

Joni Nokela

**KIERRESAUMAPUTKEN LAADUNVARMISTUKSEN
AUTOMATISOINTI**

**Opinnäytetyö
KESKI-POHJANMAAN AMMATTIKORKEAKOULU
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Marraskuu 2011**

TIIVISTELMÄ OPINNÄYTETYÖS

Yksikkö Ylivieskan yksikkö	Aika Marraskuu 2011	Tekijä/tekijät Joni Nokela
Koulutusohjelma Kone- ja tuotantotekniikka		
Työn nimi KIERRESAUMAPUTKEN LAADUNVARIMISTUKSEN AUTOMATISOINTI		
Työn ohjaaja Jari Kaarela	Sivumäärä 24	
Työelämäohjaaja Hannu Häkkinen		
<p>Opinnäytetyö tehtiin Oulaisten putkitehtaalle, joka kuuluu Ruukki Metalsiin. Oulaisten tehtaalla tehdään kierresaumahitsattuja putkia paalu- ja virtausputkiksi. Työssä selvitettiin putken mittauksen automatisoinnin mahdollisuuksia kierresaumaputkesta, sekä mahdollisuuksia parantaa laadunvalvontaa automaattisilla mittalaitteilla.</p> <p>Alussa tutustuttiin mitattavaan tuotteeseen ja sen valmistusympäristöön. Tämän jälkeen alettiin selvittämään mitä mittalaitteita olisi mahdollista käyttää. Eri mittauskohteissa oli omat suuret haasteensa. Selvityksessä kuitenkin löydettiin sopivat laitteet profiilin ja halkaisijan mittaukseen. Putken pituuden mittaamisessa päädyttiin suositteluun vanhan järjestelmän päivittämistä.</p>		
Asiasanat Kierresaumahitsatut putket, Konenäkö, laadunvalvonta.		

ABSTRACT

CENTRAL OSTROBOTHNIA UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES	Date November 2011	Author Joni Nokela
Degree programme Mechanical and production degree programme		
Name of thesis Automated quality assurance for spiral welded tubes		
Instructor Jari Kaarela	Pages 24	
Supervisor Hannu Häkkinen		
<p>This thesis was made for a tube factory in Oulainen. The Factory is part of Ruukki Metals group. In Oulainen, they manufacture spiral welded tubes. Tubes are used in a piles and flow tubes. The main purpose of the study was to find new devices for measuring tubes automatically. In addition, the aim was to improve quality control with these automatic devices.</p> <p>The work began by studying tube production and the tube manufacturing environment. After that the devices that can be used in this case were found out. Every measure targets had their own difficult challenges. As a result of the study suitable devices for measuring tube profile and diameter were found. Measuring the tube length was more difficult. Thus the company was recommended to improve and update the old length measurement system.</p>		
Key words Machine vision, Spiral welded tube, Quality control		

TIIVISTELMÄ OPINNÄYTETYÖSTÄ

ABSTRACT

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	KIERRESAUMAHITSATUT PUTKET OULAISTEN TEHTAALLA	2
2.1	Putken valmistusprosessi Oulaisten tehtaalla	2
2.2	Nauhan taivutus	3
2.3	Nauhan muokkaus	3
3	KIERRESAUMAHITSATUT PUTKET	6
3.1	Putken pituusmittauksen perusteet	8
3.2	Putken profiilin mittauksen perusteet	8
3.3	Putken halkaisijan mittauksen perusteet	8
3.4	Kierresaumahitsatut putkituotteet	9
4	MITTAUSMENETELMÄT	10
4.1	Konenäkö	10
4.1.1	Laadunvalvontaa konenäöllä	10
4.1.2	Älykamerat	11
4.1.3	Valokennot	12
4.2	Putken profiilin mittaus	13
4.3	Putken halkaisijan mittaus	15
4.4	Putken pituuden mittaus	17
5	RATKAISUT JA NIIDEN ARVIOINTI	20
5.1	Profiilin mittauksen ratkaisu ja arviointi	20
5.2	Putken halkaisijan mittauksen ratkaisu ja arviointi	21
5.3	Putken pituuden mittauksen ratkaisu ja arviointi	22
6	YHTEENVETO JA POHDINTA	23
	LÄHTEET	24

1 JOHDANTO

Oulaisten Rautaruukin putkitehtaalla valmistetaan kierresaumahitsattuja paalu- ja virtausputkia. Tehtaalla on pyritty erikoistumaan paaluputkien ja virtausputkien tekemiseen, kun vuoden 2008 lopulla päädyttiin lopettamaan kaasuputkien tekeminen. Henkilöstö väheni alle puoleen tämän jälkeen. Tehtaalla on nyt työskennellyt noin 50 vakituista henkilöä, mutta sen lisäksi viime kesinä on ollut määräaikaista työntekijöitä noin 30.

Työn tarkoituksena oli selvittää mitä mahdollisuuksia on tämän hetken mittaustekniikoilla mitata putken profiilia, halkaisijaa ja katkaisupituutta. Putken katkaisupituuden mittaamiselle on automaattinen mittausjärjestelmä, mutta se ei ole ollut riittävän tarkka. Profiilin ja halkaisijan mittauksessa on käytetty tähän asti käsimittovälineitä. Työ on osittain jatkoa Härön putkitehaalle tekemälle insinööriytyölle ”Profiilin mittaaminen kierresaumaputkesta”. (Härö, 2008) Härön työssä tutkittiin putken hitsisauman profiilin ja kulmavirheen mittaamista automaattisella mittausvälineellä. Halkaisijan mittaukseen ei ole ollut mitään automaattisia mittalaitteita käytössä, eikä asiasta ole tehty aikaisemmin tarkempaa selvitystä.

Työssä oli paljon haastetta, kun tavoitteena oli löytää ratkaisu kolmeen erilaiseen mittauskohteeseen. Automaattiseen laadunvalvontaan löytyikin uusia ratkaisuja. Oulaisten tehtaalla joudutaankin varmasti harkitsemaan uusiin mittaustekniikoihin siirtymistä.

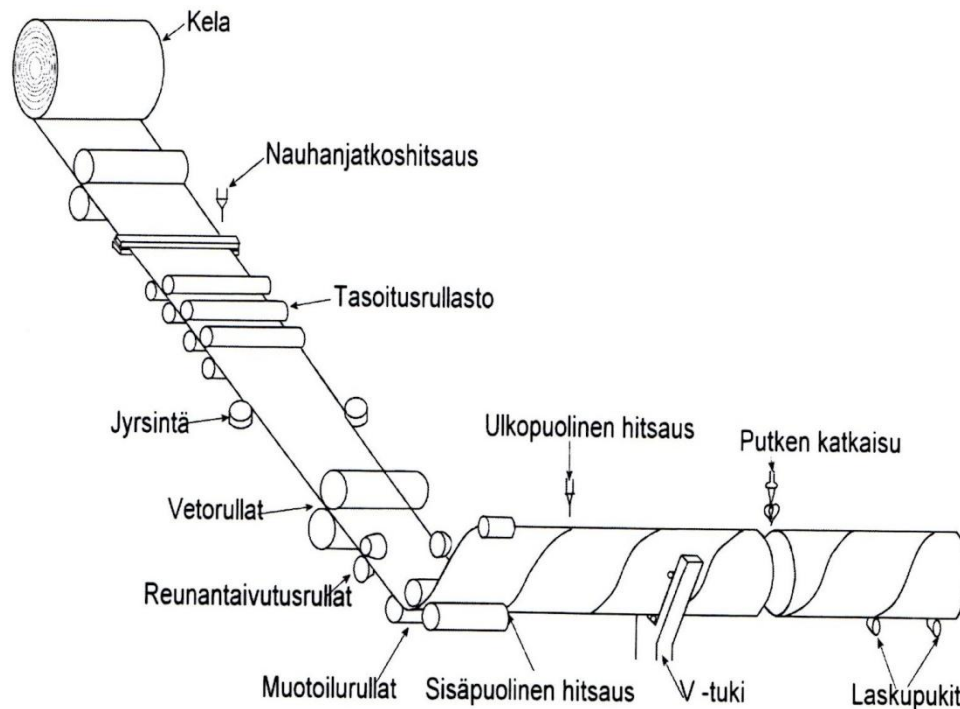
2 KIERRESAUMAHITSATUT PUTKET OULAISTEN TEHTAALLA

Oulaisten putkitehdas valmistui vuonna 1977. Tehtaalla on tehty siitä asti putkia kahdella kierresaumahitsausputkikoneella. Ensimmäisiä modifiointeja tehtiin jo vuonna 1981. Linjoja muutettiin, jotta voitiin valmistaa pidempiä putkia. Kokonaan uusi ulkoisen pinnoituksen linja valmistui vuonna 1985. Sisäpuolisen maalauksen mahdollistava linja valmistui vuonna 1993. Näillä pinnoituslinjoilla käsiteltiin maakaasuputkia. Isomman putkikoneen modernisointi aloitettiin vuonna 1999, joka kesti useamman vuoden. Suurimpia muutoksia oli nauhapään lähes kokonainen uudistaminen. Tällä parannuksella pyrittiin parantamaan nauhan tuottavuutta. Nauhan paremman hyödyntämisen kautta pyrittiin parantamaan myös itse tuotteita, ja prosessin hallittavuutta automatisoinnin avulla. 2008 vuoden lopulla päätettiin kaasuputkien tekeminen kokonaan. Tämän vuoksi luovuttiin myös sisäpuolisen maalauksen linjasta kokonaan vuoden 2009 aikana. (Heikkinen 2002, 18)

2.1 Putken valmistusprosessi Oulaisten tehtaalla

Tässä kappaleessa käsitellään putken valmistusta ja siihen liittyviä näkökohtia. Laadunvarmistus putkikoneella on oleellinen osa tätä. Korjaushitsaus, laaduntarkastus, painetestausta ja pinnoitus eivät vaikuta putken valmistuksessa syntyviin virheisiin, joten ne on jätetty pois epäolennaisina asioina. Kaikki työvaiheet kelan esivalmistelun ja putken katkaisun välillä ovat merkittäviä tekijöitä putken valmistukseen ja oikeaan laatuun.

Kierresaumaputken valmistusprosessi putkikoneella tapahtuu katkeamattomana nauhana. Prosessissa on kolme osaa: nauhapää, hitsaus- ja taivutusosa, sekä putkipää. Kuvio 1 havainnoi asiaa tarkemmin. Kuvassa näkyy kaikki SU1500 hitsauskoneen tärkeimmät osat.



Kuvio 1. Kuvassa kierresaumaputken valmistusperiaate. (Heikkinen 2002, 23)

2.2 Nauhan taivutus

Nauhan taivutus aloitetaan reunan esitaivutuksella, joka tehdään ennen muotoilupäätä. Reunanesitaivutuksella ennakoidaan hitsauksen lämmönaiheuttamaa taipumista. Oikein säädettyinä saadaan putken profiili pysymään suorana sauman molemminpuolin. Putken halkaisijassa ei tapahdu suuria muutoksia. Muutoksia tapahtuu silloin, kun nauhan leveys muuttuu, ja koneen kulmaa joudutaan kääntämään.

2.3 Nauhan muokkaus

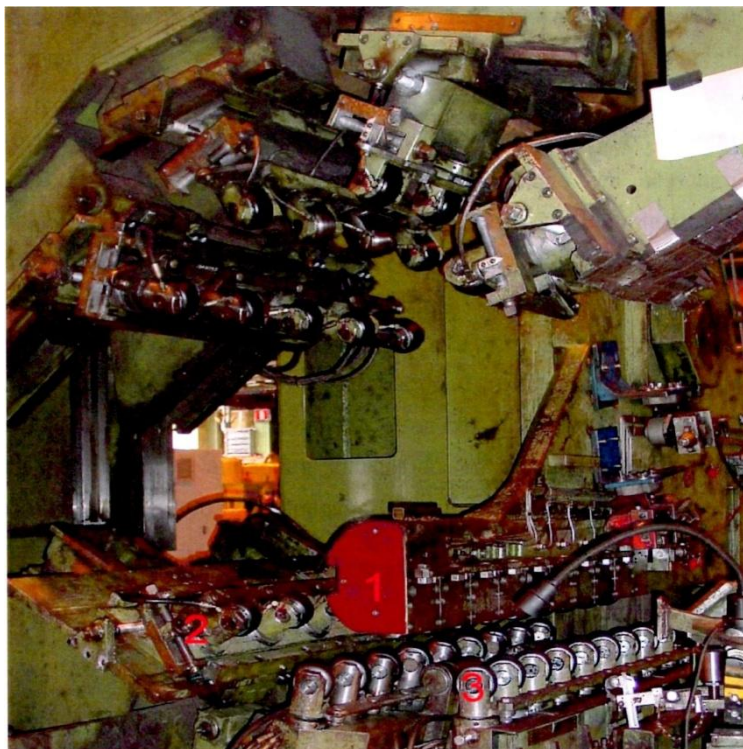
Nauha täytyy esivalmistella ennen kuin se asetetaan kelatelineelle nauhapäähän. Esikäsitelijä aukaisee kelan esikäsitteilylaitteella, ja poistaa kelan päästä noin metrin mittaisen palan nauhaa. Nauhan pää on pyöreä ja huonolaatuinen, joten se on poistettava. Samalla saadaan suora pinta nauhanjatkohitsaukseen.

Tämän jälkeen kela nostetaan nauhapäähän odottamaan kelatelineelle menoa. Edellisen kelan päätyttyä, katkaistaan kelan häntä nauhanjatkohitsauksessa. Tämä tapahtuu plasmaleikkauksilaitteistolla. Uusi kela otetaan kelatelineeseen, ja uuden kelan keula ajetaan vanhan kelan häntään kiinni. Nauhanjatkohitsauksessa ne liitetään toisiinsa yläpuolelta jauhekaarella hitsaten. Sen jälkeen voidaan aloittaa taas putken hitsaaminen. Nauha kulkee tasoitusrullaston kautta jyrsimille, jossa nauhaan jyrsitään x-railo hitsausta varten. Jyrsimien jälkeen tulee vetorullat, jotka työntävät nauhan reunantaivutusrullien kautta muotoilurullille. Reunantaivutusta tarvitaan, koska hitsauksesta aiheutuva lämpöenergia taivuttaa nauhan reunoja ulospäin sisäpuolen hitsauksen aikana. Ulkopuolen hitsauksella ei ole enää suurta vaikutusta tähän. Nauhapäässä on nauhanreunan seuranta, joka pyrkii pitämään nauhan reunan koko ajan keskellä, jottei hitsauksessa pääsisi tapahtumaan suuria virheitä. Jos nauhan reuna ei tule hitsauspäähän tasaisesti, siitä seuraa hitsirailon leviäminen, mikä johtaa hitsin läpipalamiseen. (Heikkinen 2002, 23-25)



Kuvio 2. SU1500 reunantaivutus rullat. (Heikkinen 2002, 26)

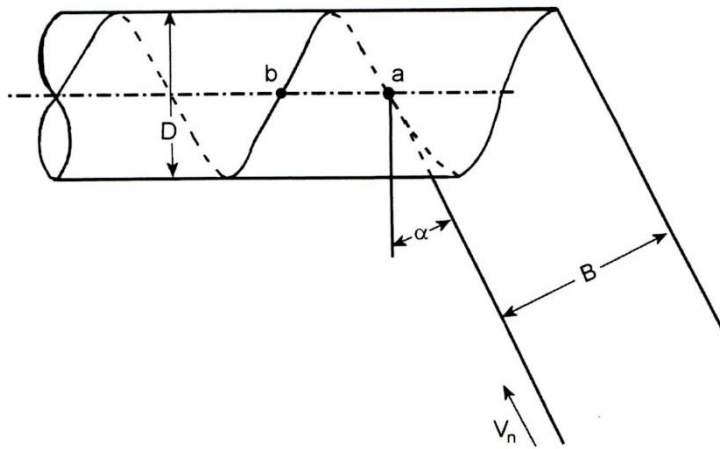
Nauha taivutetaan spiraalimaiseksi putkeksi muotoilupäässä. Muotoilu tapahtuu kolmivalssitaivutusperiaatteella, jossa kuvan 1, 2 ja 3 rullat taivuttavat nauhan halutun kokoiseksi. Sen lisäksi ylhäällä on ulkopuolinen tukikehikko, jolla voidaan vielä hiukan muokata taivutusta tarvittaessa. (Heikkinen 2002, 27)



Kuvio 3. SU1500 muotoilurullasto (Heikkinen 2002, 27)

3 KIERRESAUMAHITSATUT PUTKET

Kierresaumahitsatussa putkessa sauma tulee ruuvin muotoiselle kierteelle putken pituusakseliin nähden. Valmistukseen käytetään raaka-aineena teräsnauhakeloja, joista hitsattu päättymätön nauha syötetään muovaukseen ja hitsaukseen. Halkaisija (D) määräytyy nauhan syöttökulman (α) ja nauhan leveyden (B) mukaan. Hitsausnopeutta kuvaa arvo v_n . (Heikkinen, 2002, 3)



Kuvio 4. Kuvassa kierresaumahitsatun putken geometria valmistusvaiheessa. (Heikkinen, 2002, 3)

Hitsaus suoritetaan muovauksen yhteydessä. Ensin suoritetaan sisäpuolen hitsaus pisteessä a, kun syötettävä nauha ja putkipää eivät enää liiku toistensa suhteen, ja lisäksi nauhan reunat ovat vastakkain. Ulkopuolen hitsaus suoritetaan pisteessä b, mikä tapahtuu puolikierrasta myöhemmin kuin sisäpuolen hitsaus. Oulaisten tehtaalla käytetään niin sanottua tandem-hitsausta, jossa käytössä on kaksi lankaa niin sisä- kuin ulkopuolenkin hitsauksessa. (Heikkinen, 2002, 3-5)

Tehtaan tuotanto on nykyään noin 35000 tonnia vuodessa. Putket tehdään Raahen terästehtaalta tulevista teräsnauhakeloista, jotka painavat suurimmillaan 30 tonnia. Tehtaalla hitsataan putkia kahdella tuotantolinjalla. Pieni kone SU1000 ja iso kone SU1500, joiden nimet tulevat suurimman mahdollisen nauhanleveyden mukaan. SU1000 nauhan leveys n. 1000mm ja SU1500 nauha n. 1500mm. SU1500 ajetaan pääasiassa halkaisijaltaan suurempia putkia kuin SU1000 koneella, koska kapeammasta nauhasta ei

ole kannattavaa tehdä kovin suuria putkia. Molemmilla koneilla materiaalin paksuuden minimi on 5mm. SU1500 suurin materiaalin vahvuus on 20 mm ja SU1000 16 mm. (Rautaruukki Oyj, 2011.)

SU1500 koneella ajettavien putkien suurin pituus voi olla 38 metriä, ja SU1000 koneella se on 27 metriä. Molemmilla koneilla pienin mitta on 6 metriä. SU1500 putkikoneella ajettavien putkien halkaisija on 600mm ja 1200mm välillä ja SU1000 koneella 400mm ja 1200mm välillä. Putkikoon suuri vaihtelu ja tiukat mittatoleranssit aiheuttavat putken mittaamiselle suuren haasteen. (Rautaruukki Oyj, 2011.)

Standardikokoisia putkia on yhdeksää eri kokoa. Tilauksesta tehdään myös joskus standardikokojen väliltä olevia kokoja. Standardikoot kuitenkin riittävät yleensä asiakkaiden tarpeisiin. Putkia tehdään yleensä tilauksien yhteydessä myös varastoon. Varsinkin sellaisia kokoja, joilla tiedetään olevan menekkiä. Pienempiä putkimääriä voidaan myydä suoraan varastosta. Tämä on tuotannon kannalta suuri säästö, koska putkikoneella vähenee tällöin koon vaihdot. Eri putkikoolle vaihtaminen on hidas työvaihe, jossa tulee aina ylimääräistä romua.

TAULUKKO 1. Standardin mukaiset putkikoot Oulaisten tehtaalla.

Nimellien ø	Ulkopuolen ø	SU1000 seinämän vahvuus	SU1500 seinämän vahvuus	SU1000 kelan leveys	SU1500 kelan leveys
400	406,4	5,0 – 12,7	-	900	-
450	457	5,0 – 12,7	-	1020	-
500	508	5,0 – 14,2	-	1020	-
600	610	5,6 – 14,2	5,6 – 14,2	1020	1270
700	711	5,6 – 14,2	5,6 – 18,0	1020	1520
800	813	6,3 – 16,0	6,3 – 20,0	1020	1520
900	914	6,3 – 16,0	6,3 – 20,0	1020	1520
1000	1016	7,1 – 16,0	7,1 – 20,0	1020	1520
1200	1220	8,0 – 16,0	8,0 – 20,0	1020	1520

3.1 Putken pituusmittauksen perusteet

Putken katkaisupituuden mittaaminen on ollut ongelma viime vuosina. Opinnäytetyössä oli tarkoitus tarkastella vaihtoehtoisia mittausten menetelmiä putken mittaukseen. Nykyinen järjestelmä ei ole ollut riittävän tarkka. Suurimmat ongelmat ovat silloin, kun koko muuttuu, ja pitäisi tehdä lyhyitä putkia. Ennen tuotannossa oli suurimmaksi osaksi kaasuputkia. Niissä pituus oli yleensä sama, ja samaa putkikokoa ajettiin pitkiä aikoja. Nykyään tuotannossa on enemmän paaluputkia, ja niissä voi asiakkaan tarve vaihdella pituuksien suhteen todella paljon. Tällaisissa tilanteissa nykyisen mittausjärjestelmän kanssa tulee ongelmia, koska mittausta ei saada säädettyä alussa riittävän tarkaksi.

3.2 Putken profiilin mittauksen perusteet

Toinen ongelma oli putken profiilin mittaaminen sauman kohdalla, noin 200mm sen molemmilta puolilta. Pellin reunaa taivutetaan ennen hitsausta, koska reuna taipuu hitsauksessa siirtyvän lämmön johdosta. Reunantaivutuksen säädön helpottamiseksi olisi tarkoitus saada pinnan profiili näkyviin. Samalla voitaisiin myös tarkkailla hitsin ristikkäisyyttä, eli sitä ovatko nauhan reunat samalla tasolla hitsin molemmilla puolilla. Tämä on siksi tärkeä asia, koska ”reunan taivutuksella ja ristikkäisyydellä on todettu olevan suurin vaikutus putken väsymiskestävyyteen.” (Heikkinen 2002) Härö teki vuosina 2006 - 2007 opinnäytetyön ”Profiilin mittaaminen kierresaumaputkesta”. Tästä työstä oli iso apu tutkittaessa ratkaisua tähän ongelmaan. Aihe oli jo käyty läpi erittäin tarkasti ja huolellisesti, joten profiilinmittauksessa oli tarkoitus hakea mahdollisesti päivittyneitä ja uudempia laitteita. Härön työstä oli aikaa useampi vuosi, joten oli todennäköistä että markkinoilla olisi uusia parempia laitteita tarjolla. Sen vuoksi etsintä kohdistettiin uusiin laitteisiin, ja muu tutkinta jätettiin vähemmälle.

3.3 Putken halkaisijan mittauksen perusteet

Kolmas ongelma oli putken halkaisijan mittaaminen. Se mitataan nykyään käsin, siihen tarkoitettulla mittanauhalla. Käsimittanauhalla saadaan riittävän tarkka mitta putken halkaisijasta, kun sillä päästään noin millimetrin tarkkuuteen. Vaihtoehtoja halkaisijan

mittaamiseen on varmasti monia. Ongelman kuitenkin aiheuttaa se, että mittatarkkuus pitäisi olla mm, jotta se vastaisi käsimittalaitteen tarkkuutta. Virtausputkilla on tiukemmat mittatoleranssit halkaisijan suhteen kuin paaluputkilla. Lisäksi putkikoko vaihtelee suuresti. SU1500 koneella halkaisija vaihtelee 610mm ja 1220mm välillä, joka vaikeuttaa tarkkaa halkaisijan mittaamista. Halkaisijan mittausta vaikeuttaa myös se, että tuote voi olla ajoittain myös soikea. Se aiheuttaa virheen mittaustulokseen, jos mittaus tehdään esimerkiksi vain kahdesta pisteestä vastakkaisilta puolilta.

3.4 Kierresaumahitsatut putkituotteet

Kierresaumahitsattuja putkia käytetään maailmalla suurimmaksi osaksi kaasun- ja öljyn siirtoon. Muita yleisiä käyttötarkoituksia ovat virtausputket, joissa siirretään juomavettä, jätevettä ja lämmitysvettä kaukolämpölinjoissa. Näiden lisäksi kierresaumahitsattuja putkia käytetään maarakentamisessa paaluputkina. Oulaisten tehtaalla luovuttiin 2008 vuoden lopulla kaasuputkien tekemisestä, jonka jälkeen tuotantoon jäi virtausputkien ja paaluputkien valmistus. Virtausputkiin laitetaan usein lisäksi vielä pinnoite, jotta putki kestäisi maan alla kymmeniä vuosia. Paaluputkiin tulee usein myös lisävarustelua. Paaluputkeen voidaan laittaa erilaisia kärkiä, maaperän vaatimuksien mukaan. Ponttilukot ovat myös yleinen lisävaruste, kun putkista tehdään paaluseinämää liittämällä ne ponteilla toisiinsa kiinni. (Heikkinen 2002; Rautaruukki Oyj 2011, RD paaluseinä; Rautaruukki Oyj 2005)

4 MITTAUSMENETELMÄT

Putkenmittaukseen on mahdollista käyttää monia eri mittausmenetelmiä. Tässä opinnäytetyössä parhaaksi vaihtoehdoksi osoittautui konenäkösovellukset profiilin ja halkaisijan mittaukseen. Putken pituuden mittauksessa ei ole järkevää, eikä mahdollista käyttää konenäköä. Siinä on käytössä hiukan perinteisemmät mittausmenetelmät. Tällä hetkellä pituusmittaus toimii kohdetta tunnistavilla valokennoantureilla ja pulssianturilla.

4.1 Konenäkö

Konenäkö on ihmisen näköaistia jäljittelevä koneellinen aisti, jonka juuret tulevat tutkimusmaailmasta. Tutkimusmaailmassa sitä kutsuttiin tietokonenäköksi, englanniksi ”Computer Vision”. Konenäössä on tyypillisesti seuraavat osat: Kamera, joka ottaa kohteesta kuvia halutulla taajuudella. Kuvien tasainen laatu vaatii muuttumattomia valaistusolosuhteita. Auringonvalo ei saa päästä suoraan kuvattavaan kohteeseen. Tallennetut kuvat digitoidaan ja ne siirretään tietokoneen muistiin. Tietokone analysoi kuvat ennalta ohjelmoitujen ohjeiden mukaisesti. Saadun analyysin perusteella annetaan ohjauskomennot edelleen tuotantolinjaan, sekä sen koneille ja laitteille.

(Suomen automaatioseura ry 2011)

4.1.1 Laadunvalvontaa konenäöllä

Konenäön sovellusalueita on hyvin monenlaisia. Yleisin sovellusalue on laadunvalvontatehtävät, joissa konenäkö tarkkailee valmistettavia tuotteita. Laadunvarmistus tapahtuu usein siten, että konenäkö tarkkailee valmistettua tuotetta ja vertaa sitä muistissa olevaan hyväksytyyn tuotteeseen. Tämän perusteella tietokone voi luokitella tuotteet hyväiksi tai huonoiksi, tai jotain siltä väliltä. Konenäön ensimmäisiä laadunvalvontasovelluksia otettiin suomessa käyttöön 1970-luvun alussa. Niitä käytti ensimmäisenä sahateollisuus, jossa konenäköä käytettiin niin sanotuissa tukkimittareissa. Tukkimittarit mittasivat läpikulkevien tukkien halkaisijoita, minkä jälkeen ne esilajiteltiin sahausta varten. (Suomen automaatioseura ry 2011)

Laadunvalvonnassa sovelluksia on kehitetty nykyään pidemmälle, kohti koko tuotantolinjan laadunhallintaa. Esimerkiksi prosessiteollisuudessa on menty siihen, että linjan eri vaiheissa tarkastellaan tuotteen laatua, ja saadun tiedon perusteella säädetään prosessia haluttuun suuntaan. Monissa tapauksissa, joissa prosessin säätö on mahdollista toteuttaa automaattisesti, voidaan käyttää takaisinkytkentää osana laadunvalvontaa. Tällä tarkoitetaan sitä, että esimerkiksi uunista tulevan keksin paistoväriä seurataan. Jos tuote ei ole halutunlainen, niin kameran antaman tiedon perusteella uuni säätyy automaattisesti oikeanlaiseen lämpötilaan. Tällaisissa sovelluksissa virheet korjaantuvat heti, eikä käy niin että virhe huomataan vasta jossain tuotannon myöhemmässä vaiheessa. (Suomen automaatioseura ry 2011)

4.1.2 Älykamerat

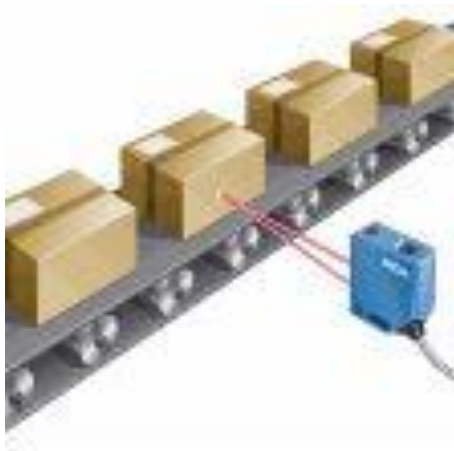
Älykamerat ovat konenäössä viimeisin kehityssuunta. Älykameroissa on sisäänrakennettu kaikki konenäössä tarvittavat elementit: kuvanottokamera, valaistus ja kuvankäsittelyn tietokone. Kompaktien älykameroiden hinnat alkavat muutamasta tuhannesta eurosta, joten niiden käyttö älykkäinä antureina on lisääntynyt nopeasti. Konenäön kameroita käytetään myös näkyvän valon aallonpituusalueen ulkopuolellakin. Tällaisia ovat esimerkiksi infrapunakamerat, joita käytetään mm. autoissa kuljettajan havainnoinnin apuna. Valvontaja metsästyskäytöstä monille on varmasti tuttuja myös riista- ja valvontakamerat, joissa käytetään myös infrapunavaloa pimeäkuviin. (Suomen automaatioseura ry 2011)

TAULUKKO 2. Eri järjestelmien ominaisuuksien vertailua. (Jääskeläinen, Solehmainen & Tuunainen 2010.)

	Älykamerat	PC-pohjainen	Sulautettu
Päivitettävyys	Huono	Hyvä	Huono/hyvä
Muokattavuus	Huono	Hyvä	Erittäin hyvä
Kameroita/prosessointiyksikkö	1-4	1-n.	1-n.
Ohjelmoinnin helppous	Helppo	Kohtalainen	Työläs
Ohjelmoinnin joustavuus	Huono	Hyvä	Kohtalainen
Vaadittu asennustila	Pieni	Suuri	Pienin

4.1.3 Valokennot

Valokennoilla tarkoitetaan antureita, joissa on laservaloa lähettävä komponentti ja valoa vastaanottava komponentti. Anturi mittaa valon takaisin heijastunutta määrää. Valokennoja on monenlaisia, mutta tähän työhön liittyen tarpeellinen malli on kohteesta heijastava valokenno. Se lähettää laservaloa eteenpäin ja lukee siitä takaisin tulevaa valoa. Tällä tavalla toimii putken pituusmittaus, kun kohteesta heijastavat valokennot tarkkailevat missä putken pää on menossa. Seuraava kuvio näyttää miten optinen valokenno anturi toimii, ja missä sitä voidaan hyödyntää. (Keinänen, Kärkkäinen, Lähetkangas & Sumujärvi 2007, 196-199)



Kuvio 5. Lasertoiminen valokenno. (Sick Oy 2011)

4.2 Putken profiilin mittaus

Profiilin mittauksessa oli pohjalla Härön tekemä opinnäytetyö, joka helpotti paljon profiilin mittaukseen liittyvissä laitevalinnoissa. Härön työn pohjalta oli rajattu jo hyvin paljon vaihtoehtoja pois eri mittaustekniikoista. Härö oli päätenyt työssään Sick IVC 3D 200 älykameraan. Laite perustuu viivalaserin ja kameran käyttöön 3D kuvan muodostamiseksi. Niinpä lähdin etsimään vastaavanlaisia laitteita.

Laitteita löytyi useampia, mutta niiden mitta-alueet eivät oikein riittäneet siihen mitä oli asetettu tavoitteeksi. Tavoitteena oli vähintään 400 mm leveä alue, missä putken sauma on keskellä mitta-aluetta. Profiilin mittauksen syvyystarkkuus täytyy olla 0,2 mm, jotta saaduista tuloksista on merkittävä hyöty. Nämä vaatimukset eivät täyttyneet Sick IVC 3D 200 mittalaitteella mitta-alueen leveyden osalta. Sick IVC 3D älykamerasta oli suurempi malli, jossa mittausalue oli leveämpi. Siinä ei kuitenkaan riittänyt syvyysalueen tarkkuus vaatimuksiimme. Olin yhteydessä Sick Oy:n Pohjois-Suomen aluemyyntipäällikkö Pekka Lampelaan ja myyntipäällikkö Pekka Hirviniemeen. Haastatteluista sain lisää tietoa antureista ja kameroista.

Sick Oy:ltä löytyi vaatimukset täyttävä mittalaite profiilin mittaamiseen. Mittalaite on Ruler E600 sarjaa ja tyypiltään E-2121, joka on vastaavalla tekniikalla toimiva laite kuin IVC 3D 200. Rulerissa mittadataa ei käsitellä itse kameran sisällä kuten IVC 3D:ssä, vaan se tarvii oman pc:n ja ohjelmiston mikä käsittelee mittadatan. Sen ei pitäisi kuitenkaan olla ongelma, vaikka käyttöönotto tulisi olemaan hankalampi kuin IVC 3D:llä. Ruler E600-sarjan älykameralla päästään 600mm mitta-alueella vielä 0,2mm syvyystarkkuuteen, mikä on riittävä tässä tapauksessa. Sickin Ruler älykameralle ohjelmiseen tulisi hintaa n. 15 000€. Ruler 3d-kamera vaatisi vielä pc:n kaveriksi, mutta Oulaisten tehtaalla on ainakin yksi teollisuus-PC vapaana, jonka voisi ottaa tähän käyttöön.



Kuvio 6. SICK Rulerin toimintaperiaate.

Kummassakin 3D-kamerassa on integroitu laser, joka heijastaa viivan mitattavan kohteen pintaan. Viivalaser tuo hyvin esille esineiden pinnanmuodot, eikä ole niin herkkä pinnasta heijastuville muille valoille. Tämä on yleinen tapa mitattaessa pinnan muotoja. (Omron Corporation 2002)



Kuvio 7. SKS Visi50 älykamera.

SKS Vision systemsiltä löytyi integroitu konenäköanturi Visi50, joka on hyvin samantyyppinen laite kuin IVC 3D. Siinä on myös integroituna mittadatan käsittely ja siihen voidaan myös ohjelmoida monia erilaisia toimintoja. Konenäköanturilla päästäisiin 400 mm mittaluokalla jopa 0,1 mm syvyyseroteltarkkuuteen. Tämä ja Ruler-E2121 ovat

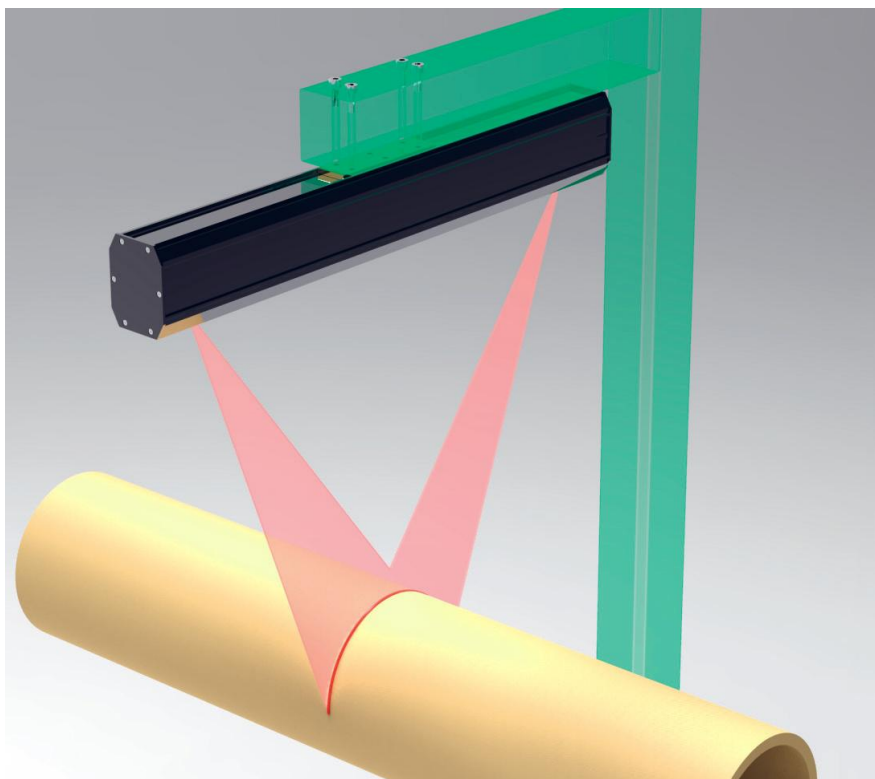
mielestäni ainoat vaihtoehdot tiedossa olevista älykamera/konenäköantureista, jotka soveltuvat käytettäväksi putken profiilin mittaamiseen. Visi50 valmiilla ohjelmalla tulisi maksamaan n. 35 000 €, joten se on huomattavasti kalliimpi vaihtoehto kuin Sick Ruler. Ruler vaatii hiukan enemmän itse tekemistä, koska siihen olisi itse tehtävä tarvittavat asetukset ja ohjelmien pohjat, jotka näyttävät tarvittavaa mittaprofiilikäyrää. Molemmilla tuotteilla voitaisiin myös mitata putken sauman ristikkäisyys. Ristikkäisyydellä tarkoitetaan sitä, että pellin reunat eivät ole kohdikkain sauman vastakkaisilla puolilla. Ristikkäisyyden sallittu määrä on suhteessa putken ainevahvuuteen ja tuotteen vaativuusluokkaan.

Toteutuksessa tulee huomioida se, että profiilia päästäisiin mittaamaan aina samasta kohdasta putkea. Silloin täytyy mitata suoraan putken päältä, koska muutoin putkikoon muuttuessa olisi erittäin hankala säätää kamera aina kohtisuoraan putken kaarevaan pintaan. Vaikka putkea mitataan suoraan yläpuolelta, tulee kameralla olla teline tai kisko, jossa sitä voidaan liikuttaa putken pituussuunnassa. Tämä on pakko tehdä, koska putken sauma ei satu aina samalle kohdalle, kun putkikoko muuttuu. Etäisyydensäätö olisi myös varmasti aiheellinen, koska putkikoon muutoksista johtuen mittaetäisyys muuttuu SU 1500 koneella 600 mm. Kamera ei voi olla ihan kiinni putkessa 1200 mm putkia ajettaessa, joten se vaatii jo 600 mm putkia ajettaessa noin 1000 mm mittausetäisyyden. Tämä matka aiheuttaa jo varmasti epätarkkuutta mittauksiin, joten olisi hyvä saada säädettyä kamera aina tietylle etäisyydelle putken pinnasta.

4.3 Putken halkaisijan mittaus

Putken halkaisijaa mitataan käsitöisellä metallinauhamitalla. Sillä saadaan millimetrin tarkkuudella halkaisija. Yritin etsiä valmiita malleja ja ratkaisuja, joissa olisi saman tyylistä halkaisijan mittausta toteutettu. Halkaisijan mittaukseen löytyikin melkein valmiita paketteja, mutta ne oltiin tehty paljon pienempien kappaleiden mittaamiseen. Putken mittaaminen SU1500 koneella asettaa omat haasteensa, koska putken koko vaihtelee 600 mm ja 1200 mm välillä. Sahateollisuudesta löytyi järjestelmiä, joissa oli käytössä älykamera kuten Sick IVC 3D. Kameroilla tai muilla optisilla mittauslaitteilla oli toteutettu halkaisijan mittaus, esimerkiksi hihnalla kulkevista putkista. Näissä yhdessäkään järjestelmässä ei ollut kovin suuria mahdollisuuksia mitata näin poikkeavia halkaisijoita.

Lisäksi mittatoleranssit eivät riittäneet missään laitteissa joita löytyi. Laseretäisyysmittarit olisivat yksinkertainen tapa mitata etäisyys putkesta. Jos niitä laitettaisiin kaksi tai kolme kappaletta putken eripuolille, niillä voitaisiin myös laskea putken halkaisija. Ongelmaksi tulee se, että kuinka saada anturi aina riittävän lähelle putkea. Laseretäisyysantureissa riittäisi tarkkuus, mutta mittausetäisyys ei silloin ole kovin suuri. Käytännössä kaikkien antureiden tulisi olla jossakin mekaanisesti säädettävässä laitteessa, joka siirtäisi anturit sopivalle etäisyydelle putkesta. Tämä on käytännössä vaikea toteuttaa, koska putken halkaisijan mittatarkkuus pitää saada noin 1 mm tarkkuudella. Liikkuvassa systeemissä tulisi helposti virheitä, tai ainakin erittäin tarkan systeemin rakentaminen maksaisi paljon.



Kuvio 8. SKS Vision VS5000 DMS järjestelmä kahdella laserilla.

SKS Vision systemssillä oli tarjota myös profiilin mittaamiseen vaihtoehto. VS5000 DMS on optinen halkaisijan mittausjärjestelmä. Yksittäinen VS5000 DMS laite on tarkoitettu paljon pienempien halkaisijoiden mittaamiseen. Nämä mittalaitteet ovat muunneltavissa tarpeen mukaan. Kahdella laitteella eri kohdista mittaamalla saataisiin halkaisija mitattua tarvittavalla tarkkuudella. Valmistaja kertoi, että laitteella päästään tarvittaviin tarkkuuksiin, mutta putken ajoittainen soikeus ei tällaisella mittatavalla tule ilmi. Soikeus vain hiukan

vääristää mittauksia, koska soikeus ei ole ollut ongelma putkikoneilla, siksi pienet heitot pyöreudessa ei pitäisi haitata.

4.4 Putken pituuden mittaus

Pituusmittauksen nykyinen järjestelmä ei ole toiminut riittävän luotettavasti, joten siihen oli tavoitteena löytää parempi ratkaisu. Putki ei ole helpoin mahdollinen mitattava, kun se pyörii ruuvimaisesti koko ajan eteenpäin. Lisäksi putkien pituuden vaihtelu on suuri, kun SU1500 ajetaan putkia 6 metristä aina 38 metriin asti. SU1500 viimeiselle laskupukille on matkaa polttokehältä 28 metriä. Polttokehä on laite, joka katkaisee putken. SU1500 putkipää on 28 metriä pitkä polttokehältä mitattuna, ja sitä pidempien putkien pää menee jo korjauspaikan tasojen ylle. Siksi pitkille putkille ei voi rakentaa mitään mittalaitetta, joka vaatisi antureiden paikoittamisen putkipäätä pidemmälle. Lisäksi putkipää on yksi koneen liikkuva osa ja sitä joudutaan ajon aikana liikkuttelemaan nauhan poikkeamien vuoksi. Tämä tarkoittaa siis sitä, että laitteiden tulee olla kiinni putkipäässä, jotta ne seuraavat putkea putkipään mukana.

Tilasimme Sickiltä kokeiluun SENSICK DT500 laseretäisyysmittarin, jolla kokeilin putken mittaamista. Mittarilla voidaan mitata etäisyysmittausta 30 m päähän tummaan kohteeseen. 20 metrin mittausetäisyydeltä lasersäteen halkaisija oli alle 10mm. Teimme telineen, joka saatiin tukevasti kiinni putkipään päähän. Tarkoituksena oli mitata putken pituus sen alareunasta, koska se on ainut kohta, joka on samassa linjassa kaikenkokoisilla putkilla. Mittalaitteesta saa tiedon ulos analogisena jännitetietona. Lasermittarista voidaan asettaa arvot, mikä pituus tarkoittaa nolla jännitettä. Maksimijännitteelle voidaan määrittää suurin haluttu mittaarvo, näin asetetaan tarvittavat raja-arvot. Mittatieto luettaisiin logiikan analogisella -kortilla ja siten voitaisiin asettaa katkaisupituudet putkikoneelle. Tämä mittalaite voisi toimia periaatteessa hyvin alle 20 metrisiä putkia ajettaessa. Sitä pidempiä ei juuri voida ajaa, koska mittalaite tulee yli putkipäästä tai on edessä korjaushitsauspaikalle meneville putkille.



Kuvio 9. SENSICK DT500

Käytännössä mittalaitteen suuntaaminen putken alareunaan ja sen pysyminen siinä ei onnistunut. Mittaus putken menosuunnasta ei onnistunut, koska putken pää liikkui sen verran, että laite kadotti sen. Mittarin tarkkuudessa ei ollut kyllä valittamista. Sen tarkkuus olisi riittänyt hyvin putken katkaisupituuden määrittelyyn. Vahvemmillä aineilla ei putken pää elä niin paljon laskupukkien välissä, mutta ohuemmillä ainevahvuuksilla se pääsee taipumaan liian paljon. Lisäksi etäisyysmittari tulisi aina irroittaa, kun ajetaan pitkiä putkia. Etäisyysmittari pitäisi myös aina saada takaisin juuri samalle paikalle, jotta sitä ei tarvisi enää säädellä uudelleen. Sääto olisi myös tehtävä erittäin tarkasti, jotta laser olisi samassa tasossa koko matkan putken alareunan kanssa. Liikuttelun kanssa voisi tulla ongelmaa, kun mittalaite tulisi saada erittäin tarkasti osoittamaan samaan kohtaan kuin ennenkin.

Pituusmittaus tapahtuu nykyään siten, että nauhapäässä vetopyörän akselilla on pulssianturi, joka laskee kuinka paljon nauha etenee. Putkipäässä polttoleikkauksen jälkeen on valokennoja, jotka seuraavat putken kulkua. Aina kun putken pää tulee valokennon kohdalle se kirjautuu logiikkaan. Logiikan ohjelmassa on tiedossa mittauspisteiden etäisyydet, ja siitä ohjelma laskee pulssianturilta saadun tiedon mukaan missä putken pää kulkee. Valokennojen mittauksista saadaan kerroin, jolla kerrotaan pulssianturilta tuleva tieto. Kerrointa joudutaan kuitenkin usein korjaamaan, jos putkien pituudet heittävät tasaisesti saamaan suuntaan. Tämä johtuu valokennoissa tapahtuvista virheistä, ja myös osittain siitä, että putken halkaisijassa tulee pieniä muutoksia. Valokennoja hämää putken pinnan värin vaihtelevuus. Joskus pelti on melko kirkas ja puhdas, kun taas toisella

laadulla se voi olla hyvin tumma ja hilseilevä pinta. Nykyinen järjestelmä saataisiin varmasti toimimaan paremmin, kun valokennot uusittaisiin nykyaikaisempiin tai vaihdettaisiin johonkin muuhun tarkempaan anturiin. Sen lisäksi pitäisi tietysti kalibroida anturien paikat huolellisesti, jotta välttyttäisiin kaikilta turhilta mittavirheiltä.

5 RATKAISUT JA NIIDEN ARVIOINTI

Tässä luvussa esitetään tutkimuksista saatuja tietoja, ja arvioidaan niiden onnistuneisuutta, sekä hyötyjä.

5.1 Profiilin mittauksen ratkaisu ja arviointi

Profiilin mittauksessa loppusuora on kahdenkauppa, Sick Rulerin ja SKS Visi50 laitteiden välillä. Näistä molemmat täyttävät alussa asetetut vaatimukset. Visi50 vahvuus on sen käyttövalmiusaste. SKS Vision systems toimittaisi tuotteen valmiilla tilaajan tarpeeseen tehdyllä ohjelmalla, joten tilaajalle jäisi telineen teko ja asentaminen. Ruler puolestaan vaatiisi itsenäisen pc-ohjelman käyttöönoton, ja ohjelmiston muokkaamisen omiin tarpeisiin. Ruleriin pitäisi myös tehdä teline, ja asentaa se. Laitteistot voisi myös ottaa testikäyttöön, mikäli se olisi mahdollista. Silloin saataisiin konkreettiset erot laitteista esille. Putkistandardit eivät vaadi profiilin mittaamista. Nykyään kun ei enää valmisteta kaasuputkia, eivät putkien luokituksetkaan ole niin vaativia. Profiilinmittalaitteen hankinta ei sinänsä ole pakollinen hankinta, mutta se helpottaisi huomattavasti konehitsaajan työtä ja säätötarkkuutta. Kameralla saataisiin myös esille haitalliset ristikkäisyydet. Ristikkäisyys ja putken saumanalueen harjamainen profiili haittaavat erityisesti pinnoitettavissa ja paalugarusteluun menevissä putkissa. Koneenkäyttösovelluksen myötä putkien laatua saataisiin mahdollisesti parannettua ja virheet huomattaisiin valmistuksessa aikaisemmin.

Ruler on hinnaltaan huomattavasti edullisempi kuin Visi50. Pyysin Rulerista tarjouksen kaikkien tarvittavien johtojen ja ohjelmiston kanssa, jolloin sille kertyy hintaa 15 500 €. Visi50 saatiin myös tarjous, mutta sille kokonaisuudelle tulee suunnittelutöineen ja lisälaitteineen hintaa reilusti enemmän. SKS Visi 50 tarjous oli 37 000€. Mikäli tehtaalla lähdetään tekemään hankintoja, niin tutkimuksen perusteella vahvoilla olisi Sick Ruler pc-kamera. Kameroiden tarkkuuksissa ei pitäisi olla suuria eroja, mutta Sickin Rulerilla päästäisiin tarvittaessa leveämpään mitta-alueeseen, mikä puoltaisi sen hankintaa. Hinta on tärkeä asia, jota tarkastellaan kun tehdään hankintoja. Ruler on tällä hetkellä yli puolet

halvempi kuin SKS Visi50, joten hinnankin puolesta Ruler olisi edullisempi vaihtoehto työntilajalle.

5.2 Putken halkaisijan mittauksen ratkaisu ja arviointi

Putken halkaisijan mittaukseen ei löytynyt muita valmiita ratkaisuja kuin SKS Vision VS5000 DMS. Tällä laitteistolla pystytään mittaamaan putken halkaisija riittävän tarkasti. Tällainen järjestelmä helpottaisi konehitaajan työtä, kun laitteisto näyttäisi jatkuvasti minkä kokoista putkea koneelta tulee. VS5000 DMS suullinen hinta-arvio oli myyjän laskelmien mukaan noin 40 000€ luokkaa. Halkaisijan mittauslaitteistosta ei ehtinyt tulla kirjallista tarjousta, jota oli pyydetty. SKS Vision systems tarjoaa tätäkin pakettia valmiiksi ohjelmoituna ja käyttövalmiina. SKS Visionilla ei ole omaa konepajaa, jossa he voisivat toteuttaa myös telineet laitteille. Telineiden teko ei ole tilaajan ongelma. Laitteen hinta on kuitenkin melko kallis, kun ajatellaan sillä saavutettavia hyötyjä. Putken halkaisijamittauksessa ei ole ollut juuri ongelmia. Hitsarin pitää välillä muistaa tarkistaa putken halkaisija, että se pysyy toleranssin keskivaiheilla.

5.3 Putken pituuden mittauksen ratkaisu ja arviointi

Pituusmittauksen parantamista pidän tärkeimpänä näistä kolmesta mittausjärjestelmästä. Pitkien putkien mittaukseen ei löytynyt järkevää vaihtoehtoista ratkaisua, jolla olisi saatu hoidettua mittaaminen paremmin. Lyhyempien putkien mittaamiseen on useampia keinoja, mutta en pidä tarpeellisena toisen rinnakkaisen mittausjärjestelmän hankkimista. Panostaisin tämän nykyisen järjestelmän parantamiseen. Uusia valokennoja on jo asennettu paikoilleen, mutta niitä ei ole ehditty testaamaan. Putken pään seurannassa on ollut heittoa nykyisillä valokennoilla. Uusilla paremmilla antureilla ja kalibroinnilla saataisiin varmasti mittaustarkkuutta parannettua. Lyhyiden putkien ajoa ajatellen sijoittaisin ensimmäisen valokennon mahdollisimman lähelle tulevan putken päätä, jotta saataisiin mahdollisimman aikaisessa vaiheessa tieto missä putken pää kulkee. Valokennojen uusiminen ja kalibrointi ei tulisi maksamaan kovin paljon, verrattuna uuteen järjestelmään.

Valokennoista tai vastaavista muista antureista ei ole tarjouspyyntöjä. Tämä on mielestäni ensimmäinen askel mikä kannattaisi ottaa putken mittauksen parantamisessa. Kun tämä on saatu kuntoon, kannattaa sitten vakavasti miettiä profiilin ja halkaisijan mittaukseen investoimista.

6 YHTEENVETO JA POHDINTA

Opinnäytetyössä oli tarkoitus löytää uusia menetelmiä käsimittalaitteiden korvaamiseksi, sekä löytää parannuksia olemassaolevan automaattisen pituusmittauslaitteiston tilalle. Härön tekemä opinnäytetyö oli pohjana profiilin mittaukselle, ja oma työni olikin osittain jatkoa tälle työlle. Olen tyytyväinen siihen, että löytyi uusia laitteita, joiden pitäisi soveltua hyvin putken mittaukseen. Työssä asetetut raja-arvot saavutetaan näillä laitteilla, jotka löytyi profiilin ja halkaisijan mittaukseen. Hintaa laitteilla on sen verran paljon, että niiden hankitaa varmasti mietitään hyvin tarkkaan.

Työni tuloksista on toivottasti apua mahdollisissa uusissa investoinneissa putken mittaukseen. Tuloksista käy ilmi uusien laitteiden taso ja hinta, ja kuinka hyvin ne soveltuvat putkitekhaan vaativiin olosuhteisiin.

Työni aikana tutustuin kameratekniikkaan ja muihin laserpohjaisiin antureihin. Samalla tutustuin muidenkin alojen sovelluksiin, koska mittalaitteet ja sovellukset ovat usein hyvin samankaltaisia. Insinöörityö oli opettavainen kokemus ja siitä oli varmasti hyötyä molemmille osapuolille. Lopputuloksena löytyi valmiit laitteet halkaisijan ja profiilin mittaukseen, mikä tarkoittaa saavutuksien täyttymistä. Haastavaan pituuden mittaukseen ei uutta järjestelmää löytynyt, mutta vanhassa on vielä hyvät kehitysmahdollisuudet.

LÄHTEET

Heikkinen Jari, 2002, Kierresaumahitsin kulmavirheen ja ristikkäisyyden minimointi putken valmistuksessa.

Hirviniemi P. 2011. Puhelinhaastattelu. Maaliskuu 2011. Sick Oy

Härö Toivo, 2008, Profiilin mittaaminen kierresaumaputkesta, Oulun seudun ammattikorkeakoulu.

Jääskeläinen, E., Solehmainen, K. & Tuunainen, A. 2010. Uudet innovaatio hitsausautomaatioissa. HitSavovia II hankkeen loppuraportti. Savonia-ammattikorkeakoulu.

Keinänen T., Kärkkäinen P., Lähetkangas M., ja Sumujärvi M. 2007. Automaatiojärjestelmien logiikat ja ohjaustekniikat.

Lampela P. 2011. Haastattelu. Maaliskuu 2011. Sick Oy

Omron Corporation. Omron Vision koulutus CD v.1.0. 2002. CD-ROM.

Rautaruukki Oyj. 2005. Tulevaisuus rakennetaan kestävien pohjarakenteiden varaan, tuote-esite.

Rautaruukki Oyj. 2011. RD-paaluseinä, tuote-esite.

Rautaruukki Oyj. 2011. Työohjeet. Luettu syyskuussa 2011.

Sick Oy. 2011. Kohdetunnisteiset valokennot. Www-dokumentti.
<http://www.sick.fi/fi/products/tuoteryhmat/teollisuusanturit/kohdetunnisteisetvalokennot/fi.html> Luettu. 14.11.2011

Sick Oy. 2011. Sick vision products. Pdf-dokumentti.

SKS Goup. 2011. Visi50 integroitu konenäköanturi. Pdf-dokumentti

SKS Group. 2011. VS5000 DMS Optinen halkaisijanmittausjärjestelmä. Pdf-dokumentti

Suomen automaatioseura ry. 2011 Konenäkö. Pdf-dokumentti.
Saatavissa: <http://www.automatioseura.fi/index/tiedostot/Konenako.pdf>
Luettu 17.11.2011

