellinen, ja tekemään rekisteristä mahdollisimman käyttökelpoinen juuri tätä laboratoriota varten. Rekisterissä on myös pyritty huomioimaan sitä käyttävien ja valvovien tahojen toiveet. Laiterekisteri on toteutettu Microsoftin Excel-taulukkolaskentaohjelmalla sen muunneltavuuden ja monipuolisuuden vuoksi. Laiterekisteriin on liitetty logiikka, joka kertoo eri väreillä laitteen tai mittausvälineen kalibrointistatuksen. Vihreä väri tarkoittaa kalibroinnin olevan voimassa, keltainen kalibrointiajankohdan lähestymisestä ja punainen puolestaan kertoo, että kalibrointi on vanhenemassa tai jo vanhentunut. Valmis laiterekisteri on tämän opinnäytetyön liitteenä.

9.1 Kalibroinnit

On luonnollista, että mittauksissa tarkkuus ja luotettavuus ovat kaikista keskeisimpiä asioita. Kalibrointiprosessissa mittalaitteen näytön lukemia verrataan jäljitettäviin kansallisiin ja kansainvälisiin mittastandardeihin. Mikäli lukemat täsmäävät, laitteistolle voidaan laatia kalibrointitodistus. (Inspecta Oy:n www-sivut, hakupäivä 10.3.2014.)

Mittaamista ja koetusta kalibroimattomilla laitteilla voidaan pitää tuloksen arvaamisena. Mittauslaitteen huolto, tarkastus ja ennen kaikkea kalibrointi ovat olennaisen tärkeitä seikkoja, sillä edes kallis ja tarkka mittauslaite ei sinänsä takaa oikeaa mittaustulosta. Laiterekisteriin on merkitty kunkin laitteen kalibrointijakso, edellinen kalibrointiajankohta sekä kalibrointitodistus. (Suomen Metalliteollisuuden Keskusliitto 1987, 39.) Laadunvarmistuslaboratorioon hankittavat mittauslaitteet tullaan kalibroimaan ulkopuolisen ammattilaisen toimesta.

9.2 Huolto

Laboratorioon hankittava laitteisto tulee joiltain osin tarvitsemaan huoltoa tulevaisuudessa (säännöllisten kalibrointien lisäksi). Isommat hankinnat, kuten vetokoelaite ja kovuusmittari, huoltaa todennäköisesti laitteen toimittaja tarpeen vaatiessa. Valmistajien määrittämiä huolto-ohjelmia noudatetaan kaikkien hankintojen kohdalla, muun huollon tarpeessa käytetään tapauskohtaista harkintaa.

10 POHDINTA

Aloitin opinnäytetyön käsittelemällä laatua, laadunvarmistusta ja laatuksannuksia. Teoriatietoa opiskellessani huomasin, että laajassa mittakaavassa ymmärrettäviä laatuteorioita voidaan helposti soveltaa myös käytännön tasolla, kuten tässä tapauksessa kiinnitystarvikkeiden laadunvarmistuksen kohdalla. Tulee olemaan mielenkiintoista nähdä käytännössä, pienenevätkö kokonaislaatuksannukset, kun valvontaan ja ennaltaehkäisyyn panostetaan. (s.14-15.)

Opinnäytetyön valmistuessa laitehankinnat ovat vielä osaksi kesken. Laadunvarmistuslaboratorio tullaan ottamaan käyttöön kevään 2014 aikana. Kun kaikki suunnitelluista hankinnoista ja muista toimenpiteistä on tehty ja laboratorion operaattori päässyt aloittamaan työnsä, saadaan laboratorio käyttöön täydellä kapasiteetilla. Sen jälkeen voidaan arvioida hankintojen toimivuutta käytännössä. Kuten edellä mainittiin, toivottavaa on, että tarkastus- ja ennaltaehkäisykulujen noustessa muut laatuksannukset laskevat. Testauslaitteiston hankintasuunnitelma sisältää paljon asioita, jotka olisi syytä ottaa huomioon. Tässä työssä olen pyrkinyt kokoamaan ja käsittelemään niistä olennaisimpia tiedostaen samalla, että joitain asioita olisi voinut olla tarpeen pohtia syvällisemminkin. Aihealueen laajuudesta johtuen koin työn alusta asti haastavaksi ja mielenkiintoiseksi. Toivon, että opinnäytetyötäni ja tekemääni taustatyötä on voitu hyödyntää laadunvarmistusprojektissa.

Projektin edetessä sain hyvää kokemusta laitetoimittaja-auditoinneista ja tarjousten kilpailuttamisesta. Lukuisten laitetoimittajien kanssa käytyjen keskusteluiden sekä hankintaprosessin seurauksena opin myös uutta myynti- ja ostotyöstä sekä siitä, miten suuri merkitys laitetoimittajan asiantuntevuudella, osaamisella ja sitoutuneisuudella on kauppojen syntyyn.

LÄHTEET

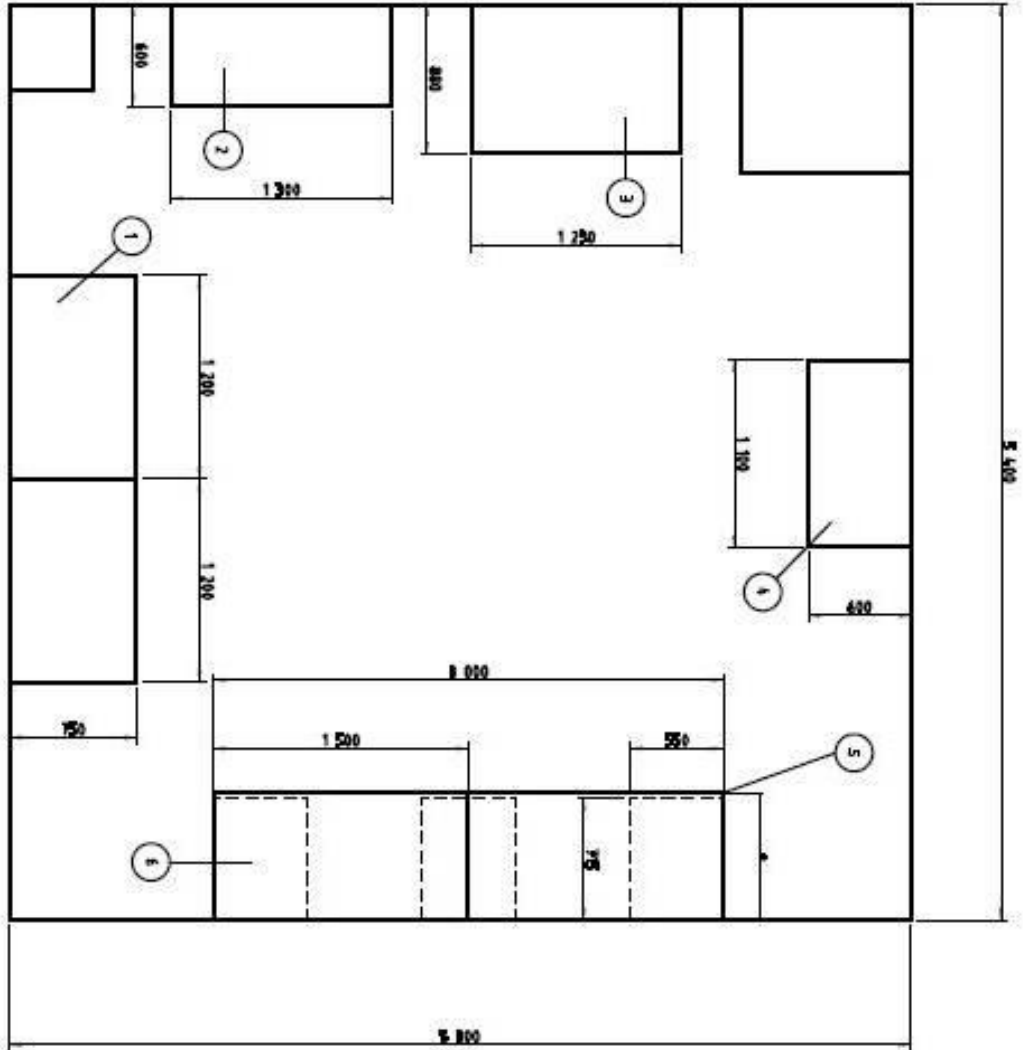
- Andersson, Paul H & Tikka, Heikki 1997. Mittaus- ja laatutekniikat. Porvoo:WSOY.
- ASM International 2000. ASM Handbook Volume 8; Mechanical Testing and Evaluation. Ohio:Materials Park.
- Inspecta Oy 2014. Mittauslaitteiden kalibrointi. Hakupäivä 10.3.2014.
<http://www.inspecta.com/fi/Palvelut/Testaus/Mittauslaitteiden-kalibrointi/>
- Inspecta Oy 2014. Rikkova aineenkoetus. Hakupäivä 12.2.2014.
<http://www.inspecta.com/fi/Palvelut/Testaus/Rikkova-aineenkoetus-DT/>
- Kaunisto, Pirjo & Tunturi, P.J. 1983. Metallien pinnoitteet ja pintakäsittelyt. Helsinki:Metalliteollisuuden Kustannus Oy.
- Lecklin, Olli 1997. Laatu yrityksen menestystekijänä. Jyväskylä:Gummerus Kirjapaino Oy.
- Oksanen, Antero 2010. Kuntien yleiset hankintaohjeet. Helsinki:Suomen Kuntaliitto.
- Petäjämäki, Lasse 2010. Konepajan layoutin ja logistiikan suunnittelu. Opinnäytetyö. Seinäjoen ammattikorkeakoulu, Seinäjoki.
- Suomen Metalliteollisuuden Keskusliitto 1987. Konepajan mittaustekniikka. Helsinki:Metalliteollisuuden Kustannus Oy.
- Suomen Standardoimisliitto SFS ry 2007. Teräs. Aineenkoetusstandardit. Osa 2:Kovuuskokeet. Helsinki:SFS.
- Würth Elektronik. Suunnitteluopas. Hakupäivä 14.3.2014
<http://www.wurthelektronik.fi/site/media/pdf/we/kuvasto/suunnitteluopas06.pdf>
- Würth Group 2014. Company portrait. Hakupäivä 31.1.2014.
http://www.wuerth.com/web/en/wuerthcom/unternehmen/unternehmen_1.php
- Würth Oy 2014. Hakupäivä 31.1.2014. <http://wurth.fi/site/fi/home/index.php>
- Würth Oy 2014. Laatu. Hakupäivä 4.2.2014.
http://wurth.fi/site/fi/home/wurth_oy/esittely/laatu/laatu_1.html

LIITTEET

Liite 1. Layout-piirustus

Liite 2. Laiterekisteri

LIITE 1 LAYOUT-PIIRUSTUS



| Nro | Nimi | Määrä | Kokonaismäärä |
|-----|------------------|-------|---------------|
| 1 | Laitkorho GR/719 | | 2 |
| 2 | Työpöytä 1 | | 1 |
| 3 | Kohotuslaite | | 1 |
| 4 | Työpöytä 2 | | 1 |
| 5 | Termostus | | 2 |
| 6 | Laitkorho 55/16 | | 3 |

KÄYTTÖ: LABORATORIOTYÖ
 SUUNNITTELIJA: Lauri Anttila
 PÄIVÄYS: 6.3.2016

| | |
|--------------------|---------------------|
| Projekti | Laadunvarmistuslab. |
| Arkkitehti | Lauri Anttila |
| Arkkitehtitoimisto | |
| Kuvaskaala | 1:20 |
| Arkkitehtinumero | 1 |
| Kuvaskaalan numero | 1.2 |

