



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Juha Ruotsalainen

Tuotantolinjan kehittäminen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Konetekniikka

Insinöörityö

31.5.2022

Tekijä Otsikko	Juha Ruotsalainen Tuotantolinjan kehittäminen
Sivumäärä Aika	26 sivua 31.5.2022
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Konetekniikka
Ammatillinen pääaine	Valmistus- ja tuotantotekniikka
Ohjaajat	Tuotantopäällikkö Mikko Virkkunen, YTM Industrial Oy lehtori Timo Junell
<p>Tämän insinööriyön tilaajana oli YTM Industrial Oy. Työn tavoitteena oli kehittää tärinänvaimennin tuotantolinjaa siten, että saatiin kevennettyä työkuormaa ja parannettua työntekijöiden ergonomiaa. Työssä hyödynnettiin Lean-teoriaa, erityisesti 6S-sääntöjä tuotantolinjan tehokkuuden parantamiseksi. Työn lähtökohtana oli perehtyä tärinänvaimennintuotantolinjaan ja lähteä sen pohjalta rakentamaan uutta ratkaisua.</p> <p>Työssä esitellään tuotantolinjan työvaiheet ja tarkastellaan tärinänvaimennintuotantolinjan parannusmahdollisuuksia ottaen huomioon työvälineiden ja varastojen sijainnit sekä työntekijöiden ergonomia työtasojen ja -tuolien osalta.</p> <p>Lopputuloksena saatiin selvitettyä tuotantolinjan korjattavissa olevat asiat muuttamatta itse layoutia sen vähäisen tilan vuoksi. Parannusehdotukset on esitelty työvaihekohtaisesti. Lopulliset ajalliset hyödyt pystytään laskemaan vasta vertailemalla vanhan ja uuden parannelun layoutin läpimenoaikoja.</p>	
Avainsanat	layout-suunnittelu, tuotantolinja, Lean

Author Title	Juha Ruotsalainen Product Line Development
Number of Pages Date	26 pages 31 May 2022
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Mechanical Engineering
Professional Major	Manufacturing and Production Engineering
Instructors	Mikko Virkkunen, Production Manager, YTM Industrial Oy Timo Junell, Senior Lecturer
<p>This Bachelor's thesis was commissioned by YTM Industrial Plc. The aim of this thesis was to develop the production line of the vibration dampers, so the workload would be reduced, and the ergonomics would be improved. The principle of Lean manufacturing, and more specifically the 6S rules, were used as methods to improve the efficiency of the product line. In the starting point of this thesis the writer of the thesis got acquainted with the production line of the vibration dampers and began to build a new solution based on it.</p> <p>The thesis introduces the work steps of the production line of the vibration dampers and examines the possibilities for improving the line, considering the locations of the tools and the shelves as well as the ergonomics of the workers' worksurfaces and chairs.</p> <p>As a result, the improvements of the production line were found out without changing the layout itself. Suggestions for improvement were presented for each work step. The final benefits can only be calculated by comparing the lead times of the old and the new improved layout.</p>	
Keywords	layout design, production line, Lean

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
1.1	Työn tausta	1
1.2	Työn tavoitteet	2
1.3	Työn toteutus	2
2	Tuotantojärjestelmät	3
2.1	Yleistä tuotantojärjestelmistä	3
2.2	Layout	4
2.3	Ergonomia	6
3	Lean	8
3.1	Hukat	8
3.2	Arvovirtakuvaus	10
3.3	6S:n toiminta	11
4	Tärinänvaimenninlinjan nykyvaiheen kartoitus	13
4.1	YTM-Industrial Oy	13
4.2	YTM-LV-sarjan tärinänvaimentimien työvaiheet	14
4.3	Tuotantolinjan parannusten kartoitus	18
5	Tärinänvaimenninlinjan parannusehdotukset	19
5.1	Parannusehdotukset	19
5.2	Kokeillut menetit leikkauspisteellä	21
6	Tulokset ja päätelmät	22
6.1	Keskeiset tulokset	22
6.2	Johtopäätökset	23
7	Yhteenveto	24
	Lähteet	26

Lyhenteet ja käsitteet

Lean	Toimintamalli, jolla pyritään karsimaan prosessista turha työ.
6S	Lean-työkalu, jota käytetään siisteyden ja järjestyksen ylläpidon kehittämisessä.
JIT	Just-in-Time. Teollisuudessa ja kaupassa käytetty johtamisfilosofia. Saa daan tarvittu palvelu, jolla on haluttu vaikutus silloin, kun sitä tarvitaan.
LV	Linatex vaimennin.
TPS	Toyota Product System, Toyotan tuotantojärjestelmä.
VSM	Value Stream Mapping, arvovirtakuvaus.

1 Johdanto

1.1 Työn tausta

Insinööriyön tilaajana toimii YTM-Industrial Oy. Tämän insinööriyön tavoitteena on parantaa kohdeyrityksen YTM LV-sarjan tärinävaimentimien tuotantolinjaa hyödyntämällä Lean-ajattelua. Vantaalla sijaitseva YTM-Industrial Oy valmistaa erilaisten teknisten laitteiden, komponenttien ja järjestelmien myyntiin, suunnitteluun ja jälkipalveluihin erikoistunut yritys.

YTM-Industrial Oy:n YTM LV -sarjan tärinävaimentimet ovat maailman huippuluokkaa kone- ja laitetärinän vaimennukseen. Mittausten mukaan vaimentimet ovat ylivoimaisia ja vuosikymmenien kokemus takaa todella toimivan tuotteen. Tärinävaimentimissa on käytetty 95 % puhdasta luonnonkautsua, joka on valmistettu tuoreesta lateksista lisäämättä kemikaaleja tai mineraaleja, jotka heikentäisivät tuotteen laatua. (Yritysesittely n.d.)

YTM-LV -sarjan vaimentimien tuotanto on fyysisesti raskasta työtä ja kasvanut kysyntä lisää työntekijöiden kuormitusta. Tästä syystä linjaa on tärkeä päivittää nykyisen kysynnän tasolle, jotta tuotanto ei kärsi ja työntekijöille ei aiheudu kuormituksesta johtuvia sairauspoissaoloja.

Linatex-luonnonkumin leikkauspisteellä on kokeiltu aikaisemmin erilaisia leikkauskeinoja ja parhaaksi todettu, joskin ei ergonomisesti tehokkain, tapa on manuaalisesti sähkökäyttöisellä veitsellä leikata työpöydällä.

Leikkauskeinoina on harkittu myös vesileikkausta, mutta se vaatii paljon isommat tilat ja kumin leikkaaminen tällä keinolla on hidasta, sekä jälki on rosoisempaa kuin käsin leikkaamalla.

1.2 Työn tavoitteet

Tämän työn tavoitteena oli parantaa tuotantolinjan läpimenoaikaa käyttämällä hyväksi Lean-ajattelua. Lisäksi tavoitteena oli parantaa työntekijöiden ergonomiaa eri työvaiheissa. Kohteena olevalla tuotantolinjalla valmistetaan Linatex luonnonkumista tärinävaimentimia teollisuuslaitteiden ulkoista vaimennusta varten.

1.3 Työn toteutus

Tuotantolinjan kehittämisen perusteena käytettiin Lean-teoriaa ja työntekijöiden ergonomian huomioon ottamista. Lean-filosofiaa käyttämällä työnkierto ja turhat liikkeet saadaan karsittua ja ergonomisempien työtasojen ja -tuolien vaihtamisella saadaan karsittua turhat sairauspoissaolot. Tässä työssä näitä keinoja käytettiin hyväksi työntekijöiden työkuorman helpottamiseksi tärinävaimenninlinjalla.

Työ aloitettiin kartoittamalla tuotantolinjan nykytilanne luomalla arvovirtakuvaus, eli Value Stream Mapping. Tarkoituksena on tarkastella eri työvaiheiden kestoja ja toteutuneiden parannusehdotusten jälkeen tarkastella työvaiheita uudelleen ja luoda vertailutaulukko mitattujen tulosten perusteella. Tuotantolinjalla käytiin tarkastelukierroksella, jonka aikana jokainen työpiste kuvattiin ja käytiin läpi vaihe vaiheelta mitä milläkin pisteellä tehdään. Kierroksen aikana havaittiin selviä parannuskohteita työpisteiden ergonomian ja järjestyksen osalta. Ongelmakohtien havaitsemisen jälkeen käytiin keskustelua työntekijöiden kanssa mahdollisista helposti muutettavissa olevista kehityskohteista.

Tuotantolinjalla on kaksi työntekijää ja työkuormaa on paljon, joten lähtökohtaisena kehityskohteena oli keventää tätä taakkaa käyttämällä hyväksi Lean-ajattelua. Kiireisellä tuotantolinjalla oli myös tarkoituksena ottaa huomioon työntekijöiden ergonomia, jotta välttyttäisiin ylimääräisiltä sairauspoissaoloilta.

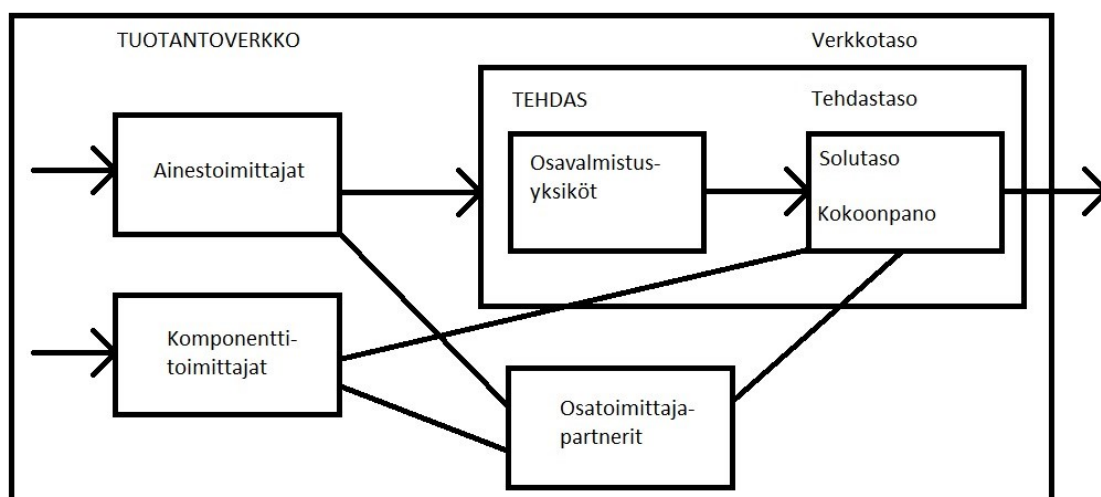
2 Tuotantojärjestelmät

2.1 Yleistä tuotantojärjestelmistä

Tuotantojärjestelmän tarkoituksena on saada materiaali virtaamaan valmistuksessa tilauksesta toimitukseksi. Tuotantojärjestelmä jaetaan eri yksiköihin. Valmiin tuotteen ja sen markkinat hallitsevalla yrityksellä on yleensä päätehdas, joka koostuu useista komponenttivalmistus- ja kokoonpanoyksiköistä. Komponenttivalmistusyksiköllä tarkoitetaan valmistusjärjestelmän yhtä osakokonaisuutta.

Tuotantoyksiköt voi sijaita myös päätehtaan ulkopuolella. Tuotantoyksiköt muodostavat yhdessä tuotantoverkon (kuva 1), jolloin tuotantojärjestelmä voidaan nähdä verkko-, tehdas-, solu- ja työasematasolla.

Tehdas ja tehdastaso muodostavat tuotantojärjestelmän ytimen. Koko tuotantoverkon ohjaus tapahtuu yleensä tehdastasolla. Suunnittelujärjestelmä toistaa samaa kaavaa osatoimittajien tehtailla ja osittain myös päätehtaan komponenttivalmistusyksiköissäkin. Täten suunnittelujärjestelmä ulottuu koko tuotantoverkon alueelle. (Lapinleimu ym. 1997: 15–16.)



Kuva 1. Tuotantoverkko ja tuotantojärjestelmän tasot (Lapinleimu ym. 1997: 16).

2.2 Layout

Layoutilla tarkoitetaan sitä, miten tuotantotilat on järjestetty, esimerkiksi kuinka laitteet, työpisteet, kulkureitit ja varastot on sijoitettu tehtaalla. Hyvän layoutin suunnitteluun kuuluu usein aikaa, työtä ja rahaa, eikä olemassa olevan layoutin muuttaminen ole välttämättä helppoa. Layoutilla on kuitenkin suuri merkitys sujuvuuden ja tehokkuuden kannalta tuotannossa. (Tuotannon Layout n.d.)

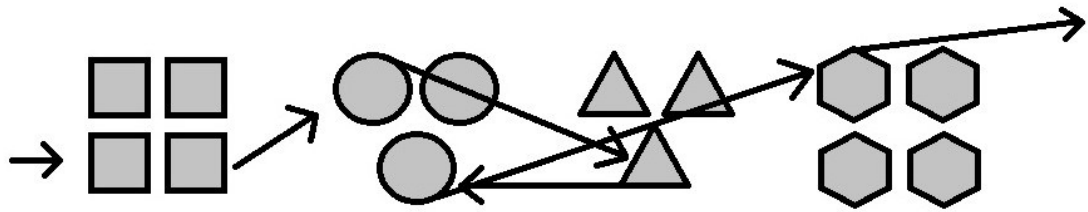
Hyvässä tuotannon layoutissa on otettava huomioon

- turvallisuus työntekijöille
- organisointi siten, että se on mahdollisimman tehokas: materiaalin ja valmiiden tuotteiden kuljettamisessa on minimoitava turhan pitkät ja edestakaisin kuljettamiset
- tuotteen läpäisyajan sekä työntekijöiden turhien liikkeiden minimointi
- tilan tehokas käyttö

Tuotannon virtauksen tyylin perusteella layouttyypit voidaan jakaa prosessi- tai tuotantolähtöisiin layouteihin.

Funktionaalinen layout

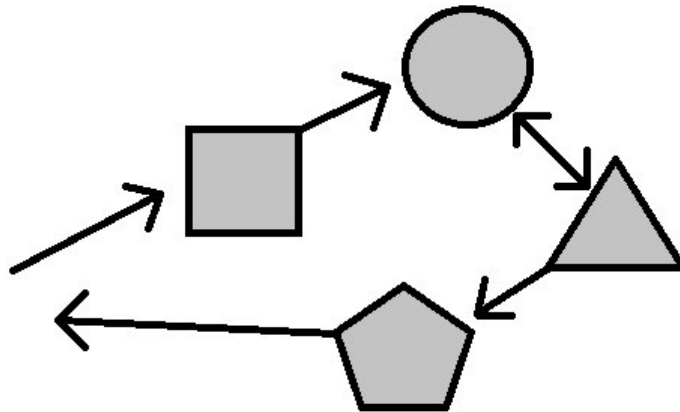
Prosessilähtöisessä, eli funktionaalisisessa layoutissa samankaltaiset toiminnot on ryhmitelty yhteen: esimerkiksi poraus, hitsaaminen, kumiosien valmistus. Loppukokoonpano ja pakkaus ovat omia osastoja. Funktionaalinen layout toimii parhaiten tuotantolinjoilla, missä on suuri tuotekirjo, mutta läpäisyajat ovat usein pitkiä johtuen materiaalivirtojen monimutkaisuudesta. (Tuotannon Layout n.d.) Kuvassa 2 on esitetty funktionaalinen layout.



Kuva 2. Funktionaalinen layout (Tuotannon Layout n.d.).

Solulayout

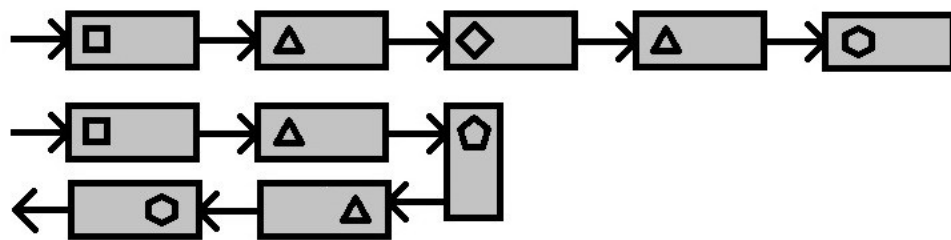
Tuotelähtöisessä layoutissa lähtökohta on suunnitella linja päätuotteen valmistusjärjestyksen mukaan. Pienivolyymiseen tuotantoon solumainen layout on hyvä ratkaisu. Solulayoutissa yksi solu sisältää osakokoonpanoihin vaaditut tarvikkeet ja toiminnot. (Tuotannon Layout n.d.) Kuvassa 3 on esitetty solulayout.



Kuva 3. Solumainen layout (Tuotannon Layout n.d.).

Tuotantolinja

Myös tuotantolinja on tuotelähtöinen layout. Linja voi olla pakkotahtinen, kuten autotehtaissa tai vapaatahtinen, jolloin tuotanto on järjestetty linjamaisesti, mutta materiaali ei siirry työpisteeltä seuraavalle pakkotahtisesti. Pakkotahtinen tuotantolinja soveltuu hyvin suurille tuotantovolyymeille samankaltaisia tuotteita. Tällainen tuotantolinja ei kuitenkaan toimi hyvin, jos tuotteissa on vaihtelua. (Tuotannon Layout n.d.) Kuvassa 4 on esitetty tuotantolinja.



Kuva 4. Tuotantolinja (Tuotannon Layout n.d.).

2.3 Ergonomia

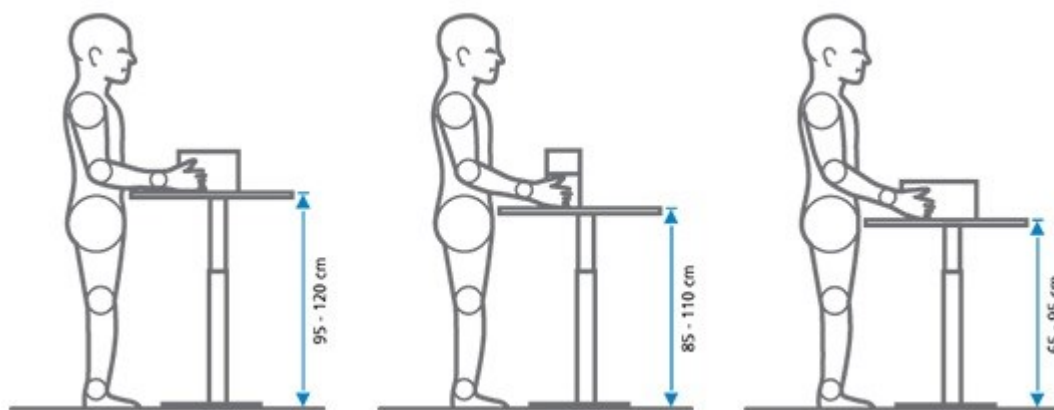
Ergonomian tehtävänä on tutkia ihmistä työssään ja tekniikan käyttäjänä sekä auttaa suunnittelijoita ja kehittäjiä luomaan parempia toimintaympäristöjä. Ihmiselle sopimaton tekniikka ja toiminta aiheuttavat monenlaisia ongelmia, esimerkiksi: viihtymättömyyttä, tehottomuutta, toimintahäiriöitä, terveyshaittoja, tapaturmia ja onnettomuuksia. Ideaalissa toimintaympäristössä työ on sujuvaa ja työntekijä voi käyttää taitojaan parhaimmalla mahdollisella tavalla hyvän lopputuloksen saamiseksi. Hyvän toimintaympäristön aikaansaamiseksi tarvitaan tietoa ihmisestä ja keinoja, joilla jokaisen vaatimukset otetaan huomioon suunnittelun ja kehittämisen eri vaiheissa. Tätä kokonaisuutta kutsutaan ergonomiaksi. (Launis ym. 2011: 17–18.)

Tuotantolaitoksilla ergonomiassa on kyse työn sovittamisesta työntekijöille. Ergonomian parantamisella vähennetään lihasten väsymistä ja ennaltaehkäistään tuki- ja liikuntaelinten sairauksia. (Tuotannon Ergonomia n.d.)

Fyysinen toiminta ja kuormituksen optimointi

Fyysinen toiminta on monimutkainen yhdistelmä lihasten ja muun elimistön yhteistyötä. Fyysisellä toiminnalla ei tarkoiteta vain liikettä ja työtä, vaan siihen kuuluu myös asennon ylläpitäminen ja tasapainon hallinta. Tavoite on käyttää voimia työtilanteissa niin, että haluttu tulos saadaan aikaiseksi tehokkaasti ja sujuvasti ilman lihaksiston liiallista kuormittamista tai väsymistä. Tähän voidaan vaikuttaa optimoimalla työasentoja ja tasojen korkeuksia eri työtyyppien mukaan. (Launis & Lehtelä 2011: 69.) Kuvassa 5 on esitelty optimaaliset työpisteiden korkeudet.

Ergonomian tavoite on kehittää fyysistä toimintaa kokonaisuutena siten, että se on sopivaa pidemmälläkin aikavälillä. Hyvä työtulos saadaan aikaan optimoimalla fyysisen kuormituksen määrää. Tavoitteena on työntekijän voimavarojen ja työ- sekä toimintakyvyn säilyttäminen mahdollisimman pitkään. Fyysisen toiminnan säilyvyyttä voidaan säädellä ratkaisevasti ergonomian keinoin. (Launis & Lehtelä 2011: 70.)



Kuva 5. Työpisteiden optimaaliset korkeudet työtyypin mukaan (Tuotannon Ergonomia n.d.).

3 Lean

Toyota Product Systemsin alkujuuret sijoittuvat Japaniin, kun Toyota Motor Corporationin johto antoi päätuotantoinisörille Taiichi Ohnolle tehtäväksi parantaa yrityksen tuotavuutta. Taiichin tuli keksiä sellaisia toimenpiteitä, joilla saataisiin tehtyä enemmän vähemmällä. Lean (Lean valmistus) oli alun perin valmistuskonsepti ja sovellutuksessa monet työkalut ja tekniikat on kehitetty palveluorganisaatioissa. Tunnetuimpana esimerkkinä on ”Kanban”, joka on mukautettu supermarketien tavaranohjauksesta. (Leanin Historia n.d.)

Lean-ajattelun kulmakivenä on jatkuva parantaminen, eli hukkan eliminointi ja virtauksen jatkuva parantaminen. Keskeisessä roolissa ovat työntekijät: sanotaan, että suurin hukka on työntekijän osaamisen käyttämättä jättäminen. Jatkuvaa parantamista tarkastellaan toiminnan mittaamisella ja mittareiden tuomisella osaksi päivittäistä johtamista. Mittareilla saadaan havaittua poikkeamat ja juurisyyhin päästään puuttumaan ajoissa. Hukkaa ei voida koskaan poistaa kokonaan, mutta sen minimoimiseen tulee pyrkiä jatkuvasti. Työntekijät saavat tarkasti määritellyt vastuualueet tuotannon eri vaiheissa ja kannustetaan kokonaisuuden parantamiseen. Keskeisiä käsitteitä ovat Jidoka, eli kyky keskeyttää tuotanto ihmisvoimin tai koneellisesti mikäli ilmenee koneen toimintahäiriö, laatuvirhe tai muu vastaava ja JIT, eli Just-in-Time. Tuotantoprosessin kehittyessä voidaan havaita uusia kohteita hukkien poistamiseksi. Yrityksen ei tule tyytyä tiettyyn hyväksi todettuun ratkaisuun, sillä aina löytyy parantamisen varaa. (Leanin Historia n.d.)

3.1 Hukat

Tuotannon hukiksi lasketaan toiminnot, jotka eivät lisää kyseisen tuotteen arvoa. Turhan suuri varastointi sekä ylimääräiset liikkeet ja tarkastukset ovat tällaisia.

Yleensä suurin osa tuotannon läpimenoajasta on asiakkaan kannalta arvoa tuottamattomaa toimintaa, eli hukkaa. Parhaassa tilanteessa jokainen työvaihe luo tuotteelle arvoa, jolloin mikään työvaihe ei ole asiakkaan kannalta turhaa ja virtausyksikkö jalostuu jollain tavalla tai sille tapahtuu jotain. Yksi Leanin perusajatuksista on vaihtelun vähentäminen.

Vaihtelun seurauksena syntyy hukkaa, joka heikentää suorituskykyä. Tuotantolinjoilla yleisimmät vaihtelun aiheuttamat Lean-filosofian 7 hukkaa ovat seuraavat:

- Tarpeeton liikkuminen. Jos työssä tarvittavat työkalut, laitteet tai materiaalit eivät ole työpisteen lähellä saatavilla, niin niitä pitää hakea ympäri työaluetta.
- Odottaminen. Vajavaisesti suunniteltu prosessi aiheuttaa pullonkauloja ja turhaa odottamista.
- Ylituotanto. Ylituotannossa tuotetaan enemmän kuin asiakas tai seuraava tuotantovaihe tarvitsee. Tämä kasvattaa varastoja ja lisää hukkaa.
- Yliprosessointi. Yliprosessoinnilla tarkoitetaan tehtäviä, toimintoja tai materiaaleja, jotka eivät tuo asiakkaalle lisäarvoa.
- Virheet ja korjaaminen. Virheellisten osien korjaus tai pois heittäminen, uudelleen työstö. Virheiden uudelleenkäsittely ja selvittäminen.
- Kuljettaminen. Siirretään valmiita tuotteita varastoihin. Kuljetetaan materiaalia osastoille.
- Liikkuminen. Ylimääräinen kävely, esim. työkalujen hakeminen työpisteelle.

(Tuotannon Hukat n.d.)

Kysynnän vaihtelut hankaloittavat mahdollisuuksia standardoida prosesseja ja vaikuttaa läpimenoaikaan sekä vaikeuttaa toimitusaikalupauksien pitämisessä. Resurssit joudutaan mitoittamaan korkeimman tuotantotason mukaan kestävän kapasiteetin sijaan. Hukka on seuraus vaihtelun aiheuttamista häiriöistä tuotannossa. Vaihtelun vähentäminen pienentää hukkaa.

Jokaisella prosessilla on yleensä jossain tuotantovaiheessa pullonkauloja, eli esteitä, jotka vaikuttavat läpimenoaikaan huomattavasti. Pullonkaulapisteessä läpimenoajat pidentyvät. Resurssien oikea mitoittaminen ja kohdistaminen on Leanin ensimmäinen perusajatus. (Tuotannon Hukat n.d.)

3.2 Arvovirtakuvaus

Arvovirtakuvaus, eli Value Stream Mapping (VSM), on alun perin Toyotan työkalusta kehittynyt systeemi, jonka avulla havainnollistetaan esimerkiksi alihankkijoille, kuinka arvioida tuotannon nykytilaa. (Lean on aina asiakaslähtöistä n.d.)

VSM:n tarkoituksena on luoda kaavio, jonka avulla ilmenee yhdellä silmäyksellä mm. prosessien vaiheet ja niiden yhteydet toisiinsa, odotukset, välivarastot ja työvaiheiden kestot. Arvovirtakuvaus on yksi Leanin perustekniikoista prosessien tehokkuuden arvioimisessa ja kehittämisessä ja erinomainen työkalu Leaniin tutustumiseen, sillä sitä käytettäessä Leanin periaatteet konkretisoituvat käytännön tasolla.

Prosessin kehittäminen arvovirtakuvauksen avulla koostuu seuraavista vaiheista:

- Prosessikohteen määrittely ja rajaus – Valitaan prosessi, johon sitoutuu paljon pääomaa tai joka käsittelee suuria volyymejä. Rajataan prosessikohte niin, että arvovirtakuvaus käsittää enintään 20 prosessivaihetta.
- Prosessin mittauspisteiden ja kerättävän tiedon päättäminen – Hahmotellaan prosessin vaiheet ja päätetään mittauspisteistä sekä kerättävästä tiedosta. Mittareiden on hyvä koostua perinteisistä tehokkuuden mittareista: tahti-, prosessointi- ja odotusajasta, sekä keskeneräisen työn määrästä.
- Prosessin suorituskyvyn mittaaminen – Varmistetaan kerättävän tiedon luotettavuus. Mitataan noin 10–15 tulosta ja lasketaan tulosten keskiarvo. Mittaamisen peruskohteita ovat tulevien tehtävien määrä ja sen vaihtelu aikayksikössä, kesken olevien tehtävien määrä, läpimenoaika sekä valmistuvien tehtävien määrä.

- Nykytilan arvovirran mallintaminen – Kuvataan prosessin nykytila, joka koostuu materiaalin ja informaation virtauksesta. Täydennetään tulokset prosessien datalaaatikoihin ja lasketaan arvoa tuottavien vaiheiden osuus arvovirrasta.
- Arvovirran analysointi ja kehityskohteiden tunnistaminen – Arvovirran kuvaamiseen sekä analysoimiseen osallistuu prosessin työntekijöitä, jotta sen todellinen nykytila saadaan mallinnettua. Tarkoituksena on käydä arvovirta läpi ja pyrkiä tunnistamaan ilmiöitä: mikä kestää kauan, ja missä kohtaa prosessi keskeytyy. Tunnistetut hukat merkitään arvovirtakuvauksen prosessitason parannusten kohteiksi.
- Prosessin kehitystavoitteiden päättäminen – Leanilla pyritään ensisijaisesti virtaustehokkuuden parantamiseen, mutta organisaatioilla voi olla muitakin kehittämistavoitteita. Kartoitetaan prosessin kehittämistavoitteet ja varmistetaan niiden olevan linjassa strategian kanssa.
- Hahmottele tavoitetilan arvovirta – Arvovirran tavoitetila riippuu prosessin kehittämistavoitteista. Niiden ollessa selvillä tiedetään tarkemmin, miten kyseistä prosessia tulisi lähteä kehittämään. Tavoitetilan arvovirrassa on huomioitu nykytilan kuvauksessa ilmenneet kehityskohteet.
- Suunnitelman luominen ja kehitystoimenpiteiden toteuttaminen – Tavoitetilan arvovirta voi edellyttää merkittäviä muutoksia prosessille. Muutokset kannattaa jakaa osiin: kehitystoimenpiteisiin, jotka toteutetaan yksi kerrallaan. Lisäksi tulee toteuttaa jatkuvan parantamisen sykliä, eli arvioida toimenpiteiden onnistuminen.

(Lean on aina asiakaslähtöistä n.d.)

3.3 6S:n toiminta

6S on Japanista lähtöisin oleva alun perin viisiportainen Lean-järjestelmä, joka on saanut nimensä viidestä japaninkielisistä sanoista: Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke. Kuu-

des S on jälkeensä lisätty ”Safety”, eli turvallisuus, jolla ei varsinaisesti ole omaa työvaihetta, vaan se on lisätty tuomaan turvallisuuden näkökulma jokaiseen 5S:n työvaiheeseen.

6S:n avulla on tarkoitus saada työpiste tai -alue toimivammaksi. 6S-järjestelmä sopii erityisesti tuotantoympäristöön, jossa Lean-järjestelmälle on tarvetta. 6S:n vaiheet ovat seuraavat:

- Seiri – Siivoa. Työsolusta on tarkoitus poistaa kaikki turhat esineet. Työvaiheissa käytettävät työkalut sijoitetaan helposti saataville ja harvoin käytetyt työkalut erilliseen kaappiin tai säilytystilaan.
- Seiton – Järjestele. Ensimmäisestä vaiheesta jäljelle jääneet tarpeelliset tavarat sijoitetaan tehokkaasti niille loogiselle paikalle. Tarkoituksena vähentää turhaa liikettä työsolun sisällä.
- Seiso – Puhdistaminen. Työalueen tulee pysyä siistinä. Työntekijöiden on tarkkailtava työympäristöä ja korjattava mahdolliset puutteet ja viat. Siivoamisen lisäksi on tarkkailtava ja puututtava myös mahdollisiin ongelmien aiheuttajiin. Tarkoituksena on luoda työympäristö, jossa vältetään työntekijöihin sekä tuotteisiin kohdistuvat vahingot.
- Seiketsu – Standardisointi. Standardisointivaihe liittyy kaikkiin kolmeen ensimmäiseen vaiheeseen. Tarkoituksena on auttaa työntekijöitä ja toimihenkilöitä sisäistämään nämä työvaiheet ja luomaan rutiineja.
- Shitsuke – Sitoutuminen. Pyritään tekemään 6S-ajattelusta jatkuva tapa. Tämä on järjestelmän haastavin vaihe, sillä tavoitteena on varmistaa, että standardisoituja menetelmiä sovelletaan jatkuvasti, kunnes siitä tulee jokapäiväiselle työskentelylle luontainen tapa.
- Safety – Turvallisuus. Tämä tärkeä vaihe keskittyy vaarojen tunnistamiseen ja ennaltaehkäisevien toimenpiteiden asettamiseen, jonka avulla saadaan työntekijät pysymään turvassa työskentelyn aikana ja varmistetaan, että työympäristö täyttää vaadittavat turvallisuusstandardit. (Omavalvonnan tukena: 6S Lean n.d.)

4 Tärinävaimenninlinjan nykyvaiheen kartoitus

4.1 YTM-Industrial Oy

Vuonna 1977 perustettu YTM-Industrial Oy on monien teknisten laitteiden, komponenttien sekä järjestelmien myyntiin, suunnitteluun ja jälkipalveluihin erikoistunut yritys, jonka toiminta pyrkii olemaan vastuullista sekä asiakaslähtöistä. Asiakaskuntaan kuuluu laajasti suomalaisia teollisuusalan yrityksiä.

YTM-Industrial Oy on laajentunut viime vuosina sulauttamalla toimintaansa muita teollisuusyrityksiä, kuten Pinteco Oy ja Kg Enterprise Oy, jotka ovat olleet YTM:n kanssa yhteistyössä jo aikaisemmin saman konsernin alla. YTM:n tuotevalikoima pitää sisällään muun muassa näiden yritysten tuotteet.

Vuodesta 1987 YTM-Industrial Oy on ollut osa kansainvälistä Indutrade konsernia. Indutrade-konserni koostuu yli 200 tytäryhtiöstä, joilla on toimintaa yli 30 eri maassa. Konserni työllistää maailmanlaajuisesti yli 7000 työntekijää. (YTM Industrial Oy n.d.)

Lintaex-bisnes on alkanut vuonna 1958, josta YTM-Industrial Oy:llä on sopimus Linatexin kanssa. Aluksi toiminta oli suurimmalta osalta kaivoksilla käytettävien metallisten syklonien vuorausta, mutta 1970-luvulla tanskalainen toimitusjohtaja huomasi materiaalin potentiaalin ja kehitti LV-sarjan tärinävaimentimet yhdessä VTT:n kanssa.

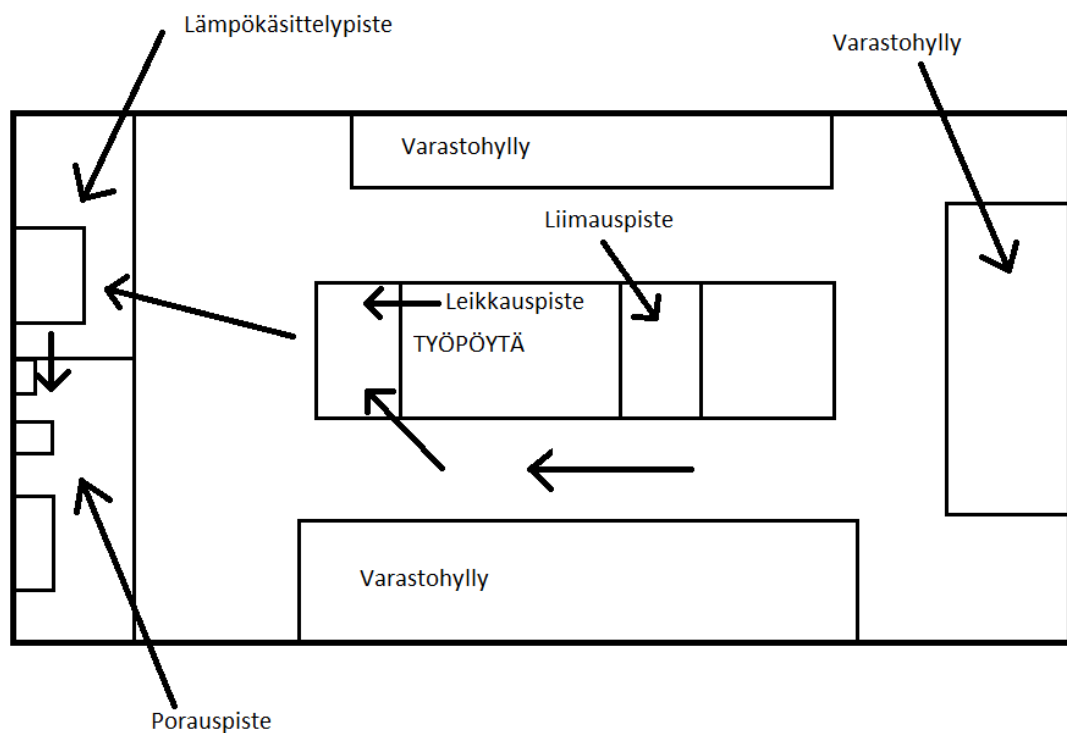
Alun perin kumin paksuuksia oli vain muutama, joten niitä piti liimata yhteen oikean paksuuden saavuttamiseksi. Osien päällekkäin latomisen jälkeen vaimentimien päälle laitettiin muttereilla ja prikoilla täytetty laatikko, jotta puristus säilyisi. Nykyään puristus hoidetaan asianmukaisilla ruuvipuristimilla. Metalliosat maalattiin aluksi käsin mustaksi, mutta nykyään ne ovat sinkittyjä, tai niiden materiaalina on RST/Aisi316.

1980-luvulla suorat metalliosat kehittyivät kuppimallisiksi, jolloin luonnonkumi saatiin suojattua ulkoisilta tekijöiltä ja käyttöikä piteni huomattavasti.

Uusia vaimenninmalleja on useita ja kehitys tapahtuu suurimmaksi osaksi asiakkaiden tarpeiden mukaan. Myynti ulkomaille on kasvanut huomasti, ja uusia asiakkuuksia sekä kumppanuuksia syntyy jatkuvasti. (Virkkunen 2021.)

4.2 YTM-LV-sarjan tärinänvaimentimien työvaiheet

Yksi YTM Industrialin tuotantolaitoksen valmistuslinjoista on LV-sarjan tärinänvaimenninlinja, jossa valmistetaan eri kokoisia tärinänvaimentimia eri teollisuuden aloille myös asiakkaan toiveiden mukaan mitoitettuna. Alla on esitelty tärinänvaimenninlinjan työpisteiden sijainnit eri työvaiheissa. Kuvassa 6 on esitelty tärinänvaimenninlinjan layout ja työnkierto.



Kuva 6. Tärinänvaimenninlinja.

Kumirullan haku

Työnkierto alkaa, kun työntekijä hakee varastohyllystä (kuva 7) lavansiirtovaunulla Linatex-luonnonkumirullan ja kuljettaa sen työpöydälle. Tämä vaihe on fyysisesti vaativa, sillä kumirullat painavat paljon ja lattialla on epätasaisuuksia, minkä vuoksi lavansiirtovaunua on raskasta liikuttaa. Tätä työvaihetta voi helposti keventää hankkimalla tuotantolinjalle sähköavusteisen lavansiirtovaunun, jota käytettäessä lattian epätasaisuudet eivät haittaa.



Kuva 7. Varastohylly.

Mittaus ja leikkaus

Kumirullat nostetaan kuormalavalta työpöydälle, jossa ne mitataan ja leikataan 600 x 1200 mm:n paloiksi jatkokäsittelyä varten.

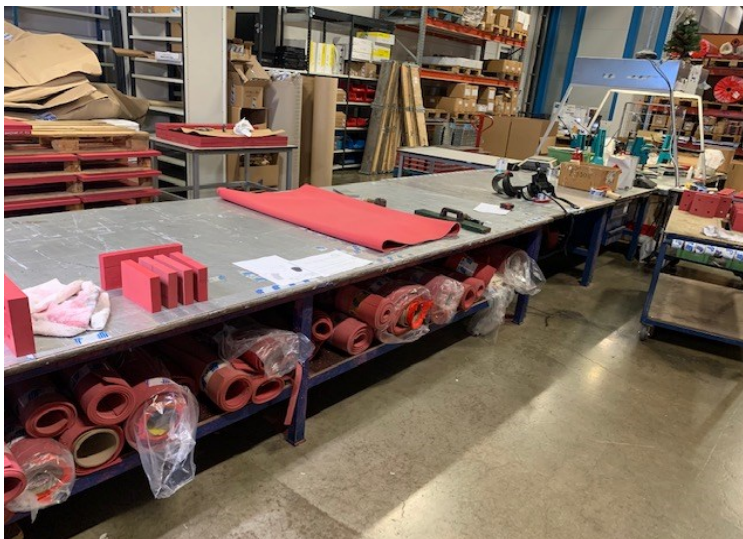
Erikoiskäsittely

Pilkotut kumirullat nostetaan erikoiskäsittelyyn kuumavesialtaaseen, jossa niiden annetaan olla lämpökäsittelyssä. Käsittelyn jälkeen kumimatot nostetaan kuivumaan, minkä jälkeen matot ovat valmiita jälkikäsittelyä varten.

Oikeankokoisten palojen leikkaus

Kun kumimatot ovat kuivuneet erikoiskäsittelyn jäljiltä ne nostetaan uudestaan työpöydälle (kuva 8) mittauksia varten. Kumimattoihin mitoitetaan kuulakärkikynällä viivoitinta apuna käyttäen oikean kokoiset palat.

Matto nostetaan leikkauspisteelle, missä siitä leikataan oikeankokoiset palat pistosahalla. Leikatut palat nostetaan liikutettavalle pöydälle järjestykseen loppukokoonpanoa varten.



Kuva 8. Työpöytä.

Poraus

Kumimattojen mittoihin leikkaamisen jälkeen niihin tehdään reiät porauspisteellä (kuva 9) metalliosien kiinnittämistä varten.



Kuva 9. Porauspiste.

Loppukokoonpano

Varastohyllystä noudetaan kuhunkin tärinänvaimentimeen tarvittavat metalliosat ja ne kuljetetaan työpisteelle. Kumi- ja metalliosat puhdistetaan tarkasti liinalla ja tämän jälkeen ne liimataan yhteen. Liimauksen jälkeen tärinänvaimentimet puristetaan yhteen ruuvipuristimilla, jotta liima tarttuu kunnolla. Valmiit tärinänvaimentimet (kuva 10) nostetaan kuormalavalle odottamaan koko erän valmistumista ja viedään tämän jälkeen pakkaamoon. (Virkkunen 2021.)



Kuva 10. Valmiita tärinänvaimentimia (YTM-LV-Sarjan tärinänvaimennin n.d.).

4.3 Tuotantolinjan parannusten kartoitus

Nykyisellään tuotantolinjan ergonomia on unohtunut lähes kokonaan. Linjalla joutuu työskentelemään lähes koko ajan jonkinlaisen kehoa kuormittavan paineen alla. Työpöytä ei ole säädettävä, joten aika ajoin joutuu työskentelemään selkä huonossa asennossa. Työkalujen uusiminen ja lattian tasoitus helpottaa myös huomattavasti painavien kumimattolavojen siirtämistä varastohyllyltä työpöydälle.

Linatex-luonnonkumin leikkauspisteellä on kokeiltu aikaisemmin erilaisia leikkauskeinoja ja parhaaksi todettu, joskin ei ergonomisesti tehokkain, tapa on manuaalisesti sähkökäyttöisellä veitsellä leikata työpöydällä. Leikkauskeinoina on harkittu myös vesileikkausta, mutta se vaatii paljon isommat tilat ja kumin leikkaaminen tällä keinolla on hidasta, sekä jälki on rosoisempaa kuin käsin leikkaamalla.

Käsin leikkaamisen korvaaminen laserilla toisi omat ongelmansa. Leikattujen kappaleiden jokaisen sivun täytyy olla sileitä, mutta laserleikkauksella leikattu sivu jää epätaiseksi ja on täten epäkelpo. Lisäksi se on kallista eikä laserleikkuri mahdu tämänhetkisiin tiloihin.

5 Tärinävaimenninlinjan parannusehdotukset

Tärinävaimennintuotantolinjalla havaittiin selkeitä kehityskohteita. Myös 6S:n mukaista yksinkertaistamista ja siistimistä voidaan suorittaa poistamalla ylimääräiset työkalut ja merkkamalla jokaiselle välineelle oman paikkansa. Tässä luvussa esitellään eri työvaiheiden mahdollisia parannuskeinoja halutun tuloksen saamiseksi. Lisäksi esitellään jo kokeiltuja ja kokeiluvaiheessa olevia keinoja.

5.1 Parannusehdotukset

Työpöytä

Tuotantolinjalle kumimattojen käsittelyn helpottamiseksi on tarkoitus sijoittaa uusi työpöytä, jossa on hydraulikalla toimivat rullat. Niiden avulla kumimattoja on helpompi liikuttaa työpöydällä ja siirtää ne työpöydän yhteydessä olevalle leikkauspöydälle. Nykyisellään kumimattojen liikuttaminen on raskasta, sillä matot painavat paljon ja niiden liikuttaminen nykyisellä työpöydällä on hankalaa. Työpöydälle on tarkoitus myös merkitä artikkeleille omat paikkansa.

Leikkauspöytä

Leikkauspöydälle kumimattojen leikkausta helpottamaan on tarkoitus laittaa toinen leikkausura, jotta kumimattoja ei tarvitse liikutella mahdollisimman paljon. Leikkauspöytään tulisi myös asentaa rullatoiminto, jolloin kumimattojen kääntely helpottuisi huomattavasti. Lisäksi pöydän korkeussäätely tehtävä mahdolliseksi, jotta kumimattoja käsittelevän työntekijän työasento on mahdollisimman ergonominen. Tämä vähentää tuki- ja liikuntaelinten rasittumista ja parantaa täten tehokkuutta.

Liimauspiste

Liimauspisteelle on tarkoitus laittaa uusi savukaasuimuri (kärynpoistoimuri), jotta liimauskaasut eivät jää työtilaan leijumaan, ja mikä on myös työntekijöiden terveyden kan-

nalta tärkeää. Työntekijöillä on käytössä kaasunaamarit, mutta uudella savukaasuimurilla kaasunaamarien käytöltä voidaan välttyä ja liimauksen aikana hengittäminen helpottuu ja näkökenttä paranee.

Kärynpoistoimuri

Kärynpoistoimuri on tarkoitus kytkeä samalla lailla kuin tälläkin hetkellä eli suoraan ilmanvaihtokanavaan. Tämän tarkoituksena on mahdollistaa asennus helposti muuttamatta ilmanvaihtokanavien sijaintia ja siirtämättä työpöytä layoutin keskeltä.

Ergonomia

Työtilaan on tarkoitus saada myös uudet työtuolit sekä sähkökäyttöinen työnnettävä trukki/nostin, jonka avulla saadaan nostettua kumimatot/rullat hyllyiltä. Nykyisin käytössä oleva käsikäyttöinen nostin on todella raskas käyttää ja työntää pitkin työtilan epätasaista pintaa. Uudet työtuolit ja korkeussäädettävä työpöytä mahdollistavat parhaan työasennon raskaita työkaluja käsiteltäessä.

Lämpökäsittelypiste

Linatex-luonnonkumi lämpökäsitellään aluksi kuumavesialtaassa ja tällä hetkellä kumimatot nostetaan käsin käyttämällä lämpösuojattuja kumihanskoja. Tämä metodi aiheuttaa riskitilanteita ja tarvitsee päivitystä. Parannusehdotuksena on laittaa altaaseen ritilänostin, johon kumimatot asetellaan. Käsitelyn jälkeen matot on helppo nostaa ylös nostimen avulla ilman, että työntekijöillä olisi vaaraa saada palovammoja.

Hukkien poisto

Hukkien poistamiseksi ja tehokkuuden lisäämiseksi voidaan jatkossa selvittää, onko loppukokoonpanossa metalliosien hakupaikkaa mahdollista siirtää lähemmäs työpöytä siten, että molemmilta työntekijöiltä on sama matka noutamaan niitä riippumatta siitä kummalla puolella pöytä loppukokoonpanoa suorittaa.

5.2 Kokeillut metodit leikkauspisteellä

Kumimattojen leikkauspisteellä on kokeiltu erilaisia leikkausvaihtoehtoja. Yksi vaihtoehtoista oli vesileikkaus, mutta se osoittautui hitaammaksi, kuin käsin leikkaaminen. Lisäksi leikkauks jälki oli huomattavasti rosoisempaa. Leikkauks jäljen on oltava tasaista ja kokeilluista keinoista siihen on päästy vain käsin leikkaamalla. Tärinänvaimenninlinjan leikkauspisteen lisäksi käytössä on kokeiluasteella kumimattojen vesileikkaus yhteistyökumppanin kanssa edistyneemmällä kalustolla Tampereella.

6 Tulokset ja päätelmät

Layout-muutoksen toteuttaminen aiheuttaa vääjäämättä kustannuksia ja tuotantokatkoksia. Työpöydän vaihtaminen keskeyttää työkierron ja uuden työpöydän asentaminen vaatii myös työntekijöiden panosta. Ennen uusien työpisteiden ja varusteiden vaihtamista on tärkeää analysoida, onko muutoksia järkevä alkaa tekemään.

Uuden ja vanhan layoutin vertailua voidaan tarkastella eri keinoin. Voidaan vertailla esimerkiksi työkierron pituutta ajallisesti tai ergonomian kannalta uusien kevennettyjen ratkaisujen avulla. Tämän insinööriyön keskeisenä tavoitteena oli parantaa tuottavuutta ja työntekijöiden ergonomiata liikeratojen ja parempien työkalujen ja -tasojen kautta. Saatutut tuotannolliset ja ergonomiset edut saadaan laskettua, kun selvitetään kappaleiden liikkumat matkat vanhalla työpöydällä ja kevennetyllä ratkaisulla.

6.1 Keskeiset tulokset

Tuotantolinjalla havaittujen parannusehdotusten toteuttamisen myötä tuotantolinjalle saadaan aikaisiksi parempi yleisilme ja työntekijöiden on helpompi suorittaa työssä vaaditut tavoitteet. Yksinkertaisilla 6S-toimenpiteillä saadaan aikaisiksi tehokkaampi tuotantolinja, jossa työkalut eivät ole levällään, vaan jokaisella artikkelilla on oma paikkansa. Uusilla työtasoilla ja uusituilla ratkaisuilla saadaan myös huomattavasti parannettua turvallisuutta ja välttään huonosta ergonomiasta johtuvilta mahdollisilta sairauspoissaoloilta. Korkeussäädettävällä leikkauspöydällä välttään epäergonomiselta asennolta kumimaton leikkaamisen aikana. Liimauspisteen uuden kärynpoistoimurin myötä välttään myös hengitystieongelmilta, kun liimauskaasut eivät jää työtiloihin. Yhtenä tavoitteena oli vertailla vanhan ja parannellun tuotantolinjan läpimenoaikoja, mutta tämä vaihe jäi toteuttamatta. Kellottamista ei päästy suorittamaan tuotantolinjalla vallitsevan kiireen johdosta. Uuden layoutin mahdollisuutta ei pidä poissulkea, mutta tuotantotilat ovat pienet, joten suuria muutoksia työtasojen ja erilaisten työpisteiden sijaintiin ei voida tehdä.

6.2 Johtopäätökset

Suorittamalla insinööriyössä tutkitut parannusehdotukset vältetään liiallisilta ylitöiltä ja työkuormaa saadaan purettua tehokkaammin ja turvallisemmin. Tuotantolinjalla on tärkeää tehdä mahdolliset muutokset nopeasti, ennen kuin työkuorma jatkuvan kysynnän lisääntymisen johdosta muuttuu erittäin vaikeaksi toteuttaa. Tässä insinööriyössä esitetyt ratkaisut voidaan toteuttaa nopeasti muutosten yksinkertaisuudesta johtuen. Uusien työtasojen asentaminen on helppoa ja työkaluille vaaditut paikat ovat nopeita merkitä.

7 Yhteenveto

Tämän insinööriyön tavoitteena oli tuoda ilmi YTM Industrial Oy:n tärinänvaimennin tuotantolinjan kehityskohteet. Työstä saadut hyödyt näkyvät tärinänvaimennin tuotantolinjalla, kun halutut parannukset saadaan tehtyä. Työn avulla kiireisen tuotantolinjan läpimenoaikoja ja työntekijöiden turvallisuutta saadaan parannettua huomattavasti. Lean-filosofian käyttäminen tuotantolinjan kehittämisessä on edistysaskel kohti jatkuvaa parantamista mahdollisesti koko tehtaalla. Tätä työtä hyödyntämällä saadaan jatkossa tuotua ilmi myös tehtaan muiden tuotantolinjojen mahdolliset puutteet ja helposti korjattavissa olevat kehityskohteet.

Parannusehdotuksia lähdettiin muotoilemaan tutkimalla Lean-filosofiaa ja 6S:stä saatuja hyötyjä tuotantolinjoilla. Ergonomian osalta tutkittiin kirjallisuutta tehdastyöskentelyn ergonomian parantamisen näkökulmasta. Käymällä läpi erilaisia tuotantolinjavaihtoehtoja pystyttiin kartoittamaan myös yleisellä tasolla layout muutoksen mahdollisuutta, mutta tuotantolinjan tilojen pienuus teki täydellisen layout muutoksen käytännössä mahdottomaksi.

Tuloksena saatiin luotua selkeä kuva siitä, mitä pitää parantaa ja missä. Jokaisesta työvaiheesta tehtiin parannusehdotus, joka on haluttaessa helppo ja nopea toteuttaa. Niiden näkyvät hyödyt saadaan mitattua, kun muutokset on tehty. Työ voidaan käynnistää, kun tärinänvaimennin tuotantolinjalla on hiljaisempaa tilausten suhteen, jotta tuotantovarmuus ei heikkene.

Lean-filosofian mukaan jokaista työvaihetta ja työtilaa voidaan jatkuvasti parantaa. Jatkoa varten voidaan ajatella tuotantolinjan yleisen ilmeen muuttamista entistä siistimmäksi hyödyntämällä tätä filosofiaa:

- Varastohyllyt voidaan siistiä ja järjestellä uusiksi artikkelikohtaisesti. Esimerkiksi järjestely työvaiheittain helpottaa ja nopeuttaa työvaiheita. Lisäksi hyllyriveille voidaan merkitä jokaiselle kuormalavalle, mitä kukin lava sisältää.

- On tärkeää kerätä dataa työvaiheista tuotantoa mittaamalla, jotta saadaan kar-
toitettua parannusten jälkeen ilmeneviä uusia aikaa vieviä kohteita ja keskittyä
niihin.

Lähteet

Lapinleimu, Ilkka; Kauppinen, Veijo & Torvinen, Seppo. 1997. Kone- ja metalliteollisuuden tuotantojärjestelmät. Helsinki: WSOY.

Launis, Martti & Lehtelä, Jouni. 2011. Ergonomia. Helsinki: Työterveyslaitos.

Leanin historia. Verkkoaineisto. Quality Knowhow Karjalainen Oy. <<https://sixsigma.fi/leanin-historia/>> Luettu 2.3.2021.

Lean Six Sigma. 2020. Arter Oy. Verkkoaineisto. <<https://www.arter.fi/app/uploads/2020/06/Lean-Six-Sigma-pikaopas-6-2020-Arter-Oy.pdf>>. Luettu 17.3.2021.

Ritola, Ossi. 2017. Lean on aina asiakaslähtöistä. Arter Oy. Verkkoaineisto. <<https://www.arter.fi/lean-aina-asiakaslahtoista/>>. Luettu 2.3.2021.

Steinhoff, Stefan. 2021. Omavalvonnan tukena: 6S Lean – hallintajärjestelmä. Verkkoaineisto. <<https://www.sensire.com/blogi/omavalvonnan-tukena-6s-lean-hallintaj%C3%A4rjestelm%C3%A4>>. Luettu 13.2.2022.

Tuotannon ergonomia. Verkkoaineisto. Linak Oy. <<https://www.linak.fi/segmentit/techline/tech-trends/tuotantoergonomia/>>. Luettu 3.2.2022.

Tuotannon layout. Verkkoaineisto. Logistiikan Maailma. <<https://www.logistiikanmaailma.fi/tuotanto/tuotantostrategia/tuotannon-layout/>>. Luettu 1.12.2021.

Virkkunen, Mikko. Tuotantopäällikkö, YTM-Industrial Oy, Vantaa. Haastattelu sähköpostitse 16.2.2021.

Yleistä Lean Six Sigmasta. Verkkoaineisto. Quality Knowhow Karjalainen Oy. <<https://sixsigma.fi/leansixsigmasta/>>. Luettu 2.3.2021.

Yritysesittely. YTM-Industrial. Verkkoaineisto. <<https://www.ytm.fi/yritys/>>. Luettu 1.3.2021.

YTM-LV-sarjan tärinänvaimennin. YTM-Industrial Verkkoaineisto. <<https://www.ytm-lv.fi/vaimennustekniikka/lv-sarjan-tarinanvaimentimet/>> Luettu 1.3.2021.

What is 6S Lean?. SafetyCulture. Verkkoaineisto. <<https://safetyculture.com/topics/6s-lean/>> Luettu 3.3.2021.