



**SAVONIA**

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO  
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

# MAALATTUJEN TUOTTEIDEN PINTA-ALAN SELVITYS

TE - Tuomas Manninen  
KIJÄ/T:

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma			
Työn tekijä(t) Tuomas Manninen			
Työn nimi Maalattujen tuotteiden pinta-alan selvitys			
Päiväys	19.5.2017	Sivumäärä/Liitteet	23
Ohjaaja(t) Lehtori Pertti Varis			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Casemet Oy			
Tiivistelmä			
<p>Työn tavoitteena oli löytää keino, jolla maalattujen sähkökaappien osien pinta-alat saadaan selville reaaliajassa ja tämän tiedon liittäminen Arrow-tuotannonseurausjärjestelmään. Opinnäytetyö tehtiin Mikkelissä sijaitsevalle Casemet Oy:lle, joka valmistaa erialisia teräskoteloita asiakkaan toiveiden mukaisesti. Nykyinen tuotantojärjestelmä ei mittaa linjasta kuin sen minkä ajan linja on toiminnassa. Tämän vuoksi se ei ota kantaa pyöriikö linja tyhjänä, vai onko tavaraa maalattavana. Yrityksessä oli käynnissä muitakin kehitystoimenpiteitä, kuten uuden tuotannonohjausjärjestelmän käyttöönotto.</p> <p>Opinnäytetyössä tutustuttiin erialisiin vaihtoehtoihin, joilla kappaleiden pinta-alaa voitaisiin mitata. Useiden eri vertailujen pohjalta valittiin kolme parasta, joista valittiin paras, valoverho. Tärkeimmät valintakriteerit olivat hinta ja asennukseen kuluva aika. Valoverho on myös nopea asentaa, siihen kuluu kaikenkaikkiaan noin 10 tuntia, tällöin yritykselle ei synny suuria tappioita kun tuotantolinja seisoo.</p> <p>Työssä hyödynnettiin internetistä saatuja tietoja sekä yrityksen työntekijöiden tietoja. Työ onnistui hyvin ja hankittavan valoverhon neuvottelut ovat käynnistymässä.</p>			
Avainsanat			
Tuotannonohjaus, 3D-skanneri, valoverho, tuotantolinja			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Mechanical Engineering			
Author(s) Tuomas Manninen			
Title of Thesis Clarification of painted products surface			
Date	May 19, 2017	Pages/Appendices	23
Supervisor(s) Mr. Pertti Varis, Senior Lecturer			
Client Organisation /Partners Casemet Oy			
<p>Abstract</p> <p>The aim of this final project was to find a way how the surface area of painted products can be calculated in real time and how this information can be integrated to a corollary production system called Arrow. The current production system only measures the time that the line is running. For this reason it does not tell whether the line is empty or if there are items being painted. The project was commissioned by the company Casemet Oy in Mikkeli, which manufactures different steel casings that meet the customer's requirements. The company was also developing other things like introduction of new production management system.</p> <p>Different ways of measuring the surface of products were studied. Based on several peer reviews three best ways were selected and the best one of them, a light curtain, was selected. The main criteria were price and installation time. It was also found out, that the light curtain is fast to install which makes downtime shorter. Information was gathered from the employees of the company.</p> <p>As a result of this final project it was decided that the company will acquire a second hand light curtain.</p>			
Keywords			
Production management, 3D-scanner, light curtain, production line			

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO .....	5
2	CASEMET OY .....	6
2.1	Konekanta .....	6
2.2	Tuotteet .....	6
2.3	Asiakaslähtöinen palvelu .....	10
3	TUOTANNONOHJAUS .....	11
3.1	Tuotannon ohjattavuus .....	11
3.2	Tuotantotavat .....	11
3.3	Valmistusjärjestelmä .....	12
3.4	Tuotannonohjausjärjestelmä (ERP) .....	14
4	3D-SKANNERI .....	15
4.1	3D-skannauksen menetelmät .....	15
4.2	Skannereiden perusmallit .....	16
5	VALOVERHO .....	17
5.1	SKS-Groupin valoverho .....	17
5.2	Sarlin valoverho .....	18
5.3	Telcon valoverho .....	19
6	TOTEUTUS .....	20
6.1	Nykyinen tuotantolinja .....	20
6.2	Vaihtoehdot .....	20
6.3	Päätös .....	21
7	YHTEENVETO .....	22
8	LÄHTEET .....	23

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tavoitteena on löytää keino maalattujen tuotteiden pinta-alan selvittämiseen reaaliajassa. Yrityksessä oli käynnissä muitakin kehitystoimenpiteitä, kuten uuden ERP-järjestelmän käyttöönoton viimeistely, joten tuotantolinjan päivittäminen sopi hyvin tähän ajankohtaan. Tämä opinnäytetyö tehdään mikkeliiläiselle Casemet Oy:lle. Työn idea tuli Casemet Oy:n tekniseltä päälliköltä, Timo Partilta. Ongelmana oli, että nykyinen järjestelmä ei kyennyt mittaamaan maalattujen tuotteiden pinta-alaa ja näin ollen näytti virheellistä dataa tuotannonseurantajärjestelmässä. Työssä tähän ongelmaan on löydetty useita eri ratkaisuja, joista paras otetaan käyttöön yrityksessä.

Tähän asti yrityksessä linjassa oleva sähkökaappi kerää tietoa siitä, tuotantolinja on käynnissä ja liittää sen Arrow-tuotannonseurausjärjestelmään. Rata voi pyöriä lyhyitä aikoja tyhjänäkin esimerkiksi panostuksen aikana, tämän vuoksi Arrowiin tuleva data voi olla virheellistä.

Kun laitteet kehittyvät, täytyy myös tuotannon kehittyä. Tuotanto toimii mainiosti, mutta uusien laitteiden myötä sitä voidaan tehostaa ja tuotannonseurantaa parantaa. Uuden valvontasysteemin ansiosta saadaan tarkempaa dataa maalatuista tuotteista ja minkä ansiosta tuotannonseurantajärjestelmä näyttää datan oikein.

Yrityksessä olleiden muutosten myötä projektin ajankohta oli hyvä. Yrityksessä ei ollut ennestään käytössä vastaavanlaista laitetta, joten projektista ei ollut mitään ennakko-tietoa. Tämä oli hyvä, sillä työ oli mahdollista tehdä ilman ennakko-odotuksia. Tuotannonseurantajärjestelmästä ei ennestään ollut kokemusta, joten se piti ottaa haltuun yrityksessä sitä käyttämällä, sekä tutustumalla tuotannonseurantajärjestelmän valmistajan kotisivuihin sekä ottamalla heihin yhteyttä sähköpostitse.

Oman haasteensa projektiin toi tarvittava koodaustaito. Tähän piti saada ulkopuolista apua, sillä kyseistä koodikieltä ei olisi kerennyt oppimaan niin lyhyessä ajassa.

## 2 CASEMET OY

Casemet Oy on suomalainen perheyhtiö, jonka päätuotteita ovat teräskoteloratkaisut. Casemet perustettiin maaliskuussa 2016 entisen Ensto Oy:n tiloihin Mikkelissä. Casemet on Enston alihankkija koteloratkaisuissa. Ensto Oy rakentaa sähkökaappeja Casemetin koteloihin, joten Ensto on Casemetin suurin asiakas. Casemetin toiminnan perustana on asiakaslähtöinen palvelu ja laadukkaat tuotteet. Yrityksen johto on vastuussa laadun- ja ympäristönhallintajärjestelmien mukaisesta toiminnasta ja kehityksestä. Casemet kehittääkin jatkuvasti toimintaansa jotta päästöt, raaka-aineiden hukka ja energian käyttö olisivat tulevaisuudessa vähäisempää. Loppu vuodesta 2016 Casemet sai Cubo E - ja F-sarjoille DNV-GL sertifikaatin.

(Casemet Oy, 2016)

### 2.1 Konekanta

Yrityksessä on käytössä kaksi NC-ohjattua levyleikkauskeskusta, kaksi särmäyskonetta, hitsauslaitteita, maalauslinja sekä käsityökalut. Kaikki työvaiheet levyntyöstö, särmäys, hitsaus, esikäsittely, maalaus, tiivistys ja loppukokoonpano tapahtuvat samassa tehtaassa.

### 2.2 Tuotteet

Cubo F -riviliitinkotelot, AISI 304

Casemet Cubo F -sarjaan kuuluu ruostumattomasta teräksestä valmistetut riviliitinkotelot, joissa on sileät sivut. Riviliitinkoteloiden on vakiona rei'itetty tuki asennuslevylle tai DIN-kiskolle (kuva 1).

(Casemet Oy, 2016)



KUVA 1. Cubo F -riviliitinkotelot, AISI 304, (Casemet Oy, 2016)

Cubo F -riviliitinkotelot, polyesterimaalattu teräs (RAL7035)

Casemet Cubo F -sarjaan kuuluu ruostumattomasta teräksestä valmistetut riviliitinkotelot, joissa on sileät sivut. Riviliitinkoteloiden vakiona on rei'itetty tuki asennuslevylle tai DIN-kiskolle (kuva 2). (Casemet Oy, 2016)



KUVA 2. Cubo F -riviliitinkotelot, polyesterimaalattu, (Casemet Oy, 2016)

Cubo F -riviliitinkotelot, AISI 316L

Casemet Cubo F -sarjaan kuuluu ruostumattomasta teräksestä valmistetut riviliitinkotelot, joissa on sileät sivut. Riviliitinkoteloiden vakiona on rei'itetty tuki asennuslevylle tai DIN-kiskolle (kuva 3). (Casemet Oy, 2016)



KUVA 3. Cubo F- riviliitinkotelot, AISI 316L, (Casemet Oy, 2016)

### Cubo EO -seinäkaapit

Casemet Cubo EO -seinäkaapit on valmistettu polyesterimaalattusta teräksestä. Kaapeissa on laippa-aihiot neljällä sivulla. Tuotepakettiin kuuluu asennuslevy (kuva 4). (Casemet Oy, 2016)



KUVA 4. Cubo EO -seinäkaapit, (Casemet Oy, 2016)

### Cubo E -seinäkaapit, AISI 316L

Ruostumattomasta teräksestä (AISI 316L) valmistetut Casemet Cubo E -kaapit ovat sileäsivuisia. Tuotepakettiin kuuluu asennuslevy ja DIN 3 -avain (kuva 5). (Casemet Oy, 2016)



KUVA 5. Cubo E- seinäkaapit, AISI 316L, (Casemet Oy, 2016)



Cubo E -seinäkaapit, AISI 304

Ruostumattomasta teräksestä (AISI 304) valmistetut Casemet Cubo E -kaapit ovat sileäsivuisia.

Tuotepakettiin kuuluu asennuslevy ja DIN 3 -avain (kuva 6). (Casemet Oy, 2016)



KUVA 6. Cubo E -seinäkaapit, AISI 304, (Casemet Oy, 2016)

Cubo E -seinäkaapit, polyesterimaalattu teräs (RAL7035)

Polyesterimaalattusta teräksestä valmistetuissa Casemet Cubo E -seinäkaapeissa on laippa-aukot.

Tuotepakettiin kuuluu asennuslevy, laippa-aukon peitelevy ja DIN 3 -avain (kuva 7). (Casemet Oy, 2016)



KUVA 7. Cubo E -seinäkaappi, polyesterimaalattu, (Casemet Oy, 2016)

### 2.3 Asiakaslähtöinen palvelu

Casemet valmistaa teräskoteloita pääasiassa räätälöitynä asiakkaiden tarpeisiin sopiviksi. Asiakas lähettää raa'an version haluamastaan kaapista Casemetin suunnitteluosastolle ja joka tekee siitä 3D-kuvan. Tämän jälkeen tuotanto tekee kaapista prototyypin, joka tämän jälkeen testataan asiakkaiden vaatimuksia täyttäväksi. Casemetillä on myös jonkin verran katalogituotteita, joita voidaan asiakkaan mukaan räätälöidä.

Tuotanto ja suunnitteluosasto tekevät tiivistä yhteistyötä pyrkiessään täyttämään asiakkaan toiveet niin kaapin ominaisuuksien kuin sen käytettävyyden kannalta. Casemetin tuotanto on todella ammattitaitoista henkilökuntaa, joka huomaa, jos jotain kaappia ei ole mahdollista valmistaa niin kuin suunnitteluosasto on sen piirtänyt tai asiakas on sen halunnut tehtäväksi.

Logistiikka ja tuotanto tekevät myös tiivistä yhteistyötä lähinnä toimitusaikojen vuoksi. Logistiikka vastaa lähetyksistä, jotka se kokoaa joka päivä vaihtuvan listan mukaan. Se myös huolehtii tulevista lähetyksistä ja hoitaa tavarat niille kuuluville paikoille. Kuvassa 8 on esitelty Casemetin tuotantoa.



Kuva 8. Casemetin tuotanto työssään

### 3 TUOTANNONOHJAUS

Tuotannonohjauksella pyritään ohjaamaan tuotantoa, jotta yritys pystyisi vastaamaan tilattuihin tuotteisiin tinkimättä laadusta, määrästä ja toimitusajasta. Tuotannonohjaukseen kuuluu olennaisesti tuotantotavat, tuotannonseuranta, tuotannonohjausjärjestelmä, tuotannon ajoittaminen, varastojen hallinta ja tuotantokapasiteetin tehokas hyödyntäminen. Tuotannonohjauksella toteutetaan yrityksen tuotantostrategiaa. (Varis, 2016)

Tuotannonohjauksen tärkein alue on tuotannontekijät, jotka perinteisesti jaotellaan valmistusresursseihin (koneet, laitteet ja työntekijät), pääomaan (vieras pääoma, omarahoitus, sitoutunut pääoma ja tieto) ja materiaaliresursseihin (materiaalit, puolivalmisteet, -kokoontuotokset, komponentit ja fyysiset resurssit kuten vesi ja energia). (Varis, 2016)

#### 3.1 Tuotannon ohjattavuus

Tuotannon ohjattavuus tarkoittaa tuotantojärjestelmän kykyä saavuttaa sille asetetut tavoitteet. Tuotannon ohjattavuuteen vaikuttavat eniten tuotantojärjestelmän rakenne, ohjausmuuttujien lukumäärä ja riittävyys ja ulkoisten muuttujien käyttäytyminen. (Miettinen, 1993)

Tuotantojärjestelmän rakenne (valmistusjärjestelmä) tarkoittaa tehtaan layout:ia ja sitä, kuinka informaatiovirta liikkuu tuotantojärjestelmässä. Ohjattavuuden kannalta helpoimpia ovat tuotantolinjat ja prosessiteollisuus, sillä niissä kaikilla tuotteilla on sama valmistusketju ja tuotteen valmistusaika on tiedossa. (Miettinen, 1993)

Ohjausmuuttujia tulee olla riittävästi, sillä ohjausmuuttujat vaikuttavat yrityksen kykyyn vastata sen sisäisten muuttujien aiheuttamiin haasteisiin. Suuri osa näistä muuttujista vaikuttaa valmistuskapasiteettiin. Tällaisia tapauksia ovat esimerkiksi sairastapaukset, konerikot ja toimitusongelmat. Sisäistä muuttujista aiheutuvat muutokset ovat suuri riski toimitusaikojen pitävyydelle sekä kirjanpidolle. Sisäisiä muuttujia ovat esimerkiksi virheet tuotteiden valmistuksessa tai materiaalin käsittelyssä. Ulkoiset muuttujat aiheuttavat ohjauksessa ongelmia esimerkiksi kapasiteetin mitoituksessa ja tuotannon ketteryydessä. Yleisin ulkoinen muuttuja on menekien vaihtelu. Menekien vaihdellessa tuotantoa on hankalaa mitoittaa jolloin tuotantolinjassa tulee ongelmia. Ulkoisia muuttujia voidaan ennakoida tarkastelemalla menneiden vuosien myyntiä. (Miettinen, 1993)

#### 3.2 Tuotantotavat

Tuotannonohjauksessa tulee myös ottaa huomioon millaisella menetelmällä yritys tuotteitaan valmistaa. Menetelmiä ovat yksittäistuotanto, sarjatuotanto, massatuotanto ja prosessituotanto.

Yksittäistuotannolla tarkoitetaan tuotteiden valmistusta yksittäin tai pienissä muutaman kappaleen erissä. Suuret yksittäiset projektit, jotka vaativat tuotannonohjaukselta aina uuden suunnittelun kappaleen läpiviemiseksi, luetaan myös yksittäistuotannoksi. Yksittäistuotannossa suunnittelun osa tulee myös laskea läpimenoaikaan, joka on usein varsinaista tuotantoaika pidempi. (Varis, 2016)

Sarjatuotannolla tarkoitetaan useiden kappaleiden valmistusta sarjoissa. Sarjatuotannolla valmistettavat kappaleet ovat usein yrityksessä toistuvasti valmistettavia kappaleita, koska tuotantokulut vähenyvät entisestään esimerkiksi kappaleisiin tarvittavien työkalujen osalta. Koska kyseessä on sarjatuotanto tuotannosuunnittelua ei tarvitse tehdä kuin kerran, jolloin säästetään tuotannon kuluissa. Suurimmat haasteet sarjatuotannossa tuotannonohjaukselle asettaa erävaihdot, erien valmistusjärjestykset sekä eräkoot.

Massatuotannossa eräkoot ovat todella suuria ja yhden erän valmistus voi kestää viikosta kuukausiin. Eräkoon ollessa näin suuria on erien vaihtoon varattava aikaa useista tunneista jopa useisiin päiviin. Suuren eräkoon ja tehokkuuden ansiosta tuotantokustannukset ovat alhaisia, koska suuren kulutuksen tuotteet, esimerkiksi mutterit, voidaan standardisoinnin avulla valmistaa suurissa massoissa.

Prosessituotanto muistuttaa paljon massatuotantoa muuten mutta tuotanto kulkee prosessin läpi liukuhihnaisesti. Prosessituotannossa tuotantoa ei ole mahdollista pysäyttää ilman tuotehäviötä eli puhutaan jatkuvatoimisesta prosessista. Tuotannonohjauksen kannalta haastavaksi tämä tuotantomenetelmä tekee sen ylös- ja alasajoajat, jotka kestävät kauan, minkä vuoksi niitä pitää välttää ennakoivan kunnossapidon avulla.

### 3.3 Valmistusjärjestelmä

Valmistusjärjestelmällä tarkoitetaan tuotteiden kulkua tehtaalla sekä koneiden ja laitteiden sijoittamista tehtaaseen, valmistusjärjestelmä on siis tehtaalla lay-out. Valmistusjärjestelmät voidaan luokitella kuuteen eri luokkaan:

- Paikallisjärjestelmä
- Toiminnallinen järjestelmä
- Tuotantolinja
- Tuotantoryhmä
- Tuotantosolu
- Joustava järjestelmä

Paikallisjärjestelmässä tuote valmistetaan ja laitetaan kokoon samassa paikassa. Paikallisjärjestelmässä koneet, työntekijät ja laitteet eivät siirry mihinkään, vaan eri vuorot tekevät samassa paikassa valmistuksen ja kokoonpanon. Tuotannonohjauksen kannalta paikallisjärjestelmää on helppo ohjata, siinä keskitytään töiden keskinäiseen vuorotteluun ja tasapainon suunnitteluun.

Toiminnallisessa järjestelmässä samanlaista työtä tekevät koneet ja henkilöt ovat keskitettyinä omiksi osastoikseen. Työ etenee osastosta toiseen työvaiheiden vaatimassa järjestyksessä. Haittapuolena toiminnallisessa järjestelmässä ovat yleensä pitkät kuljetusmatkat eri osastojen välillä, ja koska työ käy monella eri vastuualueella joka vaikeuttaa tuotannon koordinoitua. Järjestelmän hyvä puoli on se, ettei tuotanto välttämättä jos yksi kone rikkoutuu, koska niitä voi olla useita samanlaisia samalla osastolla.

Tuotantolinjat jaetaan kahteen eri linjaan, prosessilinjoihin ja kokoonpanolinjoihin. Prosessilinjassa tuotanto ei katkea sillä linjat ovat kiinteitä ja useimmiten pitkälle automatisoituja. Prosessilinjoihin käytetään usein kemian- ja paperiteollisuudessa. Henkilöt tekevät prosessilinjoihin usein valvontaa ja kuljetustehtäviä.

Kokoonpanolinjoilla käytettävät materiaalit ovat usein vaihtelevia kappaleita, jotka kuitenkin kulkevat suoraviivaisesti työpisteestä toiselle jatkuvana virtana. Kokoonpanolinjoilla tehdään sekä komponentteja että valmiita tuotteita, siitä syystä kokoonpanolinjoilla työskentelee paljon ihmisiä. Elektroniikateollisuudessa käytetään paljon kokoonpanolinjoja.

Tuotantoryhmän ideana on ryhmitellä valmistettavat nimikkeet osaperheisiin siten, että jokaisella nimikkeellä on mahdollisimman paljon samoja valmistusvaiheita. Esimerkiksi yritysellä on 15000 eri nimikettä joista 750 käy läpi vaiheet hitsaus-poraus-hionta-maalauksella. Näin ollen osaperheen kaikki nimikkeet kannattaa keskittää samaan paikkaan, ja perustaa sitä varten tuotantoryhmä joka koostuu työvaiheissa tarvittavista koneista. Kun koneet ovat lähellä toisiaan, tuotteita ei tarvitse kuljettaa pitkiä matkoja jolloin aikaa säästyy.

Tuotantosoluihin perustava valmistusjärjestelmä pohjautuu tuotantoryhmään. Solut ovat itsenäisesti toimivia yksiköitä, joita ohjataan yhtenä isona kokonaisuutena. Soluissa on yleensä enemmän työpisteitä kuin työntekijöitä, jolloin työntekijät vaihtelevan työpisteitään tarpeen mukaan. Tuotantosolun yleistymisen syy on työympäristön kehittyminen. Siinä ei tarvitse tehdä yksitoikkaisia työvaiheita koko päivää, vaan työpisteet ja -vaiheet muuttuvat. Tuotannonohjauksen kannalta tuotantosoluja on helppo ohjata, koska ohjaus keskitetään yhteen soluun, eikä jokaiseen työvaiheeseen.

Joustavalla järjestelmällä (FMS) tarkoitetaan pitkälle tai täysin automatisoitua tuotantoa. Henkilöstölle näissä tehtaissa jää tarkastus- ja valvontatehtäviä sekä automation ja robottien ohjelmointia. Joustavalle järjestelmälle tunnusomaista on, että tehdas kykenee pysäyttämään tuotantoa pienellä tai kokonaan ilman miehitystä. Joustava järjestelmä on välitavoite matkalla kohti täysin miehittämätöntä tuotantoa.

### 3.4 Tuotannonohjausjärjestelmä (ERP)

Tuotannonohjausjärjestelmien on hallittava koko yrityksen toimintaketju tuotekehityksestä tuotteen toimittamiseen ja asiakaspalveluun asti, jotta järjestelmä tukisi järjestelmän tavoitteita. Toiselta kantilta katsottuna tuotannonohjausjärjestelmät ovat suunnittelujärjestelmiä eivätkä tapahtuneen toteavia järjestelmiä, kuten kirjanpitojärjestelmät. Kuitenkin nykyjärjestelmät ovat niin pitkälle kehittyneitä, että niihin on rakennettu sisäinen kirjanpitojärjestelmä. Koska lähtötiedot ovat usein epävarmoja, on tuotannonohjausjärjestelmien mukauduttava nopeasti muuttuviin olosuhteisiin, ja sama koskee työntekijöitä.

## 4 3D-SKANNERI

3D-skannerit ovat muuten samanlaisia kuin digitaalikamerat, mutta skannerin luoma syvyys dataan jolloin kuvasta saadaan kolmiulotteinen. Skanneri tuottaa jopa miljoona pistettä kappaleesta, josta luodaan kolmioverkko, josta loppuen lopuksi saadaan skannatun tuotteen malli. 3D-skannereita on kahdenlaisia, koskettava ja ei-koskettava. (Santaluoto, 2012)

### 4.1 3D-skannauksen menetelmät

- Koskettavissa menetelmissä kappaletta kosketaan skannerin mittapäällä, jolloin se rekisteröi kärjen aseman kosketushetkellä. Yleisin koskettava laitteisto on koordinaattimittauskone. Laitteisto on rakaskas ja erittäin tarkka, mistä syystä mittaukset ovat hitaita. Mittauksen hitauden takia laitteistoa käytetään vain erityistä tarkkuutta vaativiin tarkistuksiin ja mittauksiin. (Santaluoto, 2012)
- Ei-koskettavat menetelmät jaetaan normaalisti passiiviseen ja aktiiviseen skannaukseen. Aktiivisessa skannauksessa laite käyttää, jotain valoa, esimerkiksi serdiodia, projektoria tai salamavaloa valon kulkuajan mittaukseen. Kolmiomittausta käyttävät aktiiviset skannerit käyttävät laserpistettä tai –viivaa jonka se lähettää kohti kappaletta ja heijastuu takaisin skannerin kameran sensoreille. Passiiviset skannerit käyttävät digitaalisia kameroita apuna saadakseen kolmiulotteisen kuvan. Yhden kameran menetelmässä kappaleesta otetaan monta kuvaa eri kuvakulmista ja hyödynnetään valon varjostumista kappaleen syvyyden selvittämiseksi. Kahden kameran tekniikassa käytetään hyväksi samaa periaatetta kuin ihmisen stereonäössä. Molemmat kamerat ottavat samasta kohteesta kuvia ja näin saaden aikaan kuvan syvyyden. (Santaluoto, 2012)

## 4.2 Skannereiden perusmallit

Skannereita on monenlaisia, kuten kädessä pidettävät, jotka ovat yleisiä esimerkiksi laadunvalvonnassa.

Varrellinen skanneri on kädessä pidettävää mallia tarkempi sen niveliin asennettujen sensoreiden ansionsta.

Kaappimalliset skannerit toimivat automaattisesti. Erona muihin malleihin kaappimalliin kappale asetetaan sisään ja napin painalluksella se skannaa kappaleen. Kaapin koko asettaa rajoituksia skannattavan kappaleen koolle.

Laserkeilaimella skannataan suuria kokonaisuuksia. Keilaimet perustuvat tekniikaltaan "valon kulku-aikaan, laserin vaihe-eroon tai kolmiomittaukseen, riippuen millaiseen käyttöön kelain on tarkoitettu käytettäväksi" (Santaluoto, 2012). Kulku-aikaan perustuvat skannerit on tarkoitettu pitkien matkojen mittaukseen, mistä syystä ne sopivat ulkomittauksiin, esimerkiksi maaston mallinnukseen ja infraradiokennusprojekteihin. Laserin vaihe-ero skannerissa tarvitaan myös vastakappale, sillä se mittaa sille pääsevän laserin määrän. Kolmiomittaus on tarkoitettu lyhyille matkoille ja se on mittatarkka, joten se sopii erityisen hyvin sisätilamittauksiin. (Santaluoto, 2012)



## 5 VALOVERHO

Valoverho on optinen anturi, joka koostuu lähettimestä, vastaanottimesta ja infrapunaverkosta. Valoverhoa käytetään useimmiten esineiden tunnistamiseen ja esimerkiksi hissien ovissa. Kappaleen osuessa valoverhoon laite tekee mihin se on ohjelmoitu. Esimerkiksi kappaleen ollessa hihnalla ja osuessaan valoverhoon se antaa suhdeluvun jonka aikaa verho on peitettyinä ja tästä saadaan linjan käyttöaste. Kappaleen pinta-ala saadaan selvitettyä lisäämällä yhtälöön linjan nopeus. Alla muutamia eri valmistajien valoverhoja.

### 5.1 SKS-Groupin valoverho

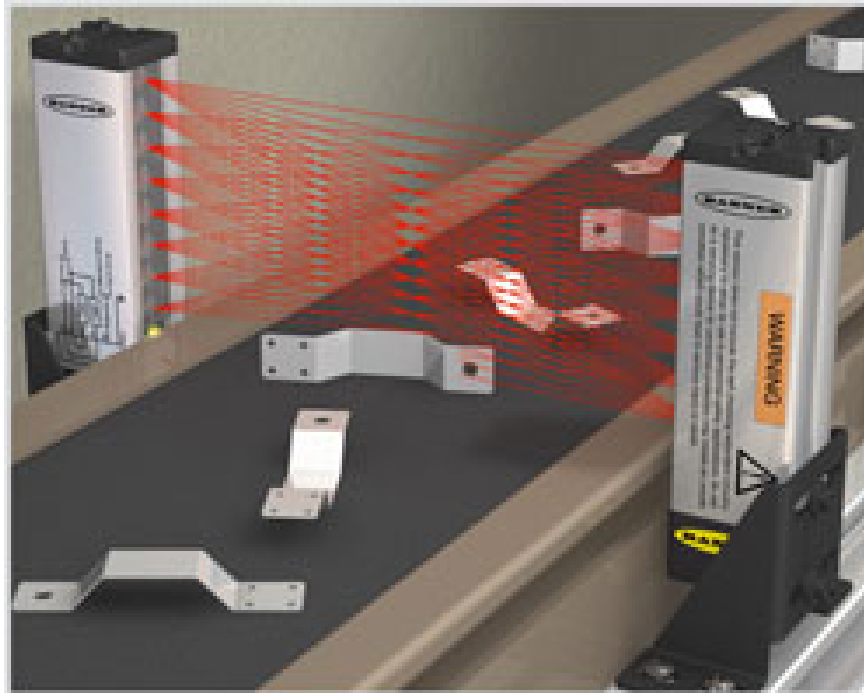
SKS-Group myy Leuze electronic CLM 730i -merkkisiä mittaavia valoverhoja. Laitteen merkittävin ominaisuus on sen 8 metrin tunnistusetäisyys sekä korkea mittaussyklin nopeus,  $10 \mu\text{s}$  / valonsäde. Sillä voidaan siis mitata myös nopeita prosesseja. Laitteessa on integroidut liitännämahdollisuudet, joten sen saa liitettyä tuotannonseurausjärjestelmään helposti. Mukaan tulee myös suuri ja helppolukuinen näyttö sekä luja kalvonäppäimistö. Kuvassa SKS-Groupin valoverho. (SKS-Group, 2012)



KUVA 9. SKS-Groupin Leuze electronic CLM 730i, (SKS-Group, 2012)

## 5.2 Sarlin valoverho

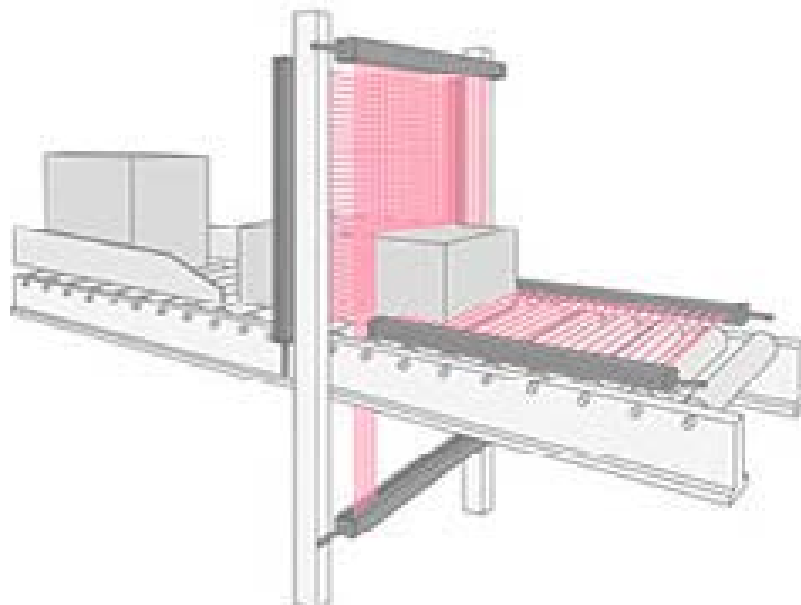
Banner LX:n tunnistavat valoverhot soveltuvat tunnistamaan kappaleita, jotka liikkuvat eri kohdissa valvottua aluetta. Laajan tunnistusalueen ansiosta kappaleiden ei tarvitse olla siistissä rivissä ja samoin päin liikkuessaan linjalla. Banner LX -valoverho tunnistaa todella pieniäkin kappaleita, vain 5,6 mm korkeita kappaleita ja antaa laskentasihtäin vain 3,2 ms. Valoverho mahdollistaa automaatiojärjestelmän toiminnan maksiminopeudella ja -tehokkuudella. Kuvassa Sarlin valoverho. (Sarli, 2015)



KUVA 10. Sarlin Banner LX valoverho (Sarli, 2015)

### 5.3 Telcon valoverho

Telcon SS02 mitaava valoverhosarja on suunniteltu mittaamaan kappaleiden pituutta, paksuutta, reunan seuranta, reiän halkaisijaa ja helpottamaan laadunvalvontaa. Valoverhon voimakkuutta voidaan helposti säätää, jolloin voidaan mitata pakkauksen tai kuljettimen viiran läpi kappaleen muotoa, valon läpäistessä viiran mutta ei kappaletta. Laitteen toimintaetäisyys on 0 - 10 m, 5 - 20 mm resoluutiolla ja verhon toimintalämpötila on -30 °C..60 °C. Kuvassa 10 Telconin SS02 valoverho. (Telco sensors, 2010)



KUVA 11. Telco sensons SS02 valoverho, (Telco sensors, 2010)

## 6 TOTEUTUS

Projektin alkuvaiheessa oli selvää mikä olisi paras järjestelmä yritykselle. Projektin edetessä ja asiaa tutkittaessa ilmaantui varteen otettavia vaihtoehtoja, joihin piti paneutua syvemmin. Kyseisistä vaihtoehdoista löytyi paras vaihtoehto suhteellisen helposti vertailemalla hintoja, muutokseen kuluva aikaa ja toteutusta. Päätimme asiasta yhdessä yrityksen edustajan kanssa.

### 6.1 Nykyinen tuotantolinja

Nykyisessä tuotantolinjassa sähkökaappi kerää tiedon kuinka usein linja on päällä. Ongelmana kaapissa on, että se ei ota huomioon, jos linja pyörii tyhjänä. Tällöin tuotannonseurantajärjestelmässä se näkyy, että kappaleita maalataan, joka vääristää tulosta. Linja voi pyöriä tyhjänäkin esimerkiksi panostuksen ja tyhjennyksen aikana.

### 6.2 Vaihtoehdot

- Ensimmäinen vaihtoehto projektiin oli 3D-skanneri. Skanneria on helppo liikuttaa ja sillä saa tuotteen pinta-alan selville helposti. Tietojen saaminen tietokoneelle olisi vaatinut koodauksen osaamista, jota ei ajan puitteissa olisi kerennyt opettelemaan, joten siihen olisi tarvittu ulkopuolista apua mahdollisesti yrityksen ulkopuolelta. Tämä oli yksi syy skannerin jättämämiseksi toiseen projektiin. Toinen merkittävä syy oli skannereiden korkea hinta. Hinnat liikkuvat kymmenissä tuhansissa, ja kun tätä vertaa saatavaan tietoon sen hankkiminen ei ole taloudellisesti kannattavaa.
- Toinen vaihtoehto oli mittaava valoverho. Projektin aikana otettiin yhteyttä moneen eri valoverhon valmistajaan ja tuotteita vertailtiin kaikilta puolin. Paras vaihtoehto löytyi SKS-Groupilta Leuze electronic mallista. Kun tuote kulkee valoverhon läpi valoverho analysoi tuotteen ja kertoo, kuinka suuri pinta-ala kyseisellä tuotteella on. Valoverhon voi myös asentaa melkein mihin kohtaan vain tuotantolinjalla, sillä se on helposti asennettava ja se kestää  $-30^{\circ}\text{C}$  .. $60^{\circ}\text{C}$  lämpötiloja. Paras paikka tälle on nykyisen valoverhon viereen valmiiseen kehikkoon jossa nykyinen valoverho säättää maalauspistooleja. Valoverhosta saa tiedon tietokoneelle sen integroitujen liitännäismahdollisuuksien ansiosta ja sitä kautta tieto on helppo saada tuotannonseurausjärjestelmään. Kyseiset verhot maksavat noin 1000-2000 euroa, joten investointi ei olisi suuri sen hyötyyn nähden.
- Kolmas vaihtoehto on olemassa olevan tietokaapin softan päivitys ja uudelleen koodaus. Tähän tarvittaisiin ulkopuolista apua, joka löytyy Ruotsista. Päivitys on mahdollinen etänä, joten kaappia ei tarvitsisi lähteä kuljettamaan Ruotsiin asti eikä asiantuntijan tarvitse tulla Suomeen. Kaappi on kuitenkin niin vanha, ettei sitä voida päivittää eikä uudelleen koodata. Uusi kaappi tulisi huomattavasti kalliimmaksi kuin valoverho. Uuden päivityksen jälkeen kaapista saisi suoraan tiedon maalattavan kappaleen pinta-alasta ja kuinka monta kiloa maalauslinja maalaa.

**Taulukko 1.** Vaihtoehtojen vertailu

Vaihtoehto	Kustannus	Aika
3D-Skanneri	2000-10000 €	50 h
Valoverho	1000-2000 €	20 h
Sähkökaapin päivitys	Uusi 5000 €, päivitys 60 € tunti	20 h

### 6.3 Päätös

Päätös valoverhon ja vanhan kaapin päivityksen välillä oli vaikea, mutta päätös oli valoverho. Valoverhon etuja ovat sen helppo liikutettavuus ja asennus sekä kustannustehokkuus. Kaapin päivitys olisi siinä vaiheessa ollut parempi vaihtoehto, jos talosta olisi löytynyt osaava henkilö tekemään päivityksen ja kaappi olisi voitu päivittää. Tällöin uusia investointeja ei olisi tarvinnut tehdä ja asennustöiltä olisi välttytty. Pitkän ajan tähtäimellä valoverho on kuitenkin parempi vaihtoehto, sillä tuotannonseurausjärjestelmä tulee olemaan, eikä valoverhoa tarvitse päivittää. Ajan kuluessa uusikin kaappi olisi voinut käydä liian vanhanaikaiseksi, ja pitänyt uusia jolloin sen kustannuksen olisivat voineet nousta korkeammiksi kuin valoverhon.

Yrityksen edustajan kautta hankitut kontaktin (vanha yrityksen työntekijä) ovat vaihtamassa omaa valoverhoaan toisenlaiseen, ja alustavasti sen hankkimista on mietitty yhdessä yrityksen edustajan kanssa. Lopullisen päätöksen tietenkin tekee yrityksen edustaja yhdessä toimitusjohtajan kanssa, mutta olen antanut oman mielipiteeni verhon hankkimisesta. Kuvassa 11 on esitetty kohta, johon valoverho on tarkoitus sijoittaa. Kuvassa näkyy myös maalausruiskujen anturiverho.



KUVA 12. Valoverhon sijoitus. (Manninen, 2017)

## 7 YHTEENVETO

Projektissa kehitettiin Casemet Oy:n maalauslinjaan soveltuvaa mittausjärjestelmää, jolla voidaan selvittää maalattujen tuotteiden pinta-ala. Projektin tuloksena syntyi hyvä tapa mitata pinta-alaa sekä tehostaa tuotantotehokkuutta. Lisäksi saatiin paljon tietoa erilaisista mittausjärjestelmistä, joita voidaan hyödyntää tulevaisuudessa muilla tuotantolinjoilla.

Opinnäytetyön alussa oli selvää mikä, on paras vaihtoehto kyseiseen tuotantolinjaan, mutta asioita tutkittua paljastui muita hyviä vaihtoehtoja, joista löytyi paras. Matkan varrella oli hieman teknisiä ongelmia, tietokoneen hajoaminen kaksi kertaa, jotka hidastivat projektin valmistumista hieman.

Projektissa saatuihin tuloksiin ollaan kokonaisuudessaan tyytyväisiä, vaikka niitä ei vielä ole otettu käyttöön yrityksessä. Itse sain paljon uutta arvokasta tietoa monelta eri osa-alueelta, joita voi hyödyntää tulevaisuudessa esimerkiksi samankaltaisessa projektissa. Projekti vahvisti käsitystä, siitä miten yrityksen organisaatio toimii ja viime kädessä isot päätökset tehdään monen eri osaston johtajien kesken.

## 8 LÄHTEET

**Casemet Oy. 2016.** [www.casemet.fi](http://www.casemet.fi). *www.casemet.fi*. [Online] Casemet Oy, 2016.

**Miettinen, Pauli. 1993.** *Tuotannonohjus ja logistiikka*. s.l. : ATK-Insituutti, 1993.

**Santaluoto, Olli. 2012.** *3D-skannaukseen perehtyminen*. 2012.

—. 2012. *3D-skannaukseen perehtyminen*. Helsinki : Theseus, 2012.

<https://publications.theseus.fi/handle/10024/241/browse?value=Santaluoto%2C+Olli&type=author>.

**Sarli. 2015.** Valoverhot Kappaleiden laskentaan. *Sarlin tuotteet*. [Online] Sarli, 2015. [Viitattu: 18.

4 2017.] [http://www.sarlin.com/sarlin\\_products/Valoverhot-kappaleiden-](http://www.sarlin.com/sarlin_products/Valoverhot-kappaleiden-laskentaan/4of3ugwh/97967902-e4f0-48fa-b56b-78ac8a068e71)

[laskentaan/4of3ugwh/97967902-e4f0-48fa-b56b-78ac8a068e71](http://www.sarlin.com/sarlin_products/Valoverhot-kappaleiden-laskentaan/4of3ugwh/97967902-e4f0-48fa-b56b-78ac8a068e71).

**SKS-Group. 2012.** Valoverhot Leuze. *Automaatio ja turvakomponentit*. [Online] SKS-Group, 2012.

[Viitattu: 4. 18 2017.] [http://www.sks.fi/www/\\_valokennot-valoverhot&id=valoverhot-leuze](http://www.sks.fi/www/_valokennot-valoverhot&id=valoverhot-leuze).

**Telco sensors. 2010.** Dosmar Telco sensors. *Dosmar Telco sensors*. [Online] Telco, 2010.

[Viitattu: 18. 4 2017.] <http://www.amt.fi/static/tietovarasto/2593.pdf>.