

Taneli Vaheristo

# Tuotantosolun uuden layoutin suunnittelu

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Kone- ja tuotantotekniikka

Insinöörityö

25.8.2017

Tekijä Otsikko	Taneli Vaheristo Tuotantosolun uuden layoutin suunnittelu
Sivumäärä Aika	37 sivua + 2 liitettä 25.8.2017
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Kone- ja tuotantotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Energia- ja ympäristötekniikka
Ohjaajat	Lehtori Pekka Salonen Kunnossapitopäällikkö Urpo Kolkki
<p>Tässä insinööriyössä käsiteltiin tuotantosolun layoutin uudistamista ja siitä saatavia mahdollisia hyötyjä.</p> <p>Kohdeyritys Alfa Laval Vantaan ilmalämmönvaihdinyksikköön tehdyssä työssä muunneltiin erään tuotantosolun pohjaratkaisua poistamalla turhia artikkeleita solusta ja siirtelemällä työpisteitä toistensa suhteen niin, että työkierto yksinkertaistuu ja tehostuu. Tehostamisen lähtökohtana hyödynnettiin lean-teoriaa ja erityisesti 5S-sääntöjä.</p> <p>Työssä esiteltiin kohdesolun työvaiheet ja tarkasteltiin valmistettavan kappaleen liikeratoja työvaiheiden välissä. Liikeradat kuvattiin visuaalisesti ylhäältä katsottuna karkeasti arvioiden ja lopulliset layout-uudistuksilla saavutettavat matkojen lyhenemiset laskettiin ja taulukoitiin.</p> <p>Lopputuloksena saatiin uusi layout, joka vähentää solussa kuljettavia siirtymiä noin 50 %. Ajallisesti vähennys on noin 30 s jokaista valmistettavaa kappaletta kohden. Insinööriyön tavoite parantaa layoutin toimintaa lean-teoriaa hyödyntäen saavutettiin.</p>	
Avainsanat	layout-suunnittelu, tuotantosolu, lean

Author Title	Taneli Vaheristo Designing a New Layout for a Production Cell
Number of Pages Date	37 pages + 2 appendices 25 August 2017
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Mechanical and Production Engineering
Specialisation option	Energy and Environmental Engineering
Instructors	Pekka Salonen, Senior Lecturer, Metropolia UAS Urpo Kolkki, Maintenance Director, Alfa Laval Vantaa
<p>The objective of this Bachelor's thesis was designing a new layout for a certain production cell and considering the possible benefits of such changes.</p> <p>The thesis was commissioned by Alfa Laval Vantaa at their air cooler unit in Vantaa, Finland. The thesis describes how the layout was changed by removing futile items from the production cell and rearranging the work stations, in order to simplify and increase the efficiency of the work cycle. The principles of Lean manufacturing and more specifically the 5S rules were used as methods to improve the efficiency.</p> <p>Within the thesis, the work steps of the work cycle are described in detail and the movement of the product between work stations is analyzed and measured. The movement pattern was displayed graphically and the movement distances were calculated and tabulated.</p> <p>As a result, a layout was created, which reduces unnecessary movement in the cell by approximately fifty percent. The reduction of moving time between work stations for each manufactured product is roughly thirty seconds. In conclusion, the goal of improving the cell operations using Lean techniques was achieved.</p>	
Keywords	layout design, production cell, lean

## Sisällys

1	Johdanto	1
2	Alfa Laval	2
3	Työn tavoitteet ja 5S:n hyödyntäminen	3
3.1	Insinööriyön lähtökohdat	3
3.2	Lean	3
3.2.1	Käytännön soveltaminen	4
3.2.2	5S suunnittelun työkaluna	5
3.2.3	5S:n toimintatavat	6
4	Kuparisolut	7
4.1	Tukkisolu	8
4.1.1	Raakaputkien haku	9
4.1.2	Stanssaus	9
4.1.3	Sahaus	10
4.1.4	Kaulustus	10
4.1.5	Piippujen kiinnitys (tumpitus)	11
4.1.6	Piippujen juottaminen	12
4.1.7	Päiden juottaminen	13
4.1.8	Loppuvarastointi	13
4.2	Piippusolu	14
4.3	Ilmausputkisolu	14
5	Tukkisolun kehityskohteet	15
5.1	Epäoptimaaliset liikkeet	15
5.1.1	Raakatukkien haku	15
5.1.2	Sahan ja kaulustuskoneen väli	16
5.1.3	Juotoskone, päätyjuotoksen teko ja loppuvarastointi	16
5.2	Ylimääräiset artikkelit ja solun siisteys	17

5.3	Materiaalin varastointi	18
5.3.1	Kulutustavara	18
5.3.2	Piiput	19
5.3.3	Sahauksen hukkapätkät	20
5.3.4	Tumpituksen tulo- ja lähtöpuskurivarasto	21
5.4	Paperiton solu	22
6	Uuden layoutin suunnittelu	23
6.1	Suunnittelun lähtökohdat	23
6.2	Ideaali tuotteen liikkuminen tukkisolussa	25
6.3	Uusi layout	25
6.4	Ylimääräisten tavaroiden poistamien	27
6.5	Liikeratojen yksinkertaistaminen	27
6.5.1	Raakatukkien haku	27
6.5.2	Sahan ja kaulustuskoneen väli	29
6.5.3	Juotoskone, päätyjuotoksen teko ja loppuvarastointi	30
7	Tulosten vertailu	31
7.1	Tukin liikkuma matka työkierron aikana	31
7.1.1	Tukin liike vanhalla layoutilla	32
7.1.2	Tukin liike uudella layoutilla	33
7.1.3	Vertailu	34
7.2	Työkierron kesto ajallisesti	35
8	Loppupäätelmät	36
	Lähteet	37
	Liitteet	
	Liite 1. Tukkisolun artikkelien listaus ja sijoitus vanhalla layoutilla	
	Liite 2. Tukkisolun artikkelien listaus ja sijoitus uudella layoutilla	

## 1 Johdanto

Tämän insinööriyön tavoitteena on parantaa kohdeyrityksen, Alfa Laval Vantaan, yksittäisen tuotantosolukon pohjaratkaisua hyödyntämällä lean-ajattelua. Vantaalla toimiva Alfa Lavalin tehdas valmistaa ilmalämmönvaihtimia. Opinnäytetyön kohteena olevassa tuotantosolukossa käsitellään koko laitoksen kupariset kulutusesineet, sekä valmistetaan kaikkiin ilmalämmönvaihtimiin kiinnitettävät päätytukit. Päätytukkeja valmistavan tukkisolun toimintavarmuus ja tehokkuus ovat kriittisiä tehtaan toiminnan kannalta. Tukit ovat pitkiä kupariputkia, jotka kiinnitetään ilmalämmönvaihtimien päätyihin. Ne sulkevat lämmönvaihtimen väliainekierron ja toimivat yhdekappaleina verkkoon.

Uuden pohjaratkaisun suunnittelun tavoitteena on lyhentää valmistettavan tukin läpimenoaikaa, parantaa työkierron ergonomiaa, sekä vahvistaa solukon ja koko tehtaan lean-toimintaa.

Ennen insinööriyön tekemistä kuparisolukko ja tukkisolu ovat vastanneet tuotannon tarpeisiin riittävällä tasolla. Tuotantoa kehittävän toimintamallin mukaisesti tuotantoa kannattaa kuitenkin kehittää ja parannella jatkuvasti. Viikon mittaisen tarkkailujakson aikana havaittiin tukkisolussa muutamia räikeitä toimintaa hidastavia tekijöitä kuten laitteiden ja raaka-aineiden epätaloudellinen sijoittelu. Ongelmakohtien havaitsemisen jälkeen todettiin, että on tarpeen ryhtyä tutkimaan ja ratkaisemaan solun layoutiin liittyvät kehityskohteet.

Opinnäytetyön rakenne on seuraava: tukkisolun eri työvaiheiden esittely, tukkisolun kehityskohteet ja ongelmien ratkaisuehdotukset, uuden layoutin suunnittelu ja ongelmien ratkaisut sekä tulosten vertailu. Työssä on myös pohdintaa layout-uudistukseen liittymättömistä kehityskohteista.

## 2 Alfa Laval

Alfa Laval on yksi markkinajohtajista lämpö-, erotus- ja virtaustekniikassa. Alfa Laval tarjoaa asiakkailleen prosesseja tehostavia laitteita, järjestelmiä sekä palveluita lämmittämiseen, jäähdyttämiseen, erottamiseen sekä kuljettamiseen. Asiakkaisiin kuuluu mm. elintarvikkeita, juomia, kemikaaleja, lääkkeitä, tärkkelystä, sokeria sekä etanolia valmistavia yrityksiä. Yrityksen ratkaisuja käytetään myös voimalaitoksissa, telakka- ja konepajateollisuudessa, kaivosteollisuudessa, lietteen ja jätevesien käsittelyssä, ilmastointiratkaisuissa sekä jäähdytysjärjestelmissä. Yrityksellä on toimintaa maailmanlaajuisesti lähes 100 eri maassa. Vuonna 2016 Alfa Lavalin liikevaihto oli noin 3,8 miljardia euroa ja henkilöstöä yhtiössä työskenteli yli 17 000. Alfa Lavalin osake noteerataan OMX:ssä, pohjoismaiden suurten yritysten ryhmässä. [4.]

### Vantaan tuotantolaitos

Alfa Laval Vantaa Oy tuotantolaitos sijaitsee Vantaan Ylästössä, kehä III:n varrella. Yritys on yksi Euroopan johtavista kaupalliseen jäähdytykseen, LVI-ratkaisuihin ja teolliseen jäähdytykseen tarkoitettujen ilmalämmönsiirtimien valmistajista. Vuosittainen liikevaihto on noin 40 miljoonaa euroa ja tehdas työllistää noin 140 henkilöä. [5.]

Diplomi-insinööri Aulis Pakula aloitti lamellipattereiden valmistuksen yritysnimellä A. Pakula & Co vuonna 1956. Ensimmäinen tavaramerkki rekisteröitiin vuonna 1967. Se oli 'Fincoil' (finned coil) lamellielementti. Samana vuonna tehtiin myös ensimmäiset vientikaupat Ruotsiin. 2007 Vuoden joulukuussa yritys siirtyi osaksi ruotsalaista Alfa Laval -konsernia. [5]

Vantaan toimipiste valmistaa höyrystimiä, lauhduttimia ja nestejäähdyttimiä erilaisilla spesifikaatioilla ja sovelluksilla. Tuotannosta yli 75% valmistetaan vientiin. [5.]

Tuotteita käytetään vaativissakin kohteissa teollisuuden prosesseissa, voimalaitoksissa, lihan- ja kalanjalostusteollisuudessa, muissa elintarviketehtaissa, panimoissa, meijereissä, laivoissa, toimistotiloissa ja liikerakennuksissa, tutkimuskeskuksissa sekä jääraidoilla. Tuotteet valmistetaan asiakkaan tarpeiden mukaisilla spesifikaatioilla. [5.]

### 3 Työn tavoitteet ja 5S:n hyödyntäminen

#### 3.1 Insinööriyön lähtökohdat

Tuotantolaitoksessa toimii kolme erillistä teollisen kokoluokan lämmönvaihtimien tuotantolinjastoa. Jokaiseen linjastoon tuotetaan tarvittavat tukit tehtaan ainoassa tukkisolussa. Tukkituotanto joutuu suuren kuormituksen alaiseksi, jos tuotannossa tarvitaan samanaikaisesti suuri määrä tukkeja jokaisella linjastolla. Tämänlainen tilanne voi syntyä, jos useassa linjastossa valmistetaan samanaikaisesti 2-piirisiä lämmönvaihtimia, jotka vaativat neljä tukkia. Lisäkuormitusta aiheutuu myös, jos laitteet ovat lyhyitä, jolloin niiden valmistusaika on huomattavasti lyhyempi kuin täysmittaisten lämmönvaihtimien. Pahimmassa tilanteessa tukkien tuotanto voi olla liian hidasta lämmönvaihtimien tuotantoon nähden, jolloin laitteiden tuotantotahti kuristuu tukkisolun mukaiseksi.

Jotta välttyttäisiin tehtaan tuotannon kuristumiselta tukkien suuren kysynnän aikana, täytyy miettiä mahdollisuuksia kasvattaa tukkisolun kapasiteettia. Tehostaminen voi tapahtua väliaikaisesti esimerkiksi lisäämällä työtunteja, tai pitkäaikaisesti uusimalla ja automatisoimalla solun laitteistoa. Käytännöllisempi ratkaisu on tarkastella solun toimintaa ja pohjaratkaisua, ja löytää mahdollisia kehityskohteita.

Tukkisolussa suoritettiin viikon mittainen tarkkailujakso, jonka tavoitteena oli selvittää ja rajata insinööriyön tarkempi aihe. Tarkastelussa havaittiin, että tukkisolun pohjaratkaisussa sekä toiminnassa on kehitettävää. Esimerkiksi työpisteiden sijainti toisiinsa nähden ei ole optimaalinen, eikä työsolun siisteys ole riittävällä tasolla. Voidaan arvioida, että solun tuotantokapasiteettia voi kasvattaa kustannustehokkaasti paneutumalla solun ongelmakohtiin ja ratkaisemalla ne. Solun kehittämisessä pyritään toteuttamaan lean-filosofian mukaiset ratkaisut.

#### 3.2 Lean

Lean-ajattelu kiteytettynä tarkoittaa tuotannossa esiintyvien hukcatekijöiden etsimistä ja karsimista. Hukcatekijöiksi lasketaan kaikki toiminta, joka ei lisää asiakkaalle toimitettavan tuotteen arvoa. Esimerkiksi varastointi, työkalujen hakeminen sekä ylimääräiset tarkastukset voidaan laskea arvoa lisäämättömiksi tapahtumiksi. [2.]



Hukkaa ei ikinä voi poistaa täydellisesti, mutta sen minimoimiseen tulee jatkuvasti pyrkiä. Tuotantoprosessien ja teknologian kehittyessä, sekä työvoiman vaihtuessa, voidaan aina havaita uusia kehityskohteita. Yrityksen tulee jatkuvasti tarkkailla omaa toimintaansa, jotta toiminta pysyy kilpailukykyisenä.

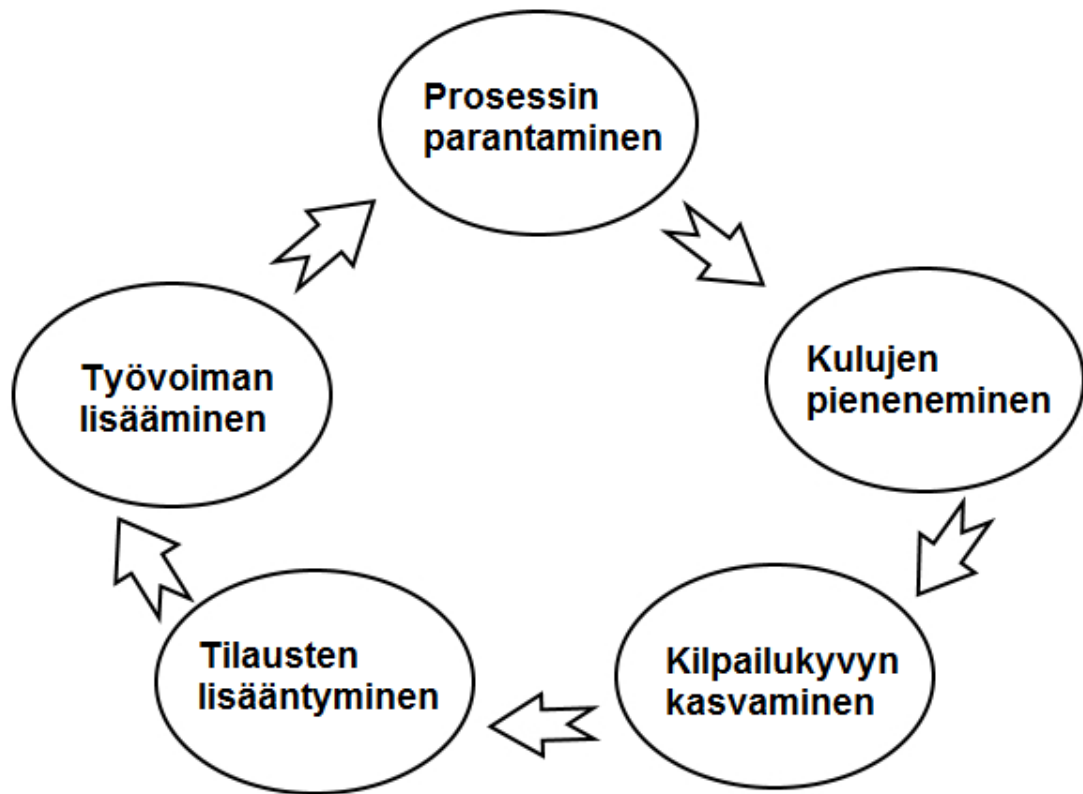
### 3.2.1 Käytännön soveltaminen

Väärin ymmärrettynä lean otetaan käyttöön tavoitteena vain vähentää kuluja. Yleisimmin vähennykset kohdistuvat varastoon ja henkilöstöön. Molemmat ovat helposti havaittavia ja niiden vähentäminen näkyy suoraan menojen pienenemisenä. Tämä on kuitenkin leanin kannalta väärä lähestymistapa. [1.]

Varaston koon pienentäminen itsessään on hyvä tavoite, sillä varastointi ei lisää tuotteen arvoa. Varaston olemassa oloon voi kuitenkin olla tärkeitä syitä kuten puskurina toimiminen sisäisiä ja ulkoisia tekijöitä vastaan sekä kuormitusvaihteluiden tasoittaminen. Varasto voi myös piilottaa tuotannossa piilevät ongelmat kuten alihankintaketjujen toimimattomuuden tai laitteiston epävarmuuden. On siis tärkeää, että kun varaston kokoa lähdetään pienentämään, se tehdään tarpeeksi hitaasti. Liian nopea pienennys voi johtaa siihen, että piilevät ongelmat ilmenevät kaikki kerralla, jolloin niiden korjaaminen kerralla on hyvin työlästä. Hitaasti pienentämällä esiin tulevat ongelmat voidaan ratkaista yksi kerrallaan ja voidaan arvioida, onko varaston pienentäminen lisää tarpeellista. [1.]

Leanin tuomien kustannussäästöjen käyttäminen työvoiman vähentämiseen on myös huono ajatus, ja näin tekeminen vahingoittaa leanin uskottavuutta pysyvästi. Jos lean nähdään jatkossa ainoastaan 'työvoiman vähennys' -metodina, uusien uudistusten läpikäyminen vaikeutuu huomattavasti. Oikein käytettynä lean-parannusten vapauttama työvoima tulee ohjata uusiin tehtäviin, esimerkiksi kehitystyöhön, kunnes tilauskanta on kasvanut. Kun tilauskanta on kasvanut tarpeeksi, voidaan työvoima ohjata takaisin tuotantotehtäviinsä vastaamaan kasvaneeseen kysyntään. [1.]

Oikea leanin soveltaminen käytännössä vaatii kaikkien osallistuvien henkilöiden panoksen ja aidon lean-ajattelun sisäistämisen: tavoitteena on kasvu (kuva 1). Yksinkertaisuudessaan lean-kehittäminen voidaan ajatella itseään toistavana kiertokulkuna: prosessin parantaminen, kustannusten pieneneminen, kilpailukykyyn kasvu, tilausten lisääntyminen, työn lisääntyminen. [1.]



Kuva 1. Lean-toiminnan todellinen tarkoitus: kasvun tavoittelu. [1]

### 3.2.2 5S suunnittelun työkaluna

5S on tunnetuin lean-työkalu. Sen vahvuudet ovat yksinkertaisuus ja helppokäyttöisyys. Kuten koko lean-ajattelu, myös sen yksittäiset työkalut voidaan turmella käyttämällä niitä väärin. On siis tärkeää, että kuten lean, myös 5S otetaan käyttöön oikeista syistä. Väärin käytettynä 5S ajatellaan vain siivoustyökaluna, jolloin se heikentää koko leanin asemaa työvoiman silmissä. Oikein ajateltuna 5S:n tavoitteet ovat seuraavat:

- turhan työn vähentäminen
- tuotannon vaihtelun vähentäminen
- tuotannon tehostaminen

Onnistunut 5S:n käyttöönotto näkyy työntekijöiden ajatusmaailman muuttumisena. Työntekijä ei enää ajattele työskentelevänsä sotkuisessa ja epäorganisoidussa ympäristössä vaan järjestelmällisessä työtilassa, jossa kaikki tietävät, miten prosessi toimii ja missä kaikkien tavaroiden tulee olla. Toisin sanoen: kaikki tuotantoon liittyvä on yksinkertaistettu mahdollisimman pitkälle. [1.]

### 3.2.3 5S:n toimintatavat

Japanista peräisin oleva 5S on saanut nimensä viidestä japaninkielisestä sanasta: Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu ja Shitsuke. 5S:n tarkoitus on tuoda helposti esille 5 eri tärkeää toimintatapaa, jotka edistävät tuotannon kehittämistä sekä lattiatasolla että johtoportaassa. 5S-ajattelua voidaan soveltaa myös informaatiovirtaan. Suomennetut versiot 5S-ohjelmista, ja sitä miten niitä voidaan hyödyntää kuparisolukon layoutin uudistamisessa tiivistettynä: [1.]

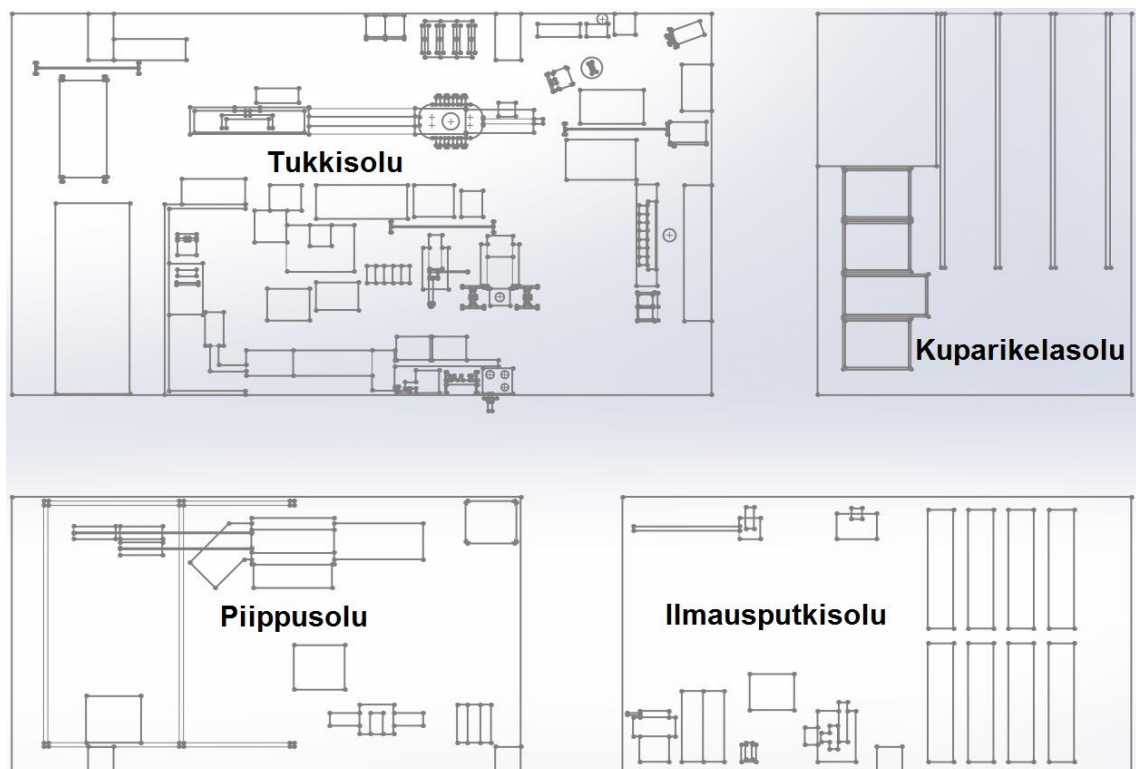
- Seiri – Siivoa. Työsolusta tulee siivota kaikki turha pois. Tarpeelliset työkalut helposti saataville, tarpeettomat kaappeihin tai erilliseen säilytystilaan. Koskee työkalujen lisäksi muitakin tavaroita kuten pöytiä, tuoleja jne. [1.]
- Seiton – Järjestele. Jäljelle jäävien tarpeellisten tavaroiden sijoittelu mahdollisimman tehokkaasti. Tavoitteena vähentää turhaa liikettä solun sisällä. [1.]
- Seiso – Siisteys. Työympäristön tulee pysyä siistinä. Työntekijöiden vastuulla on tarkkailla työympäristön kuntoa ja korjata mahdolliset poikkeukset tai ilmoittaa niistä eteenpäin. Pelkän siivoamisen lisäksi tulee jatkuvasti tarkkailla mahdollisten ongelmien aiheuttajia. [1.]
- Seiketsu – Standardisointi. Tehtyjä parannuksia tulee ylläpitää sopimalla toimenpiteitä, joilla huolehditaan halutun tason ylläpitämisestä. Jokaiselle suoritettavalle prosessille on määritetty standardi. [1.]
- Shitsuke – Jatkuva kehitys. Pyritään tekemään 5S-ajattelusta jatkuva tapa. Työntekijät ja toimihenkilöt sisäistävät ajattelumallin ja toimivat sen mukaisesti. [1.]

## 4 Kuparisolut

Kuparisoluihin on keskitetty koko tuotantolaitoksen kupariset kulutustavarat. Kuparisoluja on kolme: tukki-, ilmausputki- ja piippusolu. Näiden lisäksi on vielä neljäs alue, jossa sijaitsee varastohyllykkö, metalliroskan kierrätyslavat sekä lämmönvaihtimien väliai-  
nekierron putkien varastot, joita kutsutaan myös kuparikelavarastoiksi. (Kuva 2.)

Ilmausputki- ja piippusolut ovat pienempiä tuotantosoluja, joissa valmistetaan tukkien pii-  
put sekä ilmausputket ja tukkien yhteen. Solut on sijoitettu lähemmäs, jotta samat työntekijät voivat tukkien valmistuksen ohella valmistaa myös pienempiä kuparikappaleita. Solujen alueelle on myös päätetty keskittää kaikki kupariin liittyvä kulutustavara kuten päätylätkät ja juotospuikot. Tämä yksinkertaistaa koko tuotantolaitoksen pohjaratkaisua. Näin ollen myös uudessa layoutissa täytyy säilyttää kaikki nykyisen koko kuparisolukon alueella sijaitsevat toiminnot.

Insinööriyön varsinainen kehitystyö keskittyy tukkisoluun. Pienemmistä tukkisoluista tehdään ainoastaan päivitetty CAD-mallit.



Kuva 2. Koko kuparisolukko solut nimettynä.

#### 4.1 Tukkisolu

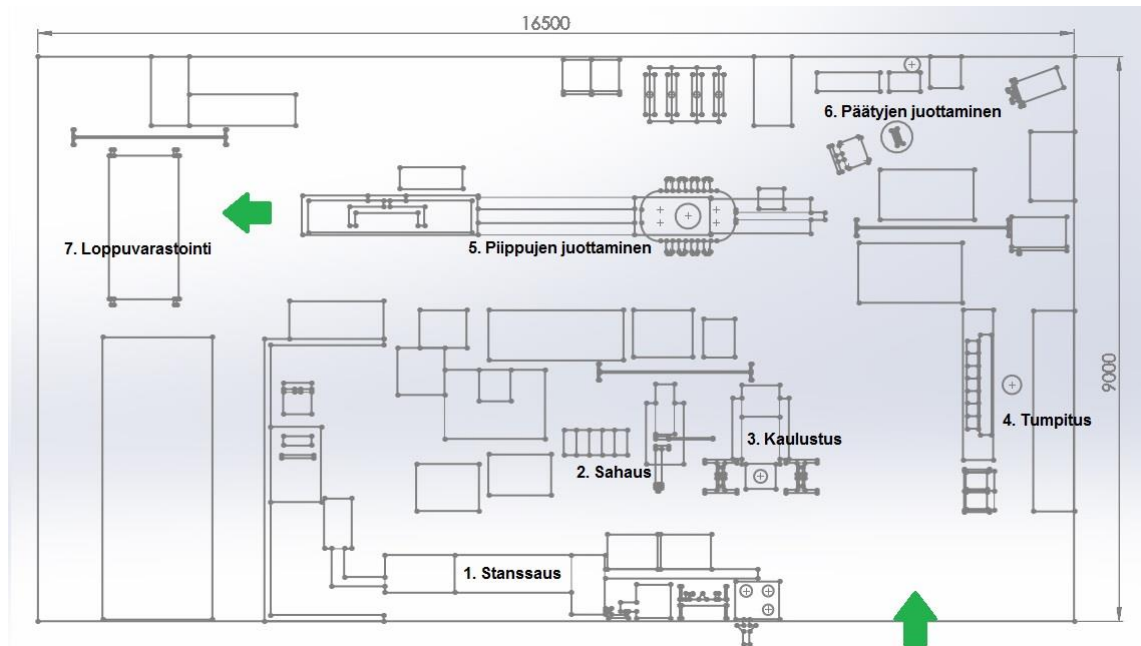
Tukkisolu on tämän insinööriyön keskeisin kehityskohde. Solussa valmistetaan päätytukki. Tukki yhdistää lämmönvaihtimen läpi kulkevat kupariputket lämmönvaihtimen päässä ja toimii samalla yhdyskappaleena verkkokierron ja lämmönvaihtimen välillä. Yhteen lämmönvaihtimeen asennetaan kaksi tai neljä tukkia riippuen siitä, onko lämmönvaihdin yksi- vai kaksipiirinen.

Valmis tukki on pitkä kupariputki, jonka sivussa on pienempiä kuparipiippuja lämmönvaihtimen väliainekiertoa varten (kuva 3). Tukista lähtee myös yksi isompi putki, joka toimii yhtenä verkkokierron ja tukin välillä. Yhde ja ilmausputki juotetaan kiinni vasta lämmönvaihtimen kokoonpano vaiheessa. Tukeilla ei ole rakenteellista eroa tulo- ja lähtötukkien välillä. Tukit valmistetaan kahden tai neljän sarjoissa.



Kuva 3. Valmiita tukkeja joiden päällä on valmiit yhteet.

Tukin valmistaminen voidaan jakaa kahdeksaan eri työvaiheeseen: raakaputkien haku, reikien stanssaus, sahaus, kaulustus, piippujen kiinnitys eli tumpitus, juottaminen, päätyjuotosten teko ja loppuvarastointi (kuva 4). Kappaleissa 4.1.1 – 4.1.8. esitellään työvaiheet tarkemmin ja tarkastellaan niiden mahdollisia kehityskohteita. Uuden layoutin suunnittelussa on huomioitava työvaiheiden tilantarve ja pyrittävä havaitsemaan mahdolliset kehityskohteet.



Kuva 4. Tukkisolun vanha pohjaratkaisu. Työvaiheet numeroidussa järjestyksessä. Vihreät nuolet osoittavat tukin tulon ja lähdön solusta.

#### 4.1.1 Raakaputkien haku

Työkierto alkaa, kun työntekijä saa paperisen työmääräyksen. Työ merkitään sähköiseen järjestelmään aloitetuksi tukkisolun päätteellä, minkä jälkeen työntekijä hakee ilmausputkisolusta raakatukin, jonka hän kuljettaa stanssaus koneelle.

Tämän matkan kulkeminen raskaan tukin kanssa on selkeä työturvallisuusriski, sillä se joudutaan tekemään vilkkaasti liikennöidyn kulkuväylän poikki. Työvaihe on myös epäergonominen, sillä matka on tarpeettoman pitkä kuljettaa raskasta tukkia.

Raakaputkien hausta tulee tehdä turvallisempaa ja ergonomisempaa.

#### 4.1.2 Stanssaus

Raakatukki asetetaan stanssaus koneeseen ja työntekijä käynnistää ennalta ohjelmoidun ajon tai ohjelmoi tarvittavat muutokset ja käynnistää ajon. Kone ajaa putkeen vesikierto-reiät, sekä vastakkaiselle puolelle yhden kohdistusreiän myöhempää kaulustusta varten.

Tämä työvaihe ei vaadi kehittämistä toistaiseksi. Kaikki työkalut ovat lähellä ja helposti saatavilla, eikä työntekijän tarvitse myöskään tehdä ylimääräisiä liikkeitä asetuksia tehdessä tai purkaessa. Myös tukin asettaminen stanssaus koneeseen ja seuraavaan työvaiheeseen siirtäminen on yksinkertainen prosessi.

#### 4.1.3 Sahaus

Stanssausuksen jälkeen työntekijä siirtää tukin sahalle. Putki sahataan oikeaan pituuteen ja jäljelle jäävä 300 – 500 mm pitkä ylijäämäosa otetaan talteen. Ylimääräinen osa varastoidaan ilmausputkisoluun ja hyödynnetään myöhemmin tukin verkkoliitoksen tekemisessä.

Vanhan työskentelytavan mukaan ylijäämäosat välivarastoidaan tukkisolussa satunnaisille tasoille tai lattialle. Tapa on epäorganisoitu ja sotkuinen. Ylijäämäosan siirtoon ilmausputkisoluun ei myöskään ole käytössä mitään kuljetuskärryä.

Ylijäämäosien varastointi ja siirtäminen tulee yksinkertaistaa.

#### 4.1.4 Kaulustus

Sahauksen jälkeen työntekijä nostaa tukin kaulustuskoneeseen. Tukki kohdistetaan kohdistusreiän mukaisesti, minkä jälkeen se kiristetään kiinni paikoilleen. Tämän jälkeen työntekijä ajaa kahdessa vaiheessa kauluksen tukkiin. Ensimmäisessä vaiheessa kone ajaa kohdistusreiän kohdalle isomman, ovaalinmuotoisen reiän. Tämän jälkeen, työntekijä asettaa koneeseen kaulustustyökalun, jolla ajetaan reiän reunukset pystyyn. Kun kaulus on valmis, työntekijä irrottaa tukin ja putsaa tukista työstölastut muoviseen keräysastiaan.

Kaulustus on lähes ongelmaton työvaihe, joka on pitkälle automatisoitu, ja siihen tarvittavat työkalut on sijoitettu lähelle. Työvaiheessa on kuitenkin liikutettava tukkia epäjohdonmukaisesti, kun se siirretään sahalta kaulustuskoneeseen. Tukkia ei mahduta asettamaan suoraan sahalta kaulustuskoneeseen vaan se joudutaan kuljettamaan ensin kaulustuskoneen toiselle puolelle, josta se kuljetetaan takaperin kaulustuskoneeseen kiinni.



Sahaa ja kaulustuskonetta tulee siirtää, joko kauemmas toisistaan tai syvyysuunnassa porrastaen, jotta työntekijä voi siirtää tukin suoraan sahalta kaulustuskoneeseen ilman ylimääräisiä liikkeitä.

#### 4.1.5 Piippujen kiinnitys (tumpitus)

Kaulustamisen jälkeen työntekijä siirtää tukin tumpituspöydälle (kuva 5), tai tumpitusvälivarastoon. Tumpitustyövaiheessa tukkiin kiinnitetään pienemmät kupariputket, tavallsemmin piiput, jotka juotetaan myöhemmässä työvaiheessa kiinni. Tumpittaminen koostuu kahdesta erillisestä työvaiheesta.

Ensimmäisessä työvaiheessa työntekijä kiinnittää juotosrenkaita piippujen päihin. Kiinnittäminen tapahtuu erityisesti tähän tarkoitukseen valmistetun metallilevyn päällä. Levyssä on piipun pään halkaisijan kokoisia matalia upotteita. Rengas kiinnitetään piippuun asettamalla putki silmämääräisesti renkaan keskelle, minkä jälkeen piippu painetaan renkaan läpi levyn upotteeseen. Tämä työntää juotosrenkaan tukevasti piipun ympärille.

Toisessa työvaiheessa kiinnitetään piiput tukkiputkeen. Kiinnitys tapahtuu asettamalla piippu tukkiputken reiän kohdalle silmämääräisesti. Tämän jälkeen piippua lyödään kevyesti kumivasaralla, jolloin se uppoaa piippuun koneistetun sovitteen syvyyden verran tukkiputken sisään. Piippuja voi tulla enintään neljään riviin ja niitä voi yhdessä tukissa olla enintään neljää erilaista. Piippujen taitoskulma ja pituus vaihtelevat riippuen valmistettavasta tukista. Tumpitettu tukki siirretään työvaiheen jälkeen joko tumpitusvälivarastoon tai juotuskoneeseen.

Tumpitus on hitain työvaihe tukin valmistuksen työkierrossa, ja sen kesto vaihtelee riippuen kiinnitettävien piippujen määrästä. Itse tumpitustyövaihetta ei voi kehittää eteenpäin tämän insinööriyön aiheen rajoissa. Tumpitustyöpiste ja työstötapa voi kuitenkin olla paranneltavissa huomattavastikin, joten on mainittava, että niitä tulisi työstää eteenpäin erillisessä projektissa.

Tämän insinööriyön aiheen puitteissa voidaan kuitenkin puuttua piippujen epäorganisoi- tuun välivarastointiin ja piippukoneen ajomääriin.





Kuva 5. Tumpitustyöpiste.

#### 4.1.6 Piippujen juottaminen

Juotostyövaiheessa piiput juotetaan tukevasti kiinni tukkiin. Tässä työvaiheessa kone liikuttaa tukkia hitaasti esilämmittimien läpi, minkä jälkeen työntekijä viimeistelee juotokset käsipolttimella. (Kuva 6.) Ennen juottoa työntekijä merkitsee tukkiin oikean työmääräyksen numeron tussilla, jotta sarjat eivät sekoitu keskenään. Tukki lämpenee prosessissa huomattavasti. Juottamisen jälkeen tukki asetetaan pihdeillä jäähdytysaltaan telineeseen, josta se upotetaan nappia painamalla vesialtaaseen. Tukin jäähdyttyä se nostetaan ylös telineellä, ja asetetaan vinottain kuivumaan. Kuivumista voi myös nopeuttaa lämmittämällä tukkia toisesta päästä käsipolttimella.

Tässä työvaiheessa ei ole selkeitä kehityskohteita. Työkierron kannalta kuitenkin turhaa liikkumista aiheuttaa työpisteiden sijoittelu layoutin sisällä. Kun tukin piiput on juotettu, se joudutaan kuljettamaan takaisinpäin päätyjuotospisteelle, minkä jälkeen se kuljetetaan taas eteenpäin loppuvarastointiin. Tämä turha liikuttelu on pystyttävä eliminoimaan uudessa layoutissa.



Kuva 6. Juotoskone kuvattuna tukin liikesuunnan alkupäästä päin.

#### 4.1.7 Päiden juottaminen

Tukin jäähtyttyä piippujen juottamisen jälkeen, se siirretään päidenjuotospisteeseen. Tässä työvaiheessa tukin päät juotetaan umpeen kuparilätkillä ja juotostikuilla. Juottamiseen käytetään samanlaista käsipoltinta kuin juotoskoneessa. Juottaminen suoritetaan asettamalla tukin toinen pää juotosistukkaan, joka sallii sen pyörimisen akselinsa ympäri. Kun toinen pää on juotettu kiinni, työntekijä kääntää tukin ja juottaa myös toisen pään kiinni. Juotoksessa kuumentuneet tukin päät voidaan jäähdyttää juotoksen jälkeen juotoskoneen jäähdytysaltaassa.

Päiden juottamistyövaiheeseen ei liity selkeästi havaittavaa kehittämistä. 5S:n mukaisesti työpiste tulee kuitenkin siistiä, sillä siinä on paljon päiden juottamiseen ja tukkien valmistukseen liittymätöntä ajan mittaan kertynyttä turhaa tavaraa.

#### 4.1.8 Loppuvarastointi

Päiden juottamisen jälkeen työntekijä siirtää valmiin tukin loppuvarastoon. Kun sarjan kaikki tukit on valmistettu ja tuotu loppuvarastoon, työntekijä kuittaa sarjan valmiiksi järjestelmään. Nyt tukit ovat kokoonpano-osastojen käytettävissä vapaasti. Kokoonpanijat hakevat valmiit tukit varastosta ja kuljettavat ne omiin työpisteisiinsä kärryillä.

Loppuvarastointiin ei liity selkeästi havaittavia kehityskohteita.

#### 4.2 Piippusolu

Ensimmäisen pienemmän kuparisolun pääasiallinen toimintatarkoitus on valmistaa tukkeihin käytettävät pienet yhdeputket, joita kutsutaan piipuiksi. Piiput valmistetaan NC-koneella, johon käyttäjä ohjelmoi tukkiin tarvittavien piippujen lukumäärän, taivutuskulman ja pituuden. Ohjelman valmistuttua käyttäjä siirtää valmiit piiput tumpitustyöpisteelle.

Piiput valmistetaan leikkaamalla ja taivuttamalla kupariputkesta sopivan mittaisia pätkiä. Kupariputki tuodaan laitokselle noin metrin halkaisijaltaan olevissa keloissa. Kelat asetetaan pyörivään telineeseen, josta ne avautuvat koneeseen. Kelojen nostamiseen käytetään nosturia.

Piippusolussa on myös muita pienien putkien stanssaukseen ja sahaukseen liittyviä työpisteitä. Solussa sijaitsee myös lohkokokoonpanoon vaadittavan imurin koneisto sekä työpöytä. Lohkokokoonpanossa syntyvien väliainekierto-putkien hukkapalat varastoidaan myös piippusolussa suuressa, noin kuution kokoisessa astiassa, josta ne edelleen kuljetetaan kierrätykseen.

#### 4.3 Ilmausputkisolu

Toisen pienemmän kuparisolun sisään on sijoitettu monta erilaista lisätyöpistettä, jotka eivät varsinaisesti kuulu mihinkään tuotantolinjastoon, mutta jotka toimivat tärkeänä osana koko tuotantolaitosta. Näissä työpisteissä valmistetaan ilmausputkia tukeille sekä tukkien verkkoliitännän yhteitä. Työpisteitä ovat sahat ohuille sekä paksuille putkille, pylväsporakone, laipoituskone yhteille sekä putkentaivutus- ja ilmausputkille.

Solun sisällä sijaitsee myös tukkeihin käytettävien paksujen kupariputkien varasto. Raakatuokeiksi nimetyt putket varastoidaan n. 400 mm x 2800 mm suuruisissa puisissa laatikoissa, joita voidaan pinota päällekkäin. Laatikoilla on noin 8 lattipaikkaa, riippuen siitä miten tiheästi ne on sijoiteltu.

## 5 Tukkiolosun kehityskohteet

Tukkiolosussa havaittiin selkeitä kehityskohteita. Myös 5S:n mukaista yksinkertaistamista ja siistimistä on tarpeen suorittaa. Tässä kappaleessa eritellään kehityskohteita ja esitellään niihin sovellettavia parannuksia. Kehityskohteet on eritelty neljään kategoriaan seuraavasti: prosessin epäoptimaaliset liikkeet, ylimääräiset artikkelit ja solun siisteys, materiaalin varastointi sekä paperittoman solun luominen.

### 5.1 Epäoptimaaliset liikkeet

Kaikki ylimääräinen liike ja työntekijän tarpeettomasti kulkema matka ovat työkierron kannalta turhia. Pohjaratkaisulla ja työolosuunnittelulla voidaan vähentää huomattavasti työkierron aikana kuljettavaa matkaa, sekä sijoittaa työpisteet ja työkalut niin, että työntekijän ei tarvitse kulkea niiden välillä epäoptimaalisesti. Turhat liikkeet kasvattavat tukin valmistusaikaa sekä työkierron rasittavuutta työntekijälle. Lyhyemmät liikematkat tehostavat solun tuotantoa ja parantavat työn ergonomiaa.

#### 5.1.1 Raakatukkien haku

Vanhassa layoutissa raakatukkien varasto sijaitsee tukkiolosun ulkopuolella, ilmausputkiolosussa. Uuden raakaputken hakumatka on noin 10 m suuntaansa. Tukit painavat 5 – 15 kg ja niiden pituudet vaihtelevat 2000 – 2800 mm. Tukkiolosun kuljettaminen solusta toiseen vilkkaasti liikennöidyn väylän yli on ylimääräisten rasituksen lisäksi myös turvallisuusriski.

Prosessin tehostamiseksi ja työturvallisuuden parantamiseksi raakatukkiolosun varastointi tulisi siirtää mahdollisimman lähelle stanssauskonetta. Ideaalitulanteessa raakatukit varastoidaan tukkiolosussa, stanssauskonetta vieressä. Tukkiolosun vanhaan layoutiin ei mahdu raakatukkiolosun varastointia, joten poistamalla turhaan lattiapinta-alaa vievää tavaraa, voidaan raakatukkiolosun varasto sijoittaa uudessa layoutissa tukkiolosun sisään.

### 5.1.2 Sahan ja kaulustuskoneen väli

Paras mahdollinen tukin siirtymä sahalta kaulustuskoneelle olisi suoraviivainen ja vaatisi mahdollisimman vähän tukin kääntelyä. Tämän hetkisessä layoutissa tämä ei kuitenkaan toteudu, vaan tukki joudutaan siirtämään sahalta katsottuna kaulustuskoneen kauimmaiselle sivulle, josta se työnnetään takaisinpäin kaulustuskoneen alle ja kiristetään kiinni. Kaulustuskone on työsolun keskellä, jolloin sen lähellä liikkuu myös muita työntekijöitä. Tästä johtuen, tukin turha liikuttelu on ylimääräisen ergonomisen rasituksen ja ajan hukkaamisen lisäksi myös työturvallisuusriski.

Siirto saadaan korjattua porrastamalla sahan ja kaulustuskoneen etäisyys syvyyssuunnassa tai siirtämällä koneita riittävän kauas toisistaan.

### 5.1.3 Juotoskone, päätyjuotoksen teko ja loppuvarastointi

Nykyisessä pohjaratkaisussa on juotoskone ja päätyjuotospiste sijoitettu epäloogisesti toisiinsa nähden. Nykyinen pohjaratkaisu noudattaa muuten tuotteen virtauksen kannalta U-mallia, paitsi juotoskoneen ja päätyjuotospisteen osalta. Työjärjestyksen ollessa: juotos, päätyjuotos ja loppuvarastointi, pitäisi myös laitteiden järjestyksen virtausmallissa olla sama. Tällä hetkellä järjestys on kuitenkin päätyjuotos, juotos, loppuvarastointi. Tämä aiheuttaa täysin tarpeetonta edestakaista liikettä jokaisen valmistettavan tukin kohdalla.

Ongelma saadaan korjattua sijoittamalla U-mallissa päätyjuotospiste juotoskoneen jälkeen, ja loppuvarastointi päätyjuotospisteen jälkeen. Tämä mahdollistetaan lisäämällä vapaata lattiapinta-alaa solussa poistamalla turhat tavarat, minkä jälkeen juotoskonetta voidaan siirtää lähemmäs nykyistä päätyjuotospistettä. Tämän jälkeen päätyjuotospiste voidaan sijoittaa juotoskoneen ja loppuvaraston väliin.



## 5.2 Ylimääräiset artikkelit ja solun siisteys

Epäoptimaalisten liikkeiden lisäksi tukkisolussa on myös toinen selkeästi havaittava kehityskohde: ylimääräiset artikkelit ja solun epäsiisti kunto. Solussa on tällä hetkellä paljon tarpeettomia tavaroita; käyttämättömiä säilytyskaappeja, tasoja sekä työkaluja. Näiden lisäksi solussa on vanhoja käytöstä poistuneita laitteita kuten vanha kaulustuskone sekä hitsauslaitteisto. (Kuva 7.) Kaikki työkierron kannalta tarpeettomat tavarat tulee poistaa solusta. Ne vievät turhaan lattiapinta-alaa sekä tekevät solusta ahtaamman liikkua ja työskennellä. Poistamalla turhat tavarat saadaan vapautettua lisää lattiapinta-alaa, joka taas mahdollistaa työpisteiden uudelleen järjestely.



Kuva 7. Päätjuotospiste. Vihreällä on ympyröity juotosistukka ja kaasujen poistoputki. Kaikki muu kuvassa on tukiin valmistuksen kannalta tarpeetonta.

### Iso varastohyllykkö

Tällä hetkellä tukkisolun sisällä sijaitsee varasto kaariputkille, harvinaisten seinämävahvuuksien kupariputkikeloille sekä satunnaisille tavaroille. Varasto näkyy kuvassa 4, vasemmassa alareunassa. Varastohylly vie paljon tilaa ja on työkierron kannalta tarpeeton, joten jos mahdollista, se tulee sijoittaa tukkisolun ulkopuolelle.

### 5.3 Materiaalin varastointi

Solussa ei ole suurta tarvetta varastoinnille. Käytettävää kulutustavaraa ovat käytännössä vain juotostikut, -renkaat sekä tukkien päätylätkät. Välivarastoja on tumpitusvaiheelle sekä piipuille. Työprosessin kannalta välttämättömät varastot tulee säilyttää. Ne tulee kuitenkin muuttaa tehokkaammiksi, karsimalla ylimääräistä tai hyödyntämällä jo olemassa olevaa varastointikapasiteettia paremmin.

#### 5.3.1 Kulutustavara

Tumpituspöydän takana sijaitseva hyllykkö (kuva 8) soveltuu hyvin kulutustavaran varastointiin. Nykyisellään hyllykkö on kuitenkin epäorganisoitu. Sinne on sijoitettu piiput ja kulutustavara sekaisin eikä hyllypaikkoja ole varattu millekään artikkelille. Hyllykkö tulee siistiä ja sen eri osille tulee nimetä omat säilytyspaikat juotosrenkaille, -tikuille, päätylätkille ja piipuille.



Kuva 8. Tumpitushylly edestä.

Edestäpäin katsottuna hyllyn vasemmasta päädystä voidaan varata  $\frac{1}{4}$  osa hyllyä pippujen ylijäämille ja loput  $\frac{3}{4}$  solun kulutustavaralle. Alimmalle hyllyriville sijoitetaan muovilaatikoihin päätylätkät. Jokaiseen laatikkoon laitetaan vain yhtä kokoa. Lätkät voidaan jakaa suuruusjärjestyksessä vasemmalta oikealle. Täyttäminen tapahtuu edestäpäin.

Toiselle hyllylle voidaan sijoittaa juotosrenkaat. Poistamalla takana oleva seinä (kuva 9) voidaan hyllyä täyttää takaapäin, käytävän puolelta. Kolmannelle hyllylle voidaan sijoittaa juotostikut.

Kun hyllyn takaosa jätetään auki, voivat muista työsoluista tulevat työntekijät, jotka tarvitsevat juotostikkua, ottaa tarvitsemansa tikut hyllyn takapuolelta, tulematta tukkisoluun sisälle.



Kuva 9. Tumpitushylly takaa.

Takana oleva seinä voidaan osittain poistaa, jotta kulutustavaroita täyttävä varastotyöntekijä pystyy suorittamaan tehtävänsä käytävän puolelta. Seinä jätetään piippujen varaston kohdalle.

### 5.3.2 Piiput

Nykyisessä toimintamallissa tukkia varten ajettavia piippuja valmistetaan sarjan vaatima määrä sekä pieni lisävara viallisten piippujen varalta. Piiput voivat vioittua tukkiin asennettaessa, siirrettäessä tai jo valmistettaessa. Sarjasta ylijäävät piiput varastoidaan tumpitustyöpisteen hyllykköön. Varsinaista varastointitarvetta piipuille ei kuitenkaan ole, sillä niitä tulisi valmistaa vain sarjaan käytettävä määrä.



Optimaalisessa tilanteessa ylimääräisiä piippuja ei tarvitsisi varastoida, vaan niitä valmistettaisiin juuri oikea määrä jokaiselle tukille. Käytännössä on kuitenkin tehokkaampaa valmistaa piippuja muutama ylimääräinen sarjaa kohden, jotta vältytään tuotannon pysähtymisiltä piipun asennuksen epäonnistuessa. Piippujen nykyinen varastointi on kuitenkin hyvin epäorganoitua ja epäkäytännöllistä, joten nykyinenkään malli ei ole täysin toimiva.

Kompromissi täytyy tehdä organisoidun solun ja työvaiheen tehokkuuden välillä. Piippuja tulee valmistaa tukkiin käytettävä määrä ja sen lisäksi pieni puskurivara susittuvien piippujen varalta. Ylimääräiset piiput tulee kuitenkin huomioida uusia piippuja ajettaessa, jotta ei turhaan valmisteta liikaa piippuja. Kun samanlaisten tukkien sarja vaihtuu uuteen ja tarvittavat piiput vaihtuvat, voidaan jäljelle jääneet piiput kierrättää kuparikeräykseen. Tavoitteena on, että mahdollisimman pieni määrä piippuja joudutaan lopuksi kierrättämään. Ajan kuluessa työntekijät sekä tuotannonsuunnittelijat voivat havaita keskiarvoisen piippujen vikaantumisprosentin ja vakiinnuttaa valmistettavien piippujen määrät.

Itse tumpitustyövaiheessa piiput varastoidaan pienelle metallityötasolle asetettaviin muovilokeroihin. Lokeroita kootaan kaksi vierekkäin ja kaksi päällekkäin. Yksittäiseen tukkiin tulee enimmillään neljää erilaista piippua, joten neljä lokeroa riittävät erilaisten piippujen säilytykseen.

Renkailla liikkuva piippujen välivarasto on helposti liikuteltavissa. Liikkuvuus on hyödynnettävissä sekä piippujen kuljetuksessa että tumpitustyövaiheessa. Taso varmistaa sen, että työntekijän ei tarvitse kantaa piippuja piippukoneelta tumpitustyöpisteelle. Liikkuva taso kulkee myös tehokkaasti työntekijän vierellä hänen liikkuessaan tukin pituussuunnan mukaisesti tumpitustyövaiheessa.

### 5.3.3 Sahauksen hukkapätkät

Vanhan työskentelytavan mukaan ylijäämäosat välivarastoidaan tukkiolosuhteissa satunnaisille tasoille tai lattialle (kuva 10). Tapa on epäorganoitu ja sotkuinen. Ylijäämäosan siirtoon ilmausputkisoluun ei myöskään ole käytössä mitään kuljetuskärryä.

Tämä menetelmä tulee johdonmukaistaa. Jatkossa sahan vieressä on sille osoitettu pyörillä liikkuva terästaso, jolle hukkapätkät asetetaan sahauksen jälkeen. Kun taso on täytynyt tai sahattava putkityyppi vaihtuu, kuljetetaan pätkät omalle varastopaikalleen ja

taso tuodaan takaisin. Siirtymällä tähän menettelytapaan solu saadaan pidettyä siistimpänä ja työkierto yksinkertaistuu.



Kuva 10. Saha. Hukkapätkät varastoituna sahanpurun keruuastiaan.

#### 5.3.4 Tumpituksen tulo- ja lähtöpuskurivarasto

Solun työkirossa pyritään säilyttämään yhden kappaleen virtauksen rikkomattomuus. Sitä ei kuitenkaan kannata tehdä niin, että tuotanto hidastuu pullonkaulan takia. Luomalla hitaan työvaiheen edelle ja jälkeen puskurivarastot, voidaan ylläpitää näennäistä yhden kappaleen virtausta. Tukkiolosuissa puskurivarastoja vaativa pitkä työvaihe on piippujen kiinnitys. Seuraamalla puskurivarastojen kokoa, työntekijä voi suunnitella työn kiireellisyyttä tumpitustyövaiheelle.

Nykyisessä varastointikäytännössä raakaputket, stanssatut, sahatut tai kaulustetut putket sijoitetaan solun sisäänkäynnin viereiselle reunustalle nojaamaan pystyyn reunaa vasten. Tämän kaltainen varastointi on epäkäytännöllistä, sillä tukkeja joudutaan kääntelemään pystyyn. Nojaava varastointitapa on myös epäsiistin näköistä. Valmiiden tumpitettujen putkien varastointi tapahtuu suureen pyörillä liikkuvaan vihreärunkoiseen hyllykköön.

Siirtämällä myös tulopuskurivarasto vihreärunkoiseen hyllykköön luodaan vapaata lattia-pinta-alaa ja siistitään solun ilmettä. Myös ylimääräinen tukin pystysuuntaan kääntely poistuu. Hyllyn rivit jaetaan samassa työvaiheessa oleville tukeille, jotta tulo- ja lähtöva-rastojen tukit eivät mene sekaisin. Hyllyyn voidaan varastoida vain tumpitusta odottavia tukkeja tai jo valmiiksi tumpitettuja. Pakkotilanteessa hyllyn alatasolle voidaan myös vä-liaikaisesti sijoittaa muun työvaiheen tukkeja, mutta se ei saa olla itse tarkoitus, ja tätä tulee välttää.

#### 5.4 Paperiton solu

Tukkisolussa on työntekijöillä käytössään tietokone, jotta he pystyvät seuraamaan tuo-tantolistojen kehitystä reaaliajassa. Myös stanssaus koneen käyttö vaatii tietokoneen ja internetyhteyden. Välttämättömän tietokonepääteen olemassaolo voidaan hyödyntää myös muilla tavoin.

Tällä hetkellä solussa on pieni, seinällä rajattu avotoimisto, joka vie paljon tilaa, eikä käytännössä tarjoa mitään työkierrolle välttämätöntä etua. Se rajoittaa näkyvyyttä työ-pisteelle, ja sen seinille on varastoitu esimerkiksi työohjekansioita, ilmoituksia ja työkort-tien sekä piirustusten teline. Edellä mainituista vain työkorttien on tarpeen olla fyysisessä paperimuodossa. Muut on mahdollista tallentaa sähköisessä muodossa kokonaisuudes-saan kovalevylle, johon on lukuoikeus tukkisolun päätteestä käsin.

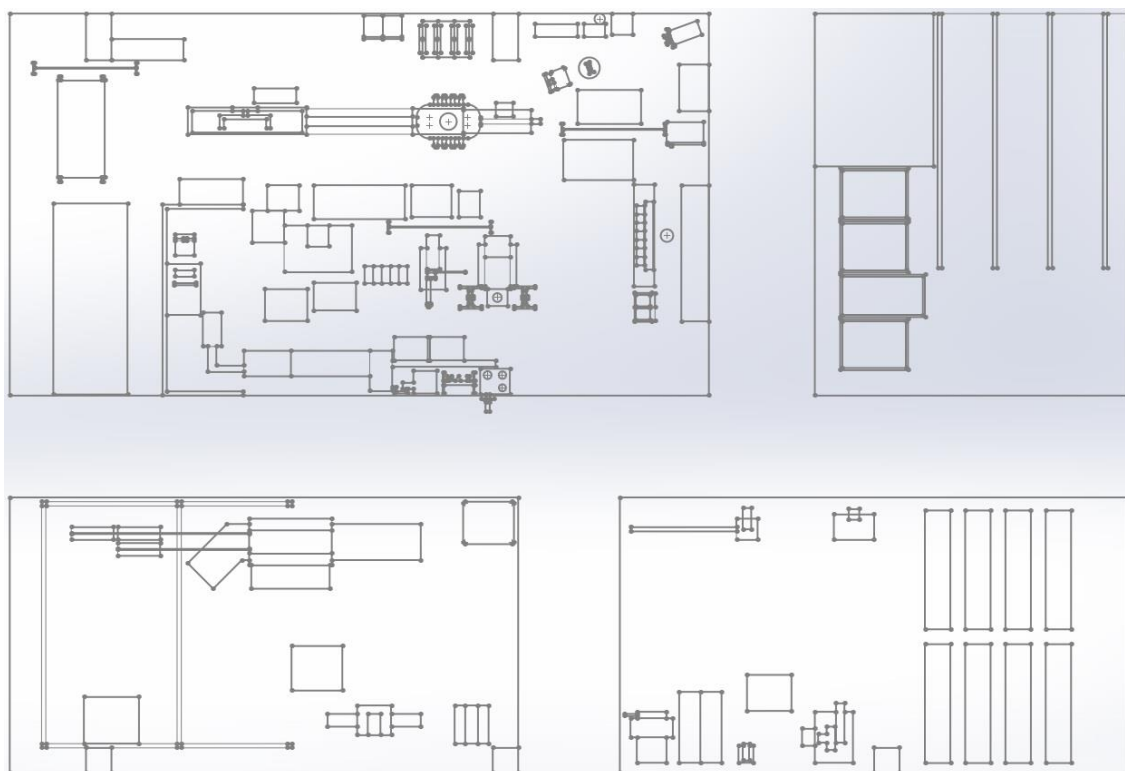
Näkösuoja poistetaan käytöstä, jolloin suojan seinillä säilytetyille materiaalille tulee etsiä uusi säilytyspaikka. On helpompi muuttaa kirjallinen materiaali sähköiseen muotoon, kuin luoda niille uusi säilytyspaikka työsolussa. Lähes paperiton työskentely-ympäristö on tulevaisuuden näkökulmasta mielenkiintoinen kokeilu. Kokeilu mahdollistaa tärkeän tutkimustiedon keräämisen mahdollisia tulevia paperin vähennys kehitysprojekteja var-ten.

## 6 Uuden layoutin suunnittelu

### 6.1 Suunnittelun lähtökohdat

Uutta pohjaratkaisua suunniteltaessa tuli ottaa huomioon erilaisia suunnitteluun vaikuttavia tekijöitä kuten: tilan rajoitteet, työkoneiden mitat, työkierron järjestys sekä solujen toimintatarkoitukset.

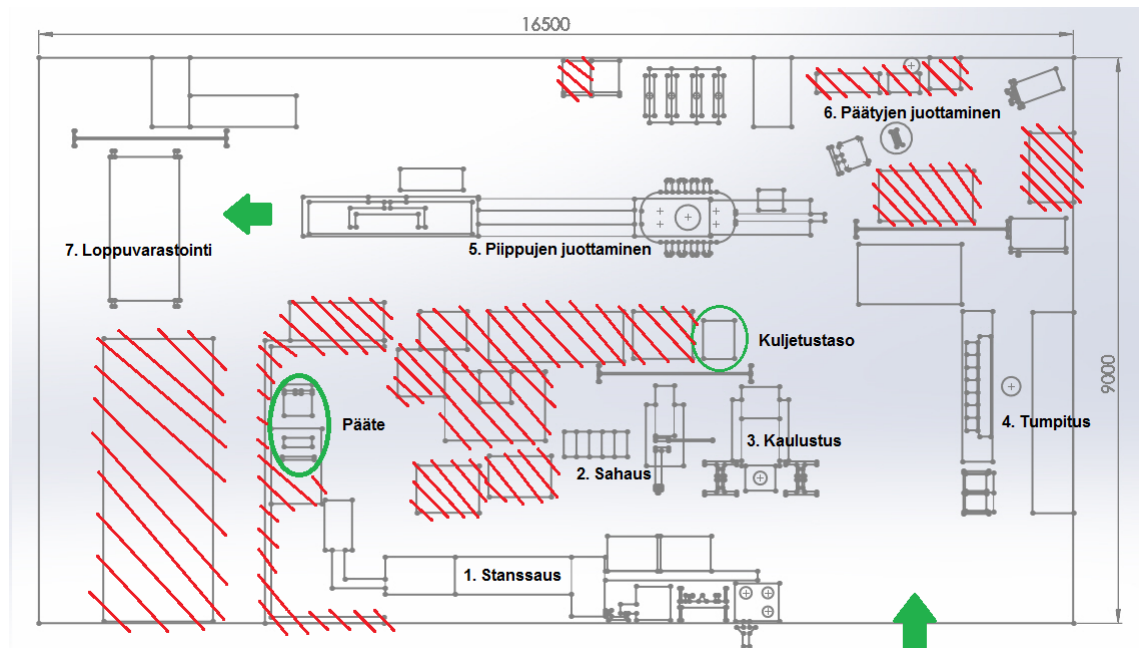
Koko tukkisolukon koko on noin 27 m x 18 m, sisältäen kaksi pientä kuparisolua á 12 m x 6,5 m, ison kuparisolun eli tukkisolun á 16,5 m x 9 m ja kuvassa 11 oikealla ylhäällä näkyvän alueen vasemman reunan hyllykön ja roskalavat. Suunniteltavat muutokset oli pyrittävä pitämään tämän suuralueen sisäpuolella.



Kuva 11. Kuparisolukko. Ylhäällä vasemmalla tukkisolun koneet, ylhäällä oikealla kuparikelähylykkö ja roskalavat, alhaalla vasemmalla piippusolu ja alhaalla oikealla ilmausputkisolu.

Työkoneiden dimensiot, varsinkin tukkisolun koneiden, on tärkeää mitata ja mallintaa riittäväällä tarkkuudella, että varsinaisessa asennusvaiheessa voidaan luottaa tehtyihin CAD-malleihin. Mittaukset suoritettiin 3 m sekä 20 m rullamitoilla,  $\pm 50$  mm virhemarginaalilla. Mittaustarkkuus on riittävä tilojen ja sovitettavien työpisteiden kokoon nähden.

Tukkisolun työkiertoon sisältyy kahdeksan eri työvaihetta järjestyksessä: raakatukkien haku, stanssaus, sahaus, kaulustaminen, piippujen kiinnitys, piippujen juottaminen, päätyjen juottaminen ja loppuvarastointi. Uutta pohjaratkaisua suunniteltaessa oli pyrittävä minimoimaan valmistettavan tuotteen liikuttava matka. Vanhassa pohjassa räikeimmät matkaa lisäävät tekijät olivat raakatukkien pitkä hakumatka, sekä juotospisteiden epälooginen sijoittelu. Solussa oli myös paljon työkierron kannalta täysin tarpeettomia esineitä, joiden poistaminen lisäsi vapaata lattia pinta-alaa ja mahdollisti työpisteiden vapaamman siirtelyn (kuva 12).



Kuva 12. Tukkisolun nykyinen layout. Punaisella rasterilla merkityt kohteet ovat työkierron kannalta tarpeettomat. Työvaiheet on numeroitu työkierron mukaisessa järjestyksessä. Vihreät nuolet osoittavat tavarankulun ja poistumisen solusta.

Tuotantolaitoksen filosofian mukaan kaikki laitoksen kuparituotantoon liittyvä tavaran varastointi on keskitetty kuparisolujen yhteyteen. Tämä koskee piippuja, kaaria, päätylätkiä ja juotostikkuja. Tässä tavoitteessa on mahdollista pysyä. Tukkisoluun luotiin lisää tilaa siirtämällä sen sisällä sijaitseva korkea varastohyllykkö kuparikierrätyslavojen paikalle. Tämä, sekä muiden tarpeettomien tarvikkeiden poisto tukkisolusta mahdollisti raakatukkien varastoinnin itse tukkisolun sisälle. Vanhalle raakatukkien varastointipaikalle voitiin nyt sijoittaa kuparikierrätyslavat. Näin toimimalla säilytettiin kuparisolujen toimintatavoite samalla sujuvoittaen varsinaista tukkien tuotantoa.

## 6.2 Ideaalit tuotteen liikkuminen tukkisolussa

Uusi pohjaratkaisu oli suunniteltava mahdollisimman sujuvaksi, tavoitteena minimoida tukin kulkema fyysinen matka työkierron aikana. Laskennallisesti tehokkain tapa järjestää pohjaratkaisu uusiksi oli sijoittaa työpisteet niin, että valmistettava kappale kulkee mahdollisimman lyhyen matkan eri työvaiheiden välillä. Suunnittelussa täytyi huomioida myös liikuteltavan tukin tarvitsema tila, joten työpisteitä ei voi sijoittaa liian ahtaasti. Myös työntekijän tarvitsema tila liikkeessä ja työvaiheiden aikana oli huomioitava.

Työntekijä kantaa ja liikuttaa työstettävää tukkia koko työprosessin läpi. Työturvallisuuden ja -ergonomian kannalta on tärkeää, että tukkia ei jouduta kääntämään tai pyörittämään tarpeettomasti eri työvaiheiden välillä. Ideaalitulanteessa tukki, sekä työntekijä liikkuisivat mahdollisimman vähän. Työpisteiden sijoittelu on siis suunniteltava niin, että tukin lopullinen liikerata on mahdollisimman suoraviivainen ja yksinkertainen.

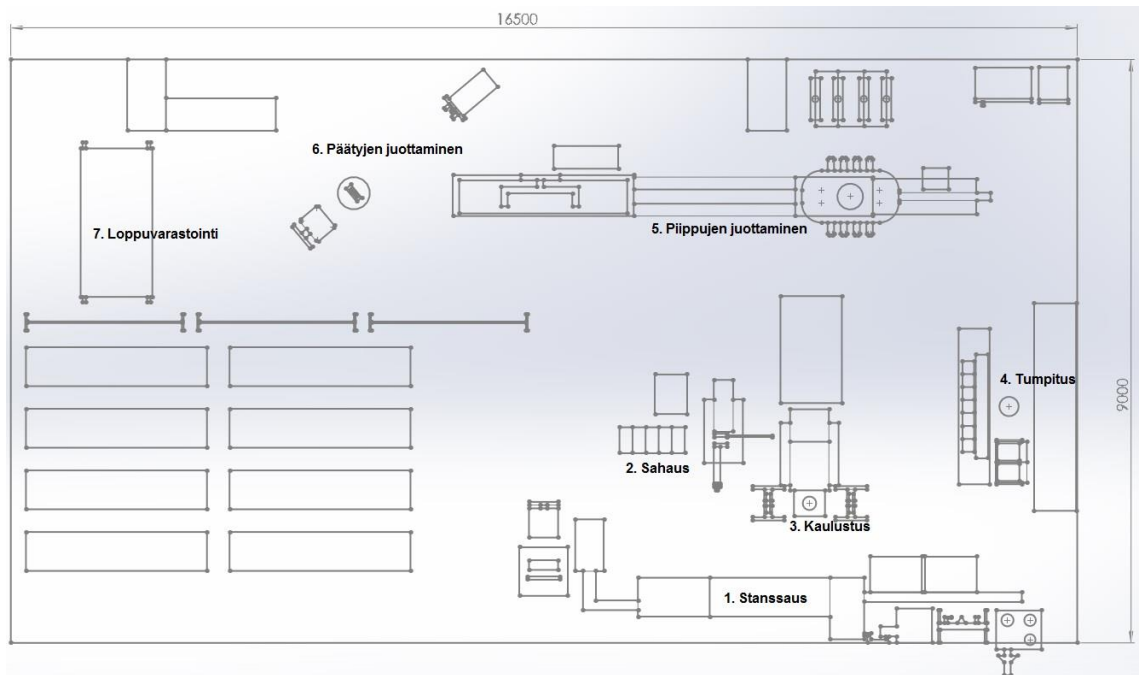
## 6.3 Uusi layout

Uuden layoutin suunnittelussa pyrittiin ratkaisemaan vanhan pohjaratkaisun ongelmat, luomatta tilalle uusia työntekoa haittaavia tekijöitä. Pitämällä kiinni suunnittelufilosofiasta, joka painottaa yksinkertaisuutta ja siisteyttä, voidaan välttää suurimmat sudenkuopat.

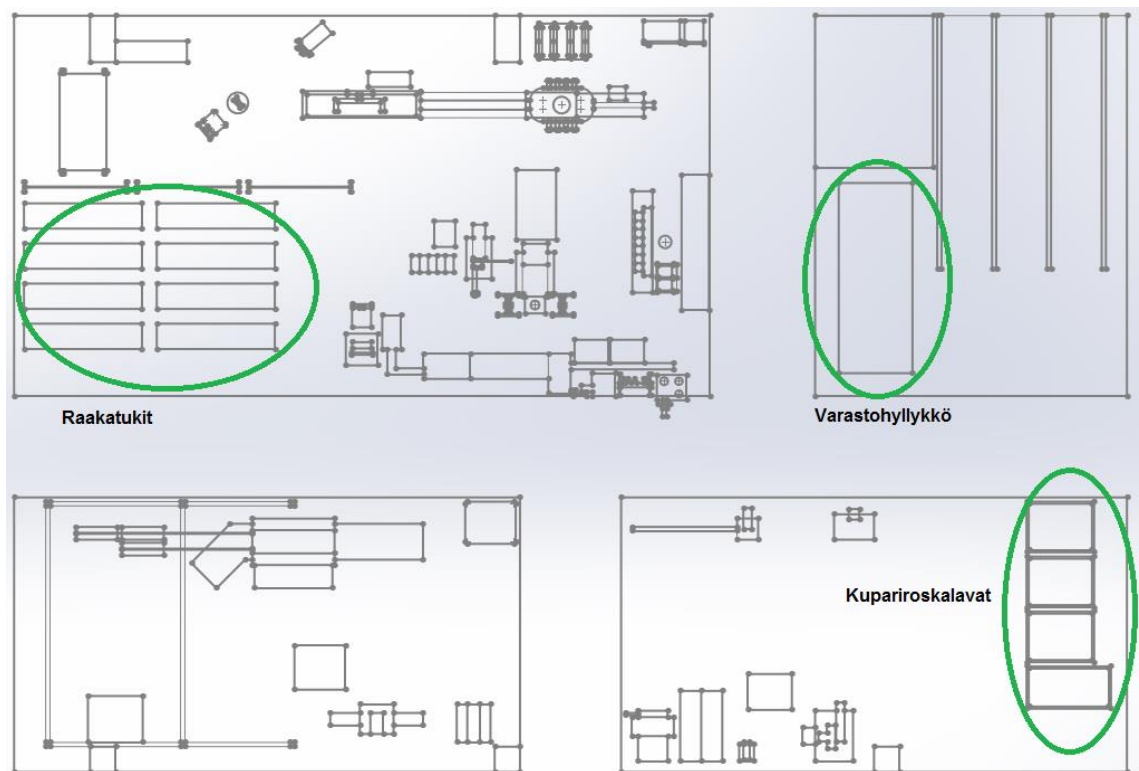
Vanhan layoutin suurimmat kehityskohteet olivat työkierron aikaiset turhat liikkeet sekä kaikki tukin valmistuksen kannalta turhat tavarat, jotka varasivat tukkisolun lattiapinta-alaa. Kappaleissa 5.1 ja 5.2 aiemmin mainitut kehityskohteet havaittiin sellaisiksi, että ne voitiin vaivattomasti ratkaista solun pohjaratkaisua muuttamalla. Ne olivat myös ongelmat, jotka käynnistivät ja motivoivat tämän kehitysprojektin aloittamisen.

Kuvassa 13 on mallinnettuna tukkisolun uusi layout, jonka suunnittelussa on otettu huomioon yllä mainitut ongelmakohdat. Kuvassa 14 on uuden mallin mukainen kuparisolukko, johon on merkitty raakatukkien säilytyspaikan siirron aiheuttaman muutokset varastohyllykön ja kupariskalavojen sijoituksessa.





Kuva 13. Tukkiisolun uusi layout. Työvaiheet nimetty työkierron mukaisessa järjestyksessä.



Kuva 14. Koko kupariisolukko uudella tukkiisolun layoutilla. Varastohyllykkö, kupariroskalavat ja raakatukit ovat vaihtaneet paikkaa keskenään.

## 6.4 Ylimääräisten tavaroiden poistamien

Kappaleessa 5.2 mainitut ongelmakohdat ratkaistiin yksinkertaisesti niin, että työkierron kannalta turhat esineet poistettiin uudesta pohjaratkaisusta. Lähes kaikki kuvassa 12 rasteroidut kohteet olivat turhia myös koko laitoksen tuotannon kannalta. Poikkeuksina iso varastohyllykkö, sekä työtaso, jota käytetään vesisuihkutusjärjestelmien valmistamiseen. Työtaso on verrattain pienikokoinen, joten se voidaan sijoittaa lähes mihin tahansa kahteen pienemmistä kuparisoluista. Varastohyllykkö voidaan sijoittaa kuparikelasoluun, kupariroskalavojen entiselle paikalle. Hyllykön ensisijainen käyttötarkoitus kuparisolukon kannalta on ilmalämmönvaihtimien päätykaaritusten varastointi, joten on tärkeää, ettei se siirry pois yleisen tukkisolukon alueelta.

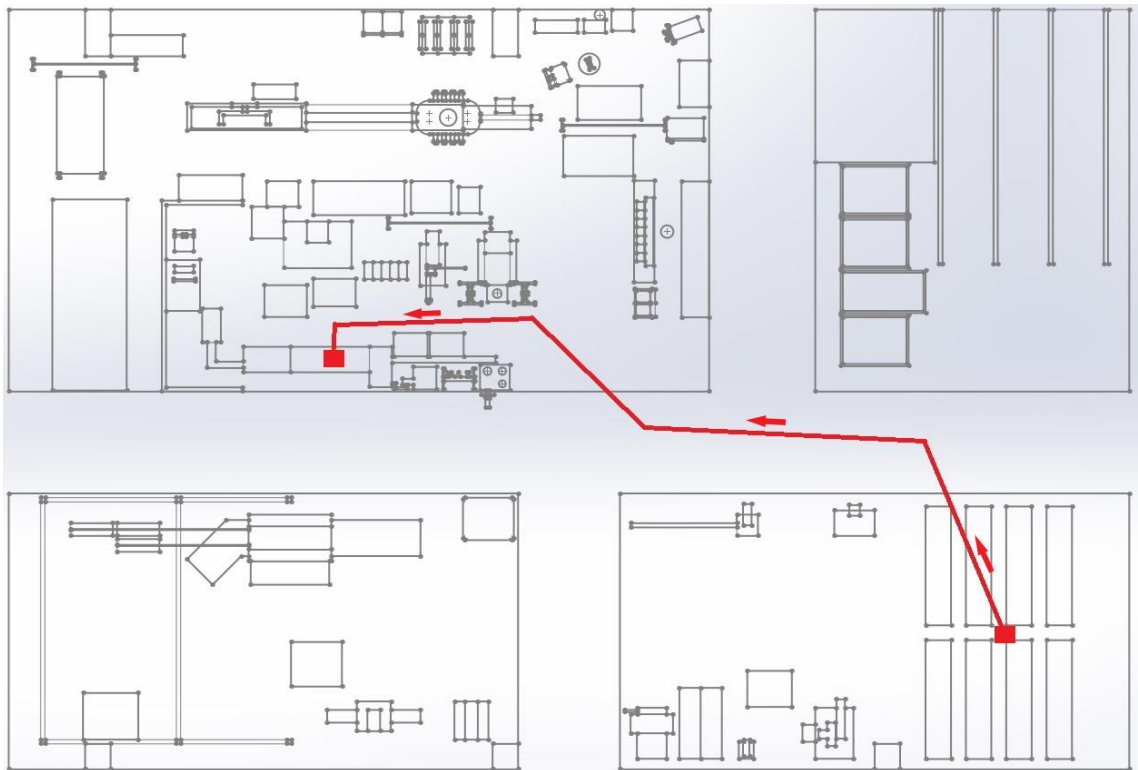
## 6.5 Liikeratojen yksinkertaistaminen

Kappaleessa 5.1 mainitut kehityskohteet oli otettava huomioon työpisteiden sijoittelun suunnittelussa. Kehitettävää oli havaittu raakatukkien hakumatkassa, sahan ja kaulustuskoneen välisessä liikkeessä sekä juotoskoneen ja päätyjuotospaikan keskinäisessä sijoittelussa. Tumpitustyövaiheen kehittäminen ei itsessään liity layoutin uudistamiseen, vaan sitä käsiteltiin erikseen kappaleessa 5.1.4.

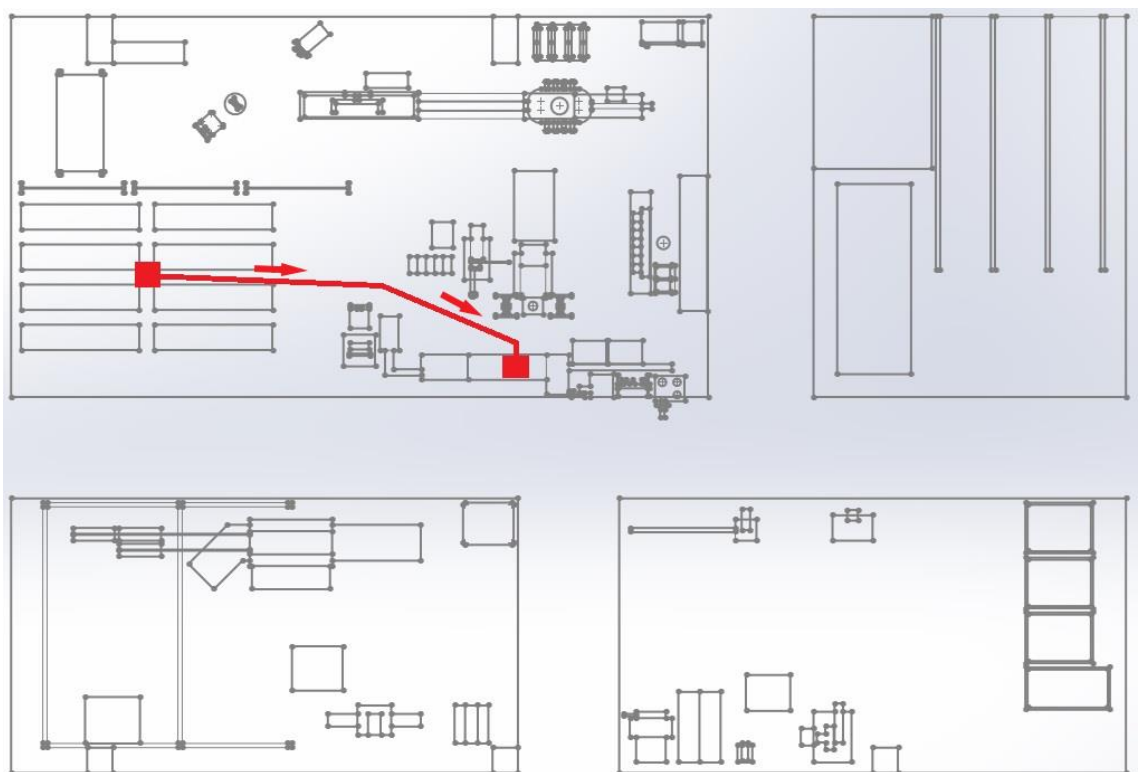
### 6.5.1 Raakatukkien haku

Ensimmäinen ongelma-kohta oli raakatukkien hakeminen ilmausputkisolusta. Raskasta tukkia joudutaan kuljettamaan pitkä matka, ja osa matkasta tapahtuu keskeisellä liikennöidyllä väylällä, jossa kulkee trukkiliikennettä sekä muita työntekijöitä. Tämän väylän ylitys oli työturvallisuusriski, joka voitiin poistaa sijoittamalla raakatukkien säilytys suoraan tukkisoluuun. Säilyttämällä raakatukit tukkisolussa lisättiin työturvallisuutta sekä työergonomiaa poistamalla tukkien turhaa kuljettamista (kuvat 15 ja 16).





Kuva 15. Raakatukkien hakumatka varastosta stanssaus koneelle vanhalla layoutilla.

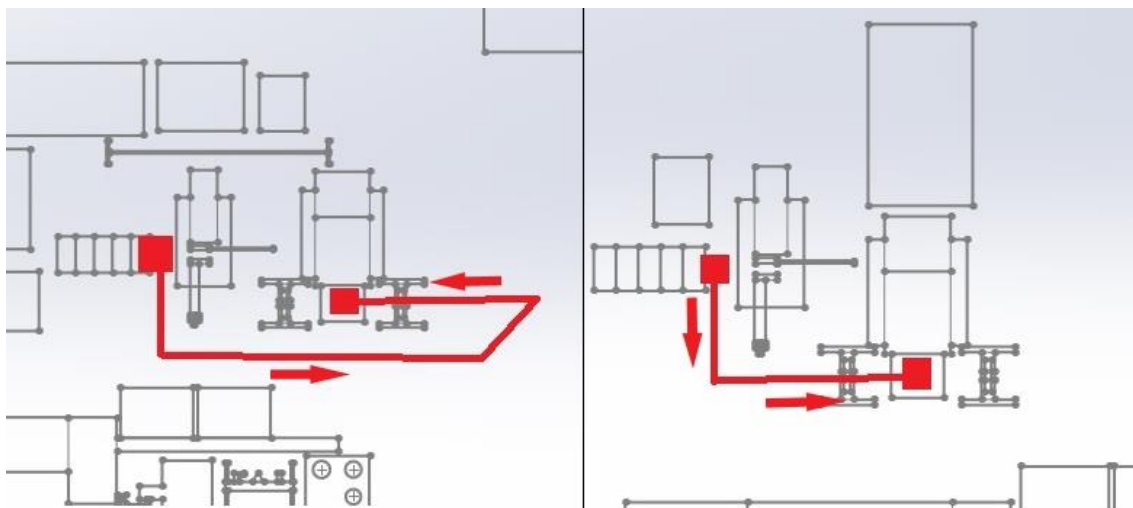


Kuva 16. Raakatukkien hakumatka varastosta stanssaus koneelle uudella layoutilla.

### 6.5.2 Sahan ja kaulustuskoneen väli

Toisena ongelmakohtana havaittiin sahan ja kaulustuskoneen välinen liike. Huomattiin, että työvaiheiden välissä työntekijä joutuu kuljettamaan tukin sahalta katsottuna kaulustuskoneen toiselle puolelle, josta se vasta saadaan asetettua kaulustuskoneeseen kiinni. Syy miksi tukkia ei voitu suoraan siirtää sahasta kaulustuskoneeseen oli se, että sahan kiristysvarsi oli tukin tiellä.

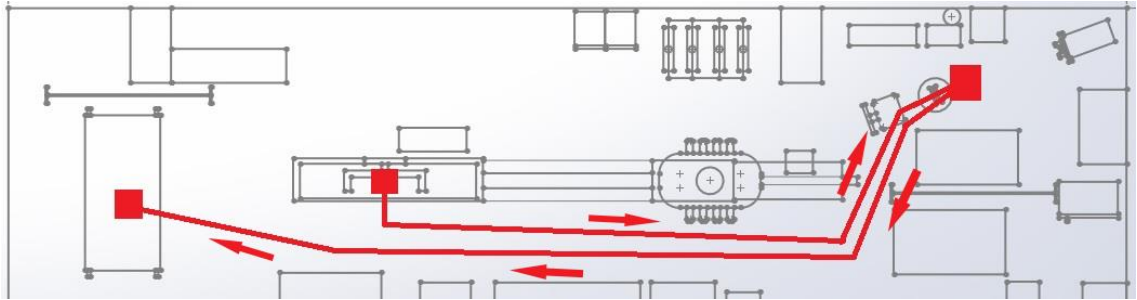
Ongelma olisi voitu ratkaista kasvattamalla sahan ja kaulustuskoneen välistä etäisyyttä niin paljon, että tukki mahtuisi kaulustuskoneeseen suoraan edestäpäin. Yksinkertaisempi ratkaisu oli porrastaa sahaa taaksepäin kaulustuskoneeseen nähden. Näin työntekijän tarvitsisi siirtää tukkia vain hieman taaksepäin, minkä jälkeen se mahtuisi suoraan kaulustuskoneeseen. (Kuva 17.)



Kuva 17. Tukin liikerata sahalta kaulustuskoneeseen. Vasemmalla vanha, oikealla uusi layout.

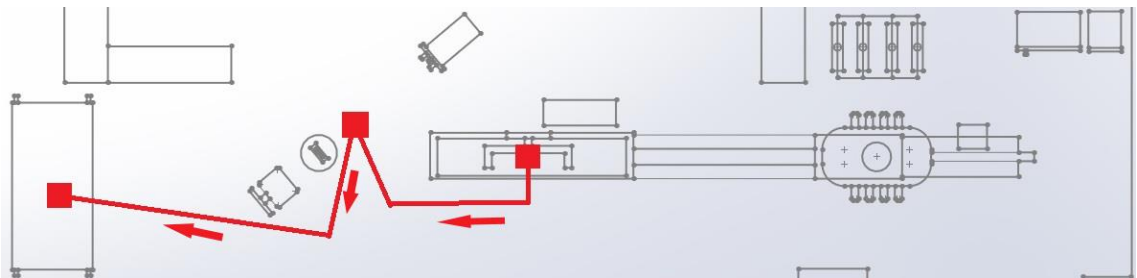
### 6.5.3 Juotoskone, päätyjuotoksen teko ja loppuvarastointi

Kolmantena ja räikeimpänä ongelmakohtana oli tukkien liike juotoskoneelta päätyjuotospisteelle, josta taas eteenpäin loppuvarastoon. Työpisteiden sijoittelusta johtuen, työntekijä joutui kuljettamaan juotetun tukin pois päin lopullisesta sijoituskohteesta päätyjuotospisteelle. Kun päätyjuotos oli tehty, jouduttiin tukki kuljettamaan uudestaan saman liikkeen suuntaisesti kuin se oli jo aikaisemmin liikkunut piippujen juotostyövaiheessa. (Kuva 18.)



Kuva 18. Liikerata vanhalla layoutilla.

Sijoittamalla juotoskone, päätyjuotospaikka ja loppuvarasto peräkkäin työvaiheiden mukaisessa järjestyksessä, poistettiin täysin turha liike tukin työkierrossa (kuva 19).



Kuva 19. Liikerata uudella layoutilla.

## 7 Tulosten vertailu

Layout-muutoksen toteuttaminen käytännössä aiheuttaa kustannuksia. Tuotanto joudutaan pysäyttämään ja työkoneiden siirtäminen ja johtojen vetäminen vaativat työpanosta usealta asentajalta. On tärkeää analysoida, että suunnitellut muutokset todella tehostavat tuotantoa ja työskentelyä työsolussa tarpeeksi, jotta muutoksia on järkevää aloittaa tekemään.

Uutta ja vanhaa pohjaratkaisua voidaan verrata toisiinsa eri tavoin. Voidaan tarkkailla esimerkiksi työkierron pituutta ajallisesti tai työstettävän kappaleen kulkemaa matkaa työkierron aikana. Työkierrossa kuluva aika jakautuu niin, että noin 90 % käytetään eri työvaiheisiin ja noin 10 % itse tukin liikutteluun työvaiheiden välillä. Tämän insinööriyön keskeisenä tavoitteena on ollut layoutin muuttaminen, joten saavutettujen hyötyjen tarkastelu tulee tehdä liikematkojen kautta. Kun selvitetään kappaleen liikkumat matkat sekä keskimääräiset liikenopeudet tukkia liikutettaessa, voidaan laskea saavutetut edut sekä matkassa, että ajassa mitattuna.

### 7.1 Tukin liikkuma matka työkierron aikana

Tukin liike työkierron aikana voidaan mallintaa pohjaratkaisuun. Yksinkertaistetussa mallissa piirretään viiva tukin liikkeen mukaisesti työpisteestä seuraavaan mahdollisimman suoraviivaisesti. Piirroksen päälle mallinnetaan ruudukko, jonka neliöiden sivujen pituus on 1 m. Kun layout on mallinnettu oikeassa mittakaavassa, voidaan piirrettyjen siirtymien pituudet laskea helposti ruudukon avulla.

Lopputuloksena on kuva, josta tukin liikkuma matka on helppo arvioida riittävällä tarkkuudella nopeasti. Kuvan perusteella voidaan koota taulukko, jossa on nimettynä jokainen liikkuma eri työvaiheiden välillä ja näiden liikkumien pituus. Kun jokaisen liikevälin pituus on laskettu, voidaan liikuttu kokonaismatka laskea yhteen. Kun kokonaismatkat lasketaan sekä vanhalle että uudelle layoutille, voidaan suoraan verrata layoutien eroavaisuuksia liikematkojen ja työnteon raskauden suhteen. Liikkeet mallinnetaan suoriksi viivoiksi, joiden pituus lasketaan Pythagoraan kaavan mukaan. Matkat lasketaan 0,1 m:n tarkkuudella.

### 7.1.1 Tukin liike vanhalla layoutilla

Kuvassa 20 on tukin liikerata ja taulukossa 1 on laskettujen liikeratojen pituudet.



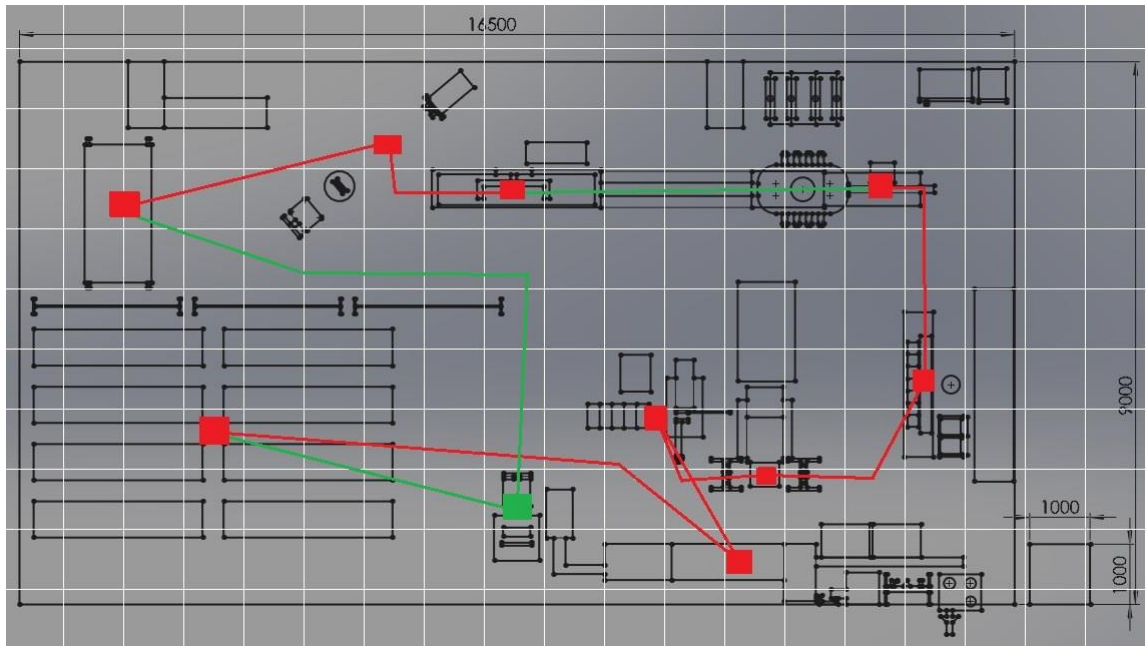
Kuva 20. Tukin liikkuma matka vanhalla layoutilla. Punaisella viivalla on merkitty työntekijän liikkuttava matka. Punaisilla neliöillä on merkitty eri työvaiheet. Vihreällä viivalla on merkitty tukin liike juotoskoneen läpi sekä työntekijän liike ilman tukkia. Liikerata on piirretty tukin keskipisteen kohdalta.

Taulukko 1. Tukin liikerata vanhalla layoutilla

Liikeväli	Liikuttu matka [m]
Pääte - Raakatukit	$(1,4+1+7,5+3,2+6+4,5) = 23,6$
Raakatukit - Stanssaus	$(4,5+6+2,3+5,5+1) = 19,3$
Stanssaus – Sahaus	<b>2,3</b>
Sahaus – Kaulustus	$(1,4+3+0,5+2) = 6,9$
Kaulustus – Tumpitus	$(3,1+2,4) = 5,5$
Tumpitus – Juotoskone	$(2,4+1,6) = 4$
Juotoskone – Päätyjuotos	$(0,5+7+2,1+1,8) = 11,4$
Päätyjuotos - Loppuvarastointi	$(11,4+1+2,4) = 14,8$
Loppuvarastointi - Pääte	$(1,8+2+1+1) = 5,8$
<b>Yhteensä</b>	<b>93,6</b>

### 7.1.2 Tukin liike uudella layoutilla

Kuvassa 21 on tukin liikerata ja taulukossa 2 on laskettujen liikeratojen pituudet.



Kuva 21. Tukin liikkuma matka uudella layoutilla. Punaisella viivalla on merkitty työntekijän liikuttava matka. Punaisilla neliöillä on merkitty eri työvaiheet. Vihreällä viivalla on merkitty tukin liike juotoskoneen läpi sekä työntekijän liike ilman tukkia. Liikerata on piirretty tukin keskipisteen kohdalta.

Taulukko 2. Tukin liikerata uudella layoutilla

Liikeväli	Liikuttu matka [m]
Pääte - Raakatukit	<b>5,1</b>
Raakatukit - Stanssaus	$(7+2,5) = 9,5$
Stanssaus – Sahaus	<b>2,7</b>
Sahaus – Kaulustus	$(1+1) = 2$
Kaulustus – Tumpitus	$(2+1,8) = 3,8$
Tumpitus – Juotoskone	$(3+0,5) = 3,5$
Juotoskone – Päätyjuotos	$(2+0,5) = 2,5$
Päätyjuotos - Loppuvarastointi	<b>4,6</b>
Loppuvarastointi - Pääte	$(3,1+3,5+4) = 10,6$
<b>Yhteensä</b>	<b>44,3</b>

### 7.1.3 Vertailu

Kun liikeratoja uudessa ja vanhassa layoutissa vertaillaan, voidaan jo silmämääräisesti nähdä selkeä ero. Kun liikuttu matkat on laskettu ja niitä vertaillaan toisiinsa, voidaan tarkkailla, miten muutokset vaikuttavat liikeratojen pituuksiin eri väleillä (taulukko 3).

Taulukko 3. Liikeratojen pituuksien vertailu

Layout	Vanha	Uusi	
Liikeväli	Liikuttu matka [m]	Liikuttu matka [m]	Erotus [m]
Pääte - Raakatukit	23,6	5,1	18,5
Raakatukit - Stanssaus	19,3	9,5	9,8
Stanssaus – Sahaus	2,3	2,7	-0,4
Sahaus – Kaulustus	6,9	2	4,9
Kaulustus – Tumpitus	5,5	3,8	1,7
Tumpitus – Juotoskone	4	3,5	0,5
Juotoskone – Päätyjuotos	11,4	2,5	8,9
Päätyjuotos - Loppuvarastointi	14,8	4,6	10,2
Loppuvarastointi - Pääte	5,8	10,6	-4,8
<b>Yhteensä</b>	<b>93,6</b>	<b>44,3</b>	<b>49,3</b>

Vertailemalla työntekijän liikuttavia matkoja vanhalla sekä uudella layoutilla, voidaan havaita, että parantamalla layoutia liikematkoja voidaan vähentää lähes 50 m jokaista valmistettavaa tukkia kohti. Tämä on yli 50 %:n vähennys. Todellinen vähennys on hieman pienempi, sillä jokaista tukkia kohden ei tarvitse käydä päätteellä, vaan ainoastaan jokaista sarjaa kohden työn aloittaakseen ja päättääkseen. Voidaan myös huomata, että lähes jokaisen työpisteen osalta saadaan pieniä lyhennyksiä liikematkoihin. Suurimmat lyhennykset saadaan kuitenkin etukäteen havaituista räikeistä ongelmakohdista kuten raakatukkien haku ja päätyjuotos-loppuvarasto-juotoskone-liikkeistä.

## 7.2 Työkierron kesto ajallisesti

Työkierron nopeuttamisen rahallista hyötyä on vaikea arvioida, jos lyhennys tiedetään vain matkallisesti. On siis tarpeen laskea lyhennetyn matkan vaikutus työkierron liikkeisiin käytettävään aikaan. Työntekijöiden liikenopeudeksi voidaan arvioida tavallinen kävelynopeus: 5 km/h (1,4 m/s) [3]. Ratkaistaan kaavasta  $s = v \cdot t$ ,  $t$  ja sijoitetaan arvot.

$$s = v \cdot t$$

$$t = \frac{s}{v}$$

$$t = \frac{s}{v} = \frac{49,3 \text{ m}}{1,4 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 35,2 \text{ s}$$

Havaitaan, että jokaista tukkia kohden voidaan vähentää työkierron kestoja jopa 35 s, pelkästään työntekijän liikkumia matkoja lyhentämällä. Saavutettava etu on sitä suurempi, mitä hitaammin työntekijät siirtyvät työvaiheiden välillä.



## 8 Loppupäätelmät

Tämän insinööriyön tavoitteena oli parannella kohdeyrityksen yksittäisen tuotantosolun pohjaratkaisua hyödyntämällä lean-ajattelua. Uuden pohjaratkaisun tavoitteena oli lyhentää valmistettavan tukin läpimenoaikaa, parantaa työkierron ergonomiaa, sekä vahvistaa solukon ja koko tehtaan lean-toimintaa.

Tavoitteisiin päästään uudistamalla layout. Tämä on perusteltavissa liikeratojen pituuksien vertailulla (taulukko 3). Lyhyemmät liikuttelut työstettävälle tukille työvaiheiden välissä vähentävät työn fyysistä rasittavuutta työntekijälle, tekevät työkierrosta turvallisemman sekä vähentävät työkiertoon käytettävää aikaa. Tukkiolosun muutokset mahdollistava turhien tavaroiden poistaminen voidaan suorittaa liitteiden 1 ja 2 avulla.

Parantuvan tehokkuuden ja turvallisuuden lisäksi solun siisteys ja yleinen ilme kehittyvät huomattavasti ylimääräisten esineiden poistamisella. Yksinkertaisesti karsimalla turhat artikkelit tukkiolosusta, ja siistimällä solun yleisilmettä, saadaan myös helpotettua liikkuamista ja parannettua työn viihtyvyyttä. Todella suoraviivaisilla 5S-toimenpiteillä on välitön vaikutus solun tehokkuuteen. Jos muutokset otetaan käyttöön, voidaan tukkiolosun kehitysprojektiin viitata, kun halutaan perustella tarvetta lean-uudistuksille jatkossa. Oikein toteuttamalla tuotannon kehittäminen parantaa niin työntekijän kuin esimiestenkin työhyvinvointia.

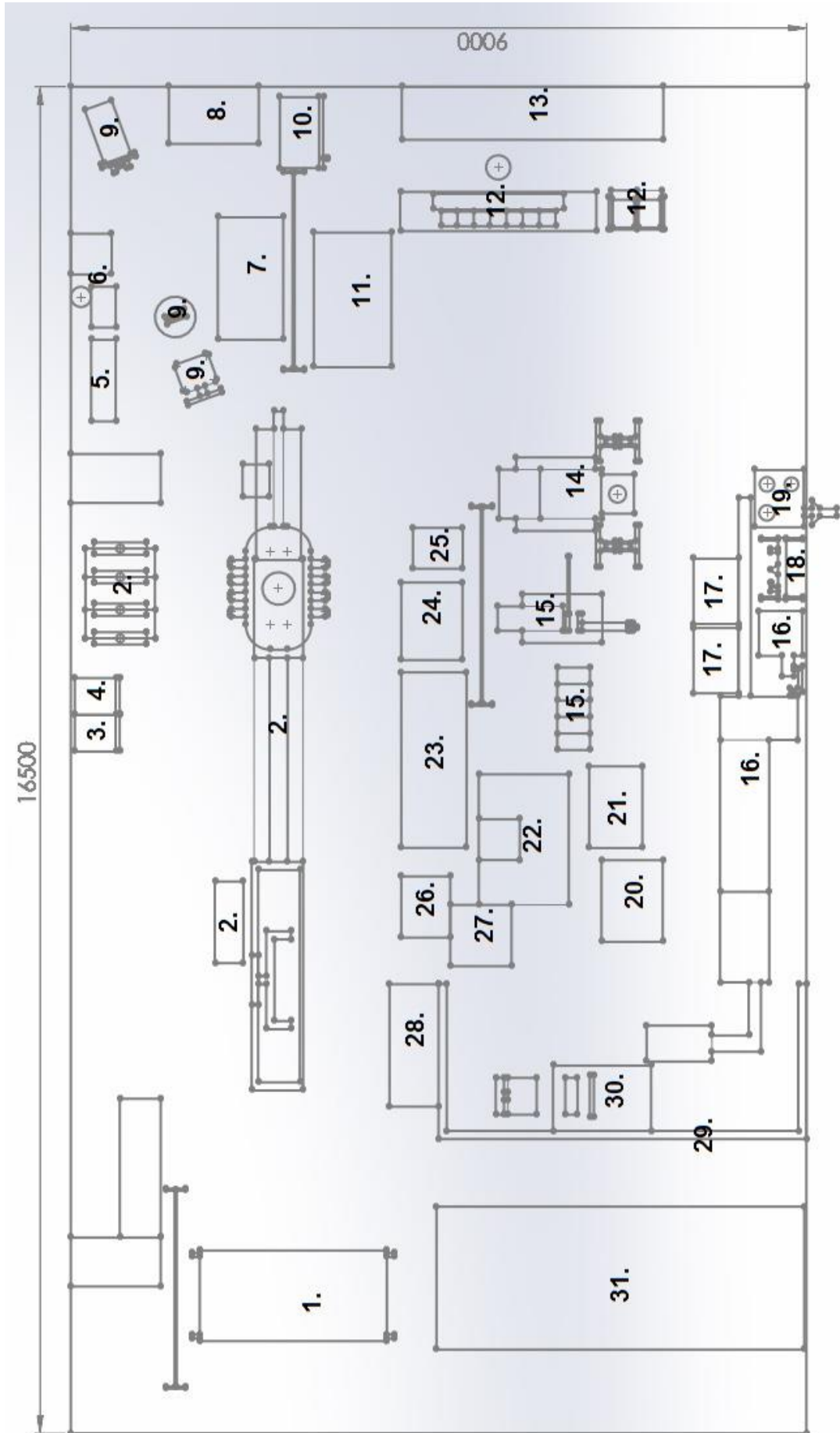
Vaikka tukkiolu pystyy valmistamaan riittävän määrän tukkeja nykyhetkelläkin, on silti huomioitava, että tulevaisuudessa voi olla tarvetta tuotannon tehostamiselle. On hyvä tehdä nykytilanteessa mahdolliset ja kustannustehokkaat parannukset jo valmiiksi, ennen kuin tulee varsinainen tarve tukkien tuotannon kasvattamiselle. Tämän insinööriyön esittämät ratkaisut voidaan toteuttaa nopealla aikataululla muutosten yksinkertaisuudesta ja käytännönläheisyydestä johtuen. Esimerkiksi mitään uusia hankintoja ei tarvitse tehdä.

## Lähteet

- 1 Bicheno, John & Holweg, Matthias (2009) The Lean Toolbox. The Essential Guide to Lean Transformation. Buckingham: PICSIE Books
- 2 Huhtala, Petri & Pulkkinen, Antti (2009) Tuotettavuuden kehittäminen. Parempi tuotteisto useasta näkökulmasta. Tampere: Teknologiateollisuus ry
- 3 Journal of Applied Physiology. 2006. Effects of obesity and sex on the energetic cost and preferred speed of walking. Verkkodokumentti:  
<<http://jap.physiology.org/content/100/2/390.full>> Luettu 30.7.2017
- 4 Alfa Laval Lehdistöiedote. 2017. Verkkodokumentti:  
<<http://www.alfalaval.fi/media/lehdistotiedotteet/2017/nor-shipping-2017/>> Luettu 30.7.2017
- 5 Alfa Laval Yritysesittely. 2017. Verkkodokumentti:  
<<http://www.alfalaval.fi/tietoa-alfa-lavalista/alfa-laval-suomessa/alfa-laval-vantaa-oy-vantaa/>> Luettu 30.7.2017

## Tukkisolun artikkelien listaus ja sijoittelu vanhalla layoutilla

Artikkelin järjestysnumero	Artikkelin nimi	Tyyppi	Säilytetään	Poistetaan
1.	Loppuvarastohylly	Työvaihe	x	
2.	Juotoskone	Työvaihe	x	
3.	Oranssi kaappi 1	Säilytys		x
4.	Oranssi kaappi 2 (suojavarusteet)	Säilytys	x	
5.	Hiomakone	Työkone		x
6.	Hitsauslaitteisto + kaappi	Työkone		x
7.	Työtaso	Taso		x
8.	Arkku	Säilytys		x
9.	Päätyjuotospiste	Työvaihe	x	
10.	Kemikaalikaappi	Säilytys	x	
11.	Välivarasto	Säilytys	x	
12.	Tumpitustyöpiste	Työvaihe	x	
13.	Kulutustavarahylly	Säilytys	x	
14.	Kaulustuskone	Työvaihe	x	
15.	Saha	Työvaihe	x	
16.	Stanssaus kone	Työvaihe	x	
17.	Stanssaustyökalutaso	Työkalut	x	
18.	Kaulustustyökaluseinä	Työkalut	x	
19.	Kaulustustyökalutaso	Työkalut	x	
20.	Työtaso	Taso		x
21.	Työtaso	Taso		x
22.	Vanha kaulustuskone	Työkone		x
23.	Työtaso + työkalukaappi (vesisuihkuliitokset)	Työpiste	x (*)	
24.	Työtaso	Taso		x
25.	Työtaso	Taso	x (**)	
26.	Työkalukaappi	Säilytys		x
27.	Työkalukaappi	Säilytys		x
28.	Pöytä	Taso		x
29.	Toimistoseinä	Seinä		x
30.	PC + työpöytä	Työvaihe	x	
31.	Varastohyllykkö	Säilytys	x (***)	
* Siirretään ilmausputkisoluun				
** Otetaan käyttöön sahauksen hukkapätkien kuljetukseen				
*** Siirretään kuparikelasolukkoon				



**TukkiSolun artikkelien listaus ja sijoittelu uudella layoutilla**

<b>Artikkelin järjestysnumero</b>	<b>Artikkelin nimi</b>	<b>Tyyppi</b>
1.	Loppuvarastohylly	Työvaihe
2.	Juotoskone	Työvaihe
4.	Oranssi kaappi 2 (suojavarusteet)	Säilytys
9.	Päätyjuotospiste	Työvaihe
10.	Kemikaalikaappi	Säilytys
11.	Välivarasto	Säilytys
12.	Tumpitustyöpiste	Työvaihe
13.	Kulutustavarahylly	Säilytys
14.	Kaulustuskone	Työvaihe
15.	Saha	Työvaihe
16.	Stanssauskone	Työvaihe
17.	Stanssaustyökalutaso	Työkalut
18.	Kaulustustyökaluseinä	Työkalut
19.	Kaulustustyökalutaso	Työkalut
25.	Työtaso	Taso
30.	PC + työpöytä	Työvaihe
32. (*)	Raakatukit	Säilytys

