

# Leukamurskaimen kokoonpano-ohjeen kehittäminen

Mauri Jankkari

OPINNÄYTETYÖ  
Kesäkuu 2024

Konetekniikan tutkinto-ohjelma  
Tuotekehitys

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Konetekniikan tutkinto-ohjelma  
Tuotekehitys

JANKKARI, MAURI:  
Leukamurskaimen kokoonpano-ohjeen kehittäminen

Opinnäytetyö 30 sivua, joista liitteitä 1 sivua  
Kesäkuu 2024

---

Opinnäytetyön tavoitteena oli kokoonpano-ohjeen kehittäminen työn toimeksiantajan, Metso Finland Oy:n valmistamille leukamurskaimille. Tarkoituksena oli kehittää käytössä olevan ohjeen sisältö vastamaan uusia vaatimuksia ja päivitettyjä murskainmalleja. Tutkimuskysymykseksi asetettiin millainen kokoonpano-ohje tulisi kehittää, jotta se hyödyttäisi paremmin asentajia ja suunnittelijoita heidän työnsä tehostamisessa.

Luonteeltaan toiminnallisessa työssä perehdyttiin leukamurskainten kokoonpanoon valmistavassa tehtaassa sekä haastateltiin suunnittelijoita ja kokoonpanijoita. Tämän perusteella saatiin kattava käsitys kokoonpanoprosessista. Lisäksi selvitettiin tuotannon ja tuotesuunnittelun tarpeet kokoonpano-ohjeelle. Niiden perusteella rajattiin uuden ohjeen sisältö ja kehitettiin sen rakennetta, jolloin se vastaa paremmin suunnittelun ja kokoonpanijoiden vaatimuksia.

Opinnäytetyön tuloksena syntyi leukamurskainten mallikohtaiset kokoonpano-ohjeet, joissa korostuivat ohjeistuksen selkeys sekä visuaalinen esitysmuoto. Niiden rakenteessa oli otettu huomioon erilaiset tuotantojärjestelmät ja tuotteiden konfiguraatiot. Ohje tuli käyttöön maailmanlaajuisesti, joten se laadittiin englannin kielellä. Kokoonpano-ohjeen uutta ja vanhaa versiota käsitellään työssä yleisellä tasolla liiketoiminnan salassa pidettävyyden takia.

Jatkossa leukamurskainten kokoonpanoon liittyvät ohjeet löytyvät mallikohtaisesti, jolloin niitä on yksinkertaisempi lukea mikä helpottaa kokoonpanoon tutustumista sekä uusien työntekijöiden perehdytystä. Ongelmien tai parannustarpeiden ilmetessä yksittäisessä mallissa voidaan mallikohtainen ohje päivittää nopeasti ilman, että se vaikuttaa muihin tuoteperheen malleihin. Tämä nopeuttaa reagoimista käyttäjäpalautteeseen ja teknisiin päivityksiin.

---

Asiasanat: kokoonpano-ohje, leukamurskain, kokoonpano, kivenmurskaus, DFA

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in Mechanical Engineering  
Product Development

JANKKARI, MAURI:  
Development of the Jaw Crusher Assembly Instructions

Bachelor's thesis 30 pages, appendices 1 pages  
June 2024

---

The aim of this thesis was to develop assembly instructions. The creation of the new jaw crusher assembly instructions was commissioned by Metso Finland Ltd. The purpose was to update the instructions to meet the new and updated crushers. The updated assembly instructions are intended to benefit the assembly workers and designers in their work.

The research part of the thesis was conducted by focusing on how the assembly of jaw crushers is carried out in production. The assembly workers and the crusher design team were interviewed regarding their requirements for the assembly instructions. Based on the information gathered, the structure and content scope of the new instruction were defined.

The new model-specific assembly manual was produced for the jaw crusher product family. This improved the compactness and clarity of the manual. The instructions were made more visual, enhancing unambiguity and the speed of information retrieval. The new manual will be used globally, so it was written in English.

The new assembly manual facilitates the integration of product updates for jaw crushers, allowing for easier addition of instructions. Additionally, it serves as a useful tool for introducing new employees to the assembly process. It is also more fluent to make corrections and changes to individual model manuals without affecting the entire product family.

---

Key words: assembly instruction, jaw crusher, assembly, rock crushing, DFA

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	5
2	TOIMEKSIANTAJAN ESITTELY.....	6
3	LEUKAMURSKAIN .....	7
	3.1 Kivenmurskausprosessi .....	7
	3.2 Murskaimet .....	9
	3.3 Leukamurskain.....	10
	3.4 Nordberg C -sarjan leukamurskain.....	10
4	KOKOONPANO .....	13
	4.1 Kokoonpanojärjestelmät.....	13
	4.2 Kokoonpanon kehittäminen.....	16
	4.3 Kokoonpano-ohje .....	17
	4.4 Kokoonpano-ohjeen kehittäminen.....	18
5	KOKOONPANO-OHJEEN TEKEMINEN .....	19
	5.1 Taustatutkimus ja rajaus .....	19
	5.2 Kokoonpanoon perehtyminen .....	20
	5.3 Ohjeen rakenne.....	22
	5.4 Ohjeen tekeminen .....	22
6	JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA.....	26
	LÄHTEET.....	28
	LIITTEET .....	30
	Liite 1. Kokoonpanopiirustus .....	30

# 1 JOHDANTO

Leukamurskaimia käytetään monilla teollisuuden aloilla ja niihin kohdistuvat suorituskyvyn ja luotettavuuden vaatimukset kasvavat jatkuvasti. Tämä aiheuttaa tuotekehitykselle ja suunnittelulle haasteen löytää parempia ratkaisuja. Murskainten rakenteen päivittyessä uusien ratkaisujen myötä kokoonpano-ohjeiden ylläpidon merkitys kasvaa.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on leukamurskainten kokoonpano-ohjeen kehittäminen toimeksiantajalle Metso Oy:lle. Työssä tutkitaan millainen kokoonpano-ohjeen tulisi olla, jotta se hyödyttäisi paremmin asentajia ja suunnittelijoita heidän työssään. Tarkoituksena on kehittää tulosten perusteella käytössä olevaa kokoonpano-ohjetta vastaamaan muuttuneita vaatimuksia.

Käytössä olevan kokoonpano-ohjeen rakennetta kehitettiin perehtymällä konkreettisesti kokoonpanoon ja sen vaiheisiin. Työn aikana suoritettiin haastatteluja suunnittelijoille ja kokoonpanijoille, joiden asiantuntemus sekä kehitysideat olivat tärkeä osa uuden ohjeen luontiprosessia. Näiden perusteella luotiin uusi kokoonpano-ohje leukamurskaimille.

## 2 TOIMEKSIANTAJAN ESITTELY

Tämän opinnäytetyön toimeksiantaja oli Metso Finland Oy, joka on maailmanlaajuisesti tunnettu tuotteiden ja palveluiden tarjoaja kivenmurskauksessa, mineraalien käsittelyssä sekä metallinjalostamisessa. Yhtiö pyrkii toiminnallaan edistämään kestävästä kehityksestä teknologioita omalla alallaan ja sen tavoitteisiin kuuluu oman toimintonsa CO<sub>2</sub>-nettopäästöjen laskeminen nolliin. Yhtiö työllistää maailmanlaajuisesti yli 17 000 työntekijää noin 50 maassa. Sen vuoden 2023 liikevaihto oli 5,4 miljardia euroa, joista kivenmurskaussegmentin osuus oli 25 %. (Metso 2024a.)

Metsolla on toimipiste Tampereen Hatunpäällä, joka on ollut toiminnassa vuodesta 1915 alkaen. Tehdasalueella työskentelee yli 800 henkilöä, jotka työskentelevät murskainten ja seulojen, sekä niiden tela-alustaisten versioiden, kokoonpanossa, suunnittelussa, varaosaorganisaatiossa ja tilausten käsittelyssä. Alueella sijaitsee lisäksi testilaitos ja kivilaboratorio. (Metso 2023.) Kuvassa 1 esitetään Metson Lokotrack EC-sarjan tela-alustainen kartiomurskain.



KUVA 1. Lokotrack EC-sarjan LT350C kivenmurskauksessa (Metso 2024d).

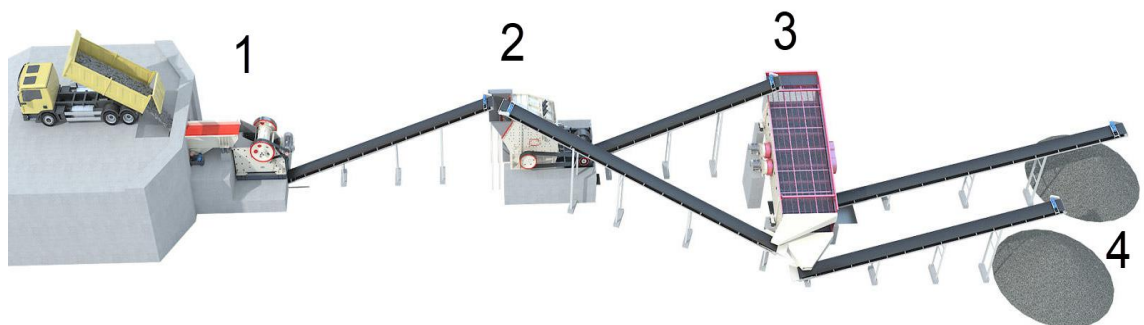
Kuvassa 1 näytetään Metson vuonna 2024 julkaisema diesel-sähkökäyttöinen Lokotrack EC-sarjan tela-alustainen kartiomurskain Lokotrack LT350C. Se on täysin sähkötoiminen eli sitä voidaan käyttää ulkoisesta virtalähteestä tai runkoon integroiduilla dieselgeneraattoreilla. (Metso 2024d.)

### 3 LEUKAMURSKAIN

Tässä osiossa käsitellään leukamurskaimen käyttöä. Aluksi esitetään kivenmurskausprosessia ja tämän jälkeen käydään läpi leukamurskaimen rakennetta ja toimintaa.

#### 3.1 Kivenmurskausprosessi

Kivenmurskausprosessi on tärkeä osa kaivos- ja rakennusteollisuutta. Murskaus on tyypillisesti toteutettu 2–3 vaiheessa, jossa murskattava kiviaines eli syöte ajetaan kolmen murskaimen läpi. Tavallisen murskausprosessin vaiheita ovat esi-, väli- ja hienomurskaus. Prosessissa käytetään murskainten lisäksi syöttimiä, kuljettimia ja seuloja. (Paalumäki, Lappalainen & Hakapää 2015, 218–219.) Kuvassa 2 näytetään esimerkki kaksivaiheisen murskausprosessin toteutuksesta.



KUVA 2. Kaksivaiheinen kivenmurskausprosessi (Yang 2020, muokattu).

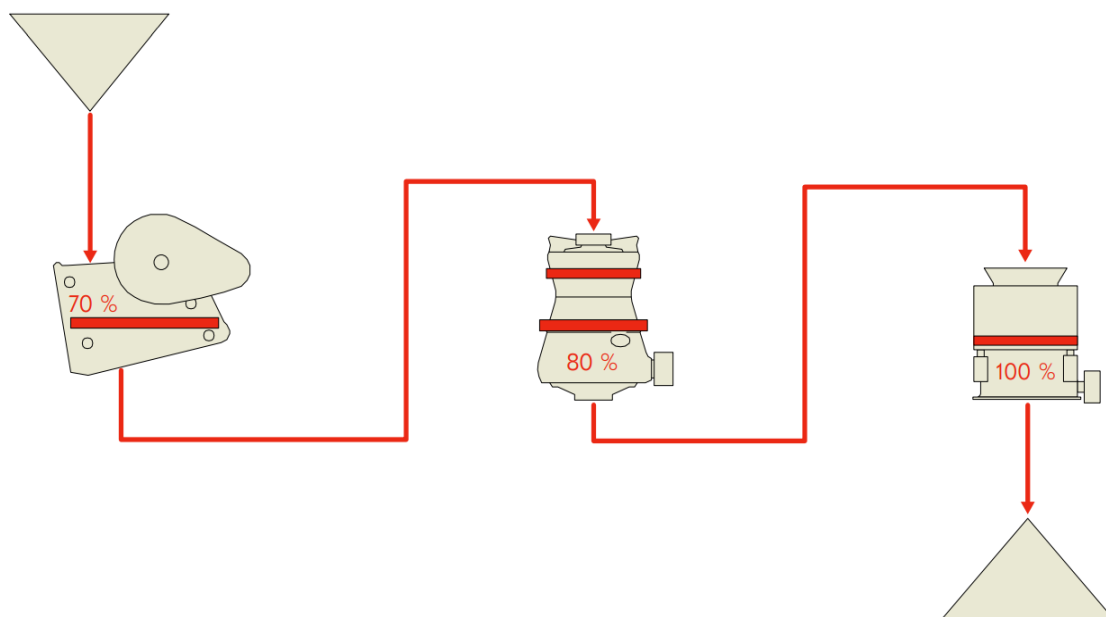
Kuvassa 2 esitetään kaksivaiheinen kivenmurskausprosessi, jossa syöte tuodaan kuorma-autolla esimurskaimelle (1). Tämän jälkeen kuljetin vie murskatun syötteen hienomurskaimelle (2), jonka jälkeen toinen kuljetin vie murskeen seuralle (3). Siinä kiviaines lajitellaan kahteen materiaalipinoon (4) ja raekooltaan liian suuri kiviaines viedään kuljettimella takaisin hienomurskausvaiheeseen.

Esimurskauksessa louhittu syöte pienennetään prosessin seuraavia vaiheita varten, jotta se soveltuu paremmin kuljettimilla siirrettäväksi. Tyypillisesti tässä

käytetään leukamurskainta, jolla on hyvä syötteen vastaanottokapasiteetti. (Paalumäki ym. 2015, 218–219.)

Välimurskausvaiheessa syntyy karkeaa kiviainesta, joka soveltuu viimeiseen vaiheeseen eli hienomurskaukseen. Vaiheen tavoitteena on alhaiset kustannukset murskaussuhteeseen verrattuna. Tämän takia tavanomaisesti siinä käytetään kartiomurskaimia. Välimurskauksella saatavia tuotteita voidaan käyttää myös esimerkiksi tienpohjaan. (Paalumäki ym. 2015, 219.)

Hienomurskauksessa syöttestä tehdään lopputuotetta, joka voidaan vielä lajitella seulan avulla omiin materiaalikasoihin. Tarkoituksena on tuottaa laatuvaatimuksia vastaavaa tuotetta kaivos- ja kiviainesteollisuuteen. Vaiheessa käytetään tyypillisesti isku- tai kartiomurskaimia materiaalin ominaisuuksien mukaan. (Paalumäki ym. 2015, 219.) Kuvassa 3 esitetään yksinkertaistettu esimerkki kolmivaiheisesta kivenmurskausprosessista.



KUVA 3. Yksinkertaistettu kolmivaiheinen murskausprosessi (Metso 2011).

Kuvassa 3 esitetään, miltä kolmivaiheinen murskausprosessi näyttää ilman seuloja, syöttimiä ja kuljettimia. Esimurskaimena toimii leukamurskain, välimurskaimena on kartiomurskain ja hienomurskaimena karamurskain. Niissä näkyvät prosentit kuvaavat niiden murskauskapasiteetin käyttöastetta. Leuka- ja kartiomurskaimien käyttäminen vajaalla murskauskapasiteetilla mahdollistaa

vaihtelevan syötteen käsittelyn alkupään murskausvaiheissa ilman prosessin keskeytyksiä. Hienomurskaimen käyttäminen täydellä kapasiteetilla maksimoi prosessin tuotantokapasiteetin. (Metso 2011.)

### 3.2 Murskaimet

Kivenmurskaimet jaetaan niiden toimintaperiaatteen perusteella kahteen pääkategoriaan, isku- ja puristusmurskaimiin. Tavanomaisesti murskausprosessissa käytetään iskumurskaimia syötteen ollessa pehmeää tai haurasta. Murskaus tapahtuu nopeasti pyörivän roottorin tai siihen kiinnitettyjen vasaroiden osuessa syötteeseen. (Paalumäki ym. 2015, 218.)

Puristusmurskaimiin kuuluvat valssi-, kartio-, kara- ja leukamurskaimet. Näiden murskaus perustuu kiven murtumiseen kahden kiveä puristavan kulutuspinnan välissä. Tyypillisesti kovan kiven murskausprosesseissa käytetään puristusmurskaimia. (Paalumäki ym. 2015, 218.) Kuvassa 4 esitetään Metson kivenmurskainmallisarjat.



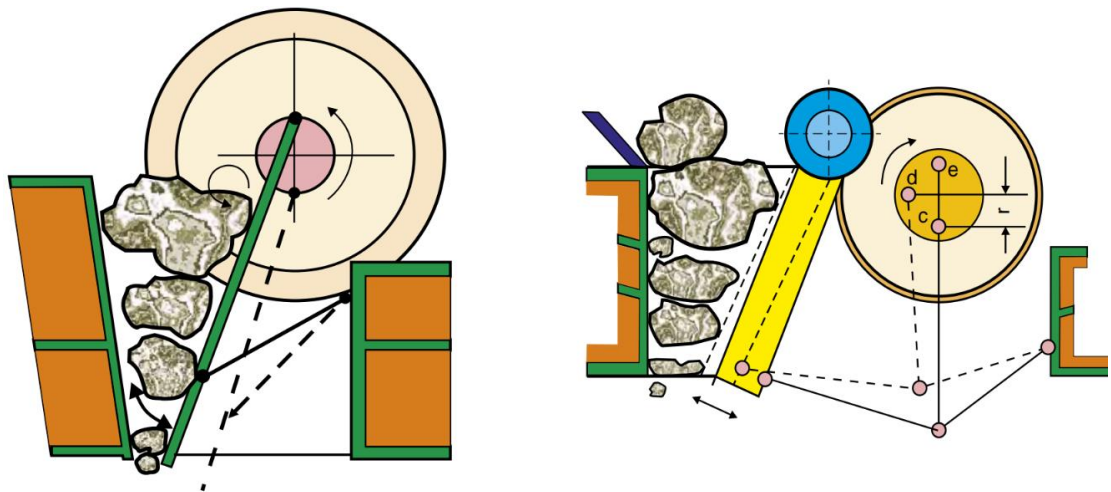
KUVA 4. Metson kivenmurskaintarjonta (Metso 2024b, muokattu).

Kuvassa 4 näytetään Metson kivenmurskainmallisarjat, joihin isku- ja puristusmurskaimet kuuluvat. Nordberg NP- ja Barmac-sarja muodostavat

iskumurskaintarjonnan. Puristumurskaimiin kuuluvat Nordberg C-, HP-, GP- sekä HRC-tuoteperheet. (Metso 2024b.)

### 3.3 Leukamurskain

Leukamurskaimessa puristumurskaus tapahtuu liikkuvan leuan puristaessa kiviainesta kiinteää leukaa vasten, jolloin kivi halkeaa. Tämä on toteutettu leukamurskaimissa kahdella eri toimintatavalla, jonka takia ne jaetaan kierto- ja heilurityyppisiin leukamurskaimiin. (Gupta & Yan 2006, 99–101.) Kuvassa 5 esitetään leukamurskaintyyppit.



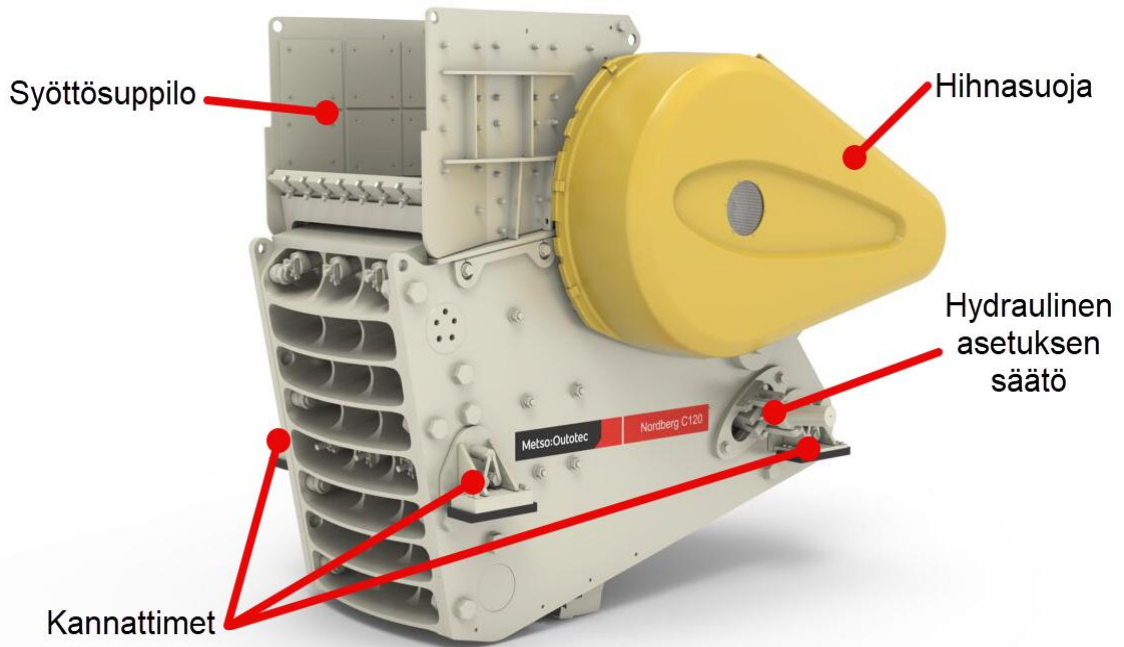
KUVA 5. Kierto- ja heilurityyppisen leukamurskain toimintaperiaate (Paalumäki ym. 2015, 222).

Kuvassa 5 vasemmalla näytetään kiertotyyppileukamurskain, jossa epäkeskoakseli on kiinni liikkuvan leuan yläpäässä ja siinä on yksi työnninlaatta. Oikealla puolella on esitettyä heilurityyppinen ratkaisu, jossa epäkeskoakseli on liikkuvan leuan takana ja yhdistettynä kahteen nivelöityyn työnninlaattaan. Yhden työnninlaatan ratkaisu eli kiertomurskain on enemmän käytetty ratkaisu, koska sen murskauskkyky on parempi. (Paalumäki ym. 2015, 221.)

### 3.4 Nordberg C -sarjan leukamurskain

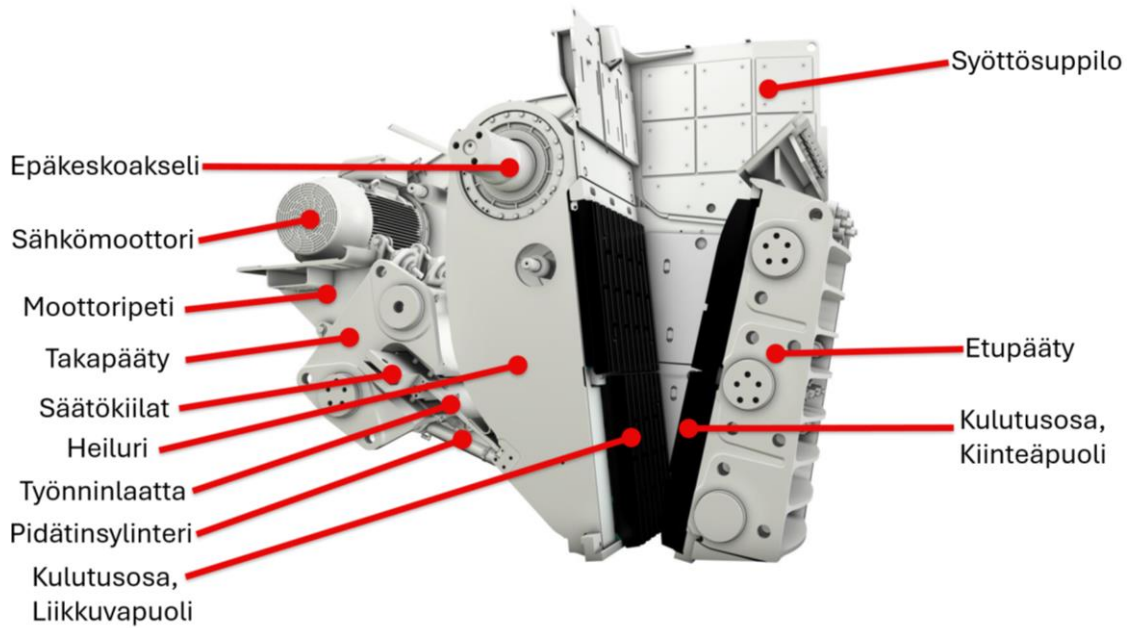
Nordberg C-sarja on Metson leukamurskaintuoteperhe, johon kuuluu yhdeksän mallia. Pienin malli on C80 ja sen nimi tulee murskaimen kidan leveydestä, joka on 800 mm ja vastaavasti suurimman mallin eli C200:n kidan leveys on 2 000

mm. Kaikki tuoteperheen mallit ovat kiertomurskaimia ja niiden runko on tehty valu- ja kuumavalssatusta teräksestä, jotka ovat kiinnitetty toisiinsa ruuviliitoksilla. (Metso 2024b.) Kuvassa 6 esitetään Nordberg tuoteperheen C120 leukamurskain.



KUVA 6. Metso Nordberg C120 -leukamurskain (Metso 2024c, muokattu).

Kuvassa 6 esitetään Nordberg C120 leukamurskain, joka on varustettu syöttösuppilolla, hihnapyörien suojilla ja hydraulisesti toimivalla asetuksen säädöllä. Näillä lisävarusteilla murskainta voidaan käyttää esimerkiksi kiinteässä murskainketjussa esimurskaimena. (Metso 2024b.) Kuvassa 7 esitetään Nordberg C -sarjan leukamurskaimen rakenne.



KUVA 7. Leukamurskaimen rakenne (Metso 2024c, muokattu).

Kuvasta 7 on piilotettu murskaimen vasemmanpuoleinen sivulevy, jotta sen taakse jäävät komponentit näkyvät paremmin. Leukamurskaimen rakenne koostuu osittain isoista ja painavista valukomponenteista. Näitä ovat etu- ja takapääty sekä heiluri, jonka paino on murskaimen mallista riippuen noin 1 200–20 000 kg. (Metso 2024b.)

Metson Nordberg C-sarjan leukamurskaimen rakenne perustuu kiertomurskaimen toimintaan eli siinä on epäkeskoakseli heilurin yläpäässä ja yksi työnninlaatta. Puristusmurskaus syntyy sähkömoottorin pyörittäessä hihnojen välityksellä epäkeskoakselia. Tällöin alapäästä työnninlaatalta tuettu heiluri aiheuttaa puristuksen etupäädyn kiinteän ja heilurin liikkuvan kulutusosan välissä olevaan syötteeseen. (Metso 2011.)

Asetuksensäätökiilojen ja heilurin välissä sijaitsevan työnninlaatan pitää paikoillaan pidätinsylinteri. Murskaustilanteessa työnninlaatta ottaa vastaan siinä syntyvät voimat. Murskatun syötteen kokoon vaikutetaan murskaimen asetuksella, jota muutetaan säätökiiloilla. (Metso 2011.)

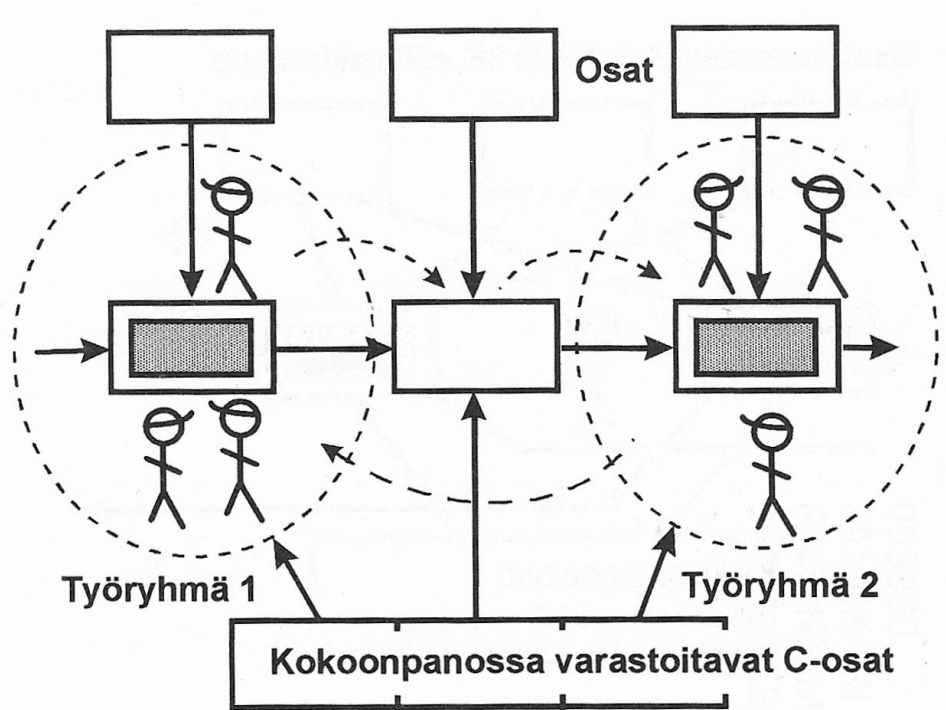
## **4 KOKOONPANO**

Kokoonpano tarkoittaa valmistavassa tehtaassa osien tai osakokoonpanojen toisiinsa liittämistä, jolloin niistä tulee valmiita tuotteita tai osakokoonpanoja. Osat ovat yrityksen itse valmistamia tai alihankintaverkoston kautta hankittuja. Kokoonpanosta eroavalla asennuksella tarkoitetaan asiakkaan luona suoritettavaa laitteen tai koneen kokoonpanoa. (Lapinleimu, Kauppinen & Torvinen 1997, 111.)

Jalostusarvoa tuottavan työn osuus kokoonpanossa on tutkimuksen mukaan 20–40 % kokonaistyöajasta, mikä tarkoittaa osien tai osakokoonpanon liittämiseen käytettyä aikaa. Kokoonpanoon kuuluu usein osien liittämisen lisäksi niiden pintakäsittely-, hydraulikka-, putki- ja sähkötyövaiheita. Suuri osa ajasta kuluu toimintoihin, jotka eivät kasvata jalostusarvoa, kuten tuotteiden logistiikkaan, tarkastuksiin ja käsittelyyn. (Malmberg & Kauppinen. 1987, 1.)

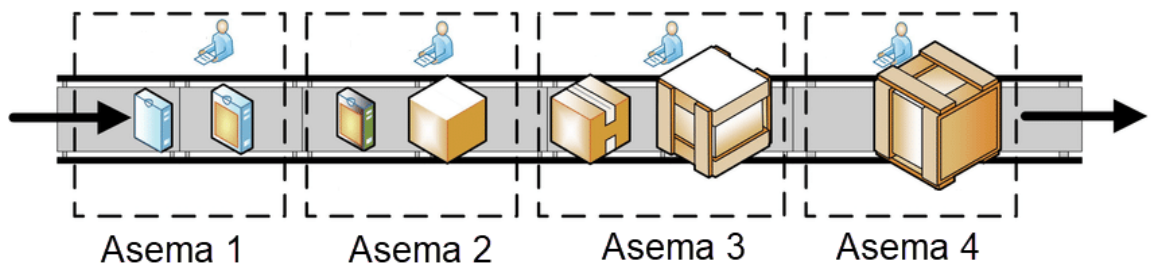
### **4.1 Kokoonpanojärjestelmät**

Kokoonpanojärjestelmät jaetaan pääasiallisesti kahteen ryhmään: paikka- ja linjakokoonpanoon. Yksittäisten, suurten ja muutamien tuotteiden tuotannossa yleisin ratkaisu on paikkakokoonpano, jossa tuote kootaan yhdessä paikassa. Tuotteen mukaan kokoonpano tapahtuu yhden henkilön tai ryhmän toimesta. Kokoonpanon vaiheet voidaan jakaa ryhmän sisällä kategorioittain, kuten mekaniikka, hydraulikka ja sähkötyöt. (Lapinleimu ym. 1997, 112.) Kuvassa 8 esitetään linjakokoonpanojärjestelmä.



KUVA 8. Linjakokoonpanojärjestelmän toimintaperiaate (Lapinleimu ym. 1997, 114)

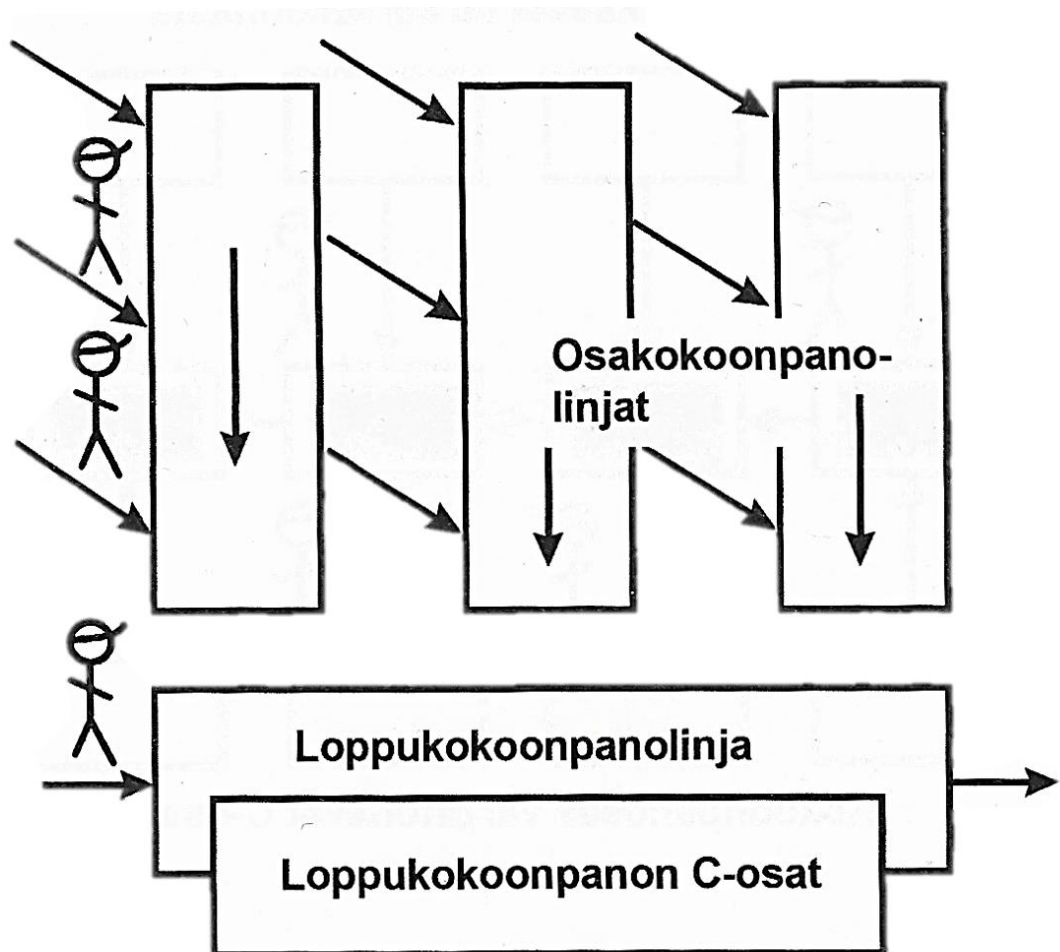
Kuvan 8 mukaisessa linjakokoonpanossa koontivaiheet ovat jaettu linjan asemille, joita kuvassa on kolme. Niillä on määrätty työkohtaiset välineet. Kokoonpanijat suorittavat tuotteen kokoonpanovaiheet siirtyen linjalla tuotteen mukana asemalta toiselle. Tuotteen kokoonpanon jälkeen kokoonpanijat siirtyvät takaisin linjan ensimmäiselle asemalle ja aloittavat uuden tuotteen kokoonpanon. Tämän kaltaista kokoonpanojärjestelmää sovelletaan usein suurten erien kokoonpanossa, sillä se on toimiva ratkaisu erätuotannossa. (Lapinleimu ym. 1997, 112.) Kuvassa 9 näytetään esimerkki linjakokoonpanosta.



KUVA 9. Esimerkki suorasta kokoonpanolinjasta (Pinarbasi 2021, muokattu).

Linjakokoonpano voidaan toteuttaa kuvan 9 mukaisesti eli liukuhihnatuotannon tyyllisesti. Siinä kokoonpanijat työskentelevät määrätyillä asemilla eivätkä liiku koneen tai tuotteen mukana seuraavalle asemalle. Tätä menetelmää käytetään yleisesti suurten tuotantoerien valmistukseen ja massatuotannossa. (Lapinleimu ym. 1997, 112.)

Kokoonpanotehdasta käytetään suurien tuotteiden ja tuotantomäärien valmistukseen. Tehtaan toiminta perustuu loppukokoonpanolinjaan, jolle paikka- ja linjakokoonpanot valmistavat osia sekä osakokoonpanoja. Loppukokoonpanon jälkeen tulevat työvaiheet suoritetaan usein myös kokoonpanotehtaalla. Näitä ovat esimerkiksi maalaus, lopputarkastus ja koekäyttö. (Lapinleimu ym. 1997, 112.) Kuvassa 10 näytetään esimerkki kokoonpanotehtaan toimintaperiaatteesta.



KUVA 10. Kokoonpanotehtaan toimintaperiaate (Lapinleimu ym. 1997, 114).

Kuvassa 10 esitetään kokoonpanotehtaan yksinkertaistettu tuotannon sijoittelumalli. Sen toimintaperiaate pohjautuu loppukokoonpanolinjalle, jolle osakokoonpanolinjat tuottavat osakokoonpanoja. Alaviistossa olevat nuolet kuvaavat tehtaalle tuotuja osia ja komponentteja, jotka toimitetaan osakokoonpanolinjan vaiheille. Loppukokoonpanon C-osilla tarkoitetaan alihankintaketjusta saatuja osia ja yleisiä tarvikkeita, jotka toimitetaan suoraan loppukokoonpanolinjalle. (Lapinleimu ym. 1997, 112–114.)

## 4.2 Kokoonpanon kehittäminen

Kokoonpanon kehittämisessä yleensä pääsuuntana on tuotetta jalostavan työn osuuden lisääminen ja siinä tulee ottaa huomioon kaikki vaikuttavat tekijät. Kehittäminen aloitetaan tyypillisesti tuotteen rakenteesta, koska kokoonpano perustuu sen kokoonpantavuuteen, millä tarkoitetaan kuinka helposti, nopeasti ja kustannustehokkaasti kokoonpano voidaan suorittaa lopulliseksi tuotteeksi. Siihen tähtäävästä suunnittelumenetelmästä käytetään lyhennettä DFA (Design For Assembly) ja sen tavoite on nopeuttaa sekä helpottaa kokoonpanoa. (Lapinleimu ym. 1997, 121; Stone, McAdams & Kayyalethekkel 2003.)

Kokoonpanoprosessin ennakkosuunnittelu vaatii laajaa valmistelua ja organisoitua varmistaakseen tehokkaan ja häiriöttömän toiminnan. Aikaisemmassa vaiheessa tapahtuneella suunnittelulla päästään yleensä parhaisiin lopputuloksiin. Kokoonpanon onnistuminen edellyttää monien osa-alueiden, kuten tuotesuunnittelun ja hankintojen koordinoitua. Lisäksi riittävän informaation ja koulutuksen tarjoaminen kokoonpanijoille parantaa kokoonpanon sujuvuutta ja vähentää virheitä. (Lapinleimu ym. 1997, 121.)

Osa- ja kokoonpanopiirustukset ovat keskeisiä työkaluja kokoonpanijoille, sillä ne tarjoavat välttämätöntä tietoa ja ohjeistusta tuotteiden kokoamiseen. Osaluettelon avulla nämä piirustukset esittävät yksityiskohtaisesti, mitkä osat tarvitaan tuotteen rakentamiseen ja miten nämä osat liitetään yhteen. Lisäksi ne antavat tarkat ohjeet osien yhdistämiseksi, mikä auttaa varmistamaan tuotteen oikean ja tehokkaan kokoamisen. (Lapinleimu ym. 1997, 122.) Liitteessä 1 esitetään malli kokoonpanopiirustuksesta, jossa on integroituna osaluettelo.

### 4.3 Kokoonpano-ohje

Kokoonpano-ohjeiden on tarkoitus olla niin selkeitä ja järjestelmällisiä, että ne ohjaavat työntekijöitä toimimaan oikeassa järjestyksessä ja käyttämään oikeita työkaluja. Tämä auttaa minimoimaan tarvittavan perehdytysajan. Ohjeiden kehittämisen, ylläpidon ja jakelun tulee olla kustannustehokasta. Visuaaliset elementit, kuten valokuvat, piirrokset ja 3D-mallit ovat olennainen osa tehokkaita kokoonpano-ohjeita. Lisäksi on otettava huomioon tekijöiden kulttuuristausta, kielitaito ja osaamistaso, koska samat ohjeet eivät välttämättä toimi muissa kulttuureissa ja kielialueilla. (Haag, Salonen, Siltanen, Sääsäski & Järvinen 2011,14.)

Laajennettu todellisuus eli AR-teknologia (engl. augmented reality) tarjoaa mahdollisuuden parantaa manuaalista työtä tuomalla uudenlaista visuaalisuutta todellisiin työympäristöihin. Tämän ansiosta työntekijät näkevät esimerkiksi animaatioina, mihin kohtaan ja millä tavalla seuraava osa tulee asentaa. Näin ollen laajat selittävät tekstit eivät ole enää tarpeen. Pitkän tähtäimen tavoitteena on kehittää kielestä ja kulttuurista riippumattomia maailmanlaajuisia työohjeita, jotka yksinkertaistavat prosesseja ja tehostavat työn suoritusta kaikkialla maailmassa. (Haag ym. 2011,14.)

Kyselytutkimuksen mukaan työohjeet ovat pysyneet melko samanlaisina viime vuosina suomalaisissa yrityksissä, jotka valmistavat itse tuotteensa. Yleisimmin käytössä ovat edelleen osaluettelot ja piirustukset. Ohjeet laaditaan pääosin tekstitiedostoina, jotka sisältävät valokuvia ja kuvakaappauksia. Usein työohjeiden laatimisesta vastaa tuotanto, joka tulostaa ja jakaa ne työpisteille. Joissakin tapauksissa kaikkia työvaiheita ei ole dokumentoitu, koska on katsottu työntekijöiden laajan ammattitaidon tekevän siitä tarpeetonta. (Haag ym. 2011, 16–17.)

Työohjeet ovat tyypillisesti A4-formaatissa ja ne ovat saatavilla sähköisesti työpisteiden tietokoneilla. Tämä mahdollistaa ohjeiden nopeamman päivittämisen ja luo varmuutta, että työntekijät käyttävät ajantasaisia ohjeita. Suomalaisille konepajoille tyypillisiä ovat räätälöidyt tuotteet ja lyhyet sarjat, mikä tekee yksittäisten tuotekohtaisten työohjeiden laatimisen haastavaksi. Ihanteellisesti tuotekohtaiset työohjeet pitäisi pystyä luomaan automaattisesti jokaiselle tuotteelle, jotta työtehtävien toteuttaminen olisi mahdollisimman tehokasta. (Haag ym. 2011, 16–17.)

#### 4.4 Kokoonpano-ohjeen kehittäminen

Ohjeet on kehitetty auttamaan operaattoreita heidän työssään tukemalla heidän ajatteluprosessejaan. Tämä tarkoittaa, että ohjeet on tehty mahdollisimman selkeiksi ja ymmärrettäviksi, mikä auttaa vähentämään työntekijän henkistä rasitusta. (Mattsson, Fast-Berglund & Li 2016.)

Tutkimuksen (Mattsson ym. 2016.) mukaan kuvapohjaiset ohjeet ovat toimivampi ratkaisu tekstipohjaisiin verrattuna. Visuaaliset apuvälineet auttavat vähentämään aikaa ja virheitä kokoonpanoprosessissa, koska ne ovat helpommin seurattavia ja kuvaavat tehtäviä selkeämmin. (Mattsson ym. 2016.)

Ohjeiden tulisi olla yksinkertaisia ja sujuva rakenteisia, jotta voidaan välttää tiedon ylikuormitus. Tämä sisältää vaiheiden määrän minimoimisen ja olennaisen tiedon keskittymisen, jotta operaattoria ei kuormiteta liikaa. (Mattsson ym. 2016.)

Kokoonpano-ohjeen kehittäminen voidaan jakaa Söderberg, Johansson & Mattsson (2014) tutkimuksen perusteella yhdeksään vaiheeseen seuraavasti:

- Ohjeen jakaminen selkeisiin vaiheisiin
- Lopputuotteen ja monimutkaisten vaiheiden esittelyn erottelu
- Ulkoasun yhdenmukaistaminen
- Kuvien selkeyden ja realistisuuden arvioiminen
- Samankaltaisten osien erojen korostaminen
- Merkityksellisyyden korostaminen monimutkaisissa ja vähemmän merkittävissä vaiheissa
- Tarpeettoman tiedon poistaminen
- Hierarkkisen analyysin käyttäminen
- Ohjeen testaaminen ja käyttäjien haastattelu (Söderberg ym. 2014).

Näitä yhdeksää vaihetta soveltamalla voidaan tukea työntekijöiden kognitiivisia prosesseja ja parantaa näin heidän suorituskyykyään ja tuottavuuttaan. Ohjeet käsittelevät muun muassa ohjeiden rakenteen suunnittelun, visuaalisen esityksen optimoinnin ja tarpeettoman tiedon karsimisen. Tutkimus korostaa, että ohjeiden kehittämisessä on tärkeää ottaa huomioon työntekijöiden näkökulma ja heidän tarpeensa käytännön työssä. (Söderberg ym. 2014.)

## **5 KOKOONPANO-OHJEEN TEKEMINEN**

Metsolla on käytössä oleva leukamurskainten kokoonpano-ohje, jossa kokoonpanoprosessi on jaettu osakokoonpanojen perusteella vaiheisiin. Sen tarkoitus on täydentää kokoonpanon perusohjeistusta, joka muodostuu tuotetietoihin liittyvistä dokumenteista. Ohje opastaa kokoonpanijaa kiinnittämään huomiota kokoonpanon laadun kannalta tärkeisiin kohteisiin, joilla varmistetaan vaatimusten mukaisten tuotteiden valmistaminen. Se sisältää kaikki tuoteperheen murskaimet, joissa mallien väliset eroavaisuudet kokoonpanossa on tarkennettu vaiheen ohjeistuksessa.

Uudesta ohjeesta halutaan tehdä murskainmallikohtainen. Näin vaiheita voidaan ohjeistaa tarkemmin, kokoonpanon tiedot ovat keskitetympin ja visuaalista esittämistä voidaan lisätä. Samalla päivitetään ohjeistus vastaamaan uusia ja päivitettyjä murskainmalleja.

### **5.1 Taustatutkimus ja rajaus**

Työ aloitettiin perehtymällä käytössä olevaan kokoonpano-ohjeeseen ja siinä viitattuihin leukamurskainten kokoonpanossa käytettäviin dokumentteihin. Näihin lukeutuivat kokoonpanovaiheissa viitatu osakokoonpanopiirustukset ja tarkentavia asennusohjeita sisältävät spesifikaatiot. Niissä mainitut tiedot kirjattiin mallikohtaisesti talteen uutta kokoonpano-ohjetta varten.

Suunnittelutiimin kanssa pidetyssä keskustelussa käytiin läpi käytössä oleva kokoonpano-ohje ja määriteltiin uuden ohjeen kattavuuden rajat. Tämän lisäksi haluttiin lisätä kokoonpanoprosessin visuaalista esittämistä ja parantaa ohjeen päivitettävyyttä. Ohjeen muoto haluttiin vaihtaa mallikohtaiseksi, jolloin kokoonpanovaiheen ohjeistuksesta saataisiin tiivistetympi ja helppolukuisempi.

Uudesta ohjeesta haluttiin tehdä lisäksi kokoonpanijoiden kannalta toimivampi ja tuoda vaiheiden ohjeistukseen niin kutsuttua hiljaista tietoa. Tällä tarkoitetaan ammattitaidon ja kokemuksen myötä karttunutta tietoa, jota ei ole dokumentoitu. Tämän takia suunniteltiin järjestettäväksi leukamurskainten kokoonpanon

perehdyttämiskaus, jonka tarkoituksena oli perehtyä kokoonpanoon kokoonpanijain roolissa. Sen aikana oli tavoitteena osallistua useamman eri murskainmallin kokoonpanon jokaiseen vaiheeseen.

## **5.2 Kokoonpanoon perehtyminen**

Kokoonpanoon perehtyminen suoritettiin Metson Tampereen tehtaalla. Kokoonpanon tekemisen lisäksi haastateltiin noin kymmentä kokoonpanon työntekijää. Tarkoituksena oli selvittää, mitä dokumentteja he käyttävät kokoonpanoon liittyvien tietojen etsimisessä ja kuinka usein he ovat käyttäneet vanhaa kokoonpano-ohjetta.

Haastattelussa selvisi, että yleisimmin käytettyjä dokumentteja olivat osakokoonpanopiirustus ja osaluettelo. Niitä käytettiin tyypillisesti, kun murskainten päivitysten myötä on tullut uusia osia tai niiden kokoonpantavuus on muuttunut. Kokoonpano-ohjetta he eivät olleet vähään aikaan tarvinneet, koska he osaavat ohjeistuksen ulkoa.

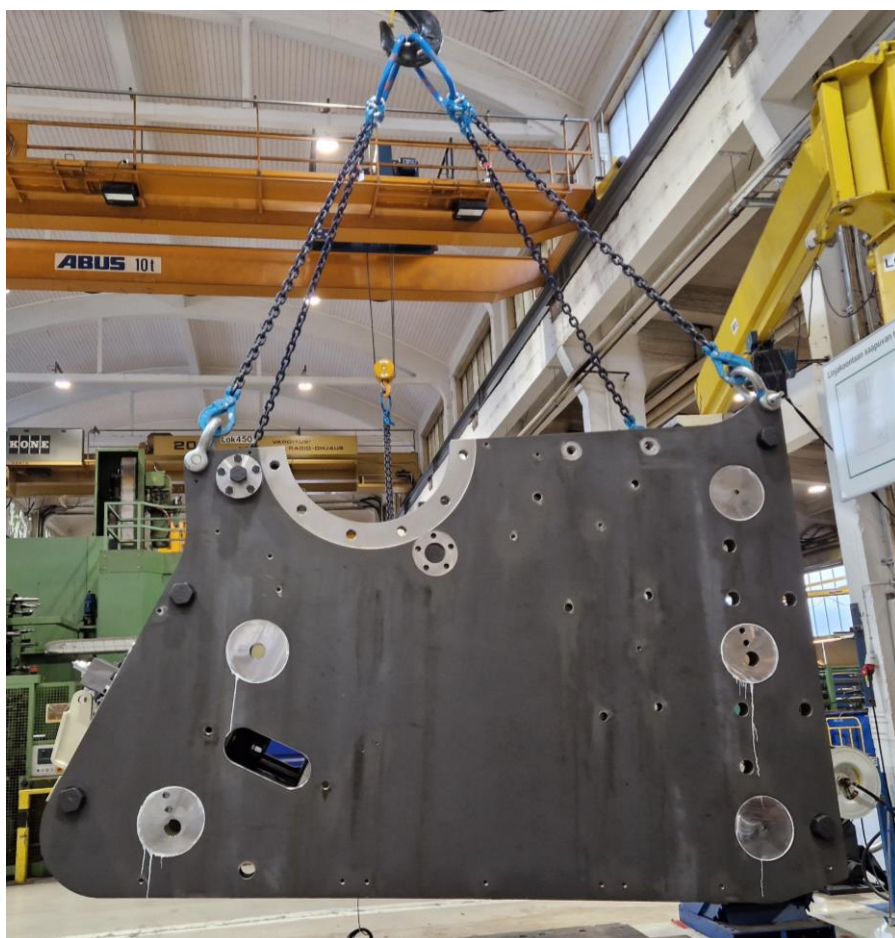
Uuden ohjeen haluttiin hyödyttävän kokoonpanoprosessia mahdollisimman paljon. Sen vuoksi kokoonpanijoilta kerättiin haastattelujen avulla kehitysehdotuksia siitä, miten heidän näkökulmastaan kokoonpano-ohjetta kannattaisi uudistaa ja mitä sen tulisi sisältää. Tällöin ohjeesta saataisiin enemmän hyötyä kokoonpanoprosessissa.

Ohjeesta haluttiin visuaalisempi, jolloin se vähentäisi tarvetta käyttää osakokoonpanopiirustuksia. Murskaimen konfiguraatioiden tuomia eroja kokoonpanon ohjeisiin voitaisiin tarkentaa, koska ne vaikuttavat kokoonpantavuuteen. Raskaiden osakokoonpanojen nostoja tehdään työpäivän aikana useita ja niistä on tehty erilliset nosto-ohjeet. Tästä huolimatta ohjeeseen voisi lisätä murskaimen rakenteesta eroavien osakokoonpanojen nostokuvat, joissa esitetään nostokohdat ja massakeskipiste sekä asento, jossa kappale nousee.

Kokoonpanijoiden antaman palautteen perusteella kokoonpano-ohjeelle ei pääpiirteittäin ole akuuttia käyttöä, vaan se on satunnaisempaa tietojen tarkastamista varten. Heidän näkökulmastaan ohje on hyödyllinen uusien työntekijöiden

perehdyttämisessä leukamurskainten kokoonpanoon. Tämä korostuu tapauksissa, joissa henkilöllä ei ole tai on vain vähäistä kokemusta kokoonpanotyöstä. Tällöin ohje auttaa ymmärtämään työn vaiheet ja vähentämään virheiden mahdollisuutta.

Kokoonpanon vaiheisiin perehtyessä seurattiin tarkasti käytettyjä menetelmiä ja suoritustapoja. Tämä auttoi ymmärtämään koko prosessin yksityiskohtaisesti ja havaitsemaan mahdolliset eroavaisuudet nykyisen kokoonpano-ohjeen ja todellisen työskentelytavan välillä. Käytännön kokemus oli arvokasta, sillä se tarjosi todellista näkemystä siitä, mitä työssä vaaditaan ja mitkä ohjeistuksen osat saattoivat kaivata tarkempia ohjeita tai selvennystä. Kuvassa 11 esitetään kokoonpanon aikana suoritettu nostotilanne.



KUVA 11. Murskaimen runkokokoonpanon nostotilanne (Kuva: Mauri Jankkari).

Kuvassa 11 näytetään nostotilanne, jossa koottu runkokokoonpano siirretään sille tarkoitettuun paineilmalavetille. Tämän kaltaisia nostoja tehdään kokoonpanossa usein ja niissä käytetään tarkoituksen mukaisia nostoapuvälineitä.

Kokoonpanovaiheista kerättyä tietoa verrattiin käytössä olevaan ohjeeseen ja huomattiin, että monia yksityiskohtia ei ollut dokumentoitu täysin yksityiskohtaisesti. Havaittiin tiettyjen kokoonpanovaiheiden muuttuneen tai niissä oli käytetty uusia menetelmiä ja työkaluja, joita vanhassa ohjeessa ei mainittu. Tämä osoitti selkeästi päivitystarpeen, jotta ohjeet vastaisivat paremmin kokoonpanon työolosuhteita ja tekniikoita. Osittain dokumentoinnin vajaavaisuus selittyy vanhan ohjeen tarkoituksella, mikä oli täydentää perusohjeistuksia.

### **5.3 Ohjeen rakenne**

Ohjeen rakenne oli valmiiksi jaettu selkeisiin osioihin, jotka vastasivat hyvin kokoonpanon vaiheita. Uusi ohje laadittiin mallikohtaiseksi, jonka ansiosta ohjeistuksesta saatiin selkeämpi, koska mallikohtaisia eroavaisuuksia kokoonpanossa ei tarvinnut enää kirjata ohjeistuksen loppuun. Näin ohjeen rakenteesta saatiin tehtyä tiiviimpi ja ohjeistuksesta selkeämpi.

Ohjeistukset olivat kirjoitettuna suomeksi ja englanniksi, joka pidensi vaiheiden ohjeistusta merkittävästi. Ohje laadittiin maailmanlaajuista käyttöä varten, joten uusi versio kirjoitettiin vain englanniksi vähentäen vaiheen kirjallista osuutta merkittävästi.

Vanhassa ohjeessa vaihekohtaiset ruuviliitosten kiristysmomentit, asennus- ja välysmitat olivat taulukoituina ohjeistuksen yhteydessä, koska ohje kattoi kaikki murskainmallit. Uudessa mallikohtaisessa ohjeessa tiedot ilmoitettiin ohjeistuksessa, jolloin ne ovat esitettynä selkeämmin.

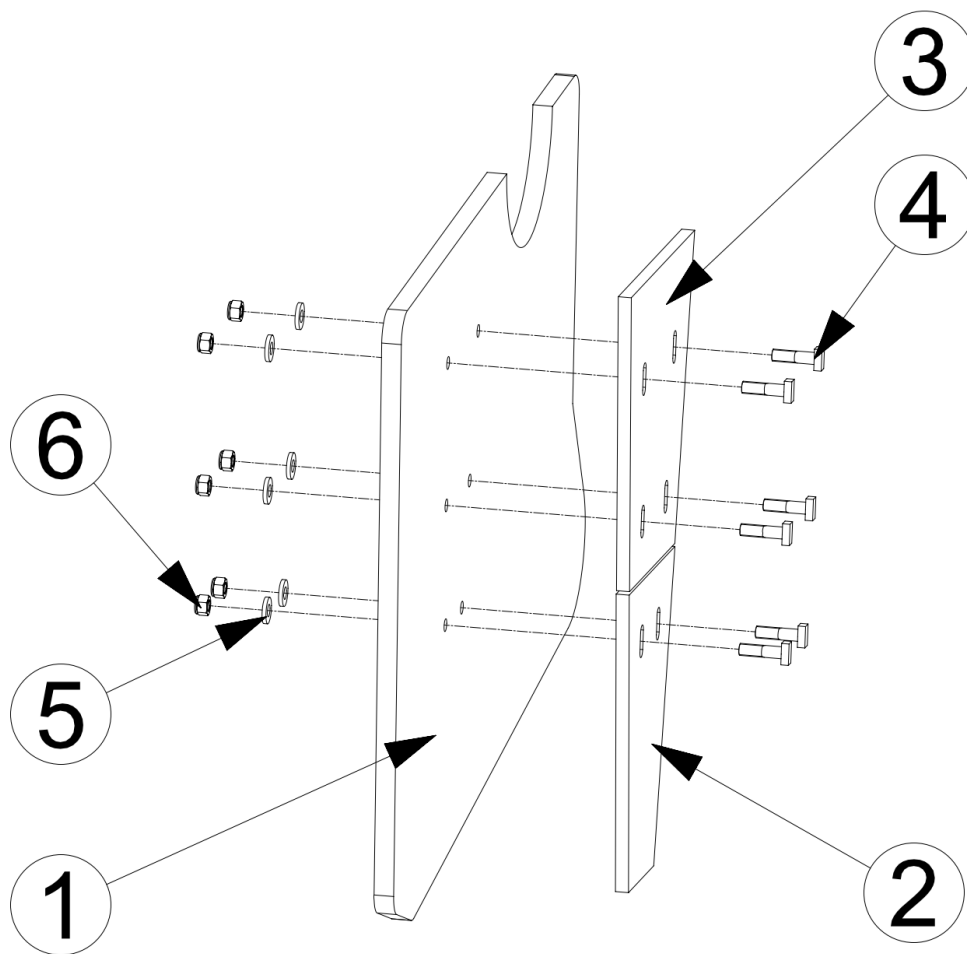
### **5.4 Ohjeen tekeminen**

Uutta ohjetta lähdettiin laatimaan A4-formaattiin, jolloin siitä pystytään tarpeen mukaan jakamaan paperisia kopioita työpisteille. Samalla se on yhtenäinen kokoonpanossa käytettävien muiden dokumenttien kanssa.

Vanhasta ohjeesta ja muista kokoonpanon ohjeistuksista kerättiin kokoonpanon tekniset tiedot. Näihin kuuluivat sallitut voiteluaineet, ruuviliitosten

kiristysmomentit, vällys- ja asennusmitat. Ohjeen kehittämisen yhteydessä oli hyvä tilaisuus tarkistaa niiden päivittämisen tarve.

Ohjeen jakaminen kokoonpanon vaiheisiin vastasi hyvin paljon vanhaa ohjetta. Vaiheiden ohjeistukseen lisättiin tarkennuksia ja räjäytyskuvia, joiden avulla onnistuttiin lisäämään ohjeen visuaalista esitystä sekä tukemaan kirjallista ohjeistusta. Räjäytyskuvat tarjosivat yksityiskohtaista tietoa eri komponenttien sijoittelusta ja niiden keskinäisistä suhteista, mikä oli olennaista onnistuneen kokoonpanon kannalta. Kuvassa 12 näytetään esimerkki räjäytyskuvasta.

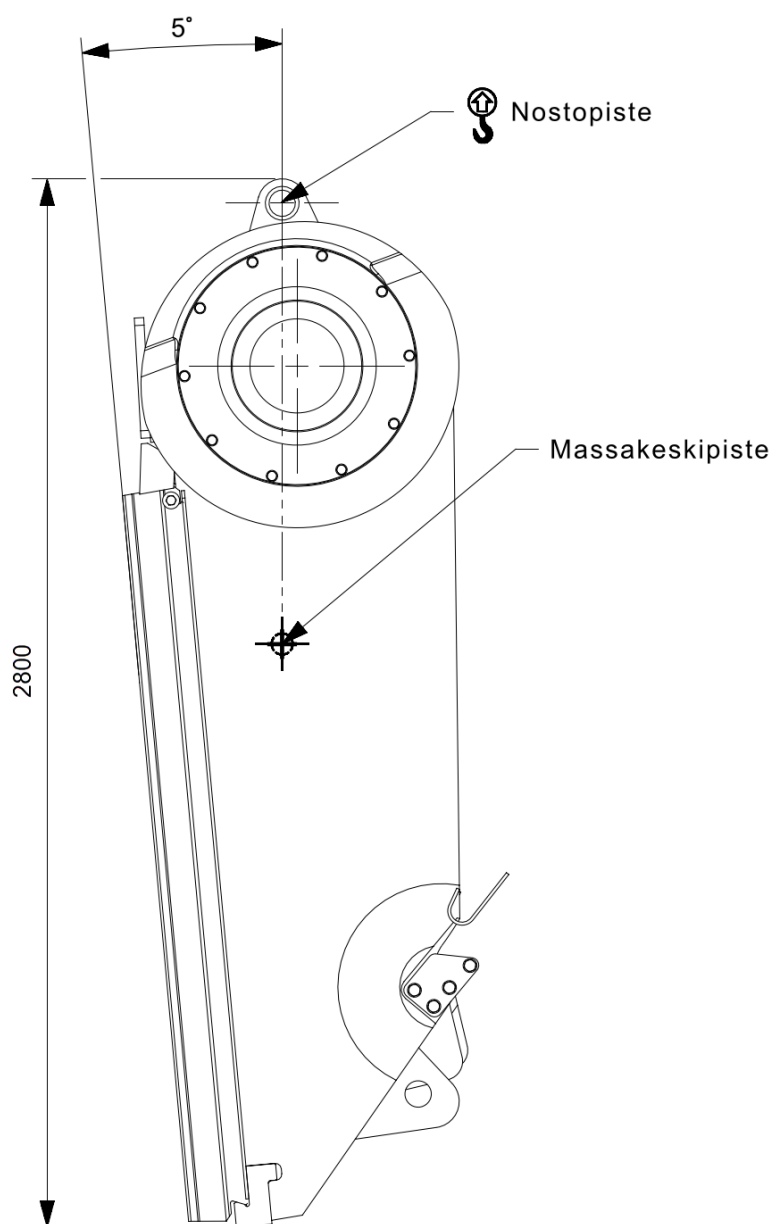


KUVA 12. Yksinkertaistettu räjäytyskuva ruuviliitoksen asennuksesta (Kuva: Metso).

Kuvassa 12 esitetään räjäytyskuva kulutuslevyjen kiinnityksestä ruuveilla murskaimen sivulevyyn. Osiin viittaavien numeropallojen avulla voidaan selkeyttää ohjeistusta, kun ohjelauseen jälkeen voidaan viitata numeroilla, mihin osaan ohjeistus viittaa. Kuvan ruuveista (4) lähtevillä katkoviivoilla voidaan selkeästi osoittaa,

mihin reikiin ne on tarkoitus asentaa. Näin voidaan yksiselitteisesti esittää asennustilanteet, joissa kappaleen kiinnitys virheellisesti on mahdollista.

Osien ja osakokoonpanojen piirustuksissa sekä nosto-ohjeissa esitetään valmiiksi nostoihin liittyviä ohjeita. Uuteen kokoonpano-ohjeeseen lisättiin nostokuvat vaiheille, joissa nostetaan murskaimen rakenteen kokoonpanoista eroavia osakokoonpanoja. Tämän avulla lisättiin nostoturvallisuutta. Kuvassa 13 näytetään esimerkki nostokuvasta.



KUVA 13. Osakokoonpanon nostokuva (Kuva: Metso).

Kuvassa 13 esitetään osakokoonpanon nostokuva. Siinä on merkittynä massakeskipiste ja nostamiseen tarkoitettu nostolenkki. Kokoonpanon asento nostamisen aikana on tärkeä tieto kokoonpanijalle. Tämän takia kuvaan on merkitty kokoonpanon suoran pinnan kulma pystysuoraan nähden. Lisäksi kappaleen pituus nostotilanteessa on tärkeää olla tiedossa.

Edellä esitetyillä tavoilla tehtiin mallikohtaiset kokoonpano-ohjeet aktiivisille leukamurskainmalleille. Ohje laadittiin Word-ohjelmalla ja siihen tulleet visuaaliset elementit tehtiin Siemens NX CAD -ohjelmalla. Uutta ja vanhaa kokoonpano-ohjetta käsiteltiin ainoastaan yleisellä tasolla, koska ne kuuluvat toimeksiantajan salassa pidettäväksi materiaaliksi.

## 6 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli kehittää Metso Finland Oy leukamurskainten kokoonpano-ohjeita vastaamaan uusia vaatimuksia ja päivitettyjä murskainmalleja. Työn tuloksena syntyi selkeät ja visuaalisesti havainnolliset mallikohdattaiset kokoonpano-ohjeet, jotka parantavat asentajien ja suunnittelijoiden työn tehokkuutta. Uudet ohjeet otettiin käyttöön maailmanlaajuisesti.

Kokoonpanon ja tuotannosuunnittelun tarpeet huomioitiin kehitystyössä ja tuloksena saatiin ohjeet, jotka tukevat nopeaa reagointia käyttäjäpalautteeseen ja teknisiin päivityksiin. Lisäksi ohjeet helpottavat uusien työntekijöiden perehdyttämistä ja edistävät kokoonpanon laatua ja yhtenäisyyttä.

Työn luotettavuus perustuu kattavaan taustatutkimukseen ja käytännön kokoonpanoprosessien analysointiin. Haastattelut suunnittelijoiden ja kokoonpanijoiden kanssa toivat esille kokoonpanon kriittiset vaiheet ja parannuskohteet, jotka huomioitiin uusissa ohjeissa. Työssä hyödynnettiin myös alan kirjallisuutta ja aikaisempia tutkimuksia, mikä lisäsi työn teoreettista pohjaa ja luotettavuutta.

Eettiset näkökohdat otettiin huomioon, kun varmistettiin, että kaikki kokoonpanossa käytettävät ohjeet ja materiaalit ovat turvallisia ja työntekijöiden hyvinvointia tukevia. Lisäksi varmistettiin, että ohjeiden kehitystyö tehtiin yhteistyössä käyttäjien kanssa ja heidän palautettaan kuunneltiin aktiivisesti.

Työn tavoitteet saavutettiin ja kokoonpano-ohjeiden uudistaminen onnistui hyvin. Uudet ohjeet vastaavat selkeästi asetettuja vaatimuksia parantaen kokoonpanon tehokkuutta ja laatua. Kehitystyö mahdollisti ohjeiden päivittämisen ja mukauttamisen muuttuvien tarpeiden mukaan.

Kehitysehdotuksena työn toimeksiantajalle jää mietittäväksi purettuna toimitettavien murskainten laajempien ohjeiden laatiminen, joko integroituna kokoonpano-ohjeeseen tai omana erillisenä ohjeenaan. Jatkotutkimuksena voidaan lisäksi tutkia, kuinka virtuaalitodellisuuden ja lisätyn todellisuuden teknologiat voivat mahdollisesti tuoda lisäarvoa kokoonpano-ohjeen lisäksi muihin ohjeistuksiin.

Näiden tutkimusaiheiden avulla voitaisiin kehittää entistä parempia ja tehokkaampia ohjeistuksia sekä uudenlaisia perehdyttämistapoja tulevaisuuden tarpeisiin.

Tulosten perusteella voidaan suositella, että Metso Finland Oy jatkaa kokoonpano-ohjeiden säännöllistä päivittämistä ja tarkentamista käyttäjäpalautteen perusteella. Tämä voisi entisestään parantaa kokoonpanon joustavuutta ja nopeuttaa reagointia muutostarpeisiin.

## LÄHTEET

Gupta, A. & Yan, D. 2006. Mineral Processing Design and Operation. Sydney: Elsevier Scientific.

Haag, M., Salonen, T., Siltanen, P., Sääsä, J & Järvinen, P. 2011. Työohjeiden laadintamenetelmiä kappaletavaratuotannossa. Loppuraportti. Espoo: VTT.

Lapinleimu, I., Kauppinen, V. & Torvinen, S. 1997. Kone- ja metallituoteteollisuuden tuotantojärjestelmät. Porvoo: WSOY.

Malmberg, K & Kauppinen, V. 1987. Manuaalisen kokoonpanon tehostaminen. Helsinki: Suomen metalliteollisuuden kustannus Oy.

Mattsson, S., Fast-Berglund, Å & Li, D. 2016. Evaluation of Guidelines for Assembly Instructions. Viitattu 2.6.2024. [https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405896316308588?ref=pdf\\_download&fr=RR-2&rr=88d7a1bf7d1498f1](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405896316308588?ref=pdf_download&fr=RR-2&rr=88d7a1bf7d1498f1)

Metso. 2024a. Metso general presentation 2024. PowerPoint-esitys. Vaatii käyttöoikeuden.

Metso. 2024b. Nordberg C -series jaw crusher - Sales presentation. PowerPoint-esitys. Vaatii käyttöoikeuden.

Metso. 2024c. Media portal. Kuvapankki. Vaatii käyttöoikeuden.

Metso. 2024d. Metso tuo markkinoille diesel-sähkökäyttöisen Lokotrack EC -sarjan ensimmäiset tuotteet. Tuote uutinen. Viitattu 1.6.2024. <https://www.metso.com/fi/yritys/media/uutiset/2024/5/metso-tuo-markkinoille-diesel-sahkokayttoisen-lokotrack-ec--sarjan-ensimmaiset-tuotteet/>

Metso. 2023. Tampere operations 2023. PowerPoint-esitys. Vaatii käyttöoikeuden.

Metso. 2011. Crushing and Screening Handbook. Fifth edition. Vaatii käyttöoikeuden.

Paalumäki, T., Lappalainen, P. & Hakapää, A. 2015. Kaivos- ja louhintatekniikka. PAINOS 3. Helsinki: Kaivosteollisuus ry & Opetushallitus.

Pinarbasi, M. 2021. New chance-constrained models for U-type stochastic assembly line balancing problem. Viitattu 1.6.2024. [https://www.researchgate.net/publication/352202986\\_New\\_chance-constrained\\_models\\_for\\_U-type\\_stochastic\\_assembly\\_line\\_balancing\\_problem](https://www.researchgate.net/publication/352202986_New_chance-constrained_models_for_U-type_stochastic_assembly_line_balancing_problem)

Stone, R., McAdams, D & Kayyalethekkel, V. 2003. A product architecture-based conceptual DFA technique. Viitattu 2.6.2024. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0142694X03000577?via%3Dihub>

Söderberg, C., Johansson, A & Mattsson S. 2014. Design of simple guidelines to improve assembly instructions and operator performance. Viitattu 2.6.2024. <https://research.chalmers.se/en/publication/202981>

Yang, J., 2020. 10 Types of Stone Crusher Plants Price and More for Sale. FTM blogi. Viitattu 1.6.2024. <https://www.ftmmachinery.com/blog/stone-crusher-plant-price-for-sale.html>

# LIITTEET

## Liite 1. Kokoonpanopiirustus

