

Opinnäytetyö (AMK)

Konetekniikka, Ajoneuvo- ja kuljetustekniikka

Opinnäytetyön valmistumisvuosi 2023

Heikki Kallio, Kosti Leinikka

# Solutuotannon työtasoratkaisujen kehitys

– Sandvik Mining and Construction Turku



Opinnäytetyö (AMK) | Tiivistelmä

Turun ammattikorkeakoulu

Ajoneuvo- ja kuljetustekniikka, Konetekniikka

2023 | 33 sivua

Heikki Kallio, Kosti Leinikka

## Solutuotannon työtasoratkaisujen kehitys

- Sandvik Mining and Construction Turku

Opinnäytetyön tavoitteena oli kartoittaa Sandvikin Turun tehtaan solutuotannon olemassa olevia työtasoja ja niiden tarpeita sekä suunnitella korvaavia tehokkaampia ratkaisuja. Tavoitteena oli päästä lopputulokseen, jossa solukokoonpanojen työskentelytehokkuutta saataisi parannettua.

Työ toteutettiin tutustumalla Turun tehtaan linja- ja solukokoonpanon työskentelytapoihin ja käytössä oleviin nousuapuvälineisiin. Solutuotannon työntekijöitä haastateltiin ja heidän sekä toimeksiantajan toiveita pyrittiin ottamaan huomioon tarpeiden määrittämisessä. Työtason tarpeiden määrittämisessä pohdittiin työturvallisuutta ja oikeanlaisen työergonomian vaikutusta työskentelyyn.

Työn tulokseksi saatiin erilaisia työtasovaihtoehtoja, joista yhden korkeussäädettävän mallin todettiin olevan paras toimeksiantajan tarpeiden kannalta. Kyseistä työtasomallia käytettäisiin runkojen sivuilla pituussuuntaisesti, ja se olisi käytettävissä kaikkien solutuotannon konemallien tuotannossa. Tämän lisäksi ehdotettiin rungon päätyyn asetettavaa tasoa, joka varsinkin dumppereiden tuotannossa helpottaisi työskentelyä.

Tuloksia voidaan hyödyntää, kun kartoitetaan työtasohankkeen kannattavuutta tai laaditaan ominaisuuslistaa työtasotoimittajalle. Työn tuloksia voidaan hyödyntää myös muissa työtasoihin liittyvissä projekteissa. Lisäksi työssä otetaan pinnallisesti kantaa tuotannon muihin kehityskohteisiin, joita on mahdollista laajentaa uusiksi projekteiksi.

Asiasanat: työtasot, työtelineet, työtehokkuus, tuotanto, teollisuus

Bachelor's Thesis | Abstract

Turku University of Applied Sciences

Mechanical engineering, Automotive and transportation engineering

2023 | 33 pages

Heikki Kallio, Kosti Leinikka

## Developing of work stands for cell production

- Sandvik Mining and Construction Turku

The aim of the thesis was to map the existing work stands and their needs in Sandvik's Turku factory's cell production, and to design more efficient solutions. The goal was to find solutions that would improve the working efficiency of the cell assemblies.

The work was carried out by exploring the working methods of the Turku factory's line and cell assemblies, as well as the climbing aids in use. The cell production workers were interviewed, and their and the client's wishes were considered. In determining the needs for the work stand, work safety and the impact of proper work ergonomics on work were considered.

As a result, various work stand alternatives were achieved, one of which, a height-adjustable model, was found to be the best for the client's needs. This work stand model would be used longitudinally on the side of the frames and could be used in the production of all machine models under cell production. In addition to that, a work stand to be placed at the end of the frame was proposed, as it would make the production of the dump truck especially more efficient.

The results can be utilized in assessing the profitability of the work stand project or in preparing a feature list for the worktable supplier. The results can also be used in other worktable-related projects. The Thesis also superficially addresses other development areas in production that can be expanded into new projects.

Keywords: Manufacturing, production, efficiency

## Sisältö

|                                                                 |           |
|-----------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Käytetty sanasto</b>                                         | <b>6</b>  |
| <b>1 Johdanto</b>                                               | <b>7</b>  |
| <b>2 Toimeksiantajan esittely</b>                               | <b>8</b>  |
| <b>3 Solukokoonpano Sandvikilla</b>                             | <b>9</b>  |
| 3.1 Eroavaisuus linjakokoonpanoon                               | 9         |
| 3.2 Turun tehtaalla solutuotannossa valmistettavat kaivoskoneet | 10        |
| <b>4 Solutuotannon työtason tarpeiden määrittäminen</b>         | <b>12</b> |
| 4.1 Vaatimukset työtasolle                                      | 12        |
| 4.1.1 Työturvallisuus                                           | 13        |
| 4.1.2 Työskentelytehokkuus                                      | 14        |
| 4.1.3 Koko ja massa                                             | 14        |
| 4.1.4 Sovellettavuus eri konetyyppeihin ja -malleihin           | 15        |
| 4.1.5 Työkalut ja tarvikkeet                                    | 17        |
| 4.2 Standardit                                                  | 18        |
| <b>5 Työtason tarpeiden pohdinta</b>                            | <b>19</b> |
| 5.1 Korkeus                                                     | 19        |
| 5.2 Tilankäyttö                                                 | 20        |
| 5.3 Työtasojen ominaisuudet                                     | 21        |
| 5.4 Säädetty työtason turvallisuus                              | 22        |
| <b>6 Työtasovaihtoehdot</b>                                     | <b>23</b> |
| 6.1 Korkeussäädetty työtaso                                     | 23        |
| 6.2 Rungon pätyyn asetettava työtaso                            | 25        |
| 6.3 Rungon sivulle asetettava työtaso                           | 27        |
| <b>7 Vaihtoehtoja solutuotannon kehittämiseen</b>               | <b>30</b> |
| 7.1 Logistiikka                                                 | 30        |

|                           |    |
|---------------------------|----|
| 7.2 Työntekijöiden kierto | 30 |
|---------------------------|----|

|                         |           |
|-------------------------|-----------|
| <b>8 Johtopäätökset</b> | <b>32</b> |
|-------------------------|-----------|

|                |           |
|----------------|-----------|
| <b>Lähteet</b> | <b>34</b> |
|----------------|-----------|

## **Kuvat**

|                                                                                                                       |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Kuva 1. Lastari, SANDVIK LH514E (Sandvik 2023c).                                                                      | 11 |
| Kuva 2. Dumpperi TH663i (Sandvik 2023d).                                                                              | 11 |
| Kuva 3. Zarges:n korkeussäädettävä työtaso hyötyajoneuvoille ja linja-autoille.<br>Vapaa korkeus 4 m. (Zarges 2023b.) | 24 |
| Kuva 4. Zarges:n korkeussäädettävä työtaso 1900 mm -2400 mm (Zarges 2023a).                                           | 24 |
| Kuva 5. Kuvan työtaso on 1,4 m korkea ja 2,0 m pitkä.                                                                 | 26 |
| Kuva 6. Sama teline kuin kuvassa 19, mutta mahdollisen työkaluseinän kanssa.                                          | 26 |
| Kuva 7. Vaihtoehtoinen rungon päätytaso.                                                                              | 27 |
| Kuva 8. Rungon sivulle pitkittäisesti asetettava työtaso.                                                             | 29 |

## **Taulukot**

|                                                                                                                                                              |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Taulukko 1. Lista solussa valmistettavista kaivoskoneista (henkilökohtainen tiedonanto 1.3.2023).                                                            | 10 |
| Taulukko 2. Runkopukkien korkeudet.                                                                                                                          | 16 |
| Taulukko 3. Solutuotannossa valmistettavien konemallien kokotaulukko ja valmistusmäärät (Sandvik Rocktechnology 2023, henkilökohtainen tiedonanto 1.3.2023). | 16 |
| Taulukko 4. Runko- ja pukkikorkeus yhteenlaskettuna.                                                                                                         | 17 |
| Taulukko 5. Päätytason ominaisuuksia.                                                                                                                        | 25 |
| Taulukko 6. Pitkittäistason ominaisuuksia.                                                                                                                   | 28 |

## Käytetty sanasto

|                  |                                                                              |
|------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| Dumpperi         | Kiven kuljetukseen tarkoitettu lavallinen kaivoskone                         |
| Lastari          | Kiven siirtämiseen ja lavalle nostamiseen tarkoitettu kauhallinen kaivoskone |
| Linja 1          | Tuotantolinja, jossa valmistetaan lastareita.                                |
| Linja 2          | Tuotantolinja, jossa valmistetaan lastareita.                                |
| Linja 3          | Tuotantolinja, jossa valmistetaan dumppereita.                               |
| Pukki/runkopukki | Teline, jonka päällä lastaria ja dumpperia tehdään.                          |

## 1 Johdanto

Opinnäytetyön tavoitteena on kehittää Sandvikin Turun tehtaalle solutuotantoon uutta työtasoratkaisua, joka nostaisi työskentelytehokkuutta kaivoskoneiden solutuotannossa. Tämän saavuttamiseksi opinnäytetyössä kartoitetaan tehtaan olemassa olevia työtasoratkaisuja, ja määritetään, mitä tarpeita monikäyttöiselle työtasolle on. Tarpeiden määrittämisessä pyritään huomioimaan kaikki mahdolliset näkökulmat, jotka vaikuttavat toimivan työtason kehitykseen. Haasteita suunnittelussa aiheuttaa solujen rajallinen tila, ja toive työtason sovellettavuudesta usean erikokoisen kaivoskoneen tuotantoon. Opinnäytetyössä perehdytään myös Turun tehtaan linja- ja solukokoonpanon eroihin pintapuolisesti, ja haetaan sitä kautta näkökulmaa työtason suunnitteluun.

Työtason suunnittelu on rajattu siten, että pääpaino on työtason ominaisuuksissa, ja muodossa. Tämä tarkoittaa sitä, että suunnittelussa yksityiskohtien kuten kiinnitysratkaisujen, ja tarkkojen materiaalien valinnat on jätetty pois. Tarkoituksena ei siis ole tuottaa työtason valmistukseen tarvittavia valmiita piirustuksia. Opinnäytetyössä pyritään tuottamaan useampi eri työtasomalli, mikäli suunnittelussa ei päästä lopputulokseen, jossa vain yksi todetaan toimivaksi. Suunnittelussa huomioidaan yksityiskohtia, kuten standardeja, sillä tarkkuudella, jolla työtasosuunnittelun tuloksena syntyneet 3D-mallinnukset ovat tarpeeksi lähellä lopullista valmistettua työtasoa. Tämä tarkoittaa sitä, että työtasojen mallinnoista on mahdollista tehdä tarpeelliset johtopäätökset sen ominaisuuksista käytännössä. Suunnittelutyössä ei huomioida pieniä nousuportaita ja jakkaroita, niiden jo valmiiksi suuren määrän ja helpon saavutettavuuden takia.

Solukokoonpanon työskentelytehokkuuden tarkastelu ja tehostaminen on ajankohtaista Turun tehtaalla käynnissä olevien muutostöiden takia. Kokoonpanosolujen määrää ollaan lisäämässä, joten niiden merkittävyys kokonaistuotannon kannalta lisääntyy.

## 2 Toimeksiantajan esittely

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimii Sandvik Mining and Construction Oy, ja toimipaikkana Turun Runosmäessä sijaitseva tehdas. Kyseinen yritys on osa Sandvik Group -konsernia, joka toimii maailmanlaajuisesti eri teollisuuden osa-alueilla. Sandvik Groupin pääasialliset liiketoiminta-alueet ovat valmistus-, kaivos- ja infrastruktuuriteollisuudessa. Konsernilla oli vuonna 2022 noin 40,000 työntekijää, myyntiä yli 150 maassa, ja jatkuvien toimintojen liikevaihto noin 112 miljardia Ruotsin kruunua. (Sandvik 2023a.)

Sandvikin historia ulottuu vuoteen 1862, jolloin yrityksen perusti Ruotsalainen Göran Fredrik Göransson. Göransson oli ensimmäinen maailmassa, joka onnistui käyttämään Bessemer menetelmää teräksen tuotannossa. Bessemer menetelmällä raakaraudasta voitiin valmistaa terästä selvästi aiempaa nopeammin. (Sandvik 2023b.)

Sandvikin Turun tehdas toimi ennen nimellä Tamrock. Tamrock oli suomalainen kaivosteollisuuden yritys, jonka tuotanto perustui lastareiden valmistukseen. Sandvik Rock Tools osti Tamrockin 1998-luvulla. Tamrock ja Sandvik Rock Tools muodostivat uuden toimialan Sandvik-konsernin sisälle. Tämä tunnetaan nykyäänkin nimellä Sandvik Mining and Construction. (Helsingin sanomat 1998.)

Turun tehtaalla suunnitellaan ja valmistetaan kaivoskoneita kiven siirtoon ja lastaukseen. Konemalleja on kumpaankin käyttötarkoitukseen useita, ja niiden suurin ero on kokoluokassa sekä massassa. Sandvik oli sulkemassa Turun tehdastaan vuonna 2015, mutta tämä päätös kumottiin vielä samana vuonna. Vuonna 2022 Turun tehtaalla aloitettiin valmistelut Turku Business Park hankkeelle. Hankkeeseen kuuluu yli 10 miljoonan investoinnit uusiin hitsausrobotteihin ja kokoonpanolinjoihin. Uudet kokoonpanolinjat koskevat akkukäyttöisten kaivoskoneiden valmistusta. (Yle 2015, Sandvik 2022.)



### 3 Solukokoonpano Sandvikilla

Turun tehtaalla linjakokoonpanon lisäksi kaivoskoneita tehdään myös soluissa, joissa kaikki työvaiheet sijoittuvat samalle työpisteelle. Jokaisessa solussa pystytään valmistamaan kahta kaivoskonetta samanaikaisesti.

Selukokoonpanon etuna linjakokoonpanoon verrattuna on sen joustavuus valmistettavien konemallien osalta. Solutuotanto on laajentumassa uuden Business Park -hankkeen myötä, jolloin solujen määrä tulee lisääntymään.

#### 3.1 Eroavaisuus linjakokoonpanoon

Selukokoonpanossa valmistetaan useita konemalleja vaihtelevasti. Eri konemallien valmistukseen tarvitaan erilaisia tarvikkeita ja työkaluja, joita kaikkia ei ole solun tilarajoitusten takia mahdollista säilyttää työpisteellä.

Kokoonpanolinjoilla eri työvaiheisiin liittyvät tarvikkeet on järjestelty tehokkaasti omille asemilleen, mikä tekee työskentelystä järjestelmällisempää ja vähentää työntekijöiden siirtymiseen kuluva aikaa. Osille ja tarvikkeille määritetyt paikat helpottavat työntekijöitä muistamaan, mistä mikäkin esine löytyy. Logistiikkaa helpottaa linjoilla se, että jokaisella asemalla on lavoille varattu paikka. Soluissa lavoille ei ole hyllyissä tarpeeksi tilaa, joten niitä joudutaan säilyttämään lattialla, mikä hankaloittaa liikkumista. Solujen työskentelyä hankaloittaa myös se, että valmistettavia konemalleja on useita. Koska säilytystilaa on vähän, ei jokaisen konemallin tuotannossa tarvittavia työtasoja voida säilyttää soluissa.

Selukokoonpanossa tilan puute pakottaa kompromisseihin, jotka vaikuttavat suoraan työskentelytehokkuuteen ja työturvallisuuteen.

Työntekijöiden kannalta solutyöskentely on huomattavasti monipuolisempaa kuin linjatyöskentely. Linjalla työntekijä pysyy pääsääntöisesti omalla asemallaan, jolloin työtehtävät tulevat suhteellisen nopeasti tutuksi. Toistuvuutta linjatyöskentelyssä tulee paljon, joten työohjeiden tarve voi vähentyä. Soluissa työntekijä näkee monen eri konemallin kaikki työvaiheet, jolloin tarvittavaan

työhön perehtymiseen kuluu enemmän aikaa, ja työohjeisiin on tukeuduttava enemmän.

### 3.2 Turun tehtaalla solutuotannossa valmistettavat kaivoskoneet

Taulukossa 1 on listattu solutuotannossa yleisemmin valmistettuja kaivoskonemalleja. Listassa LH-alkuiset ovat lastareita ja TH-alkuinen on dumperi. Kahdesta eniten solussa valmistetusta kaivoskoneesta on kerrottu tarkemmin taulukon 1 jälkeen.

Taulukko 1. Lista solussa valmistettavista kaivoskoneista (henkilökohtainen tiedonanto 1.3.2023).

| Konemalli:     | %-osuus tuotannosta |
|----------------|---------------------|
| <b>Malli 1</b> | 7,3 %               |
| <b>Malli 2</b> | 3,7 %               |
| <b>Malli 3</b> | 17,1 %              |
| <b>Malli 4</b> | 4,9 %               |
| <b>Malli 5</b> | 8,5 %               |
| <b>Malli 6</b> | 7,3 %               |
| <b>Malli 7</b> | 4,9 %               |
| <b>Malli 8</b> | 46,3 %              |

Lastari LH514E on sähkökäyttöinen kaivoskone, jossa on päästötön sähkömoottori, joka saa virtansa voimavirtakaapelista. Edellä mainittu lastari kuvassa 1. Kyseiselle konemallille ei ole Sandvikin Turun tehtaalla omaa kokoonpanolinjaa, vaan ne valmistetaan solukokoonpanossa. Sähkökäyttöisen kaivoskoneen valmistukseen kuluu enemmän aikaa, kuin polttomoottorikäyttöisen. (Sandvik 2023c, henkilökohtainen tiedonanto.)



Kuva 1. Lastari, SANDVIK LH514E (Sandvik 2023c).

Kuvassa 2 näkyy Turun tehtaalla yleisemmin valmistettu polttomootorikäyttöinen dumpperi on TH663i. Dumpperia valmistetaan solu- sekä linjakokoonpanona. Kyseisen dumpperin korkeus on 3 metriä ja lavan kapasiteetti 63 tonnia. (Sandvik 2023d, henkilökohtainen tiedonanto.)



Kuva 2. Dumpperi TH663i (Sandvik 2023d).

## 4 Solutuotannon työtason tarpeiden määrittäminen

Ennen työtason suunnittelun aloittamista kartoitettiin, mitä solukokoonpanon työtasolta halutaan. Solukokoonpanossa on pärjätty pelkällä porrastasolla jo pidemmän aikaa, mutta työskentely nykyisellä menetelmällä ei ole optimaalista konemallien kokoerojen takia. Pelkkään nousemiseen tarkoitetuissa portaissa työskentely on ahdasta ja epäkäytännöllistä. Toimeksiantajan toive työtassuunnittelun lopputuloksesta on korkeampi työskentelytehokkuus ja turvallisempi työympäristö. Työtasot ovat tärkeitä linja- sekä solukokoonpanolle seuraavista syistä:

- Helpottaa työskentelyä korkealla
- Edistää työturvallisuutta
- Nostaa työskentelytehokkuutta

Työtason tarpeiden määrittämiseksi solukokoonpanon työntekijöitä haastateltiin, minkä lisäksi tutustuttiin eri kokoonpanolinjojen työtasoratkaisuihin.

Kokoonpanolinjojen työtasoissa on pääsääntöisesti jouduttu tekemään vähemmän kompromisseja, koska tilaa on enemmän ja työtason on oltava sopiva vain yhden konemallin yhteen työvaiheeseen. Solukokoonpanossa on pystyttävä valmistamaan kaikkia Sandvikin kaivoskonemalleja. Sen sijaan linjatyöskentely on suunniteltu yhden tai kahden erikokoisen kaivoskoneen nopeaan valmistukseen.

### 4.1 Vaatimukset työtasolle

Suunnittelussa on otettava huomioon solun työntekijöiden toiveet, toimeksiantajalta saadut vaatimukset sekä standardit. Työtason tarpeet ja vaatimukset on jaettu laajempiin kokonaisuuksiin, jotta niiden käsittely on sujuvampaa. Näitä kokonaisuuksia ovat:

- Työturvallisuus

- Työskentelytehokkuus
- Koko ja massa
- Sovellettavuus eri konetyyppeihin ja -malleihin
- Työkalut ja tarvikkeet

#### 4.1.1 Työturvallisuus

Työturvallisuus on hyvin keskeinen asia, kun suunnitellaan työtasoa tai nousuapuvälinettä. Suunnittelussa on otettava huomioon erilaiset standardit, ja pohdittava kuinka tehdä työskentelystä mahdollisimman turvallista.

Työturvallisuuskeskus ohjeistaa selvittämään mahdollisuutta kiinteään telineeseen, ennen kuin aletaan valitsemaan siirrettävistä vaihtoehtoista (Työturvallisuuskeskus). Tässä tapauksessa kiinteä teline ei kuitenkaan toimi, joten on pyrittävä turvalliseen ratkaisuun siirrettävän telineen kanssa.

- Kompastumisvaara pyrittävä minimoimaan.
- Liukastuminen portaissa tai työtason päällä estettävä.
- Rakenne oltava riittävän tukeva työntekijöiden ja työkalujen massalle.
- Suojakaiteiden on oltava riittävän tukevasti kiinnitettyjä ja tarpeeksi vahvoja estämään putoaminen tai kaatuminen jopa horjahdustilanteessa.
- Työtason oltava tarpeeksi suuri, jotta työskentely sen päällä ei ole ahdasta ja aiheuta vaaratilanteita. Tämä on tärkeää varsinkin työkaluseinän sisältyessä työtason rakenteeseen.
- Työtaso oltava lukittavissa paikalleen tai kiinnitettävissä runkoon, mikäli työtason ominaisuudet sitä vaativat. Kiinnityksellä estetään korkean työtason heiluminen ja epätasapaino sekä helpotetaan työskentelyä.
- Mahdolliset työkaluseinät sekä työkaluhyllyt aseteltava siten, etteivät ne estä kaiteisiin tarttumista.
- Täytettävä vaadittavat standardit. Standardit käsitellään erikseen kappaleessa 4.2.

#### 4.1.2 Työskentelytehokkuus

Hyvin suunnitellun työskentelytason pitkän aikavälin hyödyt työskentelytehokkuuden näkökulmasta voivat olla merkittäviä. Kun työskentelytaso on suunniteltu ergonomiseksi ja turvalliseksi, se voi edistää työntekijän terveyttä ja hyvinvointia, mikä voi puolestaan parantaa tuottavuutta. Hyvin suunniteltu työskentelytaso voi myös vähentää työtapaturmia ja sairauspoissaoloja, mikä voi johtaa pienempiin kustannuksiin. Kun työskentelytaso on käyttäjäystävällinen, voi se lisätä myös työntekijän tyytyväisyyttä ja sitoutumista työhön. Hyvin suunniteltu työskentelytaso voi parantaa työn laatua ja lyhentää koneiden valmistusaikaa, mikä voi parantaa yrityksen kilpailukykyä ja tuottavuutta pitkällä aikavälillä. (Työterveyslaitos.)

- Työtason on oltava tarpeeksi kompakti, ettei se hidasta liikkumista ja työskentelyä koneen ympärillä.
- Työkalujen on oltava lähellä työskentelypistettä, jotta siirtymiin kuluu mahdollisimman vähän aikaa.
- Kiinnikkeiden ja yleisimmin käytössä olevan pienraudan on oltava työtasolla työskentelevän lähettävillä. Hyllystä kerätyille tarvikkeille täytyy olla laskutilaa.
- Työtason on oltava helposti käytettävissä sekä siirrettävissä. Mikäli työtason käyttö koetaan liian työlääksi, voi sen hyödyntäminen jäädä vähemmälle.

#### 4.1.3 Koko ja massa

Solujen rajallinen työskentely- ja säilytystila ovat tärkeitä huomioon otettavia asioita työtason suunnittelussa. Työtason liikuteltavuus on tärkeää, sillä työtasoa on saatava siirrettyä pois tieltä niissä työvaiheissa, kun sitä ei tarvita. Työtason suunnittelussa on löydettävä tasapaino riittävän koon ja riittävän liikuteltavuuden välillä. Työtason rakenne ja käytetyt materiaalit vaikuttavat sen

massaan, joten suunnittelussa tulee valita sopivat materiaalit ja rakenne, jotta työtaso on mahdollisimman kevyt, mutta samalla tukeva ja vakaa.

- Työtason on oltava helposti siirrettävissä, jotta myös yksin työskentelevä pystyy siirtämään telinettä. Työtason ollessa liian raskas vaikeutuu myös sen siirrettävyys.
- Työtason tulee olla tarpeeksi suuri sille tarkoitettuun tehtävään, jotta sen kanssa työskentely hoituu ergonomisesti ja turvallisesti.
- Mikäli työtasoja valmistetaan useampi, tulisi niiden olla kooltaan ja muodoltaan sellaisia, että ne mahtuvat säilytykseen. Vaihtoehtoisesti useammasta osasta koostuvan työtasorakenteen tulisi olla helposti purettavissa säilytystä varten.
- Runkomateriaalin oltava kevyttä ja kestävää alumiiniprofiilia. Tällä saadaan tikkaista tukevat myös kiertojäykkyyden osalta ilman, että massa nousee liikaa. (Suomi-Tikas.)

#### 4.1.4 Sovellettavuus eri konetyyppeihin ja -malleihin

Turun tehtaassa solukokoonpanossa valmistetaan useita eri konemalleja, minkä vuoksi työtason on oltava sovellettavissa kaikkien eri konemallien tuotantovaiheisiin. Konemallien koko ja valmistusmäärät listattuna taulukossa 3. Eri kaivoskonemallien tuotantolinjoilla käytetään erilaisia työtasoja, joten soluihin suunniteltavassa työtasossa tulee ottaa kaikkien niiden ominaisuudet huomioon.

- Lastareiden tuotannossa käytettävät työtasot ovat korkeudeltaan noin 110–120 cm ja 210–220 cm.
- Dumpperien tuotannossa käytettävät telinelinekorkeudet ovat noin 140 cm ja 210 cm.
- Työtason tulisi olla suunniteltu siten, että sitä voidaan käyttää joko rungon sivuilla tai päädyissä, riippuen työvaiheesta.
- Työtason suunnittelussa otettava huomioon eri konemallien runkopukkien korkeuserot. Tarvittava työskentelytason korkeus on

määritettävä rungon ja runkopukin yhteiskorkeudesta. Runkopukkien korkeudet listattuna taulukossa 2.

Taulukko 2. Runkopukkien korkeudet.

| Pukkien koot         | Etupää (cm) | Takapää (cm) |
|----------------------|-------------|--------------|
| <b>Linja 1</b>       | 82,5        | 71           |
| <b>Linja 2</b>       | 82,5        | 71           |
| <b>Linja 3</b>       | 57          | 68,5         |
| <b>Solu lastari</b>  | 64          | 63,5         |
| <b>Solu dumpperi</b> | 57          | 68,5         |

Taulukko 3. Solutuotannossa valmistettavien konemallien kokotaulukko ja valmistusmäärät (Sandvik Rocktechnology 2023, henkilökohtainen tiedonanto 1.3.2023).

| Konemalli:     | Runkokorkeus (mm): | Prosenttiosuus solutuotannosta |
|----------------|--------------------|--------------------------------|
| <b>Malli 8</b> | 1958               | 46,3 %                         |
| <b>Malli 3</b> | 1348               | 17,1 %                         |
| <b>Malli 5</b> | 1650               | 8,5 %                          |
| <b>Malli 6</b> | 1784               | 7,3 %                          |
| <b>Malli 1</b> | 1410               | 7,3 %                          |
| <b>Malli 7</b> | 1906               | 4,9 %                          |
| <b>Malli 4</b> | 1312               | 4,9 %                          |
| <b>Malli 2</b> | 1312               | 3,7 %                          |

Taulukossa 4 on runko- ja pukkikorkeus yhteenlaskettuna sekä ryhmiteltynä kokonaiskorkeuden mukaan. Oikeassa sarakkeessa on ryhmille yhteenlasketut prosenttiosuudet tuotannosta. Ryhmien sisäiset korkeuserot ovat suurimmillaan noin 10–12 cm, minkä arvioidaan olevan hyväksyttävä kompromissi, kun selvitetään työtasokorkeuksien tarvetta tuotantomäärien kautta.



Taulukko 4. Runko- ja pukkikorkeus yhteenlaskettuna.

| Pukitetun rungon korkeus (mm): | Prosenttiosuus solutuotannosta |
|--------------------------------|--------------------------------|
| 1947–2045                      | 32,9 %                         |
| 2285                           | 8,5 %                          |
| 2419–2541                      | 58,5 %                         |

Runkokorkeuden mittauskohdista ei ole tarkkaa tietoa, ja pukkien mittaukset on tehty rullamitalla, joten pukitetun rungon korkeudessa on arvioitu olevan virhettä noin 5 cm. Pukittua runkokorkeutta määrittäessä on käytetty matalamman pukin korkeutta sillä oletuksella, että pukki on rungon matalimmassa kohdassa. Mitat ovat suuntaa antavia, ja prosenttimäärien avulla voidaan määrittää, mille työtasokorkeuksille asetetaan enemmän painoarvoa.

#### 4.1.5 Työkalut ja tarvikkeet

Työtason kehityksessä tavoitteena on helpotetun korkealla työskentelyn lisäksi se, että sieltä ei joutuisi laskeutumaan niin usein. Tämä on mahdollista tuomalla työtasoille yleisimmin tarvittavia työkaluja, ja kiinnikkeitä. Näiden Tarvikkeiden säilyttämistä varten tarvitaan työtason kaiteisiin kiinnitettäviä työkaluseiniä.

Työkaluseinien ominaisuuksilta on seuraavat vaatimukset:

- Mahdollisuus säilyttää yleisimmin käytössä olevia kiinnikelaatikoita, esimerkiksi siten, että työssä tarvittavat komponentit kerätään hyllyistä, ja tuodaan laatikossa työtasolle työn suorittamista varten.
- Työkalutasot, joihin on mahdollista laskea työkaluja ja tarvikkeita siten, että ne eivät kieri alas työtasolta.
- Työkalukoukut yleisimmille työkaluille. Näitä työkaluja ovat esimerkiksi lenkkiavaimet, räikkäsarjat, kierretapit, kuusiokoloavaimet, ruuvimeisselit ja yleisimmät kemikaalit. Lopulliset työkalut määrittyvät, kun työtaso on käytössä, ja asentajat ovat saaneet tarpeelliset tarvikkeet työtasolle.

## 4.2 Standardit

Seuraavien standardien asiaankuuluvia osia pyrittävä hyödyntämään työtasosuunnittelussa:

### **SFS-EN ISO 12100**

Standardi määrittää peruskäsitteet, periaatteet ja menetelmät turvallisuuden aikaansaamiseksi koneita suunniteltaessa. Standardi antaa yleiset periaatteet riskien arvioinnille sekä riskien vähentämiselle kaikissa koneen elinkaaren vaiheissa. Standardi korostaa, että koneiden riskien arviointi on välttämätöntä jo suunnitteluvaiheessa ja se on tarkoitettu kaikille, jotka ovat mukana koneiden suunnittelussa, valmistuksessa, asennuksessa, käytössä ja huollossa. Standardi sivuaa työtason suunnittelua. (SFS-EN ISO 12100).

### **SFS-EN ISO 14122**

Standardi on jaettu neljään eri osaan. Yleinen otsikko standardille on: Koneturvallisuus. Koneiden kiinteät kulkutiet. Standardin muut osat ovat:

- SFS-EN ISO 14122-1 standardi käsittää tarkemmin pääsytien valinnan ja yleiset vaatimukset (SFS-EN ISO 14122-1).
- SFS-EN ISO 14122-2 standardi käsittää tarkemmin työskentely- sekä kulkutasojen standardit (SFS-EN ISO 14122-2).
- SFS-EN ISO 14122-3 standardi käsittää tarkemmin portaiden, porrastikkaiden ja suojakaiteiden standardit (SFS-EN ISO 14122-3).
- SFS-EN ISO 14122-4 standardi käsittää tarkemmin kiinteiden tikkaiden standardit (SFS-EN ISO 14122-4)

## 5 Työtason tarpeiden pohdinta

Ennen suunnittelua päätetään työtasomallin pääominaisuudet, jotka määrittävät sen muodon ja koon. Pääominaisuuksien selvittämiseksi on ensin vedettävä yhteen tarpeiden määrittämisessä esille tulleet vaatimukset. Suurimpana ohjaavana tekijänä suunnittelussa on vaatimus tarpeeksi kompaktista työtasoratkaisusta, jota on mahdollista soveltaa kaikkiin tai mahdollisimman moneen eri konemalliin. Myös työkalujen ja tarvikkeiden integroitavuus työtasoratkaisun yhteyteen on tärkeää. Jotta tämä olisi mahdollisimman tehokasta, pitäisi työtasojen soveltua käytettäviksi kaikkien konemallien kanssa. Standardit ja turvallisuusvaatimukset on huomioitava, vaikka ne tulevatkin pääasiallisesti tarpeeseen vasta lopullisen suunnittelun yhteydessä.

### 5.1 Korkeus

Mittausten perusteella erikokoisten konemallien tuotannossa käytettävät telineet ovat tasokorkeuksiltaan lähellä toisiaan. Tämän takia voidaan huomioida vaihtoehto, jossa tarvittavat työtasokorkeudet pyöristetään kahteen kiinteään korkeuteen. Tarve kahdelle työtasolle tulee myös siitä, että kaivoskoneiden runkojen pituus- ja leveyssuuntaisesti asetettavien telineiden ominaisuudet eroavat toisistaan. Pituussuunnassa rungon vierelle asetettavat telineet ovat tavanomaisesti pitempiä, ja nousevat korkeimmillaan yli kahteen metriin. Rungon päädyissä työskentely tapahtuu pääsääntöisesti alempana, noin 1,20–1,40 metrissä. Solutuotannosta puuttuu kumpikin edellä mainituista työtasoista, ja niitä olisi mahdollista hyödyntää suurimmassa osassa valmistettavia konemalleja. Dumpperin valmistuksessa tärkeämpi on rungon päädyssä oleva, noin 1,40 m korkea työtaso, ja lastareiden valmistuksessa taas 2,10 m korkea, rungon sivulle asetettava työtaso. Korkeampi työtasoista on tarkoitettu lastarin päälle nousemiseen ja siellä työskentelyyn. Soluissa valmistettavista lastarimalleista neljän pukitettu runkokorkeus on lähellä 2,10 m korkeudessa olevaa tasoa, jolloin niille nouseminen onnistuisi yhdeltä tasokorkeudelta. Jotta työskentely olisi aina optimaalista, ratkaisu olisi kuitenkin korkeussäädettävä

työtaso. Tämä mahdollistaisi työtason korkeuden hienosäätämisen siten, että rungon yläpinta on aina oikealla korkeudella suhteessa työtason pintaan. Korkeussäädettävä työtaso toimisi parhaiten rungon pituussuunnassa käytettävän pitemmän työtason korvaajana. Kooltaan suuremman työtason osalta säädettävyys olisi optimaalista, sillä sen liikuteltavuus on huono ja se vie paljon tilaa. Rungon päädyssä käytettävän työtason osalta korkeussäädettävyys on toissijaista, sillä työskentely tapahtuu yleensä aina suunnilleen samalla korkeudella, eikä sieltä tarvitse päästä rungon päälle.

## 5.2 Tilankäyttö

Jotta kulkutila ei loppuisi kesken runkojen välissä, ei rungon päätyyn asetettava työtaso saa olla liian pitkä. Soluissa kulkemisen helpottamiseksi rungon päätyyn asetettavan työtason pituuden halutaan olevan pienempi kuin solukokoonpanossa yleisimmin valmistettavan TH663 dumpperin runkoleveys, joka on 3,5 metriä. Tämä tarkoittaa sitä, että leveimpien runkojen päädyissä työskenneltäessä työtasoa saattaa joutua hieman siirtämään työvaiheen mukaan. Jotta rungon ympärillä olisi mahdollisimman helppo liikkua, halutaan työtason olevan suorakaiteen muotoinen. Tämä tarkoittaa sitä, että portaat jatkuvat suoraan työtason päädyistä alas. Kyseinen ratkaisu tekee myös työtasojen mahdollisesta säilytyksestä tehokkaampaa, mikäli niitä ei jokaisen konemallin tuotannossa ole käytössä. Suorakulmion mallinen työtaso mahtuu pitkittäin seinän vierelle säilytykseen, jolloin sen vierestä mahtuu vielä kävelemään. Korkeussäädettävää, rungon pituussuuntaisesti asetettavaa työtasoa ei välttämättä tarvitse siirtää paikaltaan eri konemallien valmistusta varten, joten se säästää lattiatilaa. Korkeussäädettävä työtaso ei kuitenkaan rungon päädyssä ratkaisisi kaikkia tilaongelmia, sillä työtason ollessa säädettynä matalimpaan asentoon, portaikko olisi todella pitkä ja jatkuisi runkojen välissä olevalle käytävälle. Portaikon pituutta olisi mahdollista lyhentää tekemällä maksimikorkeudesta suhteellisen pieni, mutta tämä taas tekisi korkeussäädöstä lähes tarpeettoman ominaisuuden. Rungon päätyyn asetettavaa työtasoa ei myöskään voida edes korkeussäädettävänä pitää aina

paikallaan, sillä työvaiheiden edetessä sen paikalle kiinnitetään kaivoskoneen toinen puolisko. Tilaa ei siis olisi mahdollista säästää merkittävässä määrin tekemällä päätytasosta korkeussäädettävä.

### 5.3 Työtasojen ominaisuudet

Työtasomallien yhteyteen integroitavien työkaluseinien osalta vaihtoehtoja on useita. Itsessään työkalujen ja kiinnikkeiden tuonti työtasolle on työskentelytehokkuuden kannalta hyvä asia, mutta ongelmaksi tulee mahdollisesti se, ettei kaikkia työtasomalleja välttämättä tarvita kaikkien konemallien valmistuksessa. Tämä tarkoittaisi sitä, että työkalut olisivat osan ajasta kauempana työpisteestä. Työtaso voi jopa olla käytössä jossain toisessa kokoonpanosolussa osan ajasta. Tämän vuoksi työtason työkaluseiniä ei voida välttämättä pitää kyseisten tarvikkeiden pääasiallisina säilytyspaikkoina. Solutuotannon moninaisuuden takia tarvittavien työkalujen ja kiinnikkeiden määrä on todella suuri, joten niitä kaikkia ei mitenkään voida tuoda työtason yhteyteen. Korkeussäädettävän työtason tapauksessa siirtämisen tarve vähenee, kun tasokorkeuden säädöllä se on sovellettavissa jokaisen konemallin tuotantoon. Tämän ansiosta työtasoon voitaisiin kiinnittää työkaluseiniä myös lattian tasolle mahdollisuuksien mukaan. Tällä keinolla voitaisiin korvata osa soluissa olevista irtoneuvista työkaluseinistä ja säästää tilaa. Vaikka työtaso olisi korkeussäädettävä, ei se juurikaan vaikuttaisi työkaluongelmaan työtason päällä.

Kun työskentelyä yritetään tehostaa tuomalla tarvikkeita lähemmäs työpistettä, on kuitenkin muistettava se, että työtasolta alas tuleminen ei ole kovin aikaa vievä työvaihe. Tämän siirtymisen eliminoinnin saavuttamiseksi tehtävät kompromissit eivät ole tämän opinnäytetyön ohessa kerätyn tiedon perusteella tarpeellisia tai kannattavia. Solutuotannon työntekijöiden haastatteluista selvisi, että nykyisellä menetelmällä koneen päällä voidaan viettää aikaa jopa tunti tulematta alas ja työskennellä vain työhaalareiden taskuihin sijoitetuilla tarvikkeilla (henkilökohtainen tiedonanto 11.4.2023). Voidaan siis tulla siihen johtopäätökseen, että työtasolle pyritään tuomaan vain perustyökalut sekä

säilytystilaa kerätyille tarvikkeille ja työkaluille. Työkaluseinien lopulliset tarkat paikat ja koot voidaan määrittää vasta, kun työtaso on jo olemassa.

Työkaluseinissä säilytettävät työkalut ja tarvikkeet selviävät käytön myötä asentajien toimesta.

#### 5.4 Säädetävän työtason turvallisuus

Korkeussäädettävässä työtasossa on huomioitava säätömekanismin kestävyys, kun työtasolla on kiinteitä työkaluseiniä ja tarvikkeita. Säädetävyydestä huolimatta portaiden nousukulman tulisi pysyä kohtuullisena työtason ollessa maksimikorkeudessaan. Tämä lisää nousun ja laskun turvallisuutta, ja tekee siitä nopeampaa ja helpompaa. Säädetävyyden toimintaperiaate vaikuttaa työtason alla työskentelyyn. Esimerkiksi kuvan 4 säädettävässä työtasomallissa rakenteiden välissä kulkee vaijeri, mikä tekee työtason alta kulkemisesta vaarallista. Mikäli koneiden pyöränkaarien alla halutaan työskennellä työtason ollessa paikallaan, tulisi säädettävyyden olla toteutettu siten, että työtason alta voi kulkea. Työtason ollessa säädettyä alle 190 cm korkeuteen sen alle tulisi ripustaa esimerkiksi huomionauhaa tapaturmien estämiseksi.

## 6 Työtasovaihtoehdot

Suunnittelun tuloksena syntyneissä 3D-kuvissa on sivuutettu työtasomallien yksityiskohdat, kuten esimerkiksi liukuesteet, jaloissa olevat pyörät ja työtason runkorakenteen alumiiniprofiilin malli. Tämä johtuu siitä, että yksityiskohtaisia kuvia ei koettu tarkoituksenmukaisiksi tässä vaiheessa. Kuvien työtasomalleista tärkeimpiä ovat siis päämitat sekä muoto. Eri tikas- ja telinevalmistajilla on käytössään erilaisia materiaaleja ja ratkaisuja, minkä vuoksi tarkan mittakaavan suunnittelu ei ole tarkoituksenmukaista. Esimerkiksi kaksi työtasovalmistajaa, Suomi-Tikas ja Zarges, käyttävät hieman eri materiaaleja ja komponentteja. Suunnittelun tuloksena syntyneet työtasomallien kuvat ovat suuntaa antavia, ja työtasojen lopullisten rakenteiden sekä yksityiskohtien määrittäminen jää tämän opinnäytetyön ulkopuolelle.

### 6.1 Korkeussäädettävä työtaaso

Korkeussäädettävän työtason säätöalueen tulisi olla noin 1600 mm – 2400 mm. Ylätason leveyden tulisi olla noin 1000 mm, jotta työkaluseinälle ja siihen kiinnitetyille tarvikkeille jäisi tilaa. Kuvan 3 mallissa työtasoon on tehty syvennys. Vastaavanlaista syvennystä voisi mahdollisesti hyödyntää myös työkaluseinien integroinnissa, jotta työskentelytila ei loppuisi kesken. Tässä tapauksessa työtason leveydeksi riittäisi kuitenkin 800 mm. Portaiden nousukulman tulisi olla korkeintaan 65°, jotta nousu ja lasku pysyvät turvallisina. Ylätason pituudeksi riittäisi noin 2000 mm. Työtasoon tulisi sisällyttää käsijohteisiin kiinnitettyjä työkaluseiniä sekä päätyyn että sivulle. Tähän yhteyteen voisi liittää irtotarvikkeiden säilyttämiseen tarkoitettua työkalukourun tai -tason. Työtaaso olisi liikuteltavissa kääntyvien lukittavien pyörien avulla. Työtason korkeussäädettävyys voisi toimia joko käsikäyttöisesti tai moottoroidusti. Kuvan 3 malli on pääpiirteiltään lähellä solutuotantoon soveltuvaa työtaasoa, mutta se on mitoiltaan liian suuri. Kyseinen työtasomalli on kuitenkin paras mahdollinen rungon pituussuuntaisesti asetettava vaihtoehto, sillä se mahdollistaa työtason alta kulkemisen. Kuvan 4 työtaaso on myös

korkeussäädettävä, mutta sen rakenne sisältää vaijerin, joka estää työtason alta kulkemisen.



Kuva 3. Zarges:n korkeussäädettävä työtaso hyötyajoneuvoille ja linja-autoille. Vapaa korkeus 4 m. (Zarges 2023b.)



Kuva 4. Zarges:n korkeussäädettävä työtaso 1900 mm -2400 mm (Zarges 2023a).

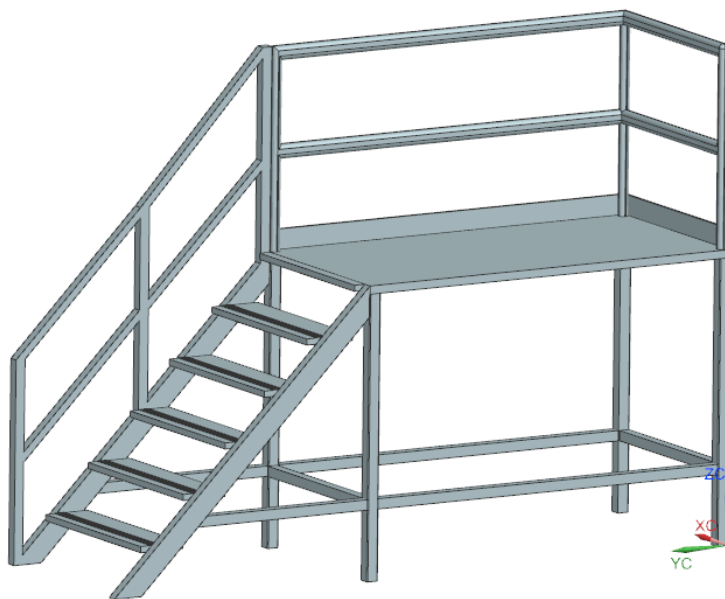


## 6.2 Rungon päätyyn asetettava työtaso

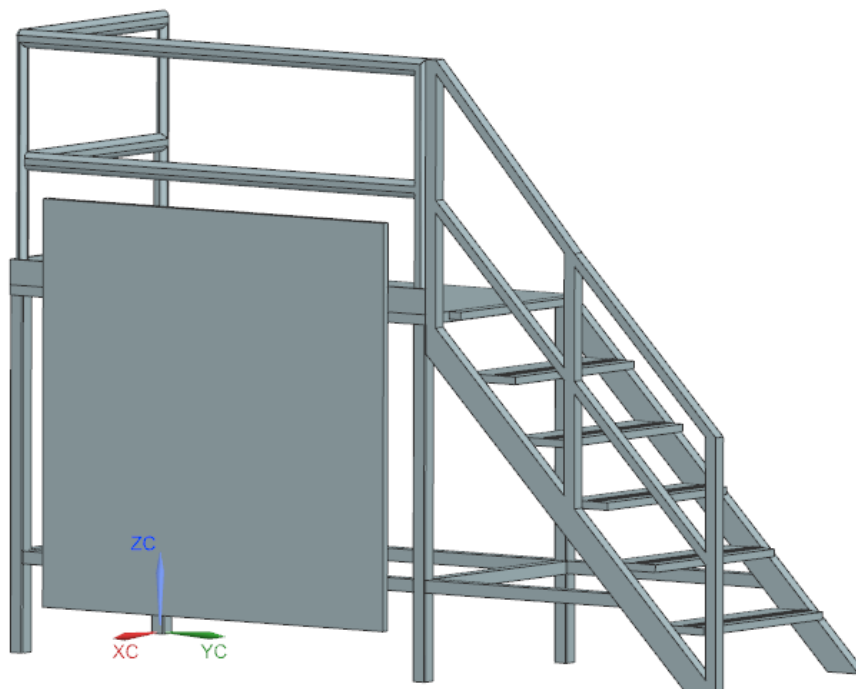
Työtasomallin alustavat ominaisuudet listattuna taulukossa 5. Kyseinen työtasomalli näkyy kuvissa 5 ja 6. Tämä työtaso toimii parhaiten dumpperin eturungon takaosassa työskentelyyn. Se on korkeudeltaan sama kuin linjalla kolme useassa työvaiheessa käytettävä taso. Tätä korkeutta voidaan käyttää myös lastareiden valmistuksessa. Työtason yhteyteen kannattaisi tuoda varsinkin dumpperin valmistuksessa yleisimmin tarvittavia kiinnikkeitä ja työkaluja.

Taulukko 5. Päätytason ominaisuuksia.

|                                                     |       |
|-----------------------------------------------------|-------|
| Dumpperin päätytaso                                 |       |
| Tason pituus(mm):                                   | 2000  |
| Tason leveys(mm):                                   | 800   |
| Tasopinnan korkeus(mm):                             | 1400  |
| Portaiden askelmaleveys (mm):                       | 700   |
| Portaiden nousukulma:                               | 50°   |
| Käsijohteen yläpinnan etäisyys tason pinnasta (mm): | 1000  |
| Välijohteen aukot (mm):                             | 37,5  |
| Jalkalistan korkeus tason pinnasta (mm):            | 15    |
| Jaloissa jarrulliset kääntyvät pyörät:              | Kyllä |
| Työkaluseinien/-tason mahdollisuus:                 | Kyllä |



Kuva 5. Kuvan työtaso on 1,4 m korkea ja 2,0 m pitkä.



Kuva 6. Sama teline kuin kuvassa 19, mutta mahdollisen työkaluseinän kanssa.

Kuvassa 7 on esitetty vaihtoehtoinen ratkaisu rungon päätyyn asetettavasta työtasosta. Korkeus on sama 1,4 m, mutta työtason pituus on 2,5 m. Kyseisessä mallissa portaat on sijoitettu nousemaan rungon suuntaisesti työtason takaosasta. Tämä malli tuo enemmän työskentelytilaa, mutta sen säilytettävyyks on huonompi, koska se ei mene tasaisesti seinän vierelle säilöön. Kyseiseen työtasoon on mahdollista kiinnittää työkaluseiniä sekä ylös että lattian tasolle. Tämänlaisen työtasomallin ongelmia ovat myös sen suuri koko sekä suurempi riski kaatua taaksepäin työskennellessä portaissa.



Kuva 7. Vaihtoehtoinen rungon päätytaso.

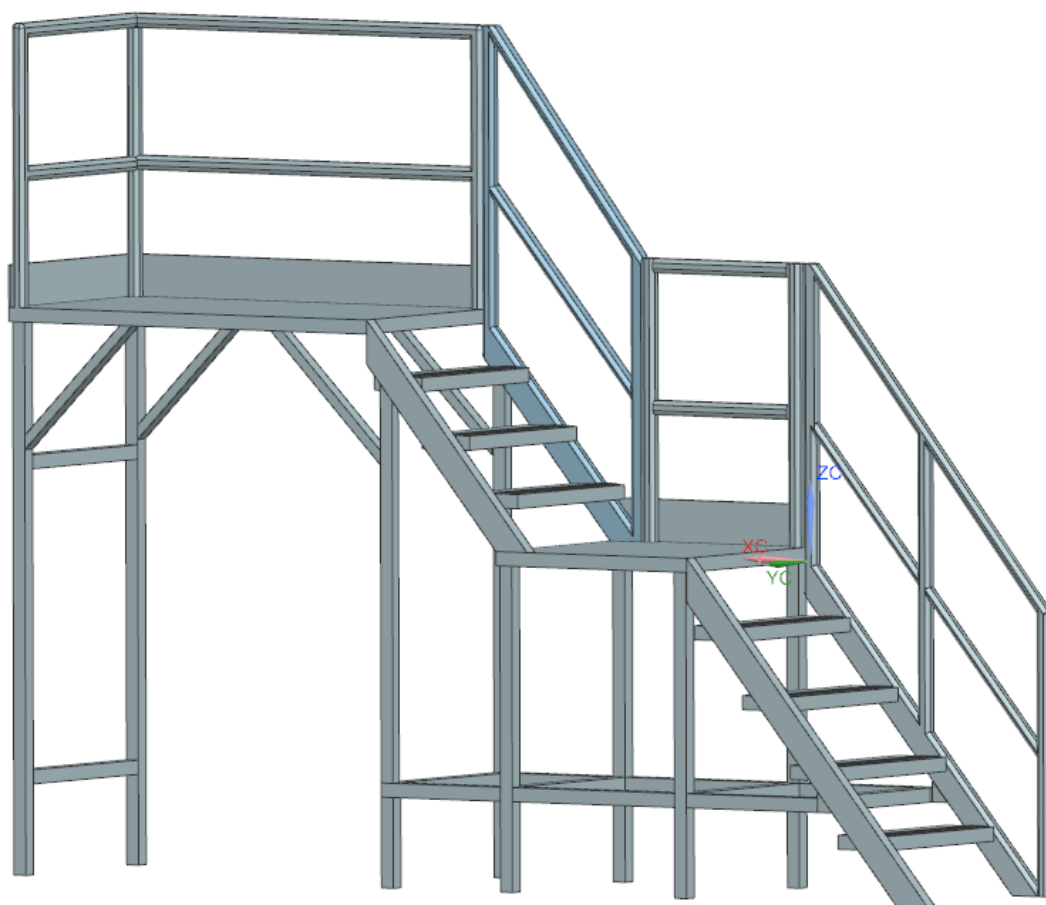
### 6.3 Rungon sivulle asetettava työtaso

Työtaso on suunniteltu erityisesti lastareiden valmistukseen. Työtasomallin ominaisuudet listattuna taulukossa 6. Samankaltaista työtasoa käytetään

lastarilinjan työasemilla 2, 3, 4, 5 ja 6. Työtaso sisältää kaksi eri korkeutta, joista matalampaa käytetään lastarin eturungon etuosaan kulkemiseen. Ylempi taso on lastarin rungon yläpinnan korkeudella, jossa loppuvaiheen työtehtävät suoritetaan. Kuvan 8 työtason alta on mahdollista kulkea. Pyöränkaaren alle on siis pääsy, vaikka työtaso olisi paikallaan ja käytössä.

Taulukko 6. Pitkittäistason ominaisuuksia.

|                                                     |       |
|-----------------------------------------------------|-------|
| Lastarin sivutaso                                   |       |
| Ylätason pituus(mm):                                | 1500  |
| Ylätason leveys(mm):                                | 800   |
| Ylätasopinnan korkeus(mm):                          | 2000  |
| Välitason pituus(mm):                               | 800   |
| Välitason leveys(mm):                               | 800   |
| Välitasopinnan korkeus(mm):                         | 1200  |
| Portaiden askelmaleveys (mm):                       | 700   |
| Portaiden nousukulma:                               | 50°   |
| Käsijohteen yläpinnan etäisyys tason pinnasta (mm): | 1000  |
| Välijohteen aukot (mm):                             | 37,5  |
| Jalkalistan korkeus tason pinnasta (mm):            | 15    |
| Jaloissa jarrulliset kääntyvät pyörät:              | Kyllä |
| Työkaluseinien mahdollisuus:                        | Kyllä |
| Mahdollisuus kulkea työtason alta:                  | Kyllä |



Kuva 8. Rungon sivulle pitkittäisesti asetettava työtaso.

## 7 Vaihtoehtoja solutuotannon kehittämiseen

Solutuotannon haasteita ovat muutkin asiat kuin pelkkä työtaso. Muita ongelmia ovat tila ja logistiikka. Tässä kappaleessa pohditaan erilaisia vaihtoehtoja solukokoonpanon kehittämiseen. Inventaario ja solun uudelleen järjestely toisi mahdollisesti hieman lisää tilaa ja helpottaisi työkalujen löytämistä, yleistä järjestystä sekä työtehokkuutta. Tuleva Business Park -hanke tuo soluihin muutoksia, sillä hankkeen yhteydessä solujen määrä sekä koko kasvaa.

### 7.1 Logistiikka

Kokoonpanosoluissa on samanaikaisesti useita kuormalavoja, sillä asentajat tilaavat usean vaiheen osia samanaikaisesti. Tämän takia solukokoonpano tarvitsisi enemmän hyllyjä, joihin kuormalavoja voisi lastata esimerkiksi kahteen eri korkeuteen. Tämä mahdollistaisi paremman organisoinnin solussa, ja työskentelytila kasvaisi. Toinen vaihtoehto olisi tilata osia työvaihe kerrallaan soluun. Työskentelytapa olisi lähellä linjakokoonpanoa, mutta vaatisi nopeasti toimivaa logistiikkaa.

Nykyisessä solukokoonpanossa sijaitsee useita työkalukaappeja, jotka ovat suuria. Kaapit ovat täynnä tavaraa ja vanhoja työkaluja, joiden käyttöaste on erittäin pieni. Kaappien siivous sekä uudelleenjärjestely toisi mahdollisesti lisää tilaa esimerkiksi uuden työtason säilyttämiselle. Harvemmin käytetyt työkalut sekä tarvikkeet voitaisiin sijoittaa paikkaan, jossa ne olisivat jokaisen solun tavoitettavissa. Tämä muutos olisi luonnollista suorittaa samalla, kun Business Park -hanke kasvattaa solujen kokoa hieman.

### 7.2 Työntekijöiden kierto

Solun työntekijät ovat oppineet työskentelytavan, jolla kone saadaan valmistettua samalla asemalla alusta loppuun. Solutuotannon kehittämiseksi olisi järkevää kierrättää työntekijöitä säännöllisesti myös kokoonpanolinjoilla.

Solun työntekijöistä 1–2 olisi linjalla yhdellä asemalla aina viikon, joten lastari- sekä dumpperilinjan läpikäynti kestäisi 12 viikkoa. Solun puuttuvat työntekijät korvattaisiin linjan työntekijöillä. Kierron jälkeen työntekijät palaisivat omiin työtehtäviinsä, ja seuraavat solun työntekijät aloittaisivat 12 viikon kierron. Työkiertoa voitaisiin suorittaa myös lyhemmissä jaksoissa. Tämä mahdollistaisi solu- ja linjakokoonpanon työntekijöille uutta näkökulmaa työtapoihin. Työkierron voisi suorittaa tasaisin väliajoin tai tarpeen vaatiessa. Työkierto auttaisi työntekijöitä ymmärtämään, kuinka jokin työvaihe voidaan tehdä paremmin tai turvallisemmin. Työntekijöiden kierto vähentäisi ennakoluuloja myös työntekijöiden mahdollisen työaseman vaihdon kohdatessa, jos työtilanne tai jokin muu asia sitä vaatii. Mahdollisesti työnkierto parantaisi työkuultuuria sekä työntekijöiden motivaatiota, kun he pääsevät oppimaan jotain uutta ja tapaamaan uusia työkavereita. (Eosmo 2011, TEHY 2015.)

Työkierto on yleisesti käytetty osaamista kehittävä menetelmä. Oikein suunniteltuna sillä voi olla paljon positiivisia vaikutuksia niin työntekijään kuin työyhteisöönkin ja sitä kautta myös organisaatioon. Turun tehtaalle paras vaihtoehto olisi osaamista kehittävä työkiertoprosessi. Prosessi alkaa tarpeen havaitsemisesta ja jatkuu täysipainoiseen työskentelyyn toisella työpisteellä. Työkierron päätyttyä työntekijä tekee tavoitteellisen arvioinnin ja jakaa omassa työyhteisössään opitun tiedon. (Eosmo 2011, TEHY 2015.)

## 8 Johtopäätökset

Opinnäytetyön tavoitteena oli kartoittaa solutuotannon olemassa olevia työtasoja ja niiden tarpeita sekä suunnitella korvaavia tehokkaampia ratkaisuja. Tarkoituksena oli saada ensisijaisesti ratkaisuja, joilla solukokoonpanojen työskentelytehokkuutta nostettaisiin.

Työ toteutettiin tutustumalla kokoonpanolinjojen ja -solujen työskentelytapoihin sekä käytössä oleviin nousuapuvälineisiin. Työntekijöitä haastateltiin, ja heidän toiveensa ja tietotaitonsa otettiin huomioon tarpeiden määrittämisessä. Työssä pyrittiin pohtimaan myös työtasojen turvallisuutta ja oikeanlaisen työergonomian vaikutusta työskentelyyn. Tämän lisäksi perehdyttiin markkinoilla oleviin työtasovalmistajiin ja työtasomalleihin.

Työssä tultiin siihen lopputulokseen, että solukokoonpanon työtasotarvetta vastaa parhaiten yksi korkeussäädettävä työtasotaso, jolla päästään kaikkien konemallien runkojen päälle. Tämä työtasotaso olisi suurimman osan ajasta rungon sivulla pituussuuntaisesti. Se myös sisältäisi osan tarvittavista työkaluista, ja mahdollistaisi tarvikkeiden ja kiinnikkeiden säilyttämisen ylätasolla olevien työkaluseinien yhteydessä. Solutuotannon suuren dumpperien valmistusprosentin takia myös rungon päätyyn olisi suositeltavaa hankkia oikeanlainen työtasotaso. Tämä helpottaisi dumpperin eturungon takaosassa tehtäviä työvaiheita ja tekisi siitä turvallisempaa.

Haastavaa työssä oli aiheen rajaus, jota jouduttiin työn etenemisen aikana hieman muuttamaan. Vaikeuksia tuotti myös se, että työn laajuutta tai sen lopullista tavoitetta ei täysin määritetty alkuvaiheessa. Tämän kaltaisessa kehitystyössä ei voida etukäteen olla aivan varmoja siitä, saadaanko lopputuloksella aikaan haluttuja muutoksia. Näiden tietojen pohjalta tämän opinnäytetyön painotus päätettiin kallistaa tarpeiden määrittämiseen ja työtasotasongelman pohdintaan. Tämän takia tuloksena ei saatu valmista työtasotaso, vaan suuntaa antavia ohjeita sen toteuttamiselle.



Opinnäytetyötä voidaan hyödyntää, kun pohditaan uusien työtasojen hankkimisen kannattavuutta tai tehdään ominaisuuslistaa työtasotoimittajille. Tässä työssä pohdittuja asioita on mahdollista soveltaa myös muissa työtasokehitykseen liittyvissä projekteissa. Työssä on pohdittu pinnallisesti myös muita tuotantoon liittyviä ongelmakohtia, joihin perehtymällä voi syntyä uusia tuotannonkehitysprojekteja.

## Lähteet

Eosmo 2011. Työkirja. Työnkierto. Viitattu 14.4.2023.

<http://www.eosmo.fi/tyokirja/tyonkierto/>

Helsingin-Sanomat. Talous. Viitattu 16.2.2023. <https://www.hs.fi/talous/art-2000003704812.html>

SFS-EN ISO 12100:2010. Koneturvallisuus. Yleiset suunnitteluperiaatteet, riskin arviointi ja riskin pienentäminen.

SFS-EN ISO 14122-1:2016. Koneturvallisuus. Koneiden kiinteät kulkutiet. Osa 1: Pääsytien valinta ja yleiset vaatimukset.

SFS-EN ISO 14122-2:2016. Koneturvallisuus. Koneiden kiinteät kulkutiet. Osa 2: Työskentelytasot ja kulkutasot.

SFS-EN ISO 14122-3:2016. Koneturvallisuus. Koneiden kiinteät kulkutiet. Osa 3: Portaat, porrastikkaat ja suojakaiteet.

SFS-EN ISO 14122-4:2016. Koneturvallisuus. Koneiden kiinteät kulkutiet. Osa 4: Kiinteät tikkaat

Suomi-tikas. Tieto-osio. Tikkaiden valinta. Viitattu 4.4.2023. <https://www.suomi-tikas.fi/tikkaiden-valinta/>

Sandvik 2022. Uutiset & Media. Uutisarkisto. Sandvik investoi ja aloittaa akkukäyttöisten kaivoskoneiden valmistuksen. Viitattu 16.2.2023.

<https://www.rocktechnology.sandvik.fi/uutiset-media/uutisarkisto/2022/09/sandvik-investoi-ja-aloittaa-akkuk%C3%A4ytt%C3%B6isten-kaivoskoneiden-valmistuksen-turussa/>

Sandvik 2023a. Tietoja meistä. Yritys. Viitattu 15.2.2023.

<https://www.home.sandvik.fi/tietoja-meistä/yritys/>

Sandvik 2023b. Tietoja meistä. Yritys. Historia. Viitattu 16.2.2023.

<https://www.home.sandvik.fi/tietoja-meistä/yritys/historia/>

Sandvik 2023c. Tarjonta. Maanalaiset lastauskoneet ja dumpperit.

Sähkökäyttöiset lastauskoneet. LH514E-sähkökäyttöinen lastauskone. Viitattu 1.3.2023. <https://www.rocktechnology.sandvik.fi/laitteet/maanalaiset->

[lastauskoneet-ja-dumpperit/s%C3%A4hk%C3%B6k%C3%A4ytt%C3%B6iset-lastauskoneet-maanalaisiin-kaivoksiin/lh514e-s%C3%A4hk%C3%B6k%C3%A4ytt%C3%B6inen-lastauskone/](#)

Sandvik 2023d. Tarjonta. Maanalaiset lastauskoneet ja dumpperit. Maanalaiset dumpperit. TH663i maanalainen dumpperi. Viitattu 1.3.2023.

[https://www.rocktechnology.sandvik/fi/laitteet/maanalaiset-lastauskoneet-ja-dumpperit/maanalaiset-dumpperit/th663i-maanalainen-dumpperi/](#)

Sandvik Rocktechnology 2023. Tarjonta. Maanalaiset lastauskoneet ja dumpperit. Viitattu 1.3.2023 [https://www.rocktechnology.sandvik/fi/laitteet/](#)

TEHY 2015. Työelämä. Työkierto vaatii suunnitelman. Viitattu 14.4.2023.

[https://www.tehylehti.fi/fi/tyoelama/tyokierto-vaatii-suunnitelman](#)

Työterveyslaitos. Teemat. Työhyvinvointi ja työkyky. Kokonaisvaltainen ergonomia. Viitattu 4.4.2023.

[https://www.ttl.fi/teemat/tyohyvinvointi-ja-tyokyky/kokonaisvaltainen-ergonomia](#)

Työturvallisuuskeskus. Työturvallisuus. Työn ja työympäristön turvallisuus. Turvallinen työskentely. Viitattu 5.4.2023.

[https://ttk.fi/tyoturvallisuus/tyoympariston-turvallisuus/turvallinen-tyoskentely/](#)

Yle 2015. Talous. Viitattu 16.2.2023. [https://yle.fi/a/3-8288815](#)

Zarges 2023a. Tuotteet. Erikoisratkaisut. Työ- ja huoltotasot. Työtaso, korkeussäädettävä ja siirrettävä. Viitattu 12.4.2023.

[https://www.zarges.com/fi/tuotteet/tyoetaso-korkeussaaedettaevae-ja-siirrettaevae/tyoetaso-korkeussaaedettaevae-ja-siirrettaevae-40060043](#)

Zarges 2023b. Erikoisrakenteinen korkeussäädettävä huoltotaso hyötyajoneuvoille ja linja-autoille. Viitattu 12.4.2023.

[https://www.zarges.com/fi/erikoisrakenteinen-korkeussaaedettaevae-huoltotaso-hyoyajoneuvoille-ja-linja-autoille/](#)