

Joonas Tikkala

KONEISTUSLAITTEIDEN KÄYTTÖNOTTO

KONEISTUSLAITTEIDEN KÄYTTÖNOTTO

Joonas Tikkala
Opinnäytetyö
Kevät 2021
Konetekniikan tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Konetekniikka, tuotantotekniikka

Tekijä: Joonas Tikkala

Opinnäytetyön nimi suomeksi: Koneistuslaitteiden käyttöönotto

Opinnäytetyön nimi englanniksi: Machining machine introduction

Työn ohjaaja: Juha Männistö

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2021

Sivumäärä: 48 + 1 liite

Opinnäytetyössä käydään läpi koko koneistuslaitteiden valmistus- ja käyttöönottoprosessi. Jälkilaskelmien ja selvitysten avulla on pohdittu valmistuskustannuksia ja niiden tuomia mahdollisia kustannussäästöjä ja etuja tilaajalle sekä valmistajalle. Työn toimeksiantaja on Telatek Service Oy.

Telatek Service Oy toimittaa asiakkaalleen kymmenen koneistuslaitetta. Opinnäytetyössä laadittiin tuotannolle ja alihankinnalle valmistuksen mittapiirustukset, suunniteltiin aikataulua ja valmistusmenetelmiä ja -vaiheita. Kokoonpanon jälkeen suoritettiin laitteille käyttöönottoon liittyviä vaadittuja toimenpiteitä, kuten testaukset ja turvallisuushyväksynnät.

Toimeksiantajayritykselle laadittiin myös uusiin koneistuslaitteisiin käyttö- ja huolto-ohjeistukset sekä käyttöturvallisuuteen liittyvä turvallisuusohje. Käyttöohje toimii perustana perehdytykselle, joka vaaditaan laitteiden käyttäjältä. Perehdytys on tärkeä osa työturvallisuutta, sillä sen avulla koneenkäyttäjä tietää, kuinka laitetta käytetään, tuntee laitteen komponentit ja ymmärtää laitteilla tehtävän työn.

Huolto-ohje sisältää laitteiden määräaikaishuoltovälit sekä tärkeimmät huollettavat ja tarkastettavat kohteet. Turvallisuusohje on yksinkertainen riskianalyysin pohjalta laadittu ohjeistus, jossa on määritelty laitteiden suurimmat vaaratekijät ja käyttäjiltä vaaditut henkilökohtaiset suojaimet.

Viimeisenä vaiheena opinnäytetyössä todettiin uusien laitteiden kustannussäästö sekä turvallisuuteen liittyvä kehitys verrattuna vanhoihin vastaaviin työmenetelmiin ja koneistuslaitteisiin. Uudet laitteet tehostivat ja helpottivat työtä. Työturvallisuuden kannalta tilanne parani huomattavasti. Kannattavuus ja potentiaalisten kustannussäästöjen laskelmien tekeminen on yrityksen kannalta hyvin tärkeä osa, joka kertoo oman osuutensa projektin läpiviemisestä.

Asiasanat: koneistaminen, turvallisuus, käyttöoppaat, kunnossapito, kustannukset

ALKULAUSE

Tämän opinnäytetyön on kirjoittanut Joonas Tikkala Telatek Service Oy:lle. Opin-
näytetyön ohjaavana opettajana toimi lehtori Juha Männistö sekä yrityksen puo-
lelta on-site manager Jari Kolari ja tuotantoinsinööri DI Antti Syri. Osoitan kaikille
suuret kiitokset opinnäytetyön tekemisen tukemisesta ja mahdollistamisesta.

26.5.2021

Joonas Tikkala

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ALKULAUSE	4
SISÄLLYS	5
1 JOHDANTO	7
1.1 Telatek Service Oy	7
1.2 Asiakasyritys	7
1.3 Työn lähtökohdat ja tavoitteet	8
2 LASTUAVA TYÖSTÖ	9
2.1 Metallin työstömenetelmät	9
2.2 On-site-koneistaminen	10
2.3 Jyrsintä	11
3 KONEENSUUNNITTELU	13
3.1 Koneenpiirustus	13
3.2 Valmistustoleranssit	15
3.3 Työohjeet	16
3.4 Työturvallisuuslaki	17
3.5 Työsuojelun lainsäädäntö	18
3.6 ISO 45001 työterveys- ja työturvallisuusjohtaminen	18
3.7 Riskien arviointi	19
3.8 Pehdyttäminen	21
3.9 Koneturvallisuus	21
3.10 Konedirektiivi 2006/42/EY	22
3.11 Riskianalyysi	23
4 VALMISTETTAVA KONEISTUSLAITE	25
4.1 Käyttökohde	25
4.2 Koneistuslaitteiden tehtävä	26
4.3 Laitteiden valmistaminen	28
4.4 Valmistamisen suunnittelu	29
4.5 Laitteiden toiminnan vaatimukset	30
4.6 Osakokoonpanot	30
4.7 Tiivisteidenaukaisulaite	32

4.8 Diagrammilevyjen irrotuslaite	32
4.9 Servomootorit	33
4.10 Taajuusmuunnin	34
4.11 Kokoonpano ja turvallisuushyväksyntä	35
4.12 Vaaditut dokumentit	35
4.13 Käyttöohje	36
4.14 Huolto-ohje	37
4.15 Turvallisuusohje	38
4.16 Uusien koneistuslaitteiden potentiaalinen kustannussäästö	38
4.17 Valmistuskustannukset	40
5 POHDINTA	42
LÄHTEET	44
LIITTEET	
Liite 1 Koneistuslaitteen osakuva	

1 JOHDANTO

1.1 Telatek Service Oy

Alkujaan Telatek Oy on Raahessa vuonna 1977 perustettu metallialan yritys. Telatek Oy keskittyi pääosin erilaisten telojen kunnostukseen sekä kunnossapitotoimintaan. Vuonna 2013 yrityksen toimintaa eriytettiin ja perustettiin Telatek Service Oy, joka kuuluu Telatek Oy -ryhmään. Nykyään Telatek Service Oy tuottaa monille eri teollisuuden aloille konepaja- ja on-site-kunnossapitopalveluita. (1.)

Raahen toimipisteessä työntekijöitä on noin 60. Telatek Serviceen kuuluu Porvoon, Naantalın, Nokian ja Kittilän yksiköt. Yhteensä Telatek Servicellä on työntekijöitä noin 100. Raahen toimipiste on Telatek Service Oy:n suurin yksikkö, ja sen erityisosaamiseen kuuluu asiakkaan luona tehtävät koneistus-, pinnoitus- ja kunnossapitopalvelut. (1.)

Raahen yksikköön kuuluvat konepaja ja on-site-osasto. Konepajalla valmistetaan ja kunnostetaan monille teollisuuden aloille varaosia kuten laakereita, teloja ja akseleita. Suurimmat asiakassegmentit ovat kaivos-, telakka- ja energiateollisuus. (2.)

On-site-tehtäviin kuuluu koneistus, asennus, hitsaus ja termisen pinnoituksen tehtäviä asiakkaan luona. Tyypillisiä töitä ovat esimerkiksi akselien kunnostukset, moottorien ja generaattorien petien jyrsinät sekä voimalaitoksille tehtävät koneistukset ja kattilapinnoitukset. Myös suuremmat kokonaisrevisiot ja kunnostustehtävät muun muassa höyryturbiinien osalta ovat Telatek Service Oy:n erikoisosaamista. On-site-koneistukset ja pinnoitukset ovat erikoisala, jolla pystytään asiakkaalle tuomaan suuret säästöt sekä rahallisesti että ajallisesti. (2.)

1.2 Asiakasyritys

Asiakasyritys on suomalainen öljynjalostusyhtiö. Yritys toimii maailmanlaajuisesti ja on maailman suurin uusiutuvan dieselin sekä bio-lentopetroolin tuottaja. Viime vuosina kyseinen yritys on yhä enemmän panostanut uusiutuvien polttoaineiden kehitykseen, valmistamiseen ja jakeluun maailmanlaajuisesti.

Yrityksellä on omia jalostamoita Suomessa tällä hetkellä kahdessa eri toimipai-
kassa.

1.3 Työn lähtökohdat ja tavoitteet

Telatek Service Oy:n tulee toimittaa asiakkaalleen koneistuslaitteita jalostamon kunnossapidon edellytykset täyttäen. Jalostamo on haasteellinen työympäristö ja työturvallisuuden näkökulmasta vaativa kohde. Työssä huomioidaan nämä läh-
tökohdat, ja opinnäytetyön ensisijaisena tavoitteena on tuottaa asiakkaalle asian-
mukaiset käyttö- ja huolto-ohjeet sekä turvallisuusohje. Uusien laitteiden käyt-
töön otossa on aina tärkeää, että sen käyttäjät ovat perehdytettyjä ja tiedostavat
laitteeseen liittyvät riskit ja odottamattomat tilanteet. Käyttö-, huolto- ja turvalli-
suusohjeen tulisi olla tukena koneenkäyttäjille perehdytyksessä, jotta voidaan
varmistaa laitteen turvallinen käyttö. Käyttö- ja huolto-ohje ei kuitenkaan saa olla
liian yksityiskohtainen, mutta käyttöä tukeva laitteen käyttäjälle. Työn toimeksian-
taja yritys on Telatek Service Oy.

Opinnäytetyössä myös suunnitellaan laitteiden valmistusta, laaditaan tuotannolle
tarvittavat dokumentit ja piirustukset sekä ohjataan kokoonpanoa Raahen kone-
pajalla. Laitteet tulee toimittaa asiakkaalle sovitusti, ja projektin tulee edetä re-
surssien mukaan koko ajan. Työssä myös selvitetään laitteiden valmistuskulut
sekä potentiaalinen kustannussäästö laitteiden tuotantokäyttöön ottoa varten.
Uusilla ja vanhoilla lämmönvaihtimien koneistuslaitteilla on suuri ero niin toimin-
taperiaatteessa kuin käytössäkin, ja opinnäytetyössä sivutaan niiden mahdollisia
kustannus- ja turvallisuusvaikutuksia.

Nykyisessä työkuultuurissa turvallisuus on tärkein aspekti, ja sen maksimoiminen
lisää sekä yrityksen imagoa että tuo yritykselle säästöjä. Työturvallisuus ja enna-
kointi on myös käyttöohjeiden ja turvallisuusohjeen perusta.

2 LASTUAVA TYÖSTÖ

Valmistustekniikoilla tarkoitetaan menetelmiä, joilla voidaan eri raaka-aineista tai materiaaleista valmistaa tarvittavia esineitä tai kappaleita niitä työstämällä, muovaamalla tai yhdistämällä toisiin. Ihminen on käyttänyt erilaisia valmistusteknillisiä apukeinoja jo esihistoriallisesta ajasta lähtien, ja varsinaiseksi tieteenalaksi valmistustekniikka muuttui teollisen vallankumouksen myötä. (3.)

2.1 Metallin työstömenetelmät

Metalliosia ja kappaleita voidaan valmistaa ja työstää erilaisin työstökeinoin. Valmistusteknillisiä tapoja on mm. lastuava työstö, muovaus ja leikkaus. Esimerkiksi teräksestä muovataan valssaamalla peltiä, josta myöhemmin polttoleikataan kappaleen aihio ja viimeisenä vaiheena lastuavalla työstöllä valmistetaan kappaleeseen tarvittavat tarkat mitat ja muut tarvittavat ominaisuudet, kuten muodot. (4.)

Metallia voidaan työstää lastuavin menetelmin koneistamalla, jota on esimerkiksi sorvaaminen, jyrshintä, poraaminen, avarrus ja hionta. Metalliaihioista poistetaan näillä keinoin materiaalia lastuina, ja saadaan aikaan haluttuja muotoja ja ominaisuuksia tarkasti. Lastuavalla työstöllä saadaan aikaan esimerkiksi haluttua pinnanlaatua, ja valmistusteknillisesti sekä kustannuksellisesti tarvittavaa laatua. Koneistettaessa tulee huomioida kappaleen materiaali, joka määrittää käytettävän menetelmän, työkalun sekä käytettävät työstöarvot. Lastuavalla työstöllä voidaan kappaleesta poistaa rouhimalla tehokkaasti ja nopeasti materiaalia. (4.)

Nykyään pääosin kaikki lastuavan työstön valmistaminen tapahtuu numeerisesti ohjatuilla työstölaitteilla, jota kutsutaan CNC-koneistamiseksi. Manuaaliohjattuja koneistuslaitteita käytetään useimmiten nykyään korjaavassa ja huoltavassa toiminnassa konepajoilla, kun kappaleisiin joudutaan soveltamaan uusia osia tai pinnoittamaan niitä eri menetelmin. Manuaaliohjaus tarkoittaa käytännössä sitä, että koneenkäyttäjä käyttää ohjainlaitteita itsenäisesti ilman, että mikään laitteen johteen liike toimisi ennalta ohjelmoidusti tai automaattisesti.

2.2 On-site-koneistaminen

On-site-koneistaminen tarkoittaa koneistettavan kappaleen tai osan luona tapahtuvaa lastuavaa työstöä. Yleisesti koneistettava kappale joko tehdään aihioista tai tuodaan konepajalle, jossa kappale kiinnitetään esimerkiksi sorviin. On-site-töissä yleensä omavalmisteinen tai standardivalmisteinen työstökone viedään kunnostettavan kappaleen luo. On-site-koneistamisen suurena etuna on se, että esimerkiksi monimutkaisia ja vaikeasti purettavia kohteita ei tarvitse kokonaan purkaa, että saadaan tarvittava osa kunnostettua (kuva 1). Kunnostettavat osat saattavat olla myös niin suuria, että niiden kuljettaminen olisi hyvin haasteellista ja kallista, jolloin on helpompaa tehdä kunnostustyö paikan päällä. Yleensä aika ratkaisee paljon, ja paikan päällä tehtävät koneistustyöt ovat usein huomattavasti nopeampia, ja sitä kautta asiakkaalle kokonaiskustannuksia säästävää. (5.)



KUVA 1. Höyryturbiinin pystytiivistepintojen on-site-koneistusta

Erilaisia on-site-koneistuslaitteita on Telatek Service Oy kehittänyt paljon. Yleisimpiä lastuavan työstön koneistuslaitteita ovat erilaiset jyrskoneet sekä sorvit, joita on tehty yleiskäyttöön sekä nimenomaan yksittäisiä erikseen tilattuja töitä varten. Usein on-site-töissä hyödynnetään muitakin erikoisosaamisia, esimerkiksi

erilaisten käyttöakseleiden kunnostuksissa akseli on saattanut leikata ja vaurioitua käyttökelvottomaksi laakerin kohdalta. Tällaisissa tapauksissa akselistä esikoneistetaan leikkautunut pinta pois, jonka jälkeen akseli voidaan täytehitsata tai termisesti pinnoittaa, jotta akselin sama halkaisija saadaan säilytettyä. Viimeisenä vaiheena täytehitsattu tai pinnoitettu akseli mittakoneistetaan vaadittaviin laatu- ja mittatarkkuuksiin. (5.)

2.3 Jyrsintä

Lallukka (6, s. 41–42) käyttää opinnäytetyössään Maarasen vuoden 2010 jyrsinnän määrittelyä, jonka mukaan jyrsintä on koneistamisen ja lastuavan työstön yksi menetelmä. Jyrsinnässä teräpää tai muu jyrsintätyökalu on lastuava työkalu eli leikkuuliike, joka pyörii ja irrottaa kappaleesta materiaalia lastuina. Lastuamiseen tarvitaan terän leikkuuliike, asetusliike sekä syöttöliike. Lastujen irrotus tapahtuu jyrsintätyökalun teräpään kovametalli teräpaloilla, tai leikkaavilla särmillä jyrsintäpissa.

Konepajoihin tarkoitettuja jyrsinkonetyyppejä on useita. Niitä voidaan luokitella kolmeen ryhmään, joita ovat polvi- ja runkotyyppiset jyrsinkoneet sekä erikoisjyrsinkoneet. Polvityyppisissä jyrsinkoneissa syöttöliikkeet tapahtuvat pelkästään pöydän liikkeillä, kun taas runkotyyppisissä laitteissa karan sekä pöydän liikkeiden avulla. Runkotyyppisten laitteiden etuna on niiden pöydän tukevuus ja tarkkuuden säilyvyys. Erikoisjyrsinkoneita ovat esimerkiksi työkalujyrsinkoneet ja erilaiset useampi akseliset työstökeskukset. Tyypillisessä yleisjyrsinnässä koneistettava kappale kiinnitetään työstökoneen pöytään, jossa on syöttöliikkeet, ja lastuava terä on kiinteästi paikallaan sekä laite on varustettu digitaalisilla mittalaitteilla. Nykyisin useat jyrsinkoneet ovat numeerisesti ohjattuja. (6, s. 42–43.)

Jyrsinnässä työkaluina käytetään yleensä joko erilaisia teräpäitä tai jyrsintäpejä, joita on erilaisia sovellettuina erilaisiin koneistustarpeisiin esimerkiksi otsajyrsintään, muotojyrsintään tai urien jyrsintään. Jyrsimällä valmistetaan erilaisia koonosia ja kappaleita useisiin eri tarkoituksiin, ja menetelmällä saadaan nopeasti haastavia monipuolisia muotoja valmistettua hyvinkin mittatarkasti. (Kuva 2.) Jyrsinnässä olennaisimpia työstöarvoja ovat pyörimis- eli karanopeus, lastuamis-

nopeus ja syöttönopeus, joka voidaan määrittellä joko pöytä- tai hammaskohtaisena syöttönä. Pinnanlaatuun vaikuttavia tekijöitä on terällä lastuamalla terän geometria, lastuamisnopeus, syötön suuruus ja lastuamislisäaineen käyttö. (6, s. 43–44.)



KUVA 2. Jyrsintää työstökoneella

3 KONEENSUUNNITTELU

Laitteiden suunnitteluun kuuluu koneenpiirustuksen eri vaiheet sekä valmistuksen suunnittelu. Suunnittelussa tulee ottaa huomioon, kuinka kappaleet voidaan valmistaa, mikä on järkevää ja mitkä ovat kustannukset sekä kuinka niihin voidaan vaikuttaa. Koneenrakennukseen liittyy myös lakitekniisiä vaatimuksia, joilla varmistetaan koneiden turvallisuus käyttäjälle ja ympäristölle ja jotka tulee ottaa huomioon suunnitellessa laitetta.

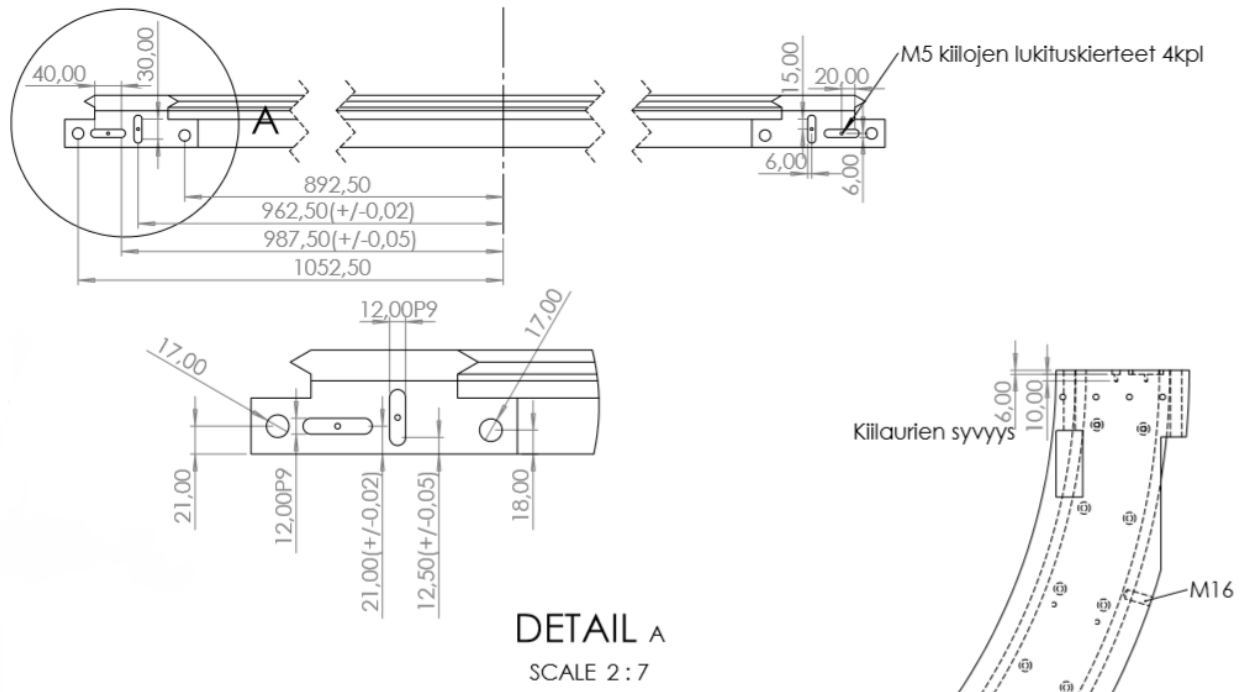
3.1 Koneenpiirustus

Koneenpiirustus on kappaleiden ja kokoonpanojen suunnittelun ja valmistuksen perusta. Koneenpiirustuksella tarkoitetaan teknistä piirtämistä, jolla määritellään kappaleen muodot, mitat sekä vaatimukset. Valmistuskuvien perusteella osa tai kappale kyetään valmistamaan halutunlaiseksi. Koneenpiirustuksessa käytetään erilaisia standardeja, millä varmistetaan, että suunnittelija ja toteuttaja varmasti lukevat teknisiä piirustuksia samalla tavalla. Koneenpiirustus standardit ovat perussääntöjä, joilla määritellään teknisen piirtämisen samanlaisuutta, toleransseja ja metodeja. (7.)

Nykyään koneenpiirustusta tehdään pääosin tietokoneella eri mallinnusohjelmin. Tarvittavasta kappaleesta mallinnetaan 3D-mallinne, josta luodaan tarvittavat 2D-tekniset piirustukset tuotannolle, tai mahdollisesti ohjelmointi tiedostot suoraan työstökoneelle. Konepiirustuksissa pyritään mahdollisimman helppolukuisen lopputulokseen, josta kuitenkin käy ilmi kaikki tärkeimmät asiat. Tällaisia ovat muun muassa koneistustoleranssit, hitsausmerkinnät, valmistusstandardit sekä muut tarvittavat ohjeet kappaleen valmistamiseksi (8, s. 9).

Virallisia koneenpiirustusasiakirjoja koskevat monet säännöt ja standardit. Esimerkiksi standardi SFS-EN ISO 7200 määrittää, mitä asiakirjasta tulee ilmetä. Pakollisia tietoja ovat muun muassa tietyt tunnistetiedot, työkappaletta kuvaavat tiedot ja hallinnolliset tiedot. (9.)

Kuvassa 3 on osakuva opinnäytetyöhön liittyvästä teknisestä piirustuksesta. Kuvasta selviävät tärkeimmät toleranssit ja tarvittavat mitat, joiden avulla voidaan tarvittava osa kokonaisuudesta valmistaa.



KUVA 3. Osakuva teknisestä piirustuksesta

Opinnäytetyön useissa eri vaiheissa on käytetty Solidworks-suunnitteluohjelmistoa osien mallinnuksessa sekä valmistuskuvien tekemisessä. Solidworks 3D CAD on Dassault Systemesin kehittämä tietokoneavusteinen suunnitteluohjelmisto, jolla voidaan luoda kolmenlaisia perustiedostoja: Osia, kokoonpanoja ja valmistuspiirustuksia. Ohjelmisto perustuu 3D-mallintamiseen, ja sen suurena etuna on perinteisiin mallinuksiin verrattuna se, että mallinnusta ja piirustusta on helppo muokata jälkikäteen. Perustiedostot ovat myös linkittyneet toisiinsa, joten jos kokoonpanon osaan tehdään muutos, myös sen piirustus ja kokoonpano muuttuu muutoksen mukana suoraan. (10.)

3.2 Valmistustoleranssit

On sanottu, että noin kahdeksankymmentä prosenttia tuotteen kustannuksista päätetään suunnitteluvaiheessa. Valmistustoleranssit ovat teollisen valmistustekniikan kulmakiviä. Niiden avulla kyetään valmistamaan keskenään vaihtokelpoisia osia, ja saadaan luotua valmistukseen toistettavuutta (11.).

Osien valmistuksessa syntyy aina virhettä, ja toleransseilla määritetään, kuinka suuri tämä virhe saa olla ennen kuin kappale hylätään. Toleranssi määrittää sallitut rajat jollekin tuotteen tekniselle ominaisuudelle, eli kuvaa esimerkiksi tuotteen tai osan valmistamisen hyväksytyä epätarkkuutta. Ominaisuudet voivat olla esimerkiksi koneen osan mittoja ja muotoja sekä geometrisiä toleransseja, joilla määritellään esimerkiksi pintojen samansuuntaisuutta. (12, s. 12–14.)

Valmistustoleranssit voidaan jakaa mittatoleransseihin ja geometrisiin toleransseihin. Mittatoleranssit määräävät kappaleelle hyväksytyt tosimitat nimellismitaan nähden. Toleranssit voidaan määrittää yksinkertaisimmillaan rajamitoilla, tai ylä- ja alaeromitoin. Toleransseihin liittyviä standardeja on määritelty useita, muun muassa yleistoleransseihin sekä pinnankarheuden määrittämiseen. (12, s. 11–19). Standardeilla pyritään yhdenmukaistamaan toleroinnin käytäntöjä, jotta mittapiirustuksia luetaan samalla tavalla globaalisti.

Geometrisille toleransseille ISO on kehittänyt kansainvälisen GPS-järjestelmän, joka määrittelee muun muassa vaatimukset toleranssien todentamiseen, mittavälineille, kalibroinnille sekä mittausepävarmuuden ilmoittamiselle (13, s. 25–29). Geometristen toleranssien tulkinta on haastavampaa, ja niille on oma standardinsa SFS-EN ISO 1101. Standardi määrittää muodon, heiton, suunnan ja sijainnin toleranssit. (13, s.55). Sallitut mitat voidaan kertoa myös toleranssijärjestelmän avulla, esimerkiksi akseli- ja reikätoleransseja voidaan ISO-toleranssijärjestelmässä määrittää kirjaimen ja numeron symbolilla. Symbolilla voidaan ilmoittaa haluttu toleranssiaste, ja siten esimerkiksi haluttu sovite kappaleille. (12, s. 4.)

Mittojen toleranssien määrittäminen on huomattavan tärkeää tietenkin kappaleen toimivuuden kannalta, mutta äärimmäisen tärkeää kustannusten näkökulmasta. Lähtökohdانا on erillisesti määrittää toleranssit vain kriittisille mitoille, ja muissa

käyttää esimerkiksi valmistamisen yleistoleransseja. (5.) Esimerkiksi hyvin yksinkertaisissa koneistettavissa kappaleissa saattaa kahden yhtä toimivan osan kustannusero olla moninkertainen, jos tehdään ylilaatua turhaan. Liiallisen mittojen toleroinnin seurauksena voidaan kappaletta joutua koneistamaan usealla eri laitteella, lisäämään työvaiheita ja käyttämään huomattavasti enemmän aikaa valmistamiseen ja mittaamiseen.

Mittaamiseen liittyy myös aina epävarmuutta, joka tulee ottaa tarpeen vaatiessa huomioon esimerkiksi massatuotannossa (kuva 4). Mittausepävarmuustekijöitä voi olla inhimilliset virheet, kokemuksen puute sekä mittalaitteista johtuvat mittausvirheet. Mittavälineitä tulee säännöllisesti kalibroida, jotta mittojen toleranssien määrittäminen on kannattavaa. (5.)



KUVA 4. Kampiakselin mittaamista

3.3 Työohjeet

Työohje on yleensä työsuunnittelun tekemä ohje työntekijälle, jotta työntekijä voi valmistaa ja osaa varautua oikein menetelmin ja työkaluin vaadittavaan työhön. Työohjeesta selviää vaadittavat resurssit, aikataulut, työjärjestys, menetelmät, lisäaineet sekä muut mahdolliset selvitykset. Työohje sisältää usein piirustuksia,

tarkentavia kuvia, osaluetteloita tai 3D-malleja, joista työntekijä voi havaita huomioon otettavia asioita. Työohjeet voivat olla myös videoita, millä esitetään tehtävä työ ja järjestys joko yleisesti tai yksityiskohtaisesti. Oikeaoppiset työohjeet ovat tärkeä osa työturvallisuutta ja työntekijöiden on helppo ennakoida tulevia tehtäviänsä. (14, s. 16–21.)

Hyvät työohjeet säästävät paljon aikaa ja kustannuksia, sillä jokainen työn keskeytys aiheuttaa katkon tuotannossa ja pahimmillaan ruuhkauttaa tai toimii pulonkaulana. Uusien töiden tai kappaleiden valmistuksessa työohjeet ovat erittäin tärkeitä, ja toimivat työnsuunnittelun ja työntekijöiden tärkeänä vuorovälityksenä.

3.4 Työturvallisuuslaki

Työturvallisuuslaki 23.8.2002/738 on Suomen työturvallisuuden määrittävä laki-asetus. Se määrittelee työnantajan ja työntekijöiden velvollisuuksia työsuojelun toteuttamiseksi, siinä annetaan perusteita työsuojelun yhteistoiminnalle sekä käsitellään työpaikoilla esiintyvien haitta- ja vaaratekijöiden torjuntatoimia. (15.)

Työturvallisuuslain tarkoituksena on parantaa työympäristöä ja työolosuhteita siten, että työntekijöiden työkykyä turvataan, ylläpidetään sekä ennalta ehkäistään ja torjutaan työtapaturmia, ammattitauteja ja muita työstä ja työympäristön aiheuttamia työntekijöiden fyysisen sekä henkisen terveyden haittoja.

Työturvallisuuslain lähtökohtana on, että työpaikoilla kehitetään työturvallisuutta oma-aloitteisesti. Lakia sovelletaan toisen palveluksessa tehtävään palkkatyöhön (16, s. 4).

Koneturvallisuuteen liittyviä työympäristöä ja työolosuhteita koskevia säädöksiä on työturvallisuuslaissa määritelty useita, jotka joko suoraan tai välillisesti koskevat työntekijöiden turvallisuutta sekä koneturvallisuutta. Työturvallisuuslaissa on muun muassa koneturvallisuuteen, henkilösuojaimiin, nostotöihin ja valaistukseen liittyviä säädöksiä. Laki myös määrittelee työnantajan ja työntekijän velvollisuudet sekä lain noudattamista valvovat työsuojeluviranomaiset. (15.)

3.5 Työsuojelun lainsäädäntö

Työsuojelu on työnantajan vastuulla, ja sen vaikutus alkaa heti kun yritykseen palkataan ensimmäinen työntekijä. Työsuojelun tarkoituksena on huolehtia työntekijöiden fyysisestä ja henkisistä edellytyksistä sekä jaksamisesta. Jokaisella työnantajalla tulee olla työsuojelun toimintaohjelma. Toimintaohjelmassa on kuvattu havaitut työpaikan turvallisuuden kehittämiskohteet, tavoitteet ja tehtävät työn turvallisuuden ja terveellisyysvarmistamiseksi. Toimintaohjelma pohjautuu mahdollisten riskien arviointiin ja ohjelmassa riskit kartoitetaan, niiden suuruus ja todennäköisyys arvioidaan, jonka jälkeen päätetään toimista, joilla riskejä voidaan hallita tai mahdollisesti poistaa kokonaan. (17.)

Työsuojelun valvonnasta ja työnantajalta vaadittavasta työsuojeluyhteistoiminnasta on oma lakinsa 20.1.2006/44, jossa määritellään seuraavasti lakia:

”Lain tarkoituksena on varmistaa työsuojelua koskevien säännösten noudattaminen sekä parantaa työympäristöä ja työolosuhteita työsuojelun viranomaisvalvonnan sekä työnantajan ja työntekijöiden yhteistoiminnan avulla (18.)”.

3.6 ISO 45001 työterveys- ja työturvallisuusjohtaminen

”ISO 45001 -standardin tavoitteena on parantaa työntekijöiden terveyttä ja turvallisuutta, vähentää työpaikkojen riskejä sekä luoda terveellisempiä ja turvallisempia työolosuhteita.” Muotoillaan asia ISO 45001 standardissa. (19.)

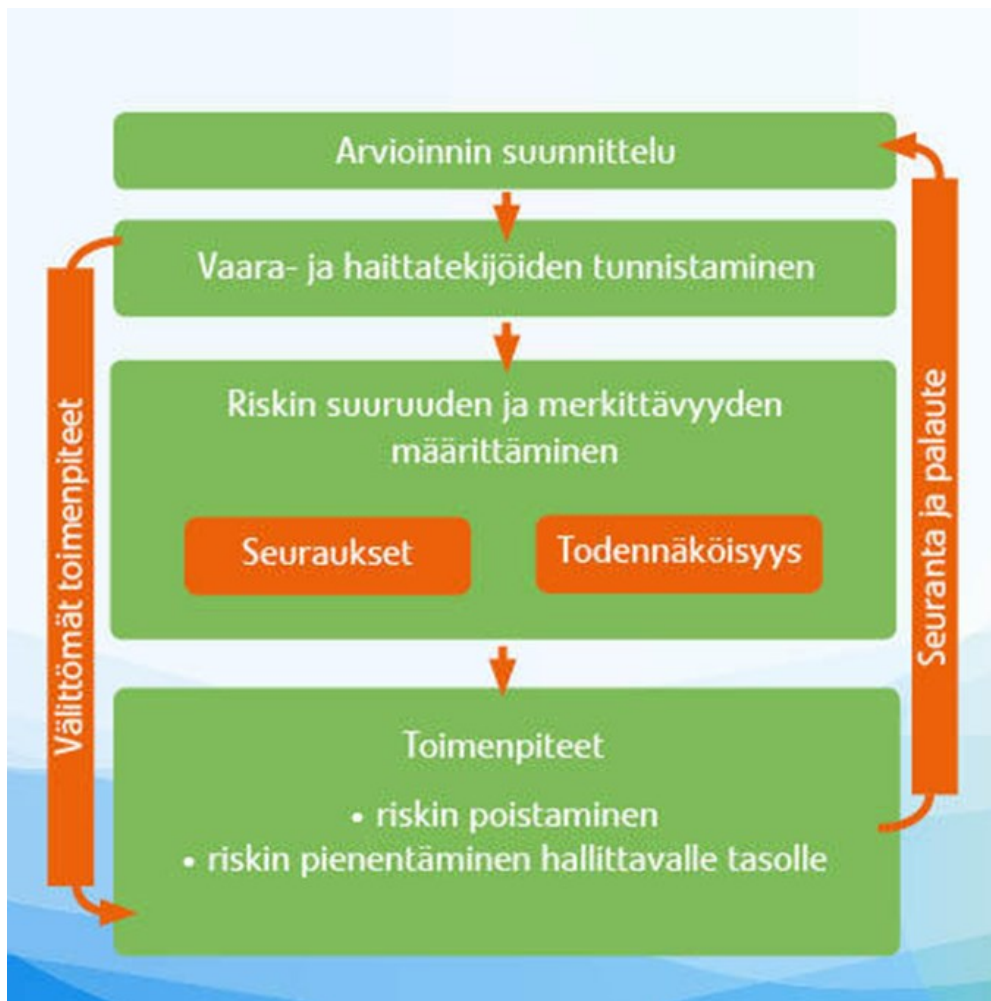
ISO 45001 on työterveys- ja työturvallisuusjohtamisen standardi, jonka perimmäisenä tavoitteena on asettaa minimivaatimukset työntekijöiden suojelulle maailmanlaajuisesti. Se luo viitekehyksen turvallisuusjohtamiselle ja sen avulla voi yritys luoda oman toimintamallin, jolla parantaa työturvallisuuskulttuuria ja vähentää siten työtapaturmia, sairauspoissaoloja ja alentaa vakuutusmaksuja sekä yhdistää työturvallisuuskokonaisuuden yrityksen liiketoimintaprosesseihin. Systemaattinen toiminnan suunnittelu, hallinta, mittaaminen ja parantaminen on työterveys- ja turvallisuusjohtamisen standardin kulmakiviä sekä toiminnan ennakoitavuus, johon pyritään yleensäkin. (20.)

Toimintamallin avulla pyritään luomaan turvallisuutta parantava ja itseään ruokiva kulttuuri, jossa työntekijöitä kannustetaan kehittämään ja toimimaan aktiivisesti oman sekä muiden turvallisuuden ja terveyden hyväksi. Samalla yritysjohto sitoutuu selkeämmin työsuojelun jatkuvaan kehittämiseen ja seurantaan, jonka avulla esimerkiksi lakisääteisten ja muiden vaatimusten täyttäminen helpottuu. Yrityksen imagon kannalta työturvallisuudella on nykypäivänä valtava merkitys, jonka merkitystä ei kannata väheksyä. (19.)

3.7 Riskien arviointi

Riskien arviointi tarkoittaa yritykselle erilaisten riskien tunnistamista ja niiden vaikutusten ja seurausten suuruuden arviointia. Yrityksen riskien arvioinnilla pyritään ennakoimaan mahdollisimman hyvin tulevia ja odottamattomia riskejä, jotta pystytään varautumaan niihin, tai poistamaan ne kokonaan. Yrityksessä jo tapahtuneet tapaturmat ja onnettomuudet analysoidaan ja tutkitaan juurisyyt. Riskejä yritetään ennakoida ja selvittää muita mahdollisia riskejä esimerkiksi vastaavan toimialan yrityksiltä, ja päästä niihin kiinni jo ennen toteutumista. Riskien arvioinnin tarvetta on määritelty työturvallisuuslaissa sekä työnantajan työsuojelun toimintaohjelmassa. (21, s. 7–8.)

Riskien arvioinnissa edetään järjestelmällisesti vaiheittain. Esimerkiksi noudattamalla kuvan 5 eri riskien arvioinnin vaiheita, ja käyttämällä riskien arvioinnin perustana jo tunnistettuja vaaroja, joita on havaittu työssä.



KUVA 5. Riskien arviointipohja (22)

Riskien arvioinnissa tulee eteen tilanteita, joissa havaittuja vaaroja tai riskejä ei voida poistaa. Tällöin tulee kyseisistä vaaroista tehdä arviointi, jossa riskien merkitys arvioidaan työntekijöiden terveydelle ja turvallisuudelle sekä luokitellaan seurausten merkityksen mukaan. Tämän arvioinnin pohjalta tehdään vaadittavat ja tarpeelliset toimet sekä listataan kehittämistarpeet työturvallisuuden takaamiseksi. Hyvä riskienarviointi on tarpeeksi erotteleva, totuudenmukainen ja ennakoiva, ja sen avulla esiin nostettavat kehitystarpeet ovat myös tarpeeksi konkreettisia ja toteutettavissa olevia. (21, s. 7–9.)

Eri työtehtävistä tai vaihtuvista projekteista tehdään myös riskienarviointi-dokumentti, josta selviää työssä mahdollisesti eteen tulevat riskit tai uhat. Työympäristön tai olosuhteiden vaarat tulee tunnistaa, ja suunnitella niihin varautuminen

sekä määritellään tarvittavat henkilösuojaimet ja hätätoimet kyseisten vaarojen varalle (2.).

3.8 Perehdyttäminen

Työturvallisuuslaki velvoittaa työnantajaa perehdyttämään työntekijänsä aina, kun työntekijälle osoitetaan uusi työ, työväline tai työ- ja tuotantomenetelmä. Perehdytys koskee kaikkia työnantajan henkilöstöryhmiä, mukaan lukien vuokra-työntekijät, kausi- ja kesätyöntekijät. (23.)

Perehdytyksellä tarkoitetaan työntekijän opastamista työhönsä ja työyhteisöön, jotta työntekijä kykenee tekemään työnsä oikeaoppisesti ja turvallisesti. Työhön perehdytys olisi hyvä olla kirjallinen, jolla kyetään seuraamaan työntekijän perehdytystä ja osaamista eri tehtävissä luotettavasti. Ensiarvoisen tärkeää perehdytys on nuoren työntekijän kohdalla, jolla on suurimmat riskit työelämässä. Työtapa-turman vaara on suurimmillaan uusissa ja tuntemattomissa työympäristöissä, joissa työskennellään heikolla perehdytyksellä ja kokemattomana. Työntekijällä on velvollisuus noudattaa ohjeita, joita työnantaja osoittaa. (23.)

Työnantajan velvollisuutena on jakaa henkilöstölle tarpeeksi tietoa työpaikan haitta- ja vaaratekijöistä, jotka vaikuttavat työntekijöiden terveyteen ja turvallisuuteen. Perehdytyksessä hyvin oleellista on työsuojelun turvallisuuskohdat, työntekijälle tulee opastaa laitteiden ja työmenetelmien riskit, vaaratekijät ja niiden ennakointi perusteellisesti. Myös työn pitkäaikaiset vaikutukset, kuten ammattitaudit ja altistukset tulee saattaa työntekijän tietoon sekä huolehtia mahdollisesta seurannasta. Perehdytyksessä ja muuta koulutusta annettaessa tulee huomioida työntekijän koulutustausta, ammattiosaaminen sekä työkokemus. Opetusta ja ohjaamista tulee lisätä, jos työntekijän toimintavoissa havaitaan puutteita tai ongelmakohtia. (24.)

3.9 Koneturvallisuus

Koneturvallisuuden peruseriaatteena on valvoa markkinoille tuotavien ja Suomessa käytettävien koneiden ja laitteiden turvallisuutta sekä ympäristölle että käyttäjälle. Koneen suunnitteluvaihe on tärkein osa koneturvallisuutta, sillä suunnitteluvaiheessa voidaan määritellä ja kehittää eri ratkaisut koneenkäyttöön ja

turvallisuuteen. Suomessa koneturvallisuusasetukset pohjautuvat nykyisin selkeästi EU:n asettamaan konedirektiiviin, josta on luotu asetus koneiden turvallisuudesta (400/2008), nk. koneasetus. (25, s.3–5)

Koneturvallisuudessa tulee ottaa huomioon laitteen vaaratekijät käyttäjille. Koneen tekniset ratkaisut, toiminnot ja varusteet tulee olla ominaisuuksiltaan sellaiset, että kone soveltuu tarkoitettuun käyttöön, eikä se aiheuta käytössään tapaturman vaaraa tai terveyden haittaa. Mahdollisesti jäljelle jääviä riskejä tulee rajoittaa tai pyrkiä suojaamaan käyttäjät parhaalla mahdollisella tavalla, esimerkiksi erilaisilla suojilla tai muilla turvalaitteilla. Koneen suunnittelija, valmistaja ja konetta käyttävä työnantaja vastaavat edellä mainituista turvallisuuskohdista ja menettelyistä, ja niiden pohjana toimii jo suunnitteluvaiheessa laadittu riskianalyysi. Riskianalyysin pohjalta toteutetaan laitteen suunnittelu ja rakentaminen. Laitteen valmistajan velvollisuuksiin kuuluu myös huolehtia asianmukaisten käyttöohjeiden ja teknisen tiedoston laatimisesta sekä pakollisten tietojen ja merkintöjen ilmoittamisesta ja merkitsemisestä. (25, s.8–12)

3.10 Konedirektiivi 2006/42/EY

Koneturvallisuuden lainsäädäntö perustuu Euroopan unionin alueella konedirektiiviin. Konedirektiivin näkyvin ja tunnetuin osa on CE-merkki. CE-merkintä toimii EU:n alueella myös vaatimustenmukaisuusvakuutuksena, jolla laitteen valmistaja voi osoittaa, että kyseinen laite on valmistettu ja suunniteltu koneturvallisuudirektiiviin perustuvan lainsäädännön mukaisesti (28.). Käytännössä CE-merkityn laitteen valmistaja itse valvoo ja vastaa siitä, että laite on turvallinen. Suomessa CE-merkintöjä valvoo TUKES. (26.)

Konedirektiivissä on määritelty kaikille koneille ja laitteille pakolliset turvallisuusvaatimukset. Turvallisuusvaatimukset koskevat sekä työkäyttöön että kuluttajille suunnattuja koneita. Tietyntyyppiset koneet ja laitteet, esimerkiksi erilaiset nostimet kuten auto- ja henkilönostimet, moottorisahat sekä ajoneuvot, tulee EY-tyyppi tarkastaa konedirektiivin asetusten ja määräysten mukaisesti säännöllisesti. (27.)

Konedirektiivi on tehty helpottamaan kaupankäyntiä EU:n alueella, ja yhtenäistämään lainsäädäntöä eri maiden välillä. Konedirektiivi on asetettu vuonna 1988, ja viimeisin versio on 2006/42/EY, joka hyväksyttiin huhtikuussa 2006. Koneeseen liittyvät suunnittelu- ja valmistusasiakirjat tulee säilyttää ja taltioida valvontatoimia varten. (28.)

3.11 Riskianalyysi

Konedirektiivi määrittelee, että suunnitteluvaiheessa tulee uudelle laitteelle laatia riskianalyysi, jolla varmistetaan laitteen suunnitteluvaiheen mahdollisimman turvalliset ratkaisut käyttäjälle ja ympäristölle. Riskianalyysissä mahdolliset riskit tunnistetaan, arvioidaan niiden haitat ja seuraukset ja selvitetään syyt ja mahdolliset toimenpiteet riskien rajoittamiseksi tai jopa poistamiseksi. Tällaisia toimenpiteitä, joilla riskejä voidaan hallita, on esimerkiksi laitteen turvarajat, teräsuojat ja turvakytkimet. (27.)

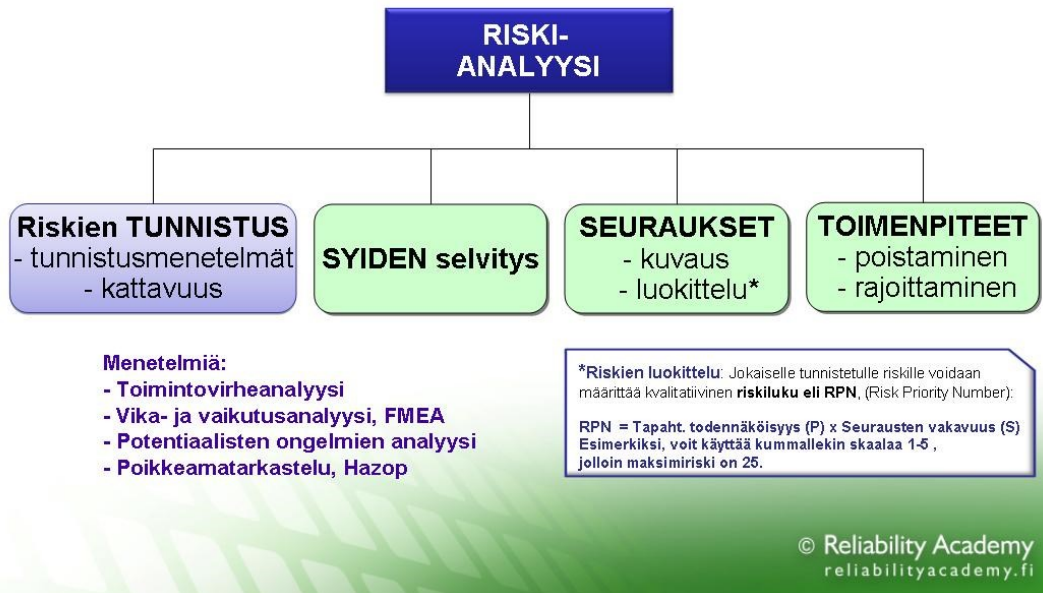
Riskianalyysin eri vaatimuksia on kuvattu muun muassa SFS-EN ISO 12100 standardissa esimerkiksi seuraavasti:

”Standardi kuvaa erityisesti, mitä tietoja riskin arvioinnin suorittamiseksi tulisi olla käytettävissä sekä erittelee riskin arvioinnin eri vaiheet sekä näiden vaiheiden aikana suoritettavat toimet (29.)”.

Kuvassa 6 riskien tunnistamista ja analysointia havainnoiva malli, jossa esimerkiksi eri riskien seurauksia pisteyttävä malli (30).

Riskianalyysi

'Tunnistusmenetelmät': Riskien tunnistaminen ja analysointi



KUVA 6. Riskien tunnistaminen ja analysointi (30)

4 VALMISTETTAVA KONEISTUSLAITE

Toimitettavat koneistuslaitteet on suunniteltu ja valmistettu tilauksesta asiakkaalle. Telatek Service Oy on tehnyt jo pitkän aikaa jalostamoille erilaisia on-site-koneistustöitä sekä lämmönvaihtimien tiivisteiden aukaisuja. Käyttökokemuksen perusteella uusien laitteiden suunnittelu ja valmistus on tilattu Telatek Service Oy:ltä. Telatek Service Oy on myös aikaisemmin toimittanut tiivisteiden aukaisulaitteet, jotka ovat toimintaperiaatteeltaan erilaiset kuin uudet. Vanhat laitteet ovat jo nykyään vanhentuneet monilta osin, ja niiden käyttöikä on jo tullut tiensä päähän. Pääosin koneistuslaitteilla on käyttötarve suurten ennalta suunniteltujen revisioiden aikana, mutta niitä voidaan tarvita myös nopeissa ennalta-arvaamattomissa tilanteissa, joissa tuotanto katkeaa. (5.)

Tilaaajan näkökulmasta vanhat koneistuslaitteet tuovat oman riskinsä huoltotöihin. Laitteet voivat rikkoutua ja varaosien saatavuus voi olla hyvinkin heikkoa, mikä on huono asia ennakoitavuuden kannalta. Laitteet myös voivat aiheuttaa työturvallisuusriskin vanhentuneilla toimintaperiaatteiltaan. Molemmissa tapauksissa se tuottaa tilaajalle lisää kustannuksia sekä suoraan että välillisesti. Tarkoin määritellyt aikataulut eivät toteudu ja se voi aiheuttaa ketjureaktion muihinkin töihin, jonka takia kustannukset voivat nousta yllättävän suuriksi. Sama pätee työtapaturman sattuessa. Yritykselle on äärimmäisen tärkeää tarkoin aikataulutetuissa revisioissa, että työtapaturmat ja etapit ovat mahdollisimman tarkasti ennustettavissa, tai vähintään niihin pystytään varautumaan.

4.1 Käyttökohde

Öljynjalostamot ovat polttoaineen tuotantoalueita, jossa raakaöljystä valmistetaan erilaisia öljytuotteita petrokemiallisilla prosesseilla (kuva 7). Öljy on erilaisten hiilivetyjen seos. Öljynjalostusprosessissa siitä erotetaan tislaamalla eri jakeita. Jakotislauksen tuotteena saadaan raskasöljyä, kevyttä polttoöljyä, petrolia ja bensiiniä. Prosessissa saadaan myös kaasumaisia seoksia, joita käytetään muun muassa nestekaasussa ja muovien valmistuksessa (31).



KUVA 7. Öljynjalostamo Suomessa (32)

Petrokemiaalliset prosessit vaativat lämmönvaihtimia, jotka mahdollistavat nesteen tai seoksen lämpötilan vaihtamisen haluttuun astelukuun tarkasti ilman, että se palaa kiinni järjestelmään tai jäähtyy liikaa. Lämpötilaa muuttava neste kulkee levyjen välissä tasaisesti ja tulee ulos halutussa lämpötilassa. (33.) Lämmönvaihtimia on jalostamoilla paljon, ja niitä tulee huoltaa säännöllisesti. Koneistuslaitteita käytetään lämmönvaihtimien tiivisteiden ja päädyn diagrammilevyjen aukaisuun, jotta vaihtimen sisäosat saadaan pois vaipan sisältä ja pystytään huoltamaan. Lämmönvaihtimia on monen kokoisia ja erilaisille nesteille tarkoitettuja. Öljynjalostamoilla käytetyt lämmönvaihtimet ovat pääsääntöisesti halkaisijaltaan väliltä 0,8 m– 3 m ja pituudeltaan useita metrejä. Lämmönvaihtimet ovat valmistettu teräksestä, ja ovat usein sijainniltaan sellaisissa paikoissa, että niiden siirto olisi mahdotonta.

4.2 Koneistuslaitteiden tehtävä

Telatek Service Oy toimittaa asiakkaalleen erikoiskoneistuslaitteita. Koneistuslaitteita käytetään öljynjalostamon lämmönvaihtimien koneistuksiin. Lämmön-

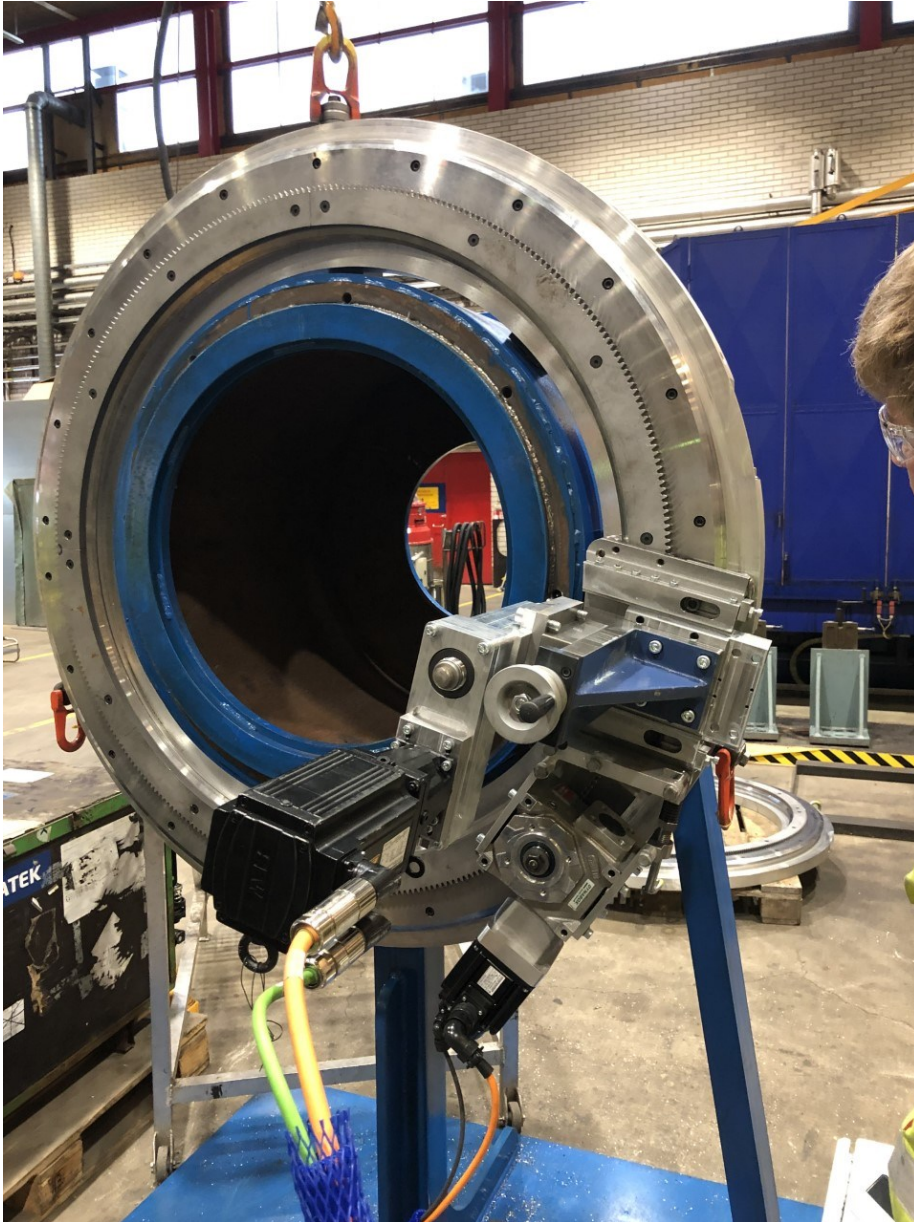
vaihtimien uusien koneistuslaitteiden suunnittelussa on otettu huomioon edellisten laitteiden ongelmakohdat, turvallinen käyttö jalostamoilla, käyttövarmuus ja käyttäjät. (5.)

Uudet koneistuslaitteet on suunniteltu edellisten koneistuslaitteiden sekä nykykaisen koneensuunnittelun kokemusten pohjalta. Laitteiden tulee olla tukevia koneistukseen, mahdollisimman kevyitä ja helposti asennettavia. Huollettavuus tulee olla hyvä, laitteiden kestäviä vaativissa olosuhteissa ulkoilmassa ja varaosia tulee olla helposti saatavilla.

Laitteita toimitetaan asiakkaalle kymmenen kappaletta eri kokoisia. Koneistuslaitteiden sisähalkaisija mitat ovat väliltä 860–2 400 mm. Laitteen runko on halkaitavissa kahteen osaan, jotta se pystytään asentamaan kaikkiin lämmönvaihtimiin, jotka mahdollisesti ovat sijainniltaan hankalissa paikoissa putkien välissä. Johde-pinnalla kulkee prismapintojen välissä erillinen kelkka, joka voidaan irrottaa ja johon asennetaan joko tiivisteiden aukaisu tai päätylevyjen poisto jyrsinlaitteisto.

Koneistettavan kohteen mukaan johteelle asennetaan joko tiivisteidenaukaisu jyrsinpaketti tai päätylevyjen irrotus jyrsinpaketti. Tiivisteiden aukaisu jyrsinpäästä tapahtuu lämmönvaihtimen ulkokehällä kehän suuntaisesti. Lämmönvaihtimessa on kaksi peltitiivistettä, jotka ovat hitsattuna päältä toisiinsa ja hitsisauma koneistetaan auki.

Pääty- eli diagrammilevyjen irrotus tapahtuu koneistamalla lämmönvaihtimen päästä pois peltilevy, joka on hitsattuna lämmönvaihtimen runkoon levyn ulkokehältä sen aksiaalisesta otsapinnastaan. Päätylevyjen jyrsinpaketilla voidaan koneistaa myös diagrammilevyn irrotuksen jälkeen lämmönvaihtimen otsapinta puhtaaksi, johon myöhemmin kasausvaiheessa hitsataan uusi päätylevy kiinni. Tiiveyden kannalta on tärkeää, että otsapinta on pinnanlaadultaan hyvä. Kuvassa 8 koneistuslaite on testissä.



KUVA 8. Koneistuslaite testissä, johteessa kiinni päätylevyjen irrotukseen soveltuva jyrsinpaketti

4.3 Laitteiden valmistaminen

Laitteet suunniteltiin Raahessa pääosin talvella 2019–2020. Materiaalien ja osien tilaukset jatkuivat kesällä, ja laitteiden valmistuksen suunnittelu aloitettiin kesällä 2020. Laitteiden valmistuksen suunnittelussa pyrittiin huomioimaan resurssien rajallisuus, sillä Telatek Service Oy:llä on huomattavasti muuttuva työ- ja tilauskanta, jonka takia töitä pitää jaksottaa ja ulkoistaa kiireiden takia. Laitteessa on myös monimutkaisia kappaleita, joiden valmistaminen alihankinnan kautta on

myös huomattavasti kustannustehokkaampaa. Oman haasteensa toi myös maailman koronatilanne, joka hidasti osatoimituksia ympäri maailmaa. Laitteiden suunnittelun kannalta on tärkeää pystyä käyttämään joko valmiiksi suunniteltuja ja hyväksi havaittuja osia ja osakokoonpanoja, sillä pääosin kaikki erikoisemmat laitteenrakennukseen liittyvät valmiit komponentit ovat kokonaisuuden kannalta halvempia ostettuna valmiina tuotteena, kuin itse tehtynä ja suunniteltuna. Tämä helpottaa myös laitteiden huoltamista ja korjaamista.

Laitteiden suunnittelussa on hyödynnetty paljon vanhojen tiivisteenaukaisukoneiden kokemuksia sekä muidenkin samankaltaisten koneistuslaitteiden käyttökokemuksia ja jopa osia vastaavanlaisista laitteista.

4.4 Valmistamisen suunnittelu

Laitteiden valmistamista tulee suunnitella siten, että työvaiheet ja kokoonpano voi edetä järkevästi. Laitteet on suunniteltu Solidworks 3D -ohjelmalla ja soviteltu oikeiden mittojen mukaan mallinnetuille lämmönvaihtimille. Vaikka laitteet on mallinnettu ja tehty kokoonpanokuvat, tulee koneistuslaitteiden osista ja osakokoonpanoista tehdä tuotannolle ja alihankintaan mittakuvat valmistamista varten. Mittakuvissa pitää ottaa huomioon valmistamisen mahdollisuus, osien mittojen järkevä ja oleellinen tolerointi sekä työvaiheet. Valmistuksessa lähdettiin liikkeelle pienimmästä koneistuslaitteesta, ja edettiin järjestyksessä isompaan laitteeseen aina.

Valmistaminen aikataulutettiin ja resursoitiin siten, että työ etenisi koko ajan. Välipalaverit ja tilannekatsaukset järjesteltiin määräajoin, jotta nähtäisiin missä vaiheessa mikäkin osaprojekti etenee. Työntekijöitä käytettiin paljon resursoinnin ja aikataulutuksen apuna.

Koneistuslaitteiden valmistuksessa on useita työvaiheita, ja esimerkiksi osa alumiinirunkojen koneistuksista tehdään Raahen konepajalla ja osa alihankinnan kautta. Jokaiselle työvaiheelle tulee laatia työohje sekä toimittaa vaadittavat piirustukset tai havainnekuvat. Valmistusta ja kokoonpanoa varten projektia tulee

aikatauluttaa mahdollisuuksien mukaan, ja resursseja päivittää jatkuvasti, sillä resurssi tilanne muuttuu koko ajan. Projektin asiakirjat ja suunnitelmat tulee dokumentoida asianmukaisesti.

4.5 Laitteiden toiminnan vaatimukset

Laitteen materiaali valinnoissa on hyödynnetty paljon lujaa alumiinia, jota on vahvistettu rungon jäykistämiseksi teräsvahvikkeella. Sama vahvikeosa toimii myös johdepintana eli prisma johdekelkalle, johon alumiini ei soveltuisi pehmeytensä takia. Terästä on myös käytetty jyrsinpään pyöryksen ratkaisuisissa, kuten hammaskehässä, voimansiirrossa sekä jyrsinpään osissa. Koneistuslaitteen tulee olla tukeva, jotta vältytään värinältä, joka vaikeuttaa ja hidastaa koneistusta selvästi. Toisaalta kaikki turha massa tulee karsia pois, jotta asentaminen on haastavissa olosuhteissa mahdollisimman vaivatonta. Osien tulee olla myös vaikeita olosuhteita kestäviä, joka rajoittaa muutamissa kohdin materiaalivalintoja verrattuna vaikkaisiin ja hyviin käyttöolosuhteisiin.

Koneistuslaite on halkaistava, joten jakotasopintojen tulee olla ohjautuvat, jotta puolikkaat asettuvat aina samaan kohtaan, prismapinnat pysyvät yhdensuuntaisina ja kohtisuoruus säilyy. Koneistuslaitteen valmistuksessa on useissa kohdissa tärkeää, että yhdensuuntaisuus, kohtisuoruus ja tasomaisuus ovat tarkoin toleroituja kriittisissä kohdissa, jotta koneistuslaite toimii halutunlaisesti ja tekee vaadittua koneistusjälkeä. Liitteen 1 kuvassa mittakuvien tolerointia, vain tärkeimmille mitoille määritelty toleranssit toimivuuden kannalta. Muissa kohdissa pyritään käyttämään valmistuksen yleistoleransseja.

4.6 Osakokoonpanot

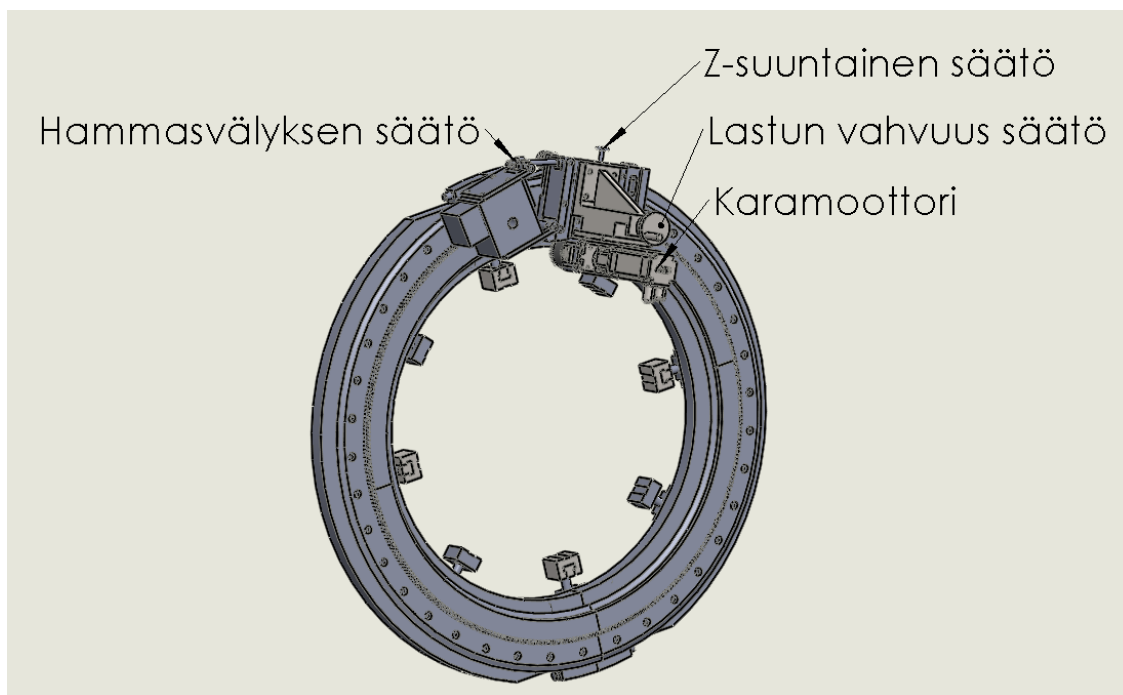
Alumiinirunko on valmistettu 5000-sarjan alumiinista, jotka hankittiin valmiiksi vesileikattuina alihankkijalta, jonka jälkeen alumiini lämpökäsiteltiin jännityksien poistamiseksi. Jännityksen poisto on erittäin tärkeä vaihe, sillä ilman sitä voi alumiini elää ja vedellä esimerkiksi kokoonpanon jälkeen huomattavasti. (5.)

Ensimmäisessä vaiheessa alumiinirunkoon porattiin kierrereiät teräksisen prismaosan kiinnittämiseksi. Osat kohdistetaan ja prismaosa kiinnitetään alumiinirunkoon M10 uppokantaruuveilla. Alumiini ja teräsosa sidotaan toisiinsa myös kemiallisesti.

Yhdistämisen jälkeen johdepuolikkaiden jakotasot, kiila- ja kiinnityspinnat koneistetaan, ja puolikkaat pultataan yhteen. Tämän jälkeen karusellisorvissa koneistetaan ulko- ja sisämitat, prismapinnat sekä oikaistaan ala- ja yläpinta. Näin tehtynä saadaan taattua koneistulaitteen samansuuntaisuus. Viimeisessä vaiheessa porataan kiinnitystassujen paikat. Reikiin asennetaan teräksiset kierreholkit paremman kestävyuden takaamiseksi, sillä kiinnitystassuja tullaan irrottamaan ja kiinnittämään käytössä paljon, jolloin alumiinikierre ei kestäisi.

Teräkelkan ja karalaatikon osien koneistukset ulkoistettiin. 3D-mallien mukaan tehtiin mittakuvat, joiden mukaan koneistukset teetätettiin. Pyöritystä ja syöttömootoria varten teetätettiin pultattavat teräksiset hammaskehät, jotka kiinnitettiin runko-osiin kiinteästi. Hammasmoduulipinnat saatiin suoraan vesileikkaamalla kehiin, joten ne eivät vaatineet koneistamista. Osat kokoonpantiin Telatekin konepajalla.

Mahdollisuuksien mukaan on pyritty käyttämään mahdollisimman paljon standardiosia, jotta varaosia olisi mahdollista saada suoraan hyllystä, eikä niitä tarvitsisi muokkailla. Standardiosien käyttö helpottaa, nopeuttaa ja selkeyttää huoltamista sekä korjaamista monilta osin. Koneistulaitteissa on käytetty hyväksi havaittuja osia monissa kohdin, muun muassa säätö- ja tukijalat ovat vastaavanlaisen koneistulaitteen alkuperäisosia. Myös kara- ja pyöritysmoottorin sekä voimansiirron osat ovat todettu jo aikaisemmissa projekteissa lujiksi ja laadukkaiksi komponenteiksi. Myös kustannuksia saadaan kokonaiskuvassa näin laskettua. Kuvassa 9 koneistulaitteen havainnekuva.



KUVA 9. Havainnekuva koneistuslaitteesta

4.7 Tiivisteidenaukaisulaite

Tiivisteiden hitsaussaumojen auki koneistus tapahtuu kehän suuntaisesti, ja sen jyrsinpaketissa on liike ainoastaan syvyys suunnassa, eli lastunvahvuuden säätöön. Prismakelkan runko on koneistettu teräksestä, johon on asennettu teräjohtopaketti. Teräksisessä johteessa on hienokierresyöttöruuvi ja mutteri, jolla säädetään lastunvahvuus. Johteeseen on kiinnitetty karalaatikko, jonka perässä on kestmagneettiservomoottori ja kulmavaihte. Karalaatikko on valmistettu alumiinista, josta kara-akseli välittää voiman servomoottorilta kulmavaihteen kautta teräpäälle. Kara-akseli on laakeroitu ylä- ja alapäästä. Teräpään päässä on kaksisuuntainen laakeri, joka ottaa voimat vastaan myös päittäissuunnassa. Yläpään laakeri on vapaa, johon suuntaan kara pääsee jatkumaan lämmitessään.

4.8 Diagrammilevyjen irrotuslaite

Diagrammilevyjen irrotuslaitteen teränsäädölle on kaksi liikettä: lastunvahvuus ja sivuttaispaikoitus lämmönvaihtimen säteen suuntaisesti. Diagrammilevyjen irrotuslaitteessa on kaksi johdetta, prismakelkkaan kiinnitettävä teräjohte sekä kulmahyllytyyppinen johde. Kulmahyllyjohteessa on kiinni karalaatikko, joka on samanlainen kuin toisessakin jyrsinpaketissa, mutta erona se, että moottorilla on

hihnävälitys ilman kulmavaihdetta. Hihnavahteella on luotu keskimääräinen so-
piva nimelliskaranopeus, jota pystytään portaattomasti lisäsäättämään taajuus-
muuntimella.

Diagrammilevyjen irrotuslaitteella koneistetaan rouhimalla hitsisaumat auki, jotta
päätylevy saadaan irti. Sen jälkeen koneistetaan lämmönvaihtimen otsapinta
suoraksi eri jyrsin työkalulla. Otsapinnan suoristamisessa on omat vaatimuk-
sensa esimerkiksi pinnanlaadun ja toleranssin osalta.

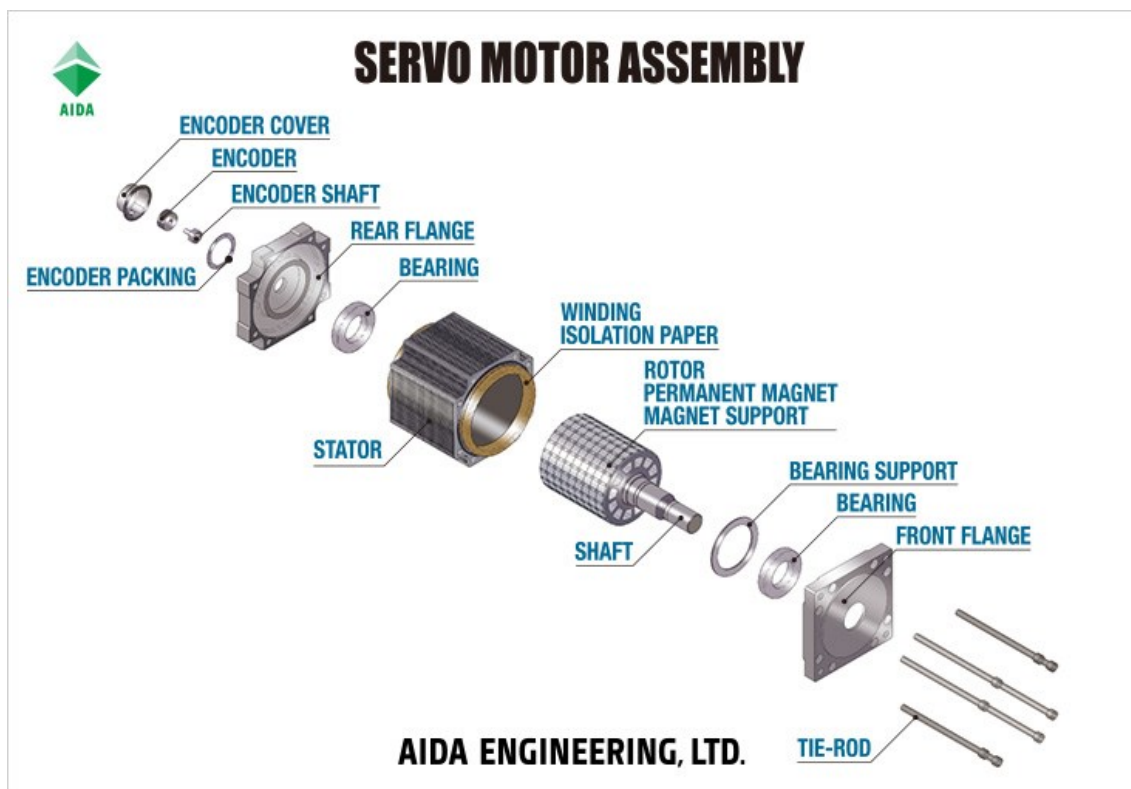
4.9 Servomoottorit

Kara- ja syöttömoottoriksi valittiin kestomagneettiservomoottorit, niiden koon, ke-
veyden ja vääntökäyrän vuoksi. Karamoottoriksi valittiin 4 KW:n ja 4 000 rpm:n
kestomagneettimoottori. Pyöritykselle valittiin 0,75 KW:n 4 000 rpm:n kestomag-
neettimoottori, jonka perässä on vielä kulmavaihde, jotta saadaan tarpeeksi pieni
kierrosnopeus pyöritykselle. Pyörityksellä saadaan luotua terälle 30–700 mm mi-
nuitissa syöttönopeus taajuusmuuntimen avulla. Syöttönopeutta on tärkeä
saada muunneltua laajalla skaalalla vaihtuvissa työkohteissa ja muuttuneissa ti-
lanteissa, esimerkiksi koneistettavan materiaalien muuttuessa.

Kestomagneettiservomoottoreiden etuna on niiden hyötysuhde ja vääntö, kun toi-
mitaan moottoreiden nimelliskierrosalueiden ulkopuolella. Tästä johtuen laitteista
saadaan yksinkertaisempia ja kevyempiä kun kestomagneettimoottoria käytettä-
essä ei tarvitse välttämättä erillisiä alennusvaihteita muuttuvilla kierrosnopeuk-
silla. (34.)

Kestomagneettimoottorin roottorin magnetoiminen hoidetaan kestomagneetin
avulla, kun taas normaalissa oikosulkumoottorissa magnetointi tapahtuu sähkön
avulla. Kestomagneettimoottorit saadaan rakennettua myös huomattavasti kom-
paktimmaksi sekä kevyemmiksi kuin normaalit yleisesti käytössä olevat oikosul-
kumoottorit (35).

Sähkömoottoreiden kaapelointi, taajuusmuuntajien rakennus, parametrien ohjel-
mointi sekä suojaus teetettiin alan yrityksessä. Valmiit osa kokonaisuudet lopuksi
koonpantiin Telatekilla ja suoritettiin vaadittavat käyttöönototestit sähkölait-
teille. Kuvassa 10 kestomagneettiservomoottorin räjäytyskuva.



KUVA 10. Servomootorin rakenne (36)

4.10 Taajuusmuunnin

Sekä kara- että syöttömootorin ohjaukseen valittiin ABB:n valmistamat taajuusmuuntimet. Taajuusmuuntimilla saadaan syöttö- ja karanopeus koneistusparametrejä muutettua portaattomasti, joka on huomattavan tärkeää tarvittavan koneistuslaadun ja tehokkuuden takaamiseksi.

Taajuusmuunnin on käytännössä sähkömootorin kaasupoljin, ja sillä voidaan muuttaa sähkömootorin tuottamaa kierrosnopeutta sekä kiihdytys- ja jarrutusnopeutta käytön aikana kaukosäätimen välityksellä.

Kierrosnopeuden säädössä taajuusmuunnin ohjaa sähkömootoria muuttamalla sen tehonsyötön taajuutta ja jännitettä. Taajuusmuunnin pystyy myös säätämään sähkömootorin ylös- ja alasramppausta käynnistyksen sekä pysäytyksen aikana. Taajuusmuuttajan avulla saadaan sähkömootorin roottorin pyörimisnopeus ja vääntömomentti säädettyä halutunlaiseksi. (37.)

4.11 Kokoonpano ja turvallisuushyväksyntä

Osakokoonpanojen valmistuttua, voitiin koneistuslaitteet kokoonpanna ja suorittaa laitteille asianmukaiset testit. Testausta ja koekäyttöä varten valmistettiin erillinen lämmönvaihdinta jäljittelevä mallinne, jolla kyettiin koneistamaan samat pinnat ja hitsisaumat kuten oikeissakin olosuhteissa. Testissä laitteilla ajettiin eri koneistusparametreillä ja pyrittiin selvittämään mahdolliset ongelmat sekä laitteen rajat. Testeissä myös koneistettiin eri teräpäillä ja teräpaloilla, jotta sopivat työkalut saataisiin selville.

Testien aikana havaittiin muutamia parannuskohteita, liittyen esimerkiksi laitteen asennukseen ja nostoapuvälineisiin, jotka otettiin jatkokäsittelyyn. Mekaanisilta osilta suurin ongelmakohta oli hihnavälityksen hihnojen kestävyys, johon pystyttiin puuttumaan jo testausvaiheessa, ja hankkimaan uusia ja kestävämpiä hihnoja välitykselle.

Laitteen suunnitteluvaiheen aikana on käytetty Telatek Service Oy:n omia käytäntöjä liittyen riskianalysointiin ja turvallisuusnäkökohtiin. Käytännöt pohjautuvat SFS-EN ISO 13128 ja SFS-EN ISO 23125 -standardeihin ja Telatek Service Oy:n omiin HSE-suunnitelmiin, jolla laitteet hyväksytään Telatek Service Oy:n käyttöön (2.). Ennen laitteen käyttöä jokaisen laitetta käyttävän henkilön tulee suorittaa laiteperehdytys, jolla osoitetaan koneenkäyttäjän tuntevan laitteen ja tiedostavan riskit. Laiteperehdytyskortti on kirjallinen, ja Telatek Service Oy tulee tietää käyttöoikeuden omaava henkilöstö.

4.12 Vaaditut dokumentit

Koneistuslaitteiden mukana tulee toimittaa käyttöohjeistus, huolto-ohjeet sekä turvallisuusohje. Käyttöohje sisältää laitteiden käytön ohjeet, huolto-ohjeen sekä laitetietoja. Huolto-ohje sisältää laitteen tärkeimmät huolto-opastukset määrä- ja vuositarkastuksiin. Turvallisuusohje sisältää laitteen käytön kannalta oleelliset käyttöturvallisuuteen liittyvät riskit ja rajoitteet.

Käyttö- ja turvallisuusohjeet ovat tärkeitä työsuojelun ja työturvallisuuslakien näkökulmasta. Ohjeiden laatiminen ja työntekijöiden työolosuhteiden varmistaminen on osa ISO 45001 työterveys- ja työturvallisuusjohtamisen standardia, johon Telatek Service Oy:n sisäiset käytännöt ja toimintamallit perustuvat. (2.)

Koneistuslaitteet toimitetaan asiakkaalle, mutta niiden käyttäjänä tulee toimimaan ainoastaan Telatek Service Oy:n perehdyttämät henkilöt. Laitteille ei tulla hakemaan CE-hyväksyntää. Laitteiden käytössä toimitaan Telatek Service Oy yleisten käytäntöjen mukaan ja työntekijöillä on voimassa olevat perehdytykset. Kuitenkin asiakkaan tilauksen vaatimusten myötä tiivisteidenaukaisu laitteiden mukana toimitetaan laitekohtaiset ohjeet ja käyttöturvadokumentit. Telatek Service Oy edellyttää laitteiden käyttäjiltä Telatek Service Oy:n myöntämää kirjallista perehdytyskorttia, jolla varmistetaan käyttäjän tietämys ja osaaminen käytettäessä kyseistä laitetta.

Työturvallisuuden osalta on tärkeää laitteiden riittävä käyttöohjeistus sekä riskien ennalta ehkäisy ja arviointi. Huolto-ohjeistus myös tukee turvallisuutta, sillä odottamattomasti rikkoutuvat laitteet voivat olla yhteydessä huollon laiminlyöntiin ja sitä kautta työtapaturmiin. Huolto-ohjeet ja määritellyt tarkastukset edesauttavat ennakointia ja täten ehkäisevät riskejä. Työsuojelun lainsäädäntö myös määrittelee ohjeita ja tarvetta eri toimille.

4.13 Käyttöohje

Telatek Service Oy:n perehdyttämän ammattikoneistajan tulee pystyä käyttämään laitetta käyttöohjeiden opastuksella. Käyttöohjeissa on esimerkiksi laitteen asennukseen liittyvät yleisohjeet, jolla opastetaan oikea ja turvallinen asennusjärjestys. Osakokoonpanotiedot sisältävät oleelliset tarkistukset ja yksinkertaiset ohjeet ennen koneen käyttöä. Käyttöohje sisältää laitteen käyttöön ja koneistamiseen liittyvät tärkeimmät tiedot; taajuusmuuntimen käytön, jyrsinpään käytön, säätöjen ja liikkeiden käytön, välyksien tarkistus ja kiinnitykset. Ohjeiden tulee olla selkeät laitteelle perehdytetylle koneistajalle, mutta ei kuitenkaan liian yksityiskohtaiset.

Käyttöohje on tukena käyttäjälle perehdytysvaiheessa sekä työmaalla. Sen tarkoitus ei ole olla selvä ohje, jonka avulla maallikko kykenisi laitetta käyttämään, hallitsemaan ja huoltamaan. Käyttöohjeessa esitellään pääkohdat seuraavassa järjestyksessä:

- Turvallisuus
- Yleistä
- Koneistuslaitteen kokoonpano
- Tiivisteiden aukaisulaite
- Diagrammilevyn koneistuslaite
- Lämmönvaihtimet
- Laitteen asennus
- Laitteen käyttö
- Huolto
- Häiriö- ja poikkeamatilanteet.

Käyttöohjeessa on hyödynnetty Telatek Service Oy:n aikaisempien erikoislaitteiden ohjeita. Ohjeita on tehty yrityksen sisäisesti sekä asiakkaille, ja näiltä osin pitää huomioida, kuinka ohjeet on laadittu ja mille kohderyhmälle.

4.14 Huolto-ohje

Huolto-ohjeessa opastetaan laitteen määräaikaishuollot sekä vuositarkastukset. Johdepintojen tarkistukset, karamoottorin välityksen hihnanvaihto, syöttöruuvien rasvaus, välyksenpoistajien pronssikiilojen rasvaus sekä syöttömootorin vaihde-laatikon öljyntarkistus esimerkkeinä määräajoin suoritettavista huolloista ja tarkistuksista.

Huolto-ohjeita noudattamalla varmistetaan käytettävän laitteen turvallisuus, toimintavarmuus ja taataan mahdollisimman pitkä elinkaari. Huollolla on suuri merkitys laitteen elinkaaren kannalta. Viat ja huollettavat kohteet kertautuvat ja aiheuttavat suurempia huoltoja kerralla, joka merkitsee kustannuksia. Ennakointi on parasta korjauksien ehkäisevää toimintaa, ja huoltojen aikana voidaan havaita jo alkaneet vikapaikat ja tehdä sen pohjalta ennalta korjaussuunnitelma sekä aikataulu.

Huoltojen säännöllisyys olennaista, sillä se toimii ennakoivana kunnossapitona ja auttaa ehkäisemään yllätyksiä ja laiterikkoja kesken työtehtävien. Laitteissa on muutamia ns. kulutusosia, joita pidetään jatkuvasti varastossa ja nopeasti saatavilla. Koneistuslaitteista on Telatek Service Oy:llä hallussa varaosaluettelot ja hankintalistat, joiden kautta varaosien saatavuus varmistetaan.

4.15 Turvallisuusohje

Turvallisuusohjeessa on laitteen turvallisuuteen liittyvät riskit koottuna. Koneistuslaitteessa on useita vaaratekijöitä kuten pyörivä terä, nopeasti liikkuva teräkelkka, lentävät lastut ja olosuhteet, missä konetta käytetään ja asennetaan. Tarkat laitekohtaiset sähköturvallisuustiedot tulee esimerkiksi moottori ja taajuusmuuttaja valmistajalta. Näiden peruskäyttöön liittyvät ohjeet ilmoitetaan turvallisuusohjeessa. Turvallisuusohjeessa on määritelty suurimpia riskejä koneistuslaitteen asennuksen, käytön ja huoltamisen aikana. Ohjeissa on ilmoitettu selvimmät kyseiseen laitteeseen painottuvat riskit ja vaarat. Yleisperehdytys ja on-site-koneistuksen perehdytys jo pohjalla painottavat kaikista yleisimpiä työmaan riskejä, mitä voi eteen tulla työtehtävissä.

Turvallisuusohjeessa on määritelty koneistuslaitteen käytön aikana pidettävät henkilökohtaiset suojarusteet. Käyttöturvadokumentin tavoitteena käyttäjälle on ennakolta pohjustaa erilaisia suurimpia vaaroja, mitä eteen voi tulla ja mitkä ovat riskejä. Suurimmat riskit työtehtävissä on, kun tehdään töitä väsyneenä ja kun työntekijä ei ole kunnolla perillä mitä tekee ja millä menetelmillä. Kokonaisprosessin tunteminen on tärkeää työntekijälle, jotta pystytään ennakoimaan ja suunnittelemaan erilaisia menetelmiä ja työtapoja.

Laitteelle on asetettu muutamia olosuhteista ja mahdollisesti ympäristöstä aiheutuvia käyttörajoitteita, joilla varmistetaan käyttäjien ja ympäristön turvallisuus. Käyttörajoitteet voivat koskea esimerkiksi erittäin haastavia sääolosuhteita, jolloin muun muassa sähkölaitteiden toimintaa ei voida taata varmuudella.

4.16 Uusien koneistuslaitteiden potentiaalinen kustannussäästö

Uusien koneistuslaitteiden etuna on niiden suora kohdistuminen tilattuun erikoistyöhön. Ne on suunniteltu nimenomaan tiettyä työtä varten, joten niiltä osin ei ole

ollut tarve tehdä ns. yleiskonetta, joilla voidaan tehdä useita erilaisia töitä. Näin on pystytty välttämään kompromisseja. Suurelle jalostamolle on tärkeää, että työt voidaan suorittaa nopeasti ja tehokkaasti ilman ylimääräistä soveltamista. Nopeasti ja tehokkaasti tarkoittaa työn kohdistamista, joka tuo yritykselle kustannussäästöjä monilta osin.

Aikaisemmin lämmönvaihtimien tiivisteitä on aukaistu muun muassa kulmahiomakoneella ja erilaisilla omatekoisilla jyrsimillä. Jalostamon alue on normaali-tilassa EX-alueella ja kipinöivää työstöä on pyritty välttämään loppuun asti. Työ vanhoilla menetelmillä on huomattavasti hitaampaa ja vaarallisempaa.

Ensimmäiset tiivisteidenaukaisuun tarkoitetut jyrsimet ovat olleet taljavetoisia, joissa teräkelkan pyörät ovat olleet putkea vasten ja jyrsinpäällä jyrsitty tiivisteet auki. Menetelmä on hidas ja nykykatsomuksella vaarallinen. Kelkan nopeutta ei ole käsivetoisena voinut pitää tasaisena, ja kelkka roikkuu painovoiman vaikutuksesta putken alapuolisella osalla, jolloin materiaalinpoisto on epätasaista. Uusilla laitteilla mitään edellä mainittuja ongelmia ei ole. Lämmönvaihtimien huoltojen kokonaisaika saadaan huomattavasti lyhennettyä, ja huomattava määrä pieniä muuttujia saadaan huollosta eliminoitua. Teräpalojen kulutus pystytään ennakoimaan tasaisen lastun ja syötön ansiosta, työntekijöiden ei tarvitse pyöriä suurten putkien ympäri jatkuvasti ja samalla laitteella voidaan plaanata tiivistepinnan ot-sapinta valmiiksi uudelle tiivisteelle. Tätä työvaihetta varten on aikaisemmin ollut toinen laite, joka on pitänyt vaihtaa vielä lopuksi paikalleen. Koneistusaika on laskettu pienenevän selvästi verrattuna vanhoihin laitteisiin, mikä suoraan tuo potentiaalisen kustannussäästön.

Koneturvallisuudessa on tapahtunut suurin harppaus turvallisuuden osalta. Suurimpana erona on se, että laitteen käytön aikana voi olla turvallisen matkan päässä laitteesta. Edellisissä laitteissa laitteen kulkurataa on pitänyt jatkuvasti seurata ja muuttaa aivan pyörivän terän läheisyydessä. Myös roikkumisen takia terän lastunpaksuutta on pitänyt jatkuvasti säätää aivan terän välittömässä läheisyydessä. Tätä kautta myös työergonomia paranee huomattavasti, ja pienet loukkaantumiset ja vaikeat työasennot hidastavat ja aiheuttavat katkoksia työssä.

Uusien laitteiden käytön aikana työntekijöiden ei tarvitse liikkua putkien päällä koneistuslaitteen säätöjen ja liikkeiden takia. Tämä lisää turvallisuutta, sillä jalostamon lämmönvaihtimet ovat ulkoilmassa usein vailla säänsuojaa, joten olosuhteet voivat olla hyvinkin haastavia suurten lämmönvaihtimien ympärillä. Jalostamon revisiot ovat syksyisin ja keväisin, joten sääolosuhteet ovat hyvin ailahtelevia räntäsateesta pakkaseen.

Laitteille voidaan luokitella välillisiä ja välittömiä kustannussäästöjä. Välittömistä säästöistä voidaan mainita esimerkiksi uusien laitteiden nopeus verrattuna vanhoihin laitteisiin sekä käyttövarmuudesta tulevat säästöt. Pienenkin ongelman aiheuttama työkatkeama voi ketjuuntua, ja aiheuttaa suuren hidastuksen kokonaisprojektin kannalta, jossa kustannukset voivat olla huomattavia. Laitteet tuovat hankintahetkellä kustannuksen, mutta jota kompensoidaan välittömästi laitteiden käytössä. Laitteiden välillisiä kustannussäästöjä ovat työturvallisuuden huima parantuminen, jonka vaikutukset voivat ulottua jopa vuosien päähän. Myös parempi ennakoitavuus tuo säästöjä, sillä kokonaisprojektissa voidaan resurssit ja aikataulut suunnitella paremmin ja tehokkaammin.

4.17 Valmistuskustannukset

Koneistuslaitteille oli määritelty ja laskettu melko tarkka budjetti-arvio, jota vasten toteutuneet kustannukset olivat hieman odotettua suuremmat. Yksittäisen laitteen kohdalla suurimpia kulueriä ovat alihankintana suoritetut vaativimpien osien koneistukset. Toiseksi suurimmat kulut tulivat laitekohtaisesti osakokoonpanojen kasaamisesta, jossa kulueränä ovat työtunnit. Työtunnit per laite olivat suuremmat kuin arviossa ja se nostatti laitekohtaista hintaa. Kasaamiskokemuksen myötä työtunnit per laite tietenkin laskivat, mutta siltikin siinä kulut ylittivät arviot.

Ostettavia erillisiä komponentteja per laite on kymmeniä, ja varsinkin suurempien kuten sähkömoottorien ja kulmavaihteiden hankintahinnat olivat helposti arvioitavissa ja selvitettävissä. Vaikka erilaisia kiinnitysosia ja komponentteja oli satoja per laite, ja niiden osalta myös pystyttiin kohtuullisen helposti arvioimaan ja lopulta selvittämään toteutuneet hinnat per laite. Tällaistenkin osien arviot pysyivät kohtuullisen lähellä totuutta.

Uusien laitteiden valmistamisessa tuotekehitys vie aikaa, ja muutokset kesken valmistusprosessin ovat melkein sääntö kuin poikkeus. Tässäkin tapauksessa suunnitelmia jouduttiin muutaman kerran muuttamaan kesken tuotannon ja sitä kautta soveltamaan suunnitelmia. Tiivisteidenaukaisu koneistuslaitteiden kehittämisessä ja suunnittelussa on hyödynnetty paljon aikaisempien ja muiden vastaavien koneistuslaitteiden toimintaperiaatteita, joka omalta osaltaan tietenkin hiukan helpotti yleensä aikaa vievää ja kallista suunnittelutyötä.

Telatek Service Oy:lle tehtiin laitteista kustannuslaskelmia, joilla voitiin todeta projektin ja työn kannattavuus. Koneistuslaitteiden valmistus, ja varsinkin suuremman erän kerralla, antoi hyvin oppia tulevaisuuden varalle ja kokemusta laskelmien tekoon. Mahdollisuuksien mukaan tulee pyrkiä tarkkaan arvioimaan ja selvittämään kaikkien mahdollisten osien ja komponenttien hinnat. Kustannusarvot tulee edetä järjestelmällisesti ja yrittää pysyä sopivasti optimismin ja pessimismin rajalla.

5 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli valmistaa koneistuslaitteet Raahen konepajalla ja toimittaa vaaditut dokumentit asiakkaalle. Toimeksiantajayritykselle tehtiin lisäksi työn tehokkuuteen ja työturvallisuuteen liittyvät omat selvitykset projektin kokonaiskustannuksista ja kehityksestä. Opinnäytetyön tavoitteissa onnistuttiin kaikilta osin ja saatiin suunnitellut asiat valmiiksi. Muutamia suunnitelmista poikkeavia aikataulu muutoksia tuli, mutta kokonaisuudessa kaikki tavoitteet täytettiin.

Työn painopisteenä oli käyttöohjeiden ja turvallisuusohjeen laatiminen. Niiden tekemisessä tuli huomioida tulevat käyttäjät, lainsäädäntö sekä yrityksen sisäiset vaatimukset. Käyttöohjeista saatiin yksinkertaiset, ja ohjemateriaali kulkee laitteiden mukana tukena käyttäjille kuten oli suunniteltu.

Koneistuslaitteet ovat monimutkaisia käyttää niiden erilaisten säätöjen ja tarkkuusvaatimusten takia, joten yksinkertaiset mutta kattavat ohjeet ovat tärkeä osa laitetoimituksen kokonaisuutta. Käyttöohjeesta suunniteltiin ja laadittiin kompakti toteutus, josta selviää laitteen pääkohdat kuten esimerkiksi erillisten jyrsinpakkettien käyttö, laitteen käyttölaitteiden toiminnot sekä laitteen komponentit. Käyttöohjeessa ei ole työstöohjeita, sillä on-site-käyttöön tuleville koneille on käytännössä hyvin haastavaa laatia itse koneistukseen liittyviä ohjeita. Työstöarvo-ohjeita tai muita selviä parametrejä ei pystytä määrittelemään, koska muuttujia on vaihtuvissa kenttäolosuhteissa paljon.

Huolto-ohje toimitettavassa muodossa on yksinkertainen ja siinä on listattuna tarkistettavat kohteet ja seurattavat asiat. Yritykselle on lisäksi laadittu omat varoselistat ja laitetiedot, joista selviää tarvittaessa tarkemmat tiedot laitteiden korjauksien varalta. Laitteiden yksinkertaisella huolto-ohjeella pyritään pidentämään laitteiden käyttöikää ja varmistetaan niiden toimivuus vaikeissa ja muuttuvissa olosuhteissa.

Työturvallisuus on yrityksille tärkeä asia niin imagon kuin rahankin takia. Sen takia opinnäytetyön laitteiden käyttöohjeissa sekä valmistukseen liittyvässä osi-

ossa turvallisuusnäkökohdat on otettu vahvasti esille, muun muassa laitekohtaisten perehdytysmateriaalin laatimisessa. Turvallisuutta on pyritty pohtimaan monelta kantilta, niin välillisiä kuin välittömiäkin vaikutuksia. Koneistuslaitteet ovat toimeksiantaja yrityksen käytössä, ja sen osalta perehdytykset ja käyttökoulutukset suoritetaan yrityksen omien käytäntöjen mukaan, ja sitä tukevat opinnäytetyössä laaditut turvallisuus-, käyttö- ja huolto-ohjeet.

Laitteiden valmistuksessa on voitu hyödyntää nykypäivän menetelmiä ja ratkaisuja monilta osin. Koneistuslaitteiden käytön tulee olla mahdollisimman helppoa ja laitteiden asennuksen vaativissa olosuhteissa yksinkertaista. Laitteiden valmistuksen aikana päädyttiin monissa kohdin mahdollisimman yksinkertaiseen ja painoltaan kevyeen vaihtoehtoon. Valmistuksessa on voitu käyttää erittäin lujaa alumiinia, millä saadaan laitteen painoa alennettua mutta toisaalta taas riittävästi tukevuutta. Monet osakokonaisuudet voidaan purkaa ja helposti koota uudelleen, mikä tuo esimerkiksi asennusvaiheessa suurta etua.

Opinnäytetyössä oli paljon yritykselle tehtävää käytännön työtä, ja se avasi todella monipuolisesti koneenrakennuksen ja suunnittelun maailmaa. Koneistuslaitteiden valmistusvaiheessa tuli opittua paljon valmistus- ja mittakuvien tekemisestä ja sitä kautta muun muassa toleranssien määrittämisestä ja kuinka tulee ottaa huomioon valmistamisen mahdollisuudet ja rajallisuudet. Valmistusvaihe opetti myös paljon projektin läpiviemiseen liittyvää prosessia, jossa tulee huomioida käytettävät resurssit, aikataulut ja projektin dokumentointia sekä raportointia. Laitteiden suunnitelmiin tuli muutoksia kesken prosessin sekä joitakin koneiden komponentteja hankittiin vielä opinnäytetyön tekemisen aikana, jolloin pääsin siihenkin osioon mukaan. Suurin työ oli kuitenkin käyttö-, huolto- sekä turvallisuusohjeiden tekemisessä, joka opetti paljon koneenrakennuksen lainsäädännöllisiä puolia.

LÄHTEET

1. Telatek-ryhmä. Telatek Service Oy. Saatavissa: <https://telatek.fi/yritys/telatek> Hakupäivä 9.4.2021.
2. Kolari, Jari 2021. On-site manager. Telatek Service Oy. Keskustelu 8.3.2021.
3. Valmistustekniikka. 2020. Wikipedia. Saatavissa: <https://fi.wikipedia.org/wiki/Valmistustekniikka> Hakupäivä 8.2.2021.
4. Lastuavat työstömenetelmät. Valmistajat. Saatavissa: www.valmistajat.fi/menetelmat/lastuavat-tyostomenetelmat/ Hakupäivä 18.2.2021.
5. Syri, Antti 2021. Di, tuotantoinsinööri. Telatek Service Oy. Keskustelu 8.3.2021.
6. Lallukka, Mika 2014. Koneistuksen perusteiden opetusmateriaalien laadinta. Kymenlaakson ammattikorkeakoulu. Energiatekniikan koulutusohjelma / kunnossapito. Opinnäytetyö. Saatavissa: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/84703/Lallukka_Mika1.pdf.pdf?sequence=1 Hakupäivä 12.2.2021.
7. Rapinoja, Jukka-Pekka 2015. Koneenrakentajan tärkeimmät standardit. Helsinki: METSTA, Metalliteollisuuden Standardisointiyhdistys ry Saatavissa: http://standardit.fi/files/8057/Koneenrakentajan_tarkeimmat_standardit.pdf Hakupäivä 20.4.2021.
8. Harju, Pentti 2006. Teknisen piirtämisen perusteet. Opetusmateriaali. Penan tieto-Opus Oy. Saatavissa: https://www.sisustajakilta.com/uploads/2/6/4/3/26432517/teknisen_piirtamisen_perusteet.pdf Hakupäivä 12.2.2021.
9. Valukappaleiden koneenpiirustus. 2017. Valuatlas. Saatavissa: https://www.valuatlas.fi/sites/default/files/docs/perusopas_20.pdf Hakupäivä 14.1.2021.

10. Etiido 2019. Onshape vs. SolidWorks: CAD Software Compared. Scan2CAD. Saatavissa: <https://www.scan2cad.com/cad/onshape-vs-solidworks/> Hakupäivä 14.1.2021.
11. Insinöörien kuvakieli. Teknillinen piirustus. 2017. Vaasan ammattikorkeakoulu. Opetusmateriaali. Saatavissa: <https://docplayer.fi/19464514-Insinöörien-kuvakieli-teknillinen-piirustus.html> Hakupäivä 10.3.2021.
12. Kivioja, Seppo 2011. Toleranssit ja pinnankarheus. Saatavissa: <https://docplayer.fi/3003431-Toleranssit-ja-pinnankarheus-seppo-kivioja.html> Hakupäivä 3.3.2021.
13. Standardien hyödyntäminen teollisuuden mittauksissa. 2010. Loppuraportti. Mittatekniikan keskus. Saatavissa: <https://www.vttresearch.com/sites/default/files/pdf/MIKES/2010-J2.pdf> Hakupäivä 10.3.2021.
14. Työohjeiden laadintamenetelmiä kappale-tavaratuotannossa. 2011. Loppuraportti. VTT. Saatavissa: <https://www.vttresearch.com/sites/default/files/pdf/workingpapers/2011/W162.pdf> Hakupäivä 10.3.2021.
15. L23.8.2002/738. Työturvallisuuslaki. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2002/20020738> Hakupäivä 12.3.2021.
16. Työturvallisuus ja työsuojelu. 2019. Työturvallisuuskeskus. Opas. Saatavissa: https://ttk.fi/files/7028/TTK_Tyoturvallisuus_ja_tyosuojelu_WEB_LIN-KIT.pdf Hakupäivä 22.2.2021.
17. Työsuojelu työnantajan vastuulla. 2021. Työsuojelu. Saatavissa: <https://www.tyosuojelu.org/> Hakupäivä 22.2.2021.
18. 20.1.2006/44. Laki työsuojelun valvonnasta ja työpaikan työsuojeluyhteistöinnistä. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2006/20060044> Hakupäivä 23.2.2021.

19. ISO 45001 Työterveys- ja työturvallisuusjohtaminen 2018. SFS Standardi. Saatavissa: <https://sfs.fi/standardeista/tutustu-standardeihin/suosittut-standardit/iso-45001-tyoterveys-ja-tyoturvaluusjohtaminen/> Hakupäivä 23.2.2021.
20. Työterveys- ja työturvallisuusjärjestelmän sertifiointi (ISO 45001) 2021. Kiwa Inspecta Finland. Saatavissa: <https://www.kiwa.com/fi/fi/palvelumme/tyoterveys-ja-tyoturvaluusjarjestelman-sertifiointi-iso-45001/> Hakupäivä 23.2.2021.
21. Riskien arviointi työpaikalla 2015. Sosiaali- ja terveysministeriö. Työkirja. Saatavissa: https://ttk.fi/files/2941/Riskien_arviointi_tyopaikalla_tyokirja_22052015_kerttuli.pdf Hakupäivä 23.2.2021.
22. Työturvallisuus- ja työterveysriskien tunnistaminen ja arviointi. Opas. Työturvallisuuskeskus. Saatavissa: https://ttk.fi/tyoturvaluus_ja_tyosuojelu/tyosuojelu_tyopaikalla/vastuut_ja_velvoitteet/tyon_vaarojen_selvittaminen_ja_arviointi#014f35a4 Hakupäivä 13.3.2021.
23. Työsuojelu työpaikalla. 2020. Työsuojelu. Saatavissa: <https://www.tyosuojelu.fi/tyosuojelu-tyopaikalla/opetus-ja-ohjaus> Hakupäivä 26.2.2021.
24. Työntekijän perehdyttäminen ja opastus. 2021. Työturvallisuuskeskus. Saatavissa: https://ttk.fi/tyoturvaluus_ja_tyosuojelu/tyosuojelu_tyopaikalla/vastuut_ja_velvoitteet/tyohon_perehdyttaminen_ja_tyonopastus#014f35a4 Hakupäivä 26.2.2021.
25. Koneturvallisuus. 2008. Opas. Työsuojeluhallinto. Saatavissa: https://www.tyosuojelu.fi/documents/14660/2426906/Koneturvallisuus_tso_16-2009.pdf/6ae406a0-29fc-45fa-a4a6-19e38af399cc Hakupäivä 26.2.2021.
26. Koneita koskevat vaatimukset. Tukes. Saatavissa: <https://tukes.fi/tuotteet-ja-palvelut/koneet#693f9303> Hakupäivä 26.2.2021.

27. Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta 400/2008. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2008/20080400#Lidp455303488> Hakupäivä 28.2.2021.
28. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2006/42/EY. Saatavissa: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CE-LEX:32006L0042:FI:HTML> Hakupäivä 3.3.2021.
29. Riskin arviointi. 2020. Opas. Metalliteollisuuden standardisointiyhdistys ry. Saatavissa: <https://metsta.fi/koneturvallisuuden-standardit-metsta/turvallisuusstandardien-laadintaperiaatteet/riskin-arviointi/> Hakupäivä 13.3.2021.
30. Yleisimpiä riskianalyysimenetelmiä. 2021. Ohje. AI safety design. Saatavissa: <http://www.alsafety.com/riskianalyysi.html> Hakupäivä 3.3.2021.
31. Öljynjalostus. 2021. Wikipedia. Saatavissa: <https://fi.wikipedia.org/wiki/%C3%96ljynjalostus> Hakupäivä 5.3.2021.
32. Hämäläinen, Jyrki 2019. Porvoon jalostamon CO₂-päästöt ovat lähes puolet koko henkilöautokannan päästöistä – Neste lupaa vähentää niitä. Mediatalo Keski-suomalainen. Saatavissa: <https://www.uusimaa.fi/paikalliset/1408642> Hakupäivä 14.3.2021.
33. Lämmönvaihtimet. 2021. Myyntiesite. Thinkflow. Saatavissa: <https://www.thinkflow.fi/c/tuotteet-ja-ratkaisut/lammonvaihtimet> Hakupäivä 13.3.2021.
34. Sähkömoottorit. 2021. Motiva. Saatavissa: [https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava liikenne ja liikkuminen/nain liikut vaasaasti/valitse auto vaasaasti/ajoneuvotekniikka/moottoritekniikka/sahkoautot/sahkomoottorit](https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava-liikenne-ja-liikkuminen/nain-liikut-vaasaasti/valitse-auto-vaasaasti/ajoneuvotekniikka/moottoritekniikka/sahkoautot/sahkomoottorit) Hakupäivä 10.3.2021.
35. Kestomagneettimoottorit 2021. Myyntiesite. Solfox. Saatavissa: <https://www.solfox.fi/tuotteet/moottorit/kestomagneettimoottorit/> Hakupäivä 12.3.2021.

36. Servo motors 2021. Myyntiesite. Aida Engineering. Saatavissa:
<https://www.aida.co.jp/en/technology/servomotor/index.html> Hakupäivä
14.3.2021.
37. Mikä on taajuusmuuttaja 2021. Myyntiesite. Danfoss. Saatavissa:
<https://www.danfoss.com/fi-fi/about-danfoss/our-businesses/drives/what-is-a-variable-frequency-drive/> Hakupäivä 13.3.2021.

