



Nopean toimituksen kivimurskaimen valmistusmallin kehittäminen

Juuso Liljavaara

OPINNÄYTETYÖ
Huhtikuu 2024

Konetekniikan tutkinto-ohjelma
Tuotantotekniikka ja tuotekehitys

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Konetekniikan tutkinto-ohjelma
Tuotantotekniikka ja tuotekehitys

LILJAVAARA, JUUSO:

Nopean toimituksen kivimurskaimen valmistusmallin kehittäminen

Opinnäytetyö 37 sivua, joista liitteitä 1 sivu
Huhtikuu 2024

Opinnäytetyön aiheena oli kehittää Metso Finland Oy:lle niin kutsuttu nopean murskaintoimituksen konsepti. Tutkimus suoritettiin kvantitatiivisena, eli määrällisenä. Konseptissa määriteltiin toimintamalli, jolla voidaan toimittaa tiettyjä kivimurskainmalleja merkittävästi tavanomaista lyhyemmässä ajassa. Konseptissa tarkasteltiin kokonaisläpimenoaika, jota saatiin lyhennettyä muun muassa esi-valmistuksen ja viivästyttämisen keinoin yli 90 %.

Konsepti määriteltiin toimeksiantajan asettamien tavoitteiden mukaisesti, ja sen pohjalta luotiin konkreettinen toimintamalli. Konseptin määrittelyssä yhdistettiin sekä nopea toimitusaika että soveltuvin osin murskaimen räätälöitävyys.

Opinnäytetyössä esitellään kronologisesti sekä tavanomaisen että uuden konseptin mukainen kivimurskaimen valmistusprosessi. Uusi konsepti luotiin tavanomaisen toimintamallin rinnalle, ja se poikkeaa tavanomaisesta mallista eri työvaiheiden uudella järjestyksellä.

Projektissa suoritettiin myös konseptin pilotointi, josta saatiin positiivisia tuloksia. Pilotoinnin pohjalta konseptia iteroitiin paremmaksi varmemman toimituskyvyn takaamiseksi. Pilotoinnin pohjalta arvioitiin myös konseptin tosiasiallisen käytön edellytyksiä.

Työn lopussa tarkastellaan konseptia kustannusnäkökulmasta sekä sen soveltuvuutta mahdollisesti muiden murskainmallien valmistukseen.

Asiasanat: läpimenoaika, kivimurskain, valmistusmalli

ABSTRACT

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

LILJAVAARA, JUUSO:
Production Procedure Development for a Fast Delivery Rock Crusher

Bachelor's thesis 37 pages, appendices 1 page
April 2024

The aim of this thesis was to create a production procedure for a fast delivery rock crusher. The thesis was commissioned by Metso Finland Ltd. The purpose of the new procedure was to achieve an ability to deliver defined rock crusher models in a significantly shorter time than earlier. This thesis was done using a quantitative research method. By a few measures, including pre-production and postponement, the total lead time was decreased by over 90 %.

The concept was defined by the targets set by the client. Based on the concept, a production procedure was created. The concept combines fast delivery and customization as applicable.

The thesis went through an ordinary and a new rock crusher production procedure chronologically. The ordinary concept and the new one can be used side-by-side. The new concept does not overturn the ordinary one. The concepts differ from each other in terms of the order of stages of work.

A concept piloting with positive results was also carried out in the thesis. Based on the piloting, the concept was iterated to achieve a better certainty of a fast delivery. Also the actual prerequisites of an implementation were assessed based on the piloting.

In the end of the thesis, there is an examination about the concept's start-up costs and the suitability of the concept for other crusher models.

Key words: lead time, rock crusher, production procedure

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	TOIMEKSIANTAJAN ESITTELY.....	7
3	TYÖN TARKOITUS, TAVOITTEET JA TODENTAMINEN.....	8
4	LÄPIMENOAIKA	9
5	TUOTANNONOHJAUS.....	10
	5.1 Tuotantomuodot	10
	5.2 Ohjausmuodot.....	11
	5.3 Asiakastilauksen kytkeytymiskohta	12
	5.4 Kysynnän ja tarjonnan hallinta	13
6	KIVIMURSKAIN JA -MURSKAUSTAPAHTUMA	14
7	NOPEA MURSKAINTOIMITUS	17
	7.1 Nopean toimituksen konsepti	17
	7.2 Nopean toimituksen murskaimen määrittely	18
	7.2.1 Filosofia murskaimen määrittelyn taustalla	18
	7.2.2 Kulutusosat.....	18
	7.3 Toimenpiteet ennen tilausta	19
	7.3.1 Murskaimen valmistus	19
	7.3.2 Murskaimen irto-osien pakkaus.....	20
	7.3.3 Murskaimen varastointi ennen tilausta	21
	7.3.4 Muut varastoitavat osat	23
	7.4 Toimenpiteet tilauksen jälkeen.....	23
	7.4.1 Tilauksen saapuminen.....	23
	7.4.2 Lopullinen kokoonpano.....	24
	7.4.3 Pintakäsittely lopullisen kokoonpanon jälkeen.....	24
	7.4.4 Uuden murskaimen valmistus varastoon.....	25
	7.5 Kokonaisläpimenoajan muutoksen laskeminen	26
8	PILOTOINTI.....	28
	8.1 Ennen pilotointia.....	28
	8.2 Pilotoinnin toteutus.....	29
	8.2.1 Purku- ja asennustyö.....	29
	8.2.2 Maalaus, viimeistely ja lopputulos	29
	8.3 Pilotoinnin jälkeen	30
9	POHDINTA	33
	9.1 Kustannukset	33
	9.2 Tavoitteiden toteutuminen ja tulokset.....	34

9.3 Konseptin soveltuvuus muihin murskainmalleihin	34
LÄHTEET	36
LIITTEET	37
Liite 1. Lopullinen konseptin mukainen toimintamalli graafisesti	37

1 JOHDANTO

Euroopan markkina-alueen asiakasvaatimukset kivimurskaimille toimitusajan suhteen ovat kiristyneet. Murskaimen nopeampi toimitusaika luo merkittävää kilpailuetua murskainmarkkinoilla ja se voi tietyissä tapauksissa olla jopa ratkaiseva tekijä asiakkaan murskainvalinnassa. Asiakkaiden muuttuneet toimitusaikavaatimukset edellyttävät yritystä tarkastelemaan soveltuvien osien oman toimitusketjunsa ketteryyttä ja kykyä vastata asiakkaan kiristyneisiin vaatimuksiin.

Tässä opinnäytetyössä luodaan toimintamalli niin kutsutun nopean toimituksen kivimurskaimelle. Opinnäytetyössä käsiteltävien Metson murskainten mallimerkinnot pidetään salattuina ja niistä käytetään nimiä *murskain 1* ja *murskain 2*. Opinnäytetyö käsittelee edellä mainittujen murskainten tilaus-toimitusketjun toimintaa ennen asiakkaan tilausta sekä sen jälkeen. Työ määrittää konkreettiset toimenpiteet murskainten valmistukseen ja toimitettavaksi saattamiseen huomattavasti lyhyemmässä ajassa asiakkaan tilauksesta, kuin mihin tähän asti on totuttu. Opinnäytetyössä määritetyt toimenpiteet pilotoidaan käytännössä. Pilotoinnista mahdollisesti saatavat numeeriset tulokset ja lähtötiedot esitetään suhteellisina. Absoluuttiset arvot on määritelty salassa pidettäviksi.

Ennen nopean toimituksen mallia murskaimen toimitusaika on ollut moninkertainen. Tästä johtuen opinnäytetyö ottaa myös kantaa nopealla toimitusajalla toimitettavien murskainten spesifikaatioihin sekä valmistusprosessin edellytyksiin toimia vaatimusten mukaisesti.

2 TOIMEKSIANTAJAN ESITTELY

Opinnäytetyön toimeksiantajana on Metso Finland Oy. Metso tunnetaan tuotteistaan ja palveluistaan, jotka vastaavat mineraalien jalostuksen, kiviainesten käsittelyn sekä metallinjalostuksen tarpeisiin. Se työllistää maailmanlaajuisesti yli 16 000 työntekijää ja sen liikevaihto vuonna 2022 oli noin 5,3 miljardia euroa. (Tietoa meistä 2023)

Metson Tampereen tehtaalla, vanhalla Lokomon alueella, valmistetaan maanrakennukseen ja kaivosteollisuuteen tarkoitettuja kivimurskaimia. Se on perustettu jo vuonna 1915 ja alueella työskentelee noin 870 työntekijää, joista noin 300 henkilöä valmistusalueilla. Muut alueen työntekijät kuuluvat muun muassa suunnittelun, tilausten käsittelyn ja varaosamyynnin organisaatioihin. (Tampere Lokomonkatu n.d.)

Karkeasti jaoteltuna tehtaalta valmistuvat tuotteet ovat joko itsestään liikkuvia kivenmurskauslaitoksia (Lokotrack®) tai kiinteästi asemoitavia murskausyksiköitä sekä näiden varaosia. Tampereella valmistettavat murskausyksiköt voidaan edelleen jakaa karkeasti kahteen ryhmään; leukamurskaimiin ja karamurskaimiin.

Murskaimet valmistetaan erillisellä murskainosastolla, johon kuuluu omat kokoonpano-, maalaus-, sekä pakkaus- ja lähetystoiminnot. Murskainosasto palvelee sekä Lokotrack®-osaston tarpeita, että suoria asiakkaita. Osasto tekee myös toimituksia varaosamyynnin tarpeisiin.

3 TYÖN TARKOITUS, TAVOITTEET JA TODENTAMINEN

Opinnäytetyön tavoitteena on löytää keino tai keinoja nopean kivimurskaintoimituksen toteuttamiseksi. Opinnäytetyö pyrkii löytämään vastauksen seuraaviin tutkimuskysymyksiin

- Millainen on nopean toimituksen kivimurskaimen valmistusmalli?
- Kuinka paljon kokonaisläpimenoaika onnistutaan lyhentämään?
- Toimiiko suunniteltu konsepti käytännössä?

Tarkoituksena on onnistua luomaan valmistusmalli, jonka avulla aika asiakkaan tilauksesta tiettyjen murskainmallien toimitettavaksi saattamiseen lyhenee merkittävästi. Lähtötilanteessa tavoitteena on lyhentää kokonaisläpimenoaika jopa yli 90 %:lla. Opinnäytetyön tutkimusmetodi on kvantitatiivinen, koska mitattava suure on aika ja tutkimuksen ydin on kokonaisläpimenoajan lyhentämisessä.

Opinnäytetyön tuloksia ja konseptin toimivuutta mitataan pilotoinnin avulla. Pilotoinnissa tarkoituksena on koeajaa teoreettisesti suunniteltu konsepti käytännössä ja siinä todellisessa valmistusympäristössä, johon se on suunniteltu. Pilotoinnissa toistetaan kaikki työvaiheet alusta loppuun siten, kuin ne on konseptissa suunniteltu. Se sopii tutkimuksen toteutukseen erittäin hyvin työn luonteen vuoksi.

Kun luodaan uusia toimintamalleja, pilotoinnilla, eli konseptin testaamisella käytännössä, voidaan todeta konsepti toimivaksi tai siitä voidaan löytää puutteita. Mikäli puutteita löydetään, on niihin mahdollista tarttua ja iteroinnin avulla suorittaa tarvittavat korjaukset konseptiin. Näin saadaan aikaiseksi paremmin suunniteltu menettelytapa, joka todistetusti toimii myös käytännössä. Pilotoinnista saatavilla tuloksilla voidaan konkreettisesti osoittaa, onko konsepti tosiasiallisesti käyttöönotettavissa vai ei.

4 LÄPIMENOAIKA

Läpimenoaika (*eng. Lead Time*) kuvaa sitä kokonaisaikaa, jonka toimitusketju vaatii. Yleensä sillä tarkoitetaan joko kokonaisläpäisyäikää tai valmistuksen läpäisyäikää. Kokonaisläpäisyäika kuvaa aikaa asiakkaan tilauksesta tuotteen toimitukseen, kun valmistusaika puolestaan kuvaa valmistuksen aloittamisesta tuotteen valmistumiseen kuluvaan aikaan. Kumpikaan näistä ei ota kantaa tapahtumiin toimitusketjun aikana tai kuvaa toimitusketjun tuottavuutta. (Haverila M. J., Uusi-Rauva E., Kouri I. & Miettinen A. 2009, 401)

Molemmassa tapauksissa mitataan ja lasketaan niin kutsuttua kalenteriaikaa, eikä esimerkiksi työaikaa. Tällöin läpimenoajaksi esimerkiksi yksivuorotyössä lasketaan myös työvuorojen välinen aika. Onkin yleistä, että suurin osa tuotteen läpimenoajasta ei ole niin kutsuttua nettovalmistusaikaa, vaan odotusaikaa seuraaviin työvaiheisiin, jotka lopulta vievät vain murto-osan koko läpimenoajasta. (Haverila M. J., Uusi-Rauva E., Kouri I. & Miettinen A. 2009, 401)

Lyhyempi läpimenoaika vähentää kysynnän ja tarjonnan välistä epätasapainoa (Ritvanen V. 2011, 138). Tuotannon läpimenoaikoja seurataan ja halutaan usein nopeuttaa niiltä osin, kuin on mahdollista, sillä lyhyen läpimenoajan tiedetään tuovan monia positiivisia vaikutuksia. Keskenäisen tuotannon määrä vähentyy, joka vaikuttaa suoraan varastoissa kiinni olevan pääoman määrään. Usein toimitusvarmuus paranee ja kapasiteetin suunnittelu helpottuu. Kun läpimenoaika on lyhyt, pystytään tuotannossa yleensä pitämään korkea kuormitusaste, joka puolestaan lisää tuotannon tuottavuutta vähentyvän joutoajan kautta. (Haverila M. J., Uusi-Rauva E., Kouri I. & Miettinen A. 2009, 406)

5 TUOTANNONOHJAUS

Yrityksen muiden toimintojen lisäksi myös tuotannossa hallitaan materiaaleja, tuotteita sekä tietoa. Päätökset, jotka koskevat tuotantoa, ovat kytköksissä kiinteästi myös yrityksen muihin toimintoihin. Yhtenä esimerkkinä voidaan todeta, että hankintatoimen on sopeuduttava hyvin yhteen tuotannon kanssa. Tuotannolle on ensiarvoisen tärkeää säilyttää hyvä toimituskyky tuotteissa käytettävien materiaalien suhteen. Jos käytössä ei ole riittävästi komponentteja, voidaan ajautua tilanteeseen, jossa myyntiä menetetään lopputuotteen huonon saatavuuden vuoksi. Materiaaleja ei kuitenkaan saisi olla liikaa, jotta varaston arvo ei kasvaisi liian suureksi. Tuotannonohjauksella sekä kaikilla siihen liittyvillä toiminnoilla pyritään jatkuvasti sopeutumaan kysynnän ja tarjonnan vaihteluihin. (Ritvanen V. 2011, 46).

5.1 Tuotantomuodot

Yritys voi valita itselleen sopivan tuotantomuodon tai luoda sellaisen yhdistelmällä useampaa tuotantomuotoa vastaamaan parhaiten sen tarpeisiin. Valittu tuotantomuoto riippuu yrityksen toimialasta, valmistettavasta tuotteesta sekä asiakkaan tarpeista. (Ritvanen V. 2011, 47).

Ritvanen V. (2011, 47) on jakanut tuotantomuodot materiaalivirran mukaan viiteen kategoriaan, joita ovat

- jatkuva tuotanto
- yksittäisten tuotteiden tuotanto
- erätuotanto
- työpajatuotanto
- kiinteän aseman tuotanto.

Tämän opinnäytetyön aiheena olevan murskaimen tuotantoa pidetään työpajatuotantona. Työpajatuotanto on yksittäistä tuotantoa, jota toteutetaan teollisuuden koneita valmistavissa yrityksissä ja jonka tuotteiden läpimenoajat ovat tyypillisesti pitkiä (Ritvanen V. 2011, 47).

Työpajatuotantoon yhdistetään usein myös kiinteän aseman tuotanto. Se poikkeaa työpajatuotannosta siten, että se on luonteeltaan projektituotantoa. Tyypillisesti laivan- ja talonrakennus sekä paperikoneen rakennus ovat kiinteän aseman tuotantoa. (Ritvanen V. 2011, 48).

5.2 Ohjausmuodot

Tuotannossa usein keskeistä on se, kuinka sitä ohjataan. Ritvanen V. (2011, 48) on listannut erilaisia vaihtoehtoja tuotannonohjaukselle seuraavasti

- varasto-ohjautuva tuotanto
- tilausohjautuva tuotanto
- asiakasohjautuva kokoonpano
- asiakasohjautuva tuotesuunnittelu.

Tässä opinnäytetyössä yhdistellään eri ohjausmuotoja parhaan kokonaisuuden aikaansaamiseksi.

Varasto-ohjautuvassa (*eng. make-to-stock, MTS*) tuotannossa tuotetta nimensä mukaisesti valmistetaan varastoon, ennen kuin asiakas on tilannut tuotteen. Se soveltuu ohjausmuodoksi silloin, kun kyseessä on hyvin säilyvät vakiotuotteet, joiden elinkaari on pitkä, valikoima suppea sekä toimitusaika lyhyt. Varasto-ohjautuva tuotanto voi tulla kyseeseen myös, mikäli tuotannon korkeaa käyttöastetta pidetään erityisen tärkeänä. Varasto-ohjautuvasta toimitusketjusta käytetään myös nimitystä työntöohjaus (*eng. push*). MTS-muoto sitoo luonnollisesti yrityksen pääomaa, kun tuotteita valmistetaan varastoon ilman asiakkaan tilausta. Varastoon valmistuksen määrää voidaan kuitenkin säädellä kysyntäennustusten mukaisesti ja määrän oikeellisuus riippuu niiden tarkkuudesta. (Ritvanen V. 2011, 48).

Tilausohjautuvassa tuotannossa tuotteet valmistetaan asiakkaan tilauksesta. Sitä käytetään tuotevalikoiman ollessa laaja ja kysynnän ollessa suhteellisen vähäistä. Tällöin tuotteen yksikköhinta on korkeahko ja toimitusaika suhteellisen pitkä. MTO-muodossa riskit ovat pienemmät, sillä kapasiteetti suhteutetaan ti-

lausten määrään. Tilausmäärän muuttuessa MTO-muodossa voidaan kapasiteettia tarvittaessa sopeuttaa joko kasvattavasti tai vähentävästi. Tilausohjautuvasta toimitusketjusta puhuttaessa käytetään myös termiä imuohjaus (*eng. pull*). (Ritvanen V. 2011, 49).

Asiakasohjautuvassa kokoonpanossa asiakkaiden toiveet huomioidaan tarkasti. Tällöin standardikomponenteista tuotetaan erilaisia tuotevariaatioita asiakkaan tarpeiden mukaisesti. Varasto-ohjautuvan tuotantomuodon tavoin tässäkin ohjausmuodossa varastoon sitoutuu suhteellisen paljon pääomaa, sillä asiakkaan valittavissa olevia komponentteja täytyy varastoida riittävä määrä tulevien tilausten toteuttamiseksi. (Ritvanen V. 2011, 49).

5.3 Asiakastilauksen kytkeytymiskohta

Asiakastilauksen kytkeytymiskohdalla eli asiakastilausohjautuvuusasteella (*eng. Customer-Order Decoupling Point, COPD tai Order Penetration Point, OPP*) tarkoitetaan asiakkaan tilauksen muodostumisajankohtaa suhteessa tuotannon eri vaiheisiin. COPD:n sijoittumisen tarkastelulla voidaan yhdistellä eri tuotannonohjausmuotoja hyödyntämällä niiden parhaat ominaisuudet yhtenä kokonaisuutena. Tuotetta voidaan esimerkiksi valmistaa tiettyyn pisteeseen asti sarjatuotantona ja asiakastilauksen kytkeytyessä toimintamalli muutetaan asiakasohjautuvaksi kokoonpanoksi. (Ritvanen V. 2011, 49–50).

Tuotantoa ja yrityksen toimintaa saadaan asiakaskohtaisemmaksi esimerkiksi viivästyttämällä tuotteen kokoonpanoa mahdollisimman lähelle asiakkaan tilausta. Viivästyttämällä (*eng. postponement*) tarkoitetaan kokoonpanon viivästyttämistä ajallisesti siihen saakka, että asiakkaan tilaus on varma. Viivästyttämisen edellytyksenä on, että tuotteet ovat modulaarisia eli ne kootaan erilaisista osista. (Ritvanen V. 2011, 50). Murskaimet voidaan lukea modulaarisiksi tuotteiksi edellä mainituilla perusteilla.

Viivästyttämisen kannattavuus määritellään viivästyttämiskustannusten sekä siitä saatavien hyötyjen välisellä vertailulla. Erityisesti viivästyttäminen kannattaa silloin, kun erilaisia lopputuotteita (konfiguraatioita) on paljon eikä ole varmuutta

siitä, mitä asiakas tulee tilaamaan. Myös komponenttien tai materiaalien toimitusaikojen ollessa pitkiä, viivästyttäminen on usein kannattava vaihtoehto. (Ritvanen V. 2011, 50). Viivästyttäminen on yksi avaintekijöistä nopean murskaintoimituksen toimintamallin suunnittelussa ja toteutuksessa.

5.4 Kysynnän ja tarjonnan hallinta

Kuten aiemmin on todettu, täytyy tuotannon ja hankinnan sopeutua kysynnän ja tarjonnan vaihteluihin. Jos kysyntä ja tarjonta eivät kohtaa, voi tilaus-toimitusprosessissa aiheutua huomattavia ongelmia. Jos yritys esimerkiksi lupaa asiakkaalle toimituksia, mutta tuotanto ei pysty vastaamaan niihin, on myynniltä viety edellytykset toimia eikä asiakaspalvelua saada toteutettua toivotulla tavalla. Tällainen tilanne voi aiheutua joko väärin suunnitellusta tuotannon kapasiteetista tai komponenttien riittämättömyydestä. (Ritvanen V. 2011, 53).

Ongelmia voidaan ehkäistä turvaamalla toiminnan läpinäkyvyyttä toimitusketjun sisällä sekä ennustamalla kysyntää erilaisilla työkaluilla toimitusketjun eri vaiheissa. Kysynnän ja tarjonnan väliselle epäsuhdalle voi olla usein syynä niin sanottu piiskavaikutus (*eng. Forrester- tai bullwhip -effect*). Sillä tarkoitetaan ilmiötä, jossa esimerkiksi tilausten ja ostettavien komponenttien vaihtelu kasvaa siirryttäessä myyjäportaasta kohti tuotantoa. (Ritvanen V. 2011, 53).

Piiskavaikutuksesta voi olla monenlaista haittaa. Se saattaa johtaa ylimääräiseen tuotantoon kysynnän vähentyessä tai komponenttipulaan suuremman kysynnän koittaessa. Sen johdosta saatetaan myös tehdä väriä päätöksiä kapasiteetin ja tuotannosuunnittelun suhteen. Nämä tekijät ovat omiaan heikentämään palvelutasoa ja luomaan imagohaittaa yritykselle, josta voi seurata myynnin menettämistä. (Ritvanen V. 2011, 53).

6 KIVIMURSKAIN JA -MURSKAUSTAPAHTUMA

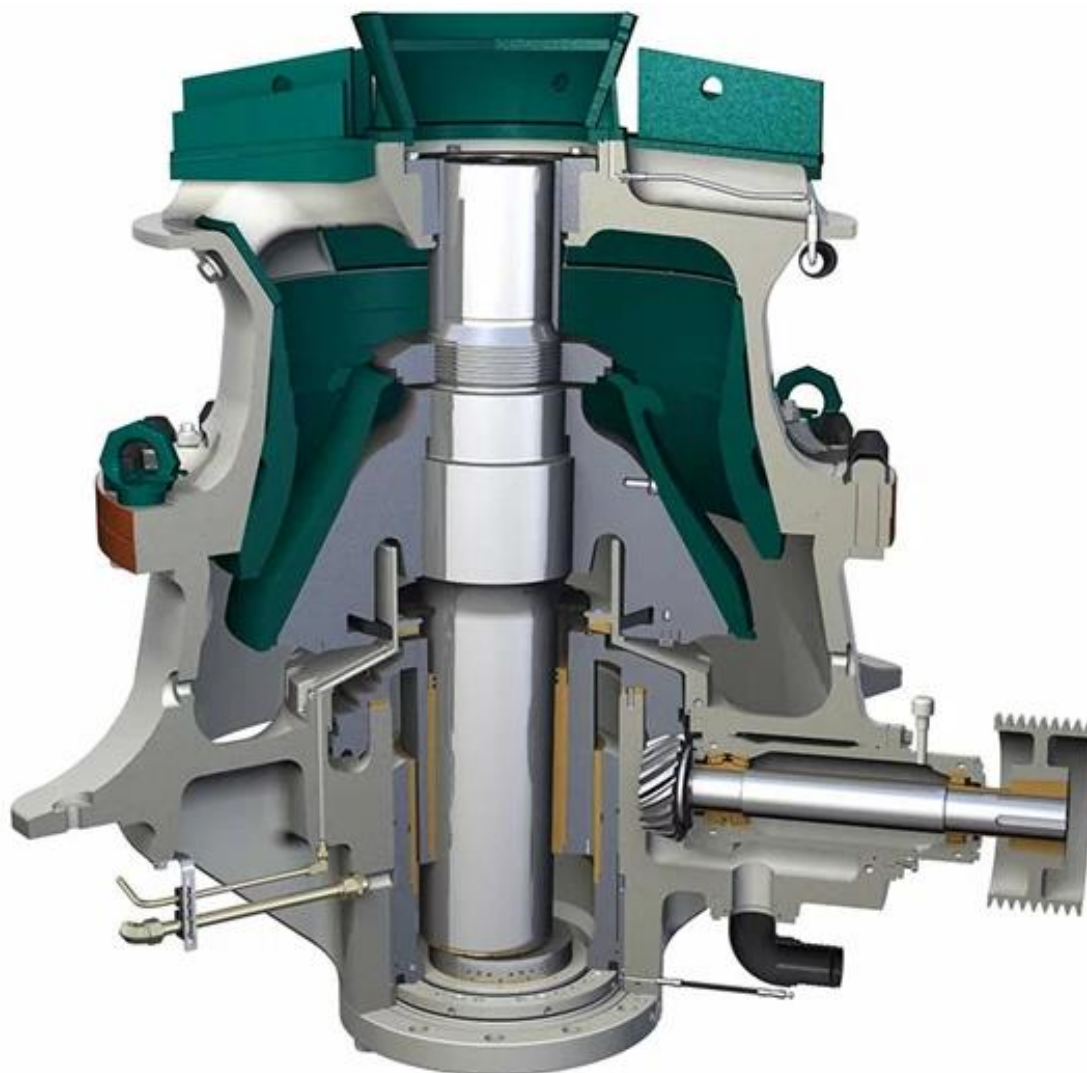
Tampereella valmistetaan karkeasti jaoteltuna kahdenlaisia kivimurskaimia; leukamurskaimia (kuva 1) ja karamurskaimia (kuva 2).



KUVA 1. Metso Nordberg C-sarjan leukamurskain C120. (Nordberg C120 Jaw Crusher n.d.)

Molemmista murskaintyypeistä on saatavilla useampia erikokoisia mallivaihtoehtoja ja molempia murskaintyyppisiä käytetään sekä maanrakennus- että kaivos-toiminnassa. Suurin ero murskainten välillä on niiden rakenteessa. Leukamurskaimissa murskaustyön tekevää heiluria pyörittävä epäkeskoakseli on horisontaalisessa asennossa. Karamurskaimessa oleva, oskilloiva akseli, on vertikaalinen ja siihen on yhdistetty kiinteästi murskaustyön tekevä kartio.

Molempia murskaintyyppisiä käytetään kivimateriaalin esimurskaukseen, mutta karamurskaimia käytetään toisinaan myös välimurskaukseen. (Murskaimet n.d.).



KUVA 2. Metso Nordberg GP-sarjan karamurskain. (Nordberg GP-sarja. n.d.)

Kun kalliota ammutaan ja siitä jalostetaan erilaisia kiviaineslajikkeita, on esimurskaus varsinaisen murskaustoiminnan ensimmäinen vaihe. Esimurskauksen ainoa tarkoitus on hienontaa murskattava materiaali sellaiseksi, että sitä voidaan siirtää prosessissa eteenpäin seuraavaan murskausvaiheeseen esimerkiksi hihnakuljettimella. Välimurskaus on jatkumo prosessille, jossa raaka-ainetta hienonetaan haluttuun karkeuteen asti. Murskausprosessissa tuotetaan usein montaa erilaista kiviaineslajiketta kerralla.

Metson valmistamat kivimurskaimet voidaan jaotella murskaustapansa mukaisesti kahteen pääryhmään; puristumurskaimiin ja iskumurskaimiin. Sekä leukaettä karamurskain luetaan niin sanottuihin puristumurskaimiin. Ne puristavat

murskattavaa materiaalia sen murtumispisteeseen asti. Kiviaines hienontuu jäädessään murskaimen kiinteän ja liikkuvan osan väliin. (Murskaimet n.d.)

Iskumurskaimet hienontavat materiaalin puristuksen sijaan voimakkailla iskuilla. Iskumurskaimiin luetaan iskupalkkimurskaimet sekä keskipakomurskaimet. (Murskaimet n.d.).

7 NOPEA MURSKAINTOIMITUS

Tämä opinnäytetyö on osa isompaa kokonaisuutta, jossa pyritään luomaan edellytykset asiakkaan paremmalle palvelemiselle. Yksi näistä edellytyksistä on nopeampi toimituskyky, joka voi osaltaan vaikuttaa suuresti asiakkaan valintaan eri valmistajien tuotteita ja murskainmalleja vertaillessaan. Nopeampi toimitus lisää joustavuutta ja palvelee asiakkaita yleisesti murskainhankinnassa. Erityisesti nopean toimituksen merkitys korostuu sellaisissa erikoistapauksissa, jossa esimerkiksi asiakkaan oma murskain on rikkoutunut, tuotanto keskeytynyt ja tilalle tarvitaan uusi, korvaava murskain.

7.1 Nopean toimituksen konsepti

Nopean toimituksen konseptissa on kyse **kokonaisläpimenoajan**, eli asiakkaan **tilauksen** ja **toimituksen** välisen ajan lyhentämisestä. Tarkoituksena on, että asiakkaan tilauksen muodostumisen jälkeen kyetään saattamaan murskain valmiiksi toimitukseen merkittävästi aiempaa nopeammassa ajassa. Kuljetusta ei lasketa tämän konseptin piiriin, vaan murskaimen katsotaan olevan valmis, kun se voidaan lähettää tai noutaa tehtaalta asiakkaalle konseptin sallimissa aikarajoissa. Konseptille on sisäisesti yrityksessä olemassa selkeät numeeriset toimitusaikatavoitteet, mutta ne on päätetty pitää salattuina. Täten ne ilmaistaan suhteellisina. Konseptin toteutuessa on kokonaisläpimenoaika mahdollista lyhentää jopa 96 % totutusta.

Toimitusaika katsotaan alkaneeksi siitä, kun tilaus muodostuu ja tilausten käsittely on todennut murskaimen olevan nopean toimituksen konseptin mukainen. Kuten läpimenoajan määrittelyssä yleisesti, lasketaan tässäkin konseptissa kalenteriaikaa, eikä esimerkiksi työaikaa.

Nopeutusta ei voida tehdä yksittäisten työvaiheiden nopeuttamisella, sillä menetelmäsuunnittelun kautta saavutetut vaiheajojen lyhenemiset eivät riitä konseptin tavoitteen saavuttamiseksi. Konseptin luomat haasteet tuotannossa ratkaistaan yhtäältä ennakoinnilla ja tuotannon suunnittelulla sekä toisaalta murskaimen konfiguraatiovaihtoehtoja rajaamalla.

7.2 Nopean toimituksen murskaimen määrittely

Tavanomaisella tavalla toimitettavassa murskaimessa yli mallirajojen on lukuisia erilaisia optioita, joita asiakas voi murskaimeensa valita. Kaikki optiot eivät toimitusaikansa tai läpimenoaikansa puitteissa mahdu konseptin tiukkaan vaatimukseen. Tästä syystä nopean toimituksen konseptissa joudutaan karsimaan tiettyjä vaihtoehtoja pois puhtaasti valmistusteknisistä syistä.

7.2.1 Filosofia murskaimen määrittelyn taustalla

Asiakkaalle on pyritty jättämään mahdollisimman paljon vaihtoehtoja, mutta konseptin ykkösprioriteetti on kuitenkin mahdollisimman nopea toimitus. Mikäli asiakkaan tarpeet ovat erilaiset, kuin nopean toimituksen murskaimessa, eikä sen sallimilla muutoksilla saada aikaiseksi sopivaa konfiguraatiota, on murskain mahdollista toimittaa edelleen tavanomaisella tavalla ja normaalilla toimitusajalla. Tällöin murskain rakennetaan alusta loppuun asiakkaan vaatimusten mukaisesti. Lähtökohtaisesti nopean toimituksen murskaimet 1 ja 2 on kuitenkin määritelty alun perin mahdollisimman tarkasti vastaamaan kohdemarkkina-alueen kysyntää ja sen yleisimpiä konfiguraatioita.

7.2.2 Kulutusosat

Murskaimet 1 ja 2 hienontavat kiviaineksen mekaanisesti. Kiviaineksen kanssa kosketuksiin joutuvat osat altistuvat erittäin suurelle hankaavalle ja puristavalle kulutusrasitukselle. Tästä syystä murskaimen varsinaisen rakenteen ja kiviaineksen väliin on suunniteltu erityisiä kulutusosia, jotka on valmistettu tätä tarkoitusta palvelevasta metalliseoksesta. Kulutusosia voidaan vaihtaa tarpeen tullen suhteellisen helposti ja sen ansiosta varsinaiset rakenteelliset osat säilyvät ehjinä.

Murskaimissa 1 ja 2 on kahdenlaisia kulutusosia; staattinen ja dynaaminen. Staattinen kulutusosa pysyy nimensä mukaisesti paikallaan dynaamisen kulutusosan tehdessä varsinaisen murskaustyön. Käytännössä murskattava kiviaines kulkee näiden kahden kulutusosan välistä ja hienontuu haluttuun karkeuteen.

Kulutusosat muodostavat yhdessä murskaimeen kammion (*eng. Cavity*), jonka asiakas valitsee tarpeidensa mukaisesti. Nopean toimituksen murskaimessa on päädytty ratkaisuun, jossa staattinen kulutusosa on vaihdettavissa, mutta dynaaminen pysyy vakiona. Tämä antaa asiakkaalle kuitenkin useita eri kammiovaihtoehtoja, sillä useassa eri kammiovaihtoehdossa käytetään samaa dynaamista kulutusosaa. Murskaimeen 1 voidaan valita 80 % kaikista sen kammiovaihtoehdoista ja murskaimeen 2 kaikki siihen tavanomaisestikin saatavilla olevat vaihtoehdot (100 %).

7.3 Toimenpiteet ennen tilausta

Ennakointi ja varautuminen nopeaan toimitukseen tarkoittaa käytännössä murskainten osittaista valmistamista varastoon. On päätetty, että murskaimesta 1 ja 2 tehdään varastoon tietty määrä puolivalmisteita, jotka voidaan tarpeen tullen nopeasti muuttaa vastaamaan asiakkaan tarpeita.

7.3.1 Murskaimen valmistus

Varastomurskaimet valmistetaan suurilta osin muiden murskainten tapaan. Niihin rakennetaan samalla tavalla osakokoonpanot, jotka asennetaan lopputuotteen. Suurin ero nopean toimituksen varastomurskaimen ja myydyin murskaimen välillä on, että jokaista runkopulttia ei asenneta, eikä asennettaviakaan kiristetä lopulliseen momenttiin. Menettelyllä pyritään helpottamaan ja nopeuttamaan murskaimen purkamista muutosvaiheessa.

Kivimurskainten valmistuksessa rungon ruuviliitosten momenttiin kiristäminen on merkittävä ja jonkin verran valmistusaikaa vievä vaihe. Kyseessä on suhteellisen suuret ruuvit ja merkittävät kiristysmomentit, joita varten tarvitaan erikoistyökaluiksi luettavia vääntimiä. Tämän vaiheen jäädessä pois, varastomurskaimen valmistaminen nopeutuu hieman. On kuitenkin otettava huomioon, että lopullinen momenttiin kiristäminen on edessä, kun tilaus on tullut ja murskain valmistuu lopullisesti.

Yleisesti, kun murskain vapautetaan työlle, sille aukeaa materiaalihuollollisia tarpeita. Tarpeet määräytyvät murskaimen ominaisuuksien ja rakenteen mukaan. Logistiikkaosasto toimittaa kullekin murskaimelle sen vaatimat osat ulkoisesta varastosta. Osaa asennettavista osista varastoidaan jo valmiiksi tehdasalueella.

Kuten tavallisesti, myös nopean toimituksen murskaimelle toimitetaan kaikki asennuksessa tarvittavat osat, kuten edellä mainitut runkopultit. Varastoon tehtävästä murskaimesta jää näitä pultteja yli, koska niitä kaikkia ei asenneta ensimmäisessä vaiheessa. Pultit jätetään kuitenkin asennuspaikalle varastoon odottamaan murskaimen lopullista asennusta. Näin vältetään murskainten hallinnollisten rakenteiden muutoksilta ja varmistetaan osien olemassaolo sillä hetkellä, kun nopea toimitus alkaa.

Toinen merkittävä ero tavanomaisella tavalla toimitettavaan murskaimeen on staattisen kulutusosan asentamatta jättäminen. Dynaaminen kulutusosa asennetaan tavanomaiseen tapaan, eikä sitä vaihdeta enää lopullisessa kokoonpanossa.

Kun ensimmäinen kokoonpanovaihe on valmis, suoritetaan murskaimelle koekäyttö. Koekäytössä varmistetaan murskaimen toimivuus yleisesti sekä kriittisten rakenteiden laatuvaatimukset. Kokoonpanovaiheen ja koekäytön jälkeen murskain siirtyy maalaamoon.

Nopean toimituksen murskain maalataan eri tavalla, kuin tavanomainen murskain. Voidaan puhua tietyllä tavalla esimaalauksesta, jossa suurin osa murskaimesta maalataan, mutta tietyt viimeistelymaalaukset ja tarroitukset jätetään vielä tekemättä. Tämä on tärkeää, sillä murskainta puretaan tilauksen jälkeen tehtävässä vaiheessa ja edellä mainitut viimeistelymaalaukset sekä tarroitukset vaurioituisivat. Näin vältetään turhalta työltä.

7.3.2 Murskaimen irto-osien pakkaus

Yleisesti kaikkien irtomurskainten mukana lähetetään asiakkaalle ainakin jonkin verran erillisiä irto-osia. Pakattavien irto-osien määrä riippuu pitkälti murskaimeen

valituista optioista ja toimituksen purkuasteesta. Purkuasteella tarkoitetaan koneesta mahdollisesti kuljetusta varten irrotettavien osien määrää. Mitä enemmän optioita tai laajempi purkuaste, sitä enemmän on pakattavia ja lähetettäviä kolleja. Erillisinä lähetettävät artikkelit voivat olla esimerkiksi voitelulaitteita, koneikkoja, syöttösuppiloita, sähkökeskuksia ja lukuisia muita artikkeleita, joita tarvitaan murskaimen käyttöönotossa ja päivittäisessä toiminnassa.

Irto-osien pakkaaminen on ajallisesti merkittävä osa murskaimen valmistusprosessia. Se ei käytännössä kuitenkaan ole työvaiheena riippuvainen murskaimen muista tuotantovaiheista, vaan se voidaan aloittaa jo ennen murskaimen valmistumista tuotannosta.

Myös nopeaan murskaintoimitukseen pakataan mukaan merkittävä määrä erilaisia komponentteja ja tarvikkeita. Esimerkiksi murskaimen 1 toimitukseen pakataan voitelu- ja asetuksensäätölaite, ylipaineistuslaite, purku- ja syöttösuppilot, hihnasuojat, apurunko murskaimen kiinteää asennusta varten sekä laatikko irto-osille. Irto-osalaatikossa toimitetaan muun muassa murskaimen työkalut, letkut, kaapelit, sähkökeskukset ja muuntaja, käyttöohjekirja sekä muita käyttöönotossa ja päivittäisessä toiminnassa tarpeellisia artikkeleita.

On siis selvää, että murskaimen mukana toimitettavien komponenttien ja tarvikkeiden pakkaustyö kuuluu ehdottomasti tehdä konseptin ensimmäisessä, eli asiakkaan tilausta edeltävässä vaiheessa. Edellä mainittujen konfiguraatorajausten tavoin pakattavien irto-osien kirjoa on rajattu, jotta työ voidaan suorittaa ennakkoon.

7.3.3 Murskaimen varastointi ennen tilausta

Kun murskain on valmistunut kokoonpanosta ja pintakäsittelystä, täytyy se varastoida asianmukaisesti. Nopean toimituksen murskaimen varastoinnilla on erilaiset vaatimukset, kuin tavanomaisella varastoidulla murskaimella. Tiukin vaatimus on se, että nopean toimituksen murskaimet ja niihin asennettavat kulutusosat tulee varastoida lämpimässä ja säältä suojassa.

Kun käsitellään suuria teräskappaleita, tulee ottaa huomioon teräksen termiset ominaisuudet. Osien asennus ei välttämättä onnistu toivotulla tavalla, jos ne ovat keskenään eri lämpötiloissa. Lisäksi murskaimen ja sen osien lämpötilalla on suuri merkitys työhyvinvointiin ja asennuksen mielekkyyteen. Tämä vaatimus korostuu erityisesti kylminä vuodenaikoina.

Suurten teräskappaleiden lämpötilamuutokset tapahtuvat verrattain hitaasti. Siksi voidaan todeta, että lumisena ja kylmänä talvena koko konseptin toteuttaminen olisi mahdotonta ilman lämpimiä sekä säältä suojassa olevia sisätiloja. Murskaimessa olevien lumien sulaminen ja kuivuminen sekä murskaimen lämpiäminen asennuspaikan lämpötilaan veisi liian suuren osan konseptissa käytettävissä olevasta ajasta.

Nopean toimituksen murskainten varastopaikaksi päätettiin varata jo murskainosaston käytössä oleva alue, joka on suhteellisen lähellä murskain 1:n ja 2:n kokoonpanoaluetta. Aluetta jouduttiin hieman uudelleen järjestelemään, jotta murskainten varastointi olisi mahdollisimman sujuvaa. Nopean tilauksen muodostuessa täytyy murskain sekä sen tarvitsemat kulutusosat saada kokoonpanoaluelle viivytyksittä ja helposti.

Murskainmallit 1 ja 2 päätettiin varastoida kahdeksi rinnakkaiseksi jonoksi, joista niitä on helppo poimia asennuspaikalle. Varastopaikkaa suunniteltaessa katsottiin, että varastopaikan kapasiteetti on suurempi, kuin konseptille asetettu varastointitarve. Varastoitavien murskainten määrää voidaan siis kasvattaa, mikäli tulevaisuudessa sellaiselle ilmenee tarvetta.

Kulutusosat päätettiin varastoida varastohyllyyn, joka päätettiin valjastaa yksinomaan tämän konseptin osien käyttöön. Kulutusosia säilytetään tavanomaisesti ulkona, joten sisävarastossa päätettiin pitää vain tietty määrä kutakin kulutusosavaihtoehtoa. Sisällä olevaa varastohyllyä täytetään ulkovarastosta tarpeen ja kulutuksen mukaan, jotta osia olisi lämmitetyissä tiloissa jatkuvasti riittävä määrä. Sekä kulutusosille, että murskaimille luotiin toiminnanohjausjärjestelmään uudet varastopaikat vanhojen rinnalle, jotta materiaalien hallinta onnistuu oikealla tavalla.

7.3.4 Muut varastoitavat osat

Kulutusosien lisäksi konseptin sujuva ylläpito edellyttää myös muiden murskaimen osien suurempaa varastointimäärää. Kullekin nimikkeelle on määritetty järjestelmään oma hälytysraja, toisin sanoen varmuusvarasto (*eng. Safety Stock*), jota nimikkeen määrä varastossa ei saisi koskaan alittaa. Mikäli nimikkeen määrä varastossa saavuttaa alarajan, aiheutuu siitä sille ostotarve järjestelmään. Menettelyllä pyritään tasoittamaan mahdollisista toimitusviiveistä aiheutuvia häiriöitä tuotannossa.

Nopean murskaintoimituksen konseptissa on tarkoitus valmistaa varastoon uusi esivalmistettu murskain myydyin murskaimen tilalle. Jotta uuden murskaimen valmistus voidaan aloittaa heti tarpeen tullen, täytyy varmuusvarastojen tasoja nostaa. Varastoitavien osien määrän kasvattaminen luo konseptille kustannuksia. Kustannukset tulee ottaa huomioon esimerkiksi silloin, kun varastoon tehtävien koneiden määrästä päätetään. Asiaan vaikuttaa luonnollisesti myös konseptiin suoraan kytkeytyvä myyntivolyymi.

7.4 Toimenpiteet tilauksen jälkeen

Kaikki murskaimeen tarvittavat osat ja tarvikkeet ovat viimeistään tilausta edeltävän vaiheen jälkeen siirtyneet ulkoisesta varastosta tehtaalle. Tämän johdosta toimenpiteet murskaimen lopulliseen valmistamiseen voidaan aloittaa heti, kun asiakkaan tilaus on muodostunut. On syytä huomata, että nopean toimituksen murskaimen spesifikaation tulee vastata täysin tilauksen spesifikaatiota. Mikäli asiakkaalla on tarve nopealle toimitukselle ja spesifikaatiot sopivat toisiinsa, voi myyjä valita tarjolla olevista nopean toimituksen murskaimista sopivan. Muussa tapauksessa murskain voidaan toimittaa tavanomaisella menettelyllä.

7.4.1 Tilauksen saapuminen

Tavanomaisessa toimintamallissa koko tilaus käsitellään ennen tuotantoa, mutta nopeassa konseptissa tilauksen loppuun käsittely sekä tuotanto aloitetaan yhtäaikaaisesti, kun spesifikaatio on lukittu. Tiedot tilauksesta spesifikaatioineen tulee

ensin tilausten käsittelystä tuotannosuunnitteluun, joka puolestaan ilmoittaa tilauksesta työnjohdolle. Työnjohdon tehtävänä on valita oikeat henkilöt tuotannosta ja informoida heitä työtilauksesta. Myös materiaalihuollon tulee saada tieto tilauksesta viipymättä, jotta tilattu murskaimen esivalmiste ja kulutusosat saadaan asennuspaikalle. Tieto materiaalihuoltoon toimitetaan sekä puhelimitse, että kirjallisesti sähköpostilla tuotannosuunnittelun toimesta. Kirjallinen ilmoitus vähentää inhimillisen virheen riskiä oikeiden osien poiminnassa.

Mikäli murskaimelle saadaan sovittua kuljetuskin nopealla aikataululla, täytyy lähetyspakkaamon alkaa toimenpiteisiin toimituksen valmistelemiseksi. On syytä huomata, että toimituksen valmistelu on erillinen työvaihe suhteessa irto-osien ja tarvikkeiden pakkaamiseen, joka on suoritettu jo tilausta edeltävässä vaiheessa. Käytännössä toimitusvalmiuden nosto tarkoittaa tässä tapauksessa pakattujen irto-osien siirtämistä lähetyspaikalle, josta ne voidaan nostaa kuljetusvälineen kyytiin.

7.4.2 Lopullinen kokoonpano

On todennäköistä, että nopean toimituksen tilaus muodostuu kesken muiden murskainten kokoonpanon. Tällöin tehtävään nimetyn työntekijän täytyy keskeyttää kokoonpano ja tehdä tarvittaessa nopean toimituksen murskaimelle tilaa työpisteellä.

Materiaalihuolto toimittaa tarvittavat komponentit asennuspaikalle ja asennustyö voi alkaa. Murskainta puretaan tarvittavin osin ja asiakkaan valitsema staattinen kulutusosa asennetaan paikalleen. Lopuksi rungon ruuviliitokset kiristetään vaadittuun, lopulliseen, momenttiin. Kun murskain on koekäytetty ensimmäisessä vaiheessa, uutta koekäyttöä ei vaadita, sillä konseptin sallimat muutokset eivät vaikuta koekäytössä tarkasteltaviin rakenteisiin.

7.4.3 Pintakäsittely lopullisen kokoonpanon jälkeen

Kun murskain on valmis kokoonpanosta, siirretään se maalaamoon. On huomion arvoista, että nopean toimituksen murskaimen täytyy tarvittaessa ohittaa muu

maalausjono. Maalausjonon ohittaminen on haastavampaa, kuin kokoonpanojonon ohittaminen. Tämä johtuu siitä, että muiden, jo parhaillaan maalattavana olevien murskainten maalausta ei voida keskeyttää.

Murskaimen kokoonpanosta valmistumisen ajankohta ja sitä myöten myös tilauksen saapumisajankohta ovat ratkaisevassa roolissa konseptin toteutumisessa. Asiaa helpottaa se, että maalaamossa ei maalata täyttä aikaa työajasta, vaan sen tehtäviin kuuluu paljon muitakin töitä. Muita töitä ovat muun muassa murskainten pesu ja muut esivalmistelutyöt, kuten peittelyt ja suojaukset. Kun maalaustapahtuma ei ole jatkuvasti käynnissä, on nopean toimituksen murskaimella hyvät mahdollisuudet ohittaa jono ja edetä aikataulussa.

Murskain on aiemmassa vaiheessa osittain maalattu, joten maalaustarve ei ole niin suuri, kuin tavanomaisen konseptin murskaimilla. Asennusvaiheessa syntyy kuitenkin väistämättä vaurioita murskaimen maalipintaan, jotka täytyy käsitellä ja paikkamaalata. Paikka- ja viimeistelymaalauksen jälkeen murskain tarroitetaan asiaankuuluvilla tarroilla. Tarroituksen jälkeen murskain valmistuu tuotannosta toimitettavaksi asiakkaalle.

7.4.4 Uuden murskaimen valmistus varastoon

Kun nopean toimituksen murskain on myyty ja valmistettu lopullisesti, täytyy sen tilalle esivalmistaa uusi vastaavanlainen murskain. Lisäksi sisätiloissa oleva varasto tulee täydentää uudelleen kulutusosien osalta, jotta uusi nopea toimitus voi alkaa alusta.

On sovittu, että jokainen nopean toimituksen murskain on myynnissä yksilönä. Tämä tarkoittaa sitä, että niitä voidaan myydä kerrallaan vain varastossa oleva määrä. Uusi murskain tulee myyntiin näkyville vasta sitten, kun se on esivalmistettu varastoon. Menettelyllä ehkäistään tilanne, jossa jouduttaisiin myymään tyhjää. Murskaimia pidetään siis myynnissä näkyvillä vain silloin, kun niitä on aidosti saatavilla nopealla toimituksella. Myös lomakausina ja muina poikkeusaikoina, nopean toimituksen murskaimet otetaan pois valikoimasta.

7.5 Kokonaisläpimenoajan muutoksen laskeminen

Nopean toimituksen konseptissa aika asiakkaan tilauksesta mahdollisuuteen toimittaa murskain on merkittävästi lyhyempi verrattuna tavanomaisen toimituksen vastaavaan aikaan. Tavanomaisesti tuotanto varautuu valmistamaan murskaimia ennalta ennustettujen tuotantotilausten (*eng. plan*) mukaisesti. Kun murskain tilataan, se varaa tietyltä tuotantotilaukselta materiaalit ja aloituspäivän. Näin myös tilauksen toimitusaika muodostuu. Toimitusaika luonnollisesti vaihtelee komponenttien saatavuuden sekä kulloisenkin kysyntätilanteen mukaisesti.

Jokaisella tuotantotilauksella on tuotekohtainen poistoraja. Poistoraja on tietty aika päivinä, jota ennen tuotantotilauksessa oleva murskain tulee myydä, jotta se on mahdollista toteuttaa komponenttien saatavuuden ja muun tuotantokuorman näkökulmasta. Hankintatoimi ostaa komponentteja aina tuotantotilaukkoittain, joten poistorajan saavuttamisella on suuri merkitys toimitusajan määrittämisessä. Menettelyllä pyritään tasapainottamaan komponenttien kysynnän ja tarjonnan suhdetta. Komponentteja ei siis haluta varastoida liikaa, mutta tarvittava toimituskyky halutaan turvata.

Murskaintuotannossa ennustetut tuotantotilaukset ("planit") ennustavat tarpeita suhteellisen pitkien aikojen päähän. Tämä johtuu suurelta osin murskaimien rakenteista, joissa käytetään paljon teräksestä valettuja osia. Teräsvalut ovat suhteellisen pitkän toimitusajan komponentteja, jonka johdosta ne ovat ensimmäisiä kuhunkin murskaimeen tilattavia komponentteja. Muut komponentit tilataan niiden toimitusaikojen mukaisesti lähempänä murskaimen mahdollista valmistusta. Mikäli ennustetun tuotantotilauksen poistoraja saavutetaan, eikä murskainta myydä siihen mennessä, ei loppuja komponentteja tarvitse tilata.

On syytä huomata, että toimitusajat tavanomaisessa toimitusmallissa vaihtelevat rajusti. Kyseeseen voi tulla esimerkiksi tilanne, että tietyn tuotantotilauksen poistoraja on juuri saavutettu, tilaus on poistettu ja seuraavan vapaan tuotantotilauksen aloituspäivä on vasta pitkän ajan kuluttua.

Ennustettujen tuotantotilausten poistorajoihin lisätään tuotannon normaali läpimenoaika, jolloin saadaan kokonaisläpimenoaika, johon on tavanomaisesti totuttu. Nopean toimituksen konseptia verrataan tähän kokonaisläpimenoaikaan. Kaavassa 1 lasketaan nopean toimituksen kokonaisläpimenoajan suhde tavanomaiseen vastaavaan. Absoluuttiset ajat ovat salassa pidettävää tietoa, jonka vuoksi laskelmat esitetään suhdelukuina.

$X = \text{Tuotantosuunnitelman poistorajan pituus}$

$Y = \text{Tuotannon läpimenoaika}$

$Z = \text{Nopean konseptin kokonaisläpimenoaika}$

$$\frac{Z}{X + Y} \cdot 100 \% = 4,1666 \dots \approx 4 \% \quad (1)$$

→ Kokonaisläpimenoaika lyhenee noin 96 %

Teoreettisessa ihannetilanteessa kaikki komponentit ovat heti saatavilla ja tuotantokuorma on sellainen, että murskaimen valmistus voidaan aloittaa heti tilauksesta. Jopa tällaiseen teoreettiseen tilanteeseen verrattuna nopean toimituksen kokonaisläpimenoaika on merkittävästi lyhyempi kaavan 2 mukaisesti.

$$\frac{Z}{Y} \cdot 100 \% = 12,5 \% \quad (2)$$

→ Kokonaisläpimenoaika lyhenee 87,5 %

8 PILOTOINTI

Ennen konseptin käyttöönottoa ja mahdollista implementointia tuotantoon, päätettiin se pilotoida viikolla 12/2024. Pilotoinnilla haluttiin varmistaa konseptin määrittelemät toiminnot käytännössä. Ennen pilotointia eri vaiheisiin kuluvat ajat olivat vain suunnitelmia, jotka perustuivat kokemusperäisiin arvioihin. Toteutuneen pilotoinnin pohjalta tehtiin tarvittavia korjauksia konseptin toimintamalliin.

8.1 Ennen pilotointia

Nopean toimituksen konseptia käsittelevässä tapaamisessa tilausten käsittelyn ja saatavuuden suunnittelun edustajien kanssa sovittiin, että viikolla 12 luodaan aitoa tapausta simuloiva tilaus, joka toteutettaisiin noudattamalla uutta konseptia. Kukaan tuotannosta ei tiennyt tilauksen tarkkaa saapumisajankohtaa, eikä konfiguraatiota, vaan tilauksessa kuvitteellinen asiakas oli valinnut tietyn murskainmallin haluamallaan konfiguraatiolla. Kun mitään etukäteistietoa ei ollut saatavissa, voitiin konseptia testata aidosti ja luotettavasti.

Ennen pilotointiviikkoa oli konseptiin suoraan liittyvät työntekijät mukaan lukien toimihenkilöt perehdytettävä. Perehdytys päätettiin järjestää osaston yhteisen, yleisiä asioita käsittelevän tilaisuuden yhteydessä. Työntekijöitä haluttiin myös kuulla projektin suhteen ja heillä oli halutessaan mahdollisuus vaikuttaa konseptin sisältöön. Tarvetta muutoksille ei nähty tässä vaiheessa.

Konsepti ei sisällä mitään teknistä perehdytettävää, sillä kyseisten murskainmallien parissa työskentelevä työntekijä ei kohtaa mitään uutta tehtävissä työvaiheissa. Perehdytys koskikin näin ollen vain uudenlaista järjestystä eri työvaiheissa.

Pilotointiin piti valmistautua myös materiaalien suhteen. Murskaimia oli ennen pilotointia varastoitu kylmässä, mutta katetussa hallissa. Murskainten kulutusosat olivat myös ulkona tavanomaisilla varastopaikoillaan. Sekä esivalmistetut murskaimet, että tarpeellinen määrä niiden kulutusosia siirrettiin ennalta määritetyille

varastopaikoille sisätiloihin materiaalihuollon toimesta. Murskaimet päätettiin myös pestä ennen sisävarastointia.

8.2 Pilotoinnin toteutus

Pilotoinnissa tärkeimpänä asiana haluttiin ymmärtää eri vaiheisiin kuluva aika sekä eri vaiheiden haasteet ja onnistumiset. Tästä syystä eri työvaiheiden kestoista ja niiden etenemisistä haluttiin pitää suuntaa antavaa kirjanpitoa, jonka avulla voitaisiin pilotoinnin jälkeen pohtia keinoja konseptin parantamiseksi.

8.2.1 Purku- ja asennustyö

Tilaustenkäsittely toimitti tilauksen viikon 12 loppupuolella. Tilauksen saapumisen jälkeen alkoi konseptin mukaisen tiedotusketjun toteuttaminen, joka sujui täysin ongelmitta. Työnjohto nimesi yhden asentajan suorittamaan purku- ja asennustyötä sekä yhden materiaalihuoltajan huolehtimaan tilauksen materiaalivirroista. Materiaalit saapuivat asennuspaikalle, kuten pitikin, lähes heti ilmoituksen jälkeen ja asennustyö voitiin aloittaa.

Purkuun ja asennukseen kuluva aika oli hieman yli puolet konseptin sallimasta kokonaisajasta. Se on hieman enemmän, kuin konseptia laatiessa oli alun perin ajateltu. Konseptia laadittaessa monivaiheiseen asennustyöhön kuluva aikaa on haastava hahmottaa. Pieni ylitys alun perin ajateltuun vaiheikaan ei kuitenkaan vaikuttanut dramaattisesti koko konseptin toteutumiseen.

8.2.2 Maalaus, viimeistely ja lopputulos

Pilotoinnissa käytetty murskain oli ensimmäinen konseptin tarkoitusta vastaamaan rakennettu murskain. Konseptia kehitettiin yhtäaikaaisesti murskainten varastoon valmistamisen kanssa. Tästä syystä pilotoinnissa käytetyssä yksilössä ei ollut vielä otettu huomioon kaikkia myöhemmin ilmenneitä kehityskohteita. Myöhemmin ilmenneet kehityskohteet koskivat lähinnä puolivalmisteen optimoimista ajatellen purku- ja asennustyötä sekä uudelleen maalausta. Kyseinen yksilö oli

valmistettu varastoon lähes tavanomaisen murskaimen tavoin, jolloin se maalattiin täysin ja tarroitettiin lopulliseen ulkonäköönsä.

Esimerkiksi maalatut pultit ja mutterit hankaloittivat murskaimen purkua, sillä maalikerros vaikeuttaa työkalun sovittamista pultin tai mutterin ympärille. Myös kierteiden ollessa osittain maalissa, ei ole itsestään selvää, että pultit lähtisivät aukeamaan helposti.

Pulttien kiristämiseen käytettävät vääntimet tarvitsevat tuen vastavoimalle murskaimesta itsestään. Vastavoima aiheuttaa merkittävän pistekuorman ja murtaa maalipinnan. Koska koko murskain oli tilausta edeltävässä vaiheessa maalattu täysin, oli selvää, että pistekuorma murtaa ja vaurioittaa maalipintaa. Murskaimen saapuessa maalaamoon, oli sen maalipinnassa melko paljon vaurioita ja sen tartrat olivat osittain rikkoutuneet. Maalipinnan rikkoutuminen aiheutti maalaamoon ylimääräistä hiontatyötä, joka luonnollisesti vei aikaa konseptin sallimasta kokonaisajasta.

Hiontatyön jälkeen päätettiin murskain ylimaalata. Tämä oli konseptista poikkeava toimenpide, sillä alun perin murskainta oli tarkoitus vain paikka- sekä viimeistelymaalata. Yhdessä maalaamon työnjohtajan sekä maalareiden kanssa todettiin ylimaalauksen olevan siinä tilanteessa laadukkain ja nopein vaihtoehto. Ylimaalauksen jälkeen maalin piti antaa kuivua yön yli, jotta viimeistelymaalauksen ja tarroitus voitiin tehdä.

Pilotoinnissa ilmenneistä kehityskohteista ja pintakäsittelyyn liittyvistä vastoinkäymisistä huolimatta lopputuloksena saatiin konseptin onnistuminen määräajassa.

8.3 Pilotoinnin jälkeen

Pilotoinnin jälkeen viikolla 13/2024 päätettiin konseptiin liittyvien työntekijöiden ja toimihenkilöiden kesken pitää purkutilaisuus. Tilaisuudessa käytiin kronologisesti koko prosessi läpi ja jokaisella työntekijällä oli mahdollisuus tulla kuulluksi ajatuksistaan pilotointiin liittyen. Konseptin esittely ja perehdytys oli onnistunut, sillä se

oli ymmärretty aukottomasti. Suurimmilta osin konseptin todettiin toimineen myös käytännössä, kuten pitikin, mutta muutoksiakin tehtiin.

Suurimmat muutokset alkuperäiseen konseptiin tehtiin maalaukseen ja pintakäsittelyyn liittyen. Kesken pilotoinnin päädyttiin paikkamaalauksen sijaan suorittamaan pintakäsittely ylimaalamalla, joka on tavanomaisen prosessin mukainen toimenpide. Purkutilaisuudessa todettiin tämän olevan oikea vaihtoehto myös jatkossa. Samalla päätettiin luopua tilausta edeltävästä maalausvaiheesta kokonaan.

Ensimmäisestä maalausvaiheesta luopumisen suurimpana etuna nähdään se, että näin ollen vältetään tilauksen jälkeen tehtävän purku- ja kiristelyvaiheen aiheuttamilta maalivaurioilta ja edelleen ylimääräiseltä hiontatyöltä. Purkutyö on myös helpompi tehdä, kun pultit ja mutterit eivät ole maalissa.

Pilotoinnissa havaittiin tietyissä pinnoissa myös lievää pesuveden aiheuttamaa korroosiota. Korroosio saatiin kuitenkin helposti poistettua kemiallisesti, eikä siitä aiheutunut suurempaa haittaa. Joka tapauksessa tulevaisuudessa pystytään sulkemaan korroosion riski pois, kun murskainta ei enää pestä ennen lopullista kokoonpanoa. Kun lopullinen kokoonpano on tehty, on maalausta edeltävä pesu tavanomaisen prosessin mukainen toimenpide. Siitä ei aiheudu vaaraa murskaimen kunnolle, kun kaikki pultit ovat kiristettyinä oikeisiin momentteihin, eikä murskaimesta löydy ylimääräisiä, auki olevia aukkoja, joiden kautta vesi pääsisi aiheuttamaan vaurioita. Voidaan siis todeta, että nopean toimituksen murskaimen pintakäsittelyprosessi palautettiin vastaamaan tavanomaista prosessia. Liitteessä 1 on soveltuvin osin muokattu ote opinnäytetyötä koskevasta seminaariesityksestä, jossa esitetään lopullisen konseptin toimintamalli graafisesti.

Maalausvaihe pesuineen ja valmisteluineen vie merkittävän osan konseptin salimasta ajasta, sillä siinä käytettävässä kovetteessa on verrattain pitkä kuivumisaika. Purkutilaisuuden tuloksena päädyttiin selvittämään mahdollisuutta koveteeseen, jonka kuivumisaika on noin yksi neljäsosa käytössä olevaan koveteeseen nähden. Nopeammalla kuivumisajalla saataisiin lisää joustoa mahdollisiin

ongelmatilanteisiin jatkossa. Joustolla saataisiin turvattua konseptin mukaisen, vaatimuksiltaan tiukemman, tavoiteaikataulun toteutuminen.

9 POHDINTA

Nopean toimituksen konseptissa on ennen kaikkea kyse asiakkaan paremmasta palvelemisesta. Totutusti murskaimia tilataan ja toimitetaan pitkän suunnittelun ja investointipäätösten pohjalta, mutta joissakin erityistapauksissa toimitusajalla saattaa olla erittäin suuri merkitys. Tällaisia tapauksia ovat muun muassa kone-rikot, joiden takia asiakkaan suorittama työ keskeytyy. Nopean toimituksen konsepti vastaa erinomaisesti esimerkiksi tämän tyyppiseen kysyntään luoden lisäarvoa asiakkaalle. Kone-rikot eivät todennäköisesti kuitenkaan ole ainoita nopean toimituksen konseptia tarvitsevia tapauksia, vaan se voi luoda joustavuutta myös muunlaisiin tilanteisiin. On kuitenkin syytä huomata, että tässä opinnäytetyössä luotiin valmistusmalli vain kahdelle tietylle murskainmallille. Konseptin soveltamisesta myös muihin malleihin ollaan kuitenkin yrityksessä luonnollisesti kiinnostuneita.

9.1 Kustannukset

Nopean murskaintoimituksen konseptin toteuttaminen ja ylläpito vaatii yritykseltä panostuksia. Kuten missä tahansa hankkeessa, vaaditaan yhtenäistä tahtotilaa ja resursseja konseptin tosiasialliseksi käyttöönottamiseksi sekä ylläpitämiseksi. Nopean toimituksen konseptista aiheutuvat kustannukset ovat yrityksen tiedossa, mutta absoluuttiset luvut ovat salassa pidettävää tietoa.

Kustannukset muodostuvat pääosin varmuusvarastojen osittaisesta kasvattamisesta sekä murskainten esivalmistukseen käytettävistä työtunneista ja kiinteistä kuluista. Kiinteisiin kuluihin luetaan tässä tapauksessa muun muassa tehdas-fasiliteetti- sekä toimihenkilökustannukset. Konseptin ei katsota aiheuttavan varmuusvarastojen kasvattamisen lisäksi muita ylimääräisiä materiaalikustannuksia lyhyellä aikavälillä. Tämä johtuu siitä, että varastoon esivalmistettavien murskainten osat ovat joka tapauksessa olemassa riippumatta siitä, onko murskaimia esivalmistettu varastoon vai ei. Pitkällä aikavälillä osia todennäköisesti ostetaan enemmän, kuin ilman konseptia ostettaisiin.

Opinnäytetyössä julkaisemattomien laskelmien mukaan voidaan päätellä, millä tavoin alkupanostuksista aiheutuvat kustannukset saadaan katettua. Laskelmien mukaan nopean konseptin käyttöönotosta aiheutuvat kustannukset saadaan katettua, mikäli varastoon alun perin esivalmistetuista murskaimista vähintään puolet myydään. Laskelma perustuu siihen, että murskaimet on hinnoiteltu tavanomaisten murskaintoimitusten tavoin ja että kaupat ovat toteutuneet nimenomaan nopean toimituskyvyn ansiosta.

9.2 Tavoitteiden toteutuminen ja tulokset

Opinnäytetyön tarkoituksena oli luoda toimiva ja käyttöönotettava valmistusmalli, jolla voidaan toimittaa kahta tiettyä murskainmallia merkittävästi nopeammalla toimitusajalla, kuin mihin tavanomaisesti on totuttu. Onnistuneen pilotoinnin avulla voitiin todistaa, että työssä luotu konsepti vastaa aidosti tähän tarpeeseen. Voidaan siis todeta, että toimintamalli voidaan ottaa tosiasiallisesti käyttöön ja nopean toimituksen murskaimia on mahdollista alkaa myydä heti, kun yritys haluaa.

Konseptin myötä saavutetaan numeerisesti merkittävä kokonaisläpimenoajan lyheneminen (96 %). Tulosta tarkasteltaessa on syytä muistaa, että kokonaisläpimenoajalla tarkoitetaan nimenomaan asiakkaan tilauksen ja toimituksen välistä aikaa. Se ei ota huomioon sitä, että konseptin mukaisesti valtaosa murskaimen valmistamiseen tarvittavista työtunneista käytetään ennen tilausta. Todellisuudessa murskaimen valmistukseen kuluu tavanomainen määrä työtunteja, mutta koska tietyt vaiheet tehdään eri järjestyksessä, saadaan kokonaisläpimenoaika merkittäväällä tavalla pienenemään.

9.3 Konseptin soveltuvuus muihin murskainmalleihin

Opinnäytetyötä tehdessä arvioitiin samalla konseptin soveltuvuutta myös muiden murskainmallien tuotantoon. Kaikista Tampereella valmistettavista murskaimista tuoteperhe, johon murskaimet 1 ja 2 kuuluvat, soveltuu todennäköisesti parhaiten nopeaan toimitukseen. Muiden tuotteiden valmistukseen liittyy sellaisia seikkoja, jotka hankaloittavat konseptin toteuttamista, mikäli kokonaisläpimenoajan tavoite

olisi sama, kuin tässä työssä. Tässä vaiheessa on jokseenkin vaikea nähdä, että muille murskainmalleille olisi mahdollista edes konfiguraatorajauksin luoda samankaltainen konsepti, jossa yhdistyy yhtäältä nopea toimitusaika ja toisaalta kohtuullinen räätälöitävyys samanlaisessa laajuudessaan.

On myös syytä huomioida tehtaan maantieteellinen sijainti. Maapallon pohjoisella pallonpuoliskolla, kylmässä ympäristössä ehdottomana vaatimuksena on lämpimät ja kuivat varastointitilat esivalmistetuille tuotteille sekä niiden tarvitsemille osille. Nopean konseptin luonti muillekin murskainmalleille on siis todennäköisesti jossain määrin mahdollista, mutta se vaatii panostuksia ja tarkastelua sille asetetuille vaatimuksille.

LÄHTEET

Haverila M. J., Uusi-Rauva E., Kouri I. & Miettinen A. 2009. Teollisuustalous. Tampere: Infacs Oy.

Metso Tampere. n.d. Sharepoint. Ei julkisesti saatavilla. Viitattu 27.12.2023.

Murskaimet. n.d. Metson kotisivujen tuote-esittelysivu. Viitattu 23.1.2024.
<https://www.metso.com/fi/kiviainesala/tuotteet/murskaimet/>

Nordberg C120 Jaw Crusher. n.d. Metson kotisivujen mallikohtainen sivu. Viitattu 23.1.2024. <https://www.metso.com/portfolio/nordberg-c-series/nordberg-c120/>

Nordberg GP-sarja. n.d. Metson kotisivujen karamurskainten esittelysivu. Viitattu 23.1.2024. <https://www.metso.com/fi/portfolio/nordberg-gp-sarja/>

Ritvanen V., Inkiläinen A., von Bell A. & Santala, J. 2011. Logistiikan ja toimitusketjun hallinnan perusteet. Saarijärvi: Saarijärven Offset Oy.

Tampere Lokomonkatu -intranet-sivu. n.d. Ei julkisesti saatavilla. Viitattu 27.12.2023.

Tietoa meistä. n.d. Metson kotisivujen yritysesittelysivu. Viitattu 27.12.2023.
<https://www.metso.com/fi/yritys/tietoa-meista/>

LIITTEET

Liite 1. Lopullinen konseptin mukainen toimintamalli graafisesti

Nopean murskaintoimituksen konsepti

Lyhennetään toimitusaikaa murto-osaan totutusta. Miten?

