

Juho Korpi

**AUTOMAATTINEN LAADUNVALVONTA ELINTARVIKEPRO-
SESSISSA**

AUTOMAATTINEN LAADUNVALVONTA ELINTARVIKEPRO- SESSISSA

Juho Korpi
Opinnäytetyö
Kevät 2014
Automaatiotekniikan koulutusohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Automaatiotekniikan koulutusohjelma

Tekijä: Juho Korpi

Opinnäytetyön nimi: Automaattinen laadunvalvonta elintarvikeprosessissa

Työn ohjaaja: Tero Hietanen

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2014 Sivumäärä: 33

Tässä opinnäytetyössä kerrotaan Valion Seinäjoen tehtaalle suoritetusta automaattisten laadunvalvontalaitteiden asennuksesta. Työn toimeksiantajana toimi Mekitec Oy. Työn tavoitteena oli kolmen Mekitec Oy:n Meki D4 -röntgenlaitteen asentaminen Valion uusiin tuotantolinjastoihin ja niiden testaaminen. Tämän lisäksi tarkoituksena oli koota kattavat asennus-, pesu- ja huolto-ohjeet laitteille.

Opinnäytetyössä käydään läpi röntgensäteilyn käytön perusteita, kohteita ja turvallisuusmääräyksiä. Näiden lisäksi käydään läpi yleisimpiä strategioita elintarviketeollisuuden laadunvalvonnassa. Tässä opinnäytetyössä keskitytään erityisesti vierasesineiden löytämiseen tuotteista.

Työn tavoitteet saavutettiin aikataulun mukaisesti. Työhön sisältyi myös asennuksen dokumentointi ja laitteiden käytönopastus.

Asiasanat: röntgentutkimus, laadunvalvonta, elintarviketurvallisuus, elintarviketeollisuus

ALKULAUSE

Opinnäytetyön tilaajana toimi Mekitec Oy, jossa työn ohjaajana toimi after sales manager Samuli Paaso. Oulun ammattikorkeakoulun puolesta ohjauksesta vastasi lehtori Tero Hietanen.

Haluan kiittää Mekitec Oy:n väkeä ja erityisesti Samuli Paasoa työmahdollisuudesta ja ohjauksesta. Lisäksi haluan kiittää ohjaajana toiminutta Tero Hietasta ja kieliasun tarkistanutta lehtori Tuula Hopeavuorta. Kiitokset myös tyttöystävälle, ystäville ja perheelle, jotka ovat tukeneet minua opinnäytetyön teossa.

"What's worse than finding a worm in your apple? Half a worm."

12.3.2014

Juho Korpi

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ALKULAUSE	4
SISÄLLYS	5
1 JOHDANTO	6
2 RÖNTGENSÄTEILYN KÄYTTÖ JA TURVALLISUUS	7
2.1 Röntgensäteilyn havaitseminen	7
2.2 Röntgensäteilyn muodostaminen	7
2.3 Röntgensäteilyn käyttökohteita	9
2.4 Röntgenturvallisuus	10
3 RÖNTGEN RUOKATEOLLISUUDEN LAADUNVALVONNASSA	14
3.1 Elintarviketeollisuuden laadunvalvonnan haasteet	14
3.2 Strategiat vierasesineiden erotteluun ja havaitsemiseen	15
3.3 Röntgentutkimuksen ja metallinpaljastimen eroavaisuuksia	18
4 MEKI D4 -LÄPIVALAISULAITE	20
5 TYÖN SUORITUS	21
5.1 Valion tuotantoprosessi	21
5.2 Laitteiden tilaus	22
5.3 Ohjeiden kokoaminen	22
5.4 Asennus ja testaus	23
5.5 Koeajot ja laitteiden luovutus	25
5.6 Yhteenveto ja kehitysajatukset	28
6 YHTEENVETO	30
LÄHTEET	31

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aiheena oli Valion Seinäjoen tehtaalle tehty röntgenlaitteiden asennus ja käyttöönotto. Röntgenlaitteilla suoritetaan automaattista elintarviketeollisuuden laadunvalvontaa. Työn tilaajana toimi Mekitec Oy. Mekitec Oy on röntgenlaitteita valmistava ja kehittävä yritys, jonka pääkonttori sijaitsee Oulussa.

Opinnäytetyön tavoitteena oli toteuttaa Valio Seinäjoen tehtaassa kolmen uuden tuotantolinjan tuotteiden laadunvalvonta. Kaikkiin linjastoihin asennettiin Mekitecin Meki D4 -röntgenlaitteet. Asennuksen lisäksi työhön sisältyi laitteiden tilaus, testaus, luovutus ja asennuksen dokumentointi. Näiden lisäksi työn tarkoituksena oli koota asiakkaalle kattavat asennus-, huolto- ja pesuohjeet. Laitteiden asennuksen ja koeajojen yhteydessä annettiin käyttöhenkilökunnalle asianmukaiset käyttö- ja huoltokoulutukset.

Valio käyttää röntgenlaitteita tuotteidensa laadunvalvontaan. Laitteilla pyritään löytämään tuotteista erityisesti metalliset vierasesineet ja vioittuneet pakkaukset, ennen kuin ne päätyvät asiakkaalle.

Työn teoriaosassa tutustutaan muun muassa röntgensäteilyn tuottamiseen ja sen käyttökohteisiin sekä röntgensäteilyturvallisuuteen. Siinä käydään läpi myös röntgensäteilyn käyttöä elintarviketeollisuuden laadunvalvonnassa sekä sen etuja muihin kilpaileviin menetelmiin verrattuna. Laitteiston teknisiin yksityiskohtiin ei paneuduta tilaajan toivomuksesta.

2 RÖNTGENSÄTEILYN KÄYTTÖ JA TURVALLISUUS

Röntgensäteilyn löysi vuonna 1895 Wilhelm Röntgen, joka huomasi löytönsä mahdollisuudet nopeasti. Röntgensäteilyä opittiin hyödyntämään lääketieteessä ja tämän jälkeen sen käyttö yleistyi myös muun muassa tähtitieteessä, teollisuuden laadunvalvonnassa ja turvatarkastuksissa esimerkiksi lentokentillä. (1, s. 482.)

2.1 Röntgensäteilyn havaitseminen

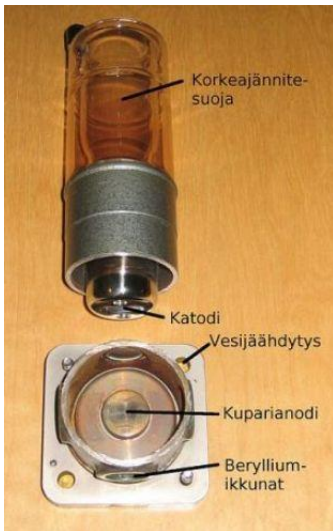
Röntgensäteily on sähkömagneettisen säteilyn laji, kuten esimerkiksi radio- ja mikroaallot. Röntgensäteilyn aallonpituus on noin 0,01–10 nanometriä ja se ei ole silmin havaittavissa. Röntgensäteilyn ominaisin piirre on sen ennakoitavissa oleva läpäisykyky, mikä mahdollistaa sen käytön monissa käyttökohteissa. (2, s. 448; 3, s. 5, 18.)

Röntgensäteilyn läpäisyyn vaikuttaa läpäistävän aineen suhteellinen tiheys. Tiheämmät aineet absorboivat enemmän säteilyä ja tämän vuoksi vähemmän säteilyä pääsee läpi. Röntgenkuvauksessa tutkittava kohde asetetaan röntgensäteilylähteen ja röntgensäteilyä havaitsevan vastaanottimen väliin. Vastaanotin tunnistaa vastaanotetun säteilyn määrän ja muodostaa sen avulla kuvan kohteesta. Vastaanottimena voidaan käyttää esimerkiksi röntgenfilmiä tai fluoresoivaa varjostinta tai läpi menneen säteilyn määrää voidaan mitata suoraan sähköisesti. (2, s. 448; 3, s. 18.)

2.2 Röntgensäteilyn muodostaminen

Suurimmassa osassa teollisuuden ja tieteen sovelluksia röntgensäteilyä synnytetään röntgenputken (kuva 1) avulla. Röntgenputkessa röntgensäteily saadaan aikaan, kun hehkulankaa (katodi) lämmitetään ja se irrottaa elektroneja, jotka kiihdytetään suurjännitteellä kohti pysäytyslevyä (anodi). Elektronien törmätessä anodiin syntyy lämpöä ja röntgensäteilyä. Käytetystä sähkötehosta vain noin 1 % muuttuu säteilyksi ja loput lämmöksi. Anodimetallin valinta vaikuttaa muodos-

tuneen säteilyn ominaisarvoihin. Yleisimmin käytetään volframia tai kuparia. (3, s. 18–20.)



KUVA 1. Kiinteäänodinen röntgenputki (4)

Röntgenputkia on olemassa muutamia erilaisia malleja ja valintaan vaikuttaa käyttötarkoitus. Edullisissa sovelluksissa, kuten lentokenttien matkalaukkuskanereissa, käytetään lasivaippaan rakennettua röntgenputkea. Näissä sovelluksissa säteily läpäisee lasivaipan yhdeltä puolelta putkea. Tämä soveltuu käytettäväksi 50 kV:a suuremmille jännitteille ja maksimissaan 300 W:n tehoille. (3, s. 18–21.)

Matalajännitesovelluksissa putken lasivaippa vaimentaa liikaa röntgensäteilyä. Tämän estämiseksi käytetään erityistä ikkunaa tai porttia putken sivussa. Ikkunan materiaalina käytetään berylliumia, joka on kevein maa-alkalimetalleista. Tämä mahdollistaa röntgensäteilyn synnyttämisen jopa alle 5 kV:n jännitteillä. (3, s. 18–21.)

Korkeatehoisissa sovelluksissa käytetään keraamista vaippaa. Näissä käytetään yleensä vesijähdytysputkia anodin ympärillä suojaamaan sitä suurilta määriltä syntyntä lämpöä. Keraamisia putkia voidaan käyttää vielä yli 3000 W:n tehoilla. (3, s. 18–21.)

2.3 Röntgensäteilyn käyttökohteita

Röntgenkuvaus kuuluu radiografisen tarkastuksen menetelmiin ja sen käytössä hyödynnetään röntgensäteilyn ominaisuutta läpäistä kiinteitä materiaaleja kuten muovia, terästä ja puuta. Menetelmä toimii siten, että tutkittava kohde asetetaan röntgensäteilylähteen ja säteilyä mittaavan laitteen, kuten röntgenkameran, väliin. Näin saadaan selville kohteen läpäisseen säteilyn määrä ja sen avulla voidaan havaita mahdolliset poikkeamat kohteessa. (5, s. 256–258.)

Teollisuudessa röntgentutkimusta käytetään esimerkiksi hitsisaumojen ja metallirakenteiden tarkastamiseen. Röntgenkuvauksen etuina näissä tarkastuksissa ovat kuvauslaitteiden tehokkuus ja säteilyenergian säädöllä saavutettu hyvä kuvanlaatu. Haittapuolina ovat menetelmän kustannukset, rajallinen läpäisykyky ja kuvauslaitteiden suuresta koosta johtuva hankala liikuteltavuus ja rajoitetut kuvauskohteet. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää myös gammakuvausta tai lineaarikiihdytintä. Ne soveltuvat röntgenkuvausta huomattavasti paksummille materiaaleille. Gammakuvauslaitteiden kustannukset ovat edullisemmat kuin röntgenkuvauksen, mutta kuvanlaatu on usein heikompi. Gammalähteiden säteily suojaus on myös ongelmallisempi, koska säteilyntuotto on laitteissa jatkuvaa. Gammakuvauksessa onnettomuusriski on myös suurempi kuin röntgenkuvausta käytettäessä. Lineaarikiihdyttimen käytön ongelma on siinä, että laitteet painavat paljon ja ovat kooltaan suuria ja niiden käyttö vaatii yleensä erilliset suojatut kuvaustilat. (5, s. 256–258.)

Röntgensäteilyä käytetään laajasti myös terveydenhuollossa. Röntgentutkimuksella pyritään löytämään ja tunnistamaan sairauksia. Säteilyllä on kuitenkin haittapuoli, koska pienikin säteilyannos lisää syöpään sairastumisen riskiä. Tämän vuoksi röntgentutkimuksia pyritään tekemään vain, kun saavutetut hyödyt ovat haittoja suuremmat. Tutkimuksissa pyritään myös käyttämään mahdollisimman pieniä röntgentehoja, jotta säteilyannos jäisi mahdollisimman pieneksi, mutta niin että kuvat säilyvät laadukkaina. Tämän vuoksi röntgenlaitteilla on tarkat laatuvaatimukset ja niitä pyritään kehittämään jatkuvasti. Terveydenhuollon röntgentutkimuksia tehdään Suomessa noin 3,9 miljoonaa, joista suurin osa on

luuston ja keuhkojen tutkimuksia. Röntgentutkimuksilla pyritään myös ennaltaehkäisemään sairauksia. Säännöllisesti tehtynä mammografia eli rintojen röntgentutkimus on tehokas tapa löytää rintasyöpä hyvissä ajoin, jolloin sen hoitaminen onnistuu paremmin. Näiden käyttökohteiden lisäksi röntgentutkimusta käytetään esimerkiksi turvatarkastuksissa ja matkatavaratarkastuksissa. (6.)

2.4 Röntgenturvallisuus

Röntgensäteily on ionisoivaa säteilyä ja aiheuttaa ionisoitumista absorboituaan aineeseen, kuten gammasäteilykin. Tämän vuoksi röntgensäteilyn käyttöön liittyy tarkat turvallisuusmääräykset. Säteilyannoksen SI-järjestelmän mukainen yksikkö on sievert (Sv). Sillä kuvataan säteilyn aiheuttamaa terveydellistä haittaa. Annosnopeus on toinen käytetty suure, joka ilmaisee ihmisen saamaa annosta tietyssä ajassa. Annosnopeuden yksikkö on sievertiä tunnissa (Sv/h). Suomessa vuotuinen säteilyannos on noin 3,7 millisievertiä. Kuvassa 2 on esimerkkejä säteilyannoksista. (1, s. 486; 7.)

Esimerkkejä säteilyannoksista

Annoksen suuruus	Mitä annos aiheuttaa
6000 mSv	Annos, joka äkillisesti saatuna saattaa johtaa henkilön kuolemaan
1000 mSv	Annos, joka alle vuorokaudessa saatuna aiheuttaa säteily sairauden oireita (esim. väsymystä ja pahoinvointia)
100 mSv	Säteilytyöntekijöille suurin sallittu annos viiden vuoden aikana
4 mSv	Suomalaiselle säteilystä (sisäilman radon, röntgentutkimukset jne.) aiheutuva keskimääräinen annos vuodessa
2 mSv	Annos, jonka lentokoneessa työskentelevä saa kosmisesta säteilystä vuodessa
0,1 mSv	Keuhkojen röntgenkuvauksesta potilaalle aiheutuva annos
0,01 mSv	Hammasaröntgenkuvauksesta potilaalle aiheutuva annos

Esimerkkejä säteilyn annosnopeuksista

Annosnopeus	Esimerkki
100 μ Sv/h	Suojaudutaan sisätiloihin . Lisäksi tarvitaan muita suojelutoimia, esimerkiksi estetään pääsy vaara-alueelle
30 μ Sv/h	Isotooppihoitoa saaneesta potilaasta metrin etäisyydellä mitattu annosnopeus, jonka alittuessa potilas pääsee kotiin
10 μ Sv/h	Aloitetaan joitakin suojelutoimia. Esimerkiksi tarpeetonta ulkona olemista vältetään.
5 μ Sv/h	Tshernobylin onnettomuuden aikana suurin mitattu annosnopeus Suomessa.
5 μ Sv/h	Annosnopeus lennettäessä 12 kilometrin korkeudessa
0,2 - 0,4 μ Sv/h	Annosnopeus, jonka ylityessä Suomen säteilyvalvontaverkon automaattinen säteilymittari hälyttää. Suomessa jokaisella mittausasemalla on oma hälytysraja, jonka taso määräytyy asemakohtaisesti. Hälytysrajat Suomessa ovat 0,2 - 0,4 μ Sv/h. Erot johtuvat pääasiassa anturin ympärillä olevan maaperän luonnon radioaktiivisuuden tasosta.
0,04-0,30 μ Sv/h	Luonnon taustasäteily Suomessa

KUVA 2. Esimerkkejä säteilyannoksista (8)

Suomessa säteilyturvallisuudesta vastaa Säteilyturvakeskus (STUK). Säteilyturvakeskus valvoo säteilyn käyttöä ja antaa siihen liittyvät säteilyturvallisuusohjeet. Säteilytoiminnan harjoittaja vastaa säteilytoiminnan turvallisuudesta säteilylain mukaisesti. Säteilytoiminnan harjoittajan tulee ilmoittaa poikkeavasta ta-

pahtumasta, kuten turvallisuuden vaarantumisesta tai säteilylähteen katoamisesta, välittömästi Säteilyturvakeskukselle. (9.)

Röntgenlaitteiden käyttö vaatii säteilylain mukaisen turvallisuusluvan. Lupaa haettaessa hakijan tulee tehdä organisaatioselvitys, jossa tärkeimpänä asiana on nimetä säteilyn käytön turvallisuudesta vastaava johtaja. Useamman henkilön nimeäminen on tarpeen silloin, kun yksi henkilö ei pysty aktiivisesti valvomaan kaikkia laitteita. Syinä tähän voivat olla laitteiden suuri määrä tai niiden sijainti useilla eri paikkakunnilla. Useamman henkilön nimeämisen vaativissa hakemuksissa on tehtävä tarkempi organisaatioselvitys, jossa esitetään myös muiden vastuuhenkilöiden tehtävät ja vastualueet. (9.)

Röntgenlaitteet tulee suunnitella siten, että niiden käyttö ja käyttöön liittyvät toimenpiteet ovat turvallisia. Röntgenlaitteen käyttö on suunniteltava ja järjestettävä niin, että altistuminen säteilylle pysyy mahdollisimman vähäisenä. Säteilyturvakeskus antaa säteilylähteille annosrajoitukset turvallisen käytön takaamiseksi. Tarkastus- ja analyysiröntgenlaitteille koskeva annosrajoitus on 0,3 mSv vuodessa. Jotta tämä annosrajoitus ei ylitä, tulee huolehtia seuraavista asioista:

- Jos säteilylähteen aiheuttama annosnopeus ylittää 1,5 $\mu\text{Sv/h}$, ei alueella oleskeluaika saa ylittää yhtä tuntia päivässä.
- Jos esimerkiksi huoltotehtävissä joudutaan työskentelemään alueella, jolla säteilyn annosnopeus ylittää 5 $\mu\text{Sv/h}$, on laadittava ohjeet, joilla varmistetaan, ettei työntekijälle aiheutuva säteilyannos ylitä annosrajoitusta. (9.)

Toiminnanharjoittajan tulee huolehtia röntgenlaitteiden huollosta ja turvalaitteiden toiminnan tarkastamisesta säännöllisesti. Huoltojen yhteydestä tulee varmistaa, että kaikki merkkivalot ja turvalaitteet toimivat oikein. (9.)

Röntgenlaitteiden käytöstä aiheutuvaa säteilyaltistusta voidaan rajoittaa turvamekanismeilla ja erilaisilla säteilysuojilla. Turvamekanismeilla voidaan myös estää laitteen tahaton tai luvaton käyttö. Säteilyturvakeskus on määrännyt tar-

kastus- ja analyysiröntgenlaitteille seuraavanlaiset säteilyturvallisuusvaatimukset:

- Laitteessa on oltava katkaisija, jolla voidaan katkaista säteilyntuotto.
- Laitteessa tai sen välittömässä läheisyydessä tulee olla ionisoivasta säteilystä varoittava merkki ja merkkivalo, joka ilmoittaa, milloin säteilyä tuotetaan.
- Laitteessa tulee olla merkittynä sen sarja- tai valmistenumero sekä, jos mahdollista, suurin virta, käyttöjännite ja röntgenputken suodatukselta merkintä. Jos näitä laitetietoja ei ole ilmoitettu laitteessa, täytyy ne ilmoittaa laitteen käyttöohjeessa.
- Laitteen ollessa pois käytöstä tulee se varastoida lukittuun tilaan tai lukita muulla tavoin luvattoman käytön estämiseksi.
- Liikuteltavat laitteet tulee kuljettaa lukitussa kuljetuslaatikossa luvattoman käytön estämiseksi. Näistä laitteista ja niiden käyttöpaikoista tulee pitää kirjaa.
- Toiminnan päättyessä täytyy laitteet palauttaa laitetoimittajalle, toimittaa toiselle toiminnan harjoittajalle tai romuttaa asianmukaisesti. Romutettavista laitteista tulee poistaa säteilyä varoittavat merkinnät. Lisäksi laitteiden sisältämien haitallisten aineiden käsittely tulee tehdä säännösten mukaisesti. (9.)

Röntgenlaitteen käyttäjien tulee olla asianmukaisesti koulutettuja. Tämän lisäksi työntekijöillä tulee olla käytettävissä laitteen käyttö- ja säteilyturvaohjeet käyttöpaikan kielellä. Työntekijät tulee perehdyttää myös poikkeavien tapahtumien varalta. Työntekijöiden tulee myös tietää, kuinka työskennellä säteilyturvallisuuden varmistamiseksi. Laitteiden käyttäjille on lisäksi laadittava työtehtäväkohtaiset ohjeet, joissa käydään läpi kaikki varotoimenpiteet röntgenlähteen lähellä työskennellessä. (9.)

3 RÖNTGEN RUOKATEOLLISUUDEN LAADUNVALVONNASSA

Röntgentutkimus laadunvalvonnassa kuuluu aineita rikkomattomiin menetelmiin eli NDT-menetelmiin (Non-destructive testing). NDT-menetelmien suurin etu on siis se, että tutkittavaa kohdetta ei tarvitse hajottaa tutkimuksen takia. Näitä menetelmiä käytetään esimerkiksi laitteiden kunnonvalvonnassa, materiaalien tarkastuksessa ja tuotannon laadunvalvonnassa. Muita NDT-menetelmiä ovat esimerkiksi ultraääniluotaus, metallinpaljastus, endoskopia ja pyörrevirtatarkastus. (2, s. 447–451.)

3.1 Elintarviketeollisuuden laadunvalvonnan haasteet

Ruokateollisuudessa vierasesineiden löytäminen on huomattavasti haasteellisempaa kuin esimerkiksi lentokenttien turvatarkastuksissa. Yksi haastava tekijä on tarkastusten nopeus. Tuotantolinjojen nopeus on yleensä huomattavasti suurempi ja niiden pysäyttäminen on monimutkaisempaa. Useissa tapauksissa ongelmana on myös pakkauksen ja tuotteen normaalien muutosten huomiotta jättäminen tarkastuksissa. Turhat hylkäykset voivat aiheuttaa suuria kustannuksia ja ne hidastavat tuotantoa. Tämän vuoksi on tärkeää, että tarkastuslaitteet ovat täysin automaattisia, nopeita, luotettavia ja helppoja käyttää. (10.)

Ruokateollisuudessa vierasesineiksi lasketaan kaikki tuotteeseen kuulumattomat ja tuotteen käyttäjälle odottamattomat materiaalit. Elintarviketurvallisuusvirasto Evira määrittelee vierasesineet fysikaalisiksi vaaratekijöiksi. Ne voivat aiheuttaa elintarvikkeen mekaanisen saastumisen. Eviran esimerkkejä vierasesineistä ovat muun muassa

- kivet, naulat, puun- ja metallinpalaset
- laastarit ja kuolleet hyönteiset
- tuotteen valmistukseen käytettyjen laitteiden osat
- pakkaukseen käytettyjen materiaalien osat
- muut elintarvikkeeseen kuulumattomat aineet ja esineet. (10; 11.)

Vierasesineiden tunnistamisessa on kolme tärkeää tekijää, jotka vaikuttavat käytettävän laitteiston valintaan: mitä vierasesinemateriaaleja ja minkä kokoiset esineet halutaan tuotteesta löytää sekä millä varmuudella vierasesineet halutaan löytää. Se minkä kokoisia vierasesineitä tuotteesta löydetään, riippuu suuresti käytetystä teknologiasta. Myös tuotteen laadulla on suuri vaikutus vierasesineiden löytämiseen. Jos tuote itsessään muistuttaa paljon etsittäviä vierasesineitä, vaikeuttaa se niiden tunnistamista. Vierasesineiden löytymistodennäköisyydellä tarkoitetaan sitä, mikä mahdollisuus vierasesineellä on läpäistä tutkimuspiste oikeissa tuotanto-oloissa, oikeilla tuotteilla ja täydellä tuotantonepeudella. (10.)

Analyysilaitteen sijoittaminen linjastoon tulee miettiä tarkkaan, koska sillä on suuri vaikutus valittavaan teknologiaan ja vierasesineiden löytämiseen. Laite voidaan asettaa tuotannon alkuun, esimerkiksi leikkauksen tai sekoituksen jälkeen, heti pakkaamisen tai purkittamisen jälkeen tai tuotantolinjan loppuun. Röntgenlaitteet sijoitetaan yleensä lähelle tuotantolinjan loppua, koska ne tarvitsevat muuttumattoman ja ennalta määrätyn linjanopeuden tarkkojen kuvien tuottamiseksi. (10.)

3.2 Strategiat vierasesineiden erotteluun ja havaitsemiseen

Ruokateollisuudessa voidaan käyttää pääasiassa kolmea tekniikkaa vierasesineiden poistamiseen tuotantolinjasta. Tekniikoita ovat manuaalinen tarkastus ja lajittelu, erottelu sekä automaattinen havaitseminen ja hylkääminen. Monessa prosessissa on käytössä vielä manuaalinen tarkastus ja lajittelu, jossa manuaalisesti käydään tuotevirtaa läpi ja poistetaan siitä vierasesineet. Tämä kuitenkin rajoittaa tuotantonepeutusta ja vierasesineiden havaitsemisvarmuus voi vaihdella suuresti. Tämän vuoksi manuaalisen tarkastamisen avuksi tai tilalle otetaan yhä useammin käyttöön muita tekniikoita. Tällä pyritään parantamaan tuottavuutta ja varmistamaan elintarviketurvallisuus. (12.)

Erotteluprosessit hyödyntävät tuotteen ja vierasesineiden fyysisiä ja kemiallisia eroja ei-haluttujen osien poistamisessa tuotannosta. Eroavaisuuksia voivat olla

esimerkiksi koko, muoto, kelluvuus, aerodynaaminen vastustus tai permeabiliteetti eli aineen magneettinen käyttäytyminen. Näitä voidaan soveltaa esimerkiksi seuraavissa tilanteissa:

- etsityt vierasesineet kelluvat vedessä
- ne ovat aina selvästi suurempia (tai pienempiä) joka suhteessa kuin itse tuote
- vierasesineet ovat painavampia kuin tuotteeseen haluttu osuus. (12.)

Tyypillisiä esimerkkejä erotteluprosesseista ovat seulonta, suodatus ja magneettierotin. Magneettinen erottelu on tehokas tapa erottaa metallisia vierasesineitä tuotteesta. Sen avulla pystytään käsittelemään niin kuivat kuin märätkin tuotteet. Oikeaan kohtaan linjastoa asetetulla magneettierottimella voidaan valmiin tuotteen turvallisuuden ja puhtauden parantamisen lisäksi suojella kalliita tuotantolaitteita, kuten pumppuja, myllyjä ja leikkureita. Jos todennäköiset vierasesineet ovat ferromagneettisia tai paramagneettisia, voidaan ne todennäköisesti löytää magneettierottimen avulla. Oikein asennettuna magneettierotin ei heikennä prosessin suorituskykyä ja oikein käytettynä ja huollettuna se voi kestää useita vuosia käytössä. Sen käytössä on tärkeää tarkastaa säännöllisesti erottimen kunto ja dokumentit löydöistä. Jos tarkastusta ei tehdä säännöllisesti, voi erottimen toiminta heikentyä huomattavasti. Tämän seurauksena voi aiheutua suuria kustannuksia, jos metalleja pääsee tuotantolinjalla eteenpäin. (12.)

Toisin kuin erotinprosessit, jotka ovat aina toiminnassa, ilmaisinjärjestelmät käyttävät erilaista toimintamenetelmää. Ilmaisinjärjestelmissä havaitaan eroavaisuuksia tuotteen ja vierasesineiden ominaisuuksissa, jonka jälkeen lähetetään signaali hylkäyslaitteille, jotka poistavat hylätyn tuotteen linjalta. Hylkäysmekanismit voivat olla manuaalisia tai täysin automatisoituja. Automaattisia hylkäystoimintoja voivat olla esimerkiksi ilmasuihku, työntövarsi tai pudottava kuljetin. Hylkäysjärjestelmät tulee testata säännöllisesti järjestelmän luotettavuuden takaamiseksi. (12.)

Metallinpaljastimet ovat hyvä tapa erilaisten metallien kuten ruostumattoman teräksen, messingin, alumiinin ja lyijyn havaitsemiseen linjastossa. Laitteet ovat kehittyneet vuosien saatossa varmemmiksi ja helpommiksi käyttää, mikä on lisännyt niiden käyttöä. Metallinpaljastimet käyttävät sähkömagneettista induktiota metallien havaitsemiseen. Metallinpaljastimen luovat magneettikentän ja havaitsevat metalliesineiden aiheuttamia muutoksia magneettikentässä. Metallinpaljastimen suorituskyky riippuu suuresti sen säädöistä ja ohjelmistosta. Metallinpaljastimet voidaan sijoittaa tuotantolinjassa melkein mihin osaan vain ja linjanopeudella ei ole merkittävää vaikutusta niiden toimintaan. Ne kestävät käyttöä pitkään vaativissakin olosuhteissa melko yksinkertaisen toimintansa vuoksi. Esimerkiksi märät ja suolaiset tuotteet voivat aiheuttaa ongelmia metallien havaitsemisessa johtavuuden takia. Metallipakkaukset käytännössä estävät metallinpaljastimien käytön. Metallinpaljastimien havaitsemiskyky rajoittuu yleensä 1 mm:iin ja sitä suurempiin vierasesineisiin. (12.)

Konenäköä käytetään osana tuotantoprosessien automatisointia ja sitä hyödynnetään myös tuotteiden laadunvalvonnassa. Konenäön toiminta perustuu automaattiseen kuvan ottamiseen ja sen analysointiin. Analyysin avulla saadaan tuotteesta haluttu data, jota hyödynnetään prosessissa esimerkiksi tuotteiden hylkäyksessä. Kuvasta voidaan analysoida tuotteen kokoa, väriä, muotoa ja muita vastaavia ominaisuuksia, joista voidaan saada vihjeitä tuotteen laadusta ja kunnosta. Konenäön avulla pystytään havaitsemaan myös asioita, joita ihmismä ei pysty havaitsemaan. Konenäköä voidaan hyödyntää metallinpaljastimen tavoin melkein missä vain kohdin linjastoa. Konenäköä voidaan hyödyntää myös esimerkiksi tuotantomäärien seuraamisessa. Konenäkö hyödyntää ohjelmointia ja matriiseja analysoinnissa, minkä vuoksi sen toiminta on hyvin riippuvainen niiden toteutuksesta. Jos ohjelmoinnissa on pienikin vika, voi seurauksena olla se, että ohjelma ei havaitse mitään muutoksia tuotteissa. (12.)

Röntgenlaitteiden hinnat ovat tulleet jatkuvasti alaspäin osien kehittymisen myötä, mikä on lisännyt niiden käyttöä suuresti. Röntgentutkimuksen onnistumisen kannalta tärkeimpiä komponentteja ovat röntgenlähde ja -kamera. Myös laitteen

ohjelmistolla on merkittävä vaikutus toiminnan tehokkuuteen. Röntgentutkimuksen etuihin kuuluu sen tutkimusnopeus ja se, että sillä pystytään tutkimaan myös pakattuja tuotteita. Röntgentutkimuksella pystytään havaitsemaan myös moneen muuhun tekniikkaan verrattuna huomattavasti laajempi kirjo vierasmetaalleja. Röntgenlaitteiden ohjelmistojen ja toimintojen kehitys on myös osasyy laitteiden suosion kasvuun. Röntgenlaitteilla pystytään havaitsemaan vierasesineiden lisäksi esimerkiksi rikkinäiset, tyhjät ja vajaat pakkaukset. Tuotteiden testaus röntgenlaitteella voidaan tehdä ennen laitteen hankintaa lähettämällä tuotteita laitevalmistajalle, ja he suorittavat testaukset omilla laitteillaan. (12.)

Uusia tekniikoita kehitellään koko ajan laadunvalvonnan helpottamiseksi ja parantamiseksi. Kehitteillä olevia tekniikoita ovat esimerkiksi magneettikuvaus ja mikroaalto- ja ultraäänitutkimukset. Uusien tekniikoiden kehittäminen on kuitenkin hidasta, koska kehitysprosessi on pitkä ja laitteiden tulee täyttää yleiset säädökset ja määräykset. (12.)

3.3 Röntgentutkimuksen ja metallinpaljastimen eroavaisuuksia

Röntgentarkastus ja metallinpaljastimet ovat yleisimmät elintarviketeollisuudessa vierasesineiden löytämiseen käytetyt tekniikat. Molemmat tekniikat ovat olleet käytössä vuosikymmeniä ja valinta niiden väliltä voi olla vaikea. Valintaan vaikuttaa suuresti se, mitä vierasesineitä halutaan tuotteesta löytää. Metallinpaljastimella voidaan löytää lähes kaikki metalliesineet tuotevirrasta. Molemmilla menetelmillä voidaan löytää 1 mm:n kokoisia ja jopa pienempiä metallinpalasia. Röntgenlaitteilla pystytään löytämään näiden lisäksi myös esimerkiksi lasia, luuta ja muovia toisin kuin metallinpaljastimella. (10.)

Molempia tekniikoita voidaan käyttää lähes missä kohdin linjastoa tahansa ja hyvin vaihtelevilla tuotenopeuksilla. Röntgenlaitteet vaativat kuitenkin tasaisen nopeuden kuvaamisen laadun varmistamiseksi. Laitteista metallinpaljastimet soveltuvat paremmin vaikeampiin olosuhteisiin yksinkertaisemman rakenteensa

vuoksi ja ne ovat myös keskimäärin pidempi-ikäisiä kuin röntgenlaitteet. Röntgenlaitteet toimivat ja kestävät parhaiten hallituissa tuotantoympäristöissä. (10.)

Molemmat tekniikat sopivat hyvin laajalle kirjolle tuotteita, mutta kaikki tuotteet eivät sovi molemmille tekniikoille. Metallinpaljastimille vaikeita tuotteita ovat sähköä johtavat tuotteet, mutta röntgenille ne eivät tuota ongelmia. Röntgenille ongelmallisia tuotteita ovat puolestaan todella tiheät ja tuotteet, joiden koostumus vaihtelee suuresti. Nämä seikat vaikeuttavat suuresti vierasesineiden löytämistä tuotteista. Metallinpaljastimien toiminta heikkenee suuresti tai estyy kokonaan, jos tuotteen pakkauksessa on käytetty metallia, mutta röntgenlaitteille tällaisetkin tuotteet pystytään tarkastamaan. Röntgenlaitteet soveltuvat myös huomattavasti paremmin suurille pakatuille tuotteille ja niillä pystytään tarkastamaan myös pullot ja tölkit. Röntgenlaitteiden etuihin kuuluu myös se, että niillä pystytään havaitsemaan rikkoutuneet ja vajaat tuotteet. (10.)

4 MEKI D4 -LÄPIVALAISULAITE

Meki D4 (kuva 3) on Mekitec Oy:n valmistama elintarviketeollisuuden käyttötarkpeisiin suunniteltu automaattinen laadunvalvontalaite. Laite itsessään on valmistettu ruostumattomasta teräksestä ja laitteen sisäpuoli on suojattu säteilyltä 2 mm:n lyijylevyä käyttämällä. Sen toiminta perustuu röntgenkuvaamiseen ja sen pohjalta toteutettavaan tietokoneanalyysiin. Meki D4 -laitteella voidaan havaita tuotteesta erilaisia vierasesineitä, kuten esimerkiksi metallia, lasia ja kovaa muovia. Laitetta voidaan käyttää myös tunnistamaan puutteita pakkauksessa tai mahdollisia rakennevirheitä tuotteessa. Tarkempia tietoja laitteistosta ei kerrota tilaajan toivomuksesta. (13.)



KUVA 3. Meki D4 -läpivalaisulaite (13)

5 TYÖN SUORITUS

5.1 Valion tuotantoprosessi

Työssä asennettiin kolme Meki D4 -röntgenlaitetta Valion Seinäjoen tehtaalle. Valion Seinäjoen tehtaan tärkeimmät tuotteet ovat Valio Voi, rahkat ja raejuusto. Valio työllistää Etelä-Pohjanmaalla suoraan ja välillisesti yli 3000 henkilöä ja tehdas käyttää vuosittain jopa 400 miljoonaa litraa maitoa ja kermaa. (23.)

Laitteista yksi asennettiin voilinjaan ja kaksi rahkalinjoihin. Molemmat rahkalinjastot ja voilinjasto olivat täysin uusia. Voilinjastossa valmistetaan Valion voituotteita. Voilinjasto on yksinkertainen linjasto eli siinä tuotteet tulee jonossa yksitellen. Linjaston korkeus on matalampi kuin rahkalinjastossa, minkä vuoksi laitteen jalvoja jouduttiin lyhentämään sopivan korkeuden saavuttamiseksi. Röntgenlaite asennettiin tuotantolinjan loppupuolelle. Röntgentarkastuksen jälkeen tuotteet leimataan asianmukaisesta, jonka jälkeen ne menevät lopulliseen pakkaukseen. Voilinjalinjaston röntgenlaitteessa on sisällä metalliset ohjaimet, joilla varmistetaan, että paketit tulevat juuri oikeassa kohdassa ja asennossa leimaukseen. Tuote on röntgenlaitteelle melko helppo tarkastettava säännöllisen muodon ja sisällön vuoksi. Tuotteessa ei ole myöskään tarkastukseen suuresti vaikuttavaa pakkausta.

Rahkalinjastoissa valmistetaan Valion rahkatuotteita. Rahkalinjastot ovat molemmat tuplalinjastoja eli molemmissa linjoissa kulkee rinnakkain kaksi rahkapurkkilinjaa. Tämän vuoksi rahkalinjastojen laitteissa käytetään erilaista ohjelmistoa, jossa ohjelma jakaa kuvan kahtia ja tulkitsee molempia puolia erikseen. Linjastoissa tuotteet tulevat röntgenlaitteelle joko yksin tai pareittain. Rahkalinjastoissa laitteet on sijoitettu yksittäisten tuotteiden purkituksen jälkeen. Tuotteet pakataan ja leimataan ennen tarkastusta ja tarkastuksen jälkeen ne kootaan lavoille ja pakataan laatikoihin. Molemmissa linjastoissa päädyttiin sijoittamaan röntgenlaitteet yksittäisten tuotteiden pakkaamisen jälkeen, koska siinä vaiheessa voidaan tarkastaa myös pakkauksen eheys ja sen pisteen jälkeen on hyvin epätodennäköistä, että tuotteisiin päätyy uusia vierasesineitä. Rahkapur-

keissa tarkastusta vaikeuttavat purkkien muovireunat ja vaihteleva syöttöfrekvenssi. Muovireunat pystyttiin kuitenkin rajaamaan tarkastuksesta pois ohjelman avulla ja syöttöfrekvenssi saatiin tasattua kuljettimien ajoituksia säätämällä, jotta säästyään turhilta hylkäyksiltä.

Valio käyttää röntgenlaitteita tuotteiden laadunvalvontaan ja pyrkii niiden käytöllä löytämään erityisesti mahdolliset metalliesineet tuotteista, ennen kuin ne päätyvät kuluttajalle. Esineiden päätyessä kuluttajalle asti voi seurauksena olla kuluttajaluottamuksen heikkeneminen, erinäisiä kuluja ja mahdollisia vaaratilanteita kuluttajalle. Syntyviä kuluja voivat olla esimerkiksi tuotekorvauksista ja vierasesineen alkuperän selvityksestä syntyvät kulut. Monet vähittäiskaupat vaativat nykyään tuotteiden testaamisen.

5.2 Laitteiden tilaus

Laitteiden tilausta tehdessä käytiin aluksi läpi, mikä laitemalli sopisi asiakkaan tuotantolinjaan parhaiten. Laitteen valinnan jälkeen käytiin läpi kaikki laitteeseen ja sen ominaisuuksiin vaikuttavat tekijät. Valintaan vaikuttavia tekijöitä ovat mm. linjaston korkeus, leveys ja nopeus, laitteelle varattu tila, ympäristön lämpötila, tuotteen koko, paino ja pakkausmateriaali, liittymistapa muuhun linjastoon sekä hylkääjien määrä ja tyyppi. Tilauksen yhteydessä käytiin läpi myös pesutavat ja pesutiheys, tuotteiden syöttönopeus, vaaditut signaalit ja röntgenlaitteen ja muun linjaston vaikutukset toisiinsa. Kun kaikki tarvittavat yksityiskohdat oli käyty läpi, sovittiin laitteiden toimitus ja asennuspäivämäärät ja tilattiin laitteet Mekitec Oy:n Kiinan tehtaalta.

5.3 Ohjeiden kokoaminen

Tämän jälkeen tehtävänä oli koota laitteelle kattavat asennus-, huolto- ja pesuohjeet. Tiedot koottiin englanninkielisistä manuaaleista. Asennusohjeessa käytiin läpi laitteen asennuksessa erityistä huomiota vaativia asioita. Sellaisia ovat esimerkiksi kaikkien kaapeleiden ja kytkimien kunnan ja toimivuuden tarkastaminen sekä asennuksen lopuksi vatupassin avulla tehtävä tarkastus, että

laite on suorassa. Jos laite ei ole täysin suorassa, voi se aiheuttaa heiluntaa tai tärinää ja vaikuttaa siten röntgenkuvauksen laatuun.

Pesuohjeessa käytiin läpi laitteen eri osien pesu ja puhdistus. Siinä kerrottiin, mitä asioita pitää ottaa huomioon laitetta puhdistessa ja millaisia pesuaineita voidaan käyttää. Huolto-ohjeessa käytiin läpi laitteen tärkeimmät osat, sähkökytkennät ja turvallisuusasiat. Siinä listattiin laitteen virheilmoitukset ja ohjeistettiin kuinka toimia kussakin tilanteessa. Huolto-ohjeessa kerrottiin myös kuinka liukuhihnan vaihto onnistuu tarvittaessa ja kuinka kuljettimen nopeutta voidaan säätää.

5.4 Asennus ja testaus

Laitteet toimitettiin suoraan Valion tehtaille Seinäjoelle aikataulutussyistä ja laitteet koottiin ja testattiin siellä. Laitteet toimitettiin suoraan Mekitec Oy:n Kiinan tehtaalta rahtilaatikoissa. Asennuspaikalla muu linjasto ei ollut vielä valmiina asennuspäivänä, joten laitteiden täydellinen testaaminen ei ollut mahdollista.

Asennus aloitettiin purkamalla kaikki kolme laitetta osineen laatikoista. Laitteiden kokoaminen aloitettiin kokoamalla laitteiden jalat ja kiinnittämällä itse röntgenlaitteet jalkoihin kiinni. Seuraavaksi kuljettimet otettiin pakkauksista ja asetettiin paikalleen. Kuljettimien asentamisen jälkeen asennettiin säteilyverhot paikalleen ja tunnelinjatkeet laitteiden molemmille sivuille. Asennuksessa käytettiin 0,25 mm lyijyverhoja. Säteilyverhoja jouduttiin muokkaamaan tuotteille sopivaksi leikkaamalla niitä kapeammaksi tuotteiden kaatumisen estämiseksi. Laitteisiin lisättiin normaalien lyijyverhojen lisäksi teflonverhot tuotteen ja verhojen välisen kitkan vähentämiseksi. Tämän jälkeen kiinnitettiin hylkääjien paineilmajärjestelmät laitteiden jalkoihin. Laitteissa ei ollut valmiina asennettuna viivereleitä tunnelinjatkeiden turvakytkimiin, joten ne asennettiin paikan päällä. Releiden viiveet asetettiin noin yhteen sekuntiin. Sitten kytkettiin kuljettimet, hylkääjät ja tunnelinjatkeet control boxiin eli niin sanottuun ohjauskoteloon. Ohjauskotelon kautta saadaan esimerkiksi kuljettimen käyntitieto ja tunnelin jatkeiden turvasensoreiden tiedot. Valion tilauksesta vain laitteen käyntitieto menee valvo-

moon. Hylkäystiedot, tuotekuvat ja muu laitteiden data noudetaan manuaalisesti laitteesta. Laitteet kytkettiin linjastoihin niin, että jos röntgenlaite pysähtyy, niin muukin linjasto pysähtyy.

Seuraavaksi kytkettiin laitteisiin sähköt ja testattiin laitteiden toiminta. Aluksi testattiin, että kaikkiin laitteisiin tulee virrat ja laitteet ja ohjelmistot käynnistyvät. Sitten kokeiltiin kuljettimien toiminta ja tarkastettiin niiden pyörimissuunnat. Tämän jälkeen testattiin, että röntgenkamerat ottavat kuvaa ja kuvanlaatu on hyvä. Täydellistä testausta tuotteiden kanssa ei pystytty toteuttamaan, koska muu linjasto oli vielä keskeneräinen. Testauksessa selvisi, että yhden laitteen näyttö oli vaurioitunut kuljetuksessa, mikä esti kyseisen laitteen toiminnan testaamisen. Vaurioitunut näyttö vaihdettiin koeajojen yhteydessä. Laitteiden testaamisen jälkeen ne säädettiin linjaan sopivalle korkeudelle säädettävien jalkojen avulla ja siirrettiin paikalleen. Muun linjaston ollessa vielä kesken laitteita ja hylkääjiä ei pystytty liittämään linjastoon. Lopuksi laitteisiin asennettiin määräysten mukaiset varoitustarrat ja laitekilvet. Laitekilvissä tulee olla ilmoitettuna laitteen sarjanumero sekä röntgenputken suodatuksen merkintä, suurin käyttöjännite ja virta. Laitetiedot sarjanumeroa lukuun ottamatta voidaan ilmoittaa myös laitteen käyttöohjeessa. Asennuksen yhteydessä asiakkaalle luovutettiin myös kootut ohjeet ja säännösten vaatimat käyttöpaikan kielellä kirjoitetut käyttöohjeet. Kuvassa 4 on esitettyinä rahkalinjaston laitteet.



KUVA 4. Rahkalinjastojen röntgenlaitteet

5.5 Koeajot ja laitteiden luovutus

Koeajojen yhteydessä suoritettiin laitteiden lopullinen testaus. SAT-testi eli site acceptance test suoritettiin jokaiselle linjalle erikseen niille sovittuina päivinä. Ennen testejä linjaston tuotteet opetettiin laitteille ja kokeiltiin, että vierasesineet löytyvät. Kuvassa 5 on esitetty kuva hyväksytyistä rahkapurkeista ja kuvassa 6 on toiseen tuotteista laitettu testivierasesineeksi lasia.

MEKI Röntgen tarkastusjärjestelmä MEKITEC

Röntgen päällä

44 kV 1500 uA

OK



Mmekitec

OK:	2	100.00 %
HYL:	0	0.00 %
Yhteensä:	2	

Mmekitec
FOR SAFE FOOD

Tuotteen nimi:
rahka

Viimeisin hylkäys syy:

Nollaa

Katselu

Pysäytä

Poistu

KUVA 5. Hyväksytyt rahkatuotteet

MEKI Röntgen tarkastusjärjestelmä MEKITEC

Röntgen päällä

Vierasesine

44 kV 1500 uA



mekitec
FOR SAFE FOOD

Tuotteen nimi:
rahka

Viimeisin hylkäys syy:
Vierasesine

Nollaa

Katselu

Pysäytä

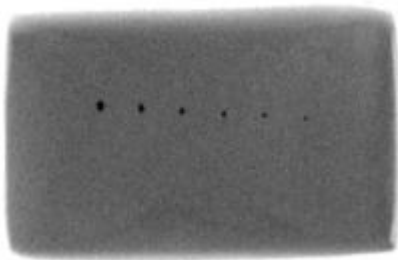
Poistu

OK:	2	66.67 %
HYL:	1	33.33 %
Yhteensä:	3	

mekitec

KUVA 6. Testivierasesine rahkapurkissa

Kuvassa 7 näkyy voilinjän tuote, jossa on testivierasesine. Vierasesineenä kuvassa on käytetty ruostumatonta terästä.



KUVA 7. Vierasesineet voipaketissa

Koeajojen yhteydessä annettiin myös laitteiden operaattoreille käyttökoulutus ja huoltohenkilöstölle huolto- ja käyttökoulutus. Koeajoissa testattiin koko linjaston toimivuutta. Ensimmäiset koeajot ajettiin 70 % tuotantoteholla tunnin ajan. Tässä vaiheessa vielä tarkastettiin että kaikki linjaston laitteet toimivat ja säädöt ovat kohdallaan. Tässä vaiheessa tarkastettiin myös tuotannon sujuvuus, että mihinkään kohtaan linjastoa ei aiheudu turhia ruuhkia tai tukkoja. Linjaston ongelmakohdat korjattiin ja linjaston nopeudet tarkastettiin. Kun 70 % koeajot oli suoritettu, siirryttiin 100 % tuotantoteholla suoritettuun koeajoon. 100 % tuotantoteholla ajettiin 2 tuntia ja kun tämä saatiin onnistuneesti suoritettua, hyväksyttiin linjasto tuotantoon.

Koeajojen yhteydessä käytiin läpi kaikki asennukseen ja testaukseen liittyvät tärkeät asiat. Koulutusten lisäksi mitattiin laitteiden säteilyt säteilymittarilla ja tarkastettiin, että ne ovat säädösten mukaiset. Mittaustulokset olivat kaikilla laitteilla välillä 0,09–0,25 $\mu\text{Sv/h}$. Koeajojen jälkeen luovutettiin asiakkaalle vaaditut dokumentit, joita olivat luovutuspiirustukset, vaatimustenmukaisuustodistus ja varaosaluettelo.

5.6 Yhteenveto ja kehitysjatukset

Kokonaisuutena projekti eteni melko sujuvasti. Laitteiden tilaus toimi hyvin kattavan tilauskaavakkeen vuoksi, koska sen avulla käytiin läpi kaikki laitteiden ominaisuuksien tärkeät yksityiskohdat. Laitteiden asennus oli melko yksinkertainen prosessi. Asennuksen suurimmat ongelmat aiheutuivat muun linjaston keskeneräisyydestä ja sen myötä aikataulun venymisestä. Kuljetuksessa vaurioitunut näyttö saatiin hyvin vaihdettua ilman aikataulun venymistä, koska muun linjaston valmistuminen viivästy. Koeajot, testaus ja laitteiden luovutus sujuivat ilman suuria ongelmia. Laitteiden testaaminen olisi ollut helpompaa, jos laitteet olisi ehditty toimittaa aluksi Mekitecin Oulun toimistolle. Siellä laitteiden toiminta olisi voitu testata etukäteen ja tuotteet olisi voitu opettaa laitteille valmiiksi. Jos laitteet olisi testattu näin, olisi vaurioitunut näyttö havaittu aiemmin ja vaihtaminen olisi ollut helpompaa. Myös esimerkiksi viivereleiden asennus olisi ollut helpompi toteuttaa siellä kuin tehdasolosuhteissa.

Itse röntgenlaite sai käyttäjiltä hyvää palautetta helppokäyttöisyydestään. Käyttökokemusta voitaisiin kuitenkin parantaa vielä esimerkiksi käyttöliittymän paremmalla värien käytöllä. Sen avulla operointinäytöstä saataisiin vieläkin selkeämpi ja miellyttävämpi käyttöä. Operointinäyttöön voisi liittää vielä näkyviin esimerkiksi viiden viimeisen hylkäyksen tiedot, kuten syy ja aika. Tämä helpottaisi operaattoreiden tehtävää tuotteiden tarkastuksessa. Myös tuotteiden opetusprosessia voitaisiin kehittää vielä yksinkertaisemmaksi esimerkiksi hylkäysehto- ja selkeyttämällä. Tällä säästyttäisiin väärin tai huonosti opettujen tuotteiden aiheuttamilta ongelmilta, kuten turhilta hylkäyksiltä tai vierasesineiden löytymättömyydeltä.

Laitteen kompakti koko on suuri etu, mutta sen myötä esimerkiksi kytkentöjen tarkastaminen tai komponenttien vaihtaminen on melko työlästä. Laitteiden huoltaminen ja mahdollisten vikojen diagnosointi olisi helpompaa, jos laitteen komponentteihin pääsisi käsiksi paremmin. Tähän ratkaisuna voisi olla esimerkiksi laitteen katon aukeaminen tai tärkeiden komponenttien asentaminen liukuville kiskoille. Tämän myötä osat saataisiin paremmin näkyville ja vikojen ratkaiseminen helpottuisi.

Laitteiden käyttöohjeiden mukana voitaisiin jakaa asiakkaalle myös kattava säteilyturvallisuuspaketti. Siinä voitaisiin hyödyntää STUKin säteilyturvallisuusjulkaisuja ja esittää kuvan 2 mukaisia esimerkkejä säteilyannoksista. Tämä lisäisi röntgentietoutta ja parantaisi laitteiden käyttökokemusta.

6 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli kolmen röntgenlaitteen asennus, testaus ja luovutus Valion Seinäjoen tehtaalle. Laitteilla oli tarkoitus suorittaa tuotteiden automaattista laadunvalvontaa. Tämän lisäksi tarkoituksena oli asennuksen dokumentointi ja laitteiden asennus-, huolto- ja pesuohjeiden kokoaminen.

Laitteiden asennuksessa ilmeni pieniä ongelmia, mutta ne saatiin toimimaan aikataulussa. Tuotantolinjat, joihin laitteet asennettiin, olivat kaikki kokonaan uusia, mikä hankaloitti laitteiden asennusta ja niiden testausta. Myös laitteiden toimivuutta muun linjaston kanssa ei voitu testata kunnolla ennen varsinaisia koeajoja. Linjasto saatiin ongelmista huolimatta käyttöön ajallaan.

Työn suorituksen aikana ilmeni joitain pientä kehitystyötä vaativia asioita, mutta muuten laite vaikutti hyvin toimivalta ja kilpailukykyiseltä. Laitteet saivat hyvää palautetta asiakkaalta muun muassa helppokäyttöisyydestään ja sen suhteellisen pienestä koosta.

Työn aihe oli mielenkiintoinen ja ajankohtainen. Työn yhteydessä pääsi näkemään monenlaisia tuotantoprosesseja ja tuotantolaitteistoja. Varsinaisen työn kohteen lisäksi pääsi tutustumaan moneen muuhun tuotantolaitokseen ja Mekitec Oy:n testitiloihin, mikä oli varsin opettavaista ja kehittävää.

LÄHTEET

1. Inkinen, Pentti – Manninen, Reijo – Tuohi, Jukka. 2006. Momentti 2 Insinööri-fysiikka. Helsinki: Otava.
2. Miettinen, Juha – Leinonen, Pertti – Riutta, Erkki – Heinonen, Kari – Kokko, Voitto. 2009. Muita kunnonvalvonnan menetelmiä. Teoksessa Mikkonen, Henry (toim.) Kuntoon perustuva kunnossapito. Helsinki: KP-Media Oy.
3. Jauhiainen, Jukka. 2007. Röntgenkuvaus, digitaalinen kuvaus ja tietokone-tomografia. Oulun ammattikorkeakoulu. Saatavissa:
<http://www.tekniikka.oamk.fi/~jjauhia/opetus/mittalaitteet/mittalaitteet07-v1.1.pdf>. Hakupäivä 19.12.2013.
4. Röntgenputki. 2013. Wikipedia. Saatavissa:
<http://fi.wikipedia.org/wiki/R%C3%B6ntgenputki>. Hakupäivä 18.12.2013.
5. Väisälä, Seppo – Korpela, Helinä – Kaituri, Mauri. 2004. Säteilyn käyttö teollisuudessa ja tutkimuksessa. Teoksessa Pukkila, Olavi (toim.) Säteilyn käyttö. Helsinki: Säteilyturvakeskus. Saatavissa:
http://www.stuk.fi/julkaisut_maaraykset/kirjasarja/fi_FI/kirjasarja3/. Hakupäivä 3.2.2014.
6. Säteilyn käyttö terveydenhuollossa. 2013. Säteilyturvakeskus. Saatavissa:
http://www.stuk.fi/sateilyn-hyodyntaminen/terveydenhuolto/fi_FI/index/. Hakupäivä 3.2.2014.
7. Ionisoiva säteily. 2010. Säteilyturvakeskus. Saatavissa:
http://www.stuk.fi/ihminen-ja-sateily/mitaonsateily/fi_FI/ionisoiva/. Hakupäivä 6.1.2014.
8. Esimerkkejä säteilyannoksista. 2012. Säteilyturvakeskus. Saatavissa:
http://www.stuk.fi/sateilyvaara/fi_FI/esim_annos/. Hakupäivä 6.1.2014.

9. ST 5.2.2008. Tarkastus- ja analyysiröntgenlaitteiden käyttö, 26.9.2008. Säteilyturvakeskuksen säädöskokoelma. Saatavissa:

<http://plus.edilex.fi/stuklex/fi/lainsaadanto/saannosto/ST5-2>. Hakupäivä 18.2.2014.

10. Ries, Bob. 2010. Metal Detection versus X-ray inspection. Food Safety Magazine Signature Series. Saatavissa:

http://www.thermoscientific.fr/eThermo/CMA/PDFs/Various/File_54213.pdf. Hakupäivä 9.3.2014.

11. Fysikaaliset vaaratekijät. 2014. Evira. Saatavissa:

<http://www.evira.fi/portal/fi/elintarvikkeet/hygieniaosaaminen/tietopaketti/elintarvikkeiden+riski-+ja+vaaratekijat/fysikaaliset+vaaratekijat/>. Hakupäivä 9.2.2014.

12. Peariso, Doug. 2005. Fine-tuning your foreign material control investment. Food Safety Magazine. Saatavissa:

<http://www.foodsafetymagazine.com/magazine-archive1/augustseptember-2005/fine-tuning-your-foreign-material-control-investment/>. Hakupäivä: 4.2.2014.

13. Meki -for safe food. Mekitec Oy. Saatavissa:

<http://www.mekitec.com/fi/meki.html>. Hakupäivä 19.12.2013.

14. ADAM-6000 Series user manual. 2011. Advantech Corporation. Saatavissa:

http://www.bb-elec.com/Products/Manuals/ADAM-6000Series_Manual_V4_June2011.pdf. Hakupäivä 18.2.2014.

15. X-ray generators. 2011. VJ Technologies. Saatavissa:

http://www.vjt.com/IXS%20X-ray%20Generators/Foreign_Objects_X-ray%20Generators.html. Hakupäivä 1.3.2014.

16. User manual Interroll RollerDrive. 2013. Interroll Engineering. Saatavissa:

http://www.interroll.com/media/editorial_media/interroll_group/downloads/antriebe_foerderrollen/bedienungsanleitungen/roller_drives/englisch_1/RollerDrive_EC200_EC300_V3_en.pdf. Hakupäivä: 18.2.2014.

17. PNOZ X7 -turvarajakytkimet. Pilz. Saatavissa: <https://www.pilz.com/fi-DK/eshop/0001000020700280FJ/E-STOP-safety-gates-light-barriers/774059=PNOZ-X7-24VACDC-2n-o>. Hakupäivä: 18.2.2014.
18. Micro switch basic switches line guide. 2010. Honeywell. Saatavissa: http://media.digikey.com/PDF/Data%20Sheets/Honeywell%20Sensing%20&%20Control%20PDFs/Micro_Switch_Guide.pdf. Hakupäivä 18.2.2014.
19. 59145 and 59150 Flange mount features and benefits. Hamlin. Saatavissa: http://www.hamlin.com/specsheets/59145_59150.pdf. Hakupäivä 18.2.2014.
20. Yleiskäyttöiset valokennot pienessä muovikotelossa. 2014. Omron. Saatavissa: http://industrial.omron.fi/fi/products/catalogue/sensing/photoelectric_sensors/compact_square/e3z/default.html. Hakupäivä 18.2.2014.
21. MP 30 mm product information. Patlite. Saatavissa: <http://www.patlite.com/product/detail0000000094.html>. Hakupäivä 27.2.2014.
22. Compressed air preparation. Festo. Saatavissa: https://www.festo.com/cat/fi_fi/products_030000. Hakupäivä: 27.2.2014.
23. Lähiruoka tekee hyvää Seinäjoella. 2011. Valio. Saatavissa: <http://www.valio.fi/tuotteet/artikkeli/lahiruoka-tekee-hyvaa-seinajoella/>. Hakupäivä 27.2.2014.