

Jonathan Sulkama

Ovi-esikokoonpanolinjan layoutin suunnittelu

Opinnäytetyö

Kevät 2016

SeAMK Tekniikka

Konetekniikka



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: SeAMK Tekniikka

Tutkinto-ohjelma: Konetekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Auto- ja työkonetekniikka

Tekijä: Jonathan Sulkama

Työn nimi: Ovi-esikokoonpanolinjan layoutin suunnittelu

Ohjaaja: Jukka Aarnio, Jukka Pajula

Vuosi: 2016

Sivumäärä: 76

Liitteiden lukumäärä: 0

Tämän työn tarkoituksena oli tutkia Valmet Automotive Oy:n Uudenkaupungin autotehtaan ovi-esikokoonpanolinjaa ja parantaa linjan tehokkuutta suunnittelemalla uusi tuotantolinjan layout.

Työssä perehdytään oikean puoleiseen ovi-esikokoonpanolinjaan, sen työasemiin ja niissä suoritettaviin työvaiheisiin, jonka jälkeen käydään lävitse suunniteltavan layoutin vaatimuksia ja linjalla työskentelevien työntekijöiden näkemyksiä linjan kehittämisestä.

Uusi tuotantolinjan layout suunniteltiin tekemällä muutoksia ovi-esikokoonpanolinjan työasemien työvaiheisiin ja niiden suoritusjärjestykseen sekä ottamalla huomioon työskentelyn ergonomiaan liittyviä seikkoja. Suunnittelun avulla pyrittiin myös hyödyntämään käytettävissä olevaa tilaa tehokkaammin.

Suunnitellusta tuotantolinjan layoutista laadittiin CAD-ohjelmiston avulla tietokone-malli ja työasemilla suoritettavista työvaiheista suoritettiin laskelmat, joista voitiin arvioida suunniteltavan tuotantolinjan layoutin todellisia läpimenoaikoja.

Tämän työn tuloksia käytetään hyödyksi suunniteltaessa tehokkaampaa ja ergonomisesti parempaa ovi-esikokoonpanolinjaa Valmet Automotiven Uudenkaupungin autotehtaalle.

Avainsanat: ergonomia, layout, lean-ajattelu, suunnittelu

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Technology

Degree programme: Mechanical Engineering

Specialisation: Automotive and Work Machine Engineering

Author: Jonathan Sulkama

Title of thesis: Designing a new layout for a door preassembly line

Supervisor: Jukka Aarnio, Jukka Pajula

Year: 2016

Number of pages: 76

Number of appendices: 0

The purpose of the thesis was to examine and improve door preassembly lines by designing a new layout for the right side door preassembly line at Uusikaupunki plant of Valmet Automotive.

The thesis took a detailed look on workstations and assembly procedures that took place at the right side door preassembly line. Requirements were investigated for the new layout as well as workers' ideas about improving the layout.

The new layout was designed by altering the assembly procedures and by taking work-related ergonomics as well as better space utilization into account.

A CAD-model was made of the new layout design as well as detailed calculations of assembly procedures that take place on the designed layout's workstations. The calculations will help to consider the realistic lead times on the new layout.

The results of the thesis will be taken into account in designing of a more effective and ergonomically better door preassembly line for the Uusikaupunki plant of Valmet Automotive.

Keywords: ergonomics, layout, lean thinking, design

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	1
Thesis abstract.....	2
SISÄLTÖ.....	3
Käytetyt termit ja lyhenteet	5
Kuva-, kuvio- ja taulukkoluettelo	7
1 JOHDANTO	10
1.1 Työn tausta ja tavoite.....	10
1.2 Valmet Automotive Oy	10
1.2.1 Uudenkaupungin autotehdas	11
1.2.2 Uudenkaupungin autotehtaalla valmistetut automallit.....	12
2 KIRJALLISUUSOSA	14
2.1 Lean-tuotantojärjestelmä	14
2.1.1 Hukka.....	15
2.1.2 Just In Time (JIT).....	17
2.1.3 5S-menetelmä	18
2.1.4 Total Productive Maintenance (TPM)	19
2.2 Ergonomia	20
2.2.1 Määritelmä ja tarkoitus.....	20
2.2.2 Osa-alueet	21
2.2.3 Kulkutiet.....	21
2.2.4 Työskentelykorkeus	23
2.3 Tehtaan layout	25
2.3.1 Tuotelayout.....	25
2.3.2 Prosessilayout	27
2.3.3 Paikkalayout	28
3 NYKYTILAN KARTOITTAMINEN.....	29
3.1 Linjan layout.....	29
3.1.1 Aseman 2361 työvaiheet	31
3.1.2 Aseman 2364 työvaiheet	35
3.1.3 Aseman 2366 työvaiheet	40

3.1.4 Aseman 2368 työvaiheet	44
3.1.5 Aseman 2369 työvaiheet	47
3.1.6 Aseman 2370 työvaiheet	49
3.2 Havaittuja parannuskohteita	52
3.3 Aluesuunnittelijan ideat	52
3.4 Työntekijöiden ideat	53
4 TULOKSET	55
4.1 Asema 2361	55
4.2 Asema 2364	58
4.3 Asema 2366	63
4.4 Asema 2368	65
4.5 Asema 2369	67
4.6 Asema 2370	70
5 YHTEENVETO	73
5.1 Työn onnistuminen ja muutosten toteutettavuus	73
5.2 Tulevaisuuden näkymiä ja ajatuksia	74
6 LÄHTEET	75

Käytetyt termit ja lyhenteet

Asennusjigi	Kehätiivisteiden asennuksissa käytettävä korkeussäädettävä sähkömekaaninen apulaite, johon työskentelyn kohteena oleva ovi kiinnitetään työvaiheen ajaksi ja nostetaan pois koontavaunustaan. Asennusjigi on yksikertainen ovinosturin tapainen laite, jonka avulla oven ulko- ja sisäpuoliin kohdistuva työskentely helpottuu.
B-pylvään pehmike	Kumimassasta valmistettu pienikokoinen pehmikepala, jonka alapuolella on liimapinta.
CAN-väylä	Ajoneuvoissa ja työkoneissa käytetty automaatioväylä.
Kiinnitysklipsi	Muovinen kiinnike, joka upotetaan pellissä olevaan kooloon. Kiinnitysklipsi toimii vastakappaleena kiinnitysruuville. Kiinnitettävä ruuvi kiristyy paikoilleen kiinnitysklipsin avulla.
Koontavaunu	Ovikiskon päällä rullien avulla liikuteltava vaunu, jonka tehtävänä on toimia kokoonpantavan oven kokoonpanoalustana.
Layout	Tilan käyttöä esittävä piirustusmalli.
Ovikisko	Ovikokoonpanolinjan alusta loppuun ulottuva yksittäinen, noin 70 cm:n korkeudella lattiatasosta oleva metallikisko, jonka tehtävänä on toimia kuljetusalustana koontavaunuille.
Ovikortti	Tunnistekortin oheen laadittava dokumentti, jonka tarkoituksena on toimia kokoonpanossa mahdollisesti sattuvien poikkeamien ilmoittamisen apuvälineenä.
Pyöritysjiigi	Ympärystiivisteiden asennuksessa käytettävä korkeussäädettävä sähkömekaaninen apulaite, johon työskentelyn kohteena oleva ovi kiinnitetään työvaiheen ajaksi ja

nostetaan pois koontavaunustaan. Pyöritysjiigi on oven muotoinen ja nimensä mukaisesti sen käyttö tapahtuu jiigiä ja jigissä olevaa ovea pyörittämällä.

Sortattu

Järjestetty.

Tunnistekortti

Koontavaunussa olevan oven mukana tuleva dokumentti, josta käy ilmi oveen asennettavat osanumerot.

TMU

Työvaiheen kestoa kuvaava yksikkö. 1 TMU vastaa 0,036 sekunnin pituista aikaa.

Vasupatteri

3-tasoinen varastohylly, jossa säilytetään ja johon tilataan pienosia ja tarvikkeita.

Kuva-, kuvio- ja taulukkoluettelo

Kuvio 1. Uudenkaupungin autotehdas.	11
Kuvio 2. Seitsemän hukan eri tyyppiä.	16
Kuvio 3. 5S-menetelmän käyttö ja edut.	19
Kuvio 4. Kulkuväylien leveydet.	22
Kuvio 5. Naisten ja miesten työskentelykorkeus.	24
Kuvio 6. Työn virtaus tuotelayoutissa.	26
Kuvio 7. Tuotteiden virtaus prosessilayoutissa.	27
Kuvio 8. Ovi-esikokoonpanon oikea linja.	30
Kuvio 9. Asema 2361.	31
Kuvio 10. Etuoven äänieristelevyjien asennuspaikat.	32
Kuvio 11. Takaoven äänieristelevyjien asennuspaikat.	32
Kuvio 12. Oviverhoilua lukuunottamatta kokoonpantu etuovi.	34
Kuvio 13. Oviverhoilua lukuunottamatta kokoonpantu takaovi.	34
Kuvio 14. Asema 2364.	35
Kuvio 15. Kolmiolasin yläruuvien sijainti.	36
Kuvio 16. Takaoven kolmiolasin alaruuvien kiinnitys.	36
Kuvio 17. Etuoven kehätiivisteiden asennuksen aloituskohta.	37
Kuvio 18. Etuoven B-pylvään peitelevyn kiinnitysruuvien sijainnit.	38
Kuvio 19. Ikkunaurien painamiseen ja avaamiseen käytettävä aputyökalu.	39
Kuvio 20. Kehätiivisteiden sisäreunan viimeistelytyökalu.	39

Kuvio 21. Ovijohtosarjan kulkureitti etuoven lävitse.	41
Kuvio 22. Etuoven ovimodulin kiinni niittauksen aloituspaikat.	41
Kuvio 23. Etuoven ikkunahissien kiinnitysruuvien suojatulpat.	42
Kuvio 24. Ovilukon kiinnitysruuvit ja kiinnitykseen käytettävä aputyökalu.	43
Kuvio 25. Aukaisukahvan alle asennettavat tiivistekumit.	44
Kuvio 26. Paikoilleen asennettu aukaisukahva ja aukaisukahvan peitelevy.	45
Kuvio 27. Aukaisukahvan peitelevyn ja lukkosylinterin kiinnitys.	45
Kuvio 28. Asemat 2366 & 2368.	46
Kuvio 29. Oven ulkopuolinen koristelista.	47
Kuvio 30. Ovipeili.	48
Kuvio 31. Asema 2369.	48
Kuvio 32. Ovipeilin kiinnitysruuvien sijainnit.	49
Kuvio 33. Alatiivisteiden asennus ennen oviverhoilun asennusta.	49
Kuvio 34. Oviverhoilun yläreunan paikoitus alatiivisteesteessä olevaan uraan.	51
Kuvio 35. Asema 2370.	51
Kuvio 36. Uudelleen suunniteltu asema 2361.	57
Kuvio 37. Suunniteltu asema 2364.	60
Kuvio 38. Suunniteltu asema 2366.	63
Kuvio 39. Suunniteltu asema 2368.	65
Kuvio 40. Suunniteltu asema 2369.	68
Kuvio 41. Suunniteltu asema 2370.	71

Taulukko 1. Uudessakaupungissa valmistetut automallit.	13
Taulukko 2. Suunnitellun aseman 2361 työvaiheet.....	57
Taulukko 3. Suunnitellun aseman 2361 työvaiheiden työvälineet ja niiden sijainnit asemalla.	58
Taulukko 4. Suunnitellun aseman 2364 työvaiheet kestoineen.	61
Taulukko 5. Suunnitellun aseman 2364 työvaiheiden työvälineet ja niiden sijainnit asemalla.	62
Taulukko 6. Suunnitellun aseman 2366 työvaiheet kestoineen.	64
Taulukko 7. Suunnitellun aseman 2366 työvaiheiden työvälineet ja niiden sijainnit asemalla.	64
Taulukko 8. Suunnitellun aseman 2368 työvaiheet kestoineen.	66
Taulukko 9. Suunnitellun aseman 2368 työvaiheiden työvälineet ja niiden sijainnit asemalla.	67
Taulukko 10. Suunnitellun aseman 2369 työvaiheet kestoineen.....	69
Taulukko 11. Suunnitellun aseman 2369 työvaiheiden työvälineet ja niiden sijainnit asemalla.	69
Taulukko 12. Suunnitellun aseman 2369 työvaiheet kestoineen.....	72
Taulukko 13. Suunnitellun aseman 2370 työvaiheiden työvälineet ja niiden sijainnit asemalla.	72

1 JOHDANTO

1.1 Työn tausta ja tavoite

Tämän työn tavoitteena on tutkia Mercedes Benzin A-sarjan oikean puoleisten ovien esikokoonpanolinjaa Uudenkaupungin autotehtaalla ja parantaa linjan tehokkuutta muuttamalla linjan layouttia. Linjan tehostaminen toteutetaan muuttamalla työjärjestystä ja minimoimalla hukkaa tuottavat työvaiheet mahdollisuuksien mukaisesti.

Hukan poistamisen avulla, voidaan nopeuttaa yksittäisen oven läpimenoaikaa esikokoonpanolinjalla ja vähentää työntekijöiden kuormitusta. Tämän lisäksi on järkevää tarkastella myös työmenetelmiä ja tutkia niiden kehittämismahdollisuuksia sekä hieman perehtyä työhön liittyvään ergonomiaan.

Työn tuloksia hyödynnetään Valmet Automotive Oy:n Uudenkaupungin autotehtaan ovien esikokoonpanolinjojen kehittämisessä.

1.2 Valmet Automotive Oy

Valmet Automotive on vuonna 1968 perustettu osakeyhtiö, joka on erikoistunut korkean arvoluokan ajoneuvojen ja kattojärjestelmien valmistamiseen. Tällä hetkellä yrityksen palveluksessa toimii 2000 henkilöä Kiinassa, Puolassa, Saksassa ja Suomessa. (Valmet Automotive Oy, [Viitattu 17.10.2014].)

Valmet Automotive valmistaa Mercedes Benzin A-sarjaa Uudenkaupungin autotehtaalla Suomessa ja kattojärjestelmiä Saksassa sekä Puolassa. Yritys tarjoaa valmistuksen lisäksi suunnittelupalveluita myös autoteollisuuden ulkopuolella toimiville yrityksille. (Valmet Automotive Oy, [Viitattu 17.10.2014].)

1.2.1 Uudenkaupungin autotehdas

Valmet Automotiven autotehdas Uudessakaupungissa on Suomen ainoa autotehdas. Tehdas sijaitsee lähellä Uudenkaupungin keskustaa hyvien liikenneyhteyksien varrella. Tehdas on valmistunut vuonna 1969 ja siellä on valmistettu usean eri valmistajan, kuten Saabin, Porschen ja Talbotin automalleja. Tehdasalueen koko on 210 hehtaaria, joista 9 hehtaaria on katettua aluetta. Tehtaalla työskentelee noin 1300 henkilöä. (Valmet Automotive Oy, [Viitattu 17.10.2014].)

Tehdasta on uudistettu historiansa aikana erilaisilla laajennuksilla ja tuotantolinjojen uudistuksilla. Tehdasta on uudistettu merkittävästi 1990-luvulla ja kokoonpanolinjat ovat peräisin vuodelta 1999. Autotehtaan hitsaamoon hankittiin uudet hitsausrobotit vuonna 2013 Mercedes Benzin A-sarjan tuotantoa varten. (Valmet Automotive Oy, [Viitattu 17.10.2014].) Kuviossa 1 on ilmakehu Valmet Automotiven Uudenkaupungin autotehtaasta.



Kuvio 1. Uudenkaupungin autotehdas (Yleisradio 2014).

1.2.2 Uudenkaupungin autotehtaalla valmistetut automallit

Autojen valmistaminen Uudessakaupungissa alkoi Saab 95:n valmistuksella vuonna 1969. Tehtaalla valmistettiin useita Saabin malleja vuodesta 1969 aina vuoteen 2003 saakka. Ensimmäinen tehtaalla valmistunut Saab 95 lahjoitettiin sen aikaiselle Suomen tasavallan presidentti Urho Kaleva Kekkoselle. (Valmet Automotive Oy, [Viitattu 17.10.2014].)

Tehtaalla on valmistettu myös sähkökäyttöisiä autoja, kuten urheilullista Fisker Karmaa ja kaupunkikäyttöön suunniteltua kompaktia Think Cityä (Valmet Automotive Oy, [Viitattu 17.10.2014]).

Mercedes Benzin A-sarjaa on sovittu valmistettavan 100 000 kappaletta Uudenkaupungin autotehtaalla vuosien 2013-2016 aikana (Valmet Automotive Oy, [Viitattu 17.10.2014]). Taulukko 1 esittää Uudenkaupungin autotehtaalla valmistettujen automallien lukumääriä ja niiden tuotantovuosia.

Taulukko 1. Uudessakaupungissa valmistetut automallit
(Valmet Automotive Oy, [Viitattu 17.10.2014]).

Saab 95	1969-1975	2 833
Saab 96	1969-1980	65 887
Saab 99	1969-1984	191 049
Saab 90	1983-1987	25 380
Saab 9000	1986-1990	8 267
Saab 900	1978-1992	238 898
Saab-avoautot	1986-2003	198 032
Saab 9-3 3D ja 5D	1999-2003	7 789
Saab yhteensä	1969-2003	738 135
Chrysler-Talbot	1979-1985	31 978
Opel Calibra	1991-1997	93 978
Euro-Samara	1996-1998	14 048
Porsche Boxster	1997-2010	168 477
Porsche Cayman	2005-2011	59 413
Porsche yhteensä	1997-2011	277 890
THINK City	2009-2011	1 794
Garia-golfauto	2009-2011	2 192
Fisker Karma	2011-2012	2 718
Mercedes-Benz A-sarja	2013-	tuotannossa

2 KIRJALLISUUSOSA

2.1 Lean-tuotantojärjestelmä

Yritykset etsivät jatkuvasti uusia toimintatapoja säilyttääkseen kilpailukykynsä. Osalle yrityksistä tämä tarkoittaa perinteisestä toimintamallista Lean-toimintaan siirtymistä. Lean on joustava tuotantojärjestelmä, joka käyttää huomattavasti vähemmän resursseja verrattaessa perinteiseen järjestelmään. (Stevenson 2009, 693.)

Lean-ajattelu on lähtöisin 1900-luvun puolivälin Japanista Toyotan perustajien Taiichi Ohnon ja Shigeo Shingon tavoitteesta tuottaa nopeammin ja edullisemmin autoja. Tuotanto tuon ajan Japanissa kärsi laajalti resurssien puutteesta, jonka seuraksena japanilaiset suhtautuivat vakavasti tuottamattomaan toimintaan. (Stevenson 2009, 694.)

Lean tuotantojärjestelmä keskittyy tarkastelemaan tuotteen arvoa asiakkaan näkökulmasta. Asiakkaat tahtovat laadukkuutta ja he maksavat vain jos heidän tarpeet on mahdollista täyttää. Asiakkaiden ei tulisi maksaa kustannuksia, jotka johtuvat laiterikoista tai tarpeettoman suuresta valikoimasta. Tarkemmin ottaen, asiakkaiden ei tulisi maksaa toimittajan tuotannossa syntyvästä hukasta. (Lean Manufacturing, [Viitattu 17.10.2014].)

Laaja kiinnostus Lean tuotantojärjestelmää kohtaan syntyi kun James Womackin, Daniel Jonesin ja Daniel Roosin kirja "The Machine That Changed The World" julkaistiin vuonna 1990. Kirjassa käsiteltiin Toyotan tapaa poistaa arvoa tuottamaton toiminta eli hukka jokaisesta prosessin vaiheesta. (Stevenson 2009, 694.)

Leanin tarkoituksena voidaan pitää arvon tuottamista asiakkaalle mahdollisimman vähällä resurssien käytöllä ja tuotteen ohjaamista asiakkaalle kysynnän mukaista tahtia (Kristiansen 2009).

Kymmenen Lean -tuotannon sääntöä:

1. Eliminoi hukka
2. Minimoi valikoima
3. Maksimoi tuotevirta
4. Valmista tilausten mukaisesti
5. Täytä asiakkaan asettamat vaatimukset
6. Tee kerralla oikein
7. Kehitä työntekijöitä
8. Suunnittele nopeaa muutoskykyä varten
9. Tee yhteistyötä osatoimittajien kanssa
10. Luo jatkuvan parantamisen ilmapiiri

(Lean production, [Viitattu 17.10.2014].)

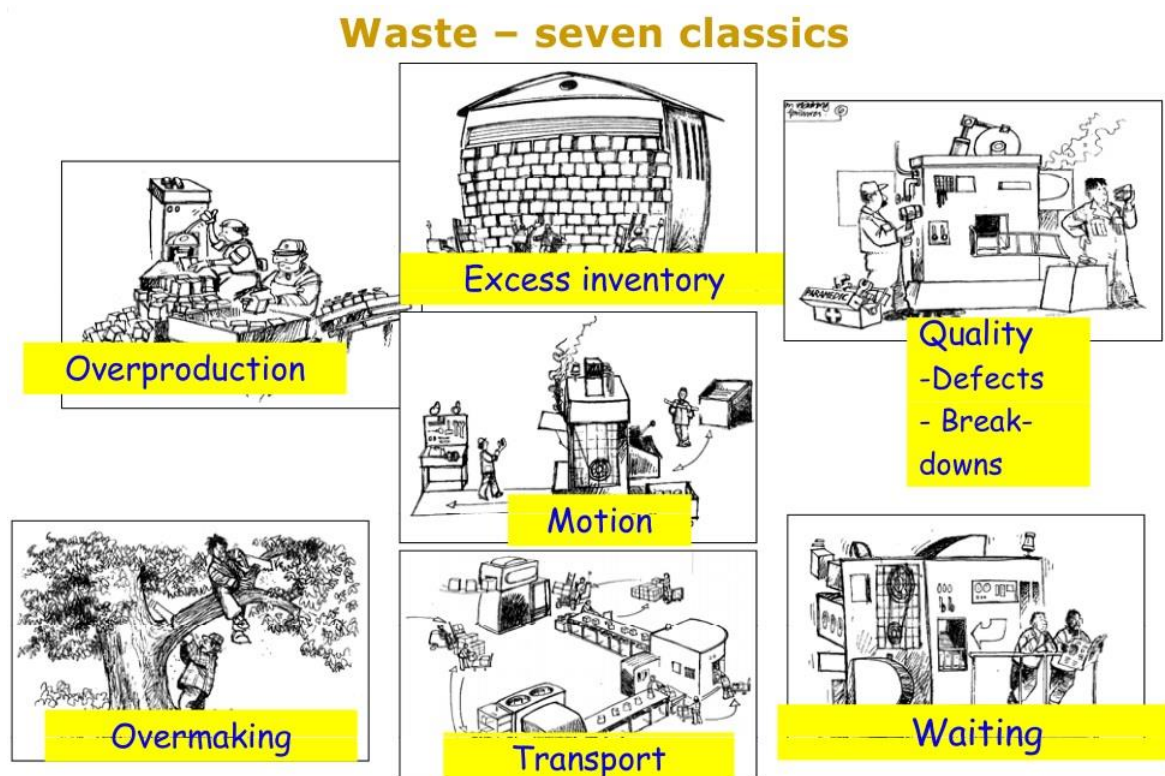
Tässä opinnäytetyössä rajoitutaan aiheen vuoksi vain näistä säännöistä ensimmäiseen sekä tutkimaan Leanin peruspilareita työhön liittyviltä osin.

2.1.1 Hukka

Prosessit lisäävät tuotteeseen tai palveluun joko arvoa tai hukkaa. Lean-tuotannossa hukalla tarkoitetaan kaikkea sellaista toimintaa, joka ei kasvata tuotteen arvoa. (Kahdeksan hukan muotoa, [Viitattu 17.10.2014].)

Hukan poistaminen on yksi tehokkaimmista tavoista yrityksen tuottavuuden parantamiseksi. Hukan luokitteluun käytettävät 7 perinteistä hukan eri tyyppiä on Toyotan pääinsinööri Taiichi Ohnon toimesta kehitetty osa Toyota Production Systemia, joka tunnetaan myös Lean-tuotantojärjestelmänä. Hukka tunnetaan Leanissa myös käsitteellä ”muda”, joka on hukka japanin kielelle käännettynä. (McBride 2003.)

Hukan eliminointia varten on ensin selvitettävä mitä hukka on ja missä sitä esiin-tyy. Vaikkakin eri tehtaiden tuottamat tuotteet eroavat melkoisesti toisistaan, ovat niiden tuotantoympäristöistä löytyvät hukat kutakuinkin samanlaisia. (McBride 2003.) Kuviossa 2 on esitettyä seitsemän klassista hukan eri tyyppiä.



Kuvio 2. Seitsemän hukan eri tyyppiä (Kristiansen 2009).

Yli tuotanto (Overproduction) tarkoittaa tuotteen valmistamista ennen kuin sitä tarvitaan. Yli tuotanto on suuri kustannus tehtaalle, koska se hankaloittaa materiaalien virtausta ja samalla alentaa laatua ja tuottavuutta.

Liiallinen varastointi (Excess inventory) lisää tuotteiden läpimenoaikoja ja varaa käyttökelpoista lattiapinta-alaa (McBride 2003). Liiallinen varastointi on hukkaa, koska materiaalit on maksettu tehtaan toimesta, mutta asiakas ei ole vielä maksanut lopputuotteesta (Finding Muda (waste) in your Process, [Viitattu 17.10.2014]).

Laatupoikkeamat ja laiterikot (Quality defects and break downs) aiheuttavat uudelleentekemistä ja hävikkiä. Useissa tehtaissa laatupoikkeamien ja laiterikkojen seurauksena niistä aiheutuvat lisäkustannukset ovat merkittävä osa tuotannon

kokonaiskustannuksista. Jatkuvalla parantamisella ja työntekijöiden kehittämisellä voidaan poikkeamia ja niistä aiheutuvia kustannuksia merkittävästi vähentää.

Turhat liikkeet (Motion) tarkoittaa työntekijöiden ja koneiden liikkumista, joka ei lisää tuotteeseen arvoa (Finding Muda (waste) in your Process, [Viitattu 17.10.2014]). Tarpeeton liikkuminen ja käsittely altistaa tuotteen vaurioille alentaen näin laatua (McBride 2003).

Ylitekeminen (Overmaking) kuvastaa tuotannon loppuvaiheessa syntyvää hukkaa ja siihen sisältyy kaikki arvoa tuottamattomat toiminnot, joista asiakas ei ole halukas maksamaan.

Siirrot (Transport) koskee tuotteiden, materiaalien ja työkalujen siirtelyä jonkin tuotannon vaiheen suorittamista varten. Siirtoja voidaan vähentää suunnitelmalla tuotantolaitoksen layout tuotantolinjoiksi, jossa tuotteet virtaavat työasemien lävitse samassa järjestyksessä.

Odottaminen (Waiting) tarkoittaa aikaa, jolloin tuotteeseen ei synny arvoa. Odottamista tarkoittaa työntekijöiden kohdalla aika, jolloin työntekijä odottaa informaatiota, ohjeita tai materiaaleja. Odottamisesta aiheutuvaa hukkaa voidaan vähentää aikataulukimusten, tasapainotuksen ja tahtiaikojen avulla. (Finding Muda (waste) in your Process, [Viitattu 17.10.2014].)

2.1.2 Just In Time (JIT)

Lean-järjestelmää voidaan kuvata JIT-järjestelmäksi painotettaessa järjestelmän koordinoitua toimintaa ja tuotteiden toimitusta juuri niitä tarvittaessa. JIT-järjestelmä on tarkasti koordinoitu tuotantojärjestelmä, jossa tuotteet virtaavat lävitse tarpeen vaatiessa ja vaadittuja palveluita tuotetaan tarvittaessa. (Stevenson 2009, 694.)

Varastointikustannukset vaikuttavat voimakkaasti yrityksen kokonaiskustannuksiin erityisesti tuotantolaitoksissa. JIT:n avulla on mahdollista alentaa tuotteiden käsittelystä johtuvia kustannuksia. Minimoimalla varastoissa olevien tuotteiden määrät,

säästetään tilaa, vähennetään varastoinnin kustannuksia ja poistetaan ylimääräisestä varastoinnista aiheutuvaa hukkaa. (Just In Time (JIT), [Viitattu 24.10.2014].)

JIT:n hyötyjä:

- pienet varastot
- pienempi hukka
- korkealaatuinen tuotanto
- nopea reaktiokyky asiakkaan toiveisiin

(Just In Time (JIT), [Viitattu 24.10.2014].)

2.1.3 5S-menetelmä

5S on viisivaiheinen sovellus, jolla pyritään parantamaan yrityksen tuottavuutta ja turvallisuutta (Kristiansen 2009). Se keskittyy visuaaliseen järjestykseen, organisointiin, puhtauteen ja järjestelmällisyyteen.

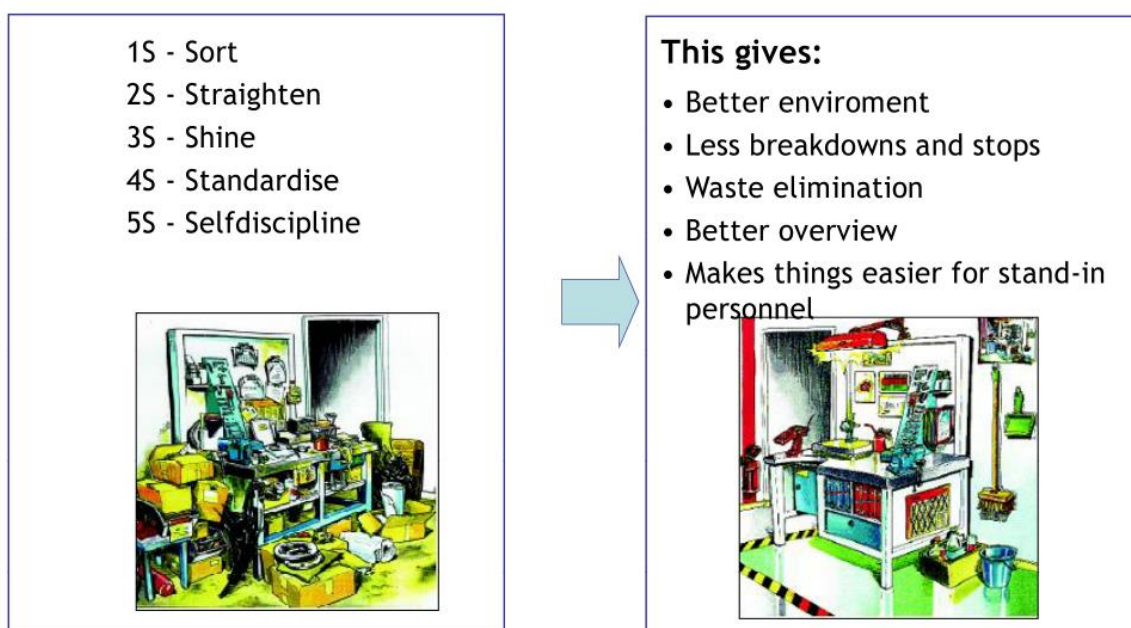
5S-menetelmä on kehitetty Japanissa ja se tarkoittaa japaninkielisiä sanoja seiri (siisteys), seiton (järjestys), seiso (puhtaus), seiketsu (standardointi), and shitsuke (kuri). Se on Lean-tuotantojärjestelmän työkalu, jonka viiden pääperiaatteen avulla voidaan organisoida työasemat tehokkaasti ja jolla on hyvä lähteä kehittämään Lean-tuotantojärjestelmää (Wastradowski 2015).

Peruseriaatteet 5S-menetelmässä ovat ensinäkemältä hyvin yksinkertaisia ja maalaisjärjellä ajateltuna itsestäänselvyksiä, mutta ennen 5S:n käyttöönottoa, laiminlöi moni yritys nämä peruseriaatteet. 5S:n myötä on mahdollista saavuttaa parempi tuottavuus ja turvallisuus. Menetelmän käyttöönotosta voi hyötyä niin sairaalat, päivittäistavarakaupat kuin myös isot tuotantolaitoksetkin.

5S-menetelmän käyttöönotto aiheuttaa mahdollisesti lisäkustannuksia sen toimintaan saamiseksi. Kustannukset koostuvat henkilöstön koulutuksesta, tehtaan organisoinnista, tarvikkeiden, kuten laadukkaan merkintäjärjestelmän hankinnasta ja lopulta 5S:n vaatimasta ajasta sen ylläpitämiseksi.

Kustannukset riippuvat suuresti nykytilanteesta. Mitä kauempana ollaan 5S:n päämäärien saavuttamisesta, sitä enemmän sen käyttöönotto ja 5S:n etujen saavuttaminen tulee kustantamaan. (Wastradowski 2015.) Kuvio 3 havainnollistaa 5S-menetelmän tarkoitusta ja sillä saavutettavia etuja.

5S – order and tidiness



Kuvio 3. 5S-menetelmän käyttö ja edut (Kristiansen 2009).

2.1.4 Total Productive Maintenance (TPM)

Total Productive Maintenance on japanilaisen Seiichi Nakajiman kehittämä konsepti, jossa yhdistyy ennaltaehkäisevä kunnossapito, kokonaisvaltainen laadun tarkkailu ja työntekijän osallistuminen (Kristiansen 2009). Sen tavoitteena on poistaa laiterikot, tuotannon pysähdykset, tuotantovirheet ja tapaturmat. (TPM – Total Productive Maintenance, [Viitattu 19.12.2014])

TPM:ää voidaan pitää yhtenä Lean-tuotantojärjestelmän peruspilarina, koska menestystä ei voi syntyä ilman luotettavia työvälineitä ja laitteita. Käytettäessä 5S-

menetelmän ohessa, TPM:n avulla on mahdollista saavuttaa pitkäjänteisiä parannuksia tuontantoon. (What is TPM, [Viitattu 19.12.2014].)

Total Productive Maintenancen ideana on jakaa vastuu työvälineiden kunnosta työntekijöiden kesken. Tämä toteutetaan käytännössä säännöllisenä työvälineiden huoltona ja ylläpitona (TPM – Total Productive Maintenance, [Viitattu 19.12.2014]).

TPM:n kulmakivinä voidaan pitää seuraavien kuuden tekijän vähentämistä:

- Laiterikot
- Säättämiset
- Lyhyet pysähdykset
- Alentunut nopeus
- Uudelleentekeminen
- Käynnistysongelmat

Näiden kuuden tekijän pohjalta voidaan tehdä yksittäisen koneen tai työvälineen tehokkuutta kuvaava KNL-laskenta. KNL-laskenta tarkoittaa tuotantokoneen tai työvälineen kokonaistehokkuuden laskemista: K tarkoittaa käytettävyyttä, N nopeutta ja L laatua. Laskelman tavoitteena on tuoda esille kaikki tuhlauksen lajit. KNL lasketaan kertolaskuna, jossa kerrotaan nämä kolme tekijää keskenään. (Villanen 2013.)

2.2 Ergonomia

2.2.1 Määritelmä ja tarkoitus

Ergonomia- sana on peräisin kreikan kielen sanoista ergo (työ) & nomos (luonnonlait). Ergonomialla tarkoitetaan tekniikan ja toiminnan sovittamista ihmisille ja se ymmärretään yleisesti ajattelutapana, soveltavana tutkimusalueena sekä käytännön toimintana. Ergonomia määritellään tiivistettynä ihmisen ja toimintajärjes-

telmän vuorovaikutuksen tutkimiseksi ja kehittämiseksi ihmisen hyvinvoinnin ja järjestelmän suorituskyvyn parantamiseksi. (Launis, M. & Lehtelä, J. (toim.) 2011, 19.)

Ergonomian tarkoituksena on tavoitella ympäristöä, jossa kaikki voisivat toimia haitatta ja tehokkaasti. Ympäristö ja siinä olevien välineiden ominaisuudet eivät siis saisi rajoittaa henkilöiden soveltuvuutta tehtäviin. (Launis, M. & Lehtelä, J. (toim.) 2011, 19, 21.)

2.2.2 Osa-alueet

Ergonomia voidaan jakaa kolmeen eri osa-alueeseen: fyysiseen, kognitiiviseen ja organisatoriseen ergonomiaan (Ergonomia 2015).

Fyysisessä ergonomiassa tähdätään kehittämään toimintaa ihmisten anatomisiin ja fysiologisiin ominaisuuksiin vedoten. Fyysistä ergonomiaa hyödynnetään työympäristön ja työmenetelmien suunnittelussa. (Ergonomia 2015.)

Kognitiivinen ergonomia keskittyy järjestelmien kehittämiseen ihmisen tiedonkäsittelyn näkökulmasta. Kognitiivista ergonomiaa hyödynnetään käyttöliittymien suunnittelussa. (Ergonomia 2015.)

Organisatorinen ergonomia keskittyy teknisen ja sosiaalisen järjestelmän toimintaan ja sitä hyödynnetään esimerkiksi työaikajärjestelyjen suunnittelussa (Ergonomia 2015).

2.2.3 Kulkutiet

Kulkuteiden mitoituksen ja suunnittelun perustana on turvallisuus ja helppo liikkuminen. Ihmisille tarkoitettujen kulkuteiden ja työtilojen mitoitus perustuu ihmisten mittoihin, työskentelyn tarpeisiin ja turvallisuustekijöihin. Kulkuteiden mitoitusohjeet voivat poiketa hiukan toisistaan riippuen siitä, painotetaanko esimerkiksi esteetöntä vai nopeakäyttöistä kulkutietä. (Launis, M. & Lehtelä, J. (toim.) 2011, 138.)

Kulkuväyliä mitoitettaessa on varmistettava, että kulkuväyliä vieressä ei ole vaarakohtia (Launis, M. & Lehtelä, J. (toim.) 2011, 139). Mikäli kulkuväylillä on esiintyviä rakenteita, tulee ne suojata ja tehdä selvästi näkyviksi kaikille kulkuväylää käyttäville sekä huomaamattomat kohteet olisi hyvä pehmustaa. Törmäämisen välttämiseksi, tulisi myös kulkuväyliä vieressä olevat kohteet merkitä huomioteipillä. (Kulkuväylän reunoilla olevien rakenteiden näkyvyyden parantaminen ja suojaaminen, [Viitattu 6.2.2015].) Kuviossa 4 on esitetty kulkuväyliä leveydet kulkuväylän käyttöasteiden mukaisesti.

kulkutilanne	leveys (mm)
normaalitilanne, suositus	800
normaalitilanne, minimi	600
satunnaisessa käytössä lyhyellä matkalla	500
useampia kulkijoita kerralla	1 000
poistumistie max 120 hengelle	1 200

Kuvio 4. Kulkuväyliä leveydet (Launis, M. & Lehtelä, J. (toim.) 2011, 138).

Työskentelykohteisiin pääsy pitää toteuttaa ja varmistaa suunnitelmallisesti. Suunnittelussa pyritään siihen, että työskentelykohteisiin ulotutaan turvallisesti lattiata-solta. Hissin, luiskan tai portaiden käyttöä voidaan pitää toissijaisena ratkaisuna, mutta porrastikkaiden tai tikkaiden käyttö aiheuttaa putoamisvaaran. (Launis, M. & Lehtelä, J. (toim.) 2011, 139.)

Koneiden kulkuteitä koskevan standardin SFS-EN ISO 14122:n mukaisesti tasolta toiselle siirtymiseen tarvittavat nousutiet jaotellaan seuraavasti:

- luiska: kaltevuus 0-20°
- portaat: nousukulma 20-45°
- porrastikkaat: nousukulma 45-75°
- tikkaat: nousukulma yli 75°

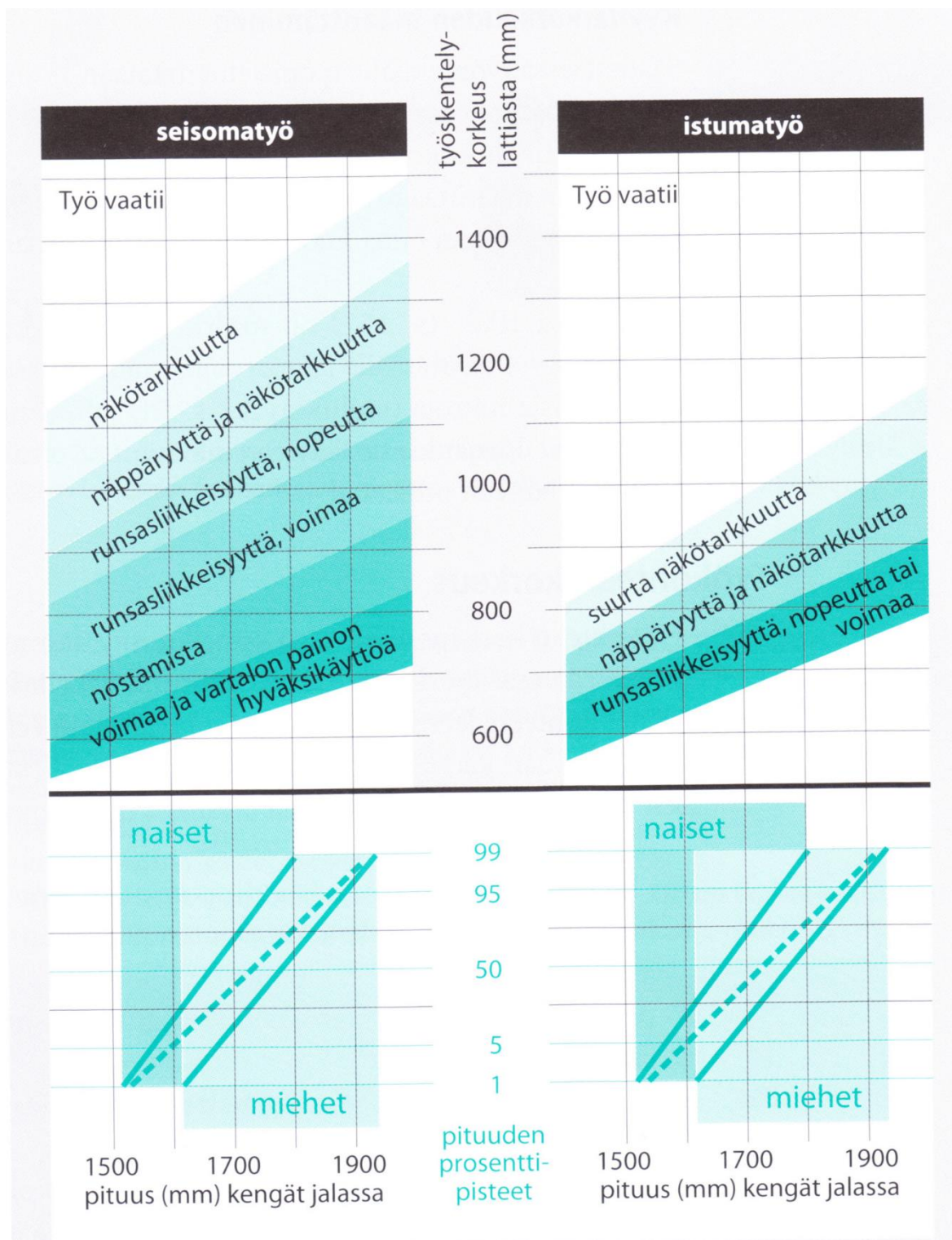
(Launis, M. & Lehtelä, J. (toim.) 2011, 139.)

2.2.4 Työskentelykorkeus

Työtason ääressä työskenneltäessä, toimii taso paitsi työkohteiden ja työvälineiden alustana myös käsien tukena. Mikäli työtasoa ei ole tai työvälineet ja -kohteet on sijoitettu työtasosta riippumattomasti, tulee eri kohteiden korkeutta harkita käsi-
liikkeiden ja katselun vaatimusten kannalta. (Launis, M. & Lehtelä, J. (toim.) 2011, 151.)

Työtason korkeus riippuu työliikkeiden liikelaajuudesta ja käsien tukemistarpeesta. Työtason korkeuden vertailukohtana pidetään työntekijän kyynärkorkeutta rennos-
sa työasennossa. Tason tulee tukea tarkkoja liikkeitä, mutta se ei saa olla esteenä käsien vapaalle liikuttelulle. Tason korkeuteen vaikuttaa myös näkemisvaatimuk-
set silloin, kun tarkkaa näkemistä vaativaa työkohdetta pidetään työtasolla. (Lau-
nis, M. & Lehtelä, J. (toim.) 2011, 151.)

Työkohteen korkeus eroaa työtason korkeudesta siinä määrin, että esimerkiksi suurta näkötarkkuutta vaativa työkohde korotetaan sopivan katselukulman saavut-
tamiseksi työtason yläpuolelle. Vastaavasti suuren työkohteen kokoonpano voi vaatia alemmaa työtasoa. (Launis, M. & Lehtelä, J. (toim.) 2011, 151.) Kuviossa 5 on esitetty eri pituisten naisten ja miesten työskentelykorkeudet eri vaatimuksia painottavissa työtehtävissä.



Kuvio 5. Naisten ja miesten työskentelykorkeus (Launis, M. & Lehtelä, J. (toim.) 2011, 151).

2.3 Tehtaan layout

Tehtaan layout-suunnittelussa päätetään tilojen, koneiden, tavaroiden ja henkilökunnan sijoittelusta tuotantotiloihin (Taylor & Russell, [Viitattu 13.3.2015]).

Layoutin suunnittelu on tarpeellista kun suunnitellaan uusia tiloja tai halutaan suunnitella uudelleen jo olemassa olevia tiloja. Yleisimmät syyt layouttien uudelleen suunnitteluun koskevat toiminnan tehostamista, tapaturmien tai turvallisuusriskien poistamista, tuotteiden tai tuotantomäärien muutoksia ja työmenetelmien tai välineiden muutoksia. (Stevenson 2009, 249.)

Yleinen päämäärä layoutin suunnittelussa on helpottaa materiaalien, työn ja informaation kulkua järjestelmän lävitse. Muina päämäärinä voidaan pitää:

1. Halutun laatutason saavuttamista
2. Työntekijöiden ja tilan käyttämistä tehokkaasti
3. Pullonkaulojen välttämistä
4. Materiaalien käsittelystä johtuvien kustannusten minimointia
5. Tarpeettomien siirtojen poistamista
6. Tuotantoajan tai asiakkaan palveluajan minimointia
7. Suunnittelua turvallisuutta varten. (Stevenson 2009, 250.)

Erilaisia tehtaan layoutteja on yleisesti kolmea eri päätyyppiä: tuote-, prosessi- ja paikkalayout. Hybridilayoutilla tarkoitetaan edellä mainittujen layouttyyppien sekoi- tusta. (Stevenson 2009, 250.)

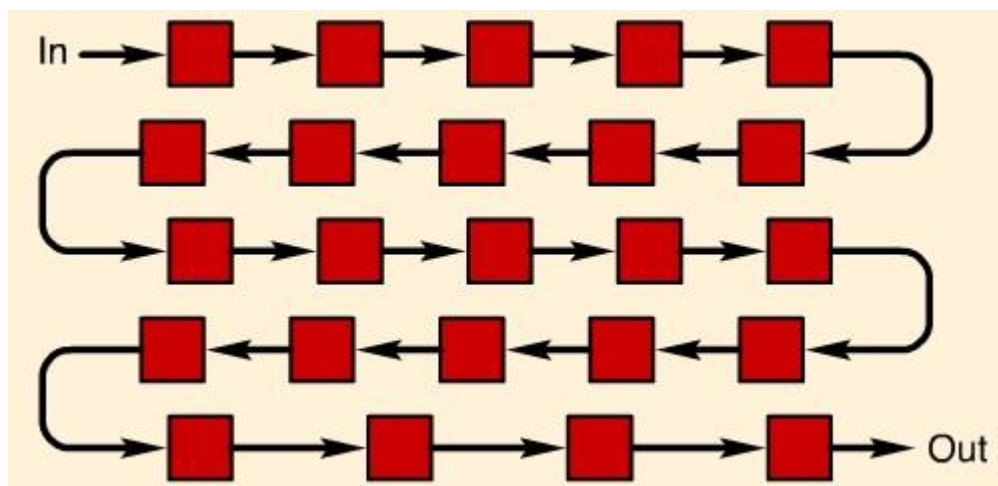
2.3.1 Tuotelayout

Tuotelayoutissa koneet ja työvälineet on sijoiteltuna niin, että jokainen tuote ete- nee ennaltasuunniteltua reittiä valmistusvaiheiden lävitse. Esimerkkinä tuote- layoutista voidaan pitää autotehtaan kokoonpanolinjaa, jossa kokoonpantavan

mallin eri varustelutasot vaativat lähes saman työjärjestyksen. (Taylor & Russell, [Viitattu 13.3.2015].)

Koska kokoonpanolinja on suunniteltu vain yhtä tuotetta tai palvelua varten, voidaan työn laadun parantamista varten hankkia erikoislaitteita. Tuotelayout soveltuu massatuotantoon tai toistuvaan toimintaan, jossa kysyntä on tasaista ja tuotantomäärä korkea. Tuotelayoutin hyvinä puolina on sen tehokkuus ja käytännöllisyys. Huonona puolena on sen joustamattomuus muutoksille. (Taylor & Russell, [Viitattu 13.3.2015].)

Tuotelayoutin suurimpana haasteena on kokoonpanolinjan tasapainoitus siten, ettei yksikään työasema muodostu koko linjaa hidastavaksi pullonkaulaksi. Kuviossa 6 havainnollistetaan tuotelayoutin periaatetta.



Kuvio 6. Työn virtaus tuotelayoutissa (Taylor & Russell, [Viitattu 13.3.2015]).

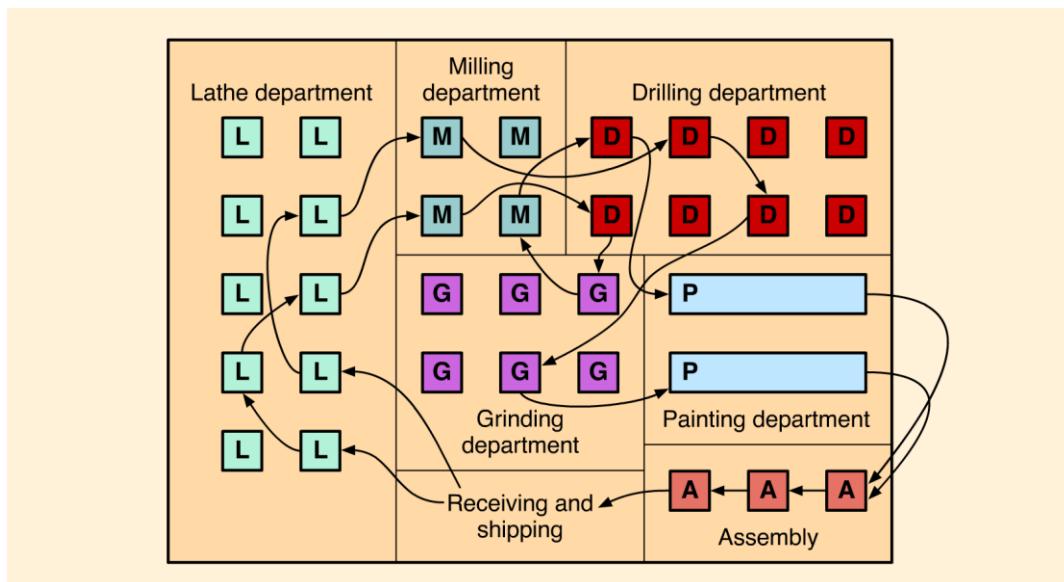
Tuotteiden siirto tuotelayouteissa tapahtuu yleensä liukuhihnojen avulla, jotka voidaan käynnistää ja pysäyttää työntekijän toimesta tai ne voidaan asettaa toimimaan automaattisesti tahtiaikojen mukaisesti. Työtehtävät suoritetaan itse liukuhihnan päällä tai siitä sivussa.

2.3.2 Prosessilayout

Prosessilayoutissa samankaltaiset työvaiheet ovat sijoiteltuina samoille työasemille. Eri tuotteet saattavat vaatia erilaisia valmistusvaiheita, joten materiaalivirrat voivat olla monimutkaisia prosessilayoutissa. (Taylor & Russell, [Viitattu 13.3.2015].)

Esimerkkinä prosessilayoutista voidaan pitää tavarataloa, jossa naisten ja miesten vaatteet, kosmetiikkatuotteet ja kengät on sijoitettuna erillisiin osastoihinsa. Prosessilayoutille on ominaista epäsuorat materiaalivirrat, joten se palvelee eri asiakkaiden erilaisia vaatimuksia. Asiakkaiden tilausmäärät ovat alhaisia ja tilausten vaatimat työjärjestykset voivat erota toisistaan merkittävästi. (Taylor & Russell, [Viitattu 13.3.2015].)

Prosessilayoutin hyvänä puolena on sen joustavuus ja huonona heikko tehokkuus. Työt tai asiakkaat eivät virtaa järjestelmän lävitse suoraviivaisesti ja siirto eri osastojen välillä voi viedä huomattavan paljon aikaa. (Taylor & Russell, [Viitattu 13.3.2015].) Kuvio 7 havainnollistaa tuotteiden virtausta prosessilayoutissa osastojen välillä.



Kuvio 7. Tuotteiden virtaus prosessilayoutissa (Taylor & Russell, [Viitattu 13.3.2015]).

2.3.3 Paikkalayout

Paikkalayoutissa työn kohde pysyy paikoillaan. Työntekijät, materiaalit ja työvälineet liikkuvat tarpeen vaatiessa, joten paikkalayout on tältä osin vastakohta prosessi- ja tuotelayouteille. (Stevenson 2009, 254.)

Tällaista layout-ratkaisua voidaan käyttää hyväksi tuotettaessa tuotteita, joita on käsiteltävä hellävaraisesti tai joiden siirtäminen on hankalaa. Esimerkkinä voidaan pitää laivan rakennusta, jossa työn kohde pysyy paikoillaan koko valmistuksen ajan. (Taylor & Russell, [Viitattu 13.3.2015].)

3 NYKYTILAN KARTOITTAMINEN

Nykytilan kartoittaminen aloitettiin nykyisen layoutin tarkastelulla ja työasemien työjärjestyksen selvittämisellä. Työskentelyn ergonomiaa tarkasteltiin kulkuväylien leveyksien ja työskentelykorkeuksien osalta. Tämän jälkeen selviteltiin linjatyöntekijöiden sekä aluesuunnittelijan keskeisimpiä ideoita linjan kehittämisestä.

Työntekijöiden näkemyksiä työasemien kehittämisestä tiedusteltiin työskentelyn ohessa. Näkemyksistä kerättiin talteen toteuttamiskelpoisiksi todetut ideat. Toteuttamiskelpoisina ideoina pidettiin parannusehdotuksia, joiden tuoman hyödyn nykytilanteeseen verrattuna kykeni työntekijä hyvin perustelemaan. Tämän lisäksi pidettiin tärkeänä, että ideaansa esitellyt työntekijä osasi ottaa huomioon eri työntekijöiden mahdollisesti poikkeavat työtavat kehitettävässä kohteessa.

Aluesuunnittelijan asettamat vaatimukset ja ideat linjan kehittämisestä saatiin selville opinnäytetyön etenemistä koskevien palaverien yhteydessä.

3.1 Linjan layout

Linjan layoutista ei ollut saatavilla tarkkaa nykytilannetta esittävää CAD-piirrustusta, joten sellainen laadittiin päivittämällä olemassa olevaa CAD-piirrustusta. Tietokonemallin päivittäminen nykytilannetta vastaavaksi sisälsi hie-man ongelmia, koska tietokonemalliin syötetyt tavaroiden mitat ja kulkuväylien leveydet eivät vastanneet täydellisesti todellisuutta. Tästä johtuen laadittu layout-malli nykyisestä tilanteesta ei vastannut myöskään täydellisesti todellisuutta mittojen osalta. Opinnäytetyön tavoitteen kannalta tällä asialla ei ollut merkitystä, koska tavoitteena oli suunnitella tehokkaampi layout. Mittojen tarkka selvittäminen ja linjan tarkka mallinnus niiden mukaisesti olisi ollut liian aikaavievää.

Tehdas on jaettu numeroituihin alueisiin ja kokoonpanolinjoihin. Kokoonpanossa sijaitsevat työasemat on numeroitu alueen ja kokoonpanojärjestyksen mukaisesti. Ovi-esikokoonpanolinja koostuu kuudesta eri asemasta, joista ensimmäisen aseman numero on 2361. Ovet saapuvat tälle asemalle automatisoidun ovikuljettimen avulla kokoonpanolinjalta numero 1, jossa ovet on irroitettu maalatusta korista ja

nostettu ovikuljettimen kuljettamiin koontavaunuihin. Kuvio 8 esittää ovi-esikokoonpanon oikean puolen ovia kokoavaa tuotantolinjaa. Kuviossa oleva nuoli osoittaa kokoonpanon etenemissuuntaa.



Kuvio 8. Ovi-esikokoonpanon oikea linja (Valmet Automotive Oy).

Saapuvien koontavaunujen määrää ovi-esikokoonpanolinjalla ohjataan asemalla 2361 sijaitsevan tunnistimen avulla. Tunnistin toimii yksinkertaisesti siten, että linjalle vedettävä koontavaunu, jota automatisoitu ovikuljetin ei enää kykyene liikuttamaan, painaa ohittaessaan tunnistimen sen mekanismia, jonka seuraksena automatisoitu ovikuljetin lähettää yhden koontavaunun lisää ovi-esikokoonpanolinjalle. Tämä siis toimii käytännössä siten, että kun tällä asemalla työskentelevä työntekijä vetää koontavaunun linjalle, niin vasta tällöin voi uusi koontavaunu saapua odottamaan linjalle vetämistä.

Ovi-esikokoonpanolinjalle vedetyssä koontavaunussa oleva etu- tai takaovi on maalattu ja valmis kokoonpanoa varten. Kokoonpanolinjalla 1 irroitettun oven sisään on laitettu tunnistekortti, josta käy ilmi, mihin autoon kyseinen ovi kuuluu ja mitä siihen tulee asentaa.

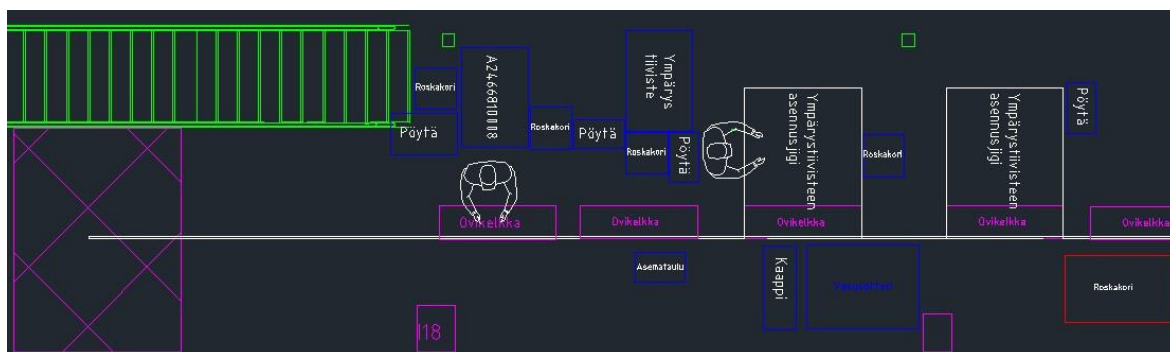
Asemilla tarvittavat pienosat ja tarvikkeet ovat varastoituina kolmitasoisiihin hyllyköihin, joita kuvaavat CAD-mallissa sinisellä merkityt "vasupatterit". Näissä olevat pienosat ja tarvikkeet ovat varastoituina muovilaatikoihin, joita tilataan lisää tarpeen vaatiessa käyttämällä ovi-esikokoonpanolinjan kahta tilauspäättettä. Kaikki kokoonpanolinjalla käytettävät osat ja tarvikkeet on numeroitu, ja niiden toimitusjainnit on ennalta määritetty. Osien ja tarvikkeiden tilaaminen tilauspäättellä tapahtuu tilausnumeron perusteella.

Autokohtaiset osat, jotka vaihtelevat vientimaan, värin ja varustelutason mukaan, ovat erillään pienosista ja tarvikkeista. Nämä osat saapuvat varastolta valmiiksi päivän tuotantosuunnitelman mukaiseen järjestykseen järjestettyinä niille suunnit-

telluissa kuljetusvaunuissaan. Tällaisia osia ovat muun muassa ovimodulit, kahvat, peitelevyt sekä taustapeilit ja oviverhoilut.

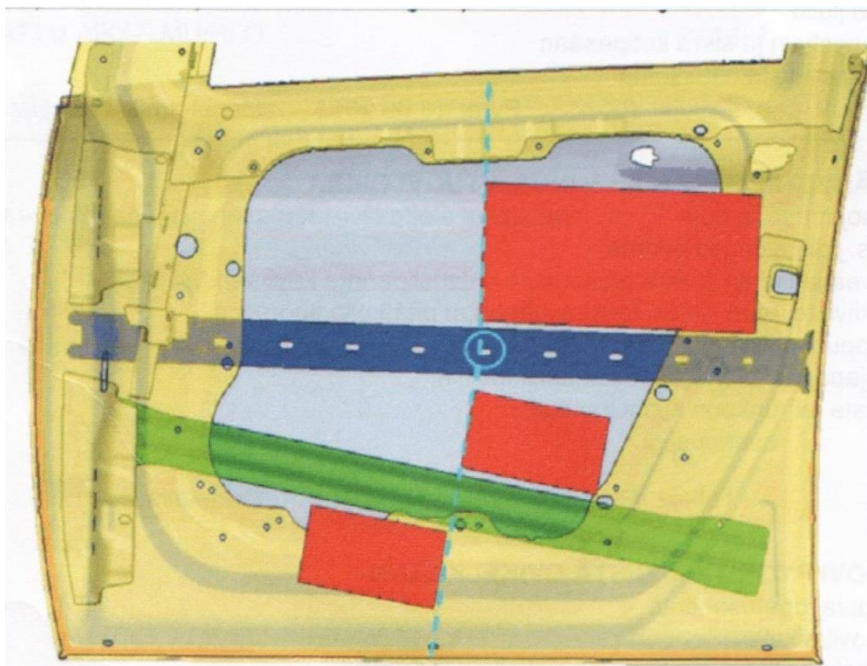
3.1.1 Aseman 2361 työvaiheet

Aseman 2361 ensimmäinen työvaihe on tunnustekortin ottaminen ovesta, sen lukeminen ja ovikortin laadinta kirjaamalla tunnustekortissa ilmoitettu tilausnumero ovikorttipohjaan. Tämän jälkeen oven sisällä ollut tunnustekortti ja laadittu ovikortti asetetaan koontavaunussa olevaan paperinpidikkeeseen ohjeistamaan oven koonpanoa. Kuviossa 9 on esitetty aseman 2361 layout. Kuvion vasemmassa reunassa oleva vihertävä ruudukko kuvastaa portaita ovi-esikokoonpanolinjan yläpuolella sijaitsevaan työntekijöiden taukotilaan ja violetti ruudukko ovikuljettimen las-kuhissin suojahäkkiä.

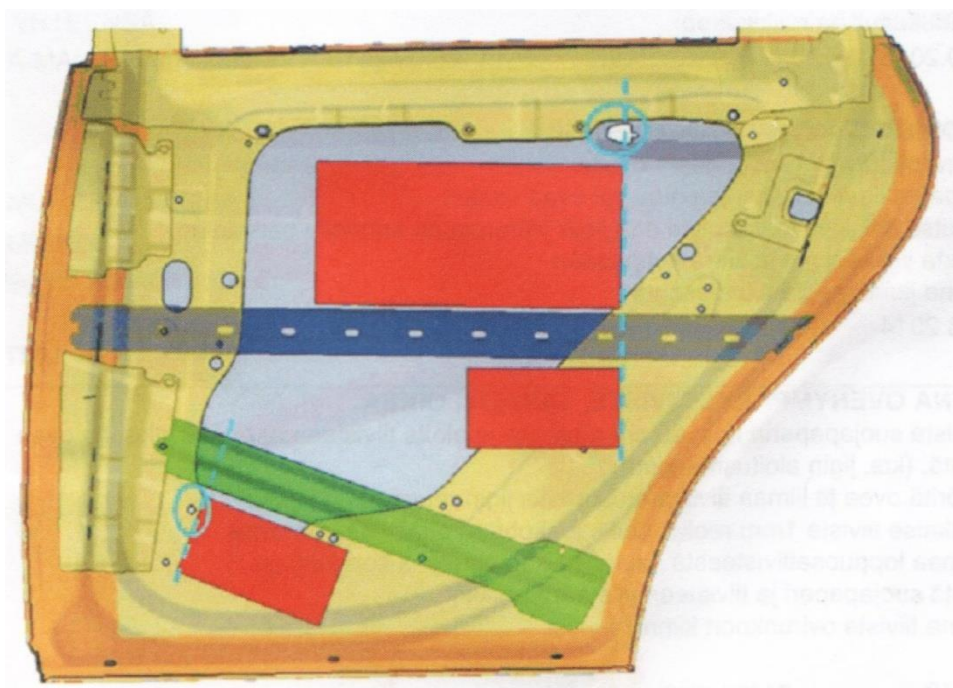


Kuvio 9. Asema 2361
(Valmet Automotive Oy).

Kokoonpano aloitetaan kiinnittämällä oveen äänieristeet. Äänieristelevy otetaan kuljetusvaunusta ja taitetaan käsissä kolmeen osaan ennen oveen asentamista. Äänieristelevyn liimapuolelta poistetaan liimapintaa suojaava suojamuovi ja äänieristelevyt asennetaan ovipellin sisäpuolelle painamalla ne keyesti ohjeistetuille paikoilleen. Äänieristelevyjen asennuspaikat on merkitty Kuvioon 10 ja Kuvioon 11.



Kuvio 10. Etuoven äänieristelevyjien asennuspaikat (Valmet Automotive Oy).



Kuvio 11. Takaoven äänieristelevyjien asennuspaikat (Valmet Automotive Oy).

Äänieristeiden asennuksen jälkeen on vuorossa B-pylvään peitelevyn kiinnittämiseen tarvittavien kiinnitysklipsien asennus etu- ja takaoven B-pylvääseen sekä takaoven takaosaan kolmiolasin kiinnittämistä varten. Kiinnitysklipsit asennetaan painamalla ne sormilla paikoilleen klipseille varattuihin koloihin.

Kun kiinnitysklipsit on asennettu, on vuorossa kokoonpanoa helpottavien B-pylväiden pehmikepalojen asennus. Pehmike asennetaan liimaamalla se 45 asteen kulmaan B-pylvään ja ikkuna-aukon reunan alakulmaan.

Ovi pyyhitään oven ympärille asennettavan ympärystiivisteiden kohdalta kevyesti isopropanolilla kostutetulla mikrokuituliinalla, jonka jälkeen ovi otetaan ympärystiivisteiden asentamiseen käytettävään pyöritysjigiin koontavaunustaan. Ympärystiivisteiden asennukseen käytettävien pyöritysjigien ympärillä oleva alue on työskentelyn helpottamiseksi katettu koroketasoilla, joiden korkeus lattiatasosta on 22 cm. Korokkeiden päälle käynti tapahtuu ovikiskon suuntaisesti asennettujen liuskojen kautta, joiden pituus on 50 cm. Mallinnettuun layout- piirrustukseen koroketasoja ei ole merkitty selkeyden säilyttämiseksi. Aseman 2361 koroketaso alkaa Kuvioon 9 piirretyn roskakorin ja pöydän vieressä olevan ympärystiivistevaunun reunalta ja jatkuu suorakulmion muotoisena jälkimmäisen, etuoville sovitetun pyöritysjigin vieressä olevan pöydän ulkoreunalle saakka leveys suunnassa Kuvion 9:n malliin nähden. Kuvion 9:n mukaisesti korkeussuunnasta tarkasteltuna, ulottuu koroketaso ovikiskon alareunasta vihreällä neliöllä kuvattuun tukipylvään reunaan saakka. Koroketason päälle käyntiin käytettävät kaksi 50 cm:n pituista liuskaa sijaitsevat ovikiskon suuntaisesti pyöritysjigien läheisyydessä.

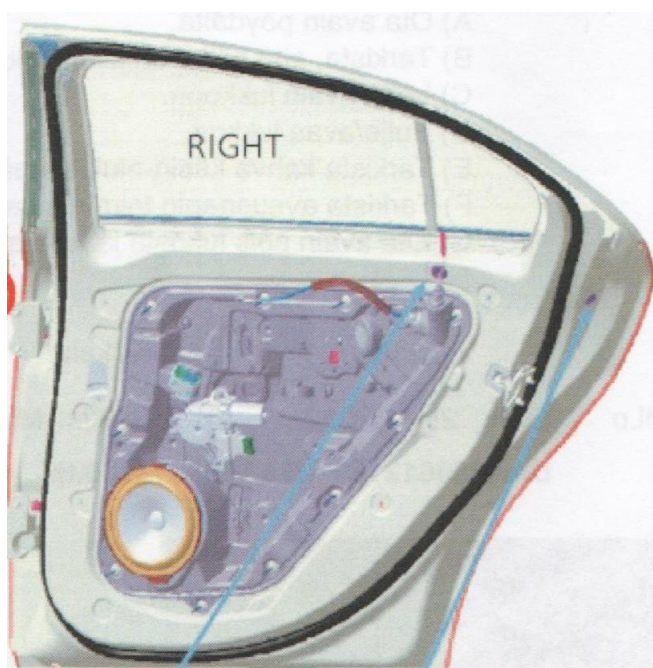
Ympärystiivisteiden asennus pyöritysjigissä olevaan oveen aloitetaan ottamalla ympärystiiviste kuljetusvaunustaan, jonka jälkeen sen liimapintaa suojaava paperi poistetaan. Tiiviste asennetaan oveen pyörittämällä ovea pyöritysjigissä ja samalla painaen ympärystiivistettä pyöritysjigin reunaa vasten oveen kiinni. Pyöritysjigin pyöritys tapahtuu painamalla kevyesti jalalla korokkeen päälle kiinteästi asennettua käyttöpoljinta, jonka avulla on mahdollista myös kontrolloida sähkömoottorin pyörittämän pyöritysjigin pyörimisnopeutta ja täten asentajan työskentelyn nopeutta. Pyöritysjigi on tarkasti mitoitettu oven mukaisesti, jotta oviin asennettavat tiivisteet tulisi mahdollisimman tarkasti asennetuiksi.

Kun ovi on pyörähtänyt ympäri ja tiiviste on asennettu, tulee tiivisteiden loppu leikata oikean pituiseksi ja painaa leikkauskohta oveen kiinni. Tiiviste leikataan poikki saksilla ja siihen jätetään noin 1mm:n rako. Tämän jälkeen ovi palautetaan koontavaunuun pyöritysjigistä ja tiivisteiden suoruus tarkastetaan käsin tunnustelemalla. Lopuksi asennettu tiiviste painetaan sormia apuna käyttäen lujasti oveen, jotta

varmistetaan tiivisteiden liimapinnan ottavan kunnolla peltiin kiinni ja ettei tiiviste irtoa. Kuvioista 12 ja 13 käy ilmi etu- ja takaoven ympärystiivisteiden paikoitus oven ympärillä.



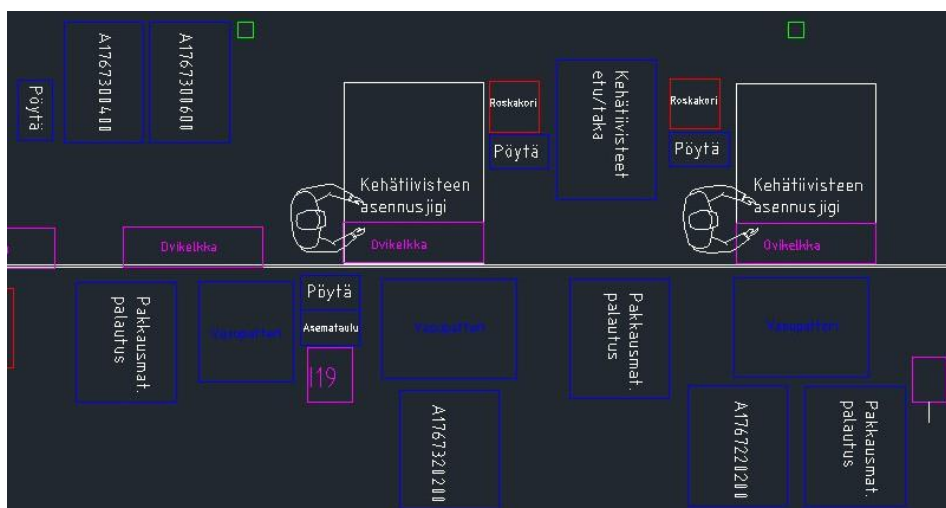
Kuvio 12. Oviverhoilua lukuunottamatta kokoonpantu etuovi (Valmet Automotive Oy).



Kuvio 13. Oviverhoilua lukuunottamatta kokoonpantu takaovi (Valmet Automotive Oy).

3.1.2 Aseman 2364 työvaiheet

Asemalle 2364 saapuviin takaoviin asennetaan ensiksi tunnustekortissa ilmoitettu kolmiolasi. Asennettavan kolmiolasin ulkoreunat kostutetaan isopropanolilla työn helpottamiseksi. Tämän jälkeen kolmiolasi asetetaan paikoilleen ja se kiinnitetään akkuruuvinvääntimiä apuna käyttäen kahdella ruuvilla kiinni oveen. Kolmiolasin ylempi kiinnitysruuvi kiinnittyy aiemmalla asemalla oveen kiinnitettyyn kiinnitysklippiin ja alempi kiinnitysruuvi kiristyy sille tarkoitetussa reiässä suoraan oven peltiä vasten. Tämän jälkeen alemmaa kiinnitysruuvia peittämään kiinnitetään kuminen suojatulppa ja kolmiolasin alapuolella sijaitseva huullostiivisteiden reuna nostetaan sormia käyttäen ylös. Kuviossa 14 on esitetty aseman 2364 layout. Edelliseltä asemalta saapuvat ovikelkat tulevat kuvasta katsottuna vasemmalta ja etenevät oikealle.

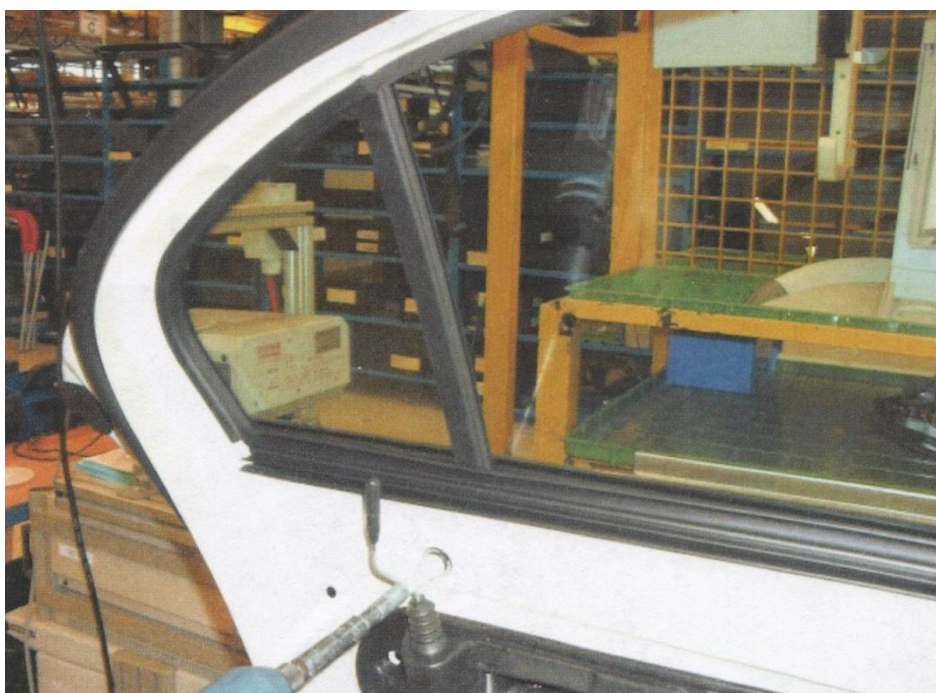


Kuvio 14. Asema 2364
(Valmet Automotive Oy).

Kuvio 15 esittää kolmiolasin yläruuvien ja Kuvio 16 kolmiolasin alaruuvien kiinnitystä.



Kuvio 15. Kolmiolasin yläruuvien sijainti (Valmet Automotive Oy).



Kuvio 16. Takaoven kolmiolasin alaruuvien kiinnitys (Valmet Automotive Oy).

Tämän jälkeen takaovi on valmis B-pylvään peitelevyn ja kehätiivisteiden asennusta varten. Etuoven kohdalla B-pylvään peitelevy ja kehätiiviste ovat ainoat työkohteet tällä asemalla. Kehätiivisteet asennetaan etu- ja takaoviin asennusjigejä hyväksi

käyttäen. Ovet nostetaan koontavaunuista asennusjigeihin, jotka ovat toimintaperiaatteiltaan sähkökäyttöisiä, lattiaan kiinnitettyjä nostureita. Asennusjigissä oleva ovi voidaan nostaa tai laskea asentajalle sopivalle työskentelykorkeudelle sähkötoimisen korkeussäädön ansiosta, jolloin kehätiivisteiden asentaminen on ergonomian kannalta turvallisempaa.

Kehätiivisteet asennetaan oviin ensin ottamalla asennettava tiiviste tiivistetelineestä ja kastelemalla se saippualliuoksella kitkan vähentämiseksi. Tämän jälkeen kasteltu tiiviste ja tiivistejigin takapuolelta otettava B-pylvään peitelevy asennetaan oveen. Tiiviste asennetaan sormia apuna käyttäen paikoilleen ja B-pylvään peitelevyn kiinnittämiseen käytetään kolmea ruuvia, jotka kiinnitetään akkuruvinväntimellä aiemmalla asemalla kiinnitettyihin kiinnitysklipseihin. Tiivisteiden ja B-pylvään peitelevyn ollessa paikoillaan, poistetaan B-pylvään peitelevyä suojaava suoja-
muovi ja palautetaan ovi koontavaunuun asennusjigistä. Kuvio 17 esittää kehätiivisteiden asennuksen aloituskohtaa etuovessa ja Kuvio 18 B-pylvään peitelevyn kiinnitysruuvien sijainteja etuovessa.

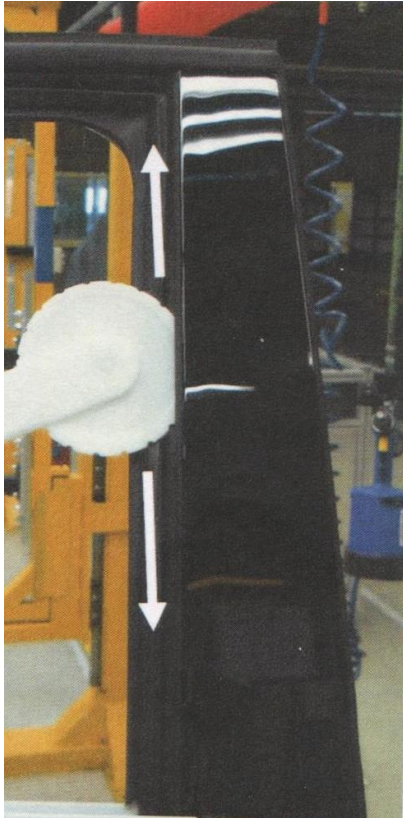


Kuvio 17. Etuoven kehätiivisteiden asennuksen aloituskohta (Valmet Automotive Oy).



Kuvio 18. Etuoven B-pylvään peitelevyn kiinnitysruuvien sijainnit (Valmet Automotive Oy).

Kehätiiviste tulee vielä lopuksi viimeistellä oven sisäpuolelta ja painaa tiiviste omiin uriinsa ikkuna-aukkoon, jotta seuraavalla asemalla asennettava ikkunalasi asentuu ja liikkuu urissaan oikein. Asennettu tiiviste tarkastetaan ja varmistetaan vielä, ettei B-pylvään peitelevyssä ole naarmuja tai vahinkoja ja että se on asennettu oikeaan asentoon. Kuvio 19 esittää ikkunaurien paikoilleen painamiseen ja avaamiseen käytettävän aputyökalun käyttöä takaoven kehätiivisteen asennusvaiheessa ja Kuvio 20 kehätiivisteen sisäreunan viimeistelyyn käytettävää aputyökalua takaoven viimeistelyvaiheessa.



Kuvio 19. Ikkunaurien painamiseen ja avaamiseen käytettävä aputyökalu (Valmet Automotive Oy).

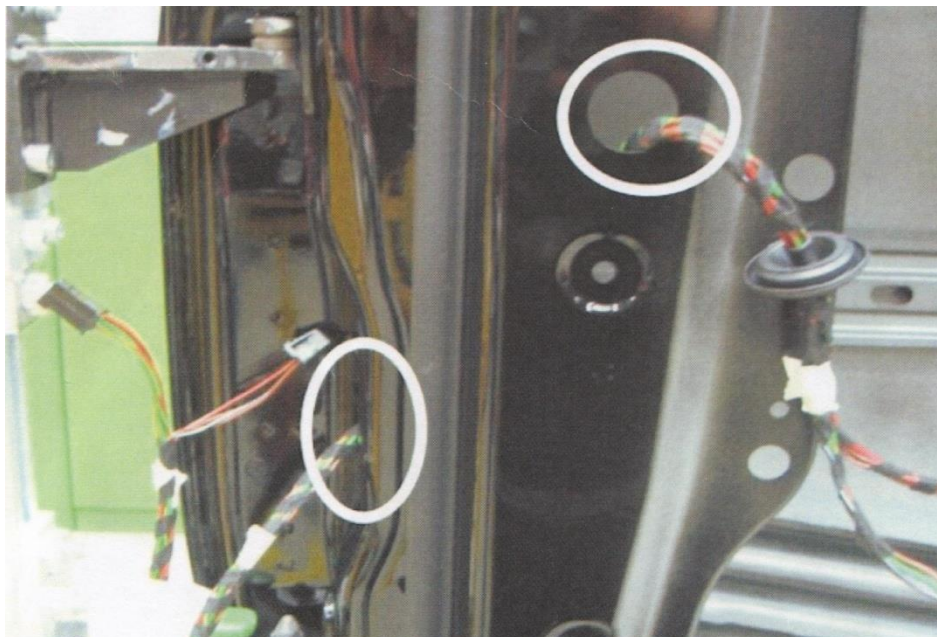


Kuvio 20. Kehätiivisteiden sisäreunan viimeistelytyökalu (Valmet Automotive Oy).

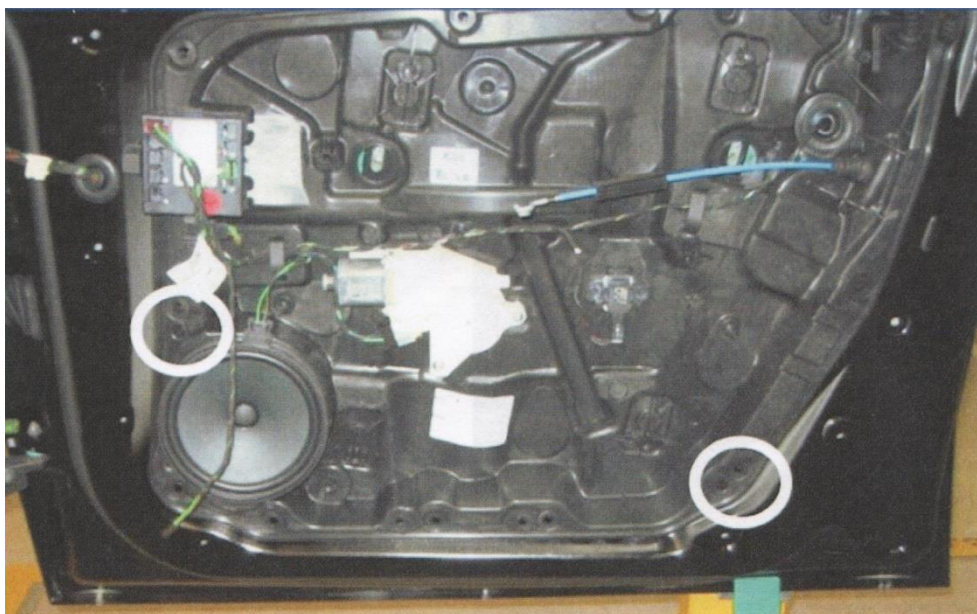
3.1.3 Aseman 2366 työvaiheet

Asemalla 2366 asennetaan etu- ja takaoveen ikkunalasit sekä ovimodulit. Etuoveen asennetaan myös tunnistekortin ilmoittama ovijohtosarja ja ovijohtosarjaa ulkoisilta tekijöiltä, kuten vedeltä suojaava haitarikumi. Tällä asemalla työjärjestys etu- ja takaovien osalta poikkeaa toisistaan, joten käydään aluksi lävitse etu- ja sitten takaoven asennusjärjestys asemalla.

Etuoven tunnistekortista tarkastetaan asennettavan ovijohtosarjan numero ja asennetaan se haitarikumin kanssa oven etuosaan läpivientiaukoista lävitse pujottamalla. Tämän jälkeen otetaan kuljetusvaunusta ovimoduli ja tarkistetaan sen eheys ja tilausnumero. Tunnistekortissa lukevan tilausnumeron ja ovimodulin tunnistenumeron tulee täsmätä. Oikea ovimoduli asetetaan oveen paikoilleen ja seuraavaksi kiinnitetään oven lukko ovipeltiin kiinni käyttäen kolmea kiinnitysruuvia, työtä helpottavaa työkalua ja akkuruuvinväännintä. Tämän jälkeen ovimodulin asento tarkistetaan ja ovimoduli niitataan ennalta määrättyssä järjestyksessä kiinni yhdellätoista niitillä käyttäen työvälineenä paineilmatoimista niittauspistoolia. Niitattu ovimoduli tarkistetaan ja aiemmin asennetun ovijohtosarjan ovimodulin puoleiset sähköliittimet liitetään oviohjausyksikköön kiinni. Kuvio 21 esittää ovijohtosarjan kulkureittiä etuoven lävitse ja Kuvio 22 esittää etuoven ovimodulia sekä sen ovipeltiin kiinnittämisen aloituskohtia.



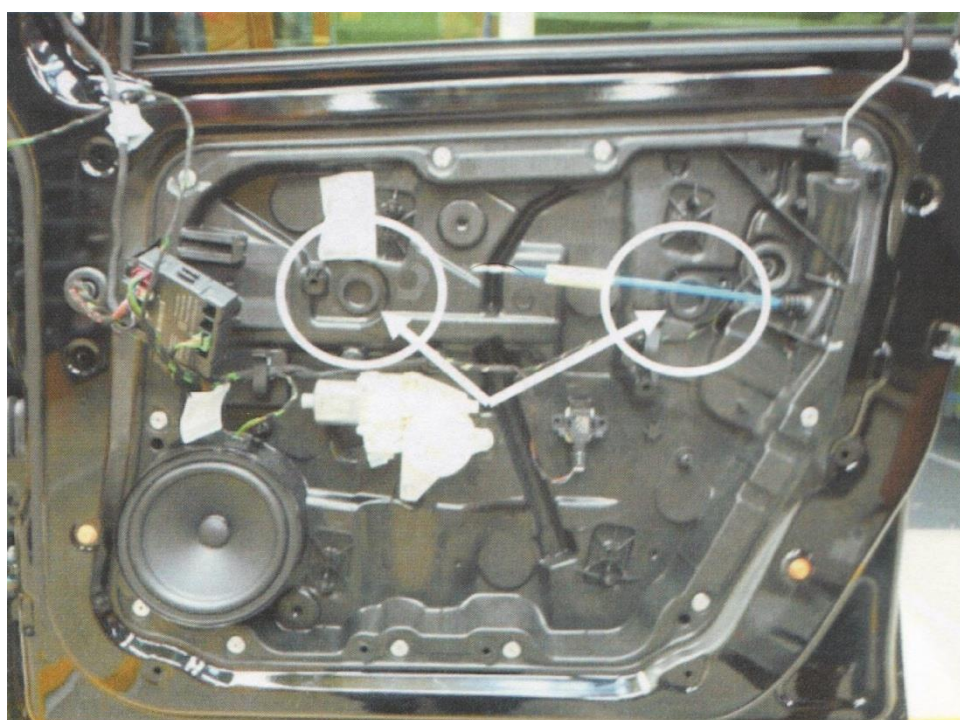
Kuvio 21. Ovijohtosarjan kulkureitti etuoven lävitse (Valmet Automotive Oy).



Kuvio 22. Etuoven ovimodulin kiinni niittauksen aloituspaikat (Valmet Automotive Oy).

Ovijohtosarjan ja ovimodulin asennuksen jälkeen etuoveen asennetaan ovilasi. Etuoven ovilasi asennetaan korokkeen päältä, jotta työskentelykorkeus ovilasin asennukselle on mahdollinen eri pituisille työntekijöille. Koroke on 22 cm korkea ja sen päälle käynti tapahtuu kahta 50 cm pituista luiskaa pitkin, jotka ovat sijoitettuna aseman 2364 tapaisesti ovikiskon suuntaisesti. Koroke sijaitsee aseman 2366 loppuosassa ovikiskon ja ovilasiin kuljetusvaunun välissä.

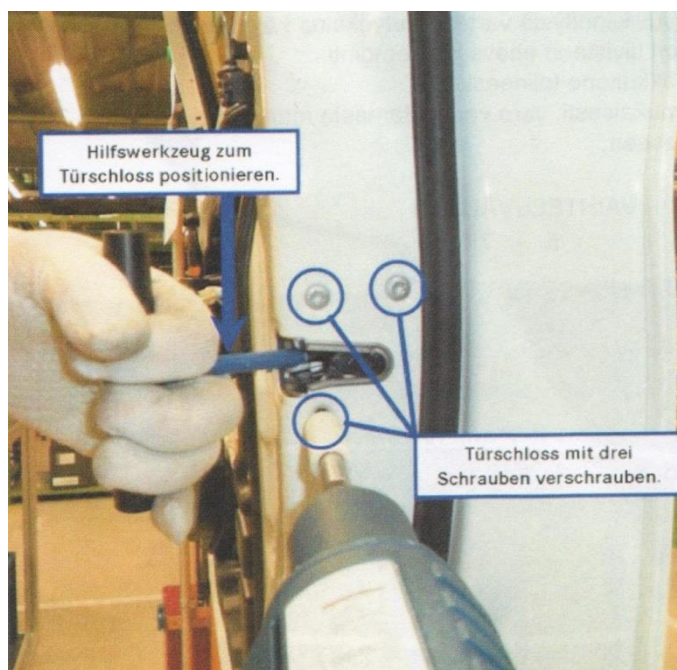
Ovilasi otetaan lasivaunusta, nostetaan lasivaunusta korokkeen ylitse ovikiskolla koontavaunussa olevaan oven luo, ja asennetaan etuoveen. Etuoven ovilasia liikutetaan lasiurassa muutaman kerran ylös ja alas, jotta varmistutaan sen olevan oikein asennettu ja kehätiivisteiden olevan kunnossa. Ovilasi painetaan lopuksi ala-asentoon ikkunahissien pohjia vasten. Ala-asennossa oleva ovilasi kiinnitetään ikkunahisseihin ruuvaamalla modulin keskellä olevat ikkunahissien kiinnitysruuvit akkuruuvinvääntimellä kiinni. Lopuksi kiinni ruuvattuja ruuveja suojamaan asennetaan peitetulpat. Kuvio 23 esittää etuoven ikkunahissien kiinnitysruuvien sijainteja ja niiden päälle asennettuja suojatulppia.



Kuvio 23. Etuoven ikkunahissien kiinnitysruuvien suojatulpat (Valmet Automotive Oy).

Takaoven ensimmäisenä työvaiheena asemalla 2366 on ovilasin asennus. Kuten etuoven kokoonpanossa, myös takaoven kokoonpanossa asennetaan sen ovilasi työtä helpottavan korokkeen päältä. Asennukseen käytettävä koroke on mitoiltaan identtinen etuoven korokkeeseen nähden. Koroke sijaitsee aseman 2366 alkupäässä ja se on sijoitettuna takaoven ovilasin kuljetusvaunujen ja ovikiskon väliin. Takaoven ovilasin sävytys tarkastetaan tunnistekortista ja ovilasi asennetaan oveen ennen ovimodulin asentamista. Asennettu ovilasi jätetään ylä-asentoon ja seuraavaksi oveen asennetaan siihen tilausnumeron perusteella tarkoitettu ovimoduli. Ovimoduli otetaan kuljetusvaunusta sekä sen eheys ja tilausnumero tar-

kastetaan. Tämän jälkeen ovimoduli asetetaan takaoveen paikoilleen ja sen lukko kiinnitetään kolmella ruuvilla käyttäen akkuruuvinväännintä ja tähän tarkoitettua työkalua. Ovimodulin kiinnitys tapahtuu niittaamalla se tiiviisti ovipeltiin kiinni paineilmakäyttöisellä niittauspistoolilla. Takaoven ovimoduli niitataan ennalta määritetyssä järjestyksessä kymmenellä niitillä kiinni ja niittaamisen jälkeen tulee pujottaa takaoven ovimodulissa valmiiksi kiinni oleva johtosarja läpivientiaukoista lävitse. Tämän jälkeen tehty työ tarkistetaan ja takaoveen aikaisemmin asennettu ovilasi painetaan ylä-asennosta ala-asentoon kiinnitetyssä ovimodulissa olevaa ikkunahissin pohjaa vasten. Ala-asennossa oleva ovilasi kiinnitetään ikkunahissin ruuvaamalla modulin keskellä oleva ikkunahissin lasinkiinnitysruuvi akkuruuvinväännintimellä kiinni. Lopuksi kiinni ruuvattua ruuvia suojaamaan asennetaan peitetulppa. Kuvio 24 esittää ovilukon kiinnittämiseen käytettävää aputyökalua ennen ovimodulin niittaamista ovipeltiin kiinni.

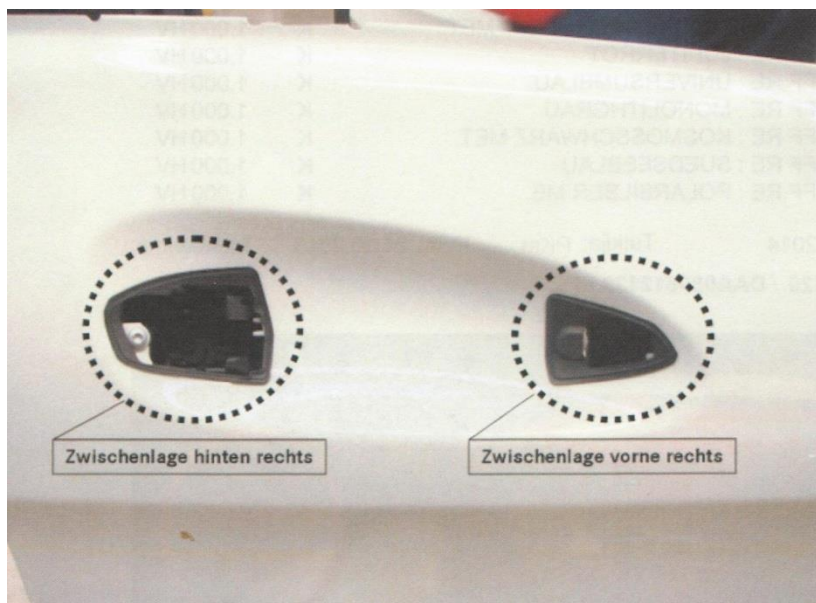


Kuvio 24. Ovilukon kiinnitysruuvit ja kiinnitykseen käytettävä aputyökalu (Valmet Automotive Oy).

3.1.4 Aseman 2368 työvaiheet

Asemalla 2368 asennetaan etu- ja takaoviin aukaisukahva sekä etuoviin peilin asennusta edeltävä peilinkolmion äänieriste. Etu- ja takaoviin asennettavat osat ovat keskenään identtisiä lukuunottamatta etuovien peitelevyjä, joihin mahdollisesti kiinnitetään lukkosylinteri.

Aluksi sekä etu- että takaovesta nostetaan ovimodulissa kiinni oleva aukaisukahvanpohja sormia apuna käyttäen paikoilleen. Tämän jälkeen paikoilleen nostettu ja asetettu kahvanpohja kiinnitetään oven peltiin ruuvaamalla akkuruuvinvääntimellä kahvanpohjassa valmiiksi olevat ruuvit kiinni. Ruuvien kiinnittämisen jälkeen asetetaan kahvan asennusaukkoihin tiivistekumit. Kahvan etummaiseen ja taaimmaiseen kiinnitysaukkoon on omanlaiset tiivistekumit, jotka asetetaan paikoille sormia käyttämällä. Kuvio 25 esittää kiinnitettyä kahvanpohjaa sekä asennettuja tiivistekumeja ennen kahvan ja peitelevyn asennusta.



Kuvio 25. Aukaisukahvan alle asennettavat tiivistekumit (Valmet Automotive Oy).

Tiivistekumien ollessa paikallaan, voidaan lopulta kahva asentaa. Kahva asennetaan asettamalla se paikalleen uriinsa ja vetämällä kahvaa ajosuuntaan päin. Kahvan ollessa paikoillaan, asennetaan kahvan peitelevy, joka sijaitsee kahvan takana ajosuuntaan nähden. Mikäli oveen tulee lukko, on lukko asennettava peitelevyyn kiinni ennen peitelevyn asentamista paikoilleen ja peitelevyyn asennettavan lukon

avaimen sopivuus lukkoon tulee testata. Kuvio 26 esittää asennettua kahvaa ja kahvan peitelevyä, jossa on infrapunatoiminnolla varustettu ovilukko.



Kuvio 26. Paikoilleen asennettu aukaisukahva ja aukaisukahvan peitelevy (Valmet Automotive Oy).

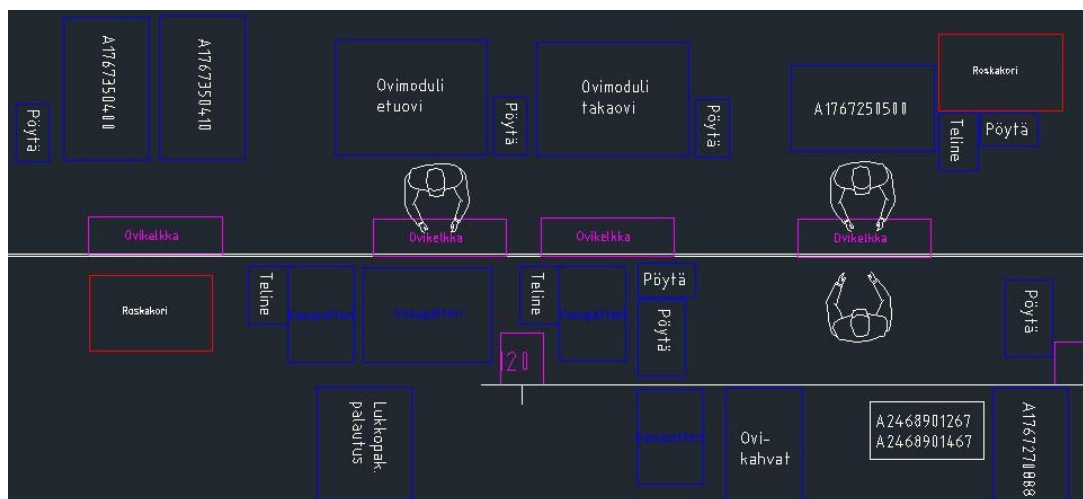
Peitelevyn ollessa kiinni, ruuvataan akkuruuvinväännintä käyttäen lukkosylinterin kiinnitysruuvi kiinni, jonka tehtävänä on lukita mahdollinen lukkosylinteri ja peitelevy oveen kiinni. Tämän jälkeen asennetaan kiinnitettyä lukkosylinterin lukitusruuvia suojaamaan suojakumi. Suojakumi painetaan sormella ruuvin kiinnitysreijän päälle. Kuvio 27 esittää kahvan peitelevyn ja lukkosylinterin kiinnitysruevin kiinnitystä.



Kuvio 27. Aukaisukahvan peitelevyn ja lukkosylinterin kiinnitys (Valmet Automotive Oy).

Etuoven ollessa kyseessä tulee vielä tämän lisäksi asettaa mahdolliset lukon avaimet roikkumaan koontavaunun paperinpidikkeeseen, jotta ovea liitettäessä myöhemmin kiinni auton koriin, voi asentaja ottaa ovilukon avaimet ovi- ja tunnistekortin ohessa. Kuvio 28 esittää asemia 2366 & 2368. Asemalla 2368 työskente-

lee vain yksi henkilö linjan varastonpuoleisella sivulla, joka on kuviossa ovikiskon alapuolella. Ovikiskon yläpuolella olevan aseman 2366 etuoven ovilasin asennuskoroke sijaitsee paikassa, jossa Kuvion 28 havainnollistama, asemalla 2366 oleva oikeanpuolimmainen työntekijä on. Kyseinen työntekijä seisoo korokkeen päällä Kuvion 28 havainnollistamassa tilanteessa. Takaoven ovilasin asennuskoroke sijaitsee aseman alkupäässä kohdassa, jossa on suuri punaisella merkitty roskakori ja sen edessä ovikiskolla ”ovikelkka” eli koontavaunu. korokkeen vastakkaisella puolella on täten tumman- ja kirkassävyisten takaoven ovilasin kuljetusvaunut. Etuoven ovilasit ovat kirkassävyisiä ja niiden kuljetusvaunu sijaitsee asemalla 2366 olevan jälkimmäisen roskakorin ja telineen vieressä.



Kuvio 28. Asemat 2366 & 2368
(Valmet Automotive Oy).

3.1.5 Aseman 2369 työvaiheet

Asemalla 2369 käytetään ajoneuvon CAN-väylän avulla toimivaa ovilasin testauslaitetta, jolla lasketaan ja nostetaan etu- ja takaoven oville ääriasentoihin. Testauslaite kytketään oven ovijohtosarjaan kiinni ja testauslaitteessa olevilla kytkimillä ajetaan ovilasia ylös tai alas. Testauksen jälkeen oville asetetaan ylä-asentoihinsa eli täysin kiinni. Tämän jälkeen asemalla asennetaan molempiin oviin ulkopuolinen koristelista ja etuoviin ulkopuolinen ovipeili. Kuvio 29 esittää oven ulkopuolista koristelista ja Kuvio 30 oven ulkopuolista ovipeiliä.

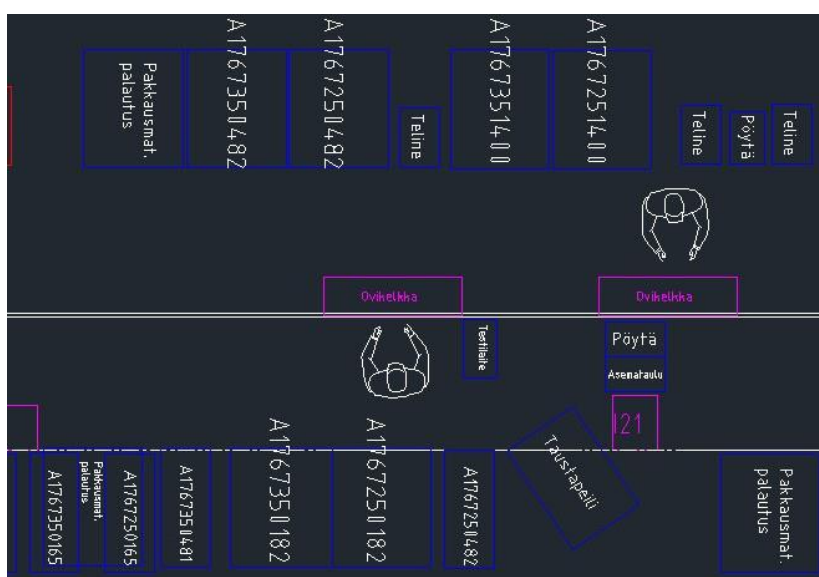


Kuvio 29. Oven ulkopuolinen koristelista (Valmet Automotive Oy).



Kuvio 30. Ovipeili
(Valmet Automotive Oy).

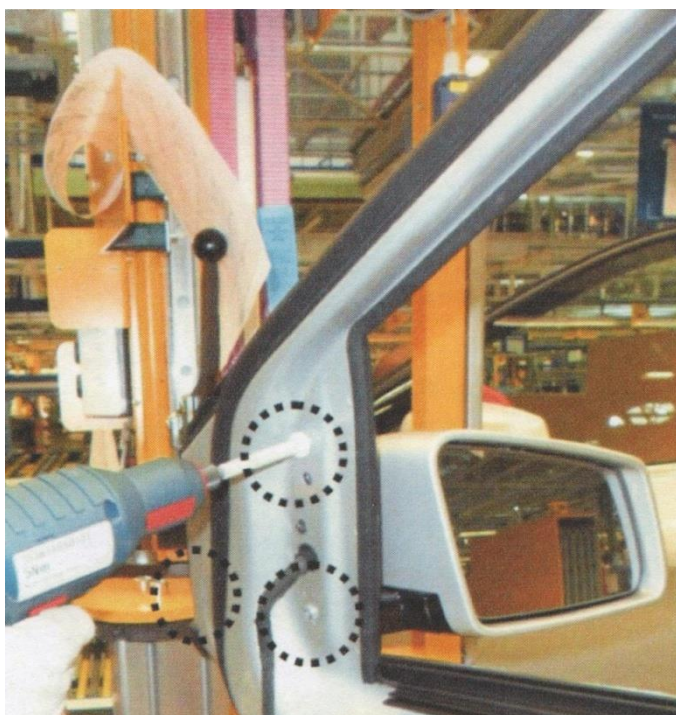
Ovipeilin tilausnumero tarkistetaan ennen sen asentamista oveen, kuten myös oven ulkopuolisen koristelistan sävytys tai materiaali. Ovipeilin tilausnumeron tulee täsmätä tunnistekortin tilausnumeron kanssa, johon on myös merkitty oven ulkopuolisen koristelistan sävytys tai materiaali. Lopuksi tarkastetaan kehätiivisteiden, B-pylväiden peitelevyjien ja ovilasien paikoitus sekä mahdolliset asennusvirheet. Asema 2369 on esitettyä kuviossa 31 kokoonpanolinjan alapuolella. Asema 2369 alkaa Kuvion 31 vasemmassa reunassa näkyvästä violetista tukipilarista ja jatkuu Kuviossa 31 oikealla olevaan pilariin I12 saakka.



Kuvio 31. Asema 2369
(Valmet Automotive Oy).

3.1.6 Aseman 2370 työvaiheet

Asemalla 2370 asennetaan etu- ja takaoviin lasin ja ovipellin väliin sisäpuolelle alatiiviste, jonka jälkeen kiinnitetään ovipeili etuoveen kolmella ruuvilla akkuruuvinväännintä apuna käyttäen. Seuraavaksi tarkastetaan niin etu- kuin myös takaovesta ovimoduli sekä johtosarja ja muut verhoilun alle jäävät osat. Tämän jälkeen siirytään verhoilun asennukseen. Kuvio 32 esittää ovipeilin sijaintia ja Kuvio 33 alatiivisteeseen asennusta.



Kuvio 32. Ovipeilin kiinnityruuvien sijainnit (Valmet Automotive Oy).



Kuvio 33. Alatiivisteeseen asennus ennen oviverhoilun asennusta (Valmet Automotive Oy).

Verhoilut asennetaan työtä helpottavan korokkeen päältä. Koroke on korkeudeltaan 10 cm ja se ulottuu oviverhoiluvaunujen ja ovikiskon välisen alueen päästä päähän. Korokkeelle käynti tapahtuu kahta 50 cm pitkää liuskaa pitkin, jotka on sijoitettu ovikiskon suuntaisesti.

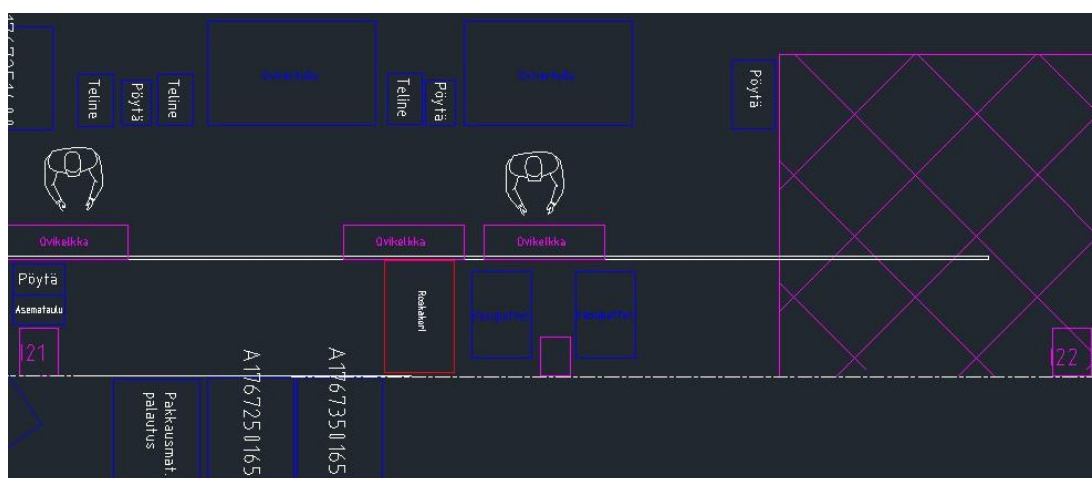
Verhoilut toimitetaan asemalle verhoiluvaunuissa, joissa oviverhoilut ovat järjestettyinä valmiiksi kokoonpanojärjestyksen mukaisesti. Työntekijä ottaa verhoilun verhoiluvaunusta ja tarkistaa sen tilausnumeron vastaavuden tunnistekortin tilausnumeron kanssa. Tämän jälkeen verhoilu asennetaan ensin kiinnittämällä verhoilun avauskahvan takaosaan ovimodulissa valmiiksi oleva vaijerinpää ja testaamalla tämän jälkeen kahvan toiminta. Vaijerin jälkeen kytketään ovimodulin ohjausyksikköön oviverhoilussa kiinni olevat sähkökytkimet.

Vaijerin ja kytkinten ollessa kiinni, voidaan verhoilu kiinnittää paikoilleen ja lopuksi tarkistaa verhoilun oikea asettuminen. Seuraavaksi verhoilu kiinnitetään oveen kahdella ruuvilla akkuruuvinväännintä apuna käyttäen, jonka jälkeen etuoven ollessa kyseessä, tarkistetaan tunnistekortista oveen asennettava ovikytkin ja asennetaan se verhoiluun paikoilleen. Takaoven tapauksessa kytkin on aina samanlainen. Ovikytkimet asennetaan verhoiluihin kytkemällä niihin verhoilussa valmiiksi oleva sähkökytkin kiinni ja painamalla kytkin siististi paikoilleen. Kuvio 34 esittää oviverhoilun paikoitusta oveen ennen verhoilun kiinnitystä.



Kuvio 34. Ovi- ja verhoilun yläreunan paikoitus alatiivisteeseen (Valmet Automotive).

Lopuksi työntekijä tarkistaa asentamansa verhoilun sekä käy lävitse valmiiksi kokoonpanun oven mahdollisilta asennusvirheiltä. Tämän jälkeen ovi on valmis automaattisen ovikuljettimen kuljetettavaksi kokoonpanolinjalle numero 3 autoon asentamista varten. Kuviossa 35 on esitetty ovi-esikokoonpanolinjan oikean kokoonpanolinjan viimeinen työasema. Kuvion oikeassa reunassa violetilla merkitty alue kuvastaa ovikuljettimen nousuhissin suojahäkkiä.



Kuvio 35. Asema 2370 (Valmet Automotive Oy).

3.2 Havaittuja parannuskohteita

Kehitettävä layout sisälsi paljon parannettavaa. Suurimpina hukkaa tuottavina tekijöinä pidettiin turhaa liikkumista ja turhia siirtoja. Työvälineiden ja laitteiden sijoittelua oli tarpeellista myös muuttaa välimatkojen minimoimiseksi. Näiden lisäksi käytävissä oleva tila tuli hyödyntää tehokkaammin ovikiskon molemmilta puolilta ja joidenkin työvaiheiden suoritustapaa arvioida uudelleen.

Kulkuväylät olivat paikoin hieman ahtaita, mutta ne täyttivät suositukset. Tästä huolimatta oli kulkuväylien leveyttä hyvä lisätä mahdollisuuksien mukaisesti, jotta linjalla liikkuminen helpottuisi.

Työskentelykorkeus oli suurimmaksi osaksi vakio, eikä työntekijä juuri siihen itse kyennyt vaikuttamaan. Kohteet, joissa työntekijä pystyi itse määrittämään työskentelykorkeutensa, olivat ympärystiivisteaseman pyöritysjiigi ja kehätiivisteaseman asennusjiigi. Näissä kohteissa ovi nostettiin pois koontavaunustaan ja jigien korkeuksia muutettiin sähkötoimisen korkeussäädön avulla. Työskentelykorkeuksien parantamiseksi oli järkevää lisätä korokkeiden määrää, jotta 70 cm:n korkeudella olevan ovikiskon päällä kulkevan oven kokoonpano ei vaatinut kurkoittelua lyhyimmänkään työntekijän kohdalla.

3.3 Aluesuunnittelijan ideat

Ovi-esikokoonpanolinjan aluesuunnittelija esitti ideoita tehokkaammista työtavoista, joista varteenotettavin idea oli kehätiivisteaseman asennustavan muuttaminen. Kehätiivisteasema koettiin ovilinjan pullonkaulana, koska ovi jouduttiin nostamaan pois koontavaunustaan kehätiivisteaseman asentamista varten ja palauttamaan takaisin siihen asennuksen valmistuttua. Aluesuunnittelija ideoi, että kehätiiviste asennettaisiin oven ollessa koontavaunussaan.

Aluesuunnittelija toivoi myös ovikiskon molempien puolien tehokkaampaa hyödyntämisestä ei pelkästään materiaalivirtojen, vaan myös kokoonpanon tehostamista ajatellen.

3.4 Työntekijöiden ideat

Työntekijät esittivät runsaasti ehdotuksia, joista osaa pidettiin järkevinä ja toteuttamiskelpoisia. Ideat koskivat yleisesti laitteiden ja tavaroiden sijoittelua työasemilla. Työmenetelmien parantamista koskevia ehdotuksia saatiin niukalti, joten ne ehdotukset jätettiin huomiotta tässä työssä. Kyseltäessä asemien työskentelymielkkyydestä, saatiin vastauksiksi, että kehätiivisteasema koettiin raskaimpana ja työläimpänä asemana. Työntekijöiden toteuttamiskelpoiset ideat koskivat erityisesti kehätiiviste- ja verhoiluasemaa.

Työntekijät toivoivat parempaa laitteiden ja tavaroiden sijoittelua erityisesti kehätiivisteasemalle ja verhoiluasemalle. Kahva-asemalla koettiin olevan turhia työvälineitä viemässä työtilaa.

Kehätiivisteasemalle toivottiin B-pylvään peitelevyn kiinnittämiseen käytettävien akkuruuvinvääntimien uudelleen sijoittelua. Nykyisessä layoutissa akkuruuvinvääntimet on sijoitettu asennusjigien viereen apupyödälle ruuvikipon viereen. Akkuruuvinvääntimen ottaminen apupyödältä koettiin hieman hankalaksi ja aikaa vieväksi, koska työvaihe vaatii sen ottamista pöydältä yhtä kättä käyttäen. Työntekijän toinen käsi oli tässä tilanteessa pitämässä B-pylvään peitelevyä paikoillaan kiinniruuvaamista varten.

Tämän lisäksi akkuruuvinvääntimen sijainnista teki huonon se, että sen koettiin haittaavan kehätiivisteen ottamista tiivistetelineestä. Työntekijät joutuvat hieman väistämään akkuruuvinväännintä ottaessaan tiivisteen tiivistetelineestä, koska se sijaitsi tiivistetelineen ja asennusjigien välissä.

Toisena kehityskohteena kehätiivisteasemalla koettiin hyllytilan käyttö. B-pylvään peitelevyt olivat pakattuina muovisiin laatikoihin kolmitasoisille metallihyllyille, joista työntekijä otti tarvittaessa muovisen peitelevyn. Hyllyjen alin taso koettiin turhaksi, koska sen koettiin olevan liian matalalla ja tästä syystä alin taso oli vähemmällä käytöllä kuin keskimäinen ja ylin hyllytaso. Liian matalan hyllytasosta teki se, että peitelevyn helppoa ottamista haittasi ovilinjan kisko, joka ohjaa ovikelkkoja ovilinjalla. Ovilinjan kisko oli liian lähellä hyllyn alimman tason reunaa, jonka koettiin hankaloittavan peitelevyjen ottamista hyllypaikalta.

Verhoiluasemalle toivottiin tavaroille järkevämpää sijoittelua. Verhoiluasemalla työskentelevän tuli siirtää työn kohteena olevaa ovea useaan kertaan, joka koettiin epämieliseksi ja turhaa kuormitusta aiheuttavaksi.

4 TULOKSET

Uuden layoutin tuli olla tehokkaampi ja ergonomisempi. Osittain muuteltavissa oleva ovien kokoonpanojärjestys mahdollisti erilaiset layout-ratkaisut.

Uuden layoutin suunnittelussa lähdettiin liikkeelle listaamalla asemilla tapahtuvat kokoonpanon työvaiheet kestoineen Excel-taulukkoon, jotta niiden uudelleen sijoitusta oli mahdollista arvioida uudelleen. Layoutin laadinnassa käytettiin lähtökohtina aluesuunnittelijan ja linjan työntekijöiden ideoita. Esitettyjen ideoiden lisäksi keskityttiin vähentämään hukkaa siirtoja vähentämällä ja pyrkimällä tilanteeseen, jossa asemalle tuotavaa ovikelkkaa tarvitsee siirtää mahdollisimman vähän aseman sisällä.

Ergonomian parantaminen oli oleellinen osa työtä, joten työskentelykorkeuksia suunniteltiin paremmiksi korokkeiden avulla, koska ovi-esikokoonpanolinjan koon-tavaunut kulkivat kiinteällä kiskolla, jonka korkeus lattiatasosta oli 70 cm. Ergonomiaa paransi myös kokoonpanovaiheiden jakaminen tasaisemmin linjan molemmille puolille, jolla pyrittiin vähentämään linjan ylitse kuroittelua ja parantamaan työskentelyasentoja.

Uuden layoutin suunnittelun aikana tapahtui muutoksia asemien työvaiheissa, joten nämä muutokset tuli ottaa huomioon uudessa layoutissa.

4.1 Asema 2361

Layoutin suunnittelun aikana tapahtui työasemalla seuraavia muutoksia:

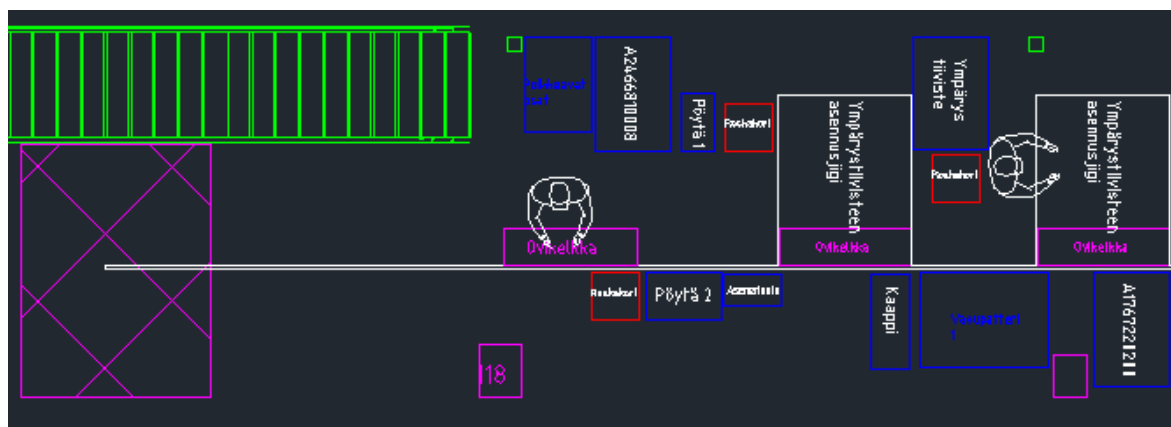
- Aseman alkuun lisättiin poikkeavien osien keruuta varten oma hyllykkö
- Oven saapuessa asemalle ei ovikorttia tarvinnut enää laatia pois-lukien tilanne, jossa oven kokoonpanossa tapahtui vaurio tai muu korjaustoimin-pi-teitä vaativa poikkeama

- Ovikorttien laadintaan käytetty pöytätaaso siirrettiin ovilinjan varastonpuoleiselle sivulle vähemmän käytön vuoksi. Pöytää alettiin käyttämään ovikoonpanolinjan sisäistä viestintää varten.
- Ympärystiivisteiden kuljetusvaunu siirrettiin pyöritysjigien keskelle, jotta työntekijän oli helpompi ottaa tiiviste oven jo ollessa pyöritysjiigissä kiinnitettyinä ja valmiina tiivisteiden asennusta varten.

Uuden layoutin suunnittelun tuloksena, muutettiin ensimmäisen työaseman työvaiheet seuraavanlaisesti:

- B-pylvään peitelevyn ja kolmiolasin yläruuvien kiinnittämiseen käytettävät kiinnitysklipsit siirrettiin seuraavien asemien tehtäviin.

Asemalle 2361 saapuva, ovea kuljettava koontavaunu vedetään ovikiskolle, jonka jälkeen työntekijä aloittaa kokoonpanon ottamalla oven sisälle asetetun koontaohjeet sisältävän dokumentin ja asettaa sen koontavaunun paperinpidikkeeseen ohjeistukseksi myös muille työntekijöille. Tämän jälkeen työntekijä puhdistaa oven reuna-alueet ympärystiivisteiden asennusta varten isopropanolilla kostutetulla puhdistusliinalla. Puhdistuksen jälkeen on vuorossa äänieristysmaton taittelu ja asettelu oven sisäpintaan, jonka jälkeen koontavaunua siirretään joko etu- tai takaoven ympärystiivisteiden pyöritysjiigin luokse. Ovi kohdistetaan pyöritysjiigiin ja poistetaan koontavaunusta asennuksen ajaksi. Asennuksen päätyttyä, leikkaa työntekijä ympärystiivisteiden ohjeistuksen mittaiseksi tähän tarkoitettulla leikkurilla ja palauttaa oven koontavaunuunsa. Viimeisenä työvaiheena työntekijä viimeistelee tiivisteiden ja tarkastaa sen suoruden, jonka jälkeen etu- tai takaovi on valmis siirrettäväksi seuraavalle asemalle. Kuvio 36 esittää asemaa 2361, jossa työskentelee 2 työntekijää.



Kuvio 36. Uudelleen suunniteltu asema 2361.

Taulukkoon 2 on eritelty asemalla 2361 työskentelevien työntekijöiden työtehtävät kestoineen ja Taulukosta 3 käy ilmi työvaiheissa käytettävien työvälineiden sijainnit.

Taulukko 2. Suunnitellun aseman 2361 työvaiheet.

Aseman 2361 työvaiheet	Kesto (etuovi)	Kesto (takaovi)
Ovikortin paikoilleen laittaminen	185	185
Oven liimapinnan pyyhintä isopropanolilla	231	231
Äänieristeen kiinnitys	419	469
Oven kohdistaminen pyöritysjiin	224	205
Ympäristiivisteiden asennus	1861	2026
Oven luovutus pyöritysjigistä	130	133
Tiivisteiden viimeistely	250	199
Koontavaunun siirrot	300	300
Aseman kävelyt (23 askelta)	414	
Aseman kävelyt (20 askelta)		360
Työvaiheiden kestot yhteensä (TMU)	4014	4108

Taulukko 3. Suunnitellun aseman 2361 työvaiheiden työvälineet ja niiden sijainnit asemalla.

Työvaihe	Työväline	Sijainti
Oven liimapinnan pyyhintä	Pyyhintaliina & Isopropanol	Pöytä 1
Äänieristeen asennus	Äänieriste	A2466820008
Ympärystiivisteiden asennus	Ympärystiiviste	Ympärystiiviste

4.2 Asema 2364

Layoutin suunnittelun aikana tapahtui työasemalla seuraavia muutoksia:

- Etuoviin asennettavan ovijohtosarjan sekä ovijohtosarjaa suojaavan haitarikumin asennus siirrettiin tälle asemalle asemalta 2366
- Etu- ja takaoviin asennettavien kiinnitysklipsien, sekä B-pylvään peitelevyjien pehmikkeiden asennus siirrettiin tälle asemalle asemalta 2361
- Kehätiivisteiden toimitus muuttui siten, että ne toimitettiin työasemalle varastolta purkamattomina, jonka seurauksena etu- ja takaoven kehätiivisteet toimitettiin erillisissä kuljetusvaunuissa. Pakkausmateriaalin palautusta varten lisättiin asemalle palautuspaikaksi kuljetusvaunu.

Uuden layoutin suunnittelun tuloksena, muutettiin aseman 2364 työvaiheita seuraavanlaisesti:

- Kehätiivisteiden asennukseen käytetyt kehätiivisteiden asennusjigit poistettiin tältä asemalta ja kehätiivisteiden asennus muutettiin suoritettavaksi oven ollessa koontavaunussa
- Myöhemmin kokoonpanolinjan asemalla 2368 asennettava peilikolmion äänieriste siirrettiin tälle asemalle
- Takaoven ikkunalasin asennus siirrettiin asemalta 2366 tämän aseman tehtäviin

- Asemalla työskentelevien työntekijöiden määrä nousi kahdesta kolmeen, jonka seurauksena työvaiheet jaoteltiin kolmelle työntekijälle. Yksi työntekijöistä työskentelee kokoonpanolinjan numero 3 puolella ovikiskoja ja suorittaa tältä puolelta ovea suoritusta vaativat työvaiheet etu- ja takaoviin. Ovikiskon varastonpuoleisella sivulla työskentelevistä työntekijöistä ensimmäinen kokoonpanon etenemissuuntaan nähden suorittaa aseman kokoonpanotehtävät etuoville ja jälkimmäinen työntekijä suorittaa aseman kokoonpanotehtävät takaoville.

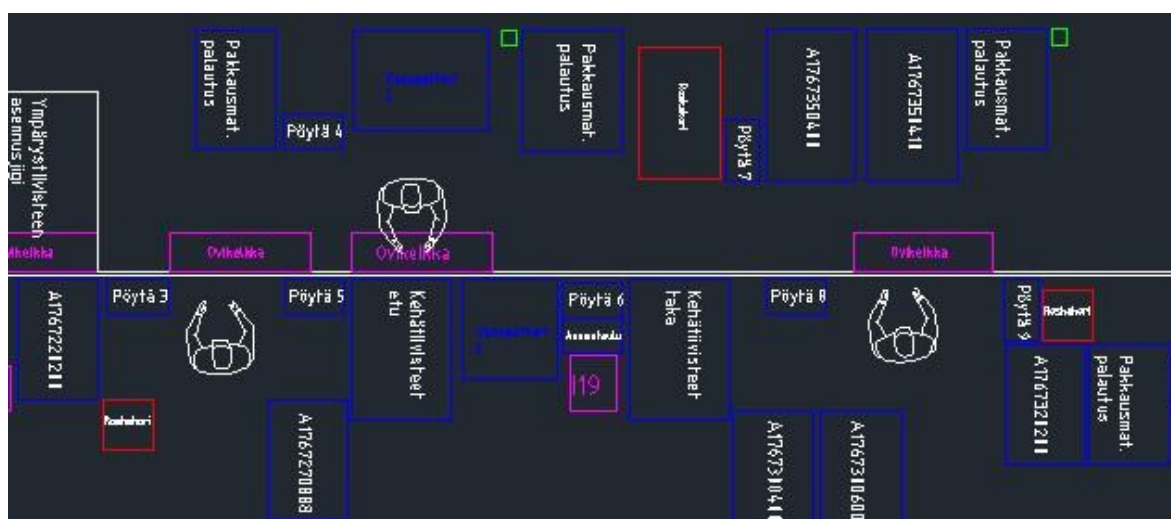
Kokoonpanolinjan ensimmäiseltä asemalta 2361 saapuviin etu- ja takaoviin asennetaan ensimmäisenä tällä asemalla B-pylvään peitelevyn asentamista varten tarvittavat muoviset kiinnitysklipsit sekä B-pylvään alareunoihin laitettavat pehmikkeet. Näiden osien asennuksen suorittaa kokoonpanon etenemissuuntaan nähden aseman 2364 ensimmäinen työntekijä, jonka tehtäviin kuuluu myös etuoven kehätiivisteen, B-pylvään peitelevyn sekä peilikolmion äänieristeen asentaminen. Tämä työntekijä työskentelee varaston puolella ovikokoonpanolinjaa.

Etuoven kehätiivisteen asennuksen aikana, asentaa etuoven sisäpuolen puolella työskentelevä työntekijä etuoveen ovijohtosarjan sekä ovijohtosarjaa suojaavan haitarikumin. Kun etuoven kehätiiviste on asennettu, siirtää ovijohtosarjan asentanut työntekijä koontavaunussa olevaa etuovea hieman eteenpäin, jotta varastonpuolella sivulla työskentelevä työntekijä, joka asensi etuoveen kehätiivisteen, voi aloittaa etuovea seuraavan takaoven kokoonpanovaiheet. Etuoven kanssa eteenpäin siirtynyt työntekijä viimeistelee asennetun kehätiivisteen, jonka jälkeen etuovi on valmis siirrettäväksi seuraavalle asemalle. Näin ollen etuoven kokoonpanotehtävät suoritetaan aseman alkupäässä kokoonpanon etenemissuuntaan nähden.

Takaoviin asennetaan ensiksi B-pylvään peitelvyn ja kolmiolasin kiinnittämistä varten tarvittavat kiinnitysklipsit sekä B-pylvään pehmike. Nämä asennusvaiheet suoritetaan myös etuoven kehätiivisteen asentaneen työntekijän toimesta. Tämän jälkeen asennuksen suorittanut työntekijä työntää ovea asemalla eteenpäin, jotta varastonpuoleisella sivulla työskentelevä etenemissuuntaan nähden jälkimmäinen työntekijä voi aloittaa takaoven parissa työskentelyn.

Tämä jälkimmäinen työntekijä asentaa takaoviin kolmiolasin, jonka jälkeen kehätiivisteeseen. Kolmiolasin alaruuvien ja sitä suojaavan suojatulpan kiinnittää takaoveen kehätiivistettä asentavan työntekijän vastakkaisella puolella työskentelevä työntekijä.

Kun takaoven kehätiiviste on asennettu varaston puolella työskentelevän työntekijä toimesta, viimeistelee kolmiolasin alaruuvien ja sitä suojaavan suojatulpan asentanut työntekijä kehätiivisteeseen, jonka jälkeen työntekijä siirtyy oven kanssa asemalla hieman eteenpäin ja asentaa takaoveen ovilasin. Takaovi on ovilasin asennuksen jälkeen valmis siirrettäväksi seuraavalle asemalle. Takaoven ovilasin asentanut työntekijä palaa aseman alkupäähän työskentelemään takaovea seuraavan etuoven pariin. Kuvio 37 esittää asemaa 2364, jossa työskentelee 3 työntekijää.



Kuvio 37. Suunniteltu asema 2364.

Taulukkoon 4 on eritelty asemalla 2364 työskentelevien työntekijöiden työtehtävät kestoineen ja Taulukosta 5 käy ilmi työvaiheissa käytettävien työvälineiden sijainnit.

Taulukko 4. Suunnitellun aseman 2364 työvaiheet kestoineen.

Aseman 2364 työvaiheet	Kesto (etuovi)	Kesto (takaovi)
B-pylvään ja kolmiolasin ruuvikiinnikkeiden sekä B-pylvään pehmikkeen asennus	369	501
Ovijohtosarjan ja haitarikumin asennus	716	
B-pylvään peitelevyn asennus ja kiinnitys	1028	792
Kolmiolasin asennus ja kiinnitys		874
Kehätiivisteen asentaminen	1665	1403
Kehätiivisteen viimeistely	757	468
Peilikolmion tiivisteen asennus	150	
Ovilasin tarkastaminen		86
Ovilasin asentaminen		300
Koontavaunun siirrot	434	492
Työvaiheiden kestot yhteensä (TMU)	5119	4916

Taulukko 5. Suunnitellun aseman 2364 työvaiheiden työvälineet ja niiden sijainnit asemalla.

Työvaihe	Työväline	Sijainti
B-pylvään ja kolmiolasin ruuvikiinnikkeiden sekä B-pylvään pehmikkeen asennus	Ruuvikiinnike & pehmike	Pöytä 3
Etuoven ovijohtosarjan ja haitarikumin asennus	Ovijohtosarja & haitarikumi	Vasupatteri 2
Etuoven B-pylvään peitelevyn asennus	Peitelevy	A1767220200
Etuoven B-pylvään peitelevyn kiinnitys	Ruuvinväännin & ruuvi	Pöytä 5
Etuoven kehätiivisteiden asennus	Kehätiiviste & sumutinpullo	Kehätiivisteet etu, Pöytä 5
Etuoven peilikolmion tiivisteiden asennus	Peilikolmion tiiviste	A1767270888
Kehätiivisteiden viimeistely	Viimeistelytyökalut	Pöytä 4
Kolmiolasin asennus	Kolmiolasi vaalea tai tumma	A1767300400, A1767300600
Kolmiolasin yläruuvien kiinnitys	Ruuvinväännin & ruuvi	Pöytä 8
Kolmiolasin alaruuvien kiinnitys	Ruuvinväännin, ruuvi & suojatulppa	Pöytä 7
Takaoven B-pylvään peitelevyn asennus	Peitelevy	A1767320200
Takaoven B-pylvään peitelevyn kiinnitys	Ruuvinväännin & ruuvi	Pöytä 9
Takaoven kehätiivisteiden asennus	Kehätiiviste & sumutinpullo	Kehätiivisteet taka, Pöytä 9
Kehätiivisteiden viimeistely	Viimeistelytyökalut	Pöytä 7
Takaoven ovilasin asennus	Ovilasi vaalea tai tumma	A1767350400, A1767350410

4.3 Asema 2366

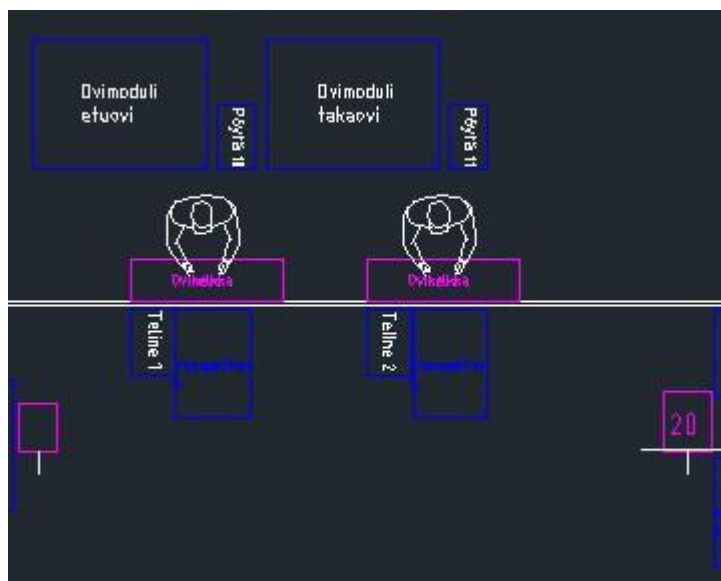
Layoutin suunnittelun aikana tapahtui työasemalla seuraavia muutoksia:

- Etuoviin asennettavan ovijohtosarjan sekä ovijohtosarjaa suojaavan haitarikumin asennus siirrettiin tältä asemalta edeltävän aseman 2364 työtehtäviin.

Uuden layoutin suunnittelun tuloksena, muuttuivat aseman 2366 työvaiheet seuraavanlaisesti:

- Takaoven ikkunalasin asennus siirrettiin tämän aseman työtehtävistä edeltävän aseman 2364 työtehtäviin
- Etuoven ikkunalasin asennus siirrettiin tämän aseman työtehtävistä myöhemmälle asemalle 2369.

Asemalla 2366 asetetaan ja kiinnitetään etu- ja takaoviin ovimodulit. Työn kulku asemalla säilyi samana muualle siirrettyjä työvaiheita lukuun ottamatta. Kuvio 38 esittää asemaa 2366, jossa työskentelee 2 työntekijää.



Kuvio 38. Suunniteltu asema 2366.

Taulukkoon 6 on eritelty asemalla 2366 työskentelevien työntekijöiden työtehtävät kestoineen ja Taulukosta 7 käy ilmi työvaiheissa käytettävien työvälineiden sijainnit.

Taulukko 6. Suunnitellun aseman 2366 työvaiheet kestoineen.

Aseman 2366 työvaihe	Kesto (etuovi)	Kesto (takaovi)
Ovimodulin tarkastaminen	200	126
Ovimodulin asennus	234	451
Lukon kiinnittäminen ovipeltiin	463	458
Ovimodulin niittaus ovipeltiin	1075	1056
Ovijohtosarjan liittäminen ovimoduliin	129	-
Ovijohtosarjan pujotus ja suojakumien asetus paikoilleen	-	509
Ovilasin kiinnittäminen ikkunahissiin	-	180
Peitetulpan asentaminen ovimoduliin	-	120
Ovikortin leimaaminen	149	149
Työvaiheiden kestot yhteensä (TMU)	2399	3049

Taulukko 7. Suunnitellun aseman 2366 työvaiheiden työvälineet ja niiden sijainnit asemalla.

Työvaiheet	Työväline	Sijainti
Ovimodulin tarkastus ja asentaminen	Ovimoduli	Ovimoduli etuovi & Ovimoduli takaovi
Lukon kiinnittäminen ovipeltiin	Aputyökalu, akkuruuvinväännin, kiinnitysruuvi	Teline 1, Teline 2, Vasupatterit
Ovimodulin niittaus ovipeltiin	Niittaustyökalu & niitti	Pöytä 10, Pöytä 11, Vasupatterit
Ovilasin kiinnittäminen ikkunahissiin	Akkuruuvinväännin	Pöytä 10
Peitetulpan asentaminen ovimoduliin	Peitetulppa	Pöytä 10

Taulukko 8. Suunnitellun aseman 2368 työvaiheet kestoineen.

Aseman 2368 työvaihe	Kesto (etuovi)	Kesto (takaovi)
Aukaisukahvan pohjan asemointi	115	115
Aukaisukahvan pohjan ruuvien kiinnittäminen	180	180
Aukaisukahvan kumitiivisteiden asentaminen	277	277
Aukaisukahvan johtosarjan kytkeminen	112	112
Aukaisukahvan asentaminen	150	150
Aukaisukahvan peitelevyn asentaminen		172
Lukkosylinterin ja peitelevyn kiinnittäminen toisiinsa	469	
Infrapunelukon johtosarjan kiinnittäminen lukkoon	63	
Lukkosylinterin ja peitelevyn asennus oveen	172	
Lukkosylinterikaapin avaus/lukinta	24	
Peitelevyn ruuvien kiinnitys	159	159
Peitelevyn ruuvien peitetulpan asennus	81	81
Lukon toiminnan testaus	207	203
Työvaiheiden kestot yhteensä (TMU)	2009	1449

Taulukko 9. Suunnitellun aseman 2368 työvaiheiden työvälineet ja niiden sijainnit asemalla.

Työvaiheet	Työväline	Sijainti
Aukaisukahvan pohjan ase- mointi & pohjan ruuvien kiinnit- täminen	Akkuruuvinväännin	Pöytä 12 & Pöytä 13
Aukaisukahvan kumitiivistei- den asentaminen	Kumitiivisteet	Pöytä 12 & Pöytä 13
Lukkosylinterin asennus peite- levyyn	Lukkosylinteri & peitele- vy	Ovikahvat & A2468901267 A2468901467
Aukaisukahvan & peitelevyn asennus	Aukaisukahva & peitele- vy	Ovikahvat
Peitelevyn kiinnitysruuvien pei- tetulpan asennus	Peitetulppa	Pöytä 12 & 13

4.5 Asema 2369

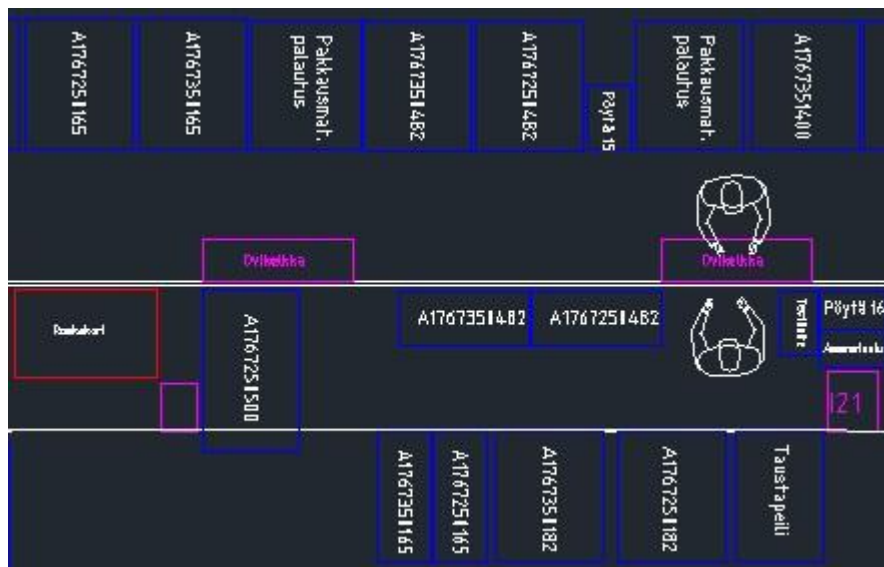
Layoutin suunnittelun aikana työasemalla ei tapahtunut muutoksia.

Uuden layoutin suunnittelun tuloksena, muuttuivat aseman 2369 työvaiheet seuraavanlaisesti:

- Etuoven ovilasin asennus sirettiin tälle asemalle asemalta 2366.

Asemalle 2369 saapuviin etuoviin asennetaan kokoonpanon etenemissuuntaan nähden aseman alkupäässä ovilasin. Ovilasin asennetaan liuskan kautta käytävän asennuskorokkeen päältä, kuten aikaisemmin, mutta eri puolelta ovikisko. Ovilasin asennuksen jälkeen, siirtyy työntekijä koontavaunun kanssa aseman loppupäähän ovilasin nostohissin testauslaitteen luokse. Ovikiskon vastakkaisella puolella seuraavalla asemalla työskentelevä vapaa työntekijä tulee etu- tai takaoven luokse ja kiinnittää ovilasin nostohisseihin kiinni sekä asentaa nostohissien kiinnitysruuveja suojaavat suojatulpat paikoilleen ennen ovilasin testauslaitteen käyttöä aseman 2369 työntekijän toimesta.

Tämän jälkeen asennettu ovilasi testataan ajamalla se ääriasentoihinsa, jätetään ylä-asentoon, jonka jälkeen oveen asennetaan ulkopuolinen koristelista sekä etuoven ollessa kyseessä oven ulkopuolinen ovipeili. Lopuksi lasketaan koontavau- nussa oleva, oven putoamista automaattisen ovikuljettimen kuljetuksen aikana estävä varmistuskoukku oven suojaksi. Tämän jälkeen ovi on valmis siirrettäväksi kokoonpanolinjan viimeiselle asemalle. Kuvio 40 esittää asemaa 2369, jossa työ- kentelee 1 työntekijä.



Kuvio 40. Suunniteltu asema 2369.

Taulukkoon 10 on eritelty asemalla 2369 työskentelevien työntekijöiden työtehtävät kestoineen ja Taulukosta 11 käy ilmi työvaiheissa käytettävien työvälineiden sijainnit asemalla.

Taulukko 10. Suunnitellun aseman 2369 työvaiheet kestoineen.

Aseman 2369 työvaiheet	Kesto (Etuovi)	Kesto (Takaovi)
Ovilasin tarkastaminen	142	207
Ovilasin asennus	250	
Ulkopuolisen koristelistan asentaminen	528	623
Taustapeilin paikoilleen asemointi	437	
Testauslaitteen liittimen kytkeminen	231	207
Ovilasin ajaminen ylös	163	207
Taustapeilien keräilyvaunun kääntö	42	
Lukitussalvan asetus ala-asentoon		62
Työvaiheiden kestot yhteensä (TMU)	1793	1306

Taulukko 11. Suunnitellun aseman 2369 työvaiheiden työvälineet ja niiden sijainnit asemalla.

Työvaiheet	Työväline	Sijainti
Ovilasin asennus	Etuoven ovilasi	A1767250500
Ulkopuolisen koristelistan asennus	Ulkopuolinen koristelista	A1767250482, A1767350482, A176320165, A176230165, A1767250182, A1767350182
Taustapeilin paikoilleen asemointi	Taustapeili	Taustapeili
Testauslaitteen liittimen kytkeminen	Testauslaite	Testilaite

4.6 Asema 2370

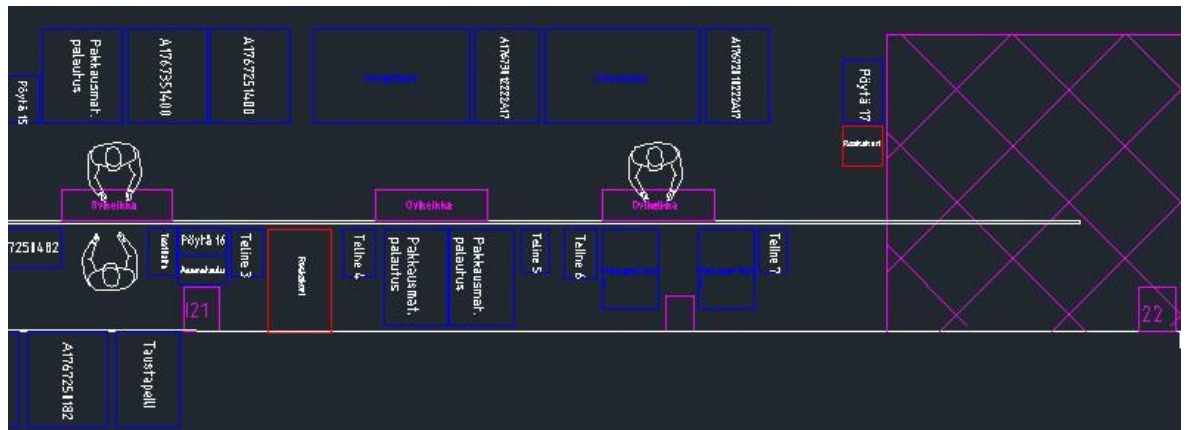
Layoutin suunnittelun aikana työasemalla ei tapahtunut muutoksia.

Uuden layoutin suunnittelun tuloksena, muuttuivat aseman 2370 työvaiheet seuraavanlaisesti:

- Etu- ja takaoven ikkunalasin kiinnitys ja lasin kiinnitysruuvien suojatulppien asennus siirtyi tälle asemalle asemalta 2366.

Ovi-esikokoonpanolinjan viimeisellä asemalla 2370 kiinnitetään ovien ovilasit ovi-modulissa oleviin lasihisseihin kiinni kiinnitysruuvien avulla ja asetetaan kiinnitysruuveja suojaamaan kumiset suojatulpat. Nämä työvaiheet suoritetaan ennen edellisellä asemalla työskentelevän työntekijän suorittamaa ovilasien testausta, koska ovilasien oikeaa asettumista ei voi testata ennen ikkunahissien kiinnittämistä ovilasiin. Tämän jälkeen asennetaan etu- ja takaoviin alatiiviste ovilasin ja ovipellin väliin oven sisäpuolelle sekä kiinnitetään etuoviin kolmella ruuvilla vastakkaisella puolella olevalla asemalla 2369 asennettu ovipeili.

Näiden työvaiheiden jälkeen on vuorossa oviverhoilun ja oviverhoiluun asennettavien osien kokoonpano. Tätä työvaihetta varten ovea tulee siirtää asemalla eteenpäin verhoiluvaunujen läheisyyteen, jossa sijaitsevat oviverhoiluun asennettavat osat ja työvaiheissa käytettävät työvälineet. Verhoilun asennus ja siihen liittyvät työvaiheet pysyvät muuttumattomina. Lopuksi ovi tarkastetaan työntekijän toimesta ennen kokoonpanolinjalle lähetystä. Kuvio 41 esittää asemaa 2370, jossa työskentelee 2 työntekijää.



Kuvio 41. Suunniteltu asema 2370.

Taulukkoon 12 on eritelty suunnitellulla asemalla 2370 työskentelevien työntekijöiden työtehtävät kestoineen ja Taulukosta 13 käy ilmi työvaiheissa käytettävien työvälineiden sijainnit asemalla.

Taulukko 12. Suunnitellun aseman 2369 työvaiheet kestoineen.

Aseman 2370 työvaiheet	Kesto (Etuovi)	Kesto (Takaovi)
Oven tarkastaminen	200	200
Ovilasin kiinnitys lasinnostimeen	212	180
Peitetulppien asentaminen ovimoduliin	143	120
Ovilasin sisäpuolisen alatiivisteiden asennus	511	495
Oviverhoilun kytkeminen ja kiinnittäminen oveen	1675	1457
Ikkunakytkimen asennus verhoiluun	233	203
Koristelistan asennus verhoiluun	229	237
Oviverhoilun rakojen tarkastaminen	149	149
Avauskahvan toiminnan testaaminen	97	97
Työvaiheiden kestot yhteensä (TMU)	3449	3138

Taulukko 13. Suunnitellun aseman 2370 työvaiheiden työvälineet ja niiden sijainnit asemalla.

Työvaiheet	Työväline	Sijainti
Ovilasin kiinnitys lasinnostimeen	Akkuruuvinväännin	Pöytä 15
Peitetulppien asennus ovimoduliin	Peitetulppa	Pöytä 15
Ovilasin sisäpuolisen alatiivisteiden asennus	Sisäpuolinen alatiiviste	A1767251400 & A1767351400
Oviverhoilun kytkeminen ja kiinnittäminen oveen	Oviverhoilu, kiinnitysruuvi, akkuruuvinväännin	Oviverhoilu, Teline 4, Teline 6
Ikkunakytkimen asennus verhoiluun	Ikkunakytkin	Teline 5, Teline 7
Koristelistan asennus verhoiluun	Koristelista	A17672010222A17 & A17673010222A17

5 YHTEENVETO

5.1 Työn onnistuminen ja muutosten toteutettavuus

Opinnäytetyön lopputuloksena syntyi uusi layout-ratkaisu, jonka suunnitteluun toi haastetta kokoonpanolinjalla tapahtuneet muutokset työn aikana sekä myös se, että työn alkuvaiheessa ei nykytilannetta vastaavaa CAD-mallia ollut vielä olemassa. Työn laajuus ja sen vaatima työmäärä kasvoivat työn pitkittyessä, koska muutokset toivat työhön lisää suunnittelussa huomioitavia asioita.

Työskentely päivittäin työntekijänä kehitettävässä kohteessa ja muiden työntekijöiden tunteminen toivat todella paljon apua ja erilaisia näkökulmia suunnittelutyöhön. Työntekijöiden, oman työkokemuksen ja aluesuunnittelijan havaintojen, näkemysten ja asettamien vaatimusten perusteella suunniteltu layout osottautui haasteellisuudestaan huolimatta onnistuneeksi.

Opinnäytetyön suunnittelutyö keskittyi suurimmaksi osaksi työasemien työjärjestyksen muuttamiseen ja tilankäytön tehostamiseen tiivistämällä asemia mahdollisuuksien mukaisilla tavoilla. Työergonomiaa pyrittiin parantamaan hyödyntämällä kokoonpanotehtävissä linjan molempia puolia tehokkaammin, jolloin linjan ylitse kurottelua ei tarvitsisi tehdä jotakin työvaihetta suoritettaessa sekä vähentämällä tarvetta liikkua koontavaunun kanssa työvaihteiden välillä.

Suurimpana yksittäisenä läpimenoaikoja pienentävänä muutoksena voidaan pitää kehätiivisteen asennuksen muutosta koontavaunussa suoritettavaksi. Tästä koitui aikasäästöä oven koontavaunusta poiston ja palautuksen viemän ajan sekä asennusjigin korkeussäätämiseen kuluvan ajan verran.

Opinnäytetyössä suunnitellut muutokset ovat mahdollisia toteuttaa suhteellisen pienillä muutoksilla. Muutosten toteuttamista varten olisi tarpeellista vain järjestää tavarat esikokoonpanolinjalla uudelleen sekä huomioida muutoksista aiheutuvat työskentelyturvallisuuteen liittyvät seikat, joihin tässä työssä ei perehdytty. Suunnittelun tarkoituksena oli tehokkuuden ja ergonomian parantamisen lisäksi päätyä kustannustehokkaaseen ratkaisuun, mistä johtuen suunnittelussa layout-ratkaisussa ei uusia laitteita tai työkaluja ole suunniteltu hyödynnettävän.

5.2 Tulevaisuuden näkymiä ja ajatuksia

Mercedes Benzin A-sarjan valmistusta Uudenkaupungin autotehtaalla ei tämän opinnäytetyön ajankohtana ole varmistettu jatkettavan. Tästä huolimatta uskon, että tämän opinnäytetyön tuloksena suunniteltu layout-ratkaisu ja työssä selvitetty asiat tuovat hyödyllistä perspektiiviä ovi-esikokoonpanolinjan kehittämistä varten myös tulevaisuuden automallien tuotantolinjasuunnittelua ajatellen.

6 LÄHTEET

- Taylor, B W. & Russell, RS. Ei päiväystä [Verkkosivu]. Pearson Education. [Viitattu 13.3.2015]. Saatavana: <http://www.prenhall.com/divisions/bp/app/russellcd/PROTECT/CHAPTERS/CHAP07/ART07/F0701B.HTM>
- Taylor, B W. & Russell, RS. Ei päiväystä [Verkkosivu]. Pearson Education. [Viitattu 13.3.2015]. Saatavana: <http://www.prenhall.com/divisions/bp/app/russellcd/PROTECT/CHAPTERS/CHAP07/ART07/F0702.HTM>
- Taylor, B W. & Russell, RS. Ei päiväystä [Verkkosivu]. Pearson Education. [Viitattu 13.3.2015]. Saatavana: <http://www.prenhall.com/divisions/bp/app/russellcd/PROTECT/CHAPTERS/CHAP07/HEAD01.HTM>
- Ergonomia. 2015. [Verkkosivu]. Työterveyslaitos. [Viitattu 30.3.2016]. Saatavana: <http://www.ttl.fi/fi/ergonomia/Sivut/default.aspx>
- Finding Muda (waste) in your Process. Ei päiväystä. [Verkkosivu].Panview. [Viitattu 17.10.2014]. Saatavana: <http://www.panview.nl/en/lean-production-toyota-3m-model/finding-muda-waste-your-process>
- Just In Time (JIT). Ei päiväystä. [Verkkosivu]. Mindtools. [Viitattu 24.10.2014]. Saatavana: https://www.mindtools.com/pages/article/newSTR_78.htm
- Kahdeksan hukan muotoa. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. Ceriffi. [Viitattu 17.10.2014]. Saatavana: <http://www.ceriffi.fi/palvelut/kahdeksan-hukan-muotoa>
- Kristiansen, A G. 2009. Continuous Improvement concepts. [Sähköinen opiskelumateriaali].The Scandinavian School Of Brewing.
- Kulkuväylän reunoilla olevien rakenteiden näkyvyyden parantaminen ja suojaaminen. Ei päiväystä [Verkkosivu]. Työterveyslaitos. [Viitattu 6.2.2014]. Saatavana: <http://www.ttl.fi/fi/ratkaisupankki/Sivut/details.aspx?luokka=Ergonomia&aihealue=Teollisuuden%20alan%20ergonomiaratkaisut&item=238>
- Launis, M. & Lehtelä, J. (toim.) 2011. Ergonomia. Helsinki: Työterveyslaitos.
- Lean Manufacturing. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. Mindtools. [Viitattu 17.10.2014]. Saatavana: https://www.mindtools.com/pages/article/newSTR_44.htm

- Lean production. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. SearchManufacturingERP. [Viitattu 17.10.2014]. Saatavana: <http://searchmanufacturingerp.techtarget.com/definition/lean-production>
- McBride, D. The 7 Wastes in Manufacturing. 2003. [Verkkosivu]. EMS Consulting Group. [Viitattu 17.10.2014]. Saatavana: <http://www.emsstrategies.com/dm090203article2.html>
- Stevenson, W J. 2009. Operations Management. 10. painos. Boston: McGraw-Hill.
- TPM – Total Productive Maintenance. Ei päiväystä [Verkkosivu]. Lean Production. [Viitattu 19.12.2014]. Saatavana: <http://www.leanproduction.com/tpm.html>
- Valmet Automotive Oy. Ei päiväystä [Verkkosivu]. Valmet Automotive Oy. [Viitattu 17.10.2014]. Saatavana: <http://www.valmet-automotive.com/automotive/cms.nsf/pages/E1FD25D15A8424EFC2257706005D9B04?opendocument>
- Viikon positiivinen uutinen 19.6.2014. 2014. [Verkkosivu]. Yleisradio. [Viitattu 17.10.2014]. Saatavana: http://yle.fi/tekstiv/arkisto/kalenteri/ts_uudenkaupungin_autotehdas_palkkaa_li_saa_vakea_9213.html
- Villanen, H. 2013. [Verkkojulkaisu]. Prosessitaito. [Viitattu 19.12.2014]. Saatavana: http://www.prosessitaito.fi/Tuotantokoneiden_kokonaistehokkuus_OEE.pdf
- What is TPM. Ei päiväystä [Verkkosivu]. Lean Manufacturing Tools. [Viitattu 19.12.2014]. Saatavana: <http://leanmanufacturingtools.org/430/what-is-tpm/>
- Wastradowski, M. What Is 5S ?. 2015. [Verkkosivu]. Graphic Products. [Viitattu 19.12.2015]. Saatavana: <https://www.graphicproducts.com/articles/what-is-5s/>