

**SAVONIA**

ammattikorkeakoulu

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO  
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

# PAPERIKONEEN TELAN VISUAALISEN TARKASTUKSEN KEHITTÄMINEN JA LAITTEISTON PÄIVITYS

TEKIJÄ Linda Iso-Ahola

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Tutkinto-ohjelma Konetekniikan tutkinto-ohjelma	
Työn tekijä(t) Linda Iso-Ahola	
Työn nimi Paperikoneen telan visuaalisen tarkastuksen kehittäminen ja laitteiston päivitys	
Päiväys 25.11.2022	Sivumäärä/Liitteet 35/1
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Valmet Technologies Oy	
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli löytää akseleiden keskireikien ja halkaisijoiltaan pienten vaippojen pintojen tarkastamiseen soveltuva uusi laitteisto vanhan tuhoutuneen laitteiston tilalle. Tällaista laitteisto tarvitaan, kun laadunvalvoja ei pääse kyseistä pinnan tarkastelua tekemään itse silmämääräisesti. Työn toimeksiantajana oli Valmet Technologies Oy ja työn sisältö kohdistui Rautpohjan tehtaalle Jyväskylään.</p> <p>Työ aloitettiin perehtymällä laitteiston vaatimuksiin ja mahdollisiin toimittajiin. Vanha tarkastuslaitteisto oli tekniikaltaan niin vanhentunut, että tilalle tarvittiin uusi moderni laite. Keväällä 2022 vanha laitteisto tuhoutui tulipalossa, joten tälle työlle tuli entistä suurempi tarve. Toimittajien etsinnöissä huomattiin, että Suomessa laitteistotoimittajia ei ollut kovin useita. Tarjouspyynnöt lähetettiin soveltuville yrityksille, mutta tarjouksia saatiin opinnäytetyön aikarajoissa erittäin huonosti. Päädyttiin vertailemaan laitteistoja myös ulkomailta nettisivustoilta, jotta saataisiin vertailua tehtyä laitteistojen välillä.</p> <p>Tuloksena todettiin, että soveltuvin laitteisto löytyisi lähimmältä toimittajalta Okulaari Oy:ltä Tampereelta. Yrityksen edustaja kävi esittelemässä laitteistoa ja usea ammattilainen totesi laitteiston olevan erittäin soveltuva etsittyyn käyttöön. Todettiin myös, että kyseisen laitteiston avulla myös muiden tarkastusvaiheiden suorittaminen pystyttäisiin muuntamaan aikataulutehokkaammaksi ja työntekijäystävällisemmäksi. Toimeksiantajayrityksen päätettäväksi jää laitteiston varsinainen investointi.</p>	
Avainsanat Laadunvalvonta, tarkastuslaitteisto	

Field of Study Technology, Communication and Transport	
Degree Programme Degree Programme in Mechanical Engineering	
Author(s) Linda Iso-Ahola	
Title of Thesis Development of Visual Inspection of a Paper Machine Roll and equipment Upgrade	
Date 25 November 2022	Pages/Appendices 35/1
Client Organisation /Partners Valmet Technologies Oy	
<p>Abstract</p> <p>The aim of the thesis was to find new equipment suitable for inspecting axle center holes and the surfaces of small-diameter shells to replace the old destroyed equipment. This kind of equipment is needed when the quality inspector cannot visually inspect the surface in question. Valmet Technologies Oy was the client of this thesis and the work was carried out at the Rautpohja factory in Jyväskylä.</p> <p>The work was started by getting familiar with the requirements of the equipment and possible suppliers. The old inspection equipment was so outdated in terms of technology that new, modern equipment was needed to replace it. In the spring 2022, the old equipment was destroyed in a fire, and therefore there was a great need for this thesis. During the supplier search, it was noticed that there were not many suitable equipment suppliers in Finland. Requests for offers were sent to suitable suppliers, but replies were received very poorly within the time limits of the thesis. To be able to compare the equipment, foreign websites were used for comparison as well.</p> <p>Based on the equipment comparison, it could be concluded that the most suitable equipment could be purchased from the nearest supplier, Okulaari Oy in Tampere. A representative of the company came to present the equipment and several professionals were there to test it and to state that the offered inspection equipment would be very suitable for the intended use. It was also noticed during testing, that with the help of this modern device the execution of other inspection steps could also be made in a more time-efficient and employee-friendly way. The client company will make the decision concerning the investment.</p>	
<p>Keywords</p> <p>Quality inspection, inspection equipment</p>	

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO .....	6
	<b>Sanastoa</b> .....	6
2	VALMET TECHNOLOGIES OY .....	7
	2.1 Historiaa.....	7
	2.2 Yritys nykypäivänä .....	7
	2.3 Jyväskylän Rautpohjan tehdas .....	9
	2.4 Sym-tuotanto.....	9
	2.5 Tuotannon laadunvalvonta .....	11
3	VISUAALINEN TARKASTUS .....	13
	3.1 NDT-tarkastus .....	13
	3.2 Visuaalinen tarkastus .....	13
	3.2.1 Visuaalinen tarkastus sym-tuotannossa .....	15
4	TYÖTURVALLISUUS .....	18
	4.1 Työturvallisuus .....	18
	4.2 Turvallisuus tarkastusvaiheissa .....	18
5	LAITTEISTON KEHITYSTYÖ.....	20
	5.1 Lähtökohdat ja tavoite.....	20
	5.2 Laitteiston vaatimukset.....	20
	5.3 Endoskooppi.....	21
	5.4 Laitteiston etsintä .....	22
6	LÖYTYNYT LAITTEISTO .....	23
	6.1 Okulaari Oy .....	23
	6.2 Tarjottu laitteisto .....	23
	6.3 Olympus.....	27
	6.4 Expondo.....	28
	6.5 RS Online .....	29
7	JOHTOPÄÄTÖKSET .....	31
	7.1 Lopputulos .....	31
	7.2 Laitteiston tuomat kehityskohteet tarkastusvaiheisiin.....	32
8	TULEVAISUUDEN NÄKYMÄT .....	33
	LÄHTEET .....	34

LIITE 1: TARJOUS OKULAARI OY .....	36
------------------------------------	----

## KUVALUETTELO

Kuva 1. Valmetin viisi maantieteellistä liiketoiminta-aluetta. ( <a href="https://www.valmet.com/fi/valmet-yrityksena/valmet-lyhyesti/liiketoiminnat/">https://www.valmet.com/fi/valmet-yrityksena/valmet-lyhyesti/liiketoiminnat/</a> ).....	8
Kuva 2. Karkea prosessikaavio telan valmistusprosessista. (Kuva: Linda Iso-Ahola) .....	10
Kuva 3. Puristinosan nippi, jossa kaksi erilaista taipumakompensoitua telaa. (Kuva: Valmet sisäinen materiaali).....	10
Kuva 4. Valmet OptiPress- puristinosa. (Kuva: Valmet Internal Media Bank) .....	11
Kuva 5. Visuaaliseen tarkastukseen voidaan käyttää apuvälineistönä mm. endoskooppia. (Science Laboratory & Certification, ei pvm).....	14
Kuva 6. Visuaalisen tarkastuksen standardeja. (Science, ei pvm).....	14
Kuva 7. Vanha laitteisto akselin keskireiässä. (Kuva: Teemu Väliavaara).....	19
Kuva 8. Näyttöpääte, kela sekä taustalla kamera asennettuna rekvisiittaputkeen. (Kuva: Linda Iso-Ahola)..	24
Kuva 9. 40 mm kamerapää sekä lisävaruste keskitin. (Kuva: Linda Iso-Ahola).....	25
Kuva 10. Keskitin ja kamera putkessa. (Kuva: Linda Iso-Ahola).....	25
Kuva 11. Kuvanlaatu HDMI:n kautta heijastettuna kankaalle. (Kuva: Linda Iso-Ahola).....	26
Kuva 12. Pienempi kamerapää 24 mm keskittimen kanssa putkessa. (Kuva: Jaakko Kontio) .....	26
Kuva 13. Jäykkävartinen endoskooppi. (Kuva: Linda Iso-Ahola) .....	27
Kuva 14. Iplex GAIr. (Olympus) .....	28
Kuva 15. Expondon laitteisto. (Expondo) .....	29
Kuva 16. RS Online laitteisto. (RS Online).....	29
Kuva 17. Laitteistoverailu. (Kuva: Linda Iso-Ahola).....	30
Kuva 18. Karkea hahmotelma kuva akselin keskireiästä ja pystypuhkaisuista. (Kuva: Linda Iso-Ahola) .....	32

## 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön aihe tuli esille keskustellessa työtehtävien suorittamisesta ja kehittamisestä yhdessä kollegoiden kanssa. Työn tarkoituksena on kehittää Valmet Technologies Oy:n Jyväskylän Rautpohjan paperikone tuotannon taipumakompensoidun telan visuaalista tarkastusta ja päivittää laitteisto nykyaikaiseksi.

Kun keskustelut opinnäytetyön aiheesta aloitettiin, todettiin että silloinen tarkastusvälineistö akseleiden keskireikien tarkastamiseen oli erittäin vanha, painava sekä hankalasti käytettävä ja se tulisi mielellään päivittää nykyaikaisempaan versioon. Aiheen suunnittelun aloittamisen jälkeen Rautpohjan tehtaalla tapahtui tulipalo 7.5.2022 tuhoten osan tuotantotiloja ja samalla vanha tarkastusvälineistö tuhoutui. Tästä syystä syntyi entistä suurempi tarve toteuttaa tämä opinnäytetyö.

Tarkastettavat kappaleet, jolle tässä työssä tarkastusvälineistöä etsitään, ovat jopa 11 metriä pitkiä ja halkaisijaltaan tarkastettava tila alkaen 120 mm. Kyseistä välineistöä voitaisiin hyödyntää akseleiden keskireikien tarkastamisen lisäksi myös pienten vaippojen sisäreiän pinnanlaadun tarkastamiseen. Välineistöllä korvattaisiin silmämääräinen tarkastus vaipan sisäpinnoille, joista tarkastellaan pinnanlaadun pieniä silmillä havaittavia virheitä kuten valuhuokosia.

Työ on suoritettu kehitystyönä ja tarkoituksena on ollut löytää pienempi laitteisto, joka on tarvittaessa helposti otettava mukaan ja on turvallisemmin käytettävä. Modernilla laitteistolla olisi myös mahdollisuus dokumentoida löydökset sekä lähettää dokumentointia asianosaisille kollegoille yrityksessä.

### **Sanastoa**

tela = rullan tai sylinterin muotoinen paperikoneen osa

vaippa = telan putkimainen ulkokuori

Sym-tuotanto = taipumakompensoitujen telojen tuotanto

viira = paperikoneen ensimmäinen osio perälaatikon jälkeen

NDT = Non-Destructive Testing, rikkomaton testaus

huokonen = massassa oleva pieni ontelo

jäyste = koneistuksessa syntyvä ei-toivottu repaleinen koneistuksen reuna

johteet = koneistuskoneen teräksiset johteet, joiden päällä teräkelkka liukuu

## 2 VALMET TECHNOLOGIES OY

### 2.1 Historiaa

Valmetilla on teollisuusyrityksenä vahvaa historiaa jo yli 220 vuoden ajalta, ja nykyään yritys on johtava sellu-, paperi- ja energiateollisuuden toimittaja tarjoten ratkaisuja prosessiteknologiaan, automaatioon ja palveluihin. Yrityksen historian alku ajoittuu 1750-luvulle Suomenlinnan linnoituksessa toimineelle pienelle allastelakalle. Aina 1800-luvulta lähtien perustettuja yrityksiä eripuolelta maailmaa kuuluu nykyään osaksi Valmetia, esimerkiksi Yhdysvalloista Beloit Corporation sekä ruotsalainen Karlstad Mekaniska Werkstad (KMW).

Valmet yhtiön nimenä juontaa juurensa Valtion Metallitehtaisiin, joka syntyi 1946 useiden eri Suomen valtion omistamien metallitehtaiden yhdistyessä. Yrityksestä tuli Valmet Oy vuonna 1951. Tämän jälkeen yrityksen tuotevalikoimaan on kuulunut valtava määrä teknologiaa laivoista, vetureista, traktoreista ja lentokoneista moottoreihin, hisseihin ja aseisiin. Sekä tietenkin paperikoneet. 1946 vuoden jälkeen aina nykypäivään saakka on Valmetiin sulautunut useita eri yrityksiä kansainvälisesti, ja tuorein tapaus on keväältä 2022 jolloin Neles sulautui osaksi Valmetia. (Valmet Technologies, ei pvm)

### 2.2 Yritys nykypäivänä

Nykypäivänä Valmetilla työskentelee ympäri maailmaa 17000 ammattilaista. Yrityksen toimintaa on viidellä eri liiketoimintalinjalla; Palvelut, Sellu ja energia, Paperit, Automaatiojärjestelmät ja Virtauksensäätö. Pohjois-Amerikka, Etelä-Amerikka, EMEA (Eurooppa, Lähi-itä ja Afrikka), Kiina sekä Aasian ja Tyynenmeren alue muodostavat yrityksen viisi maantieteellistä liiketoiminta-aluetta. (Valmet Technologies, ei pvm)

Palveluliiketoimintalinja palvelee yrityksen asiakkaita maailmanlaajuisesti noin 100 palvelukeskuksen ja 6000 huollon ammattilaisen voimin asiakkaiden toimintojen luotettavuuden, kustannustehokkuuden, kapasiteetin ja laadun parantamisessa. Toiminta tarjoaa paperi-, sellu- ja energiateollisuudelle varaosia, komponentteja, kunnossapito-, seisokki- ja ulkoistuspalveluja, prosessien tukea ja optimointia sekä tehtaiden ja laitosten parannuksia. Jopa yli puolet maailman sellu- ja paperitehtaasta ostaakin Valmetilta vuosittain palveluja. (Valmet Technologies, ei pvm)

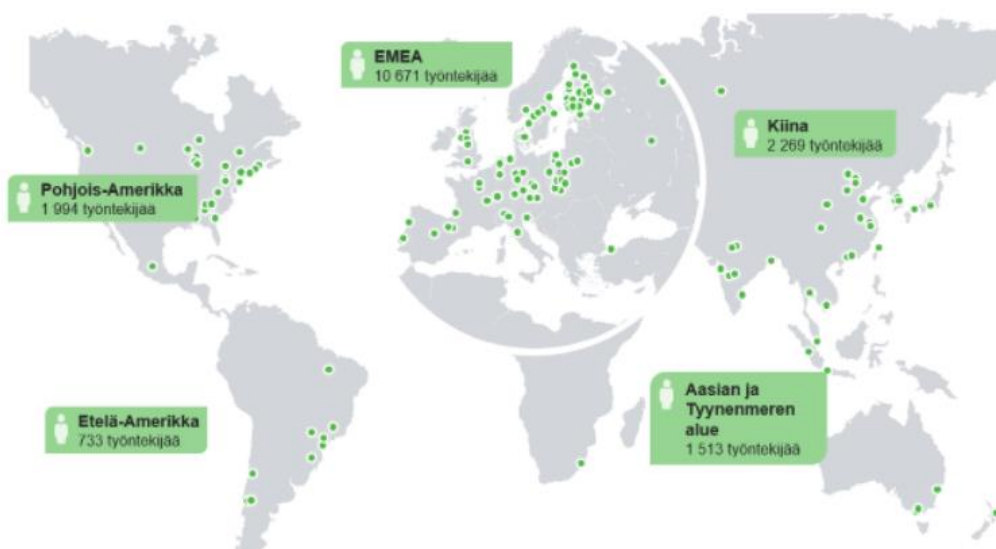
Automaatiojärjestelmät-liiketoimintalinja palvelee sellu-, energia-, paperi- ja prosessiteollisuuden yrityksiä sekä meri- ja kaasuteollisuutta yli 30 maassa lähes 2000 ammattilaisen voimin toimittaen ja kehittäen automaation ja tiedonhallinnan järjestelmiä. Valmetin prosessiautomaatiota hyödyntää ympäri maailmaa yli 1200 voimalaitosta. (Valmet Technologies, ei pvm)

Virtauksensäätö-liiketoimintalinjan asiakkaita ovat sellu-, paperi- ja biotuoteteollisuuden, uudistuvan energiatuotannon, öljyn. ja kaasunjalostusteollisuuden, kaivos- ja kemianteollisuuden sekä muiden prosessiteollisuuksien aloilla. Tuotetarjonta sisältää alan johtavat venttiilituotteet, venttiiliautomaatioratkaisut sekä niihin liittyvät palvelut. Neleksen sulautuminen Valmetiin kasvatti virtauksensäätö-liiketoimintalinjaa merkittävästi ja tällä hetkellä toimintaa on noin 40 maassa liki 3000 ammattilaisen voimin. (Valmet Technologies, ei pvm)

Sellu ja energia -liiketoimintalinjan asiakkaita ovat pääasiassa massan tuottajat sekä sähkön- ja lämmöntuottajat, joille toimitettavia ratkaisuja ja tuotteita ovat esimerkiksi tehtaat ja prosessilaitteet kemialliseen ja mekaaniseen massanvalmistukseen, biomassaa polttoaineena käyttävät voimalaitokset, voimakattilayksiköt sekä niihin liittyvät ympäristöjärjestelmät. (Valmet Technologies, ei pvm)

Paperi-liiketoimintalinja toimii myös ympäri maailmaa toimittain tehokkaita, joustavia ja turvallisia laitteita ja ratkaisuja kuten koneita, laitteita ja koneiden uusintoja kartonki-, pehmopaperi- ja paperiteollisuudelle. Sekä pehmopaperilinjoja että kartonki- ja paperikoneita Valmet toimittaa ympäri maailmaa, mutta kartonki- ja paperikoneiden suurin kysyntä on ollut lähiaikoina Kiinassa. Tässä opinnäytetyössä mainittu tuotanto on osa paperi-liiketoimintalinjaa. (Valmet Technologies, ei pvm)

Suomessa toimintaa on pääkonttori Espoon lisäksi 29 muussa toimipisteessä. Osa toimipisteistä on keskittynyt yksilöidymppään toimintaan, kun taas esimerkiksi Jyväskylässä ja Tampereella on toimintaa laajasti eri liiketoiminta-alueilta.



Kuva 1. Valmetin viisi maantieteellistä liiketoiminta-alueetta. (<https://www.valmet.com/fi/valmet-yrityksena/valmet-lyhyesti/liiketoiminnat/>)

Yrityksen tuotevalikoima on muokkaantunut paljon liiketoiminnan vuosikymmenien aikana, ja esimerkiksi traktorit, aseet tai hissit eivät enää nykypäivänä kuulu yrityksen valmistettaviin tuotteisiin. Kestävä kehitys ohjaa muuttuvassa maailmassa nykyään jo lähestulkoon jokaisen yrityksen toimintaa, samoin myös Valmetin. Yritys kehittää jatkuvasti omaa toimintaansa kaikilla liiketoiminnan osa-alueilla kohti hiilineutraalia tulevaisuutta. Lisäksi Valmet on myös kehittämässä tulevaisuuden tuotteita, jotta esimerkiksi biomassaa voidaan muuntaa uusiutuvaksi energiaksi ja kierrätettäväksi tuotteiksi kuten selluksi, paperiksi, kartongiksi tai pehmopaperiksi. Biomassaa voidaan myös muunnosteknologian avulla tuottaa esimerkiksi biokaasua, -polttoainetta ja -materiaaleja. (Valmet Technologies, ei pvm)

### 2.3 Jyväskylän Rautpohjan tehdas

Jyväskylässä Valmetin tehdas sijaitsee Rautpohjassa alle kahden kilometrin päässä kaupungin ydinkeskustasta. Tehdas oli alun perin Valtion tykkitehdas, jonka työntekijöille rakennetut asuintalot ovat nykyään museoviraston luetteloimia valtakunnallisesti arvokkaita rakennuksia. Jyväskylässä ensimmäinen paperikone tuotettiin vuonna 1938. Tehdasalueella toimii paperi- ja kartonkikonetuotannon lisäksi valimo, telojen huolto- ja pinnoituspalvelut sekä kaksi koepaperikonetta. Koekoneet ovat täysimittaisia paperikoneita, mutta leveyttä on huomattavasti vähemmän kuin asiakkaille myytävissä versioissa. Näillä koekoneilla voidaan testata niin yrityksen omia muutoksia koneisiin sekä omia ja asiakkaiden erilaisia massojen ajoja. Laboratoriolla saadaan tutkittua koneilla ajettuja tuotteita.

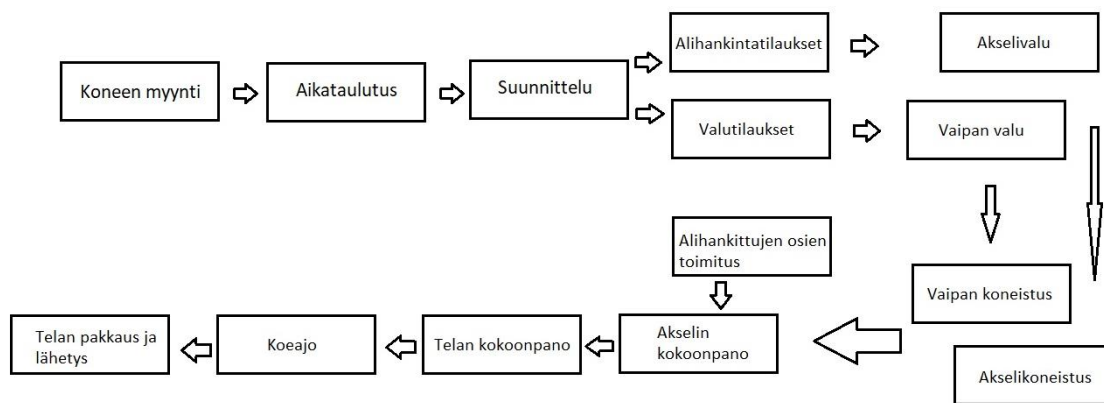
Tehdasalueella työskentelee noin 1800 ihmistä, joista noin 1500 on Valmetin omia työntekijöitä ja loput ovat yhteistyökumppaniyritysten työntekijöitä. Yritys onkin Jyväskylässä merkittävä työllistäjä, ja kaupungin laajentuessa vuosi vuodelta etäämmälle keskustasta on aikanaan kaupungin laidalle rakennettu Rautpohja nykypäivänä katsottuna aivan keskeistä keskustan aluetta.

Paperikonetuotannossa valmistetaan paperi- ja kartonkikoneisiin mm. erilaisia teloja, perälaatikoita sekä tehdään esikokoonpanoja. Telatyypeistä tuotannossa valmistetaan muun muassa imu-, putki ja taipumakompensoituja teloja sekä kuivatussylimintereitä. Tässä opinnäytetyössä mainitut työtehtävät sijoittuvat tuotannossa yhteen viidestä hallin osasta, jossa valmistetaan taipumakompensoituja teloja.

### 2.4 Sym-tuotanto

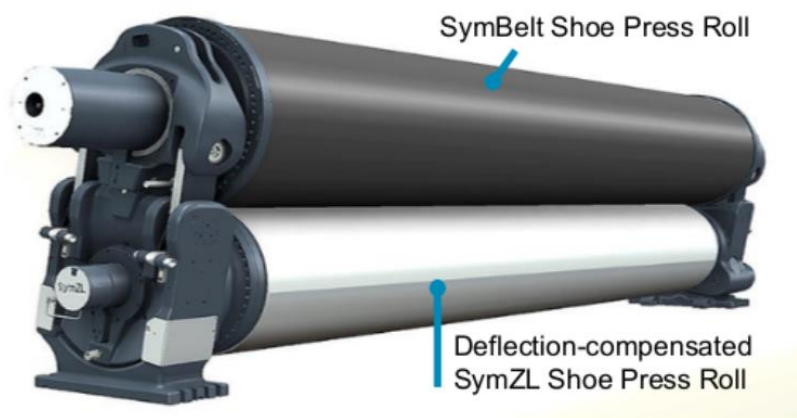
Sym-tuotannosta puhuttaessa tarkoitetaan taipumakompensoitujen telojen tuotantoa. Tässä opinnäytetyössä etsittävää välineistöä tarvitaan näiden telatyypin tuotannon laadunvalvonnassa, mutta mahdollista välineistöä voidaan käyttää muissakin laadunvalvontatehtävissä niin Rautpohjassa kuin muuallakin Valmetin toiminnassa. Kuitenkin tässä työssä on keskitytty pohtimaan taipumakompensoitujen telojen tarkastuksiin parhaiten soveltuvaa välineistöä.

Sym-tuotannossa verstaapäällikön alaisuudessa valmistuksessa työskentelee viisi työnjohtajaa ja noin 60 koneistajaa sekä asentajaa. Koneistajat valmistavat teloihin akseleita ja vaippoja pääosin oman valimon valamista vaippa- ja akseliihioista suurilla työstökoneilla koneistaen. Yksittäiset kappaleet voivat painaa jopa useita kymmeniä tuhansia kiloja. Lisäksi tuotantoon tulee alihankintana ostettuja muualla valmistettuja akseleita, vaippoja ja muita telan komponentteja. Kokoonpanossa asentajat kasaavat telat suunnittelijoiden tekemien piirustusten mukaisiksi. Yhden telan valmistusprosessi kestää noin karkeasti vuoden, aina ensimmäisistä suunnitelmista valmiiseen telaan ja tuona aikana tarvitaan organisaatiosta valtavasti eri ihmisten ammattitaitoa. Sym-tuotannossa laadunvalvonnan tarkastuksia tekevät laatuosastoon kuuluvat kaksi laadunvalvojaa.



Kuva 2. Karkea prosessikaavio telan valmistusprosessista. (Kuva: Linda Iso-Ahola)

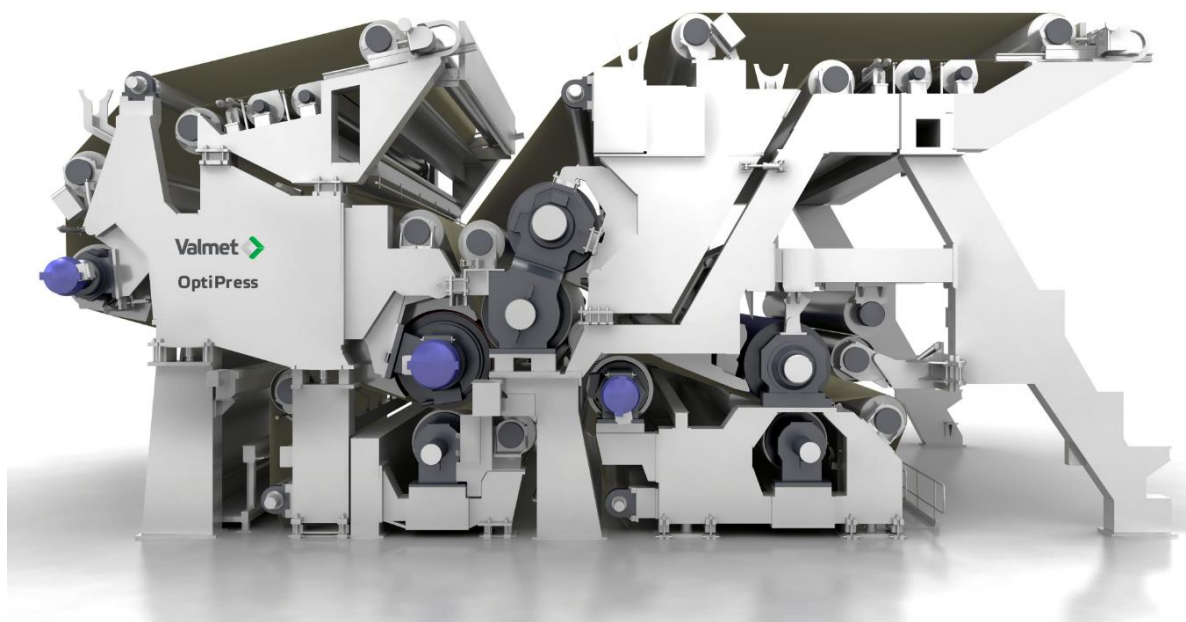
Kuvassa 2 on hyvin karkea prosessikaavio telan valmistumisesta. Varsinainen prosessi on monimutkainen ja kulkee eri osastojen kanssa ns. käsikädessä pitkin projektin etenemistä edes takaisin, ja liittyviä sidosryhmiä on valtavasti. Kuvioista on nähtävillä kuitenkin karkealla tasolla, kuinka koneen myynnistä telan valmistuminen etenee. Aikataulut riippuvat telatyypistä ja myös projektista, sekä valmistuksen kuormasta. Hiljaisena hetkenä projekti voidaan valmistaa tuotannossa nopeammin läpi, kuin korkean kuorman tilanteessa. Tällöin valmistuminen kestää väkisin kauemmin, koska kuorman ollessa korkea, hyvistäkin tuotannosuunnitelmista huolimatta aina tulee joitain muuttuvia tekijöitä mihin ei ole pystytty varautumaan. Voidaan todeta kuitenkin, että koneen myynnistä valmiiseen telaan menee tällä hetkellä noin kaksi vuotta. Itse telan valmistuminen kestää tällä hetkellä noin vuoden valujen aloituksesta valmiiksi telaksi.



Kuva 3. Puristinosan nippi, jossa kaksi erilaista taipumakompensoitua telaa. (Kuva: Valmet sisäinen materiaali)

Taipumakompensoituja teloja käytetään paperi- ja kartonkikoneen puristinosassa, joka sijaitsee viiran ja kuivatusosan välissä. Viira on perälaatikon jälkeen toinen osa konetta, jossa perälaatikon suihkuttama massa on tarkoitus saada levittymään tasaisesti ja vettä poistettua massasta. Viiralta massa siirtyy puristinosalle, jonka tärkein tehtävä on saada edelleen massasta poistettua vettä.

Puristosalle tullessa massan vesipitoisuus on noin 80 % ja puristinosan jälkeen noin 45–65 % konetyypistä riippuen. Puristinosan nimensä mukaisesti poistaa vettä puristaen paperimassaa kahden telan välistä, joita kutsutaan nipeiksi (kuva 3). Taipumakompensoiduilla teloilla voidaan puristusta säätää halutun mukaiseksi ja puristimilla saadaan vaikutettua mm. paperin sileyteen, symmetriaan ja pintalujuuteen. (Mannila, 2016)



Kuva 4. Valmet OptiPress- puristinosan. (Kuva: Valmet Internal Media Bank)

## 2.5 Tuotannon laadunvalvonta

Valmetilla on tuotannon organisaatiossaan laatuosasto, jonka noin 20 laadunvalvojaa vastaavat laadunvalvonnasta niin tuotannossa kuin alihankkijoilla. Alihankkijoilla tehtävät laadunvalvonnot suoritetaan pääsääntöisesti Suomessa, mutta osittain myös Euroopan alueella. Tarkastuksiin kuuluvat esimerkiksi hitsausten tarkastuksia sekä alihankinnasta tilattujen koneistuksien laadunvalvontaa. Laadunvalvojat tekevät keskimäärin 2–5 tarkastuskäyntiä viikossa alihankkijoilla.

Tuotannossa tehtävät laadunvalvontatehtävät on jaettu paperi- ja kartonkikoneen eri osioiden mukaan eri ihmisille tarkastettavaksi. Näin osioista vastuussa olevilla tarkastajilla on paras mahdollinen ymmärrys tarkastettavista tuotteista, mutta tuurausten ja työkiertojen kautta heillä on myös kokemusta muistakin tuotannon tuotteista, kuin vain omalle tarkastusvastuulle kuuluvista.

Laadunvalvonnan tarkoituksena on havaita laatupoikkeamat tuotannon aikana, jotta viallisia tuotteita ei toimiteta asiakkaille. Laadunvalvonta on merkittävä kulu yritykselle, mutta ehdottomasti halvempi sekä imagolisesti parempi keino kuin joutua korjaamaan laatuongelmia toimitusten jälkeen. Laadunvalvonnalla edesautetaan yritysten asiakassuhteiden vaalimista, sekä uusien asiakassuhteiden syntymistä.

Tässä työssä viitataan tuotannossa tapahtuvaan laadunvalvontaan, joka nimensä mukaisesti tapahtuu lähinnä vain yrityksen tuotantotiloissa. Laadunvalvojat kuuluvat organisaatiossa laatuosastoon, mutta päivittäisessä työssä ovat jatkuvasti yhteistyössä verstaapäälliköiden, työnohtajien, koneistajien, asentajien, suunnitteluosaston, materiaalihallinnan ja muiden osastojen kanssa. Työssä saakin siis hyvin monipuolisesti kuvaa tuotannon kulusta ja laajuudesta sekä eri sidosryhmien toiminnasta. Työskentely jakautuu niin tuotannossa tehtäviin tarkastusvaiheisiin kuin toimistossa tehtäviin raporteinteihin ja erilaisiin selvityksiin.

### 3 VISUAALINEN TARKASTUS

#### 3.1 NDT-tarkastus

Lyhenne NDT tulee termistä Non-Destructive testing ja se tarkoittaa ei-hajottamatonta testausta, eli tarkastettava kappale pysyy täysin ehjänä. NDT-tarkastusmenetelmiä ovat muun muassa seuraavat tarkastusmenetelmät:

- MT = magneettijauhetarkastus
- PT = tunkeumanestetarkastus
- VT = visuaalinen eli silmämääräinen tarkastus
- ET = pyörrevirtatarkastus
- UT = ultraäänitarkastus
- RT = radiografinen tarkastus (yleensä röntgenkuvaus)
- LT = vuototarkastus (Kiwa Inspecta, ei pvm)

Menetelmät jaetaan kahteen eri luokkaan havainnointimahdollisuuksien mukaan.

Pintatarkastusmenetelmillä voidaan havaita vain kappaleen pinnassa olevia vikoja kuten säröjä, huokosia tai halkeamia. Näihin menetelmiin kuuluvat silmämääräinen tarkastus, magneettijauhetarkastus sekä tunkeumanestetarkastus ja niitä käyttämällä ei voida tietää pinnan alla mahdollisesti piileviä vikoja. Volymetrisillä tarkastuksilla, kuten ultraääni- sekä radiografinen tarkastuksilla, voidaan taas havaita pinnan alla piilevät viat kuten huokoisuus, liitosviat, kuonasulkeumat sekä halkeamat. Näitä eri menetelmiä usein käytetään kuitenkin yhdessä, tukemaan toisiaan.) (Purra, 2021)

Näistä yllä mainituista tarkastusmenetelmistä visuaalinen tarkastus on yksi harvoja tarkastusmenetelmiä, joka ei jätä tarkastettavaan kappaleeseen jälkiä tarkastuksen jälkeen. Esimerkiksi magneettijauhetarkastuksen tai tunkeumanestetarkastuksen jälkeen on kappaleesta saatava puhdistettua tarkastusvaiheessa käytettäviä kemikaaleja pois. Näillä kahdella tarkastusmenetelmällä saadaan taas puolestaan havaittua sellaisia pintavaurioita tarkastettavasta kappaleesta, joita ihmissilmä ei välttämättä havaitse. Onkin mietittävä aina kunkin tarkastettavan kappaleen kohdalla erikseen, mikä tarkastusmenetelmä soveltuu juuri siihen kyseiseen kappaleeseen parhaiten juuri siinä vaiheessa tuotantoa. Valmetilla yleisimmin käytettyjä NDT-tarkastusmenetelmiä ovat visuaalisen tarkastuksen lisäksi magneettijauhetarkastus, tunkeumanestetarkastus ja ultraäänitarkastus. Tässä työssä keskitytään visuaaliseen tarkastukseen.

#### 3.2 Visuaalinen tarkastus

Visuaalisella eli silmämääräisellä tarkastuksella tarkoitetaan ihmissilmin kappaleelle tehtävää tarkastusta. Tarkastettava kohde voi olla esimerkiksi koneistettu kappale tai hitsausseama. Tarkastusmenetelmä on helppo suorittaa jopa ilman apulaitteistoja ja siitä syystä yleensä myös

ensimmäinen tarkastusmuoto kappaleelle säästää aikaa ja rahaa. Mahdollisten löydösten lisätutkimukset voidaan suorittaa muilla NDT-tarkastusmenetelmillä. Tarkastusvaiheen huonoihin puoliin lukeutuu se, että visuaalisella tarkastuksella on mahdollista nähdä vain pinnassa olevat ihmissilmällä havaittavat vauriot, eikä silmämääräisesti voida havaita ehjän pinnan alla mahdollisesti olevia vikoja tai mitata esimerkiksi havaittujen vaurioiden syvyyttä. On myös mahdollista, että tarkastusta voi häiritä jokin hetkellinen häiriötekijä tai huolimattomuus.

Ihmissilmällä on mahdollista havaita esimerkiksi sävyjä, värejä, kokoja, muotoja ja rakenteita. Joskus tarkastus tehdään ilman apuvälineitä, mutta myös esimerkiksi suurennuslasin tai endoskoopin avulla tehtävä tarkastus on visuaalista tarkastusta. (Science, ei pvm)



Kuva 5. Visuaaliseen tarkastukseen voidaan käyttää apuvälineistönä mm. endoskooppia. (Science Laboratory & Certification, ei pvm)

Visuaalisesta tarkastuksesta on olemassa muutamia standardeja, erityisesti esimerkiksi hitsattujen rakenteiden tarkastamiseen. Standardi TS EN 13018 kertoo visuaalisen tarkastuksen yleisiä sääntöjä ja mihin niitä sovelletaan. Visuaaliseen tarkastukseen voidaan käyttää apuvälineistöinä mm. suurennuslasia tai endoskooppia.

- ✓ TS EN 13018 Ei-hajottava testaus - Visuaalinen tarkastus - Yleiset säännöt
- ✓ TS EN 13927 Ei-hajottava testaus - Visuaalinen tarkastus - Laitteet
- ✓ TS EN ISO 17637 Fuusiohitsausten rikkomaton testaus - Sulatettujen hitsien visuaalinen tarkastus
- ✓ TS EN ISO 17635 Hitsien rikkomaton testaus - Yleiset vaatimukset metallimateriaaleille
- ✓ TS ISO 3058 Ei-hajottava testaus - Visuaaliset tarkastustyökalut - Pienen suurennuslaitteen valinta

Kuva 6. Visuaalisen tarkastuksen standardeja. (Science, ei pvm)

Standardi TS EN 13018 koskee visuaalisen tarkastuksen yleisiä sääntöjä. Koska kyseessä on englanninkielinen suomentamaton standardi, ovat alla olevat suomennetut viittaukset oma tulkinta standardista suomennettuna.

Kappaleessa 5 käsitellään visuaalisen tarkastuksen etäisyyttä ja valaistusta. Etäisyys saisi olla maksimissaan 600 mm tarkastettavasta pinnasta, kun tehdään suora visuaalinen tarkastus sekä tarkastuskulma ei saa olla pienempi kuin 30 astetta. Pidempikin etäisyys on mahdollista yleisessä visuaalisessa tarkastuksessa, kunhan etäisyys on kyseiseen kohteeseen sopiva. Suorassa visuaalisessa tarkastuksessa valaistuksen tulee olla minimissään 500 lx ja yleisessä visuaalisessa tarkastuksessa minimissään 160 lx. Visuaalisessa tarkastuksessa voidaan apuna käyttää peilejä, suurennuslasia, endoskooppeja tai kuituoptiikkaa.

Kappaleessa 6 todetaan, että jos suoraa visuaalista tarkastusta ei voida tehdä, se voidaan korvata visuaalisella etätarkastuksella. Apuna voi käyttää mm endoskooppeja tai muita vastaavia laitteistoja. On kuitenkin osoitettava, että etätestausjärjestelmä on soveltuva kyseiseen tehtävään. Kappale 7 muistuttaa, että henkilöstölle joka kyseisen standardin mukaisia testejä suorittaa on muutamia vaateita:

- henkilön on tunnettava muun muassa asiaankuuluvat standardit, säännöt ja laitteistot
- henkilön on tunnettava käytetyt valmistusmenetelmät tai testattavan komponentin käyttöolosuhteet
- henkilön on osoitettava tyydyttävä näkökyky standardin EN ISO 9712 mukaisesti
  - yleistä visuaalista tarkastusta suorittavan henkilön kaukonäkö on tarkastettava optikolla 12kk välein

(Suomen Standardisoimisliitto SFS, 2016)

### 3.2.1 Visuaalinen tarkastus sym-tuotannossa

Sym-telatuotannossa suoritettavia visuaalisia tarkastuksia ovat muun muassa

- huokostarkastukset
- koneistusjälkien ja -virheiden tarkastukset
- akseleiden viilaustarkastukset
- saapuvien osien visuaalinen tarkastus

Huokostarkastuksia tehdään pääsääntöisesti Rautpohjan oman valimon valmistamille vaipoille omana tarkastusvaiheenaan. Tarkastus suoritetaan kappaleen koneistetulle sisäpinnalle hoonauksen jälkeen. Hoonaus on sylinterimäisen kappaleen pinnan viimeistelykoneistusta, jolla saavutetaan lopullinen haluttu muoto ja hyvä pinnanlaatu. Vaippojen mahdollisia huokosia myös ulkopinnasta silmäilevät niin koneistajat kuin laadunvalvojat läpi tuotannon ajan. Sisäpinnan huokokset ovat tärkeä havaita telan sisällä olevien komponenttien ja telan toiminnan takia.

Ulkopuolen huokokset taas voivat vaikuttaa telan lopulliseen pintaan ja sitä kautta paperin tai kartongin pintaan. Huokosia voi myös olla kaikissa muissa valukappaleissa kuten akseleissa, ja silmämääräisesti akselien huokokset tarkastetaan viilaustarkastuksen yhteydessä.

Koneistusjälkien tarkastukseen kuuluu silmämääräisen tarkastuksen lisäksi myös endoskoopeilla tehtävät tarkastukset akselin sellaisiin kohtiin, joihin ei silmällä kyetä näkemään. Koneistusvirheiden silmämääräisellä tarkastuksella laadunvalvoja tarkastaa havaitun virheen ja joko tekee itsenäisen päätöksen toimenpiteistä tai konsultoi toisia kollegoita esimerkiksi suunnitteluosastolta. Tarkastusvaiheessa voidaan sulkea pois mahdolliset koneistuksen aiheuttamat pintaviat kuten syvät tai terävät naarmut sekä viilaamatta jääneet terävät reunat ja jäysteet. Endoskooppi on tarkastajan välineenä silloin, kun tarkastettava kohta on ihmissilmän ulottamattomissa.

Akselien viilaustarkastuksessa käydään akseli läpi ja tarkastetaan, ettei akseliin ole jäänyt teräviä kohtia, jotka voivat sekä vahingoittaa kokoonpanijaa kuin myös muita telaan tulevia osia. Saapuvien osien visuaalinen tarkastus käsittää nimensä mukaisesti ostettujen kappaleiden tarkastamisen silmämääräisesti. Yrityksen ostaessa alihankintana tuotteita, on ymmärrettävästi oletus se, että kappale on kunnossa saapuessaan tehtaalle. Inhimilliset virheet ja eri yritysten erilaiset toimintatavat antavat mahdollisuuden kuitenkin sille, että kappaleessa on jotain virheitä, jota valmistaja ei ole huomannut. Riippuen osasta, alihankkijoilta tulevat osat tarkastetaan siis jo alihankkijan tiloissa alihankinnan laadusta vastaavan tarkastajan toimesta, tai viimeistään tuotantoon saapuessa tuotannon laadunvalvojan toimesta.

Tässä opinnäytetyössä käsiteltäviin sym-tuotannon visuaalisiin tarkastuksiin kuuluvat hoonattujen akselin keskireikien sekä halkaisijaltaan pienten vaippojen visuaaliset tarkastukset. Akselin keskireikien visuaalisessa tarkastuksessa on tarkastettu vanhalla hehkulamppuvalotetulla endoskoopilla akselin keskireiän koneistuksen jälkeä. Tarkastuksella halutaan varmistaa, että keskireiän koneistetulla pinnalla ei ole valu- ja materiaalivirheiden lisäksi teräviä koneistusjälkiä. Akselin sisälle asennetaan kokoonpanossa öljyputkisto, joka tiivistyy tiukkojen tiivisteiden kanssa keskireikään. Mikäli akselin keskireiässä on teräviä koneistusjälkiä tai muita vaurioita, putkistoa vedettäessä akselin keskireikään sisälle tiivisteet rikkoutuvat ja öljynkierto ei toimi suunnitellulla tavalla. Tällaiset vuodot havaitaan vasta koeponnistuksessa akselin kokoonpanon jälkeen. Mikäli tällaisia tiivisterikkoja tulee, joudutaan akselin kokoonpano purkamaan, terävät koneistusjäljet korjaamaan, tarkastamaan ja kokoonpano kasaamaan uudelleen uusilla tiivisteillä. Tarkastus on siis erittäin tärkeä vaihe telatuotannossa, koska akselin purku, korjaukset ja uudelleenkasaus ovat ylimääräistä kuluja valmistukseen. Edellä mainittu muutamia kymmeniä vuosia vanha tarkastusvälineistö valitettavasti tuhoutui Rautpohjaa kohdanneessa tulipalossa toukokuussa 2022.

Telan vaipoille visuaaliset tarkastukset tehdään pääsääntöisesti etsien valutapahtumassa mahdollisesti syntyviä huokosia, mutta samalla myös tarkastetaan visuaalisesti koneistettu pinta. Valtaosa vaipoista sym-tuotannossa on halkaisijaltaan noin 1200–1600 mm, jolloin tarkastaja mahtuu tekemään vaipan sisällä tarkastuksen itse silmämääräisesti. Tarkastaja käy läpi noin 11 metriä pitkän vaipan koko sisäpinnan riittävän valaistuksen kanssa, dokumentoi ja merkkää havaitut huokokset tai virheet. Tarkastuksen jälkeen mahdollisesti löytyneet huokokset korjataan yrityksen sisäisen ohjeistuksen mukaisesti ja raportoidaan sisäiseen laadunvalvontajärjestelmään. Osa

vaipoista on kuitenkin halkaisijaltaan sen verran pieniä, että tarkastaja ei mahdu vaipan sisälle tekemään tarkastusta, joten tällöin tarvitaan tarkastusvälineistöä, jotta kyseinen tarkastusvaihe saadaan suoritettua.

## 4 TYÖTURVALLISUUS

### 4.1 Työturvallisuus

Suomen työturvallisuuslain ensimmäinen pykälä toteaa

”Tämän lain tarkoituksena on parantaa työympäristöä ja työolosuhteita työntekijöiden työkyvyn turvaamiseksi ja ylläpitämiseksi sekä ennalta ehkäistä ja torjua työtapaturmia, ammattitauteja ja muita työstä ja työympäristöstä johtuvia työntekijöiden fyysisen ja henkisen terveyden, jäljempänä *terveys*, haittoja.” (Finlex, 2002)

Työnantajan on huolehdittava, suunniteltava, mitoitettava ja toteutettava työntekijöiden työturvallisuutta ja terveyttä työssä, sekä otettava huomioon työhön, työolosuhteisiin, muuhun työympäristöön ja myös työntekijän henkilökohtaisiin edellytyksiin liittyvät asiat. Arvaamattomat olosuhteet, joihin työnantaja ei voi vaikuttaa, sekä poikkeukselliset tapahtumat, joita ei olisi voitu välttää huolimatta työnantajan kaikista aiheellisista varotoimista rajaavat työnantajan huolehtimisvelvollisuutta. Työnantajan velvollisuudet eivät pääty suunnitelmiin ja suunnitelmien mukaisiin toteutuksiin, vaan työnantajan on jatkuvasti tarkkailtava työympäristöä ja työturvallisuutta sekä seurattava tehtyjen toteutusten vaikutusta työturvallisuuteen ja terveellisyteen. Lakiin sisältyy työpaikalla työskentelyn ja työajalla tapahtuvan matkustamisen lisäksi myös työajan ulkopuolella tapahtuva työhön liittyvä matkustaminen. Mikäli työnantajalla ei ole asiantuntemusta, on sen käytettävä ulkopuolisia asiantuntijoita avukseen varmistaakseen työturvallisuuden. Työturvallisuuslaki on valtavan laaja laki, joka jokaisen työnantajan onkin osattava varmistaakseen toimintansa sen puitteissa.

Laki ei velvoita pelkästään työnantajaa, vaan myös työntekijää. Työntekijän on noudatettava määräyksiä ja ohjeita sekä työnsä ja työolosuhteiden edellyttämää turvallisuuden ja terveellisuuden ylläpitämiseksi tarvittavaa järjestystä, siisteyttä, huolellisuutta ja varovaisuutta. Lisäksi työntekijän on huolehdittava käytettävissä olevin keinoin niin omasta ja muiden työntekijöiden turvallisuudesta ja terveydestä sekä vältettävä muihin työntekijöihin kohdistuvaa häirintää ja muuta epäasiallista kohtelua. (Finlex, 2002)

Työturvallisuuskeskuksen sivuilla sanotaan osuvasti: ”Jotta työturvallisuus ja työntekijöiden hyvinvointi ovat hallinnassa, on tunnettava työpaikan työprosessit, toimintatavat ja työolosuhteet ja niihin liittyvät erilaiset vaara- ja haittatekijät. Ennakoimalla vaaratilanteet ja työkykyä haittaavat tekijät estetään vahinkojen syntyminen ja varmistetaan turvallinen työympäristö ja toimiva työyhteisö.” (Työturvallisuuskeskus, ei pvm)

### 4.2 Turvallisuus tarkastusvaiheissa

Työturvallisuus on teollisuustuotannon tiloissa jo lähtökohtaisesti haastavampaa toteuttaa, kuin esimerkiksi yrityksellä, jonka toimialaan liittyy vain toimistotyötä. Työtehtävät tuotantotiloissa suoritetaan keskellä kemikaaleja, liukastumis- ja putoamisvaaroja, raskaita kappaleita ja isoja työstökoneita. Työntekijä kohtaa päivittäisen työvuoronsa aikana useita vaaran paikkoja ja havainnointikyky on oltava hyvällä tasolla läpi vuoron, koska haastavassa ympäristössä

työskennellessä mahdolliset vahingot eivät tule pelkästään mahdollisten virheiden tai unohtusten takia, vaan tapaturma voi yllättää vaikka kaikki toimisivat täysin oikein omissa tehtävissään.

Tässä työssä viitatulla vanhalla tarkastusvälineistöllä suoritettiin tarkastuksia eri pisteissä tuotantotilaa. Esimerkiksi lattiatasossa, jossa painavan vanhan välineistön käyttö kyykistellen oli erittäin haastavaa ergonomisesti. Tarkastuksia suoritettiin myös tarkastettavan kappaleen vielä ollessa työstökoneella, jolloin tarkastus suoritettiin koneen johteilla suojiin päällä kävellen. Samoilla kävelytasolla oli jatkojohto ja välineistön muuntaja sekä työstökoneilla on mahdollisuus liukastua koneilla käytettävien öljyjen ja kemikaalien takia. Työturvallisuuteen oli kiinnitettävä erityistä huomiota. Alla olevasta kuvasta 7 on osittain nähtävissä tarkastustoimenpiteen suorittaminen yhdellä työstökoneella.



Kuva 7. Vanha laitteisto akselin keskireiässä. (Kuva: Teemu Väliavaara)

## 5 LAITTEISTON KEHITYSTYÖ

### 5.1 Lähtökohdat ja tavoite

Tämän työn päälähtökohtana ja tavoitteena oli korvata käytössä ollut vanha laitteisto akseleiden keskireikien tarkastukseen. Vanhalla laitteella pystyttiin tarkastamaan noin 120–140 mm halkaisijaltaan olevia keskireikiä aina noin 10 metrin pituudelta, mutta sillä ei kyetty tarkastamaan halkaisijaltaan pieniä vaippoja joihin ei tarkastaja fyysisesti mahdu sisälle tekemään työtehtävää, koska keskitinlaippoja ei ollut kuin kahta eri kokoa.

Tarkastettavien kappaleiden mitat muuttuvat paperi- ja kartonkikoneiden kehittyessä ja vanha laitteisto ei riittänytkään enää useimpien akseleiden tarkastamiseen koko matkalta yhdestä suunnasta. Laitteisto oli myös erittäin painava ja teknologialtaan se kaipasi jo päivittämistä. Painavuuden takia laitteisto oli haastava käyttää esimerkiksi koneistuskoneen johteilla, ja tarkastajan tuli kiinnittää erityisen paljon huomiota omaan työturvallisuuteen. Myöskään mahdollisista löytyneistä virheistä ei ollut mahdollisuutta saada minkäänlaista dokumentointia esimerkiksi valokuvan tai videon muodossa. Tällainen olisi ehdottoman tärkeää, jotta saataisiin konsultoitua epäselvissä löydöksissä kollegoita esimerkiksi suunnitteluosastolla. Dokumentoinnilla saataisiin myös oleellisia liitteitä sisäisiin palautteisiin, jotka kirjataan aina jokaisesta poikkeamasta omaan erilliseen järjestelmään.

Työssä oli tarkoitus selvittää mahdollisia toimittajia ja kysyä heiltä soveltuvia laitteistoja ja tarjouksia niihin. Toivottavaa oli, että toimittaja löytyisi Suomesta, jolloin yhteistyö toimittajan kanssa olisi sujuvinta ja myös logistisesti nopeinta. Ulkomailta löytyi jonkun verran laitteistoja, mutta tasoltaan ne eivät olleet läheskään kaikki teolliseen ammattikäyttöön soveltuvia.

### 5.2 Laitteiston vaatimukset

Kun uutta laitteistoa ja sen toivottuja ominaisuuksia lähdettiin hahmottelemaan, ensisijaisesti tulivat mieleen kameran oleellisten vaatimusten lisäksi myös tärkeimmät modernisoinnin kriteerit. Keskustelimme laitteistosta myös kollegoiden kesken, jotta laitteistoon saataisiin mahdollisimman hyvä ja laaja näkökanta. Tulimme yhdessä seuraaviin tuloksiin vaatimuksiin laitteistolle:

- tarkastus mahdollista suorittaa henkilön pysyessä paikallaan
- dokumentointimahdollisuus valokuvaamalla ja videoinnilla
- laitteiston kompakti koko, jotta se on mahdollista ottaa helposti mukaan esimerkiksi alihankkijan luona tehtävään tarkastukseen tai asiakkaan tiloihin
- samalla laitteella mahdollisuus tarkastaa kaikkia halkaisijoita välillä 100–1000 mm
- Tarkka kamera, jota mahdollisuus käänellä. Resoluutio esimerkiksi HD 1280x720, jotta kuvan rajaus tai zoomaus ei aiheuttaisi kuvan laadun merkittävää heikkenemistä.
- Halkaisijaan muuntautuva keskitin, joten samalla kameralla saadaan tarkastettua erikokoisia tiloja

Vanha laitteisto oli isokokoinen sekä painava ja koko laitteisto säilytettiin noin 1200x400x250mm laatikostossa, joka oli liikuteltavaan kärryyn kiinnitettynä. Laitteisto koostui muuntajasta, kiikariosasta, halkaisijaltaan noin 40 mm 1,5metriä pitkistä toisiinsa liitettävistä putkista, joissa yhden päässä oli peili ja valonlähteenä hehkuvalopolttimo sekä keskitinlaipoista jotka pitivät putken keskellä akselin keskireikää. Laitteisto koottuna 10metrin pituiseksi oli käytössä erittäin painava, koska tarkastaessa pintaa laitteistoa piti samalla pyörittää ja vetää akselista ulospäin. Tämä liike suoritetaan samalla liikkuen kumara-asennossa johteilla, mutta katse täytyy pitää kiikariosassa ja näkymässä, joka aiheuttaa vaaran liukastua tai pudota johteilta. Uudelta laitteistolta toivottaisiin, että tarkastaja voisi tehdä tarkastuksen käytännössä paikallaan, jolloin tarkastus olisi turvallisempaa sekä ergonomisempaa.

Vanhalla laitteistolla ei ollut mahdollisuutta dokumentoida mahdollisia löydöksiä. Oli mahdollista vain tehdä itse päätös löydöksestä, kuvailla sitä sanallisesti kollegoille, tai mikäli mahdollista, pyytää joku muu katsomaan fyysisesti paikalle. Etenkin jälkimmäinen vei kuitenkin enemmän aikaa ja resursseja, joita olisi voitu säästää näyttämällä kuvaa tai mahdollisesti videota asianomaisille hyvin nopeasti. Myös laatujärjestelmiin olisi hyvä saada mahdollisista löydöksistä dokumentoitua kuva, esimerkiksi poikkeavana hyväksyttävästä tuotteesta

### 5.3 Endoskooppi

Endoskooppi eli tarkastuskamera on suunniteltu laite kuvauksen avuksi sellaiseen pieneen sekä ahtaaseen paikkaan, jonne ei isommilla kameroilla pääse kuvaamaan eikä silmällä kykene näkemään. Endoskooppeja on olemassa erilaisia ja jokaiselle on oma käyttötarkoituksensa. Tällaisia tarkastuskameroita käyttävät muun muassa lvi-asentajat viemäreihin ja putkistoihin, lentokoneasentajat sekä asentajat koneiden ja moottoreiden tarkastamiseen. Käyttökohteita on lukuisia.

Itse laitteisto nykyisillään käsittää näytön ja siitä lähtevän joko taipuisan kaapelin tai taipumattoman kameravarren. Pituuksia on aina noin 20 cm kymmenien metrien kaapeleihin. Kameran tarkkuus ja kääntyvyys, dokumentoinnin mahdollisuus, virtalähde ja IP-luokitus ovat vain osa ominaisuuksista, joista laitteisto rakentuu. Edullisimmat mallit, joita myös kuluttajille myydään ihan marketeissa, ovat rakennettu edullisista komponenteista, resoluutio ei ole tarkka, kaapelin pituus noin metrin ja kamera ei käänny vaan kuvaussuunta on vain eteenpäin. Tällainen peruslaitteisto palvelee hyvin kuluttajakäyttäjää satunaisesti kotitalouden tarkastuksiin, mutta ei sovellu ammattimaiseen käyttötarkoitukseen esimerkiksi teollisuudessa.

Valmetilla tuotannossa on olemassa useita erilaisia endoskooppeja, mutta ei yhtään soveltuvaa tässä opinnäytetyössä tavoiteltuun käyttötarkoitukseen. Työssäni laadunvalvonnassa on käytettävissä useampia eteenpäin näyttäviä taipuvavartisia endoskooppeja eri pituisilla kaapeleilla, yksi, jossa kamera voidaan kääntää 90 astetta, mutta kameraa ei voi käänellä mitenkään ilman kaapelin vaurioitumista. Lisäksi käytössä on yksi jäykkävirtainen endoskooppi, jossa ei ole näyttöä, vaan laadunvalvoja näkee silmäosasta, hieman verrattavissa kiikarin silmäosaan, endoskoopin kuvaaman näyn. Tällä laitteistolla ei ole mahdollisuutta myöskään dokumentoida mitään.

#### 5.4 Laitteiston etsintä

Tarkastusvälineistön etsintä aloitettiin kartoittamalla mahdollisia laitetoimittajia. Tällaisille laitteille toimittajia Suomessa ei ole paljon, mutta muutamia mahdollisia vaihtoehtoja löytyi. Toimittajia lähestyttiin tiedustelulla, olisiko heillä mahdollisuutta toimittaa alkuperäisen ajatuksen kaltaista laitteistoa. Tarkoitus oli, että saatujen vastausten ja kontaktien kautta päästäisiin tutustumaan erilaisiin laitteistoihin ja mahdollisesti löydettäisiin myös sellaisia ominaisuuksia laitteistoon, jota ei osattu edes laitteiston vaatimuksissa ja toiveissa ajatella.

Vastauksia saatiin valitettavasti opinnäytetyön aikataulun puitteissa erittäin vähän. Herätti erityistä ihmetystä, että teollisuuden tarpeisiin olevia välineistöjä on näin vähän tarjolla Suomessa, sekä myös se, että kahdelta toimittajalta useista tiedusteluista huolimatta ei saatu koskaan mitään tarjousta. Yritys, josta yhteydenotto ja tarjous saatiin, tarjosi erittäin hyvän laitteiston, mutta laitteistoja olisi toivottu myös vertailtavan. Jotta kyettiin tekemään edes jotain vertailua tähän opinnäytetyöhön, piti laitteiston selvitystä jatkaa ulkomaalaisille nettisivustoille ja vertailla laitteistoja mahdollisuuksien mukaan netistä saatavien tietojen perusteella. Näissä ulkomaalaisten toimittajien vertailussa on tietenkin se ongelma, että toimittajasivuston luotettavuudesta pitäisi varmistua sekä epäkohdaksi muodostuu se, ettei laitteistoa pystytä testaamaan livenä, vaan on luotettava netistä löytyvään tietoon. Tieto ei kuitenkaan anna esimerkiksi kuvaa kuinka laadukkaalta tuote vaikuttaa testauksessa fyysisesti toimien.

## 6 LÖYTYNYT LAITTEISTO

### 6.1 Okulaari Oy

Okulaari Oy on Tampereella toimiva vuonna 2011 perustettu yritys, joka on keskittynyt ammattitason endoskopiaan. Yritys tarjoaa tuotteillaan apua kaikkiin teollisuuden ja muiden teknisten alojen tähytysiin, joiden avulla asiakasyritys hyötyy kunnonvalvonnassa, laadunvarmistuksessa ja nopeassa vikojen paikallistamisessa. Asiakasyritykset ovat esimerkiksi teollisuusosalta, viranomaisia, puolustus- ja turvallisuusaloja, kuntia sekä kaupungeja niin Suomessa kuin maailmanlaajuisesti. Yrityksellä on pitkä kokemus alalta sekä yhteistyötä useiden eri laitevalmistajien sekä laajan asiakaskunnan kanssa.

Yrityksen tuotevalikoimaan kuuluu muun muassa seuraavia tuotteita:

- Kameratekniikalla toteutetut videoendoskoopit
- Täysin optisesti toteutetut taipuisat fiberoskoopit
- Jäykällä sisäänvientiosalla toteutetut tähystimet ja boreskoopit
- Tarvikkeet ja apuvälineet tähytysiin (mm. ohjausputket, keskittimet, laitejalustat, kuvantallennusvälineet)

Endoskooppien työosan halkaisijat ovat jopa 0,5 mm ylöspäin, useimmiten kuitenkin 3–8 mm. Laitteiden IP-luokitus on IP67 ja endoskooppien kärkeen on saatavilla ”joystick” ohjaus. Yrityksen vahvuuksiin kuuluukin maan kattavin valikoima sekä valmius myös räätälöidä tuotteet asiakkaan toiveen mukaisesti. Lisäksi yrityksen tarjoama huolto ja ylläpito tapahtuu Suomessa, joka on merkittävä etu verrattuna kilpailijoihin, joiden huolto tapahtuu usein muualla Euroopassa. Huolto Suomessa säästää asiakkaalta merkittävästi aikaa ja tarvittava laitteisto saadaan nopeasti takaisin.

Mikäli asiakasyritys ei halua investoida välineistöön itse, tarjoaa Okulaari Oy tähystyksiä ja tarkastuksia myös palveluna, jotka he suorittavat samoilla laitteilla, joita he myös asiakkaille myyvät. Muita palveluita ovat myös laitteiden käyttökoulutukset sekä tähystysten tekemiset ja vara- sekä lainalaitteistot asiakkaille. (Okulaari, ei pvm)

### 6.2 Tarjottu laitteisto

Okulaari Oy:n kanssa yhteistyö lähti liikkeelle siitä, että yritykselle lähetettiin tiedustelu sähköpostitse välineistöstä. Yritys oli ainoa, joka otti pikaisesti yhteyttä vielä samana päivänä puhelimitse ja he kertoivat, että heillä olisi alkutietojen perusteella ajateltuna mahdollisuus tarjota laitteistoa. Tässä kohti opinnäytetyö oli vielä hyvin alkuvaiheessa, mutta oli mukava kuulla vähäisten toimittajavaihtoehtojen jälkeen, että sopiva laitteisto voisi löytyä. Okulaari Oy:n toimiessa kohtalaisen lähellä Tampereella, sovittiin seuraavaksi vaiheeksi vierailua laitteiston kanssa Rautpohjan tehtaalla ja tämä toteutui lokakuussa 2022. Tapaamisessa mukana yrityksellä oli useita erilaisia kamerajärjestelmiä, joita päästiin testaamaan rekvisiitan avulla aivan käytännössä. Tuotannossa ei ollut sillä hetkellä sellaista akselia, johon tarkastusvälineistöä olisi voitu testata, mutta sopivan kokoisella putkella saatiin kokeiltua kameralaitteistoja käytössä.

Päälaitteisto akselin keskireiän tarkastamiseen koostui näytöstä, 30 m kaapelikelasta sekä kahdesta eri kokoisesta kamerapäästä. Suurempi halkaisijaltaan 40 mm kamera olisi akselinkeskireikien tarkastamiseen soveltuvin, koska kameraa pystyy näyttölaitteesta kääntämään 360 astetta haluamallaan tavalla. Toinen halkaisijaltaan 24 mm kamerapää kuvaa vain suoraan eteenpäin, joten sillä ei ole mahdollista tarkastella koneistettua pintaa kohtisuorassa kamerapäähän. Etuviistoon kameralla katsottaessa kaikki mahdolliset etsittävät viat eivät välttämättä näy kunnolla, eikä vikojen suuruusluokkaa ole helppo hahmottaa. Kuvassa 8 näkyy näyttöpääte, kela sekä kamera asennettuna rekvisiittana olevaan putkeen.

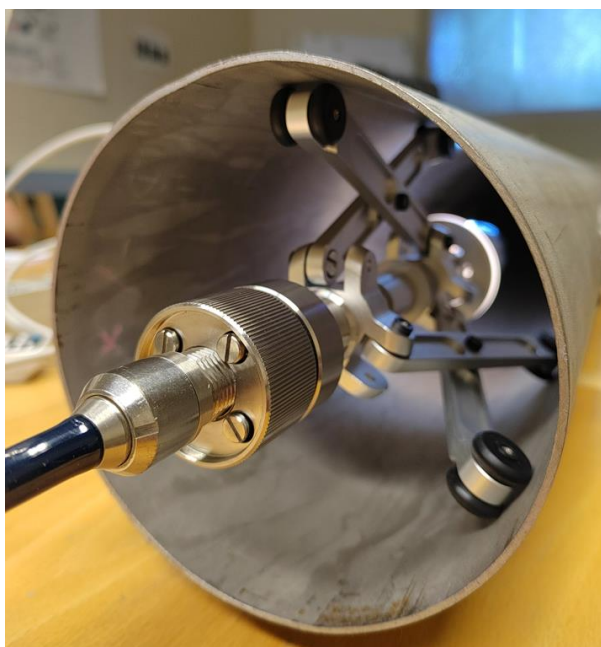


Kuva 8. Näyttöpääte, kela sekä taustalla kamera asennettuna rekvisiittaputkeen. (Kuva: Linda Iso-Ahola)

Kameralaitteiston lisäosana on mahdollisuus ostaa erikokoisia keskittämiä putkiin. Mukana esittelijällä oli keskitin 60–200 mm putkille, joka olisi akselien keskireikien tarkastukseen juuri soveltuva. Keskitin liukuu työnnettäessä kevyesti pitkin putkea eteenpäin ja sen avulla kamerapää saadaan kulkemaan koko ajan halkaisijan keskipisteessä. Tällöin kameraa pyöritettäessä ympäri putkea kohtisuorassa putken pintaa kohti on näkymä koko ajan yhtä pitkän etäisyyden päässä ja täten mahdollisesti löytyvien virheiden kokoa voidaan vertailla keskenään ja mitata. Mallikeskittämissä oli myös oma valo, joka on koko ajan päällä keskittimen ollessa käytössä. Asiakkaan harkintaan jää se, haluaako he keskittimeen valon vai ei. Kamerapäässä on oma valonsa, joka saadaan näyttöpäätteestä laitettua päälle ja pois päältä. Keskitin (kuva 9) todettiin testauksessa erittäin hyvälaatuisiksi ja helppo käyttäisiksi.

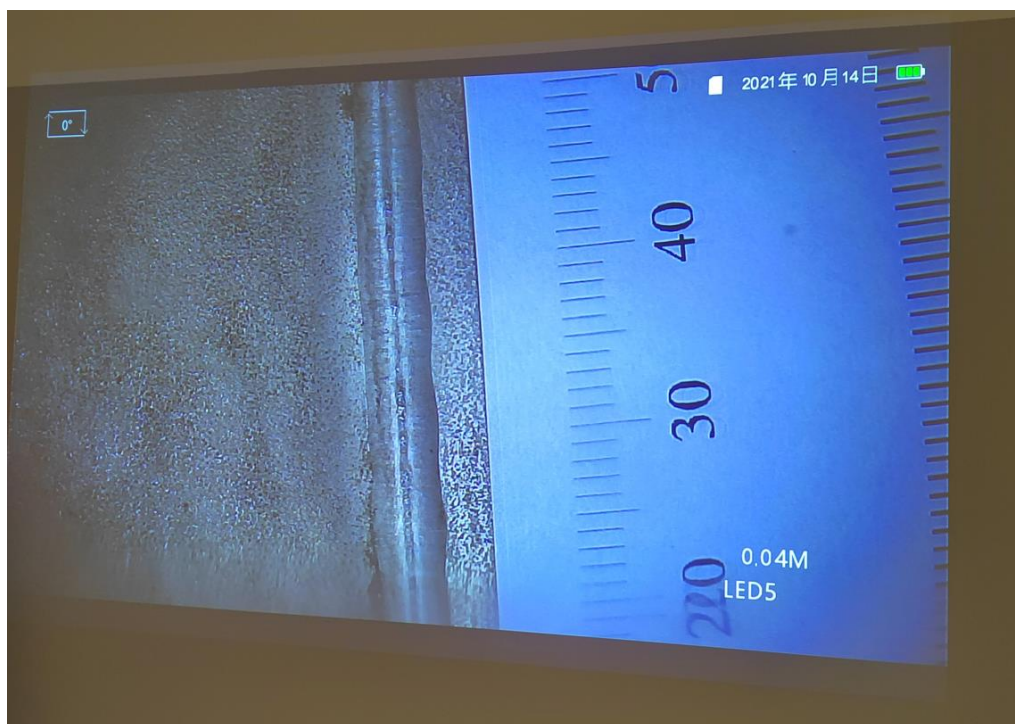


Kuva 9. 40 mm kamerapää sekä lisävaruste keskitin. (Kuva: Linda Iso-Ahola)

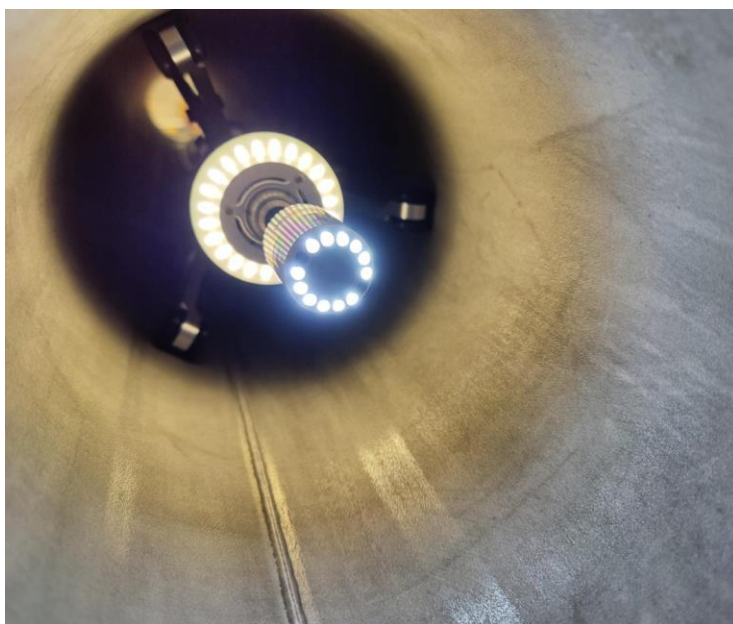


Kuva 10. Keskitin ja kamera putkessa. (Kuva: Linda Iso-Ahola)

Kameran kuvanlaatu näyttöpäätteellä oli erittäin tarkka ja koneistusvirheet olisivat tarkasti nähtävissä. Kuva heijastettiin myös HDMI-liitännän kautta projektorilla kankaalle ja kuva pysyi edelleen erittäin tarkkana. Kuvasta 11 on nähtävissä hitsisauman reunalla nähtävää pientä virhettä, joka on noin 1 mm kokoista, mutta erittäin selkeänä nähtävissä. Myös testiksi esittelytilanteessa tulostettu mittanauha näkyy äärimmäisen tarkkana. Esittelykamerassa ei ollut mitään mittaskaalaa, josta voisi suoraan katsoa löytyneen virheen, joten siihen pitäisi kehittää joku mittaskaalauksen mahdollisuus käyttöä varten.



Kuva 11. Kuvanlaatu HDMI:n kautta heijastettuna kankaalle. (Kuva: Linda Iso-Ahola)



Kuva 12. Pienempi kamerapää 24 mm keskittimen kanssa putkessa. (Kuva: Jaakko Kontio)

Edellä mainittujen osien lisäksi tarjottuun välineistöpakettiin sisältyi myös jäykkävirtinen endoskooppi, jota tuotannon puolella kutsutaan myös tikkuendoskoopiksi. Laadunvalvojilla on vanha vastaava jäykkävirtinen endoskooppi olemassa, mutta se on ilman näyttöä eli tikun toisessa päässä on silmälle niin sanottu kiikariosa, josta näkee kameran näkymän. Kyseisessä vanhassa välineessä on kääntyvä peiliosa, jolla saadaan säädettyä näkymän kulmaa 40–120 asteen välissä. Alla olevassa kuvassa 13 on nähtävillä pakettiin kuuluva jäykkävirtinen endoskooppi, jonka varren pituus on 250 mm ja halkaisija 6 mm. Kamera kuvaa joko suoraan eteenpäin tai 90 astetta sivulle. Laitteen kahvaosassa oli säädöt valon kirkkaudelle ja kameran käännölle.



Kuva 13. Jäykkävirtinen endoskooppi. (Kuva: Linda Iso-Ahola)

Jäykkävirtisen endoskoopin lisäksi pakettiin kuuluu vielä lisäksi taipuisa endoskooppi 3 metriä pitkällä työosalla, jonka halkaisijan saa asiakas valita joko 6 mm tai 8 mm paksuiseksi. Kädensija toimii myös ohjaimena ja siitä saa joystickin avulla käännettyä endoskoopin päätä. Testauksessa pään kääntely koettiin erittäin helpoksi ja laadukkaan oloiseksi. Myös kaapeli ja muut välineistön osat olivat laadukkaita ja uskottavasti kestävät aikaa ja käyttöä.

Yrityksen tarjoamat huolto- ja korjauspalvelut Suomessa, ammattitaito laitteisiin sekä käyttö yrityksen suorittamiin asiakastöihin luo vahvaa luottoa laitteeseen. Oli avun tarve sitten korjaukseen tai käyttötukeen liittyen, apu on nopeasti saatavilla läheltä.

### 6.3 Olympus

Olympus on maailmanlaajuisesti tunnettu yli 100-vuotias yritys, jolla on yli 31000 työntekijää. Heidän yksityisihmisille tunnetuimpia tuotteita ovat kameratuotteet, mutta tuotevalikoima on erittäin laaja yritysmaailmaan käsittäen laitteistoja lääketieteellisuuteen, tieteenalalle sekä teollisuuteen. (Olympus, ei pvm)

Iplex GAir- laitteisto on videoendoskooppi, johon asiakas voi valita kaapelin 20 metrin tai 30metrin pituudella. Endoskoopin ohjattavuuteen putkistossa on sivuston mukaan panostettu paljon ja pyörillä kulkeva laitteisto on helppo kuljettaa mukana. Laitteistolla onnistuu haastavienkin putkistojen tarkastukset myös öljyisissä paikoissa ja valaistus säätyy automaattisesti kohteeseen sopivaksi. Laitteiston erikoisuuteena on etäkäyttömahdollisuus, jonka avulla laitteistoa voidaan ohjata

kaukosäätimellä jopa 100 metrin päässä ja hyviin ominaisuuksiin sisältyy myös langattoman kuvien jaon mahdollisuus. (Olympus, ei pvm)

Toimittajan maineen sekä laitteiston hyvien ominaisuuksien takia tästä olisi toivottu saavan tarjouksen. Valitettavasti opinnäytetyön aikataulun puitteissa tarjousta ei saatu.



Kuva 14. Iplex GAIr. (Olympus)

#### 6.4 Expondo

Expondo on ulkomaalainen nettimyymälä erilaisille laitteistoille, joka on perustettu 2007. Perustamisvuoden jälkeen yritys on kasvanut valtavasti, ja mainostaa myyvänsä ammattitason laitteistoja ravintoloihin ja teollisuuteen.

Heidän sivustoltaan löytyi laitteisto, jota verrataan tässä opinnäytetyössä. Laitteiston valmistaja on Steinberg Systems, ja endoskoopilla on paljon hyviä ominaisuuksia, mutta kameran kääntyminen on opinnäytetyössä haettuun tarkoitukseen liian rajoittunut. Tässä laitteistossa kuvaresoluutio olisi ollut toiseksi paras Okulaarin laitteiston jälkeen, jopa parempi kuin Olympuksen laitteistossa. (Expondo, ei pvm)



Kuva 15. Expondon laitteisto. (Expondo)

## 6.5 RS Online

Yritys on ulkomaalainen tekniikan verkkokauppa, joka ei yrityksen toimittajavaihtoehtona ole mahdollisesti kaikista luotettavin. Tähän opinnäytetyöhön otettiin kuitenkin vielä heidän sivuiltaan laitteisto verrattavaksi, jotta saatiin vertailua hieman tehtyä.

Laitteiston resoluutio olisi Olympuksen laitteiston kanssa näistä neljästä vaihtoehdosta huonoin. Mikään muukaan ominaisuus ei laitteistoa nostaisi toisten vaihtoehtojen yli, mutta hinta oli edullisin. Kriittinen ominaisuus kameran kääntyvyys ei ole halutun mukainen, joten tämä vaihtoehto suljettiin pian pois vaihtoehdoista.



Kuva 16. RS Online laitteisto. (RS Online)

	Okulaari Oy	Olympus	Expondo	RS Online
Laitteiston nimi	PTZ41 Putkistokamera/Endoskooppi	IPLEX Gair	Endoskooppi - 60 m - 6 LED - 9" TFT- värinäyttö	PipeControl LevelFlex set
Kameran resoluutio	1280x720	640x480	960x540	640x480
Kaapelin pituus	30m	20m	60m	30m
Kääntyvä kamerapää	360 astetta	90 astetta	90 astetta	90 astetta
Kuvien tallentaminen mahdollista	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä
Videointimahdollisuus	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä
Siirreltävä/ mukaan otettava	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä
Halkaisijalle	60mm -		50mm -	40mm -
Myynti Suomessa	Kyllä	Ei	Ei	Ei
Huolto Suomessa	Kyllä	Ei	Ei	Ei
IP-luokitus	IP67		IP68	IP68
Lisäosat	4kpl	Ei	0kpl	0kpl
Hinta (ilman alv)	€€€€	?	€€€	€€

Kuva 17. Laitteistoverailu. (Kuva: Linda Iso-Ahola)

Yllä olevaan taulukkoon on kerätty neljän eri laitteiston ominaisuuksia vertailuun. Kaikkia tietoja ei välttämättä saatu selville, mutta kuitenkin riittävästi, jotta vertailu pystyttiin tekemään. Suuri pettymys oli Olympuksen tarjouksen puute, koska heidän laitteistonsa hinta olisi kiinnostanut erityisesti. Laitteistossa oli joitain puutteita Okulaarin laitteistoon verrattuna, mutta yrityksen maineen perusteella voisi olettaa, että laitteisto on erittäin laadukas. Opinnäytetyöhön julkaistavasta taulukosta on rajattu hintatiedot pois näkyvistä, jotta lopulliset hinnat jäivät vain asianomaisten tietoon.

## 7 JOHTOPÄÄTÖKSET

### 7.1 Lopputulos

Laitteiston vertailussa selkeästi parhaaksi laitteistoksi valikoitui Okulaari Oy:n tarjoama laitteisto. Kun laitteistoa päästiin kokeilemaan useamman ammattilaisen voimin, todettiin yksimielisesti, että kyseinen nykyaikainen laitteisto olisi erittäin sovelias tässä opinnäytetyössä etsittyyn käyttötarkoitukseen ja vertailu vahvisti laitteessa olevan hyvät ominaisuudet verraten kilpaileviin laitteistoihin. Vertailukohdissa ei ollut mukana akun kestoa, mutta myös se oli Okulaari Oy:n laitteistossa kiistatta kaikista paras. Tämä helpottaa valtavasti, tehtiin tarkastus sitten yrityksen omissa tuotantotiloissa tai esimerkiksi matkalla asiakkaan tiloissa.

Oli harmillista, ettei Suomesta saatu muita tarjouksia tämän työn puitteissa. Ulkomaalaisten toimittajien vertailu on netin kautta haastavaa, ja siinä joutuu vertailemaan ainoastaan ilmoitettuja tietoja ja kuvien antamaan informaatiota. Tämän kaltaisissa laitteissa myös testaustuntuma laitteesta on kriittinen kertomaan millainen laite olisi käytössä. Vaikka liveinä päästiin testaamaan vain yhtä laitteistoa, opinnäytetyön ja laitteiston etsinnän kannalta lopputulos oli kuitenkin hyvä, koska vertailutiedoiltaan kyseinen laitteisto oli kärkeä, ja vielä käytössä todettiin hyväksi. Lopputulokseen voi siis kuitenkin olla erityisen tyytyväinen. Opinnäytetyölle osoitetut tavoitteet täyttyivät ja laitteisto ylitti odotuksen tarjoten mahdollisuuden ennalta odottamattomiin muutosten mahdollisuuksiin.

Valitulla laitteistolla tarkastusvaiheiden suorittaminen muuttuisi yksikertaisemmaksi tuoden tehokkuutta ja ajan säästöä yritykselle. Ergonomiaan kyseinen laitteisto toisi ehdottoman parannuksen, sekä samoin myös työturvallisuuteen. Näiden molempien ominaisuuksien paraneminen tuo myös työtä suorittavalle työntekijälle merkittävästi lisää mielekkyyttä työn tekemiseen. Tällaisten ominaisuuksien vaikutusta työn tekemiseen ei pidä missään nimessä väheksyä, vaan ne ovat suuressa roolissa, kun laitteiston käyttö on toistuvaa. Ammattitason tehtävissä kuuluu olla ammattitason laitteistot, jotta työ pysyy laadukkaana.

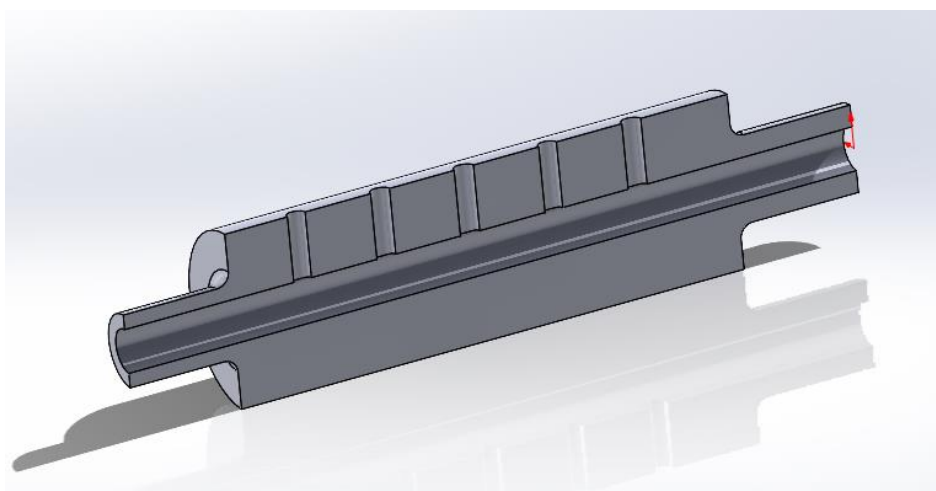
Todettiin, että laitteisto oli monipuolisin monien eri lisäosien takia, mutta myös erittäin laadukkaan oloinen sekä helposti ja nopeasti korjattavissa lähellä Jyväskylää, Tampereella. Laitteiston käyttö oli helppoa ja nopeasti opittavaa, sekä kameran tarkkuus erinomainen. Fyysinen testaus oli ehdoton valtti myyvältä yritykseltä. Yritys tarjoaisi mahdollisen laitteistohankinnan yhteydessä koulutuksen laitteiston käyttöön sekä kauppaan sisältyvät tulevaisuuden laitteistopäivitykset.

Yhteistuumin testaustiimin kanssa todettiin, että tällaiselle laitteistolle on tuotannon laadunvalvonnassa kova tarve, eikä tarpeen laajuutta osattu edes hahmottaa ennen kuin pääsimme tutustumaan, millaisia laitteistoja on nykyään tarjolla. Laitteistot ovat kehittyneet viime vuosina niin kovaa vauhtia, että yrityksessä olemassa olevat endoskoopit ovat tasoltaan hyvin kaukana tästä tarjotusta laitteistosta.

Opinnäytetyön päätteeksi löydetty laitteisto esitellään yrityksessä ja yrityksen päätökseksi jää mahdollinen laitteistoinvestointi.

## 7.2 Laitteiston tuomat kehityskohteet tarkastusvaiheisiin

Okulaari Oy:n laitteiston testaamisen jälkeen huomattiin, että laitteistolla pystyttäisiin tekemään sellaisia tarkastuksia tuotannossa, johon ei tähän mennessä ole ollut välineistöä käytettävissä. Yksi tarkastusvaiheista, jonka toteuttamista voitaisiin laitteistolla muuttaa yksikertaisemmaksi, tehokkaammaksi ja tarkemmaksi on akselin pystypuhkaisujen jäysteiden tarkastus pitkittäisporaukseen. Aiemmin tarkastus on täytynyt suorittaa jäykkävartisella endoskoopilla tähystäen puhkaisujen reunat jäysteiden varalta. Pystypuhkaisuja on telasta riippuen jopa useita kymmeniä, joten endoskooppi pitää nostaa, laskea sekä kohdentaa jokaiseen puhkaisuun erikseen. Tällä tarjotulla laitteistolla voitaisiin tarkastus tehdä pitkittäisporauksen suunnassa niin sanotusti kertaistumalta kulkien koko telan mitan kameralla. Jäykkävartisen endoskoopin asettaminen jokaiseen puhkaisuun kerrallaan ja tähystäen silmä kiinni endoskoopissa on akselin koosta sekä asennosta riippuen hyvinkin haastava asento suorittaa ergonomisesti, joten tarkastusmetodin muutos olisi laadunvalvojen mielestä erittäin mieleinen kehitys.



Kuva 18. Karkea hahmotelma kuva akselin keskireiästä ja pystypuhkaisuista. (Kuva: Linda Iso-Ahola)

Myös merkittävän uuden avun tarkastuksiin kyseinen laitteisto toisi akselin keskireikiin tulevien profiiliputkien kanssa. Profiiliputkistot ovat lohkoittain hitsattu putkisto, jossa pituussuunnassa menee useampi oma lohko. Joskus koeponnistusvaiheessa tai telan koekäytössä huomataan putkistossa olevan pieni vuoto, ja tähän mennessä ei olla päästy millään välineistöllä tarkastelemaan vuodon sijaintia ja korjaaminen on ollut haastavaa sekä aikaa vievää.

## 8 TULEVAISUUDEN NÄKYMÄT

Vaikka opinnäytetyön tavoite täyttyi, olisi tämän opinnäytetyön aihetta mahdollista jatkaa ja kehittää edelleen. Nyt voitiin todeta kameratekniikan kehittyneen muutamassa vuodessa niin valtavasti yrityksen edellisten endoskooppihankintojen jälkeen, että olisi erittäin mielenkiintoista katsoa muutaman vuoden päästä uudelleen, millaisia laitteistoja olisi tarjolla. Tulevaisuudessa teknologian edelleen kehittyessä toiveissa olisi myös kamerajärjestelmiin saada niin sanottu konenäköominaisuus. Sen avulla kappaleiden virheitä, esimerkiksi huokosia kyettäisiin havaitsemaan kameran kuvatessa kappaleen pintaa ja samalla järjestelmä piirtäisi havaituista huokosista huokoskartan. Tällä hetkellä vielä huokoskartta on manuaalisesti laadittava. Ensin vaippa tarkastetaan silmämääräisesti konttaamalla läpi ja havaitut viat merkataan käsin. Sen jälkeen löydöksistä tehdään yrityksen omaan pöytäkirjapohjaan raportti. Konenäköjärjestelmä huokosen havainnoinnin lisäksi tunnistaisi huokosen koon, ja kykenisi erottelemaan merkattavat liian suuret huokokset ja jättämään huomiotta pienet huokokset, joita ei tarvitse korjata.

Tällainen konenäköjärjestelmä ei kuitenkaan ole vielä opinnäytetyön aikarajoissa ratkaistavissa, koska asiaa on jo selvitelty yrityksen toimesta, mutta asiassa on noin vuodessa päästy vasta hieman alkuun. Järjestelmien koko ajan kehittyessä uskon kuitenkin, että tähän asiaan tullaan saamaan apua tulevaisuudessa, joten kuka tietää, löytääkö tulevaisuudessa joku toinen valmistuva insinööri tästä mielenkiintoisen aiheen.

## LÄHTEET

- Expondo. (ei pvm). *History*. Haettu 15. 11. 2022 osoitteesta <https://corporate.expondo.com/history/>
- Expondo. (ei pvm). *Kuva Expondo Endoskooppi - 60 m - 6 LED - 9" TFT-värinäyttö*. Haettu 15. 11. 2022 osoitteesta Expondo: [https://www.expondo.fi/steinberg-systems-endoskooppi-60-m-6-led-9-tft-vaerinaeyttoe-10030903?\\_gl=1\\*146dkwk\\*\\_up\\*mq..&gclid=EAIaIQobChMIhO7v3vrm-gIVA3YYCh16uAwAEAQYBSABEgLH6\\_D\\_BwE&gclsrc=aw.ds](https://www.expondo.fi/steinberg-systems-endoskooppi-60-m-6-led-9-tft-vaerinaeyttoe-10030903?_gl=1*146dkwk*_up*mq..&gclid=EAIaIQobChMIhO7v3vrm-gIVA3YYCh16uAwAEAQYBSABEgLH6_D_BwE&gclsrc=aw.ds)
- Finlex. (23. 8. 2002). *Työturvallisuuslaki*. Haettu 20. 10. 2022 osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2002/20020738>
- Kiwa Inspecta. (ei pvm). *NDT-tarkastus eli rikkomaton aineenkoetus*. Haettu 29. 10. 2022 osoitteesta <https://www.kiwa.com/fi/fi/palvelumme2/ndt-tarkastus-ja-teknologiapalvelut/ndt-tarkastus-eli-rikkomaton-aineenkoetus-ndt-non-destructive-testing/>
- Mannila, R. (2016). *Hydraulisesti taipumakompensoidun telan on site -huollon tuotteistus ja kehitys*. Haettu 10. 10. 2022 osoitteesta Theseus: [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/131253/Mannila\\_Roope.pdf;jsessionid=D92376D59ADDFBAB68758EC0CC91F342?sequence=1](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/131253/Mannila_Roope.pdf;jsessionid=D92376D59ADDFBAB68758EC0CC91F342?sequence=1)
- Okulaari. (ei pvm). *Okulaari*. Haettu 4. 11. 2022 osoitteesta <https://okulaari.fi/>
- Olympus. (ei pvm). *Company Profile*. Haettu 10. 11. 2022 osoitteesta <https://www.olympus.fi/company/en/about-olympus/company-profile/>
- Olympus. (ei pvm). *IPLEX GAir*. Haettu 15. 11. 2022 osoitteesta Olympus Videoscopes and Borescopes: <https://www.olympus-ims.com/en/rvi-products/ipler-gair/>
- Olympus. (ei pvm). *Kuva Olumpus IPLEX GAir*. Haettu 15. 11. 2022 osoitteesta Olympus: <https://www.olympus-ims.com/en/rvi-products/ipler-gair/>
- Purra, R. (2021). *NDT tarkastus - Pintatarkastukset konepajassa*. Haettu 28. 10. 2022 osoitteesta Theseus: ([https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/703052/Purra\\_Riku.pdf?sequence=2](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/703052/Purra_Riku.pdf?sequence=2))
- RS Online. (ei pvm). *Kuva RS Online PipeControl - LevelFlex set*. Haettu 15. 11. 2022 osoitteesta <https://docs.rs-online.com/3c79/0900766b815ec2de.pdf>
- Science Laboratory & Certification. (ei pvm). *Kuva Sciencestä*. Haettu 20. 10. 2022 osoitteesta Science Laboratory & Certification: <https://www.denetim.com/fi/muayene/tahribatsiz-muayene/gorsel-muayene/>
- Science. (ei pvm). *Tarkastuspalvelut- Visuaalinen tarkastus*. Haettu 29. 9. 2022 osoitteesta Tarkastuspalvelut- Visuaalinen tarkastus: [https://www.gozetim.com/fi/muayene/tahribatsiz/gorsel-muayene-\(vt\)/](https://www.gozetim.com/fi/muayene/tahribatsiz/gorsel-muayene-(vt)/)
- Suomen Standardisoimisliitto SFS. (26. 2. 2016). *SFS-EN 13018*. Haettu 11.5 2022 osoitteesta <https://sales.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CEN/ID2/1/404488.html.stx>

- Työturvallisuuskeskus. (ei pvm). *Turvallinen ja terveellinen työ*. Haettu 21. 10. 2022 osoitteesta <https://ttk.fi/tyoturvallisuus/>
- Valmet Technologies. (ei pvm). *Kestävä kehitys Valmetissa*. Haettu 16. 9. 2022 osoitteesta Kestävä kehitys Valmetissa: <https://www.valmet.com/fi/valmet-yrityksena/kestava-kehitys/kestava-kehitys-valmetissa/>
- Valmet Technologies. (ei pvm). *Liiketoiminnat - Virtauksensäätö*. Haettu 16. 9. 2022 osoitteesta Liiketoiminnat - Virtauksensäätö: <https://www.valmet.com/fi/valmet-yrityksena/valmet-lyhyesti/liiketoiminnat/virtauksensaato/>
- Valmet Technologies. (ei pvm). *Valmet lyhyesti*. Haettu 16. 9. 2022 osoitteesta Valmet lyhyesti: <https://www.valmet.com/fi/valmet-yrityksena/valmet-lyhyesti/>
- Valmet Technologies. (ei pvm). *Valmet lyhyesti - automaatio*. Haettu 16. 9. 2022 osoitteesta Valmet lyhyesti - automaatio: <https://www.valmet.com/fi/valmet-yrityksena/valmet-lyhyesti/automaatio/>
- Valmet Technologies. (ei pvm). *Valmet lyhyesti - palvelut*. Haettu 16. 9. 2022 osoitteesta Valmet lyhyesti - palvelut: <https://www.valmet.com/fi/valmet-yrityksena/valmet-lyhyesti/palvelut/>
- Valmet Technologies. (ei pvm). *Valmet lyhyesti - Paperit*. Haettu 16. 9. 2022 osoitteesta Valmet lyhyesti - Paperit: <https://www.valmet.com/fi/valmet-yrityksena/valmet-lyhyesti/paperit/>
- Valmet Technologies. (ei pvm). *Valmet lyhyesti - Sellu ja energia*. Haettu 16. 9. 2022 osoitteesta Valmet lyhyesti - Sellu ja energia: <https://www.valmet.com/fi/valmet-yrityksena/valmet-lyhyesti/sellu-ja-energia/>

## LIITE 1: TARJOUS OKULAARI OY



Okulaari NY Oy  
Ristinarkunle 2 C  
FI - 33560 TAMPERE  
www.okulaari.fi  
info@okulaari.fi  
040 6707270

Valmet Jyväskylä

Tarjous

Linda Iso-Ahola

16.10.2022

### 1.1 PTZ41 Putkistokamera/Endoskooppi

Monipuolinen kokoonpano tarkastuskameroita:

- **Putkistokamera** (pituus 30m) kahdella erilaisella kamerapäällä:
  - Pieni kamerapää, ulkohalkaisija 24 mm.
    - resoluutio 1280\*720.
    - kiinteä tarkennus 25...∞.
    - kotelointiluokitus IP67.
  - Suuri kamerapää, ulkohalkaisija 40 mm.
    - resoluutio 1280\*720.
    - Kapselin sisällä oleva kamera on käännettävissä tähyttämään myös sivusuunnat.
    - manuaalinen tarkennus.
    - kamerakapselissa vaihdettava suojakupu.
    - kotelointiluokitus IP67.
- **Taipuisa endoskooppi.**
  - työpituus 3m, ulkohalkaisija 6mm / 8mm (valinnan mukaan).
  - kärjen joystick ohjaus neljään suuntaan (noin 120°).
  - näkökentän leveys 90°, tarkennus 15mm...∞.
  - resoluutio 1280\*720.
  - sisäänvientiosan ulkovaipan punos volframiaseosta.
  - kotelointiluokitus IP64
- **Jäykkä endoskooppi**
  - työpituus 25cm, ulkohalkaisija 6mm.
  - kärjessä kaksi erillistä kameraa; toisen tähytys-suunta suoraan eteenpäin, toisen kohtisuoraan sivulle.
  - näkökentän leveys noin 90°, tarkennus 8mm...80mm.
  - kotelointiluokitus IP64.
- **Yhteinen käyttöliittymä** kaikille em. kameroille
  - 7" näyttö
  - kuvien ja videoklippien tallennus SD muistikortille
  - Akku, toiminta-aika yhdellä latauksella n. 4h

Hinta: € (alv 0%)





Okulaari NY Oy  
Ristnarkunaukio 2 C  
FI - 33560 Tampere  
www.okulaari.fi  
info@okulaari.fi  
040 6707270

### 1.2 Keskitin 60-200 mm putkille

Hinta € (alv 0%)

