



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

VESA-PEKKA PIETILÄ  
KUSTOMOINTIA VAATIVIEN TEOLLISUUSNOSTUREIDEN  
TOIMITUSPROSESSI  
Diplomityö

Tarkastaja: professori Asko Ellman  
Tarkastaja ja aihe hyväksytty  
Automaatio-, kone- ja materiaali-  
tekniikan tiedekuntaneuvoston  
kokouksessa 7. maaliskuuta 2012

## TIIVISTELMÄ

TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Konetekniikan koulutusohjelma

**PIETILÄ, VESA-PEKKA:** Kustomointia vaativien teollisuusnostureiden toimitusprosessi

Diplomityö, 87 sivua, 4 liitesivua

Maaliskuu 2012

Pääaine: Konejärjestelmien suunnittelu

Tarkastaja: Professori Asko Ellman

Avainsanat: kustomointi, teollisuusnosturi, toimitusprosessi, konfigurointi

Teollisuusnosturit konfiguroidaan aina asiakaskohtaisesti. Nostureihin halutaan kuitenkin usein ominaisuuksia, joita konfiguraattori ei tunne, tai jotka eivät kuulu tuotevalikoimaan. Tällöin nosturit vaativat erityistä suunnittelua sekä tarjous- että toteutusvaiheissa. Kustomointia vaativien nostureiden toimitusprosessi on hyvin erilainen kuin niin sanotuilla vakionostureilla, jotka eivät vaadi erityistä suunnittelua. Tästä syystä prosessissa on myös tavallista enemmän potentiaalisia virhelähteitä, jolloin tuotettu laatu ja prosessin kustannustehokkuus ei ole välttämättä samalla tasolla vakionostureiden kanssa. Tämän työn tavoitteena on löytää kustomoitujen teollisuusnostureiden toimitusprosessin suurimmat epäkohdat ja esittää useita kehitysehdotuksia, joilla prosessin tehokkuutta ja taloudellisuutta voidaan parantaa.

Työ jakautuu kahteen osaan. Teoriaosassa selvitetään varioituvaan tuotteeseen perustuvan liiketoiminnan edellytykset ja luodaan ideaalinen toimitusprosessi. Työn soveltavassa osassa ideaalista ja käytännössä vallitsevaa toimitusprosessia verrataan toisiinsa, jotta ongelmakohdat voidaan tunnistaa. Soveltavan osan käytännön tiedot perustuvat sekä kirjoittajan omiin kokemuksiin että eri osa-alueiden asiantuntijoiden kanssa suoritettuihin haastatteluihin. Näiden havaintojen perusteella esitetään erilaisia esimerkkitalanteita sekä kehitysehdotuksia, jotka ovat koottu pääosin soveltavan osion loppuun.

Tutkimus osoittaa, että nykyisin vallitsevan toimitusprosessin päätason vaiheet ovat optimaaliset mutta oikeaa järjestystä ei aina noudateta tai tietyt vaiheet ohitetaan kokonaan. Työn merkittävimpana tuloksena voidaan pitää havaintoa, että suurin osa prosessin epäkohdista voitaisiin ratkaista paremmalla kommunikaatiolla ja eri työtehtävien tuntemuksella. Asiakaslähtöisyyden korostaminen auttaisi tuottamaan kullekin asiakasprosessille optimaalista dataa ja laatua, joiden lisäksi asioita tehtäisiin oikeaan aikaan. Prosessituntemus lisäisi ymmärrystä, miten kussakin vaiheessa tuotettu heikko laatu vaikuttaa prosessin myöhempiin vaiheisiin ja koko nosturitoimituksen tulokseen. Tämä tiedon voidaan olettaa parantavan prosessin itseohjautuvuutta, jolla ongelmat korjattaisiin heti niiden esiintyessä.

## ABSTRACT

TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Master's Degree Programme in Mechanical Engineering

**PIETILÄ, VESA-PEKKA:** Delivery process of customization requiring industrial cranes

Master of Science Thesis, 87 pages, 4 Appendix pages

March 2012

Major: Design of Machine Systems

Examiner: Professor Asko Ellman

Keywords: customization, industrial crane, delivery process, configuration

Industrial cranes are always configured for each customer. Customers often request features that are not supported by the configurator or are not on the additional features list. In these cases the cranes need special designing in both offer and delivery stages. The delivery process of customization requiring industrial cranes is very different from the process of so called standard cranes that don't require special designing. Due to this the process has more potential error sources, so the quality and cost effectiveness of the whole process isn't necessarily at the same level with the standard cranes. The main goal of this thesis is to find the most crucial error sources in the delivery process and to present multiple propositions how the cost-effectiveness of the process can be increased.

The thesis is divided into two sections. The preconditions of a business based on a varying product are explained and an ideal delivery process is created in the theoretical section of the thesis. This ideal process is compared to the real process from different perspectives, in the practical section, in order to recognize the sources of error. The information of the practical section is based on the writer's own experiences and on interviews of specialists of different fields of expertise. A number of different example scenarios and development propositions, based on these observations, are compiled mainly in the end of the practical section.

The study shows that the main level process stages are currently optimal but the correct process order is not always followed or some stages are passed completely. The most significant result of the thesis is an observation that most of the sources of error could be fixed with better communication and knowledge of different jobs. Highlighting the customer orientation would help each process stage to produce optimal data and quality to their customer stages. This would also help to do things at the right time. Better process knowledge would increase the understanding of how a substandard quality, produced in different process stages, affects the later stages and the result of the whole crane delivery. This information can be assumed to increase the self-adjustment level of the process, which results in solving problems immediately when they occur.

## ALKUSANAT

Tämä diplomityö on tehty Konecranes Finland Oy:lle, jossa työskentelin projektipäällikkönä sekä ennen diplomityön aloittamista että diplomityön aikana. Työn tarkastajana on toiminut professori Asko Ellman Tampereen teknillisestä yliopistosta ja ohjaajana projektipäällikkö Marko Alanko Konecranes Finland Oy:stä.

Kiitän Asko Ellmania saamistani neuvoista ja rakentavasta palautteesta. Haluan kiittää Marko Alankoa kärsivällisyydestä, avusta sekä erityisesti kaikista käymistämme keskusteluista, joista ammensin sisältöä tähän työhön. Arvostan hänen panostaan työni tukemisessa sekä hänen halukkuuttaan auttaa ja jakaa omaa ammattitaitoaan eteenpäin. Esitän kiitokseni myös esimiehilleni Markku Suistiolle sekä Isto Heinolle, jotka antoivat minulle mahdollisuuden tämän työn tekemiseen. Kiitoksen ansaitsevat myös kaikki muut henkilöt, jotka auttoivat ja kannustivat minua työni ja opintojeni aikana.

Kiitän vanhempiani Terttu ja Jorma Pietilää kaikesta opintojeni aikana saamastani tuesta ja kannustuksesta. Lisäksi kiitän appivanhempiani Tuulikki ja Antero Kuusista heiltä saamastani tuesta. Erityiskiitokset esitän vaimolleni Jennille, joka jaksoi kannustaa, tukea ja ymmärtää minua koko opintojeni ajan.

Hämeenlinnassa 5.3.2012.

Vesa-Pekka Pietilä

## SISÄLLYS

1	Johdanto .....	1
2	Yleiskatsaus teollisuusnostureihin .....	2
2.1	Toimintaperiaate .....	2
2.2	Nosturin rakenne ja yleiset ominaisuudet .....	3
2.2.1	Teräsrakenne .....	4
2.2.2	Nostinvaunu .....	5
2.2.3	Sillankaappi .....	8
2.2.4	Virransyöttö .....	9
2.2.5	Ohjaimet .....	11
2.2.6	Päätykannattimet ja siirtokoneistot .....	12
2.3	Nostureiden käyttökohteita ja niiden vaatimuksia .....	13
3	Varioituvaan tuotteeseen perustuva liiketoiminta .....	16
3.1	Laatu .....	17
3.1.1	Hyvän ja huonon laadun edut ja haitat .....	18
3.1.2	Laadun tuottaminen ja kustannukset .....	18
3.2	Tuotanto ja tuotantoparadigmat .....	21
3.2.1	Lean tuotanto / Toyotan toimintatapa .....	24
3.2.2	Massaräätälöinti .....	27
3.3	Prosessi .....	32
3.3.1	Prosessin ymmärtäminen .....	32
3.3.2	Prosessin kuvaaminen .....	33
4	Ideaalinen nosturitoimitusprosessi .....	36
4.1	Asiakastarpeiden selvittäminen .....	36
4.2	Nosturin tarjoaminen ja tilaaminen .....	37
4.2.1	Tarjoussuunnittelu .....	38
4.2.2	Sopimuksen tekeminen ja nosturin tilaaminen .....	39
4.3	Nosturitilauksen käsittely .....	40
4.3.1	Tuotetiedon- sekä tuotannonhallintajärjestelmät .....	41
4.3.2	Tilauksen määrittäminen .....	42
4.4	Nosturisuunnittelu .....	44
4.4.1	Teräsrakennesuunnittelu .....	44
4.4.2	Komponenttisuunnittelu .....	45
4.5	Komponenttien ja nosturin valmistaminen .....	45
4.6	Nosturin toimittaminen, asentaminen ja käyttöönotto .....	47
5	Teorian ja käytännön kohtaaminen .....	49
5.1	Prosessimallien suurimmat eroavaisuudet .....	51
5.2	Toimitusprosessin tehokkuus ja taloudellisuus .....	52
5.2.1	Tarjous- ja tilauksen käsittelyvaiheiden tarkastelu .....	52
5.2.2	Nosturin suunnittelu- ja valmistusvaiheiden tarkastelu .....	54
5.2.3	Nosturin toimitus- ja käyttöönottovaiheiden tarkastelu .....	56

5.3	Prosessin tuottama laatu ja asiakastarpeisiin vastaaminen .....	56
5.3.1	Nosturi- ja komponenttitilaukset.....	56
5.3.2	Komponentti-, teräsrakenne- ja työsuunnittelu sekä ostot.....	57
5.3.3	Komponentti- ja nosturivalmistus .....	58
6	Nosturitoimituksen hallinta projektipäällikön näkökulmasta .....	60
6.1	Projektipäällikön tehtävät ja käytössä olevat työkalut.....	60
6.1.1	Projektin aloitus .....	60
6.1.2	Komponenttien ja nosturin tilaaminen.....	62
6.2	Toiminnan suurimmat haasteet.....	64
6.2.1	Työkaluihin liittyvät haasteet.....	64
6.2.2	Prosesseihin ja toimintatapoihin liittyvät haasteet.....	66
6.2.3	Organisaatorakenteeseen liittyvät haasteet .....	67
7	Toimitusprosessin kehittäminen.....	68
7.1	Nosturin tarjoaminen .....	68
7.2	Nosturin tilaaminen ja tilauksen käsittely.....	69
7.2.1	Nosturitilausjärjestelmä .....	69
7.2.2	Tilauksen konfigurointi ja dokumentointi.....	71
7.3	Nosturin suunnittelu.....	73
7.3.1	Teräsrakennesuunnittelu .....	73
7.3.2	Komponenttisuunnittelu.....	74
7.3.3	Teräsrakenne- ja komponenttisuunnittelun välinen yhteistyö .....	75
7.4	Komponenttien ja teräsrakenteen valmistus .....	76
7.4.1	Komponenttivariantit .....	76
7.4.2	Kommunikaatio epäselvissä tilanteissa.....	77
7.4.3	Paikalliset komponenttihankinnat ja teräsrakennemuokkaukset....	77
7.4.4	Nosturidokumentaatio.....	78
7.4.5	Teräsrakennevariantit ja -valmistus .....	79
7.5	Nosturin kokoonpano.....	79
7.6	Nosturin toimitus, asennus ja käyttöönotto.....	80
7.7	Laadunvalvonta ja laatupoikkeamien käsittely.....	82
7.7.1	Laatupoikkeamat.....	82
7.7.2	Laatupalaute ja laadun kehittäminen.....	83
8	Päätelmät .....	85
	Lähteet.....	88
	Liite 1: Kustomoitu teollisuusnosturi.....	92
	Liite 2: ILM:n pää- ja lähetyserätasot .....	94
	Liite 3: Prosessikaavio .....	95

## TERMIT JA NIIDEN MÄÄRITELMÄT

Aliprosessi	Prosessin tietyn vaiheen sisäinen prosessi.
CC	Competence Center eli osaamiskeskus.
Corona	Konecranesin uusi konfiguraattoriohjelma
DAS	Automaattinen piirustusjärjestelmä (Drawing Automated System).
EDI	Sähköinen tiedonsiirtoprotokolla (electronic data interchange).
Efecte	Konecranesin käyttämä tarjousjärjestelmä.
ERP-järjestelmä	Enterprise resource management system, katso 'tuotannonohjausjärjestelmä'.
iLM	Konecranesin nykyinen tuotannonhallintajärjestelmä.
Invertteri	Taajuusmuuttaja.
Jarruvastus	Vastus, jolla nosturin jarrutuksen aikana syntyvä sähköteho muutetaan lämmöksi.
JIT	Juuri oikeaan aikaan (just in time).
Jänneväli	Nosturiradan kiskojen keskilinjojen välinen etäisyys.
Kaapelikertymä	Lattakaapelivirransyötön muodostama haitarimainen kaapelinippu.
Kaksipalkkinosturi	Konecranesin käyttämä nimitys nosturista, jossa on kaksi pääkannattajaa.
Kaksipalkkivaunu	Konecranesin käyttämä nimitys kaksipalkkinosturiin soveltuvasta nostinvaunumallista.
Kanban	Lean-toimintatapaan liittyvä kortti, jonka avulla voidaan ohjata varastojen täydennystä.
Konfiguraatio	Konfiguraattorilla määritetty tuoterakenne.
Konfiguraattori	Ohjelma, jolla tuoterakenne määritetään valittujen ominaisuuksien perusteella.
Kontrollikoodi	Koodi, jolla tuotannonhallintajärjestelmän tilausrivi kohdistetaan tietylle tuotanto-osastolle.
Kotelonosturi	Konecranesin käyttämä nimitys nosturista, jonka pääkannattaja on valmistettu kotelopalkista.
Kustomointi	Asiakaskohtainen räätälöinti.
Lean	Toyotan tuotantojärjestelmään ja toimintatapaan perustuva filosofia.
Liitoslevy	Levy, jolla pääkannattaja ja päätykannattaja liitetään toisiinsa.
Lähestymismitta	Koukun ja rakennuksen päätyseinän tai rataiskkon keskilinjan välinen minimietäisyys.
MAG	Metal Active Gas – kaasukaarihitsausmenetelmä, jossa suojakaasu reagoi hitsattavaan metalliin.

Markman	Konecranesin nykyinen konfiguraattoriohjelma
Massaräätälöinti	Yksilöllisten tuotteiden tuottaminen suurina volyymeina eli massatuotannon keinoin.
Mobiilinosturi	Ajoneuvonosturi.
Modulointi	Modulaarisen eli moduuleihin perustuvan tuoterakenteen määrittäminen.
Moduuli	Tuotteen vaihtokelpoinen osakokoonpano, jolla on tietyt rajapinnat ympäröiviin osakokoonpanoihin.
Moduulijärjestelmä	Moduuleista koostuva tuoterakenne.
Myrskylukko	Mekaaninen lukko, joka nosturi voidaan lukita nosturirataan.
NEI-alue	Nordic, Eastern Europe, India region eli Pohjoismaiden, Itä-Euroopan ja Intian myyntialue.
Nostinvaunu	Nosturin osa, jolla taakkaa voidaan nostaa ja laskea sekä liikuttaa pääkannattajan suuntaisesti.
Nosturirata	Rakennuksen osa, jonka päällä tai alla nosturi kulkee.
Painikeohjain	Ohjain, joka on liitetty kaapelilla joko nosturin sillankaappiin tai nostinvaunuun.
PDM	Product data management, katso 'tuotetiedonhallinta'.
Profiilinosturi	Konecranesin käyttämä nimitys nosturista, jonka pääkannattaja on valmistettu profiilipalkista.
ProFlow	Konecranesin projektinhallintajärjestelmä.
ProQ	Konecranesin laadunhallintajärjestelmä.
Prosessikartta	Eräs prosessien mallinnusmenetelmä.
Prosessikoodi	Koodi, jolla määritetään tilausrivin suunnittelutarve tuotannonhallintajärjestelmässä.
Pukkinosturi	Teollisuusnosturi, jonka pääkannattajan ja päätykannattajien välissä on korokepalat eli jalat.
Pyöräkuormat	Nosturirataan kohdistuvat staattiset ja dynaamiset kuormitukset.
Pääkannattaja	Nosturin runkopalkki, joka kiinnittyy päätykannattajiin.
Päätykannattaja	Nosturin osat, joiden päällä nosturi liikkuu nosturiradalla.
QIP	Konecranesin laadunparannusmenetelmä (quality improvement process).
Ratakisko	Nosturirataan hitsattu kisko, joka ohjaa nosturin liikesuuntaa.
SAP	Konecranesin uusi tuotannonhallintajärjestelmä.
Seinäkonsolinosturi	Nosturi, joka kulkee kolmen, rakennuksen seinään kiinnitetyn ratapalkin varassa.
Sillankaappi	Nosturin sähkökaappi.
Silta	Nosturin teräsrakenteesta käytetty yleisnimitys.



SP11	Konecranesin käyttämä luokitus nosturista, jonka pääkannattaja on valmistettu profiilipalkista.
SP12	Konecranesin käyttämä luokitus nosturista, jonka pääkannattaja on valmistettu kotelopalkista.
SP13	Konecranesin käyttämä luokitus kustomointia vaativista nostureista.
Standardinosturi	Konecranesin käyttämä nimitys matalan käyttöluokan nosturista (standard duty crane).
Standardointi	Menetelmä osien ja osakokonaisuuksien yksinkertaistamiseksi ja vaihtelun hallitsemiseksi eli variaatioiden vähentämiseksi.
Tarjoussuunnittelu	Konecranesin käyttämä nimitys työvaiheesta, jossa nosturi suunnitellaan asiakkaalle tehtävää tarjousta varten.
Tekninen lauseke	Konfiguraattorin määrittämä tekninen ominaisuus.
TPS	Toyotan kehittämä tuotantojärjestelmä (Toyota Production System).
Tuotannonohjausjärjestelmä	Järjestelmä, jolla voidaan hallita muun muassa tuotantoaikatauluja sekä materiaalivirtoja.
Tuotealusta	Modulaarisen tuoterakenteen runko.
Tuotetiedonhallinta	Systemaattinen toimintatapa tuotteen elinkaaren aikana syntyvän tiedon suunnitteluun, hallintaan, ohjaukseen ja valvontaan.
Kustomointi	Tuotteen muokkaaminen kunkin asiakkaan tarpeita vastaavaksi (customization).
Variaatio	Perustuotteen versio, jossa on yksi tai useampi, yksilöllinen ominaisuus.
Variointi	Järjestelmällinen menetelmä, jolla perustuote voidaan yksilöidä vastaamaan eri asiakastarpeita.
Vuokaavio	Eräs prosessien mallinnusmenetelmä.
Ydinprosessi	Useasta prosessista koostuvan prosessimallin keskeisin osa.
Yksipalkkinosturi	Konecranesin käyttämä nimitys nosturista, jossa on yksi pääkannattaja.

# 1 JOHDANTO

Konecranes on yksi maailman johtavista nostolaittevalmistajista. Konecranesin tuotevalikoima vastaa hyvin erilaisiin nosto- ja kuormankäsittelytarpeisiin muun muassa satamissa sekä eri teollisuuden aloilla. Yhtiö on jaettu maantieteellisesti viiteen eri alueeseen eli regioonaan, joista Suomi kuuluu Pohjoismaat, Itä-Euroopan sekä Intian sisältävään NEI-alueeseen (Nordic, Eastern Europe, India). Tämän alueen osaamiskeskus (competence center, CC) sijaitsee Hämeenlinnassa, jossa vastataan alueen kevytnostolaitte- sekä teollisuusnosturitoimituksista. Teollisuusnosturit valmistetaan tilauskohtaisesti, räätälöitynä asiakkaan käyttötarpeisiin.

Asiakkaat vaativat teollisuusnostureilta toisinaan ominaisuuksia, joita nosturilaskentaan käytetty konfigurointiohjelma eli konfiguraattori ei tunne. Tällöin nosturit vaativat erillistä kustomointia, joka aiheuttaa vakioista poikkeavan toimitusprosessin. Tässä tekstissä pyritään esittelemään kustomointia vaativien teollisuusnostureiden yleisimmät rakenteelliset erikoisuudet sekä nostureiden käyttötarkoitukset. Lisäksi tekstissä pyritään selvittämään asiakaskohtaisen räätälöinnin periaatteet sekä luomaan ideaalinen nosturitoimitusprosessi ja vertaamaan sitä NEI-alueella vallitseviin käytäntöihin. Tämän vertailun tuloksena pyritään tuottamaan useita keinoja, joilla toimitusprosessia voitaisiin kehittää eri näkökulmista tarkasteltuna.

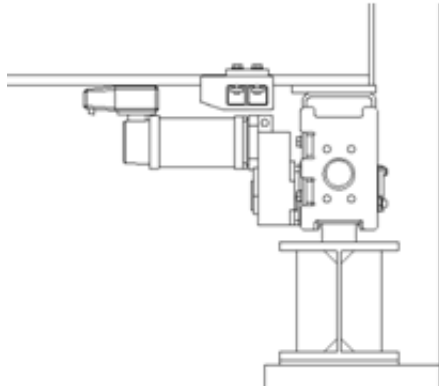
Tekstin toisessa luvussa tullaan kuvailemaan teollisuusnosturin toimintaperiaate, rakenteelliset ominaisuudet sekä tavallisia käyttökohteita. Kolmannessa luvussa tullaan esittämään varioituvaan tuotteeseen perustuvan liiketoiminnan teoreettiset taustatiedot. Neljännessä luvussa tullaan esittämään ideaalinen nosturitoimitusprosessi, jota pyritään vertaamaan käytännön toimintatapoihin tekstin viidennessä luvussa. Kuudennessa luvussa tullaan kuvailemaan nosturitoimituksen hallinta projektipäällikön näkökulmasta sekä esittämään hallinnan suurimmat haasteet. Tekstin seitsemännessä luvussa tullaan esittämään nosturitoimitusprosessin kehitysideoita. Tekstin tärkeimpien tulosten yhteenvedo sekä päätelmät tullaan esittämään kahdeksannessa luvussa.

## 2 YLEISKATSAUS TEOLLISUUSNOSTUREIHIN

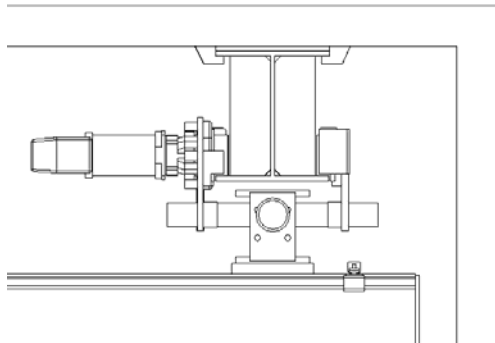
Konecranesin tuotevalikoima voidaan jaotella karkeasti neljään segmenttiin: kevytnostolaitteet, teollisuusnosturit, satamanosturit sekä trukit. Teollisuusnosturit jaotellaan Konecranesin sisäisesti eri ryhmiin, joita ovat muun muassa CXT- ja XN-tuoteperheet kattavat standardinosturit (standard duty cranes) sekä erikoisnosturit (heavy duty cranes). Teollisuusnosturilla tarkoitetaan tässä tekstissä ainoastaan niin sanottua standardinosturia eli CXT- tai XN-tuoteperheen teollisuusnosturia. Tämä rajaus on oleellinen siksi, koska standardinosturitoimitus etenee yleensä prosessimaisesti ja erikoisnosturitoimitus puolestaan projektiluonteisesti. Tällä on merkittävä vaikutus tilaus-toimitusprosessin kulkuun, jolloin eri teollisuusnosturityyppejä ei ole tarkoituksenmukaista käsitellä samassa asiasisällössä.

### 2.1 Toimintaperiaate

Teollisuusnosturin toimintaperiaate on pääosin hyvin yksinkertainen. Rakennuksen katon tai katon läheisyydessä sijaitsee joko pilarien päälle tai kattoon kiinnitetty nosturirata, jonka päällä nosturi kulkee päätykannattimiensa varassa. Nosturirata koostuu yleensä yhteen hitsatuista INP-, IPE-, HEA- tai HEB-profiilipalkeista, joihin on hitsattu teräskisko ohjaamaan nosturin liikesuuntaa. Nosturiratana voidaan käyttää myös levyistä hitsattuja kotelopalkkeja tai lähes mitä tahansa muita profiilipalkkeja, kunhan palkkien taipumat eivät ylitä niille määritettyjä maksimiarvoja. Ratapalkkeja on normaalisti kaksi, ne ovat yleensä noin 4–35 metrin päässä toisistaan ja ne ovat keskenään samansuuntaiset. Ratakiskojen keskipisteiden välisestä etäisyydestä käytetään termiä jänneväli, joka on tärkein, nosturin rakenteen määräävä mitta. Kuvissa 2.1 ja 2.2 on esitetty esimerkit sekä pilarien päälle että kattoon kiinnitettävistä nosturiradoista. Kuvista nähdään myös, miten nosturin päätykannattaja sijoittuu nosturiradalle.



**Kuva 2.1.** Esimerkki pilarien päälle kiinnitetystä nosturiradasta. Nosturi kulkee rata-  
kiskon päällä nosturin päätykannattajien kantopyörien varassa. Tällaisesta rakenteesta  
käytetään nimitystä päällä kulkeva nosturi.



**Kuva 2.2.** Esimerkki kattoon kiinnitetystä nosturiradasta. Nosturi kulkee ratapalkin  
alapaarten reunojen päällä, jolloin ratapalkki ohjaa nosturia eikä rata-  
kiskolle ole täl-  
löin tarvetta.

Nosturin nostinvaunu kulkee nosturin pääkannattajaa eli teräsrakennetta pitkin samalla periaatteella kuin nosturi kulkee radallaan. Koska nosturin pääkannattaja on aina kohtisuorassa nosturirataan nähden, tällöin myös nostinvaunun liikesuunta on kohtisuorassa nosturin liikesuuntaan nähden. Nosturin ja nostinvaunun toisiinsa nähden kohtisuorien liikesuuntien avulla nosturin koukkuja voidaan liikuttaa lähes koko rakennuksen pohjan alueella, reuna-alueita lukuun ottamatta. Nostimen tarkoitus on liikuttaa koukkuja pystysuunnassa. Edellä mainittujen liikesuuntien avulla saavutetaan kolmiulotteinen liikeavaruus, jossa taakkaa voidaan liikuttaa.

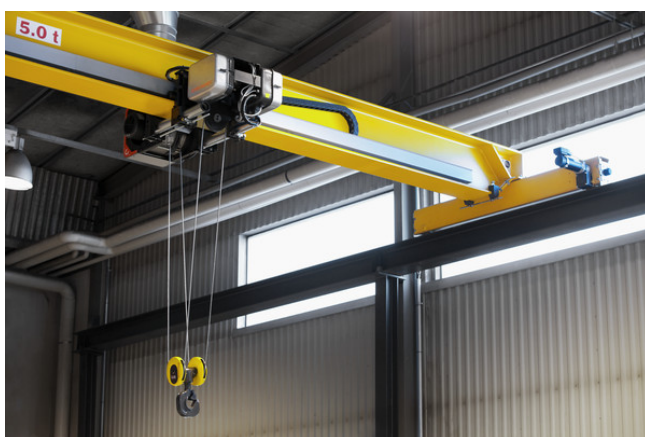
## 2.2 Nosturin rakenne ja yleiset ominaisuudet

Teollisuusnostureiden rakenne jaotellaan kahteen eri luokkaan: komponentteihin ja teräsrakenteeseen. Tämä jaottelu johtuu käytännössä siitä, että nostureiden komponentit valmistetaan NEI-alueen omassa komponenttitehtaassa Hämeenlinnassa ja teräsrakenne valmistetaan mahdollisimman lähellä asiakasta, jotta suuren teräsrakenteen aiheuttamat kuljetuskustannukset olisivat mahdollisimman alhaiset.

## 2.2.1 Teräsrakenne

Teollisuusnosturit luokitellaan Konecranesin sisäisesti kolmeen eri luokkaan: SP11, SP12 ja SP13. Nämä luokittelut perustuvat nosturin rakenteellisiin ominaisuuksiin. Teräsrakenne sisältää normaalitapauksissa yksi tai kaksi pääkannattajaa sekä mahdollisesti nosturin huoltotason. Pääkannattajat voivat olla joko profiilipalkkeja tai levyistä hitsattuja kotelopalkkeja.

Profiilipalkeista valmistetut pääkannattajat ovat rakenteellisesti yksinkertaisia ja siksi nopeampia valmistaa kuin kotelopalkkit. Profiilipalkeilla on kuitenkin kotelopalkkeihin verrattuna pienempi jäykkyys/massa –suhe. Nosturit, joiden pääkannattajat ovat profiilipalkkeja, kuuluvat luokkaan SP11 ja niistä käytetään puhekielistä ilmaisua ”profiilinosturit”. NEI-alueen teollisuusnostureiden laskentaparametrit ovat rajattu siten, että profiilipääkannattajan jänneväli voi olla enintään 17 metriä. SP11-luokan nosturi on esitetty kuvassa 2.3.



*Kuva 2.3. SP11-luokan nosturi eli profiilinosturi (Konecranes: Material Bank).*

SP12-nostureiden pääkannattajat ovat levyistä hitsattuja kotelopalkkeja. Kotelopalkkiratkaisu mahdollistaa hyvin jäykän ja kevyen rakenteen verrattuna profiilipalkkeihin, jolloin nosturin jänneväli voi olla teoriassa lähes kuinka pitkä tahansa. Laskentaparametrit ovat kuitenkin rajattu siten, että jänneväli on normaalitilanteissa enintään 30 metriä. SP12-nostureista käytetään puhekielistä ilmaisua ”kotelonosturit”. Tällainen kotelonosturi on esitetty kuvassa 2.4.



*Kuva 2.4. SP12-luokan nosturi eli kotelonosturi (Konecranes: Material Bank).*

SP13-nosturit voivat olla joko SP11- tai SP12-luokan nostureita, joissa on vakiosta poikkeavia ominaisuuksia. Konecranesin käyttämä laskentaohjelma asettaa rajoituksia sekä nosturin rakenteelle että käytettävissä oleville ominaisuuksille. Nosturiluokituksille ei ole määritetty tarkkoja ehtoja, jotka määräisivät nosturin kuuluvan SP13-luokkaan. Käytännön kokemukset ovat kuitenkin osoittaneet, että nosturin tulisi kuulua SP13-luokkaan, mikäli sen teräsrakenne on normaalista poikkeava tai komponentit vaativat normaalia enemmän suunnittelua. Esimerkiksi aiemmin esitetyn kuvan 2.2 riippuvarakenteinen nosturi kuuluisi SP13-luokkaan, mikäli siinä olisi kaksi pääkannattajaa, koska vakioratkaisua on saatavana vain yhdellä pääkannattajalla. Kuvassa 2.5 on esitetty kustomointia vaativa teollisuusnosturi.



*Kuva 2.5. Kustomointia vaativa teollisuusnosturi.*

Kuvan 2.5 nosturin kaikki ominaisuudet ja komponentit ovat vaatineet kustomointia. Nosturi on malliltaan niin sanottu pukkinosturi eli teollisuusnosturi, jossa on jalat. Nosturin jänneväli on noin 25 metriä ja pääkannattajan kokonaispituus on noin 40 metriä. Pitkästä jännevälistä ja 20 tonnin maksimikuormasta huolimatta nosturissa on vain yksi pääkannattaja. Pukkinostureiden pääkannattajat kiinnitetään tavallisesti jalkojen päälle, jolloin yksipalkkisella nostinvaunulla päästään liikkumaan vain jännevälin sisäpuolella. Tässä tapauksessa palkin ylittymä on noin 10 metriä nosturin toisessa päässä, joten nosturin teräsrakenne on hyvin epätavallinen.

Kaksipalkkinosturiin on mahdollista kiinnittää huoltotaso. Huoltotaso on teräsrakenteeseen hitsattu, turvakaiteellinen kävelysilta, jonka pohja on joko umpi- tai ritilälevyä. Huoltotasoa käytetään tyypillisesti silloin, kun nosturin nostinvaunut ovat niin suuret, että niitä ei kannata irrottaa nosturista huollon ajaksi.

### **2.2.2 Nostinvaunu**

Teollisuusnosturin nostinvaunun tehtävä on liikuttaa siirrettävää taakkaa sekä pystysuunnassa että kohtisuorassa vaakatasossa nosturirataa vastaan. Nostinvaunu koostuu nimensä mukaisesti sekä nostimesta että vaunusta. Teollisuusnosturin nostin voi olla

joko sähkökäyttöinen köysi- tai ketjunostin. Ketjunostimen, eli XN-tuoteperheeseen kuuluvan nostimen, maksimikuorma on 60–10 000 kg ja nostonopeus 3,2–16 m/min. Ketjunostimien nostokorkeus on enintään 140 metriä (Konecranes: wXN Electric Chain Hoist 2010). Köysinostimen, eli CXT-tuoteperheeseen kuuluvan nostimen, maksimikuorma voi olla 800–80 000 kg, nostonopeus enintään 2–20 m/min ja nostokorkeus 4–200,5 metriä. (Konecranes: Standard Duty Cranes Components Price List 2012). XN-ketjunostin on esitetty kuvassa 2.6.



**Kuva 2.6.** XN-ketjunostinvaunu 1000 kg maksimikuormalle (Konecranes: Material Bank).

CXT-nostimen pääosia ovat tela, nostomoottori, nostovaihte, köysi ja koukku. Nostimen toimintaperiaate on yksinkertainen: nostomoottori pyörittää vaihteen välityksellä telaa, joka kelaa köyttä sisään tai ulos, jolloin koukku nousee tai laskee. Köyden vapaa pää on normaalisti kiinnitetty mekaaniseen ylikuormasuojaan, joka pysäyttää nostoliikkeen, mikäli koukussa oleva kuorma ylittää sallitun rajan.

Vaunun tehtävä on kiinnittää nostin nosturiin sekä mahdollistaa nostimen siirto nosturin pääkannattajan suuntaisesti. Vaunun pääosia ovat runko, kantopyörät, siirtomoottori sekä siirtovaihte. Yhden pääkannattajan nosturissa, eli yksipalkkinosturissa, nostinvaunu on aina riippuvarakenteinen, jolloin vaunu sijoittuu pääkannattajan alapuolelle. Kahden pääkannattajan nosturissa nostinvaunu on päällä kulkeva, kuten kuvan 2.1 nosturi, jolloin nosturin pääkannattajien päälle on hitsattava vastaavat kiskot kuin kuvan nosturiradassa. Nosturin teräsrakenne on täten vahvasti sidoksissa nostinvaunun mitoitukseen.

Nostinvaunuja on saatavana hyvin eri tyyppisinä ratkaisuinä. Sekä yksi- että kaksipalkkinostureille on olemassa eri korkuisia vaunuja ja lisäksi yhdessä vaunussa voi olla yksi tai kaksi nostinta. Samassa vaunussa olevat nostimet voivat olla joko samanlaisia tai täysin erilaisia. Tyypillisen kahden nostimen vaunun niin sanotun päänostimen kuorma on suuri ja nostonopeus alhainen, kun puolestaan niin sanottu apunostin nostaa pienemmän kuorman mutta suuremmalla nopeudella. Tällaisessa tapauksessa päänosti-

men maksimikuorma voi olla esimerkiksi 60 000 kg ja nostonopeus 5 m/min, kun taas apunostimella voidaan nostaa vain 5000 kg nostonopeuden ollessa 12,5 m/min.

Nostinperheeseen kuuluu seitsemän nostinmallisarjaa: 100, 200, 300, 400, 500, 600 ja 700 –sarjat. Kussakin sarjassa on usean eri kuormitusluokan nostomoottoreilla ja -vaihteilla varustettuja malleja, joiden köysitykset, nostokorkeudet, nostonopeudet ja maksimikuormat vaihtelevat. Aiemmin mainittujen muuttujien lisäksi nostimeen on valittavissa useita mekaanisia ja sähköisiä lisäominaisuuksia. Nostinvaunun rakenteeseen vaikuttavien muuttujien suuri määrä mahdollistaa erittäin monta variaatiota, joista asiakas voi valita. Kuvassa 2.7 on esitetty CXT400-sarjan matala (low headroom) nostinvaunu yksipalkkiseen nosturiin, joka mahdollistaa maksimaalisen nostokorkeuden. Kuvassa 2.7 on lisäksi esitetty CXT300-sarjan normaalikorkuinen (normal headroom) nostinvaunu, joka on rakenteena yksinkertaisempi ja edullisempi. Kuvassa 2.8. on havainnollistettu kaksipalkkinosturin nostinvaunu. Kuvista on havaittavissa nostimien tilaa säästävä rakenne, jossa nostomoottori on sijoitettu telan sisään.



**Kuva 2.7.** a) CXT400-nostin matalalla vaunulla, b) CXT300-nostin normaalivaunulla (Konecranes: Standard Duty Cranes Components Price List 2012).



**Kuva 2.8.** CXT500-nostin kaksipalkkivaunulla. (Konecranes: Standard Duty Cranes Components Price List 2012).

Nostinvaunuissa on lähes aina joko mekaaniset tai sähköiset rajakytkimet, joilla vaunun liikettä voidaan hidastaa tai liike pysäyttää kokonaan, kun vaunu lähestyy pää-



kannattajan päätä. Hidastavalla rajakytkimellä estetään vaunun törmäminen täydellä vauhdilla pääkannattimessa olevaan pysäyttimeen. Tällä pyritään välttämään nosturin huolimattomasta käytöstä aiheutuvat henkilö- tai materiaalivahingot.

### 2.2.3 Sillankaappi

Nosturin koko teräsrakenteesta päätykannattimiseen käytetään nimitystä silta, jolloin esimerkiksi nosturin ja vaunun siirtoliikkeistä käytetään termejä vaunun tai sillan siirto. Nostureissa on lähes aina sähkökeskus, jota kutsutaan sillankaapiksi. Sillankaappi sisältää nostomoottoreiden sekä vaunun ja sillan siirtomoottoreiden ohjauslaitteiden lisäksi erilaisia sähköisiä lisälaitteita, kuten nosturin etävalvontayksikön, ohjausautomaatiikan tai radio-ohjaimen vastaanottimen.

Sillankaappia voidaan pitää nosturin sydämenä, koska sen avulla ohjataan kaikkia nosturin toimintoja. Nostimien tavoin myös sillankaapit ovat yleensä yksilöllisiä, koska niiden sähkösuunnittelu on tehtävä lähes aina tapauskohtaisesti. Sillankaapin fyysiseen kokoon vaikuttaa sekä nosturiin valitut lisäominaisuudet että etenkin nosto- ja siirtomoottoreiden ohjaukseen käytettyjen taajuusmuuttajien eli niin sanottujen inverttereiden koot. Nostovaunun ja sillan siirtoliikkeet ovat lähes aina taajuusmuuttajaohjattuja, jolloin siirtonopeuksia voidaan säätää portaattomasti. Myös nostoliikkeitä on mahdollista ohjata portaattomasti. Nosturin ja vaunun kokonaismassat, nosturin nostokuorma sekä siirtonopeudet ja siirtojen kiihdytysajat vaikuttavat siirtoliikkeisiin tarvittavaan tehoon, joka puolestaan vaikuttaa edelleen tarvittavien taajuusmuuttajien kokoon. Suurissa nostureissa voidaan tarvita hyvinkin suuritehoisia taajuusmuuttajia, jolloin sillankaapin fyysinen koko voi kasvaa huomattavasti. Lisäksi suurikokoisissa nostureissa vaaditaan suurikokoiset jarruvastukset, joilla jarrutuksen aikana siirtomoottoreissa syntyvä sähköteho muutetaan lämmöksi.



*Kuva 2.9. Pohjakiinnitteinen, 1500 mm korkea sillankaappi.*



*Kuva 2.10. Pääkannattajan päälle kiinnitetty, yläkiinnitteinen sillankaappi.*

Sillankaappien vakiokorkeudet ovat 400 mm, 600 mm, 1000 mm ja 1500 mm. Näistä kolme ensimmäistä ovat niin sanotusti yläkiinnitteisiä eli ne ripustetaan yläosastaan nosturin pääkannattajaan tai huoltotason kaiteeseen. 1500 mm korkea kaappi on pohjakiinnitteinen, jolloin sille on aina suunniteltava jalat, joiden päälle kaappi asennetaan. Tällainen pohjakiinnitteinen sillankaappi on esitetty kuvassa 2.9. Yläkiinnitteiset sillankaapit kiinnitetään pääkannattajiin kahdella eri tavalla. Yksinkertaisin tapa on kiinnittää ensiksi C-profiiliputket niin sanotuilla kynsikiinnikkeillä pääkannattajan päälle, jonka jälkeen sillankaappi voidaan kiinnittää profiiliputkiin 90°:en kulmaan taivutetuilla kannakkeilla. Tällainen kiinnitystapa on esitetty kuvassa 2.10. Tätä kiinnitystapaa voidaan käyttää yksipalkkinostureissa silloin, kun nosturin ja rakennuksen katon välinen etäisyys on pääkannattajan päältä mitattuna vähintään 160 mm. Mikäli edellä mainittua kiinnitystapaa ei voida käyttää ja nosturissa ei ole huoltotasoja, kiinnitys toteutetaan hitsaamalla pääkannattajan kylkeen lyhyet neliöputket, joiden sisään asennetaan hieman pienemmät neliöputket. Sillankaappi kiinnitetään näihin profiiliputkiin vastaavasti kuin aiemmin kuvatussa kiinnitystavassa.

#### **2.2.4 Virransyöttö**

Virransyötöllä voidaan tarkoittaa joko rakennukseen kiinteästi asennettavaa virtalinjaa, eli nosturin virransyöttöä, tai nosturin sisäistä virransyöttöä, jota kutsutaan usein pelkäksi virransyötöksi tai vaihtoehtoisesti nostimen virransyötöksi. Tässä tekstissä virransyötöllä tarkoitetaan nosturin sisäistä virransyöttöä. Nosturin sisäinen virransyöttö alkaa virtalinjaan asennettavasta virroittimesta ja päättyy sekä nosto- että siirtomoottoreihin.

Virransyötön näkyvin osa on virransyöttö sillankaapilta nostinvaunulle. Tämä osa voidaan toteuttaa joko lattakaapeleilla tai energiansiirtoketjulla. Lattakaapeleilla toteutuksessa virransyötössä nosturiin asennetaan jännevälän suuntaiset C-profiilikiskot, joihin kiinnitetään kaapelivaunut. Lattakaapelit kiinnitetään tasaisin välein näihin kaapelivaunuihin, jolloin muodostuu haitarimainen rakenne. Kaapeleiden toinen pää kiinnitetään sillankaappiin ja toinen pää nostinvaunuun. Nostinvaunun ollessa pääkannattimen sillankaapin puoleisessa päässä, kaapelivaunut ovat lähes kiinni toisissaan, jolloin kaapelit muodostavat niin sanotun kertymän. Kaapelivaunujen väli vaikuttaa kaapelikertymän korkeuteen sekä tarvittavien kaapelivaunujen määrään. Kaapelivaunujen määrä puoles-

taan vaikuttaa suoraan nostinvaunun liikerataan ja voi tällöin estää sen pääsemisen lähelle sillankaapin puoleista seinää. Tällöin koukun lähestymismitta heikkenee, joka tarkoittaa koukun ja nosturiratakiskon keskilinjaa välistä etäisyyttä. Lattakaapeleilla toteutettu virransyöttö on esitetty kuvassa 2.11.



**Kuva 2.11.** Lattakaapeleilla toteutettu virransyöttö.

Energiansiirtoketju on tilaa säästävää tapa toteuttaa nostimen virransyöttö. Energiansiirtoketju koostuu leveästä muoviketjusta, jonka sisään on asennettu tarvittavat kaapelit. Energiansiirtoketju lepää pääkannattimen kyljessä omassa ohjauksourussaan eikä muodosta vastaavaa kertymää kuin lattakaapelit, joten sillä ei ole koukun lähestymismittoja heikentävää vaikutusta. Energiansiirtoketjulla toteutettu virransyöttö on esitetty kuvassa 2.12.



**Kuva 2.12.** Energiansiirtoketjulla toteutettu virransyöttö (Konecranes: Material Bank).

Virransyöttötavan valinnassa on huomioitava muutamia rajoitteita. Lattakaapeleilla toteutetussa virransyötössä koukun lähestymismitta voi kasvaa liian suureksi, jolloin kaapelivaunujen väliä on kasvatettava ja vaunujen lukumäärää vähennettävä. Tällöin kaapelikertymän korkeus kasvaa, jolloin kaapelit saattavat tarttua nosturin alla oleviin

esteisiin. Lisäksi kaapelikertymä voi olla hyvin painava, jolloin C-kiskojen tuentaa on vahvistettava tai kiskot vaihdettava vahvempiin. Tämä kertautuu suurissa nostureissa, koska jokaiselle nostimelle tarvitaan erillinen virransyöttö. Energiansiirtoketjua ei puolestaan voida asentaa hyvin mataliin pääkannattajiin, koska ketjun kaarevuussäde asettaa omat rajoituksensa. Tämä on myös havaittavissa kuvassa 2.12, jossa energiansiirtoketjun ja pääkannattajan yläpaarten välinen etäisyys jää hyvin pieneksi. Energiansiirtoketjua ei myöskään normaalisti käytetä, mikäli nosturissa on enemmän kuin kaksi nostinta, koska tällöin virransyöttö on yksinkertaisempi toteuttaa lattakaapeleilla.

### 2.2.5 Ohjaimet

Nosturia voidaan ohjata pääsääntöisesti kahdella eri tavalla: painikeohjaimella tai radio-ohjaimella. Painikeohjain on kaksiportaisilla painikkeilla varustettu ohjain, joka on kytketty kaapelilla joko nosturin sillankaappiin tai nostinvaunuun. Nostureiden painikeohjaimissa on tavallisesti kuusi painiketta nosturin, nostinvaunun ja koukun siirtoliikkeitä, jolloin mahdollisia liikkeitä ovat: koukku ylös, koukku alas, nostovaunu eteen, nostovaunu taakse, nosturi eteen ja nosturi taakse. Painikkeet ovat aina kaksitoimisia, jolloin niitä voidaan käyttää joko kaksinopeuksisiin tai portaattomasti kiihdytettäviin siirtoliikkeisiin.

Nosturia voidaan ohjata langattomasti radio-ohjaimilla. Radio-ohjaimia on saatavilla joko painike- tai ohjaussauvakäyttöisinä. Painikkeilla varustetut radio-ohjaimet ovat kooltaan pienikokoisia, jolloin niitä voidaan käyttää yhdellä kädellä. Ohjaussauvoilla varustetut radio-ohjaimet ovat puolestaan niin kookkaita, että ne kiinnitetään erillisellä kantovyöllä käyttäjän vyötärölle, jolloin ohjainta voidaan käyttää molemmilla käsillä. Painiketoiminen radio-ohjain on esitetty kuvassa 2.13 ja ohjaussauvatoiminen radio-ohjain kuvassa 2.14.



*Kuva 2.13. Nosturin painiketoimiset radio-ohjainmallit.*



*Kuva 2.14. Nosturin ohjaussauvatoiminen radio-ohjain.*

Painiketoiminen radio-ohjain toimii samalla periaatteella kuin tavallinen painikeohjain. Ohjaussauvoilla varustetun radio-ohjaimen toisella sauvalla hallitaan koukun pysyysuuntaista liikettä ja toisella sauvalla puolestaan sekä nostimen että nosturin siirtoliikkeitä. Sekä painike- että radio-ohjaimessa voi olla lisäpainikkeita tai -kytkimiä nosturin lisäominaisuuksille. Tällaisia lisätoimintoja voivat olla esimerkiksi valokatkaisin, koukuun kiinnitettävän kuormauselimen sähkökatkaisin sekä kahden tai useamman nostimen valintakytkin. Lisäksi molemmat ohjaintyyppit voidaan varustaa näytöllä, jossa voidaan esittää esimerkiksi koukussa olevan kappaleen massa.

## 2.2.6 Päätykannattimet ja siirtokoneistot

Päätykannattimet ovat osa nosturin teräsrakennetta ja niiden tehtävä on kannatella nosturia nosturiradalla. Päätykannattimen runko voi olla profiilipalkki, putkipalkki tai levyistä hitsattu kotelopalkki. Päätykannattimet ovat nosturiradasta riippuen joko päällä kulkevia tai riippuvarakenteisia. Päätykannattimissa on normaalisti kaksi kantopyörää päätyä kohden, jolloin koko nosturin ja nostettavan kappaleen massa jakautuu neljälle kantopyörälle. Päällä kulkevien päätykannattimien kantopyöriin on tavallisesti sorvattu urat rataa varten. Pyöräura on tyypillisesti 10–15 mm leveämpi kuin rataa varten, jolloin nosturiradan epäsuoruus ja nosturin teräsrakenteen lämpölaajeneminen eivät vaikuta nosturin liikkeeseen.

Kaksipalkkinostureissa voidaan käyttää telipäätykannattajia. Telipäätykannattaja vastaa kahta lyhyttä, välipalkin avulla yhteen liitettyä päätykannattajaa. Telipäädyissä on täten neljä kantopyörää päätyä kohden, jolloin sekä nosturirataan että kantopyöriin kohdistuvat kuormitukset pienenevät merkittävästi. Ratakiskon kantopyörään aiheuttama pintapaine pysyy alhaisena, jolloin myös kantopyörän halkaisija ja siihen suoraan verrannollinen päätykannattimen runkokoko ovat mahdollisimman pienet.

Tavallisessa päätykannattimessa voi olla 1–2 vetävää pyörää ja telipäätykannattimessa 1–4 vetävää pyörää, jolloin nosturissa voi olla 2–8 vetävää pyörää. Vetävien pyörien tarve määräytyy nosturin omamassan ja maksimikuorman sekä käyttöympäristön mukaan. Esimerkiksi ulkokäytössä oleviin nostureihin kohdistuu merkittäviä tuulikuormia, jolloin vetäviä pyöriä tarvitaan tavallista enemmän. Kun nosturissa on useita vetäviä pyöriä, kantopyörät ovat vähemmän alttiita luistamaan radalla. Kuvassa 2.15 on esi-



tetty putkipalkista valmistettu, päällä kulkeva päätykannatin sekä profiilipalkeista valmistetut, riippuvarakenteiset päätykannattimet.



*Kuva 2.15. a) ECN09-päätykannatin sekä siirtovaihde ja -moottori, b) UU08-päätykannattimet liitoslevyineen (Konecranes: Material Bank).*

Siirtokoneistoon kuuluvat sekä siirtovaihde että siirtomoottori, jotka ovat esitetty kuvassa 2.15. Siirtovaihteet ovat vinohampaisia lieriöhammasvaihteita, jotka ovat Konecranesin omaa tuotantoa. Siirtovaihdekokoja on tavallisesti kolme, joihin kuhunkin kuuluu useita eri välityssuhteiden vaihdemalleja. Siirtovaihteen tehtävä on hidastaa siirtomoottorin pyörimisnopeutta ja samalla kasvattaa moottorin tuottamaa vääntömomenttia. CXT- ja XN-nostureissa käytetyt siirtomoottorit ovat teholtaan tavallisesti 0,3–3,0 kW:a (Konecranes: Technical Guide, Characteristics 2010).

Liitoslevyt ovat oleellinen osa päätykannatinta. Liitoslevyjä on hyvin monta eri tyyppiä ja niiden tarkoitus on liittää pääkannattaja tai pääkannattajat päätykannattimiin. Liitoslevy on esitetty kiinnitettynä päätykannattimen päälle kuvassa 2.15. Pääkannattajat hitsataan liitoslevyihin ja liitoslevyt kiinnitetään ruuveilla päätykannattajiin, jolloin saavutetaan helposti purettava ja käsiteltävä rakenne. Liitos voi olla tyypiltään pääliliitos, sivuliitos tai pohjaliitos, jolla viitataan suoraan siihen, millä päätykannattajan sivulla liitoslevy sijaitsee. Tällä voidaan vaikuttaa nosturin rakenteen korkeuteen silloin, kun nosturiradan ja katon välinen etäisyys on pieni ja nosturin rakenteen on oltava matala.

### 2.3 Nostureiden käyttökohteita ja niiden vaatimuksia

Teollisuusnostureita käytetään eniten auto-, kaivos-, teräs-, paperi- ja konepajateollisuudessa sekä voimalaitoksissa. Teollisuusnostureita ei yleensä käytetä osana kriittisiä ja nopeita prosesseja, kuten esimerkiksi paperitehtaiden rullavarastoinnissa. Tällaisissa prosesseissa siirrettävien kappaleiden lukumäärä on suuri, jolloin nostotiheys on suuri, ja nostokorkeudet sekä liikematkat ovat pitkiä, jolloin teollisuusnostureiden liikenopeudet muodostuvat prosessia rajoittavaksi tekijäksi. Tästä syystä Konecranesin tuotevalikoima sisältää erilliset prosessinosturit, joita ei käsitellä tässä tekstissä. Kuvassa 2.16 on esitetty paperitehtaan rullavarasto.



**Kuva 2.16.** Paperitehtaan rullavarasto sekä rullien nostamiseen käytettävä alipainetar-  
rain (Konecranes: Material Bank).

Autoteollisuudessa nostureita käytetään erilaisten muottien vaihtamiseen tai raaka-  
aineiden, kuten teräs- tai alumiinikelojen käsittelyyn. Muotteja käsittelevä nosturi voi-  
daan varustaa lisäominaisuuksilla, kuten taakan heilunnanestolla, paikannusjärjestelmäl-  
lä, kahden nostimen synkronoidulla nostolla tai nosturin liikealueen rajoituksella. Taa-  
kan heilunnanesto huomioi kannateltavan kappaleen etäisyyden nosturin koukusta ja  
estää taakan heilumisen nostinvaunun tai sillan automaattisilla vastaliikkeillä. Tällä  
ominaisuudella säästetään aikaa, koska kappale voidaan siirtää täydellä nopeudella hy-  
vin lähelle kohdetta. Paikannusjärjestelmän avulla nosturin käyttö voidaan automatisoi-  
da ohjelmoitavilla liikeradoilla ja kahden nostimen synkronoitu nosto takaa siirrettävän  
kappaleen pysymisen täysin suorassa noston ja laskun aikana. Nämä ominaisuudet var-  
mistavat nosturin liikealueen rajoituksen kanssa, että muottien vaihto on tehokasta ja  
turvallista sekä laitteille että henkilöstölle. Kuvassa 2.17 on havainnollistettu muotteja  
käsittelevä nosturi sekä tähän käyttötarkoitukseen kehitetty kuormauselin.



**Kuva 2.17.** Muotteja käsittelevä nosturi (Konecranes: Material Bank).

Kaivosteollisuuden nosturit ovat usein tarkoitettuja kaivostyökoneiden huoltokäyttöön. Työkoneiden huoltohallit voivat olla hyvinkin suuria, jolloin nosturin jänneväli on pitkä ja tarvittava nostokorkeus suuri. Lisäksi nosturin maksimikuorma on usein hyvin suuri. Käytäntö on osoittanut, että tällaisissa tilanteissa, joissa kyseessä on jänneväliltään yli 30 metriä pitkä kaksipalkkinosturi, nostovaunun rakenne vaatii muokkausta. Pääkannattajat kiertyvät suuren kuorman alla toisiinsa nähden vastakkaisiin suuntiin, jolloin pääkannattajien päälle hitsattujen nostinvaunun kiskojen etäisyys muuttuu. Tämä aiheuttaa suuren kitkavoiman nostovaunun kantopyörien laipoissa, mikä voi estää vauhua liikkumasta. Tämä voidaan ratkaista asentamalla nostovaunun toiselle puolelle kantopyörät, joiden pyöräurat ovat niin sanotusti tiukat, eli vain hieman kiskoa leveämmät, ja toiselle puolelle laipattomat kantopyörät. Näin vaunun toinen pää on ohjaava ja toinen vapaasti liikkuva eikä edellä kuvattua ongelmaa synny. Tätä vastaavaa menetelmää voidaan hyödyntää myös nosturin kantopyörissä, mikäli nosturirata on erityisen mutkitteleva.

Ulkokäytössä olevat nosturit varustellaan sisäkäyttöisiin verrattuna eri tavoin. Sekä nostinvaunu että nosturin siirtomootorit voidaan varustaa sadesuojilla, moottoreiden suojausluokista riippumatta. Nosturin päätykannattimet varustetaan myrskylukoilla, jotka ovat joko sähkö- tai käsikäyttöisiä, sähköisillä rajakytkimillä varustettuja salpoja, joilla nosturi voidaan lukita kiinni nosturirataan nosturin seisonta-ajaksi. Kylmissä olosuhteissa nostureiden sillankaapit sekä nosto- ja siirtomootorit voidaan varustaa seison-  
talämmityksellä, jolloin yleensä myös soveltuva osa nostimen sähkölaitteista sijoitetaan sillankaappiin. Näiden lisäksi sekä nostinvaunun että nosturin kiskot ja nosturin virransyöttö voidaan varustaa seison-  
talämmityksellä, joka estää lumen ja jään kerääntymisen kiskojen päälle tai virtalinjan sisään.

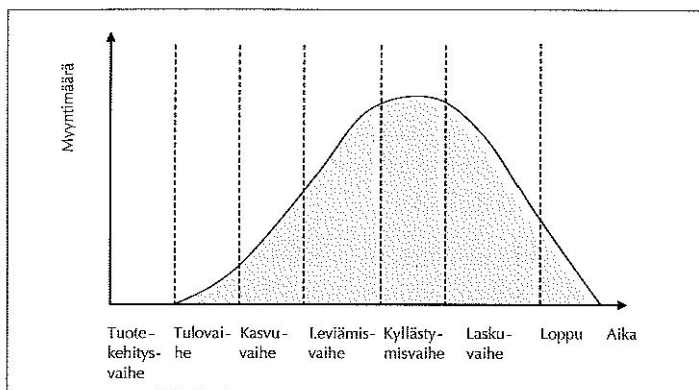
Teollisuusnosturit voidaan siis räätälöidä hyvin erityyppisiin olosuhteisiin ja käyttökohteisiin. Erilaiset räätälöinnit vaikuttavat merkittävästi nostureiden valmistus- ja kokonpanovaiheisiin, jolloin jokaista nosturia voidaan pitää yksilöllisenä myös valmistusnäkökulmasta.



### 3 VARIOITUVAAN TUOTTEeseen PERUSTUVA LIIKETOIMINTA

Stevensonin (2008, s. 135) mukaan uutta palvelua tai tuotetta hankkivan asiakkaan ostopäätös perustuu tavallisesti pääosin kahteen seikkaan, jotka ovat hinta ja laatu tai suorituskyky. Jotta ostopäätöksen voidaan olettaa syntyvän, tuotteet ja palvelut pitää suunnitella edellä mainitut kriteerit huomioiden. Asiakkaan ostopäätöksestä muodostuu kysyntä, johon yritys pyrkii toiminnallaan vastaamaan. Yrityksen kannalta ideaalisessa tilanteessa kysyntä ja tarjonta vastaavat täydellisesti toisiaan. Tällöin ylimääräinen kapasiteetti ei aiheuta kustannuksia eikä kapasiteetin puute aiheuta kauppohen menetyksiä. (Stevenson 2008, s. 4.)

Kysynnän jatkuvuus on tuottavan liiketoiminnan perusedellytys. Valtaosa tuotteista kulkee käyttöikänsä aikana eri vaiheiden läpi, mitä kutsutaan elinkaareksi. Tuotteiden kysyntä vaihtelee voimakkaasti kussakin elinkaaren vaiheessa. (Laitinen 2007, s. 274; Stevenson 2008, s. 143.) Tämä on havainnollistettu kuvassa 3.1.



**Kuva 3.1.** Tuotteen tai palvelun kysynnän vaihtelu elinkaaren eri vaiheissa (Laitinen 2007, s. 274).

Edellä esitetystä kuvasta 3.1 nähdään, miten kysyntä muuttuu ajan suhteen. Kun uusi tuote julkaistaan, kysyntä kasvaa hitaasti, koska tuotteen laatuun, hintaan tai suorituskykyyn suhtaudutaan epäilevästi. Ensimmäisen vaiheen jälkeen tuotteesta on saatu karsittua suurimmat suunnittelu-epäkohdat ja -viat ja tuotteen valmistuskustannukset ovat alhaisemmat, jolloin tuotteen luotettavuus on parantunut ja hinta laskenut. Tämä saa aikaa kysynnän kasvun. Kasvuvaiheen ja leviämisen jälkeen tuote saavuttaa kylläystymisvaiheen, johon mennessä tuote tarvitsee enää hyvin vähän, tai ei tarvitse ollenkaan, suunnittelua ja kysyntä alkaa tasaantua. (Stevenson 2008, s. 143.) Tämä on liiketoimin-

nan kannalta paras vaihe, koska kysyntä ja tuottavuus ovat korkeimmillaan ja valmistuskustannukset alimmillaan. Näistä syistä kypsyysvaihetta tulisi pyrkiä pitkittämään kaikin keinoin, jotta tuotto saataisiin maksimoitua.

### 3.1 Laatu

Kuten aiemmin mainittiin, asiakkaan ostopäätökseen eniten vaikuttavat muuttujat ovat hinta, laatu ja suorituskyky (Stevenson 2008, s. 135). Stevenson (2008, s. 405) väittää, että laatu tarkoittaa tuotteen kykyä vastata asiakkaan vaatimuksiin ja odotuksiin, tai jopa ylittää ne. Garvin (1984) puolestaan esittää, että suorituskyky eli tuotteen tehokkuus on vain yksi laadun kahdeksasta osatekijästä, jotka ovat: suorituskyky, ominaisuudet, luotettavuus, yhdenmukaisuus, kestävyys, huollettavuus, ulkonäkö ja imago (katso Andersson & Tikka 1997, s. 21). Tämän teorian perusteella voidaan esittää, että asiakkaan ostopäätös perustuu pääosin hintaan ja laatuun eikä hintaan ja suorituskykyyn.

Jotta laatuun voidaan vaikuttaa halutulla tavalla, sitä on osattava tarkastella oikeasta näkökulmasta. Laatua voidaan havainnoida neljästä eri näkökulmasta, jotka perustuvat tuoteominaisuuksiin, asiakasmielipiteeseen, arvoon tai tuotantoon. Tuoteominaisuuksiin perustuvia laatukriteereitä ovat esimerkiksi auton huippunopeus, kiihtyvyys ja sylinterien lukumäärä. Tuoteominaisuudet vaikuttavat usein suoraan tuotteen hintaan, mistä seuraa kuvitelma hinnan ja laadun positiivisesta korrelaatiosta. Hintaerosta huolimatta esimerkiksi halvan ja kalliin kvartsikellon suorituskyvyssä ei kuitenkaan ole merkittävää eroa. (Andersson & Tikka 1997, s. 18.)

Asiakasmielipiteeseen perustuva laatu perustuu oletukseen, että tuotteen ostaja osaa määrittää itselleen sopivat laatukriteerit. Kullakin asiakkaalla on yksilölliset tarpeet ja toiveet, joiden pohjalta he muodostavat käsityksensä laadusta eli siitä, mikä on hyvää ja erinomaista. (Andersson & Tikka 1997, s. 18.) Esimerkiksi sekä urheiluauto että kuorma-auto soveltuu siirtymiseen paikasta toiseen mutta matkaan käytetty aika, ajomukavuus ja kuljetuskapasiteetti ovat aivan erilaiset. Autot siis täyttävät aivan erilaiset tarpeet, jolloin niiden laatu ei ole kaikilta osin vertailukelpoinen.

Arvoon perustuva laatu huomioi tuotteen hinnan. Tuotteen arvo voidaan määrittää esimerkiksi laadun ja hinnan suhteena. Tällöin tuotteiden arvot ovat vertailukelpoisia, jolloin ominaisuuksiltaan vastaavista tuotteista hinnaltaan halvin on arvoltaan paras. Vastaavasti saman hintaisista tuotteista ominaisuuksiltaan parempi on arvokkaampi. (Andersson & Tikka 1997, s. 19.)

Tuotantoperusteinen laatu pohjautuu mitattavissa oleviin ominaisuuksiin. Tuotteen osien ei tarvitse olla mitoiltaan absoluuttisen tarkkoja toimiakseen halutulla tavalla. Mittoille voidaan sallia tietyt poikkeamat eli toleranssit, joiden avulla tuotteen laatua voidaan mitata. Jokainen tuotantoprosessi aiheuttaa prosessin epästabiilisuudesta johtuvaa kohinaa eli mittavaihtelua tuotettujen kappaleiden mittoihin. Mikäli nämä vaihtelut mahtuvat asetettujen toleranssialueiden sisään, kappaleet ovat yhteensopivia vaatimusten kanssa. Tuotannon näkökulmasta laatu tarkoittaa siis kappaleiden yhdenmukaisuut-

ta, samanlaisuutta ja yhtenevyyttä suunniteltuun lopputulokseen. (Andersson & Tikka 1997, s. 20.)

### 3.1.1 Hyvän ja huonon laadun edut ja haitat

Laadulla on hyvin merkittävä vaikutus liiketoiminnan kannattavuuteen. Laatu vaikuttaa yritykseen monin eri tavoin, jonka takia sen merkitystä ei tulisi aliarvioida. Stevenson (2008, s. 418) esittää, että hyvä laatu

- luo yritykselle laadukkaan maineen
- antaa korkealuokkaiselle tuotteelle mahdollisuuden korkealuokkaiseen hinnoitteluun
- kasvattaa tuotteen markkinaosuutta
- parantaa asiakkaiden lojaliteettia ja
- vähentää tuotannon ongelmia, joka
  - parantaa tuottavuutta
  - vähentää reklamaatioita
  - alentaa tuotantokustannuksia sekä
  - kasvattaa liikevoittoa.

Huono laatu aiheuttaa kauppohen menetyksiä, heikentää yhtiön mainetta ja tuottavuutta sekä vaikuttaa tuotteiden hintoihin. Huonosti suunnitellut tai vialliset tuotteet aiheuttavat asiakkaissa tyytymättömyyttä, mikä vähentää myyntiä. (Stevenson 2008, s. 419.) Yleinen ja laajalle levinnyt tyytymättömyys heikentää yhtiön mainetta ja uskottavuutta, jolloin yrityksen imago kärsii ja uusien asiakassuhteiden luominen vaikeutuu. Yhden huonolaatuisen tuotteen aiheuttama imagomuutos voi vaikuttaa myös yrityksen muiden tuotteiden myyntiin, jolloin seuraamukset voivat olla vakavat. Stevensonin (2008, s. 419) mukaan huono laatu hidastaa tuotantoprosessia, koska vialliset kappaleet voidaan joutua valmistamaan uudelleen, ja koska kokoonpano vie enemmän aikaa, mikäli osat eivät sovi paikoilleen ensimmäisellä yrityksellä. Andersson & Tikka (1997, s. 27) määrittelevät tämän olevan huonoa valmistuslaatua.

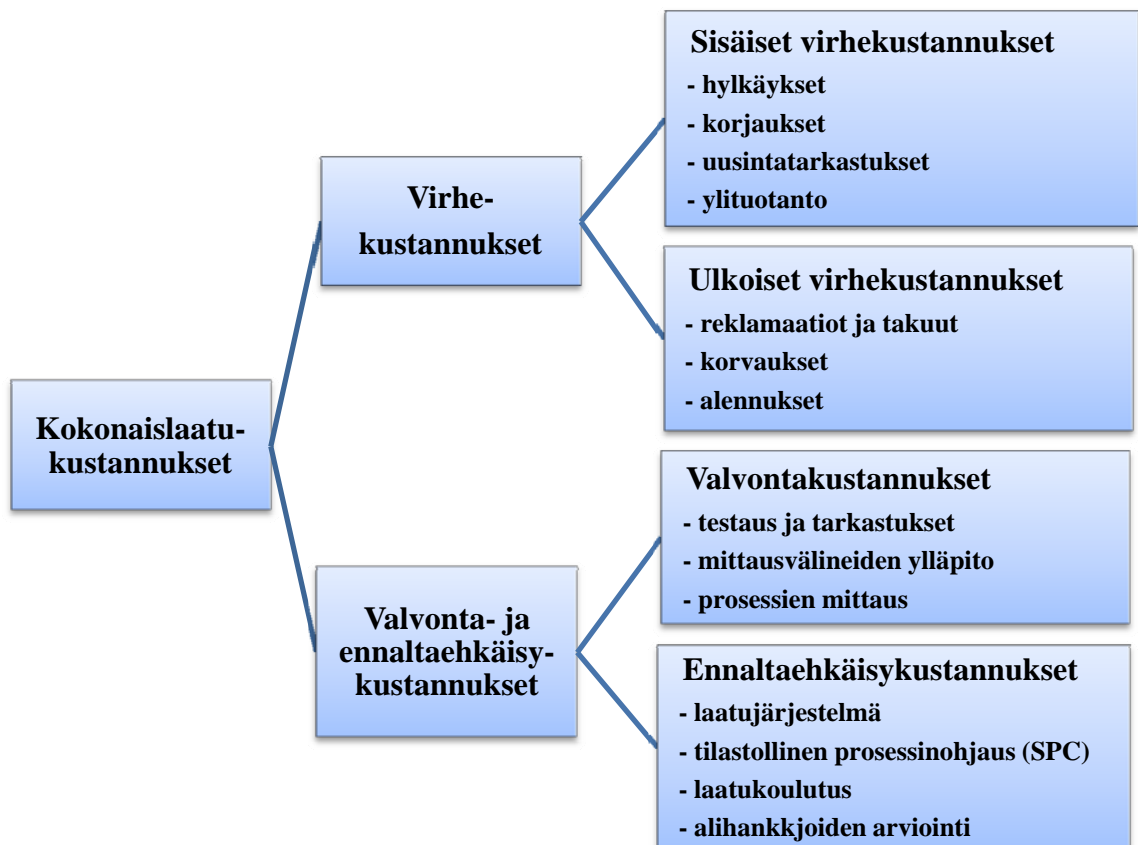
### 3.1.2 Laadun tuottaminen ja kustannukset

Laatu voidaan jakaa syntyperänsä mukaan kahteen alaluokkaan: suunnittelulaatu ja valmistuslaatu. Uutta tuotetta kehitettäessä on arvioitava, mitä potentiaaliset asiakkaat haluavat, paljonko tuottaminen aiheuttaa kustannuksia ja mitä asiakkaat ovat valmiita maksamaan. Suunnittelulaatu määritellään tuotteen rakenneratkaisuksi, joka toteuttaa halutut laatuparametrit teknistaloudellisesti tarkoituksenmukaisella tavalla. Suunnittelulaatu on markkinatutkimusten paikkansapitävyyden, alan aiemman kokemuksen ja yrityksen valmistusmahdollisuuksien summa, jolla määritetään tuotteen laadun perusta. Suunnittelulaadulla ei tarkoiteta lopputuotteen toiminnallista virheettömyyttä, vaan tapaa, miten suunnittelua tehdään. (Andersson & Tikka 1997, s. 27.)

Valmistuslaadulla pyritään vastaamaan suunnittelun asettamiin tavoitteisiin. Tuotantoprosessit sisältävät aina sekä ulkoisista että sisäisistä lähteistä johtuvia häiriöitä, jotka

aiheuttavat virheitä tuotettuihin kappaleisiin. Virheet voivat olla materiaalivirheitä, valmistusvirheitä, viallisia komponentteja sekä epäonnistuneita tai viivästyneitä ali- ja lopukokoonpanoja. Edellä mainitut virheet voivat johtua huonosta tuotesuunnittelusta mutta tavallisesti ne aiheutuvat huonosti suunnitelluista, ohjatuista tai epäkelpoisilla tuotantolaitteilla varustetuista tuotantoprosesseista. (Andersson & Tikka 1997, s. 28.)

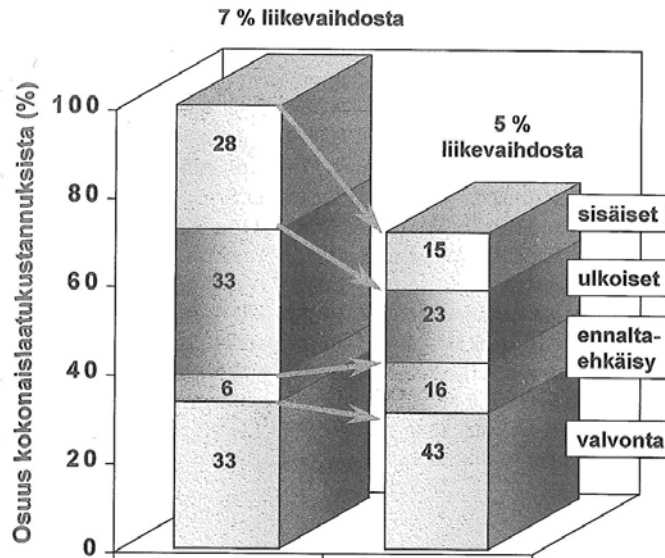
Suunnittelu- ja valmistuslaadun erottaminen toisistaan on erittäin tärkeää, koska näiden käsitteiden ymmärtäminen on edellytys korkealle laatutason ja alhaisen kustannustason saavuttamiselle. Korkea suunnittelulaatu tai tuotteiden taso tarkoittaa yleensä korkeampia kustannuksia ja korkea valmistuslaatu sekä suunnitelmien mukaiset tuotteet tarkoittavat puolestaan alhaisempia kustannuksia, koska korkealla valmistuslaadulla saavutetaan tavallisesti suurempi hyöty kuin siihen käytetyt panokset. Suunnittelulaatua voidaan parantaa muuttamalla ja kehittämällä toimintatapoja jatkuvasti, jumittumatta vanhoihin rutiineihin. Valmistuslaatua puolestaan parannetaan juuri päinvastaisin keinoin. Siinä on pyrittävä säilyttämään aiemmin oikeaksi havaitut parametrit ja tekemään jatkuvasti samalla tavalla. (Andersson & Tikka 1997, s. 28.)



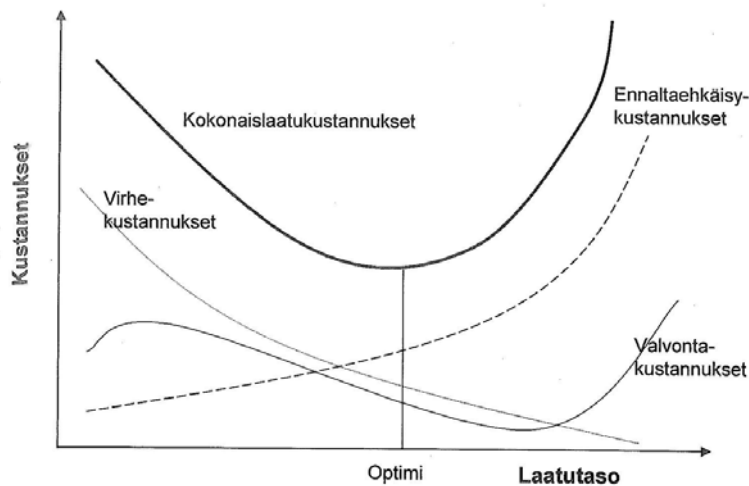
**Kuva 3.2.** Laatu-kustannusten erittely (Feigenbaum 1961, katso Andersson & Tikka 1997).

Alan kirjallisuudessa (Andersson & Tikka 1997; Stevenson 2008) esitetyn mukaan laatu-kustannukset voidaan jakaa kahteen osa-alueeseen: virhekustannukset sekä valvonta- ja ennaltaehkäisykustannukset. Stevenson (2008, s. 421) esittää, että virhekustannuk-

set aiheutuvat huonosta laadusta eli hukasta ja valvonta- ja ennaltaehkäisykustannukset puolestaan sijoituksista laadun parantamiseen. Kuva 3.2 havainnollistaa, mistä laatuks- tannukset koostuvat. Kuva 3.3 esittää, miten ennaltaehkäisevän toiminnan lisääminen vaikuttaa laadun eri osakustannuksiin sekä kokonaislaatuks- tannuksiin.



**Kuva 3.3.** Ennaltaehkäisevän toiminnan lisäämisen vaikutus kustannuksiin (Andersson & Tikka 1997, s. 33).

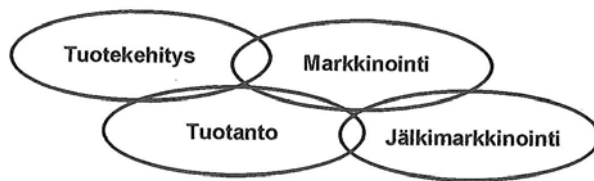


**Kuva 3.4.** Laatuks- tannusten optimointi (Andersson & Tikka 1997, s. 35).

Kuvasta 3.4 voidaan havaita, että kokonaislaatuks- tannukset muodostavat laatuta- son kanssa selvän optimipisteen, johon toimintaa tulisi ohjata. Ennaltaehkäisevä toimin- ta alentaa virheistä aiheutuvia kustannuksia, mutta tietyn rajan jälkeen valvonnan ja ennaltaehkäisyn lisääminen kasvattaa kustannuksia enemmän kuin aiheuttaa säästöä.

### 3.2 Tuotanto ja tuotantoparadigmat

Valmistavalla yrityksellä on neljä päätoimintoa: tuotekehitys, markkinointi, tuotanto ja jälkimarkkinointi, kuten kuvassa 3.5. Tuotanto on sidoksissa kuhunkin näistä päätoiminnoista ja sen tehtävä tulisi nähdä koko yrityksen palvelutoimintona. Tuotannon tavoitteet määrittyvät palvelukyvyyn ja kustannustehokkuuden aiheuttamassa ristipaineisessa kentässä. Tämä on esitetty kuvassa 3.6. Palvelutason säilyttäminen edellyttää kykyä toimittaa tuotteet nopeasti ja ennen kaikkea varmasti, jonka lisäksi tulisi pystyä vastaamaan yksilöllisiin asiakasvaatimuksiin ja varmistamaan laatutason säilyvyys. (Lapinleimu et al.1997, s. 37.)



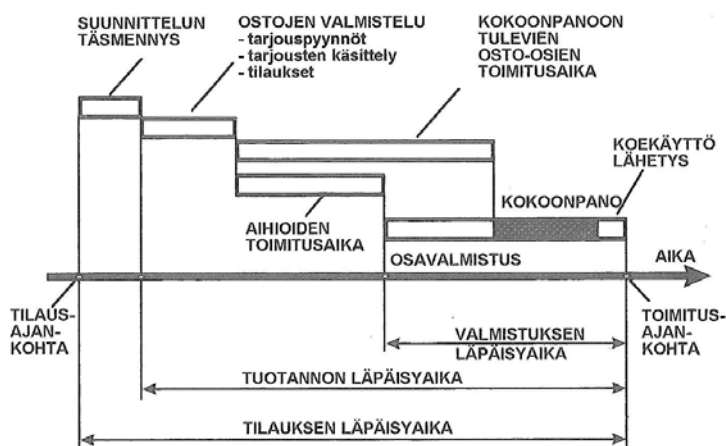
**Kuva 3.5.** Valmistavan yrityksen neljä päätoimintoa (Lapinleimu et al. 1997, s. 37).



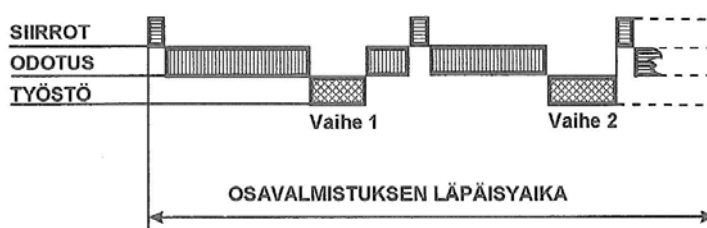
**Kuva 3.6.** Palvelukyvyyn, laadun ja kustannusten aiheuttama tuotannon ristipaine (Lapinleimu et al. 1997, s. 37).

Toimituskyky on yksi tuotannon merkittävimmistä tavoitteista. Toimituskyky sisältää käsitteet toimitusaika sekä toimitusvarmuus. Toimitusajan pituus riippuu materiaalien hankinta-ajoista, oman valmistuksen läpäisyajasta sekä tilaushetken kuormitustilanteesta. Oman valmistuksen läpäisy aika on riippuvainen käytetystä tuotantojärjestelmästä sekä tuotannonohjauksesta. (Lapinleimu et al. 1997, s. 38.) Kuvassa 3.7 on esitetty tilauksen läpäisy aika ja kuvassa 3.8 osavalmistuksen läpäisy aika.

Läpäisy aika on erittäin tärkeä mittari, jonka avulla tuotannon tehokkuutta voidaan arvioida. Lyhyt läpäisy aika mahdollistaa lyhyet toimitusajat sekä parantaa tuotannon ohjattavuutta, koska tuotantoa voidaan ajoittaa tehokkaammin. (Lapinleimu et al. 1997, s. 55.) Kuvan 3.8 mukaisesti osan läpäisy aika koostuu siirroista, odotuksesta ja materiaalin jalostusarvoa nostavasta toiminnasta eli työstöstä. Kyseisestä kuvasta on havaittavissa, että todellinen arvoa tuottava osa läpäisy ajasta on melko vähäinen. Tämä on kuitenkin prosessin tärkein osa juuri arvontuoton takia. Kuvasta voidaan päätellä, että suurin mahdollisuus läpäisy ajan lyhentämiseen on siirto- ja odotusaikojen minimoinnissa.



**Kuva 3.7.** Tilauksen läpäisy aika (Lapinleimu et al. 1997, s. 54).

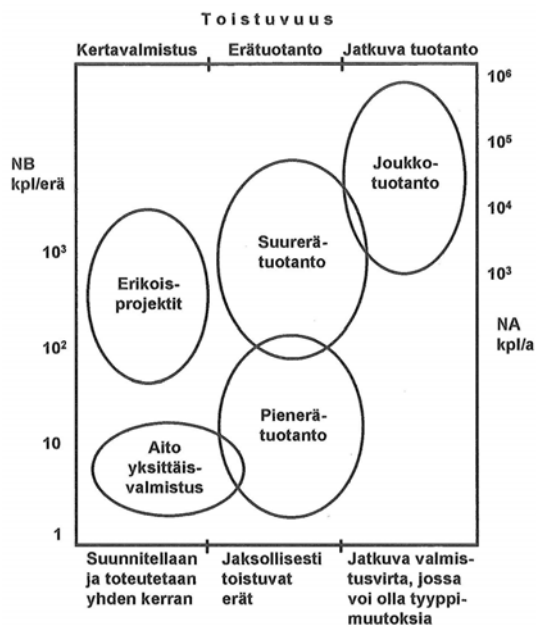


**Kuva 3.8.** Osavalmistuksen läpäisy aika (Lapinleimu et al. 1997, s. 54).

Toimituskyvyn lisäksi tuotannon joustavuus on hyvin merkittävä tavoite. Joustavuus tarkoittaa asiakkaan näkökulmasta sitä, että tuote on muunneltavissa juuri tiettyjä vaatimuksia vastaavaksi. Tuotannon näkökulmasta joustavuus tarkoittaa prosessin kykyä tuottaa asiakaskohtaisesti räätälöityjä tuotteita kulloinkin tarvittavalla volyymillä. (Vollman et al. 2005, s. 3.) Lapinleimu et al. (1997, s. 38) esittävät, että joustavuudessa on kyse kustannustehokkaasta pienerä tuotannosta. Käytännössä suuri joustavuus mahdollistaa hyvin erilaisten tuotteiden valmistuksen, hyvin vaihtelevilla volyyymeillä, ilman ongelmia.

Tuotanto voi olla tyypiltään joko kertavalmistusta, erä tuotantoa tai jatkuvaa valmistusta. Tuotantotyyppi määräytyy tuotteen valmistuserä koon, vuosittaisen tuotantovolyymien sekä tuotteen elinkaaren aikaisen kokonaisvalmistus määrän mukaan. Valmistuserällä tarkoitetaan yhdellä työn avauksella yhtäjaksoisesti valmistettavaa tuotemäärää. (Lapinleimu et al. 1997, s. 45.) Tuotantotyypit ovat esitetty volyymien ja toistuvuuden mukaan jaoteltuna kuvassa 3.9.

Kertavalmistuksella tarkoitetaan tuotantoa, jossa valmistuseriä on vain yksi koko tuotteen elinkaaren aikana (Lapinleimu et al. 1997). Kertavalmistukseen liitetään usein termi projekti, millä tarkoitetaan Stevensonin (2008, s. 242) mukaan ei-rutiininomaista työtä, jonka yksilölliset tavoitteet ovat saavutettava rajoitetussa ajassa. Kertavalmistus ei tarkoita, että erä koko olisi jollakin tavalla rajattu. Vaikka kertavalmistuksen erä koko on usein pieni, se voi olla myös hyvin suuri. Lapinleimu et al. (1997, s. 45) käyttävät kertavalmistuksen suuresta erä koosta termiä erikoisprojekti.



**Kuva 3.9.** Tuotantotyypit volyymin ja toistuvuuden mukaan (Lapinleimu et al. 1997, s. 45). NB tarkoittaa eräkokoja ja NA vuosivolyymiä.

Stevenson (2008, s. 239) esittää, edellä mainitusta teoriasta poiketen, suurerätuotantoa käsiteltäväksi erillisenä tuotantotyyppinä. Suurerätuotannon ja jatkuvan valmistuksen välinen ero ei ole aivan yksiselitteinen mutta alan kirjallisuudessa (Stevenson 2008, s. 240; Vollman et al. 2005, s. 10) esitetään, että suurerätuotannolla tarkoitetaan laskettavia tai kokoonpantavia kappaleita, kuten autoja, kyniä tai televisioita, ja jatkuva tuotanto liitetään vaikeasti laskettavissa oleviin materiaaleihin, kuten polttoaineet, teräs ja sellu. Taulukossa 3.1 esitetään edellä mainittujen tuotantotyyppien ominaisuudet.

**Taulukko 3.1.** Tuotantotyyppien ominaisuudet (mukailtu lähteestä: Stevenson 2008, s. 241).

	Kertavalmistus	Erätuotanto	Suurerä-tuotanto	Jatkuva valmistus
<b>Tuotteen standardointiaste</b>	Täysin yksilöllinen	Keskitaso	Korkea	Erittäin korkea
<b>Yksikkökustannus</b>	Korkea	Keskitaso	Matala	Erittäin matala
<b>Volyyymi</b>	Matala	Keskitaso	Korkea	Erittäin korkea
<b>Joustavuus</b>	Erittäin korkea	Korkea	Matala	Erittäin matala
<b>Tehokkuus</b>	Matala	Keskitaso	Korkea	Erittäin korkea
<b>Tuotevalikoima</b>	Erittäin laaja	Laaja	Kapea	Erittäin kapea
<b>Tuotannonohjauksen yksinkertaisuus</b>	Monimutkainen	Melko monimutkainen	Yksinkertainen	Hyvin yksinkertainen
<b>Tuotannon seisauksen kustannus</b>	Erittäin alhainen	Alhainen	Korkea	Erittäin korkea



Erätuotanto on erityisesti Suomessa tärkein tuotantomuoto. Eräkoot ovat tavallisesti 1–100 kappaletta erää kohti ja toistuvuus noin 4–50 erää vuodessa. Erätuotannon kilpailukyky perustuu huolellisen suunnittelun antamiin valmiuksiin, joilla valmistusvaihe on lähes kokonaan jalostavaa työtä ilman häiriöitä. Valmiudet perustuvat sekä pitkälle suunniteltuihin tuotteisiin että valmistusmenetelmiin. Tuotannon toistuvuus antaa näille valmiuksille myös taloudelliset perusteet. Erätuotannossa joudutaan usein tekemään eräkohtaista tuote- tai valmistussuunnittelua, joka lisää kustannuksia ja kasvattaa läpäisyajoja. Näistä syistä tulisi pyrkiä siihen, että valinnat tehtäisiin etukäteen suunnitelluista vaihtoehdoista. (Lapinleimu et al. 1997, s. 45.)

Suurerätuotannossa tuotevalikoima on suppea ja tuotteet ovat keskenään hyvin samankaltaisia. Tuotteiden standardointiaste on siis korkea ja siksi tuotantojärjestelmältä vaaditaan vain vähäistä joustavuutta. (Stevenson 2008, s. 240.) Jatkuva valmistus on käytännössä kuin suurerätuotantoa, jonka erät seuraavat tauotta toisiaan. Myös jatkuva valmistus mahdollistaa eri tuotetyypit mutta käytännön edellytys tälle on, että tuotteet voidaan valmistaa lähes täsmälleen samalla prosessilla. Jatkuva valmistus vaatii valmistusympäristön suunnittelun yhdessä tuotesuunnittelun kanssa, jolloin valmistustekniikka niin sanotusti rakennetaan tuotantojärjestelmän sisään. (Lapinleimu et al. 1997, s. 47.)

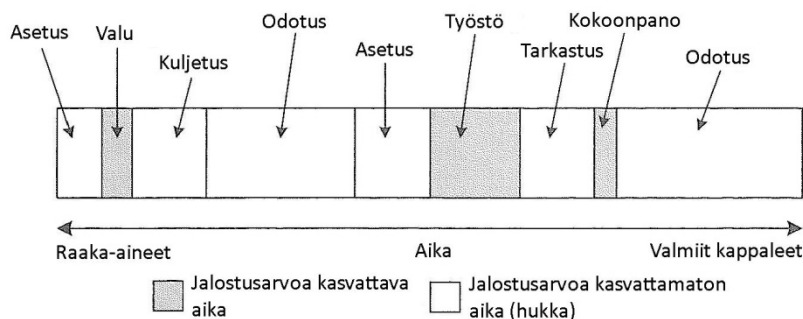
### 3.2.1 Lean tuotanto / Toyotan toimintatapa

Lean on Japanissa syntynyt filosofia, jolla tuotantoa ja koko yritystoimintaa ohjataan. Lean perustuu Toyotan kehittämään tuotantojärjestelmään TPS (Toyota Production System) ja käytännössä näillä termeillä tarkoitetaan samaa asiaa. (Liker 2003.) Lean filosofian tarkoitus on toimia yrityskulttuurin perustana ja ajatusmallina yrityksen kullakin tasolla toimivalle henkilöstölle. Lean on käsitteenä hyvin laaja, koska se sisältää useita eri lähestymistapoja ja työkaluja, joita voidaan hyödyntää myös yksittäin. Lean toimintatavan periaatteet ovat Likerin (2003, s. 37) mukaan:

1. Perustaa päätökset pitkäaikaiseen filosofiaan, jopa lyhytaikaisten tulostavoitteiden kustannuksella.
2. Luoda prosessiin jatkuva virtaus, jotta ongelmat tulevat esiin.
3. Käyttää imuohjausta ylituotannon estämiseksi.
4. Tasata työmäärä tuotetyypeistä riippumatta.
5. Rakentaa ylityskulttuuri pysähtymään ongelmien ratkaisemiseksi niiden esiintyessä, jotta laatutavoitteet täyttyisivät jo ensimmäisellä yrityksellä.
6. Luoda jatkuvalla kehitykselle perusta standardisoiduilla tehtävillä.
7. Estää ongelmien piiloutuminen visuaalisilla ohjausmenetelmillä.
8. Tukea yrityksen henkilöstä ja prosesseja vain luotettavilla ja huolellisesti testatuilla työvälineillä.
9. Kasvattaa johtajia, jotka ymmärtävät työn tarkoituksen, elävät itse lean filosofiaa ja opettavat sitä toisille.
10. Kehittää ainutlaatuisia henkilöitä ja tiimejä, jotka noudattavat yrityksen filosofiaa.

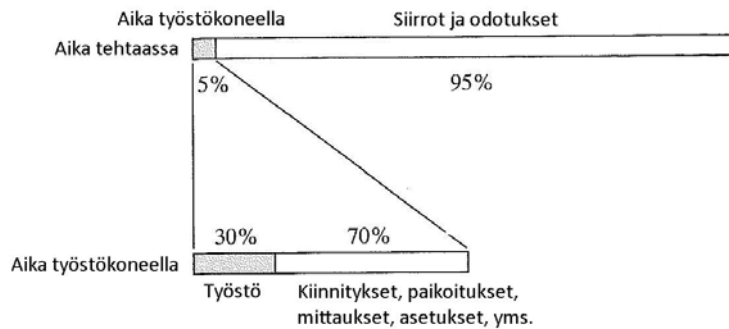
11. Kunnioittaa alihankkijoiden ja liiketoimintakumppanien kanssa luotua verkostoa haastamalla heidät ja auttamalla heitä kehittymään.
12. Kannustaa tarkistamaan asiat henkilökohtaisesti, niiden ymmärtämiseksi.
13. Tehdä päätökset huolellisesti harkiten ja kaikki vaihtoehdot huomioiden sekä toteuttaa muutokset nopeasti.
14. Saavuttaa oppimiskulttuuri jatkuvan kehityksen ja asioiden esiin nostamisen kautta.

Lean tuotanto perustuu kaikenlaisen hukkan eli turhan työn ja materiaalin sekä turhaa työtä tai materiaalia aiheuttavan toiminnan eliminoimiseen. Hukaksi voidaan määritellä: ylituotanto, odotukset, siirrot, yliprosessointi tai vääränlainen prosessointi, ylisuuret varastot, työntekijöiden tarpeettomat liikkeet, viat ja henkilöstön hyödyntämättä jätetty luovuus. (Liker 2003, s. 28.) Prosessin jokainen työvaihe pyritään erittelemään mahdollisimman tarkasti, jotta jalostusarvoa kasvattamaton toiminta voidaan tunnistaa ja eliminoida. Esimerkiksi kokoonpanossa ruuvien ja mutterien kurottaminen laatikosta ei kasvata tuotteen jalostusarvoa mutta niiden kiinnittäminen kappaleeseen kasvattaa. Tällöin kurottamiseen käytetty aika tulisi minimoida tai koko työvaihe poistaa, mikäli mahdollista. Tällaista työvaiheiden erittelyä kutsutaan arvoketjun kartoittamiseksi ja sitä käytetään havainnollisena työkaluna systemaattisen prosessin kuvaamiseen. (Stevenson 2008, s. 716).



**Kuva 3.10.** Jalostusarvoa kasvattavat työvaiheet kappaleen arvoketjussa (mukailtu lähteestä: Liker 2003, s. 30).

Kuvassa 3.10 on esitetty erään kappaleen arvoketju. Kuva havainnollistaa, miten suuri osa kappaleen läpäisyajasta on arvoa kasvattamatonta työtä. Likerin (2003, s. 30) mukaan perinteiset toimintatavat keskittyvät optimoimaan arvoa kasvattavia työvaiheita, kuten työstöä, joka on lähtökohtaisesti vain pieni osa koko tuotteen läpäisyajasta. Lean keskittyy ensisijaisesti poistamaan tai minimoimaan nämä arvoa kasvattamattomat vaiheet, joilla on suurin vaikutus läpäisy aikaan. Kuvassa 3.11 osoitetaan, miten arvoa kasvattava aika ja hukka jakaantuvat tyypillisessä erätuotannossa. Kuvasta voidaan havaita, että vain 30 % työstökoneella käytetystä ajasta kuluu jalostusarvoa kasvattavaan toimintaan, jolloin jalostusarvon osuus koko läpäisyajasta on vain 1,5 %.



**Kuva 3.11.** Jalostusarvoa kasvattavan ajan ja hukkan suhde tyypillisessä erätuotannossa (mukailtu lähteestä: Merchant 1977, katso Groover 2007, s. 50).

Lean ajattelutavassa hukkan eliminoimisen lisäksi yhtä tärkeitä seikkoja ovat työntekijöiden ja koneiden ylikuormituksen estäminen sekä tuotannon tasaisuus. Näiden kolmen kohteen tulisi olla tasapainossa keskenään, jotta lean toimintatavasta saataisiin maksimaalinen hyöty ja tuotanto muodostaisi jatkuvan virtauksen. Työntekijöiden ja koneiden ylikuormituksen estäminen on tärkeää, sillä ylikuormitus aiheuttaa turvallisuus- ja laatuongelmia sekä laiterikkoja ja -vikoja. Tuotannon tasaisuudella tarkoitetaan tuotemixin, eli valmistettavan tuotevalikoiman, tasaamista siten, että valmistuksen keskimääräinen läpäisy aika pysyy lähes vakiona tietyllä aikavälillä riippumatta kulloinkin valmistettavan tuotteen läpäisyajasta. Tällöin työkuorma säilyy tasaisena eikä aiheuta äkillisiä yli- tai alikuormitustilanteita. (Liker 2003, s. 114.)

Eräs lean filosofian sisältämistä tuotannon keskeisimmistä lähestymistavoista on JIT (Just-in-Time), josta käytetään Suomessa usein termiä JOT (Juuri Oikeaan Tarpeeseen). JIT-menetelmä perustuu varastojen, siirtojen ja häiriöiden eliminointiin, johon pyritään asiakaslähtöisellä imuohjauksella. (Vollmann et al. 2005, s. 301.) Imuohjauksen periaate on, että prosessin jokainen vaihe mielletään edeltävän vaiheen asiakkaana, jolloin kappaleita tuotetaan vain tarpeeseen. Tällöin kullekin prosessille toimitetaan oikea määrä oikeita kappaleita juuri silloin kuin niitä tarvitaan. (Liker 2003, s. 23.) Tuotannon ohjussignaali kulkee täten loppuasiakkaalta kohti tuotantoprosessin alkua, jolloin teoriassa mitään ei tapahdu ilman asiakkaan tilausta. JIT-menetelmä mahdollistaa pienet välivarastot, jolloin keskeneräisen työn määrä on minimaalinen (Vollmann et al. 2005, s. 302).

JIT-menetelmä pyrkii virheettömään laatuun. Virheetön laatu pyritään varmistamaan prosesseihin sisäänrakennetuilla tarkastuksilla, joilla laatuongelma havaitaan heti sen syntyessä ja estetään sen pääsy asiakkaalle eli prosessin seuraavaan vaiheeseen. Laatuongelman esiintyessä tuotantolinja tai sen osa pysähtyy, jolloin työntekijöiden on ratkaistava ongelma nopeasti. (Vollmann et al. 2005, s. 302.) Pienet välivarastot tukevat hyvin laatuajattelua, sillä laatuongelmat jäävät helposti huomaamatta tai niiden huomaaminen pitkittyy suurissa välivarastoissa. Kun välivaraston kokoa pienennetään, kappaleiden varasto aika lyhenee ja näin viat huomataan nopeammin. Alan kirjallisuudessa (Burman 1995, s. 274; Vollmann et al. 2005, s. 319; Stevenson 2008, s. 703) välivarastokokoa verrataan vedenpinnan korkeuteen ja laatuongelmia pohjassa oleviin kiviin. Kun vedenpinta on korkealla, pohjassa olevat, hyvinkin suuret kivet voivat jäädä huo-

maamatta. Vedenpintaa laskettaessa kivet tulevat esiin ja ne ovat pakko poistaa, jonka jälkeen vedenpinnan ei enää tarvitse olla korkealla. Taulukossa 3.2 on esitetty JIT-menetelmän käyttöönottojen yritysten pitkällä aikajänteellä toteutuneita tuloksia.

**Taulukko 3.2.** JIT-menetelmän tuloksia pitkällä aikajänteellä (mukailtu lähteestä: Burman 1995, s. 275).

Mitattu suure ja vaikutus	Vaikutuksen suuruus
Tuotannon läpäisyajan lyheneminen	80–90 %
Suoran tuottavuuden kasvaminen	5–50 %
Epäsuoran tuottavuuden kasvaminen	20–60 %
Ostohintojen aleneminen	5–10 %
Varastokokojen pieneneminen:	
raaka-aineet	35–75 %
keskeneräinen työ	30–90 %
valmiit tuotteet	50–90 %
Asetusaikojen lyheneminen	75–95 %
Tilantarpeen väheneminen	40–80 %
Laadun kehittyminen	50–55 %
Materiaalivarastojen ehtymisien väheneminen	50–95 %
Hukkamateriaalin väheneminen	20–30 %

Eräs JIT-menetelmän tärkeimmistä työkaluista on visuaaliseen ohjaukseen perustuva kanban. Kanban on yksinkertaisimmillaan kortti, jossa lukee osanumero, valmistuspaikka, toimituspaikka sekä valmistusmäärä. Osia säilytetään välivarastoissa laatikoissa, joista jokaisessa on oma kanban-kortti. Kun laatikko otetaan varastosta, kanban-kortti toimitetaan siihen merkittyyn valmistuspaikkaan. Tällöin kortti toimii kyseisen valmistuspaikan (yrityksen, tuotantosolun tai yksittäisen koneen) tilauksena eli signaalina alkaa valmistaa uusia kappaleita. Kappaleita valmistetaan korttiin merkitty määrä, ne toimitetaan korttiin merkittyyn paikkaan ja kortti asetetaan takaisin paikalleen. (Vollmann et al. 2005, s. 316.) Kukin laatikko sisältää tietyn määrän osia, joiden tulisi riittää kunnes varastoa täydennetään. Mikäli osan toimitusaika on hyvin lyhyt, kanban-kortti voi kiertää syklin useita kertoja päivässä. Kanban-kortin etu tietokoneperustaiseen materiaalinhallintajärjestelmään verrattuna on yksinkertaisuus ja automaattisuus, koska välivarastot täydentyvät automaattisesti kanban-korttien ohjaamana. Kanban-kortti on kuitenkin ainoastaan informaatiotyökalu, joka ei itsestään ratkaise tuotantoon liittyviä ongelmia. (Stevenson 2008, s. 711.)

### 3.2.2 Massaräätelöinti

Massaräätelöinnillä tai massakustomoinnilla tarkoitetaan joustavaa toimintatapaa, jolla voidaan tuottaa asiakaskohtaisesti konfiguroituja tuotteita volyymin riippumatta (Vollmann et al. 2005, s. 3). Konfiguroinnilla tarkoitetaan tuoteversioiden eli tuotevarianttien tai tuotevarianttien systemaattista tuottamista. Tarkemmin ilmaistuna konfigu-

rointi on ennalta määritettyjen komponenttien yhteensovittamista, jota ohjaa komponenttien ominaisuudet, komponenttien väliset rajapinnat, rajapintojen asettamat rajoitukset ja muut rakenteelliset rajoitukset sekä halutun konfiguraation kuvaukseen että mahdollisesti komponenttien optimaaliseen valintaan liittyvät kriteerit. Konfiguroinnin tuloksena saadaan yksi tai useampi konfiguraatio, joka täyttää kaikki asetetut vaatimukset, tai lista vaatimusten ja komponenttien välisistä ristiriidoista. Konfiguraatio on siis sekä lista komponenteista että kuvaus niiden liittämistä toisiinsa. (Mittal & Frayman 1989; katso Riitahuhta & Pulkkinen 2001, s. 3.)

Eri tuotevariaatioiden valmistaminen tehokkaasti on hyvin haastavaa ja siksi asiakaskohtainen varioituvuus on aina kompromissi valmistustehokkuuden kannalta. Massaräätälöinnillä pyritään ratkaisemaan tämä ongelma tuotteella, joka mukautuu hyvin erityyppisiin asiakastarpeisiin mutta näyttää tuotannon näkökulmasta vain yhdeltä tuotteelta. (Riitahuhta & Pulkkinen 2001, s. 42.) Tällaisista toisiaan muistuttavista ja tietyt ominaisuudet tai ominaispiirteet jakavista tuotteista käytetään usein nimitystä tuoteperhe. Tuoteperheen jaetut ominaisuudet ja piirteet liitetään käsitteeseen tuotealusta (product platform). Tuotealusta voi olla yhteisten osien, komponenttien tai moduulien joukko, johon tuoteperheen eri variantit perustuvat. (Simpson et al. 2006, s. 3.)

Tuoteperheet voivat perustua joko moduuleihin, jolloin ne ovat konfiguroitavia, tai mittasuhteisiin, jolloin ne ovat parametrisia. Moduulilla tarkoitetaan tietyn toiminnon tai ominaisuuden toteuttavaa, vaihtokelpoista osakokonaisuutta, jolla on selvät rajapinnat eli liitännät tuotealustaan tai toisiin moduuleihin. (Simpson et al. 2006, s. 6.) Modulaarinen eli moduuleihin perustuva tuoterakenne mahdollistaa tuotteiden konfiguroinnin moduuleja vaihtamalla, jolloin asiakasvaatimukseen voidaan vastata liittämällä tietyt moduulit tuotealustaan. Lisäksi tietyt moduulit voidaan vaihtaa myöhemmin erilaisiksi, jolloin tuote on uudelleenkonfiguroitavissa. (Riitahuhta & Pulkkinen 2001, s. 42.) Parametrinen tuoteperhe perustuu tuotealustan skaalautuvuuteen eli siihen, että esimerkiksi pituutta tai leveyttä muuttamalla voidaan luoda uusi tuotevariaatio ilman erillistä suunnittelua. Mikäli tuote, kuten esimerkiksi lämmönvaihdin, koostuu useista samanlaisista moduuleista, tuotetta voidaan varioida muuttamalla moduulien lukumäärää. (Lapinleimu et al. 1997, s. 228.)

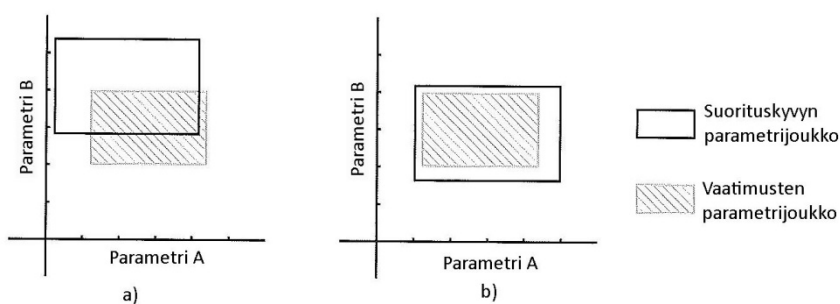
Modulointiin liitetään termi standardointi. Standardoinnilla tarkoitetaan osien ja osakokonaisuuksien yksinkertaistamista ja vaihtelun hallintaa eli variaatioiden vähentämistä. (Lapinleimu et al. 1997, s. 292.) Standardointi ja variointi ovat käsitteinä lähes toistensa vastakohdat mutta ne tukevat toisiaan massaräätälöinnissä. Standardoinnilla pyritään tuottamaan monikäyttöisiä osia, joita voidaan hyödyntää mahdollisimman monessa eri tuotteessa ilman, että ne rajoittavat tuotteen varioituvuutta. Kun samaa osaa voidaan hyödyntää useassa tuotteessa, osan tarve ja valmistusmäärä kasvaa, jolloin sen valmistus on taloudellisesti kannattavampaa. Simpson et al. (2006, s. 108) esittävät, että osa voi olla tyypiltään yksilöllinen eli uniikki, varioituva tai yhteinen. Yksilölliset osat ovat täysin tuote- tai varianttikohtaisia, jolloin niitä ei voida hyödyntää tai ei hyödynnetä muissa tuotteissa. Varioituvia osia käytetään useissa eri tuotteissa tai tuotevariaatioissa mutta niiden jokin parametri, kuten esimerkiksi pituus tai valmistusmateriaali, voi

vaihdella. Yhteiset osat ovat standardoituja, jolloin täsmälleen samaa osaa voidaan käyttää useissa eri tuotteissa tai tuotevariaatioissa. (Simpson et al. 2006, s. 108.) Taulukossa 3.3 on esitetty eri osatyypin luokitteluesimerkki. Stevensonin (2008, s. 146) mukaan modulointi on standardoinnin muoto, jossa osat jaotellaan alikokoonpanoiksi. Tällöin moduuleita voidaan pitää standardoituina osakokoonpanoina (Lapinleimu et al. 1997, s. 294). Stigzelius et al. (1981) esittävät, että suurentuotannon perusmoduuleja tulisi hyödyntää mahdollisimman paljon myös yksittäistuotannon osina, jotta tuotteet olisivat hinnaltaan ja laadultaan kilpailukykyisempiä.

**Taulukko 3.3.** Eri osatyypin luokitteluesimerkki (mukailtu lähteestä: Simpson et al. 2006, s. 109). Numerot kuvaavat osien variaatioita.

Osa	Tyyppi	Tuote 1	Tuote 2	Tuote 3	Tuote 4
Osa 1	Yhteinen	1	1	1	1
Osa 2	Yhteinen	1		1	
Osa 3	Varioituva	1	2	3	4
Osa 4	Varioituva	1	2	2	3
Osa 5	Yksilöllinen		1		

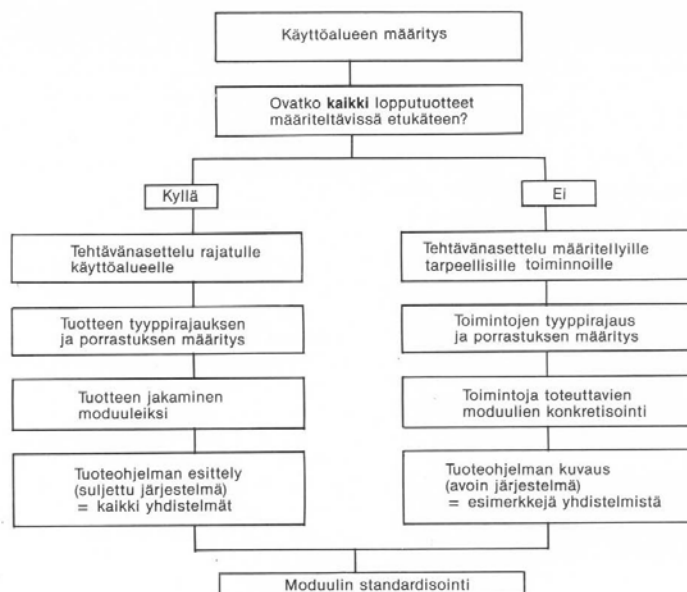
Modulaarinen tuoterakenne mahdollistaa tuotekehityksen ja –suunnittelun hajauttamisen, koska moduulit voidaan suunnitella toisistaan riippumattomasti. Moduulijako on tällöin tehtävä yksiselitteisesti, jotta jokaisella moduulilla on selkeä rajapinta ja toiminto. (Simpson et al. 2006, s. 150.) Moduulijärjestelmän suunnittelu on haastavaa, koska moduulien on oltava sekä vaihtokelpoisia että täytettävä moduulin toiminnollinen vaatimus. Esimerkiksi valmistuslinja voi koostua modulaarisista työstökoneista, joilla valmistuslinja voidaan muokata kulloinkin valmistettavaa tuotetta varten vaihtamalla tietyt moduulit. Tällöin valmistusprosessi asettaa tietyt parametrivaatimukset, jotka moduulin on täytettävä, jolloin prosessin vaatiman parametrijoukon on sovittava moduulin suorituskyvyn parametrijoukkoon. Muutoin moduuli ei voi suoriutua sille annetusta tehtävästä. (Vos 2001, s. 85.) Tämä tilanne on havainnollistettu kuvassa 3.12.



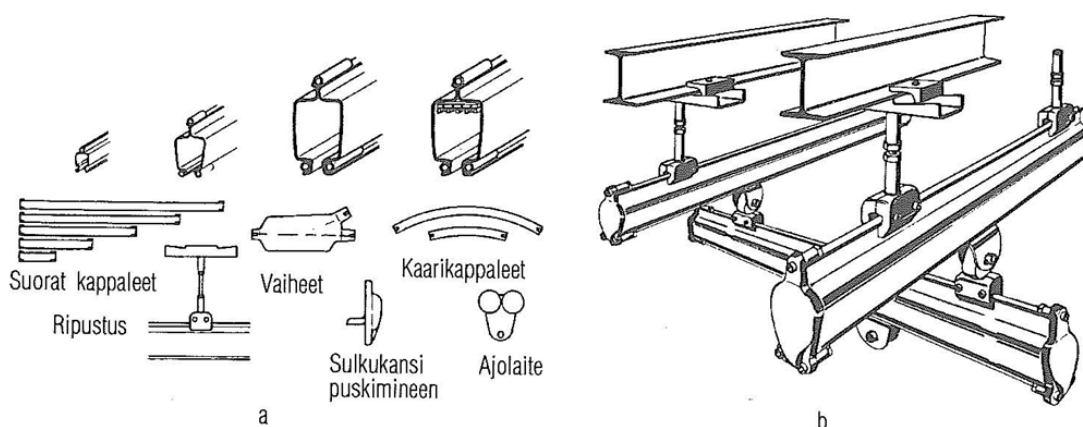
**Kuva 3.12.** Moduulin vaatimusten ja suorituskäytännön parametrijoukot (mukailtu lähteestä: Vos 2001, s. 85). Tilanteessa a) vaatimusten ja suorituskäytännön parametrijoukot eivät kohtaa ja tilanteessa b) suorituskäytännön parametrijoukko vastaa asetettuja vaatimuksia.

Aiemmin esitetyn tuotealustaperustaisen moduloinnin lisäksi moduloinnin perustana voidaan pitää tuotteen kokoonpanoa, toimintoja tai koko elinkaarta. Kokoonpanoperustaisella moduloinnilla pyritään tuotannon toiminnan tukemiseen, jolloin moduulit voidaan valmistaa hajautetusti ja suorittaa tuotteen kokoonpano keskitetysti. Toimintoperustainen modulointi pyrkii jakamaan tuotteen toiminnot eri moduuleihin, jolloin tietyt asiakasvaatimukset kohdistetaan tiettyihin moduuleihin. Tämä menetelmä tukee sekä myyntiä että tuotekehitystä, koska tuotteen toiminnot eivät ole toisistaan riippuvaisia ja moduuli voi olla fyysisesti ympäri tuotetta sijaitseva järjestelmä. Tuotteen koko elinkaaren kattava eli dynaaminen modulointi poikkeaa edellä mainituista menetelmistä siten, että sillä ei pyritä tuotemuunteluun vaan tuoterakenne on täysin staattinen. Moduulirakenne suunnitellaan tällöin valmistuksen, ylläpidon, huollon ja logistiikan näkökulmasta, jolloin perusteet moduloinnille ovat hyvin erilaiset kuin muuntelua vaativissa tuotteissa. (Lehtonen 2007, s. 92.)

Moduulijärjestelmä on tyypiltään joko suljettu tai avoin. Suljetussa moduulijärjestelmässä kaikki lopputuotteet eli variantit ovat määriteltävissä etukäteen. Mikäli moduulijärjestelmää voidaan kasvattaa uusilla moduuleilla, kaikkia variantteja ei voida määrittää etukäteen, jolloin järjestelmä on avoin. (Borowski 1961, katso Lehtonen 2007, s. 38; Pahl & Beitz 1986, s. 439.) Avoimet ja suljetut järjestelmät suunnitellaan hyvin eri tavoin. Suljetun järjestelmän suunnittelu aloitetaan selvittämällä järjestelmän eli lopputuotteen mahdolliset käyttötapaukset. Avoimen järjestelmän suunnittelu aloitetaan puolestaan tarpeellisten toimintojen selvittämällä, jolloin puhutaan toimintoperusteisesta moduloinnista. Toiminnallisuus voi olla vain avoimen järjestelmän tuoterakennejaon lähtökohta. (Borowski 1961, katso Lehtonen 2007, s. 38.) Kuvassa 3.13 on esitetty avoimen ja suljetun järjestelmän suunnittelun vaiheet. Kuvassa 3.14 on havainnollistettu esimerkki avoimen moduulijärjestelmän elementeistä.



**Kuva 3.13.** Avoimen ja suljetun moduulijärjestelmän suunnitteluvaiheet (Brankamp & Herrmann 1969, katso Lehtonen 2007, s. 39.)



**Kuva 3.14.** Avoin moduulijärjestelmä DEMAG'in tehdaskuvasta; a) moduulit b) yhdistelmäesimerkki (Pahl & Beitz 1986, s. 455.)

Modulaariseen tuoterakenteeseen liittyy sekä yrityksen että asiakkaan kannalta useita etuja ja haittoja. Modulaarinen tuoterakenne helpottaa tarjouksien ja suunnitelmien tekoa, koska olemassa olevien moduulien asiakirjoja voidaan käyttää uudelleen, jolloin suunnittelukustannuksia syntyy vain moduulien yhteensovittamisesta ja mahdollisista erikoisvaatimuksista. Valmistusaikataulua on helpompi ohjata ja läpäisyäikää lyhentää, kun moduulit voidaan valmistaa rinnakkain ja tilauksista riippumatta, optimaalisissa erissä. Asiakkaan näkökulmasta moduulijärjestelmän etuja ovat lyhyt toimitusaika, paremmat muuntelu- ja huoltomahdollisuudet, pääsääntöisesti parempi laatu ja mahdollisuus myöhempään toimintoparannuksiin tai –laajennuksiin. (Pahl & Beitz 1986, s. 448.)

Modulaarisen tuoterakenteen haittoina voidaan pitää yrityksen näkökulmasta tuotesuunnittelun ja –muutosten haastavuutta, moduulien rajapintojen valmistuskustannuksia kasvattavaa vaikutusta, moduulien aiheuttamia rajoitteita tuotteen muotoilussa sekä harvinaisten ominaisuuksien moduulijärjestelmään sovittamisen kalleutta verrattuna yksittäisvalmistukseen. Asiakkaan näkökulmasta haittoja ovat erityistoiveiden hankala toteutettavuus sekä tiettyihin moduuliyhdistelmiin liittyvä epäoptimaalisuus, kuten korkea paino, tilantarve tai heikko laatu. (Pahl & Beitz 1986, s. 451.)

Massaräätälöinti ei perustu ainoastaan modulaariseen tuoterakenteeseen. Eräs massaräätälöinnin keino on viivästetty valmistus (delayed differentiation tai late point differentiation), josta käytetään myös nimitystä tilaukselle valmistettu (build-to-order), Viivästetty valmistus pyrkii valmistukseen, jossa tuote varioidaan mahdollisimman myöhäisessä vaiheessa. Tällä menetelmällä pyritään tuottamaan lähes valmiita tuotteita, jotka viimeistellään vasta sitten, kun asiakaskohtaiset vaatimukset tiedetään. Esimerkiksi huonekalut voidaan koota valmiiksi ja suorittaa pintakäsittely vasta tilauksesta, jolloin tuotteet vastaavat asiakasvaatimuksia. (Moser 2007, s. 151; Stevenson 2008, s. 146.)

Massaräätälöinnin tärkeä elementti on variaationhallinta. Tuotevariaatioita ei voi olla rajattomasti, koska tietyssä vaiheessa liiketoiminta alkaa kärsiä eri nimikkeiden hallintaan ja ylläpitoon liittyvistä kustannuksista. Tällöin hyvin vähäiseen kysyntään perus-



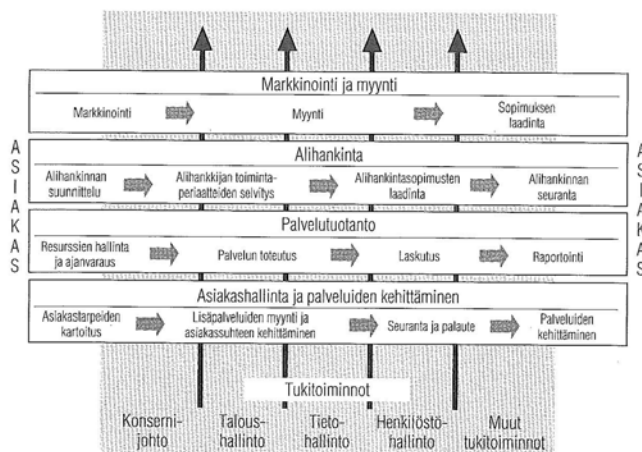
tuvien tuotevariaatioiden säilyttäminen tuotevalikoimassa ei ole taloudellisesti kannattavaa. Variaationhallinnan tavoitteena on löytää variaatiotaso, jota asiakkaat pitävät houkuttelevana, sekä monimutkaisuustaso, jossa yrityksen kustannukset ovat riittävän alhaiset. Tämän päätöksen tekemiseksi on siis tärkeää ymmärtää ero yrityksen sisäisen monimutkaisuuden ja ulkoisen varioituvuuden välillä. (Moser 2007, s. 155.)

### 3.3 Prosessi

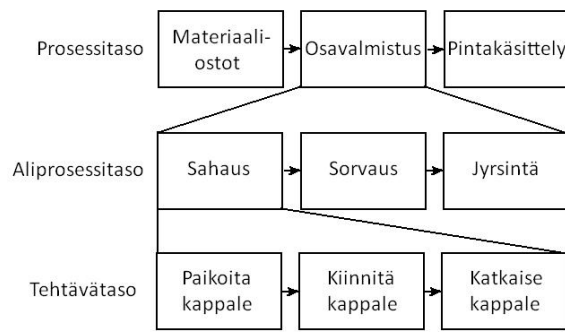
Valmistavan yrityksen tilaus-toimitusketju koostuu useista toiminnoista. Jokainen toiminto on sarja toisiinsa liittyviä tehtäviä, joita organisaatiossa tehdään. Toimintoketjua eli peräkkäisten toimintojen sarjaa kutsutaan prosessiksi. Prosessilla on aina jokin panos (input), jonka prosessi muuntaa tuotokseksi (output), sekä vastaanottaja eli asiakas, joka voi olla joko sisäinen tai ulkoinen asiakas. (Kiiskinen et al. 2002, s. 28; Roberts 1996, s. 18.)

#### 3.3.1 Prosessin ymmärtäminen

Prosessit voidaan jaotella ydinprosesseiksi sekä aliprosesseiksi. Ydinprosessit ovat asiakastarpeita tyydyttäviä, päätason prosesseja, jotka luovat ulkoiselle asiakkaalle lisäarvoa ja edellyttävät täten sellaista osaamista ja päätöksentekoa, jota ei voida ulkoistaa tai luovuttaa organisaation ulkopuolisille tahoille. (Kiiskinen et al. 2002, s. 28.) Ydinprosessit muodostuvat kahdesta tai useammasta aliprosessista eli toiminnosta. Aliprosessit voivat koostua jälleen alemman tason prosesseista tai tehtävistä. Tehtävät ovat yleensä yksittäisen ihmisen tai koneen suorittamia, yksinkertaisia työvaiheita. (Roberts 1996, s. 19.) Ydinprosessit, aliprosessit sekä tehtävät muodostavat siis hierarkian, jolla prosessia voidaan kuvata eri tasoilla halutun kuvauksen tarkkuudesta riippuen. Kiiskisen et al. (2002, s. 29) mukaan ydinprosesseilla on lisäksi arvoketjuun nähden toissijaisia tukitoimintoja, jotka palvelevat organisaation sisäisiä asiakkaita. Kuvassa 3.15 on esitetty esimerkki ydinprosesseista ja tukitoiminnoista. Kuvassa 3.16 on puolestaan havainnollistettu esimerkki konepajan tuotantoprosessista.



**Kuva 3.15.** Ydinprosessit ja tukitoiminnot (Kiiskinen et al. 2002, s. 29).



**Kuva 3.16.** Konepajan tuotantoprosessi eri tasoilla kuvattuna.

Eri prosessitasot auttavat prosessien hahmottamisessa sekä ennen kaikkea prosessien ja toimintojen optimoinnissa. Ydinprosessia voidaan tehostaa kehittämällä jotakin aliprosessia, joita puolestaan kehitetään parantamalla yksittäisiä toimintoja. Kunkin prosessitason suorituskykyä tulisi analysoida eri näkökulmasta. Ydinprosessin keskeisin kysymys on, mitä prosessilla on saatu aikaan. Aliprosessilla vastaava kysymys on muotoa, kuinka prosessi on organisoitu. Tehtävätasolla tarkastelu tulisi olla siinä, kuinka työ tehdään. (Roberts 1996, s. 20.)

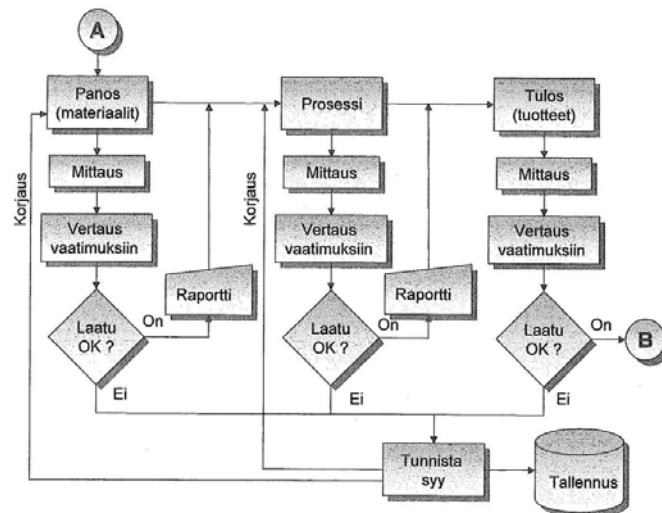
### 3.3.2 Prosessin kuvaaminen

Prosessia voidaan kuvata erilaisilla työkaluilla. Kukin työkalu kuvaa prosessia eri tavoin ja eri tarkoitusta varten. Kuvassa 3.15 esitetty prosessikartta on tyypillinen työkalu ydinprosessien ja tukitoimintojen kuvaamiseen. Prosessikartalla on tarkoitus hahmottaa yrityksen ja sen sidosryhmien ensisijaiset tehtävät. Prosessikartta konkretisoi yrityksen ydintietotaidon sekä strategisen kyvykkyyden sekä korostaa sitä, että toiminnot ja niiden ohjaus alkaa asiakastarpeista. Prosessikartta varustetaan lisäksi ohjekirjalla, jossa tarkennetaan prosessin tehtävät, tehtävien vastuut sekä keinot suoritusten mittaamiseksi. (Hannus 1993, katso Ahvensalmi 2008, s. 10.)

Vuokaavio on tehokas työkalu prosessin mallintamiseksi. Vuokaavion avulla prosessi voidaan esittää loogisena kuvauksena siten, että kaaviosta välittyy prosessin eri vaiheet ja perusteet eri päätöksille. Toisin sanoen vuokaaviosta nähdään, mitä prosessissa tapahtuu, missä järjestyksessä ja mitkä tekijät vaikuttavat prosessiin. (Andersson & Tikka 1997, s. 57; Stevenson 2008, s. 333.) Vuokaavio laaditaan vakiintuneita piirrosmerkkejä käyttäen. Taulukossa 3.4 on esitetty vuokaavion piirrosmerkit sekä niiden selitykset. Kuvassa 3.17 on havainnollistettu esimerkki laadunvarmistusjärjestelmän vuokaaviosta.

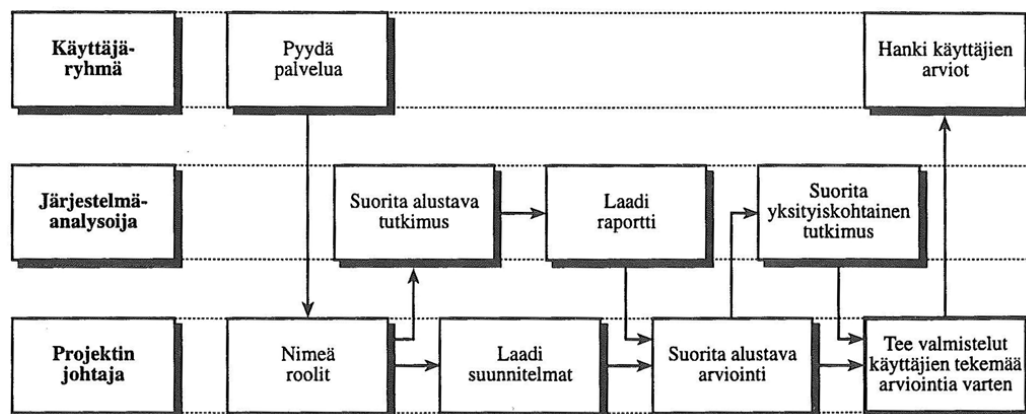
**Taulukko 3.4.** Vuokaavion piirrosmerkit (Andersson & Tikka 1997, s. 57).

Merkki							
Nimi	Toiminto	Päätös	Alku ja loppu	Tietokanta	Liityntä	Nuoli	Dokumentti
Kuvaus	Lyhyt kuvaus	Kysymys	Rajaavat analysoitavan tapahtuman	Elektroninen varasto	Sisältää symbolin, joka viittaa toiseen diagrammiosioon	Näyttää prosessin etenemissuunnan	Tuloste- tai informaationsivu



**Kuva 3.17.** Laadunvarmistusjärjestelmän vuokaavio (Andersson & Tikka 1997, s. 58).

Kuvasta 3.17 nähdään vuokaavion esittämä prosessi, johon sisältyy päätöksentekoa, raportointia sekä tiedon tallentamista. Vuokaavio ei kuitenkaan tavallisesti ota kantaa siihen, kuka eri työvaiheet suorittaa. Mikäli kaaviosta kuitenkin tulisi ilmetä eri suorittajien väliset vuorovaikutukset, mallinnustyökaluksi voidaan valita prosessikaavio (Roberts 1996, s. 73). Prosessikaavio on esitetty kuvassa 3.18.



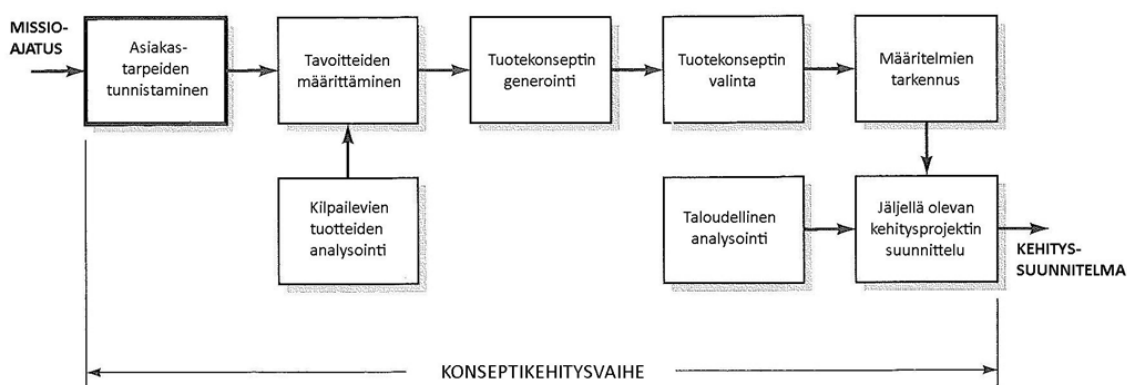
**Kuva 3.18.** Prosessikaavio (Roberts 1996, s. 73).

Kuvasta 3.18 voidaan havaita, että prosessikaavio jakaantuu riveittäin siten, että kunkin rivin vasemmassa reunassa kuvataan rivin työvaiheiden suorittaja. Prosessi etenee vasemmalta oikealle, jolloin kaaviosta on helposti havaittavissa, miten kukin suorittaja osallistuu prosessiin sekä millainen vuorovaikutus eri toimintojen ja toimijoiden välillä on.

## 4 IDEALINEN NOSTURITOIMITUSPROSESSI

### 4.1 Asiakstarpeiden selvittäminen

Kuten aiemmin esitettiin, nosturit ovat yksilöllisiä tuotteita. Nosturit suunnitellaan ja valmistetaan asiakaskohtaisesti. Tämä seikka aiheuttaa nosturin toimitusprosessille ehdon, että asiakkaan tarpeet tulee tietää, jotta niihin voidaan vastata. Koska nostureiden käyttötarkoitukset ja –ympäristöt ovat hyvin vaihtelevia sekä nosturin ominaisuuksien valikoima on laaja, on perusteltua olettaa, että kaikki asiakassegmentit ja –tarpeet kattava varianttimallisto ei voida tai ei ole taloudellisesti kannattavaa määrittää ennalta. Ennalta määritetty mallisto mahdollistaisi tuotteiden hinnoittelun etukäteen, jolloin asiakas voisi valita haluamansa tuotteen suoraan hinnastosta. Näin ei kuitenkaan voida toimia, jolloin tuotteen tarjoaminen asiakaskohtaisesti jää ainoaksi vaihtoehdoksi.



**Kuva 4.1.** Asiakstarpeiden selvittäminen tuotekehityksen konseptivaiheessa (mukailtu lähteestä: Ulrich & Eppinger 1995, s. 35).

Kuvassa 4.1 on esitetty asiakstarpeiden selvittämisen prosessi tuotekehityksen konseptivaiheessa. Goetsch & Davis (2010, s. 138) puolestaan esittävät kuusiportaista prosessia asiakstarpeiden selvittämiseksi:

1. Tehdään oletuksia tuloksista.
2. Suunnitellaan tiedonkeruu.
3. Kerätään tietoa.
4. Analysoidaan tulokset.
5. Arvioidaan olettamusten paikkansapitävyys.
6. Tehdään tarvittavat muutokset.

Edellä esitettyjen prosessien alkuvaiheista voidaan havaita joitakin yhteneväisyyksiä. Asiakstarpeiden selvittämisen prosessi alkaa ennakkoon tehdyillä olettamuksilla sekä missioajatuksella eli tavoitteella, johon prosessissa pyritään. Tämä tavoite voi olla esi-

merkiksi myyntivoiton maksimointi, asiakastyytyväisyyden maksimointi, asiakassegmenttien laajentaminen, promotio tai uusien referenssien hankinta. Ei ole kuitenkaan tarkoituksenmukaista tavoitella tiettyä ääriarvoa vaan tavoitteen tulisi olla jokin yhdistelmä edellä mainittuja tekijöitä, jolloin toiminnalla pyritään saavuttamaan riittävä asiakastyytyväisyys, myyntivoitto sekä laajempi ja jatkuva asiakaskanta. Tässä tekstissä ei kuitenkaan oteta kantaa siihen, mikä olisi optimaalinen yhdistelmä tai miten se määritettäisiin, koska tämä yhdistelmä on riippuvainen koko yrityksen strategiasta, taloudellisesta tilanteesta sekä yrityksen markkinaosuuksista kilpailijoihin verrattuna.

Tiedonkeruun tulee olla hyvin systemaattinen toimenpide ja tästä syystä se tulee suunnitella huolellisesti ennen tietojen keruun aloittamista. Tiedonkeruusuunnitelmasta tulisi selvittää ainakin keneltä tietoa kerätään, mitä tietoa kerätään, millä tavalla tietoa kerätään sekä kuka analysoi kerätyn tiedon. (Goetsch & Davis 2010, s. 139.) Tiedonkeruu voidaan suorittaa haastattelemalla yhtä tai useaa asiakkaan edustajaa tai tarkastelemalla asiakkaalla ennestään olevia laitteita ja niiden käyttötottumuksia (Ulrich & Eppinger 1995, s. 38). Tiedonkeruu on koko toimitusprosessin kannalta tärkein vaihe, koska sillä on suurin vaikutus koko prosessin tehokkuuteen sekä asiakastyytyväisyyteen. Väärät tai riittämättömät lähtötiedot aiheuttavat ylimääräistä työtä ja aiheuttavat joko toimittavalle yritykselle tai asiakkaalle ylimääräisiä kustannuksia. Lisäksi väärillä lähtötiedoilla toimitettu nosturi voi heikentää yrityksen imagoa tai aiheuttaa asiakassuhteen katkeamisen, vaikka syntyneet ongelmat saataisiin korjattua.

Tiedonkeruun tulokset analysoidaan huolellisesti ja niitä verrataan aluksi tehtyihin oletuksiin (Goetsch & Davis 2010, s. 140). Oletukset perustuvat mielikuvaan siitä, millaisen nosturin kukin asiakas tarvitsee. Mikäli nämä oletukset ovat oikeita, tiedonkeruu nopeutuu ja myyntitilanteen kulkua voidaan ohjata alusta asti oikeaan suuntaan. Goetsch & Davis (2010, s. 140) esittävät, että olettamusten paikkansapitävyyden arviointi on tärkeää siksi, että toimintaa voidaan kehittää. Oletuksien syitä tulisi tarkastella ja arvioida, miksi oletukset pitävät paikkansa tai miksi ne eivät pidä paikkaansa. Arviointi auttaa kehittämään tarkempia oletuksia sekä koko tiedonkeruuprosessia.

## 4.2 Nosturin tarjoaminen ja tilaaminen

Asiakastarpeet selvitetään, jotta asiakkaalle voidaan tarjota hänen tarpeitaan vastaava nosturi. Tästä syystä kerättävän tiedon tulee olla täydellistä ja tietoa tulee olla riittävästi, jotta tarjous voidaan laatia yksiselitteisesti. Yksiselitteisestä tarjouksesta ilmenee molemmille osapuolille, mitä tarjous sisältää ja mihin seikkoihin tarjous ei ota kantaa.

Konfiguroitavan, tuhansia variaatioita käsittävän tuotteen määrittämiseen käytetään tyypillisesti konfigurointiohjelmaa. Ideaalitulanteessa nosturimyyjä laatii nosturitarjouksen konfigurointiohjelman avulla heti asiakastapaamisessa, jolloin tarjouksen täyttämisen ja muokkaaminen onnistuu tiedonkeruun kanssa samanaikaisesti. Valmiista nosturitarjouksesta tulee saada sekä nosturin ja rakennuksen mittapiirros että nosturin 3D-malli. Mittapiirroksista pitää selvittää nosturin sijoittuminen rakennukseen, nosturin käyttöön liittyvät mitat, kuten koukun etäisyydet rakennuksen seinistä, sekä nosturin tär-

keimmät ominaisuudet, kuten maksimikuorma ja liikenopeudet. 3D-malli mahdollistaa nosturin simuloimisen käyttöympäristössään jo tarjousvaiheessa, jolloin asiakkaan on helppo havaita esimerkiksi nosturin mittoihin liittyvät rajoitteet. Lisäksi nosturin rakenne on hahmotettavissa helpoiten 3D-mallin avulla.

Mikäli asiakas on hankkimassa nosturia olemassa olevalle nosturiradalle, on erityisen tärkeää, että sekä rakennuksesta että nosturiradasta tehdään tarkat mittaukset. Nosturirata mitataan ideaalisesti robotin avulla, joka mittaa nosturiradan pituuden, jännevälän, radan kaltevuuden, kiskojen suoruuden, kiskojen yläpintojen välisen tasoeron sekä etäisyydet kiskosta kattoon ja kiskosta lähimpään seinään. Rakennuksen muut mitat, kuten kiskon ja lattian tai lattian ja katon välinen etäisyys voitaisiin mitata lasermittarin avulla. Mittaukset pitäisi suorittaa asiantuntijan toimesta, jotta tulokset olisivat luotettavia ja mittaustekniikasta johtuvat virheet voitaisiin minimoida.

#### 4.2.1 Tarjoussuunnittelu

Tässä tekstissä esiteltävässä ideaaliprosessissa oletetaan, että kaikkiin asiakasvaatimuksiin ei pystytä vastaamaan konfigurointiohjelman avulla, jolloin myyjän on teetettävä tarjous suunnitteluosastolla. Näin varmistetaan, että tarjottu hinta on oikea, nosturin tekniset ominaisuudet voidaan toteuttaa ja että nosturin toimitusaika voidaan pitää. Myyjän on avattava tarjouspyyntö, joka sisältää konfigurointiohjelman tuottaman laskelman, kuvauksen tarvittavista muutoksista sekä muut lähtötiedot, joita tarjouksen laadintaan voidaan tarvita. Tarjouspyynnöille tulee olla helppokäyttöinen järjestelmä, joka mahdollistaa sekä tietojen että tiedostojen jakamisen siten, että useat henkilöt voivat osallistua samaan tarjoukseen. Lisäksi järjestelmässä tulee olla monipuoliset hakuominaisuudet, joilla vanhoja tarjouksia voidaan etsiä haluttujen ominaisuuksien perusteella.

Laitisen (2007, s. 203) mukaan tarjouslaskenta on joissakin yrityksissä yksi eniten aikaa vievistä toiminnoista, jonka lisäksi tarjouksen voittaminen on epävarmaa. Näistä syistä tarjouslaskennan läpäisyajan tulee olla mahdollisimman lyhyt.

Läpäisyajan lisäksi hinnoittelu on yksi tarjoussuunnittelun suurimmista haasteista, sillä hinta on usein ratkaiseva tekijä kilpailevien tarjousten välillä. Liian matala hinta tekee tarjouksen kannattamattomaksi ja liian korkea hinta merkitsee tarjouksen menettämistä. Hinnoittelu on aina kustannusperusteista, koska tarjous pohjautuu yrityksen omiin kustannuksiin. (Rope 2005, s. 223; Laitinen 2007, s. 202.) Kustannusten määrittämiseksi tulee selvittää vähintään materiaalien, osien, komponenttien, suunnittelutuntien, valmistustuntien ja asennustuntien tarve sekä yksikköhinta. Lisäksi tulee selvittää muut merkittävät kustannuserät, kuten nosto- ja kuljetuskaluston aiheuttamat kulut. Hinnoitteluvaiheessa määritetyt kustannuseriot tulisi eritellä mahdollisimman tarkasti, jotta toimitusprosessin kustannukset voidaan ennakoida ja kustannuskehitystä seurata prosessin eri vaiheissa. Lisäksi kustannuserittelyä tarvitaan muun muassa materiaaliostoihin sekä alihankintoihin, jotta niihin osataan varata sopivat resurssit. Tarkka kustannuserittely vie kuitenkin enemmän aikaa, mikä aiheuttaa ristiriidan tarjoussuunnittelun läpäisyajan lyhentämiseen.

Nosturin alustava rakennesuunnittelu on hinnoittelun lisäksi tarjoussuunnitteluvaiheen oleellisin osa, koska siinä luodaan perusteet nosturin toteutukselle sekä edellytykset asiakasvaatimusten täyttämiseen. Norton (2005, s. 8) esittää konseptisuunnitelman tekemisen edellyttävän lähtötietojen perusteella määritettyjä reunaehtoja, jotka ohjaavat suunnittelun kulkua. Konseptisuunnitteluvaiheessa joudutaan tekemään erilaisia oletuksia ja päätöksiä, joten nämä valinnat tulee dokumentoida huolellisesti (Norton 2005, s. 8).

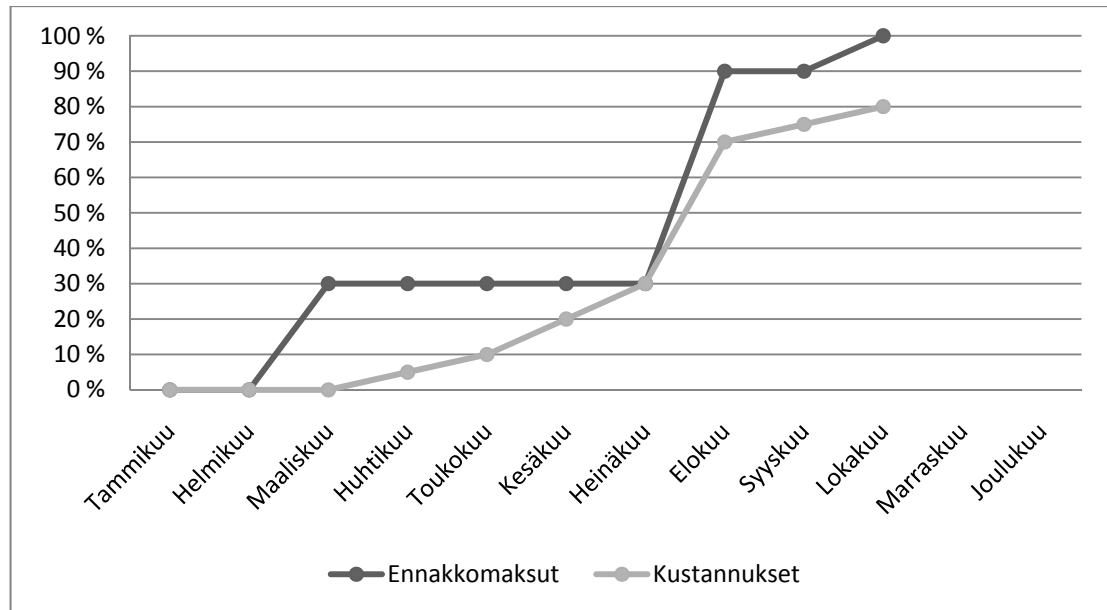
Tarjoussuunnittelun läpäisyäikää voidaan lyhentää panostamalla rutiinitehtävien nopeuttamiseen (Laitinen 2007, s. 203). Tällöin sekä hinnoittelussa että nosturipiirustuksen ja –mallin muokkaamisessa tulisi hyödyntää aiemmin laadittuja suunnitelmia mahdollisimman tehokkaasti. Vanhojen suunnitelmien tehokas hyödyntäminen edellyttää, että suunnittelu-, tuotanto- ja osto-osastot antavat tarjoussuunnittelijoille jatkuvaa palautetta tarjousvaiheessa tehdyistä arvioista ja suunnitelmista. Näin esimerkiksi kustannusarvioita voidaan tarkentaa toteutuneiden kustannusten avulla ilman, että sillä on merkittävää vaikutusta tarjouksen läpäisy aikaan. Tällä menetelmällä saadaan aikaan itsesäätyvä prosessi, jolla koko toimitusketjulle voidaan tuottaa oikeellisia ja tarkkoja lähtötietoja. Lisäksi tarjoussuunnittelijoiden on dokumentoitava tekemänsä suunnitelmat, päätökset ja päätöksiin johtaneet syyt huolellisesti, jotta suunnitelmia voidaan käyttää uudelleen koko konsernin laajuisesti. Tämä edellyttää, että muistiinpanot ovat yksiselitteisiä sekä niin yksityiskohtaisia, että niiden sisältö on ymmärrettävissä ilman erillistä apua.

Valmiin tarjouksen ja siihen liittyvien dokumenttien on oltava saatavilla tarjouspyyntöjärjestelmästä. Järjestelmän tulee lähettää ilmoituksia tietyille vastuuhenkilöille tarjouksen eri vaiheissa, kuten tarvittaessa lisätietoja tai tarjouksen valmistuttua, jotta tarjoukseen liittyvä kommunikaatio voidaan käydä järjestelmän kautta ja näin dokumentoida käydyt keskustelut automaattisesti.

#### **4.2.2 Sopimuksen tekeminen ja nosturin tilaaminen**

Hyväksytty tarjous johtaa kauppasopimuksen allekirjoittamiseen. Sopimuksessa määritetään muun muassa toimitussisältö, hinnat, maksuehdot, toimitusosoite sekä toimitusajat. Maksuehdot tulisi määrittää aina siten, että nosturitoimitusprosessi voidaan suorittaa alusta loppuun asiakkaalta saatavilla varoilla, jolloin yrityksen ei tarvitse sitoa omaa pääomaansa valmistettavaan tuotteeseen. (Konecranes: Project management training 2011.) Tällä menettelyllä sekä minimoidaan mahdollisista maksuhäiriöistä aiheutuvat riskit että maksimoidaan sisäisen pääoman korkotuotot. Ideaalitulanteessa koko kauppasumma maksetaan etukäteen tai tietyn suuruisina erinä, ennalta määritetyissä vaiheissa. Kuvassa 4.2 on esitetty esimerkki ennakkorahoitetusta toimitusprosessista. Kuvasta voidaan havaita, että toteutuneet kustannukset eivät ylitä ennakkoon saatuja varoja missään vaiheessa, jolloin koko toimitusprosessi on rahoitettu asiakkaan varoilla.





**Kuva 4.2.** Ennakkomaksuilla rahoitettu toimitusprosessi.

Toimitusaika tulee määritellä alkavaksi siitä, kun ensimmäinen maksuerä on suoritettu ja nosturipiirustus on hyväksytty. Toimitusajan pituus tulee määritellä kulloisenkin valmistuskapasiteetin mukaan siten, että asiakkaan kanssa sovittu aika voidaan taata.

Kun sopimus on allekirjoitettu, nosturille määritetään maakohtainen nosturinumero, jonka jälkeen myyjä toimittaa sopimuksen, tarjoussuunnittelussa tuotetun materiaalin sekä nosturilaskelman nosturitilauksia käsittelevään yksikköön. Nosturitilaukset käsitellään erillisessä, keskitetyssä yksikössä, jotta käsiteltävien tilausten volyyymi olisi suuri ja toiminnan tehokkuudelle olisi täten paremmat edellytykset. Nosturitilauksen toimittamista varten tulisi olla yksinkertainen, esimerkiksi web-pohjainen järjestelmä, johon tilaus voitaisiin jättää täyttämällä tilauslomake liitetiedostoihin. Tilauslomakkeen tulisi sisältää vähintään tilausta koskevat perustiedot, kuten asiakkaan nimen ja osoitteen, nosturin toimituspäivän sekä nosturityypin, nostokapasiteetin sekä jännevälin. Lomakemallinen tilausjärjestelmä pakottaisi käyttäjän täyttämään ennalta määritetyt kentät, jolloin nosturitilaukset olisivat muodoltaan yhteneviä ja täyttäisivät tietyt laatuvaatimukset. Tilausjärjestelmän tulisi mahdollistaa tilausten muokkaamisen ja tietojen lisäämisen siihen asti, kunnes tilaus on otettu käsittelyyn. Lisäksi tilausjärjestelmän tulisi olla yhteydessä tuotetiedonhallintajärjestelmään (PDM – product data management system), johon tilauksen liitetiedostojen tulisi siirtyä automaattisesti, kun tilaus otetaan käsittelyyn. Tuotetiedonhallinnalla tarkoitetaan systemaattista tapaa suunnitella, hallita, ohjata ja valvoa tuotteen elinkaaren aikana syntyvää tietoa (Sääksvuori & Immonen 2002, s. 18).

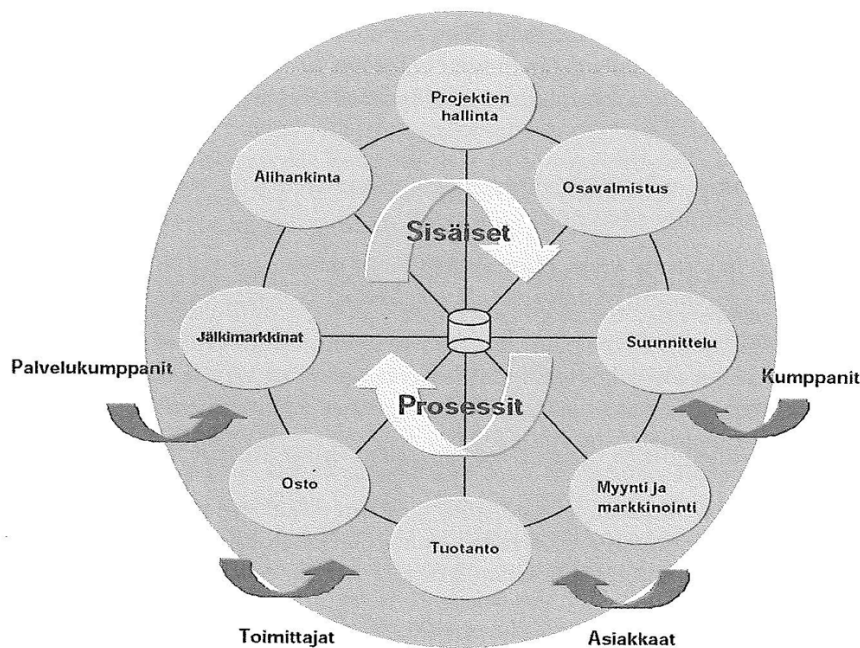
### 4.3 Nosturitilauksen käsittely

Nosturitilauksen käsittelee projektipäällikkö. Projektipäällikkö sijaitsee myynnin ja tuotannon välissä, jolloin hänellä on näkymä prosessin molempiin suuntiin ja täten myös

edellytys hallita ja seurata toimitusprosessin kulkua. Projektipäällikön tulee nähdä tilausjärjestelmästä tilattujen nostureiden tyypit, toimituspäivät sekä toimituspaikat. Näiden tietojen perusteella tehdään valinta, mikä tilaus on kullakin hetkellä kiireellisin ja täten käsiteltävä ensimmäisenä. Tilausten käsitteleminen niiden saapumisjärjestyksessä ei ole tarkoituksenmukaista, koska pitkällä toimitusajalla tilattujen nostureiden käsittely kuluttaa resursseja ja lyhentää kiireellisempien tapausten toimitusaikaa.

#### 4.3.1 Tuotetiedon- sekä tuotannonhallintajärjestelmät

Nosturitulauksen käsittely aloitetaan merkitsemällä tilauksen käsittely alkaneeksi, jolloin liitedokumentit siirtyvät automaattisesti PDM-järjestelmään. Dokumenteilla tulee olla sekä yksilöllinen dokumenttinumero että linkki nosturinumeroon, jotta nosturin kaikki dokumentit voidaan hakea samalla numerolla. Sääksvuori & Immonen (2002, s. 20) esittävät, että tuotetiedonhallintajärjestelmällä on keskeinen rooli valmistavan yrityksen tietojärjestelmissä. PDM-järjestelmän tehtävä on luoda edellytys eri tietojärjestelmien ja prosessien yhdistämiselle. Tämä yhdistäminen ei kuitenkaan onnistu, mikäli PDM-järjestelmää ei hyödynnetä tehokkaasti. Kuvassa 4.3 on esitetty, miten PDM-järjestelmä sijoittuu valmistavan yrityksen järjestelmäkenttään.



**Kuva 4.3.** PDM-järjestelmän sijoittuminen valmistavan yrityksen järjestelmäkenttään (Sääksvuori & Immonen 2002, s. 21).

Kuvasta 4.3 voidaan havaita, että käytännössä kaikki osastot ovat yhteydessä PDM-järjestelmään. PDM-järjestelmän tehokas käyttö edellyttää, että kaikki käytössä olevat tietojärjestelmät integroituvat PDM-järjestelmään ainakin siinä määrin, että dokumentteja voidaan avata ja niistä voidaan luoda uusia revisioita ilman, että niitä tarvitsee tallentaa missään vaiheessa PDM-järjestelmän ulkopuolelle.

Nosturilaskelma voidaan ideaalisesti avata konfigurointiohjelmassa suoraan PDM-järjestelmästä. Laskelma käydään läpi ja siihen tehdään tarvittavat korjaukset, jonka jälkeen konfiguraatio siirretään tuotannonohjausjärjestelmään (enterprise resource management system – ERP) ja laskelman uusi revisio tallennetaan PDM-järjestelmään. ERP-järjestelmä on tuotannon, ostojen, logistiikan, myynnin ja markkinoinnin työkalu tehtävien ja materiaalien hallintaan ja seurantaan (Stevenson 2008, s. 669). ERP-järjestelmään avataan uusi työnnumero, joka sisältää erilliset päärivit komponenteille, nosturille sekä nosturin asennukselle. Nämä rivit ovat perusteltuja, koska kukin niistä käsitellään eri yksiköissä tai organisaatioissa.

Komponenttirivin tulee jakautua aliriveihin nosturin moduulijaon mukaisesti. Tällöin yksittäinen moduuli eli tilausrivi voidaan ostaa yhtiön ulkopuolelta tai valmistaa omissa tuotantoyksiköissä alusta loppuun. Kunkin alirivin tulee sisältää tekniset tiedot kaikista kyseiseen moduuliin liittyvistä muuttujista, jotta moduuli voidaan valmistaa itsenäisenä alikokoonpanona ja varmistaa sen yhteensopivuus muihin moduuleihin. Tekniset tiedot tulee ilmaista yksiselitteisinä lausekkeina, joista kukin voi saada vain yhden arvon. Tällöin lausekkeiden arvot voidaan tuoda ERP-järjestelmään suoraan konfigurointiohjelmasta.

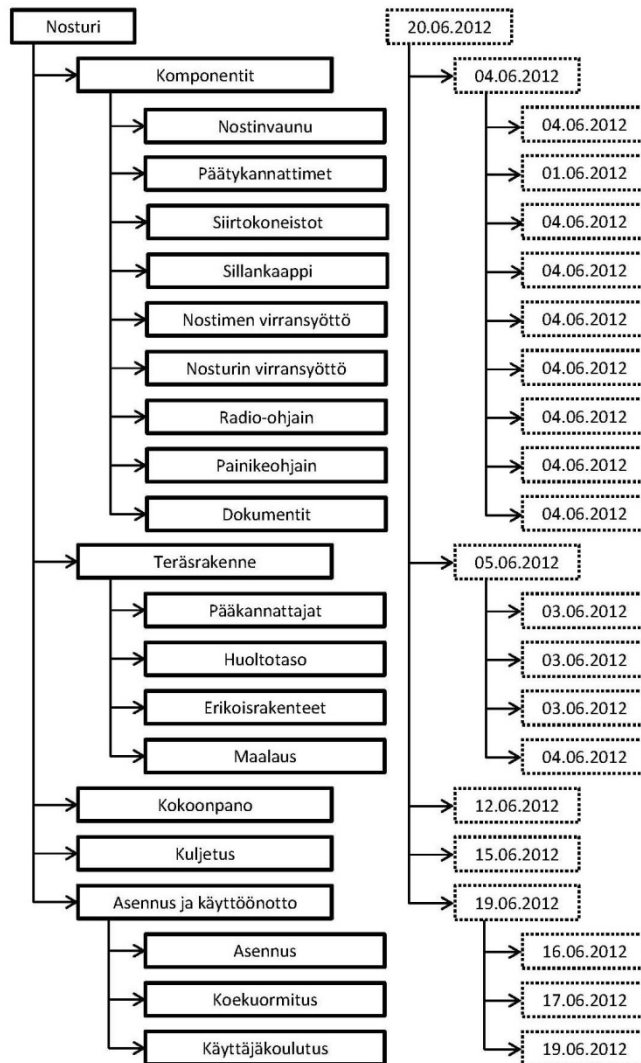
Kullakin moduulilla tulee olla yksiselitteinen tyyppikoodi, joka määräytyy moduulin tärkeimpien ominaisuuksien mukaan. Tyyppikoodi mahdollistaa eri variaatioiden hallitsemisen sekä varianttien pääominaisuuksien tunnistamisen ilman teknisiä lausekkeita. Teknisten lausekkeiden arvojen tulisi olla yhteydessä moduulien tyyppikoodeihin, jotta lausekkeen arvon muuttaminen vaikuttaa myös moduulin tyyppikoodiin. Lisäksi usealle moduulille yhteisten lausekkeiden tulee olla yhteydessä toisiinsa, jotta yhden moduulin arvoa muuttamalla tieto välittyy myös muihin moduuleihin. Tällä voidaan välttää moduulien rajapintoihin liittyvät yhteensopivuusongelmat, mikäli teknisiä lausekkeita muutetaan ERP-järjestelmässä.

### 4.3.2 Tilauksen määrittäminen

Aiemmin esitettiin olettaus, että konfigurointiohjelmalla ei voida vastata kaikkiin toiveisiin ja vaatimuksiin, joita asiakkaat esittävät. Tästä syystä ERP-järjestelmässä tulee olla kullekin riville oma vapaakenttä, johon tilauksesta voidaan kirjoittaa lisätietoja, joita ei voida ilmaista teknisten lausekkeiden avulla. Projektipäällikön tehtävä on vastata, että asiakas saa haluamansa tuotteen oikeaan aikaan. Tästä syystä projektipäällikön on määritettävä tilaukselle, millaisia ominaisuuksia asiakas vaatii nosturiltaan. Projektipäällikön tulee siis tarvittaessa ilmoittaa, mihin nosturia käytetään ja millaisia erikoisominaisuuksia siihen halutaan.

Koska projektipäällikkö vastaa nosturitoimituksen aikataulusta, hänen pitää määrittää kunkin päärivin toimitusaika sekä toimitusosoite. Tarvittaessa kunkin tilausrivin toimitusaika- ja osoite voidaan määrittää erikseen. Toimitusajat määritetään siten, että kukin tilausrivi valmistuu juuri oikeaan aikaan. Tällöin varastot ovat mahdollisimman pienet ja näin ollen myös tuotantoon sidottu pääoma on minimaalinen. Kuvassa 4.4 on

esitetty tilauksen esimerkkirakenne sekä toimitusaikojen periytyminen aliriviltä pääriville.



**Kuva 4.4.** Nosturitilauksen esimerkkirakenne tilausriveittäin.

Kullekin tilausriville on myös määritettävä valmistava organisaatio, joka periytyy pääriviltä aliriville. Tällöin esimerkiksi teräsrakenteelle voidaan määrittää tietty valmistaja, joka on vastuussa myös teräsrakenteen alirivien valmistamisesta, mikäli alirivejä ei erikseen määritellä valmistettavaksi muualla.

Projektipäällikkö siis tilaa nosturin komponentit ja järjestää niiden toimittamisen nosturitehtaalle juuri silloin, kun niitä tarvitaan. Lisäksi hän tilaa nosturin valmistuksen nosturitehtaalta. Tämä menettely vaikeuttaa nosturitehtaan tuotannonohjausta, koska tehdas ei itse tilaa komponentteja, mutta on perusteltua taloudellisista ja käytännön syistä. Nosturitehtaiden ei ole kannattavaa tilata komponentteja itse, koska tällöin jokaisella tehtaalla tulisi olla sekä tilaukseen tarvittavat järjestelmät että osaaminen. Kun komponentit tilataan keskitetysti yhdestä paikasta, tilausvolyymit ovat suuria ja tilausten käsittely on tehokasta.

## 4.4 Nosturisuunnittelu

Kun tilauksen määrittäminen on valmis, se hyväksytään tuotantoon joko kokonaisuudessaan tai rivi kerrallaan. Kullakin rivillä tulee olla kontrollikoodi, joka määrittää rivin käsittelystä vastaavan osaston. Lisäksi jokaisen moduulin tilausrivillä tulee olla prosessikoodi, jolla määritetään erityisen suunnittelun tarve. Tällöin kontrolli- ja prosessikoodien avulla voidaan määrittää, kulkeeko tilausrivi suunnitteluosaston kautta vai siirtykö se suoraan tietyn valmistussolun tai –osaston käsittelyyn. Konfigurointiohjelmalle tuntemattomia ominaisuuksia sisältävät tilaukset tulee aina käsitellä aluksi suunnitteluosastolla, joten näiden tilausrivien prosessikoodit tulee määrittää asianmukaisesti.

Sekä valmistusprosessin tehokkuuteen että lopputuotteen laatuun ja täten asiakastyytyväisyyteen voidaan vaikuttaa merkittävästi panostamalla suunnittelun laatuun. Laadukas suunnittelu tarkoittaa, että nosturi suunnitellaan oikein heti ensimmäisellä kerralla, ja että suunnitellut osat voidaan valmistaa ja kokoonpanna minimaalisin kustannuksin. Laadukas suunnittelu edellyttää, että suunnittelijat tuntevat yrityksen omat ja käytettävissä olevat valmistusmenetelmät ja niiden rajoitteet, hyödyntävät aiemmin tehtyjä suunnitelmia ja tiedostavat, millaiseen käyttöympäristöön nosturi halutaan ja mitä erityisvaatimuksia siihen liittyy.

### 4.4.1 Teräsrakennesuunnittelu

Nosturin teräsrakennesuunnittelun tarkoituksena on tuottaa sekä nosturin yleiskuva että teräsrakenteen valmistuspiirustukset. Suunnittelijan tehtävä on varmistaa, että nosturi on rakenteeltaan sopiva käyttöympäristöönsä, eli että nosturin rakenne on standardien mukainen, vastaa asiakasvaatimuksia ja on valmistusteknisesti sekä toteutuskelpoinen että mahdollisimman edullinen.

Teräsrakennesuunnittelua ohjaavat eniten rakennuksen sekä nosturiradan mitat. Rakennesuunnittelun perusedellytys on, että nosturi mahtuu kulkemaan radallaan siten, että sekä seiniin että kattoon on riittävä turvaetäisyys. Lisäksi rakennesuunnittelussa on aina huomioitava riittävä nostokorkeus ja koukun lähestymismitat eli etäisyydet rakennuksen seiniin. Nostureissa voi myös olla erikoisrakenteita, kuten jalkoja, apunostimien tukirakenteita tai turvarakenteita ja kulkuteitä nosturin huoltotasolle.

Teräsrakennesuunnittelu edellyttää vahvaa lujuusopillista ja hitsausteknistä tietämystä. Teräsrakennesuunnittelu aloitetaan konfiguraattorin tuottamista valmistuspiirustuksista, joita muokataan vastaamaan tarjoussuunnittelun tuottamaa nosturimallia. Mikäli nosturin komponentit vaativat erillistä suunnittelua, konfiguraattori ei tuota niistä oikeaa mallia. Tällöin rakennesuunnittelijan on joko käytettävä aluksi konfiguraattorin tuottamia komponentteja tai tehtävä komponenttimalleihin muutoksia parhaan kykynsä mukaan, jotta nosturista voidaan luoda alustava yleiskuva.

#### 4.4.2 Komponenttisuunnittelu

Komponenttisuunnittelu vaatii sekä koneenosien että mekatroniikan osaamista, joten työ on luonteeltaan hyvin erityyppistä kuin teräsrakennesuunnittelu. Tästä syystä sekä komponenteille että teräsrakenteille tarvitaan omat suunnittelijat, jotta tehtäviin on riittävästi erityisosaamista. Komponenttisuunnittelun tarkoituksena on tuottaa piirustukset, joiden avulla nosturin komponentit voidaan valmistaa.

Konfigurointiohjelma tuottaa kullekin moduulille vakioratkaisun, jota tarjoussuunnittelu muokkaa asiakkaan tarpeita vastaavaksi. Tällöin myös komponenttisuunnittelun lähtökohtana tulee käyttää konfiguraattorin tuottamia vakiomoduuleja. Näin kullekin moduulille on lähtökohta, jotta moduulia ei välttämättä tarvitse suunnitella kokonaan alusta.

Komponenttisuunnittelu tulee aloittaa merkittävimmästä, suunnittelua ohjaavasta elementistä, joka on moduulirakenteisessa tuotteessa tuotealusta eli platform. CXT-tuoteperheessä tuotealusta on CXT-nostin. Suunnittelu aloitetaan nostimesta, koska tuotealustan muutoksilla voi olla merkittävä vaikutus muihin moduuleihin. Näin iteraatioiden eli suunnittelukierrosten tarve voi vähentyä merkittävästi, jolloin suunnitteluprosessi on tehokkaampi. Tehokas suunnitteluprosessi edellyttää myös, että olemassa olevia suunnitelmia hyödynnetään mahdollisimman paljon. Tällöin sekä suunnittelun läpäisy-aika että suunnittelukustannukset voidaan minimoida. Lisäksi suunnittelussa tulisi pyrkiä minimoimaan uusien osien eli nimikkeiden syntyminen hyödyntämällä olemassa olevia osia mahdollisimman monipuolisesti.

Komponenttisuunnittelussa hyödynnetään teräsrakennesuunnittelun tuottamaa yleiskuvaa, jotta nähdään komponenttien maksimimitat ja mahdolliset komponenttisuunnittelua rajoittavat tekijät. Mikäli komponenttien, kuten esimerkiksi nostinvaunun, todelliset mitat ovat suuremmat kuin nosturin alustavassa yleiskuvassa olevat maksimimitat, asiasta pitää mennä tieto sekä projektipäällikölle että teräsrakennesuunnitteluun. Näin muutoksiin voidaan varautua muokkaamalla teräsrakennesuunnitelmaa. Muutoksista pitää myös ilmoittaa asiakkaalle, mikäli ne heikentävät nosturin käyttöön liittyviä mittoja, kuten nostokorkeutta tai koukun lähestymismittoja. Vastaavasti, mikäli komponenttisuunnitelmat eivät ole hyväksyttäviä nosturin rakenteen kannalta, niin tämä tieto pitää mennä komponenttisuunnitteluun, jotta suunnitelmia voidaan muokata. Tätä komponentti- ja teräsrakennesuunnittelun välistä iterointia jatketaan, kunnes molemmat osapuolet ovat hyväksyneet suunnitelman.

#### 4.5 Komponenttien ja nosturin valmistaminen

Modulaarinen tuoterakenne tukee tehokkaasti rinnakkaisvalmistusta, koska eri moduulit voidaan valmistaa samanaikaisesti eri valmistussoluissa. Erityistä suunnittelua vaativat nosturikomponentit ovat alttiita sekä suunnittelu- että valmistusvioille, joten tällaiset komponentit on testattava huolellisesti ennen niiden lähettämistä nosturitehtaalle. Tämä on taloudellisesti perusteltua, koska virheiden korjaaminen on pääosin sitä edullisempää

mitä aikaisemmassa vaiheessa ne huomataan. Erityisesti erilaisten sähkövikojen ja väärin kytkentöjen paikantaminen ja korjaaminen on huomattavasti edullisempaa etukäteen tehtynä kuin nosturitehtaalla, jossa tällaiset ongelmat voivat viivästyttää useiden nostureiden toimitusaikoja ja täten aiheuttaa myöhästymissakkoja.

Komponenttien testaaminen edellyttää, että kaikki sähköisiä toimintoja sisältävät komponentit ovat samanaikaisesti valmiina. Tällöin komponenttien valmistus pitäisi ajoittaa siten, että eri läpäisyajoilla valmistettavat ja ostettavat komponentit valmistuvat tai saapuvat ulkopuolisilta toimittajilta juuri ennen testaamista. Näin vältetään ylimääräisiltä välivarastoilta ja minimoidaan tuotantoon sidotut pääomat. Komponenttien testaaminen aiheuttaa toisaalta myös sen, että kaikkien sähköisten komponenttien toimitusaika määräytyy pisimmän toimitusajan mukaan.

Kun komponenttisuunnittelu on valmis, tilaus siirtyy tuotannosuunnitteluun. Kullekin tilausriville on valmistuspiirustukset, osaluettelo ja toimitusaika. Tuotannosuunnittelijat määrittävät kullekin moduulille valmistus- tai kokoonpanoajan, jonka perusteella määritetään kunkin moduulin valmistuksen aloitusajankohta. Tuotannosuunnittelun valmistuttua tilausrivit etenevät osto-osastolle. Ostajat suorittavat kunkin moduulin osaluettelon mukaiset ostot siten, että osien ja komponenttien toimitusaika on juuri ennen kyseisen moduulin valmistuksen tai kokoonpanon aloittamista tai juuri ennen testausta, mikäli ostetaan valmis moduuli. Näin voidaan jälleen minimoida sekä välivarastot että ostettuihin materiaaleihin, osiin ja komponentteihin sidotut pääomat.

Kunkin moduulin kokoonpano aloitetaan merkitsemällä työ alkaneeksi ERP-järjestelmään. Mikäli kokoonpano voidaan suorittaa alusta loppuun samassa työpisteessä, työ kuitataan kokoonpanon päätyttyä valmiiksi ERP-järjestelmään. Muussa tapauksessa eri työvaiheet kuitataan yksitellen valmiiksi, jotta työn etenemistä voidaan seurata reaaliaikaisesti. Mikäli jokin kokoonpanovaihe joudutaan jättämään nosturitehtaalle esimerkiksi kuljetusteknisistä syistä, tuotannosuunnittelun tulee ilmoittaa asiasta projektipäällikölle. Tällöin projektipäällikkö tekee päätöksen, suoritetaanko kyseinen kokoonpanovaihe loppuun nosturitehtaalla vai vasta asiakkaan tiloissa, nosturin käyttöönoton yhteydessä. Esimerkiksi huoltotasollisen nostinvaunun ulkomitat voivat olla niin suuret, että vaunu vaatii erikoiskuljetuksen, mikäli tasot kiinnitetään vaunuun jo komponentti- tai nosturitehtaalla. Tällaisessa tapauksessa projektipäällikön on määritettävä, tuleeko asiakkaan tiloissa tehtävä kokoonpano edullisemmaksi kuin erikoiskuljetus.

Valmiit moduulit toimitetaan komponenttien testauspaikalle. Moduulit liitetään testipaikalla toisiinsa, jonka jälkeen tarkastetaan jokaisen sähköisen ominaisuuden toimivuus. Tällöin myös varmistetaan, että komponenteille määritetyt nosto- ja siirtonopeudet täyttyvät ja tehdään tarpeelliset korjaukset, mikäli suoritusarvoissa havaitaan epäkohtia. Testauksen päätyttyä komponentit pakataan ja kuljetetaan nosturitehtaalle.

Nosturin päätykannattajat toimitetaan nosturitehtaalle ennen muita komponentteja. Päätykannattajia tarvitaan teräsrakenteen valmistusvaiheessa, koska päätykannattimet suunnataan eli niiden kohtisuoruus sekä nosturin ristimitta tarkastetaan ennen nosturin maalausta. Päätykannattimet kiinnitetään nosturin pääkannattajiin liitoslevyjen avulla. Teräsrakenne voidaan siis valmistaa liitoslevyjen hitsaamista ja päätykannattajien suun-

taamista lukuun ottamatta valmiiksi ennen komponenttien toimittamista. Toimitukset ajoitetaan siten, että päätykannattimet ja liitoslevyt saapuvat nosturitehtaalte juuri muun teräsrakenteen valmistuessa ja vastaavasti muut komponentit toimitetaan nosturitehtaalte, kun nosturi on maalattu.

Maalattu nosturi siirretään varustelusoluun, jossa nosturin komponentit kiinnitetään paikoilleen ja varmistetaan komponenttien ja teräsrakenteen mekaaninen yhteensopiuvuus. Varustelussa suoritetaan myös nosturin sähkökytkennät, jonka jälkeen nosturi testataan. Nosturin testaus kattaa nosto- ja siirtoliikkeiden koeajot sekä nosturin sähköisten lisäominaisuuksien koekäytöt. Näin varmistetaan, että nosturi toimii halutulla tavalla ennen loppuasiakkaalle toimittamista.

## 4.6 Nosturin toimittaminen, asentaminen ja käyttöönotto

Nosturin toimittamiseen ja asentamiseen liittyvät järjestelyt sovitaan aina projektipäällikön, nosturitehtaan sekä paikallisen huoltopäällikön kanssa. Huoltopäällikön on selvitettävä asiakkaan työmaan tilanne ja laadittava nosturin asennus- ja käyttöönottosuunnitelma. Tästä suunnitelmasta selviää, millaisia esivalmisteluja työmaalla pitää tehdä, sekä miten ja missä järjestyksessä nosturin osat nostetaan radalle. Asennus- ja käyttöönottosuunnitelma toimitetaan projektipäällikölle heti projektin alussa, jotta suunnitelman vaatimien toimenpiteiden suorittamiseen on riittävästi aikaa.

Suunnitelmasta on vähimmillään käytävä ilmi nostotapa ja –järjestys sekä mahdolliset erityisvaatimukset. Nostotapa voi olla esimerkiksi trukki, ajoneuvo- eli mobiilinnosturi, tai olemassa oleva nosturi. Tällöin on myös ilmoitettava, millaisessa kulmassa nosturi nostetaan radalleen. Nostojärjestys osoittaa, nostetaanko nosturi kokonaisuena vai nostetaanko esimerkiksi päätykannattajat muusta teräsrakenteesta irrallaan. Erityisvaatimukset voivat olla esimerkiksi tarkennuksia nostopisteiden sijainteihin tai muita huomioidettavia seikkoja. Erityisen haastavat asennusolosuhteet tulisi ottaa huomioon jo nosturin tarjousvaiheessa, jotta esimerkiksi tarvittavat asennustunnit osataan määrittää oikein.

Projektipäällikkö tekee asennus- ja käyttöönottosuunnitelman perusteella tarvittavat, nosturin toimittamista koskevat valmistelut ja ilmoittaa niistä nosturitehtaalte. Mikäli nosturi halutaan nostaa kokonaisuena radalle, projektipäällikön tulee selvittää, paljonko nosturin kuljettaminen kokonaisuena maksaa verrattuna siihen, että nosturi kuljetettaisiin osissa. Mikäli nosturi on edullisempaa kuljettaa osissa, projektipäällikön on selvitettävä huoltopäällikön kanssa, voidaanko tarvittavat kokoonpanotyöt suorittaa työmaalla ja paljonko ne aiheuttavat kustannuksia. Näiden tietojen perusteella projektipäällikkö ja huoltopäällikkö tekevät päätöksen, miten nosturi kuljetetaan ja mitkä työt tehdään työmaalla. Nämä tiedot välitetään eteenpäin nosturitehtaalte, jotta nosturi voidaan valmistella halutulla tavalla kuljetusta varten.

Nosturin toimituspäivä vahvistetaan nosturitulauksen yhteydessä. Projektipäällikkö ilmoittaa tämän toimituspäivän myyjälle ja huoltopäällikölle. Tällöin myyjä voi ilmoittaa toimituspäivän asiakkaalle ja huoltopäällikkö voi vastaavasti järjestää tarvittavat



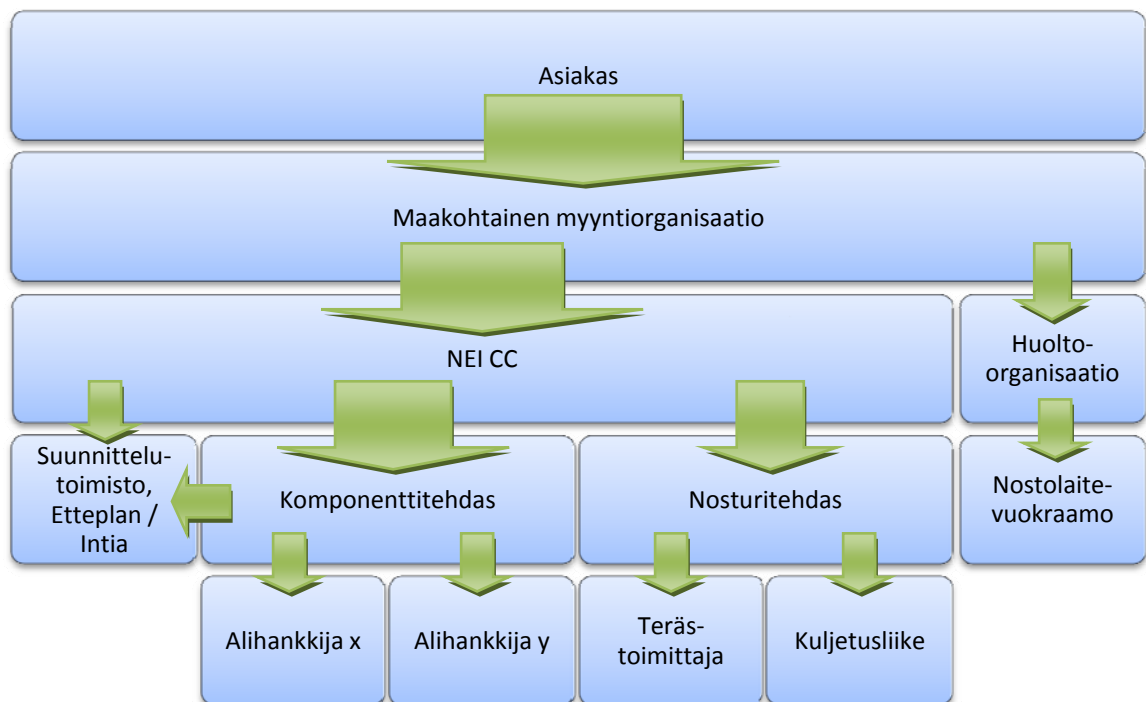
nostovälineet sekä asennushenkilöstön oikeana ajankohtana työmaalle. Nosturitehdas vastaa nosturin toimittamisesta sovittuna ajankohtana, jolloin nosturitehdas on myös vastuussa kuljetuksen järjestämisestä. Kuljetuksen jälkeen nosturin asennus etenee huoltopäällikön laatiman suunnitelman mukaisesti. Mikäli nosturi sisältää vaativia sähkö- tai automaatioasennustöitä, projektipäällikön on järjestettävä työmaalle tarvittava määrä kyseisten alueiden asiantuntijoita. Tämä edellyttää projektipäällikön ja huoltopäällikön välistä kommunikaatiota, jotta kulloinkin tarvittava osaaminen voidaan varmistaa.

Nosturin käyttöönotto suoritetaan kuormittamalla nosturi koepainoilla maksimikuorman mukaisesti ja testaamalla, että kaikki nosturin ominaisuudet toimivat halutulla tavalla. Nosturin käyttöönoton jälkeen huoltopäällikkö järjestää asiakkaalle nosturin käyttöönottokoulutuksen. Käyttöönottokoulutuksessa on ohjeistettava kaikki nosturin toiminnot ja lisäominaisuudet. Lisäksi koulutuksessa on järjestettävä testirata, jossa esimerkiksi koepainoa siirretään ennalta määritetystä pisteestä toiseen. Toisin sanoen asiakkaalle on järjestettävä perusteellinen koulutus, jonka avulla hänellä on edellytys hyödyntää nosturin kaikkia ominaisuuksia tehokkaasti, turvallisesti ja taloudellisesti. Tällöin varmistetaan, että asiakas on tyytyväinen ostamaansa nosturiin, ja että nosturin käyttö ei aiheuta vaaraa asiakkaan henkilöstölle tai koneille ja laitteille. Käyttöönottokoulutus päättää nosturin toimitusprosessin ja aloittaa takuuajan, jota ei ole tarkoituksemukaista käsitellä tässä tekstissä.

## 5 TEORIAN JA KÄYTÄNNÖN KOHTAAMINEN

Edellisessä luvussa esitettiin näkemys siitä, miten nosturin toimitusprosessin tulisi edetä teoriassa. Jotta toimitusprosessia voidaan kehittää, nykyistä ja teoreettista toimintamallia on verrattava toisiinsa. Lisäksi toimintatapoja on tarkasteltava eri näkökulmista, jotta voidaan selvittää, millä osa-alueella on eniten kehitettävää.

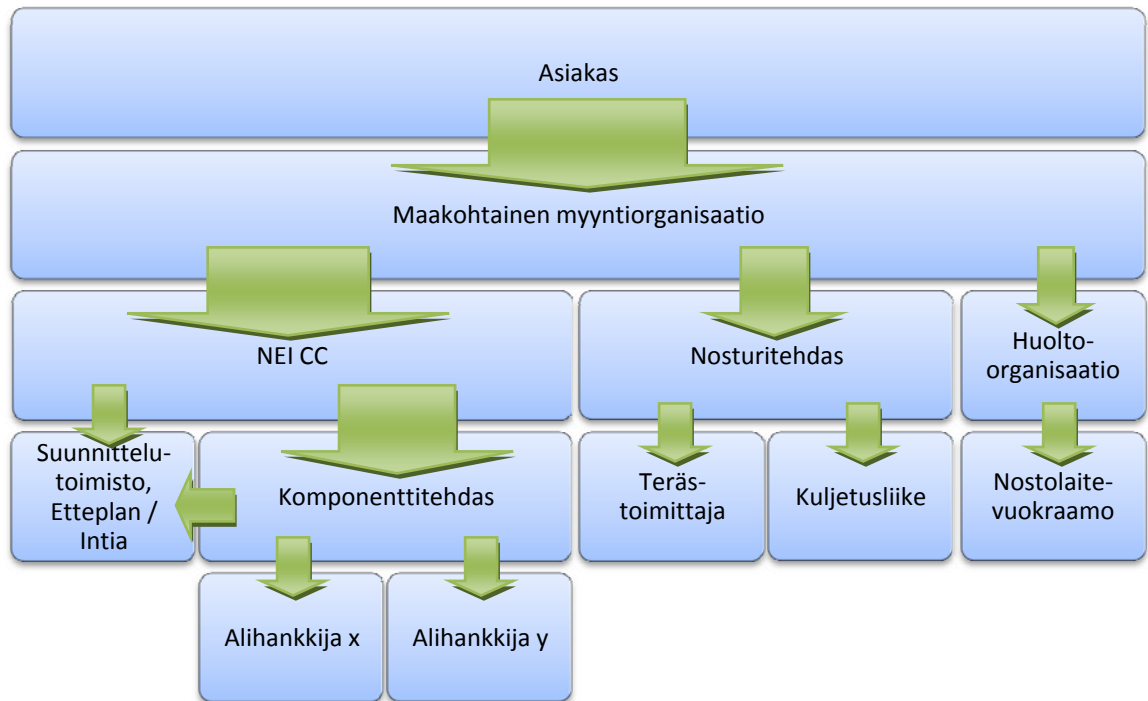
Osa nykyisistä toimintatavoista perustuu Konecranesin organisaatorakenteeseen ja tarkemmin siihen, miten yrityksen sisäinen tilaus- ja rahaliikenne toimii. Jotta toimintatapoja voitaisiin kehittää, niitä rajoittavat tai niihin vaikuttavat, yrityksen sisäiset rakenteet ja toiminnot on tunnettava. Kuvassa 5.1 on esitetty nykyinen toimintamalli sekä siihen liittyvän rahaliikenteen kulku.



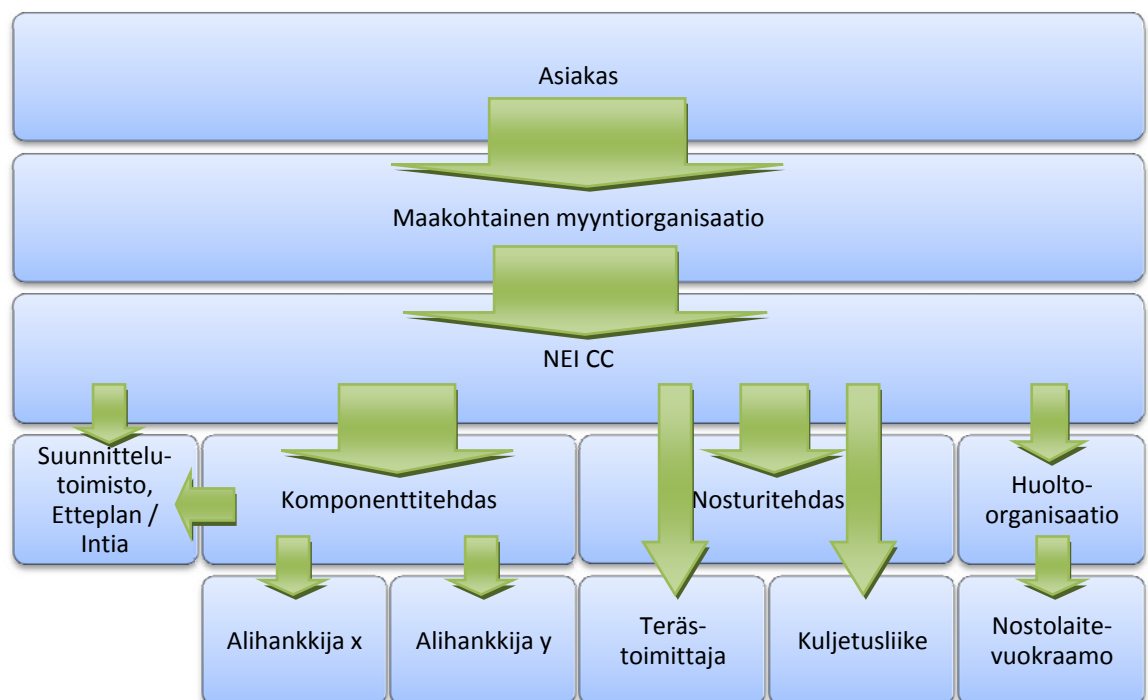
**Kuva 5.1.** NEI-alueen toimintamallin perusta sekä siihen liittyvä rahaliikenne karkealla tasolla kuvattuna.

Kuvasta 5.1 nähdään, miten nosturimyynnistä saatavat tulot jakautuvat sekä organisaation sisäisille yksiköille että ulkoisille alihankkijoille. Vaikka tätä mallia voidaan pitää nosturitoimituksiin liittyvän toiminnan perustana, se ei ole kuitenkaan yksiselitteinen eikä etenkin ainoa käytössä oleva toimintamalli. NEI-alue kattaa yhteensä 18 maata ja edellä kuvattu toimintatapa pätee niistä kahdeksaan, pääasiassa Itä-Euroopan maahan, mikäli nosturit valmistetaan Saksassa Eurofactorylla tai Unkarissa Hexa-Metalilla.

NEI CC eli NEI-alueen osaamiskeskus vastaa useimmissa tapauksissa nosturin valmistuksesta ja toimittamisesta asiakkaalle. Tietyissä tapauksissa myyntiorganisaatiot haluavat kuitenkin valmistuttaa nosturit itse, jolloin NEI CC toimittaa myyntiorganisaatiolle ainoastaan nosturin komponentit sekä valmistuspiirustukset. Tämä toimintamalli on esitetty kuvassa 5.2.



*Kuva 5.2. NEI-alueen toimintamalli tilanteessa, jossa myyntiorganisaatio valmistuttaa nosturin paikallisesti.*



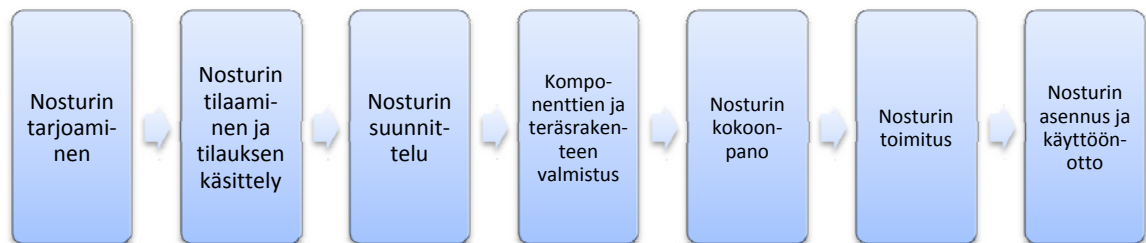
*Kuva 5.3. Suomen toimintamalli sekä siihen liittyvä rahaliikenne.*

Kuvassa 5.3 on havainnollistettu nykykäytännön mukainen, suomalainen toimintamalli, jonka mukaan osaamiskeskus vastaa sekä nosturin toimittamisesta että nosturiasennuksen järjestämisestä. Tässä mallissa huomionarvoista on myös se, että nosturitehtaalalle ei makseta nosturin valmistusmateriaaleista tai kuljetuksesta, vaikka tehdas vastaa niiden järjestämisestä. Rahaliikenne kulkee osaamiskeskuksesta suoraan materiaalitoyttäjälle sekä kuljetusliikkeelle. Tämä menettely tukee yhtiön omien osto- ja kuljetussopimusten tehokasta hyödyntämistä.

Vaikka nykyiset toimintatavat perustuvat pääasiassa edellä esitettyihin malleihin, asiaan liittyy myös poikkeuksia. Esimerkiksi Ruotsin toimintamalli on muutoin vastava kuin Suomessa, mutta Ruotsin myyntiorganisaatio järjestää nosturin asennuksen itse. Tätä samaa menettelyä käytetään myös Venäjällä sekä Baltian maissa. Itävallassa ja Unkarissa käytetään puolestaan kuvassa 5.2 esitetyn menetelmän variaatiota, jossa rahaliikenne kulkee kuvassa esitetyllä tavalla, mutta NEI CC vastaa kuitenkin nosturin tilaamisesta ja nosturitoimituksen hallinnasta eli niin sanotusta projektioinnista.

## 5.1 Prosessimallien suurimmat eroavaisuudet

Edellisessä luvussa esitetty teoreettinen prosessimalli on karkealla tasolla kuvattuna identtinen käytännössä vallitsevan prosessimallin kanssa. Prosesseissa on kuitenkin merkittäviä eroavaisuuksia, kun niitä tarkastellaan yksityiskohtaisemmalla tasolla. Käytännössä havaittu prosessimalli on esitetty pääprosessitasolla kuvassa 5.4.



*Kuva 5.4. Käytännön tilaus-toimitusprosessi pääprosessitasolla kuvattuna.*

Tilaus-toimitusprosessin onnistuminen, eli korkean laadun tuottaminen tehokkaasti ja taloudellisesti, riippuu eniten prosessin ensimmäisestä vaiheesta, nosturin tarjoamisesta. Nosturin kauppasumma määritetään tarjouksen jättämisen yhteydessä, jolloin liian alhaiseksi hinnoiteltu tarjous voi aiheuttaa jopa negatiivisen katteen koko toimitukselle. Mikäli huono tai negatiivinen tulos tiedetään jo toimitusprosessin alussa, lopputuotteen laatu ja täten myös asiakastyytyväisyys voivat olla vaarassa. Käytännön kokemusten perusteella NEI-alueella noin 50–70 %:a suunnittelua vaativista teollisuusnostureista ohittaa tarjoussuunnitteluvaiheen, jolloin myyjä hinnoittelee nosturin erikoisominaisuudet itse (Alanko 2011). Tällainen menettely on riskialtista, koska myyjillä ei ole aina tarvittavaa asiantuntemusta erikoissovellusten kustannusten arvioimiseksi.

Rakennuksen sekä olemassa olevan nosturiradan mittaus ei tapahdu aina asiantuntijan toimesta. Asiakas suorittaa mittaukset usein itse, jolloin mittaustuloksissa voi olla

suuriakin virheitä, eikä nosturi välttämättä mahdu paikalleen. Lisäksi virheelliset mittau tulokset ja niiden korjaukset aiheuttavat toisinaan merkittäviä muutoksia tuotannossa oleviin tilauksiin. Tämä liittyy erityisesti nosturin sopimusasioihin, joissa määritettyä toimitusaikaehtoa ei noudateta. Hyväksyty nosturipiirustus tarkoittaa, että tilaukseen ei enää tule muutoksia ja nosturin mitat ovat lukitut. Vaikka toimitusaika olisi määritetty alkavaksi hyväksytystä nosturipiirustuksesta, niin kokemusten perusteella noin 50–60 %:in nosturitalauksista tulee hyväksynnän jälkeen muutoksia, jotka eivät saa kuitenkaan vaikuttaa nosturin toimitusaikaan. Käytännössä siis molemmat osapuolet hyväksyvät muutokset sopimuksesta riippumatta. Tämä muodostaa suuren ongelman siksi, että pieninkin muutoksen takia prosessissa voidaan joutua palaamaan useita vaiheita takaisin, jolloin muutos aiheuttaa suuria kustannuksia. Lisäksi muutos voi esimerkiksi pidentää jonkin ostettavan komponentin toimitusaikaa, jolloin tuotantosuunnitelma voidaan joutua uusimaan tai siirtämään koko nosturin toimituspäivää.

Tällä hetkellä myyjät lähettävät nosturitalaukset sähköpostilla erillisen tilauspostilaitikkoon, josta projektipäälliköt poimivat tilaukset käsittelyyn. Tilaussähköposti sisältää konfiguraattorilla tehdyn laskelman sekä lisätietoa mahdollisista korjauksista tai lisäyksistä, joita konfiguraattorilla ei voida tehdä. Sähköposti on helppokäyttöinen ja tehokas järjestelmä nosturitalausten lähettämiseen. Sähköposti kuitenkin mahdollistaa hyvin vapaamuotoiset tilaukset, jolloin tilausten käsittely vaikeutuu, koska tilauksen tärkeimmät tiedot eivät välttämättä näy sähköpostiviestissä vaan liitteenä oleva laskelma on ensin avattava konfiguraattorissa. Lisäksi sähköposti ei tue tiedostojen siirtämistä PDM-järjestelmään automaattisesti.

Nosturisuunnittelu ei toimi käytännössä samalla tavalla kuin teoriassa, koska komponentti- ja teräsrakennesuunnittelijat eivät ole yhteydessä toisiinsa suunnittelun aikana. Käytännössä teräsrakenne suunnitellaan ensin valmiiksi, jonka jälkeen sitä muokataan, mikäli esimerkiksi nostinvaunun mitat muuttuvat merkittävästi komponenttisuunnittelussa. Kommunikaatio eri suunnitteluosastojen välillä kulkee projektipäällikön kautta, jolloin virheellisen tiedon välittämisen riski kasvaa.

Nosturivalmistuksessa huomioitavat, nosturin asennustekniset vaatimukset eivät välttämättä aina kulkeudu projektipäällikön ja täten myöskään nosturitehtaan tietoon. Esimerkiksi tieto pääkannattajiin hitsattavien nostokorvien tarpeesta tulee olla jo projektin alkuvaiheessa, jotta nostokorvat ja niiden vaatimat rakenteelliset muutokset voidaan huomioida nosturisuunnittelussa. Nostokorvia ei välttämättä voida asentaa kotelopalkkeihin enää sen jälkeen, kun kotelo on hitsattu, jolloin nostokorvan puuttuminen voi vaikeuttaa nosturin asennusta työmaalla.

## **5.2 Toimitusprosessin tehokkuus ja taloudellisuus**

### **5.2.1 Tarjous- ja tilauksen käsittelyvaiheiden tarkastelu**

Kirjoittajan havaintojen mukaan nykyiset toimintatavat aiheuttavat prosessin eri vaiheissa ylimääräistä tai tarpeetonta työtä, jolloin sekä tehokkuus että taloudellisuus kär-

sivät. Myyjän hinnoittelemat erikoisominaisuudet aiheuttavat usein paljon ylimääräistä työtä sekä tilauksen käsittelyssä että nosturisuunnittelussa. Myyjän lähettämä nosturitilaus voi olla hyvin puutteellinen tai epäselvä, jolloin projektipäällikkö voi joutua pyytämään lisätietoja tai toimimaan arvauksensa varassa tehdessään alustavia komponentti- ja nosturisuunnittelutilauksia. Valmis komponenttitilausvahvistus sekä nosturipiirustus lähetetään myyjälle, joka hyväksyy piirustuksen asiakkaalla ja tarkistaa itse komponenttitilausvahvistuksen. Mikäli piirustus tai komponenttitilaus vaatii korjaamista, projektipäällikkö tekee tai teettää tarvittavat muutokset, jonka jälkeen sama prosessi toistuu, kunnes molemmat dokumentit hyväksytään. Tämä aiheuttaa huomattavan määrän turhaa työtä verrattuna siihen, että nosturi olisi suunniteltu ja hinnoiteltu jo tarjousvaiheessa sekä hyväksytetty asiakkaalla ennen nosturitilauksen lähettämistä. Lisäksi tähän hyväksymisprosessiin käytetty aika voi kuluttaa suuren osan koko nosturin toimitukselle varatusta ajasta, mikäli molemmat osapuolet eivät kunnioita sopimusehtoja.

Myyjän tulisi avata tarjouskysely erilliseen tarjousjärjestelmään nimeltä Efecte. Efecteä käytetään useissa Konecranesin liiketoiminnoissa, koska se soveltuu hyvin erilaisiin, sisäisiin palvelutoimintoihin. Kirjoittajan kokemusten mukaan Efecte on kuitenkin melko monimutkainen ja vaikeaselkoinen järjestelmä, joka ei juurikaan opasta käyttäjää eri tietojen täyttämässä. Efecteen täytettävät kentät eivät ole täysin yksiselitteisiä, joten järjestelmä jättää joitakin seikkoja käyttäjän tulkinnan varaan.

Tarjoussuunnittelijoilla on käytössään kohtuullisen laaja valikoima erilaisia työkaluja, joilla he voivat määrittää nostureiden tekniset ominaisuudet. Ominaisuuksien hinnoittelu perustuu pääosin Markman-laskelmiin sekä Konecranesin viralliseen hintalistaan. Tiettyjen erikoisrakenteiden, kuten erilaisten tikkaiden ja kaiteiden, hinnoittelu perustuu puolestaan kokemusperäiseen tietoon. Tarjoukset aloitetaan laatimalla valmista nosturia tai sen tiettyä elementtiä parhaiten vastaava konfiguraattorilaskelma. Tavallisesti tehdään useita laskelmia, joista poimitaan tietyt elementit ja yhdistetään ne yhdeksi nosturiksi. Konfiguraattoria pyritään hyödyntämään mahdollisimman paljon mutta usein esimerkiksi teräsrakenteen lujuus sekä siirtomoottoreiden ja -vaihteiden riittävyys tarkistetaan lopuksi erillisillä työkaluilla.

Vaikka tarjoussuunnittelijoilla on kattava työkaluvalikoima, kaikkia ongelmia ei voida ratkaista tehokkaasti. Tarjoussuunnittelun tulee tavallisesti määrittää nosturin mitat, hinnat sekä pyöräkuormat. Pyöräkuormilla tarkoitetaan nosturirataan kohdistuvia staattisia ja dynaamisia kuormituksia. Pyöräkuormat voidaan tavallisesti määrittää konfiguraattorin avulla mutta se ei onnistu tilanteissa, jossa nosturi on koottu useista eri laskelmista. Pyöräkuormien määrittämiseen ei siis ole olemassa kunnollista työkalua.

Useimmat nosturitilaukset eivät sisällä asiakkaan kanssa allekirjoitettua sopimusta, jolloin myyjän laatiman nosturilaskelman sisältämät virheet tai puutteet voivat jäädä huomaamatta tilausta käsiteltäessä. Vaikka komponenttien tilausvahvistus lähetetään aina myyjän tarkistettavaksi, puutteet saattavat siitä huolimatta jäädä huomaamatta, koska myyjät eivät kirjoittajan kokemuksen mukaan aina tarkista tilausvahvistuksia. Tällöin asiakkaalle toimitettava nosturi ei välttämättä vastaa sitä, mitä asiakas on oikeasti ostanut, jolloin virheet tai puutteet joudutaan korjaamaan takuuajana. Pienetkin,

työmaalla tehtävät muutokset voivat aiheuttaa merkittäviä kustannuksia, joista suuri osa muodostuu asennustöihin tarvittavien henkilönostinten ja autonostureiden vuokrista.

Nykyisin käytössä oleva ERP-järjestelmä – nimeltä iLM – ei mahdollista tilausten käsittelyä parhaalla mahdollisella tehokkuudella. Komponenttitilaus rakentuu tilausriiveistä, joista kullakin on tietyt tekniset lausekkeet ja niiden arvot. Jokaisella tilausrivillä on tyyppikoodi, jolla voidaan tunnistaa tilattavan moduulin tärkeimmät ominaisuudet. Teknisten lausekkeiden ja tyyppikoodien välillä ei ole yhteyttä, jolloin lausekkeen arvon muuttaminen ei vaikuta tyyppikoodiin. Tyyppikoodit muokataan erillistä tyyppikoodiavainta käyttäen. Kirjoittajan havaintojen perusteella tyyppikoodissa on toisinaan merkkejä, joiden valinta ei ole täysin yksiselitteistä. Tällöin tyyppikoodien oikeellisuus riippuu projektipäällikön ammattitaidosta ja tietämyksestä, jolloin prosessi on altis virheille. Tyyppikoodien manuaalinen muokkaaminen ei ole myöskään taloudellisesti kannattavaa, koska tämä olisi automatisoitavissa.

Nosturipiirustukset, -laskelmat sekä muut nosturitilausta koskevat dokumentit säilötään nykyisen toimintamallin mukaan erilliselle verkkolevylle, jolle vain projektipäälliköillä, tarjous- ja joillakin teräsrakennesuunnittelijoilla on luku- ja kirjoitusoikeudet. Tällöin esimerkiksi komponenttisuunnittelijat eivät näe nosturipiirustuksia ellei projektipäällikkö ole ladannut niitä erikseen PDM-järjestelmään. Projektipäälliköt jakavat dokumentteja niitä tarvitseville osapuolille pääasiassa sähköpostin välityksellä. Tällöin esimerkiksi Intiaan ulkoistetun suunnittelutoimiston tuottamat nosturipiirustukset välitetään sähköpostilla, jolloin dokumenttien päivittäminen verkkolevylle jää projektipäällikön vastuulle. Tämä toimintatapa ei ole tehokasta, koska dokumenttien uusimmat revisiot eivät välttämättä ole aina kaikkien osapuolien käytettävissä ja dokumenttien revisiointi on kirjoittajan näkemyksen mukaan usein puutteellista. Esimerkiksi huoltopäälliköt tarvitsevat nosturipiirustukset asennus- ja käyttöönottosuunnitelman laatimiseksi, jolloin he tyypillisesti pyytävät niitä projektipäälliköiltä sen sijaan, että ne olisivat saatavilla PDM-järjestelmästä prosessin kaikissa vaiheissa.

### **5.2.2 Nosturin suunnittelu- ja valmistusvaiheiden tarkastelu**

Konecranesilla ei ole suunnittelun avuksi tarkoitettua järjestelmää, joka mahdollistaisi olemassa olevien komponentti- ja nosturisuunnitelmien tehokkaan uudelleenkäyttämisen. Valmiita nosturisuunnitelmia ei voida etsiä tiettyjen ominaisuuksien perusteella, jolloin suunnitelmien uudelleenkäyttöaste perustuu kunkin suunnittelijan omaan ammattitaitoon ja muistiin. Sekä komponentti- että teräsrakennesuunnittelua tehdään Suomessa ja Intiassa. Nykyiset toimintatavat ja järjestelmät eivät mahdollista edes näiden kahden osaston tuottaman suunnitteludatan tehokasta jakamista ja hyödyntämistä. Näin ollen on perusteltua väittää, että suunnitteludatan uudelleenkäyttöaste ei ole optimaalinen, jolloin myöskään suunnittelutoiminnan tehokkuutta ei voida pitää parhaana mahdollisena. Kirjoittajan näkemyksen mukaan suunnitteludatan globaalin jakamismahdollisuuden puuttuminen aiheuttaa mittavat kustannukset koko konsernin tasolla tarkasteltuna. Tämän väittämän tarkempi perustelu tai tarkastelu ei ole kuitenkaan tämän työn viitekehyksen kannalta tarkoituksenmukaista.

Komponenttivalmistuksen läpäisyajat ovat SP11- ja SP12-luokkien nostureilla tavallisesti noin neljä viikkoa. SP13-nostureiden komponenttien läpäisy aika on usein 8–12 viikkoa, jolloin koko nosturin toimitusaika on suhteellisen pitkä. Tämä johtuu ostettavien osien ja komponenttien pitkistä toimitusaajoista. Nykyisin suurin osa komponenteista ostetaan työnumerokohtaisesti, jolloin varastot ovat pienet ja täten myös varastoihin sitoutunut pääoma on minimaalinen. Konecranes valmistaa itse vain pienen osan osista ja komponenteista, koska osavalmistus ei ole taloudellisesti kannattavaa.

Sähkösuunnittelua voidaan pitää tehokkaana ja taloudellisena, koska tavallista vaativammatkin suunnitelmat tehdään yleensä yhden tai kahden työpäivän aikana. Yhtä tilausta käsittelee vain yksi sähkösuunnittelija, joka laatii sekä sähköpiirustukset että tarvittavat työmääräimet. (Outinen 2012.) Tällöin suunnittelijalla on kokonaisvaltainen tietämys käsiteltävästä tilauksesta, joka parantaa sekä toiminnan tehokkuutta että laatua.

Pienet nosturitehtaat tilaavat teräsrakenteiden valmistukseen tarvittavat profiilipalkit ja levyt valmiiksi leikattuina, kun taas isot tehtaat leikkaavat levyt itse. Vastaavasti pienet tehtaat tilaavat huoltotasojen kourut valmiiksi särmättyinä ja isot tehtaat särmäävät ne itse. Isoilla tehtailla on tällöin mahdollisuus lyhempiin toimitusaikoihin, koska materiaalitöimitukset eivät vaikuta nostureiden valmistusaikoihin. Kirjoittajan kokemuksen mukaan joillakin nosturitehtailla on omat käytäntönsä teräsrakennevalmistuksen suhteen, joilla pyritään optimoimaan valmistustehokkuutta. Tällöin tehtaat saattavat itse muokata valmistuspiirustuksia, mikäli niissä havaitaan virheitä tai puutteita.

Kotelopalkit kootaan ylösalaisin, hitsaamalla aluksi yläpaarteeseen välilevyt, jotka estävät kotelon uumalevyjä lommahtamasta. Uumalevyt asetetaan paikoilleen ja kotelo puristetaan tiiviisti kokoon hitsausportaalilla avulla. Tämän jälkeen välilevyt hitsataan kiinni uumalevyihin ja koteloon tehdään tarvittavat silloitushitsit. Pitkien saumojen hitsausmenetelmänä käytetään jauhekaarihitsausta, jossa jauhe estää hitsisaumaa hapettumasta, ja portaalilla hitsataan tavallisesti kaksi saumaa kerrallaan. Erilaiset loveukset sekä koteloiden päädyt hitsataan tavallisesti MAG (Metal Active Gas) -laitteilla. MAG-hitsaus on kaarihitsausmenetelmä, jossa hitsiliitos suojataan hitsauksen aikana metalliin reagoivalla kaasulla.

Päätykannattimien suuntaaminen on tavallisesti eräs nosturin teräsrakennevalmistuksen haastavimmista osuuksista. Suuntaaminen tarkoittaa pääkannattajan ja päätykannattimien kohtisuoruuden sekä päätykannattimien keskinäisen yhdensuuntaisuuden tarkistamista. Suuntaaminen on tärkeää, jotta nosturi kulkee suorassa eikä pyri kiilautumaan rataakiskoja vasten. Yhtä poikkeusta lukuun ottamatta nosturitehtailla ei ole erillistä suuntausjigiiä. Suuntausjigi mahdollistaa päätykannattimien suuntaamisen pelkkien liitoslevyjen avulla, jolloin päätykannattimia ei tarvita. Tällöin teräsrakenne voidaan tehdä kokonaan valmiiksi, vaikka päätykannattajat olisivat myöhässä. Mikäli nosturitehtailla ei ole suuntausjigiiä, suuntaaminen toteutetaan nosturin ristimitan avulla. Tällöin siis mitataan nosturin vastakkaisten kulmien pyörien välistä etäisyyttä eli nosturin lävistäjän pituutta.



### 5.2.3 Nosturin toimitus- ja käyttöönottovaiheiden tarkastelu

Nosturitoimituksiin ja asennuksiin liittyvät käytännöt vaihtelevat paljon ja riippuvat pitkälti kohdemaasta sekä nosturin valmistuspaikasta. Nosturitehtaat tilaavat nostureiden kuljetukset aina itse, mutta kuljetuksen laskutuskanava vaihtelee nosturitehtaasta riippuen. Nosturitehtaiden kannattaa järjestää kuljetukset itse, jotta he voivat ajoittaa nostureiden lastaukset haluamallaan tavalla. Myyjät puolestaan tilaavat nosturiasennukset paikallisilta huoltojaoksilta kaikkialla muualla paitsi Suomessa, jossa tämän tekee projektipäällikkö. Myyjän tulisi aina vastata nosturiasennusten tilaamisesta, koska hänellä on paras tuntemus asiakkaan työmaasta sekä siihen liittyvistä käytännön asioista.

Pohjoismaita lukuun ottamatta NEI-alueen huoltopäälliköt ovat kirjoittajan kokemusten perusteella hyvin harvoin yhteydessä projektipäälliköihin. Tällöin huoltopäälliköiden laatimat käyttöönottosuunnitelmat jäävät joko kokonaan huomiotta tai sitten niiden tärkeimmät tiedot välitetään projektipäällikölle myyjän kautta. Käyttöönottosuunnitelman puuttuminen tarkoittaa, että nosturi toimitetaan osissa ja ilman nostokorvia tai muita asennusta helpottavia piirteitä, jolloin sekä valmistus- että kuljetuskustannukset pyritään minimoimaan.

Käytännön kokemukset ovat osoittaneet, että nostureiden asennus- ja käyttöönotto-kustannukset ylittävät niille varatun budjetin noin 35–40 %:ssa kaikista Suomen nosturitoimituksista. Kustomoinnin vaikutusta asennus- ja käyttöönottokustannuksiin on hyvin vaikea arvioida, koska budjettiylitysten syistä ei ole tarkkoja tilastoja. Pääsääntöisesti budjettiylitykset johtuvat kuitenkin puutteellisista nosturitoimituksista tai vaativista asennusolosuhteista. (Vehkakoski 2012.)

## 5.3 Prosessin tuottama laatu ja asiakastarpeisiin vastaaminen

Tässä työssä ei voida suorittaa laaja-alaista asiakastytyväisyyskyselyä eikä etenkin vertailla, onko asiakastytyväisyydessä eroja vakionostureiden ja kustomointia vaativien nostureiden välillä. Tästä syystä asiakastytyväisyyttä tarkastellaan prosessin sisäisesti siten, että prosessin kutakin vaihetta pidetään edellisen vaiheen asiakkaana. Laatu liittyy suoraan prosessin aiheuttamiin kustannuksiin ja siten myös tämän tekstin edelliseen alalukuun. Jotta nämä näkökulmat voidaan eritellä toisistaan, laatua tarkastellaan vaiheittain erityisesti laatuvirheiden avulla. Laatuvirheiden korjaus aiheuttaa työ- ja materiaalihukkaa, joten prosessin suurimpien virhelähteiden tunnistaminen on koko prosessin kehittämisen kannalta tärkeää. Mitä varhaisemmassa vaiheessa virhe aiheutetaan, sitä suuremmat kustannukset siitä saattaa seurata.

### 5.3.1 Nosturi- ja komponenttitilaukset

Prosessin sisäinen asiakkuus alkaa nosturitilausten käsittelyssä, jossa myyjä nähdään toimittavana osapuolena. Myyjän tuottama laatu nähdään oikeellisena nosturitilauksena, joka sisältää täydelliset tiedot koko toimitussisällöstä. Prosessista poikkeamista, eli tar-

joussuunnitteluvaiheen ohittamista, voidaan perustellusti pitää vakavana laatu-  
poikkeamana. Tarjousvaiheessa suunniteltu nosturi aiheuttaa huomattavasti vähemmän työtä  
tilausta käsiteltäessä kuin vastaava nosturi, jonka erityisominaisuudet ovat ainoastaan  
kirjoitettu nosturitulaukseen. Tällaisessa tapauksessa vaadittujen ominaisuuksien toteu-  
tuksen suunnittelu on ainakin osittain projektipäällikön vastuulla sen sijaan, että tämän  
työn tekisivät kyseisen alan ammattilaiset, jolloin riski uusien laatuvirheiden aiheutta-  
misesta kasvaa.

Komponenttitilauksen määrittäminen on nykyisin hyvin virhealtis vaihe. Tilauksen  
määrittelyt perustuvat osittain nosturisuunnittelun antamiin tietoihin ja osittain projekti-  
päällikön omaan ammattitaitoon. Tuotantoon hyväksytty tilaus siirtyy komponenttiteh-  
taan pääsuunnittelijoille, jotka tekevät tilauksen eri moduuleista tarvittavat suunnitteluti-  
laukset. Mekaniikka- ja sähkösuunnittelijat laativat kokoonpano-, valmistus- ja sähkö-  
piirustusten lisäksi työmääräimet, joiden mukaan esimerkiksi valitaan virransyötön kaa-  
pelit ja kaapelien pituudet. Komponenttitilauksen ristiriitaisuudet tai teknisesti toteutus-  
kelvottomat valinnat huomataan lähes aina komponenttisuunnittelussa mutta väärin vali-  
tut tai puuttuvat ominaisuudet huomataan yleensä vasta työmaalla, kun nosturia otetaan  
käyttöön. Tämän välttämiseksi komponenttitilauksen määrittäminen tulisi tehdä erittäin  
huolellisesti.

Käytössä oleva ERP-järjestelmä sekä siihen liittyvät ohjelmistot ovat suunniteltu tie-  
tyn muotoisia tilauksia varten. Tämä aiheuttaa kustomointia vaativissa nostureissa on-  
gelman, koska kaikki järjestelmät eivät osaa käsitellä normaalista poikkeavia tilauksia.  
Esimerkiksi nostimen virransyöttö on tavallisesti aina yhdellä tilausrivillä riippumatta  
siitä, montako nostinta nosturissa on, koska oletusarvoisesti kunkin nostimen virran-  
syötöt asennetaan vierekkäin. Erikoistapauksissa virransyötöt voidaan asentaa erilleen  
toisistaan, jolloin ne tulisi tilata erillisillä tilausriveillä. Tämä aiheuttaa ristiriidan, koska  
sähkösuunnitteluun käytetty ohjelmisto ei tue tällaista tilausta. Tästä syystä molemmat  
virransyötöt tilataan samalla tilausrivillä. Tällöin esimerkiksi apunostimen virransyöttö  
on määritettävä vapaasti kirjoitettuna tekstinä, koska tekniset lausekkeet koskevat vain  
päänostimen virransyöttöä. Virransyötön määrittäminen ilman teknisiä lausekkeita on  
hankalaa, jolloin tilaukseen liitetään tavallisesti nosturipiirustus, josta sähkösuunnitelli-  
joita pyydetään katsomaan mallia. Käytännön kokemukset ovat osoittaneet tämän teh-  
okkaaksi avuksi, mutta nosturipiirustus ei kuitenkaan ratkaise koko ongelmaa, koska  
nosturipiirustuksiin ei aina kiinnitetä riittävää huomiota. Edellä mainittuun esimerkkiti-  
laukseen liittyvä nosturi on havainnollistettu liitteessä 1.

### **5.3.2 Komponentti-, teräsrakenne- ja työsuunnittelu sekä ostot**

Sähkösuunnittelun tehokkuus kärsii komponenttitilauksen muutoksista sekä tilauksissa  
olevista virheistä ja puutteista (Outinen 2012). Projektipäälliköillä ei ole aina riittävästi  
aikaa ja ymmärrystä määrittää tilaukseen kaikki sähkösuunnittelijoiden tarvitsemat tie-  
dot esimerkiksi erilaisista muuntajista tai kuormauselinten virta-arvoista, jolloin sähkö-  
suunnittelijat joutuvat pyytämään lisätietoja voidakseen aloittaa suunnittelun. Kiire joh-

taa usein puutteellisiin tilauksiin, jotka aiheuttavat turhaa kuormitusta toimitusprosessin myöhemmissä työvaiheissa.

Työmääräimissä ei välttämättä aina huomioida nosturin rakenteellisia erikoisuuksia, jolloin tietyt kaapelit saattavat helposti jäädä lyhyiksi. Sähkösuunnittelijoilla ei ole aina tarkkaa tietoa, miten kaapelit asennetaan nosturiin eikä heillä myöskään ole aina nosturikuva, josta he voisivat tarkistaa tarvittavat kaapelimitat.

Komponenttien ostot suoritetaan sekä ennen sähkösuunnittelua että sen jälkeen. Inverterit, muuntajat, jarruvastukset sekä muut pitkän toimitusajan komponentit pyritään ostamaan heti, kun tilaus otetaan käsittelyyn sähkösuunnitteluosastolla. Edellä mainitut komponentit voidaan tavallisesti määrittää suoraan tilausvahvistuksesta, jolloin niiden ostaminen ei vaadi sähkösuunnittelua. Loput komponentit ostetaan sähkösuunnittelun valmistuttua. Sähkösuunnittelijat ostavat tietyt vakionimikkeet itse, ennalta määritetyiltä toimittajilta. Erikoiskomponenteista tehdään yleensä ostoehdotukset, joiden pohjalta ostajat voivat laatia tarvittavat ostotilaukset. (Outinen 2012.)

Hämeenlinnan komponenttitehtaan sisäisen laadunseurannan mukaan sähkökomponenttiosot aiheuttavat eniten sisäisiä laatuvirheitä (Konecranes: QIP-review). Ostajilla ei ole kirjoittajan kokemuksen mukaan välttämättä minkäänlaista ymmärrystä kaikista osista ja komponenteista, joita he ostavat. Ostajien ostolistat muodostuvat komponenttisuunnittelun laatimista työmääräimistä sekä ostoehdotuksista. Tällöin epäselvä ostoehdotus tai virheellinen työmääräin voi aiheuttaa ostovirheen.

Kustomointia vaativat nosturit ovat tavallisesti melko alttiita erilaisille suunnitteluvirheille. SP11- ja SP12-luokkien nostureiden piirustuksia muokataan yleensä hyvin vähän, jolloin ne eivät vaadi kovinkaan yksityiskohtaista tarkastelua. Kustomointia vaativien nostureiden piirustuksissa on puolestaan huomattava määrä muokkausta vaativia kohteita, jolloin jotakin jää helposti huomaamatta. Nosturin tai sen pääkannattajien piirustuksien osaluetteloihin voi esimerkiksi jäädä mittavirhe, jolloin esimerkiksi pääkannattajan levyt saatetaan tilata väärillä mitoilla. Kirjoittajan kokemuksen mukaan yksi nosturisuunnittelun virhealttiimmista vaiheista on huoltotasojen sekä erilaistan aputasojen suunnittelu, koska niillä voi olla vaikutus nostinvaunun virransyöttöön ja lisäksi ne sisältävät suuren määrän pienehköjä teräsosia. Tällöin osaluetteloihin voi helposti jäädä virheellinen levymitta tai virransyötön tekniset ominaisuudet voivat jäädä mitoitamatta. Teräsrakennesuunnittelijat eivät yleensä määritä virransyötön tyyppikoodia tai tyyppikoodeja, jolloin tämä jää projektipäällikön vastuulle.

### 5.3.3 Komponentti- ja nosturivalmistus

Kirjoittajan kokemusten sekä Hämeenlinnan komponenttitehtaan laadunseurannan mukaan nostureiden komponenteissa on melko harvoin valmistusvirheitä (Konecranes: QIP-review). Komponenttien laatuvirheitä ovat tavallisesti väärän mittaiset kaapelit, sillankaappien löysät kytkennät tai erilaiset suunnittelusta johtuvat ongelmat. Yleisimmät ongelmat liittyvät kuitenkin puutteellisiin komponenttitoimituksiin.

Kustomoidut teräsrakenteet aiheuttavat usein erilaisia valmistusongelmia. Kirjoittajan kokemuksen mukaan nämä ongelmat eivät kuitenkaan tavallisesti liity suoraan teräs-

rakenteen valmistukseen, vaan nosturin varusteluun. Erikoiset teräsrakenteet aiheuttavat ongelmia nosturin kokoonpanossa, koska komponentit eivät välttämättä ole kaikilta osin yhteensopivia teräsrakenteen kanssa. Esimerkiksi virransyötön kaapelit voivat jäädä liian lyhyiksi tai kaapelikertymä voi aiheuttaa ongelmia nostinvaunun lähestymismittojen kanssa, mikäli nosturin teräsrakenne aiheuttaa tavallisesta poikkeavat kaapelivedot. Toisin sanoen komponentti- ja teräsrakennesuunnitelmat ovat usein epäyhteensopivia.

## 6 NOSTURITOIMITUKSEN HALLINTA PROJEKTIPÄÄLLIKÖN NÄKÖKULMASTA

### 6.1 Projektipäällikön tehtävät ja käytössä olevat työkalut

Projektipäälliköt ovat vastuussa nostureiden valmistuttamisesta ja niiden toimittamisesta asiakkaalle. Projektit ovat aina yksilöllisiä ja täten myös tehtävät ja niiden suoritustavat vaihtelevat. Tästä huolimatta jokainen projekti sisältää aina vähimmillään tietyt työvaiheet, jotka ovat:

- nosturilauksen käsittelyyn otto
- nosturin laskenta konfiguraattorilla
- alustavien valmistuspiirustusten ja –dokumenttien tulostus
- teräsrakennesuunnittelun teettäminen
- nosturipiirustusten hyväksyttäminen myyjällä
- komponenttien tilaaminen ja
- nosturivalmistuksen tilaaminen.

#### 6.1.1 Projektin aloitus

Myyntiorganisaatioiden tekemät nosturilaukset lähetetään projektipäälliköiden yhteiseen sähköpostilaatikkoon, josta projektipäälliköt poimivat tilaukset vastuumaidensa mukaisesti. Sekä tilaus että sen sisältämät dokumentit tallennetaan yhteiselle verkkolevylle, nosturinumeroilla nimettyihin kansioihin. Tämän jälkeen projekti aktivoidaan projektinhallintasovelluksessa nimeltä ProFlow. ProFlow on web-perustainen sovellus, josta projektien edistymistä voidaan seurata ja hallita lähes reaaliaikaisesti. ProFlow:n päänäky on esitetty kuvassa 6.1.

ProFlow:ssa seurattavat vaiheet ovat: suunnittelu, nosturipiirustusten hyväksyntä, komponenttien valmistus, nosturivalmistus, kuljetus, asennus, käyttöönotto ja jälkilaskenta. Projektipäälliköt seuraavat näitä vaiheita vain kuljetukseen asti, koska he eivät ole vastuussa nosturin asennuksesta ja käyttöönotosta. Kukin vaihe voi olla järjestämättä, järjestetty tai valmis. Tällöin esimerkiksi projektipäällikkö voi merkitä nosturivalmistuksen järjestetyksi lähetettyään nosturilauksen nosturitehtäälle. Kullekin vaiheelle asetetaan kaksi eri päivämäärää, joista ensimmäinen on arvioitu valmistuspäivä ja toinen on viimeinen mahdollinen valmistuspäivä. Vaihe muuttuu keltaiseksi, kun arvioitu valmistuspäivä on ohitettu eikä vaihetta ole merkitty valmiiksi. Vastaavasti vaihe muuttuu punaiseksi, kun viimeinen mahdollinen valmistuspäivä on ohitettu. Näin projektipäälliköt voivat varautua ja reagoida mahdollisiin viivästyksiin.

Item info		Item Type	Status of components = OK	Description	Status of Item manufacturing = To organize	Process status / Recommended action													
Description		Item manufacturing = OK	Transport to Customer = OK			Process status: 1 = Not scheduled, 2 = To organize, 3 = Scheduled, OK = Ready	(Recommended actions: <b>A</b> = no action, <b>AS</b> = adjust schedule, <b>AD</b> = adjust delivery time, <b>R</b> = Forecast out of range, <b>L</b> = On Hold)												
Item ID	Linked Item ID	Local ID	Item type	Description	Company name	Zip code + city name	SP	Recommended actions	Latest forecasted transport date	Latest forecasted erection date	Project manager	Design	App design	Comp.	Manuf.	Transp.	Erect.	Comm.	After Care
022277-228-C211		31-5834	crane	CXTD40 x 24.5m Hoist 11.1m	Bestag & Metal		12A	Adjust schedule	10.1.2012	Week 3	KHHPVP	OK	OK	OK	SIAS	SI	OK	OK	OK
022277-228-C209		31-5831	crane	CXTD20 x 26.1m Hoist 7.5m	Bestag & Metal		12A	No action		Week 3	KHHPVP	OK	OK	OK	SI	OK	OK	OK	OK
022277-228-C212		31-5832	crane	CXTD20 x 26.1m Hoist 7.5m	Bestag & Metal		11A	No action		Week 3	KHHPVP	OK	OK	OK	SI	OK	OK	OK	OK
022277-228-C210		31-5833	crane	CXTD40 Inl x 10.5m Hoist 4.8m	Bestag & Metal		12A	No action		Week 3	KHHPVP	OK	OK	OK	SI	OK	OK	OK	OK
028644-90-C62		31-5858	crane	CXTD 60x 18 x 35m Hoist 20.5m SP	FEAB Sverige AB		13	Adjust schedule		Week 4	KHHPVP	OK	OK	OK	SIAS	OK	OK	OK	OK
027358-86-C43		31-5848	crane	CXT53.2m x 31.2m Hoist 5.3m	Wiva Truck Center Sweden AB		12A	No action	02.2.2012	Week 6	KHHPVP	OK	OK	OK	SI	OK	OK	OK	OK
028644-90-C72		31-5864	crane	CXTD 50x 18 x 33.2m Hoist 14.0m SP	Northland Resources AB		13	No action		Week 5	KHHPVP	OK	OK	OK	SI	OK	OK	OK	OK
028644-90-C71		31-5863	crane	CXTD20 x 22m Hoist 14.3m SP	Northland Resources AB		13	No action		Week 7	KHHPVP	OK	OK	OK	SI	OK	OK	OK	OK
028644-90-C63		31-5859	crane	CXTD 60x 18 x 35m Hoist 20.5m SP	FEAB Sverige AB		13	Adjust schedule		Week 9	KHHPVP	OK	OK	OK	SIAS	OK	OK	OK	OK
022223-158-C161		31-5700	crane	CXTD 10x 18 x 15.5m Hoist 7.4m SP	FEAB Sverige AB		12A	No action		Week 9	KHHPVP	OK	OK	OK	SI	OK	OK	OK	OK
022223-158-C162	022223-158-C161	31-5701	crane	CXTD 10x 18 x 15.5m Hoist 7.4m SP	FEAB Sverige AB		12A	No action		Week 9	KHHPVP	OK	OK	OK	SI	OK	OK	OK	OK
028644-90-C48		31-5851	crane	CXTD 16x 18 x 30m Hoist 32m SP	FEAB Sverige AB		13	No action		Week 10	KHHPVP	OK	OK	OK	SI	OK	OK	OK	OK
028644-90-C64		31-5860	crane	CXTD 20x 18 x 35m Hoist 30.5m SP	FEAB Sverige AB		13	Adjust schedule		Week 10	KHHPVP	OK	OK	OK	SIAS	OK	OK	OK	OK
022223-158-C158		31-5847	crane	CXTD90 x 12.5m Hoist 36.4m SP	FEAB Sverige AB		12A	On Hold		Week 12	KHHPVP	OK	SIAS	Comp on hold	SIAS	OK	OK	OK	OK
028644-90-C44		31-5843	crane	CXTD 40x 18 x 32m Hoist 27.5m SP	FEAB Sverige AB		13	No action		Week 18	KHHPVP	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK

Kuva 6.1. ProFlow-sovelluksen päänäkymä.

Nosturilaskentaan käytetään Konecranesin omaan käyttöön laadittua konfiguraattoria nimeltä Markman. Markmanin yleisnäkymä on esitetty kuvassa 6.2. Myyjän lähettämä nosturilaskelma ladataan konfiguraattoriin ja laskelma käydään huolellisesti läpi. Laskelma voi vaatia lisäyksiä tai korjauksia, mikäli myyjä on kirjoittanut niistä tilaus-sähköpostiin, tai jos tiedetään, että kyseinen asiakas vaatii jokaiseen tilaamaansa nosturiin aina tietyt ominaisuudet. Valmis laskelma siirretään ERP-järjestelmään EDI (electric data interchange) –siirron avulla, jolloin laskelmasta muodostuu alustava komponenttilaus. Tämän jälkeen konfiguraattorista tulostetaan nosturitulaukseen liittyvät dokumentit, jotka tallennetaan verkkolevyille, samaan kansioon muiden nosturidokumenttien kanssa. Lisäksi konfiguraattorilaskelma siirretään DAS (Drawing Automated System) –järjestelmään, joka luo nosturin yleiskuvan sekä valmistuspiirustukset automaattisesti. Myös nämä piirustukset tallennetaan verkkolevyille.

Yleiset | Rakennus | Nostimet | Teräsrakenne | Päädyt ja siirtokoneisto | Sähkökomponentit | Dokumentit ja huomiot

Nosturin perustiedot

Tyyppi: CXT Double girder  
 Nosturiläike: Order range  
 Vaurujen lukumäärä: 1 kpl  
 Nostimen käyttö: 1  
 Nosturin kuorma: 20000 kg  
 Nosturin nostokorkeus: 6 m  
 Jänneväli: 25 m  
 Nosturiradan pituus: 50 m  
 Nosturin valinta alue: Standard

Ympäristö  
 Räjähetsuojaus: None  
 Pääkäyttö: Sisäkäyttö  
 Min./Max. ympäristön lämpötila: 5 / 40 °C  
 Ilmankosteus: Normaali  
 Ilmanpuhtaus: Normaali

Käyttökäsitteet

Nosturistandardi: FEM  
 Nosturi: A3  
 Koneisto standardi: FEM  
 Sillan siirtokoneisto: FEM M5 (2m)

Vasen - I | Keskimäinen - III | Oikea - II

Nostin

Hoistimet: CXT  
 Nostimen tyyppi: CXT5081020075  
 Käyttötyyppi: True lift  
 Nostimen kuorma: 20000 kg  
 Nostonopeus nopea / hidas: 2.5 / 0.25 m/min  
 Nostoliikkeen käyttö: DynALift  
 Nostimen käyttöluokka: FEM M4 (1Am)

Vaunu

Vaunun tyyppi: Kaksoispalkivaunu  
 Vaunun malli: One hoist on trolley  
 Pää- ja apunostimen käyttö:  
 Siirtonopeus nopea / hidas: 20 / 5 m/min  
 Vaunun liikkeen käyttö: Dyna40 / 4.1  
 Vaunun käyttöluokka: FEM M5 (2m)  
 Vaunun käsäri: Normal

Nostimen Lisäominaisuudet

Silla

Pääannattimen tyyppi: Kotelo  
 Siirtonopeus nopea / hidas: 25 / 6.2 m/min  
 Sillan liikkeen käyttö: Dyna40 / 4.1  
 Huoltoalaso: Kyllä  
 Pääannattimen jännitystaso: Normaali

Nosturin laskenta

Parametrit  
 Nosturin Lisäominaisuudet  
 Toimitussuunnitelma  
 Hinnoittelu  
 Komponenttilaus  
 Peru laskenta  
 Oletusarvot  
 Tulosta  
 Ohjeet  
 Tallenna/Sulje

Crane production:

Show hoist cost  
 Finnish

Kuva 6.2. Markmanin yleisnäkymä.

Seuraavaksi projektipäällikkö teettää nosturipiirustuksiin tarvittavat muutokset nosturisuunnittelussa. Suunnittelu teetetään lähettämällä tarvittavat piirustukset ja mahdolliset muut dokumentit sähköpostilla suunnitteluosastolle. Sähköpostiin kirjoitetaan ohjeistus, mitä muutoksia kuviin tarvitaan, sekä mahdollisesti suunnittelua helpottavia lisätietoja. Valmis nosturipiirustus lähetetään sähköpostilla nosturimyyjälle, jotta myyjä voi hyväksyttää sen asiakkaalla. Tämän jälkeen suunnittelu merkitään valmiiksi Pro-Flow:ssa.

### 6.1.2 Komponenttien ja nosturin tilaaminen

Kuten aiemmin mainittiin, ERP-järjestelmänä käytetään sovellusta nimeltä iLM. Konfiguraattorista siirretty tilaus haetaan iLM-järjestelmän tilauskannasta, jonka jälkeen tilausta muokataan tarpeen mukaan. ILM:n tilausmoduuli sisältää neljä eri tasoa: päätaso, lähetyserätaso, tilausrivitaso ja tilausrivin alitaso. Päätasolla määritetään tilauksen tunnistetietoja ja laskutustiedot. Lähetyserätasolla määritetään lähetyserien määrä, erien toimitusosoitteet, toimitusajat sekä toimitustavat. Tilausrivitasolla määritetään tilausrivien tyyppikoodit, käsittelevät osastot, prosessikoodit sekä rivien hinnoittelut. Alitasolla määritetään tilausrivien yksityiskohdat eli tekniset lausekkeet ja vapaamuotoiset lisätiedot. Kuvassa 6.3 on esitetty iLM:n tilausrivitaso ja kuvassa 6.4 puolestaan tilausrivitason alitaso. ILM:n päätaso ja lähetyserätaso ovat esitetty liitteessä 2.

Order No	HM002899		
Line No	5	Copy line from	
Delivery lot no	1	Mark opt	
Part No	CXT70620600T94HXMAS	Item No	SKE26A4XHT946BT1
Item Specification			
Control code	CXT7	CXT Nostin, range2, runko E	
Description	ELECTRIC HOIST		
Description Local	SÄHKÖNOSTIN		
Quantity	1.00	Unit price /base cur.	
Uom	A	Quantity on hand	
Unit Price		Allocated	
Discount%		Quantity ordered	
Line Total		Date Arrival	
ABC	CB	Estimated date	
Gross Weight		Purchase Order No	
As-sold budget		Quantity on hand / M3	
Pre-calc CMII%		Internal price	
Country of Origin		Date production	13.09.2011
Serial Numbers	HLY85597	Warehouse	
Purchase Order No		Handling Code 1	M1
Main Order no		Factory	HH2
		Factory, mfg	HH2
		Action status	T60
		Handled By	KHHMAL
		Date	26.07.2011 13:09:25
		Frontline PO	
		Account no	
		Movex project	
		Movex element	

**Kuva 6.3.** ILM-järjestelmän tilausmoduulin tilausrivitaso.

Order No HM006734												
Seq	Code	Description	Description	Value	Uom	P1	P2	P3	P4	P5	Date	Handled By
5	GE01	Brand	Tuotemerkki	K		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	11.10.2011	PIETIVE1
10	DIM01	Hoist duty group	Nostokoneiston luokka	M4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	11.10.2011	PIETIVE1
15	LOAD1	Load	Kuorma	60000	KG	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	11.10.2011	PIETIVE1
20	ELE01	Voltage 1 (main)	Pääjännite	400	V	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	11.10.2011	PIETIVE1
25	ELE02	Voltage 2 (control)	Ohjaujännite	48	V	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	11.10.2011	PIETIVE1
30	ELE03	Frequency	Taajuus	50	HZ	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	11.10.2011	PIETIVE1
35	DIM02	Height of lift	Nostokorkeus	32.3	M	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	11.10.2011	PIETIVE1
40	SPD03	Hoisting speed (high)	Nostonopeus (nopea)	5	MMIN	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	11.10.2011	PIETIVE1
45	SPD02	Hoisting speed (low)	Nostonopeus (hidas)	0.5	MMIN	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	11.10.2011	PIETIVE1
50	SPD06	Trolley speed (high)	Vaunun siirtonopeus (nop)	20	MMIN	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	11.10.2011	PIETIVE1
55	ELE97	EMC-level of inverters	Inverterien EMC-taso	EU		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	11.10.2011	PIETIVE1
60	EL32	Supply network grounding	Supply network grounding	GRD		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	11.10.2011	PIETIVE1
65	GE09	Frame size	Runkokoko	E		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	11.10.2011	PIETIVE1
70	GE08	Hoist drum length	Telan pituus	X		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	11.10.2011	PIETIVE1
75	DES27	Reeving system	Köysien lukumäärä	26		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	11.10.2011	PIETIVE1
80	HS06	Hoisting gear type	Nostovaihteen tyyppi	H		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	11.10.2011	PIETIVE1
85	DES01	Trolley type	Vaunun tyyppi	MA		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	11.10.2011	PIETIVE1
90	DIM05	Rail gauge	Raideväli	4600	MM	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	11.10.2011	PIETIVE1
95	WHE03	Trolley wheel groove width	Vaunun kantopyörän ural	75	MM	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	11.10.2011	PIETIVE1
100	HS01	Type of hoist control	Noston ohjauksen tyyppi	D2H		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	11.10.2011	PIETIVE1
105	HMD1	Hoist motor type	Nostomoottorin tyyppi	T		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	11.10.2011	PIETIVE1
Seq	Text	Local text				P1	P2	P3	P4	P5	Date	Handled By
5	THIS ORDER IS IDENTICAL TO OLD KHH HM002899Tight 75mm c					<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	11.10.2011	PIETIVE1
10	Please replace the hoisting inverter braking resistor 5*MV8-4856-1 \					<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	16.11.2011	PIETIVE1

**Kuva 6.4.** ILM-järjestelmän tilausmoduulin tilausrivin alitaso.

Tilaus käsitellään siten, että ominaisuudet, joita ei voida määrittellä teknisillä lausekkeille, määritetään vapaatekstillä. Määrittelyn jälkeen tilaus voidaan joko hyväksyä tuotantoon tai lähettää alustava tilausvahvistus myyjän hyväksyttäväksi, mikäli tilauksessa on vielä jotakin epäselvää. Komponenttitilauksen lisäksi joitakin maita varten avataan erillinen työnnumero nosturitilausta varten, jotta nosturin alihankintakustannukset voidaan allokoida oikein, ja jotta nämä valmistus-, projektointi- ja kuljetuskustannukset voidaan laskuttaa myyntiorganisaatiolta.

Kun nosturipiirustus ja komponenttien tilausvahvistus on hyväksytty, nosturi voidaan tilata. Tällöin projektipäällikkö laatii nosturin valmistavalle tehtaalle ostotilauksen, minkä tilausrivit vaihtelevat tehdaskohtaisesti. Pääsääntöisesti tilaus sisältää rivit joko koko nosturille ja kuljetukselle tai eriteltyt rivit nosturin teräsrakennetyölle, varustelutyölle, pintakäsittelylle sekä asennusmateriaaleille. Projektipäällikkö tilaa nosturin teräsrakenteen valmistuksen ja kokoonpanon lähettämällä ostotilauksen sekä tilausta koskevat dokumentit ja valmistuspiirustukset sähköpostilla nosturitehtaalle. Tietyissä tapauksissa projektipäällikkö avaa teräsostoja varten erillisen ostotilauksen, jonka avulla nosturitehdas ostaa teräkset Konecranesin puolesta. Tämän vaiheen jälkeen projektipäällikkö siirtää hyväksytyyn nosturipiirustuksen PDM-järjestelmään, jotta se tulostuu automaattisesti nosturin dokumenttimappiin. Lisäksi projektipäällikkö sopii nosturin tarkan toimituspäivän, mikäli sitä ei sovita jo nosturia tilattaessa. Tämä käytäntö vaihtelee tehdaskohtaisesti, sillä osa tehtaista vahvistaa pitävän toimituspäivän heti tilauksen yhteydessä. Mikäli nosturi sisältää vaativia automaatio-ominaisuuksia, projektipäällikkö tilaa lopuksi asiantuntijan auttamaan nosturin käyttöönotossa työmaalla.



## 6.2 Toiminnan suurimmat haasteet

Edellä kuvatut tehtävät kattavat koko projektin silloin, kun tilauksessa ei ole epäselvyyksiä eikä ongelmia ja tilaukseen ei tule muutoksia. Kokemukset ovat kuitenkin osoittaneet, että kustomointia vaativiin teollisuusnosturitoimituksiin liittyy lähes poikkeuksetta joitakin ongelmia. Ongelmat voivat olla hyvin erityyppisiä ja niiden vakavuus- sekä kiireellisyysaste vaihtelevat, joten projektipäälliköltä vaaditaan toisinaan valmiuksia nopeaan päätöksentekoon.

Projektipäällikön tehtävässä suurin haaste on aina käytettävissä oleva aika. Kullakin projektipäälliköllä on tavallisesti noin 40–100 aktiivista projektia eli toimitettavaa nosturia. Pääosa näistä projekteista on vakionostureita, jotka eivät vaadi kustomointia. Kustomointia vaativien nostureiden osuus vaihtelee maakohtaisesti, mutta tavallisesti tämä osuus on noin 20-30 %:a kaikista nosturiprojekteista. Kustomointia vaativat nosturiprojektit kuluttavat Pareto-periaatteen mukaisesti noin 70–80 %:a projektipäällikön työajasta.

### 6.2.1 Työkaluihin liittyvät haasteet

Projektipäällikön ensimmäinen haaste kustomointia vaativassa nosturiprojektissa on komponenttitilauksen määrittäminen. ILM-järjestelmä sisältää useita kymmeniä teknisiä lausekkeita, joiden avulla tilaukset voitaisiin määrittää ilman konfiguraattoria. Kaikkia näitä lausekkeita ei kuitenkaan voida syöttää manuaalisesti, vaan ne on siirrettävä konfiguraattorista. Koska konfiguraattorin ominaisuudet ovat rajalliset, jotkin komponenttitilaukset joudutaan kasaamaan pala kerrallaan. Tällöin konfiguraattorilla tehdään useita laskelmia, joista kukin siirretään EDI-siirtona iLM-järjestelmän komponenttitilaukseksi. Tämän jälkeen halutut tilausrivit kasataan yhteen komponenttitilaukseen leikkaa/liimaa-periaatteella. Tämä menettely voi aiheuttaa teknisiä ristiriitoja, jotka korjataan manuaalisesti kuhunkin tilausriviin. Näiden ristiriitojen paikantaminen perustuu projektipäällikön ammattitaitoon ja niiden korjaaminen voi olla hyvin vaativaa, koska useimpien lausekkeiden määrittäminen vaatii joko mekaniikka- tai sähköasiantuntemusta sekä vahvaa ymmärrystä nostureiden teknisistä ominaisuuksista ja toiminnoista.

Eräs projektipäälliköitä työllistävä ongelma on konfiguraattorin tekemät virheet. Konfiguraattori laskee esimerkiksi sillankaapin mitat nosturiin valittuihin ominaisuuksiin perustuen. Nämä mitat vaihtuvat usein sähkösuunnittelussa, koska konfiguraattorin määrittämä mitta on väärä, jolloin sähkösuunnittelija ilmoittaa asiasta projektipäällikölle. Projektipäällikkö muuttaa mitat komponenttitilaukseen, teettää uudet nosturipiirustukset nosturisuunnittelussa ja toimittaa ne nosturitehtaalte. Mikäli sähkösuunnittelijan lähettämä muutosilmoitus jää huomaamatta, nosturi valmistetaan väärillä piirustuksilla. Tämä ongelma havaitaan yleensä nosturia varusteltaessa, jolloin teräsrakennetta joudutaan muokkaamaan. Tämä aiheuttaa kirjoittajan kokemuksen mukaan vuositasolla huomattavat kustannukset, koska ongelma on hyvin yleinen.

Komponenttitoimituksen hallinnan suurin ongelma on iLM-järjestelmän jäykkyys tuotannon seuraamiseen. Käytännössä nostinvaunu on ainoa tilausrivi, jonka valmistus-

vaiheita voidaan seurata iLM-järjestelmässä. Ostettavista tilausriveistä nähdään, milloin tuotteen pitäisi saapua tehtaalle, kun taas omavalmisteisista tilausriveistä nähdään ainoastaan, onko rivi valmistettu vai ei. Mikäli toimitusajan tiedetään viivästyvän alkuperäisestä aikataulusta, tehdas voi määrittää kyseiselle lähetysrille arvioidun toimitusajan. Tätä ominaisuutta ei kuitenkaan käytetä aina, joten projektipäälliköt eivät välttämättä saa ilmoitusta myöhästyneistä komponenteista. Kuvassa 6.5 on esitetty tilausseurannan päänäkyä.

The screenshot displays the iLM web interface for order tracking. It features a top navigation bar with 'Logistics' and 'Manufacturing' options. Below this is a search and filter section with fields for Order No, Customer's order, Customer's reference, Project, Crane number, Offer number, and Entered by. The main area is a table with columns: Pos, SLI, Batch, Part No, Item No, Description, Date Mfg, Qty Ord, Qty Mfg, Qty Pack, Qty Ship, Qty Inv, Fac, Fac2, HC, and Sta. The table contains 20 rows of data for various components. At the bottom, there is a navigation menu with buttons for 'Operations', 'Materials', 'Transactions', 'Purchases', 'Packages', 'Invoices', 'Design', 'Tech', 'Serial numbers', 'Misc orders', 'WO texts', and 'Texts'.

Kuva 6.5. iLM-järjestelmän tilausseurantamoduulin päänäkyä.

Kuvasta 6.5 voidaan havaita, millä tarkkuudella tilausrivejä tavallisesti seurataan. Pakatuista riveistä nähdään pakkauspäivä ja lähetetyistä riveistä nähdään vastaavasti lähetyspäivä. Toimitusten hallinta vaikeutuu, koska iLM-järjestelmään syötetään usein virheellistä tietoa. Kirjoittajan kokemuksen mukaan erityisesti komponentteistaan pakkaamo ja lähettämö tekevät paljon virheitä pakkaus- ja lähetystietoja merkittäessä. Tällöin tilausrivit saattavat esimerkiksi näkyä lähetettyinä, vaikka tuotteet ovat vielä lähetämön hyllyssä. Lähetetyiksi merkityjä tuotteita ei välttämättä huomata etsiä ennen kuin niitä tarvitaan nosturitehtaalla, jolloin koko nosturitoimitus voi viivästyä.

ProFlow ja iLM -järjestelmät ovat yhteydessä toisiinsa, jolloin projektipäälliköt voivat seurata komponenttien toimitustilannetta myös projektinhallintasovelluksesta. Komponenttitoimitusta ei kuitenkaan tavallisesti voida seurata luotettavasti ProFlow:n päänäkyästä, koska komponentit eivät näy toimitettuina, mikäli kaikkia tilausrivejä ei ole merkitty toimitetuiksi. Tällöin esimerkiksi nosturivalmistuksen kannalta merkityksettömät, toimittamattomat dokumenttimapit estävät koko komponenttipaketin näkymistä toimitettuna.

## 6.2.2 Prosesseihin ja toimintatapoihin liittyvät haasteet

Teräsrakennesuunnittelun teettäminen on usein ongelmallista, koska Konecranesilla ei ole omia, tähän tarkoitukseen varattuja nosturisuunnittelijoita. Suunnittelu teetetään joko Konecranesin tytäryhtiössä Intiassa tai ulkoistetaan Etteplan Design Center Oy:n suunnittelijoille, jotka sijaitsevat NEI-osaamiskeskuksen tiloissa. Tämä järjestely on ongelmallinen siksi, että nykyisten sopimusten mukaan kyseiset suunnittelijat ovat todellisuudessa vain piirtäjiä, jolloin he eivät ole vastuussa uusien rakenteiden suunnittelusta tai suunnitteluun liittyvistä virheistä. Suunnitteluratkaisut ovat projektipäälliköiden vastuulla ja siksi he joutuvat usein luonnostelevaan haluamiaan ratkaisuja suunnitteluti-lauksen yhteydessä.

Edellä mainittu ongelma liittyy myös komponenttitilauksiin, koska myös sähkösuunnittelu alihankitaan pääosin Etteplanilta. Etteplan ei täten ole vastuussa sähkösuunnittelusta vaan sähkökuvien piirtämisestä. Mikäli komponenttitilauksen sähköisissä ominaisuuksissa havaitaan konfiguraattorin aiheuttama virhe tai ristiriita, sähkösuunnittelijat saattavat kysyä ratkaisua projektipäälliköltä. Tavallisesti ongelma ratkeaa siten, että sähkösuunnittelija ehdottaa muutamia soveltuvia vaihtoehtoja, joista projektipäällikkö valitsee yhden ja päivittää tämän tiedon komponenttitilaukseen. Näin päätös ja myös vastuu kyseisestä suunnitteluratkaisusta jää projektipäällikölle. Tällainen menettelytapa aiheuttaa ylimääräistä työtä sekä mahdollisesti myös turhia materiaalikustannuksia, mikäli edellä mainittu valinta ei perustu valmistuskustannusten minimointiin.

Komponenttitilaukseen tehtävät muutokset voivat aiheuttaa suuria ongelmia, koska muutokset jäävät toisinaan huomaamatta komponenttitehtaalla. Jokaisesta muutetusta ja uudelleen tuotantoon hyväksytystä tilauksesta välittyy automaattinen sähköpostiviesti tilausta käsitteleville osastoille. Tästä huolimatta muutokset jäävät usein päivittämättä tehtyihin ostotilauksiin, jolloin muutokset eivät myöskään välity alihankkijoille. Lisäksi muutokset voivat jäädä päivittämättä komponenttisuunnitelmiin, jolloin esimerkiksi nostinvaunu voidaan valmistaa väärillä mitoilla tai ominaisuuksilla. Lisäksi tekniset lausekkeet sekä niiden arvot vaihtuvat tai lausekkeitä lisätään iLM-järjestelmään ilman, että niistä kerrotaan tilauksien käsittelijöille. Tällöin lausekkeiden oikeellinen käyttö jää tilauksen käsittelijän ammattitaidon tai oma-aloitteisen selvitystyön varaan.

Projektipäällikkö on asemansa mukaisesti niin sanotun etulinjan eli myyntiorganisaation ja nosturituotannon välinen yhteyshenkilö. Koska projektipäällikkö tilaa nosturin suunnittelun, komponentit ja teräsrakenteen, hänellä on tavallisesti paras tietämys kunkin nosturin erityispiirteistä. Tästä johtuen esimerkiksi huoltopäälliköt ja nosturiasentajat ottavat usein yhteyttä projektipäällikköön, kun työmaalla syntyy ongelma esimerkiksi tietyn ominaisuuden käyttöönotossa. Myös myyjät kysyvät usein projektipäälliköiden apua tarjouksia laatiessaan. Tavallisesti projektipäälliköltä tiedustellaan eri ominaisuuksien hinnoittelusta, teknisestä toteutuksesta tai konfiguraattorin käyttöön liittyvistä ongelmista. Kaikki tällaiset yhteydenotot lisäävät projektipäälliköiden työkuormaa ja tällöin myös vaikeuttavat nosturitoimitusten hallintaa.

### 6.2.3 Organisaatorakenteeseen liittyvät haasteet

Edellisessä luvussa esitettyihin toimintamalleihin sekä rahaliikenteeseen liittyy useita haasteita. Konserni on jaettu maakohtaisiin yhtiöihin, joista osa on vielä jaettu useisiin eri yksiköihin. Kukin näistä yksiköistä pyrkii tekemään itsenäistä tulosta eli tuottamaan voittoa omalle yksikölleen. Tulos syntyy katetuotosta, jolloin kukin yksikkö pyrkii myymään tuotteitaan tietyllä katteella. Käytännössä tämä tarkoittaa, että esimerkiksi komponenttitehdas myy nosturin komponenttipaketin NEI CC:lle tietyllä katteella, jonka jälkeen NEI CC myy komponentit etulinjan myyntiorganisaatiolle tietyllä katteella. Lopuksi myyntiorganisaatio myy nämä komponentit loppuasiakkaalle tietyllä katteella.

Edellä kuvattu hinnoittelumalli aiheuttaa erilaisia poikkeamia yhtiön sisäisissä toimintatavoissa. Päällekkäiset katteet nostavat tuotteiden hintatasoa siinä määrin, että myyntiorganisaatiot pyrkivät ostamaan tietyt tuotteet paikallisesti. Myyntiorganisaatio voi esimerkiksi tilata nosturin NEI CC:ltä ilman nosturin radio-ohjaimen latauskaappia ja ostaa latauskaapin paikallisesta sähkötarvikeliikkeestä, jolloin myyntiorganisaatio säästää tuotteen ostohinnassa ja täten kasvattaa tulostaan. Kyseinen menettelytapa ei ota huomioon, että komponenttitehtaan sisäänostohinta samalle tuotteelle on usein halvempi kuin paikallisessa liikkeessä, jolloin konsernitason tulos heikkenee. Edullinen ostohinta perustuu tehokkaaseen osto-organisaatioon sekä suuriin sisäänostovolyymeihin.

Paikallisesti ostettavat tuotteet tai urakointina hankittavat ratkaisut vaikuttavat myös nosturitoimitusten hallintaan. Nosturituloissa ei tyypillisesti mainita paikallisesti ostettavien osien ja laitteiden tyyppejä, jolloin komponenttitilausta ei voida määrittää täydellisesti. Erityisesti sähkölaitteiden tyytit tulisi tietää etukäteen, jotta niiden yhteensopivuus voidaan varmistaa jo suunnitteluvaiheessa. Kokemus on osoittanut, että toisinaan nostureihin tehdään hyvinkin suuria, mekaanisia tai sähköisiä muutostöitä. Tällaisten toteutusten laatua ja turvallisuutta ei voida välttämättä taata, koska ratkaisuja ei ole suunniteltu. Tällöin ne eivät myöskään näy nosturin yleiskuvassa tai sähköpiirustuksissa, jolloin nosturin toimitussisältö ja dokumentaatio jää epäselväksi sekä Konecranesille että asiakkaalle.

Kirjoittajan kokemusten mukaan itsenäiset tulosityksiköt keskittyvät pääosin enemmän omaan tulokseensa kuin konsernitason tulokseen. Yksiköt eivät tavallisesti myönnä tekemiään virheitä, jolloin esimerkiksi laatupoikkeamien juurisyiden selvittäminen ja laatupoikkeamista aiheutuneiden kustannusten allokointi on vaikeaa. Lisäksi myyntiorganisaatiot saattavat puuttua esimerkiksi komponenttien hinnoitteluun, mikäli konfiguraattorin määrittämässä hinnassa on ero tilausvahvistuksen loppusummaan. Kokemus on osoittanut, että hintoihin saatetaan keskittyä jopa sillä tarkkuudella, että niiden korjaaminen maksaa konsernitasolla enemmän kuin itse hintaero. Projektipäälliköt hinnoittelevat komponenttitilaukseen lisätyt ominaisuudet joko hintalistan tai tuotteen sisäänostohinnan perusteella, jolloin hinnoissa saattaa olla poikkeamia. Hintaerojen selvittäminen on työlästä ja niihin käytetty aika lisää projektipäälliköiden työkuormaa, jolloin myös nosturitoimitusten hallittavuus heikkenee.

## 7 TOIMITUSPROSESSIN KEHITTÄMINEN

Tätä tekstiä kirjoittaessa tiedetään, että Konecranes aloittaa uuteen ERP-järjestelmään siirtymisen vuoden 2012 aikana. Konecranesilla on maailmanlaajuisesti käytössä seitsemän erilaista tuote- tai toimitusprosessikohtaisesti kustomoitua ERP-järjestelmää, jotka tullaan korvaamaan SAP-järjestelmällä. Kirjoittajan näkemyksen mukaan useiden järjestelmien korvaaminen yhdellä järjestelmällä on hyvin haasteellista, koska järjestelmän on tuettava erilaisia toimintatapoja. Koska toimintatapojen tiedetään vaihtelevan merkittävästi sekä maantieteellisesti että tuotekohtaisesti, on perusteltua olettaa, että järjestelmää ei voida mukauttaa täydellisesti. Tämä tarkoittaa, että toimintatapojen on jossain määrin mukauduttava käytössä olevaan järjestelmään.

Uuden ERP-järjestelmän kehitystyö on tätä tekstiä kirjoittaessa kesken eikä tarkkoja prosessikuvauksia ole saatavilla. Joidenkin työvaiheiden tiedetään muuttuvan SAP-käyttöönoton jälkeen, mutta näiden muutosten suuruudesta ja vaikutuksesta ei ole tarkkaa tietoa. Täten toimitusprosessia pyritään kehittämään erityisesti niiltä osin, joiden arvioidaan olevan riippumattomia uudesta ERP-järjestelmästä. ERP-järjestelmän vaikutusalueella oleviin seikkoihin pyritään puolestaan esittämään mahdollisimman toteutuskelpoisia kehitysehdotuksia.

### 7.1 Nosturin tarjoaminen

Kustomointia vaativista nostureista tulee aina tehdä tarjoussuunnitelma, jotta eri ominaisuuksien hinnoittelut perustuvat tarkkaan harkintaan. Tällöin kunkin ominaisuuden hinnoittelu myös tallentuu tarjousarkistoon, joten tarjottuja hintoja voidaan verrata toteutuneisiin kustannuksiin ja täten myös kehittää tarkempia hinnoittelumenetelmiä. Myyjillä ei tulisi olla valtuuksia tarjota kustomointia vaativia nostureita ilman asiantuntijan apua, koska heillä ei aina ole riittävää valmistusteknistä osaamista tai tietoa eri osien ja komponenttien hankintahinnoista. Tällöin hinnoittelu voi perustua arvaukseen, joka on aina riski.

Tarjoussuunnittelijoilla ei ole tehokasta työkalua pyöräkuormien määrittämiseen. Pyöräkuormien oikeellisuus on ensisijaisen tärkeää, jotta nosturirata voidaan mitoittaa oikein. Lisäksi tarjoussuunnittelijoilta puuttuu työkalu niin sanottujen seinäkonsolinostureiden laskentaan. (Hongisto 2012.) Seinäkonsolinosturi on nosturi, joka kulkee kolmen, rakennuksen yhteen seinään kiinnitetyn ratapalkin varassa. Seinäkonsolinosturi on esitetty kuvassa 7.1. Käytännössä molemmat edellä kuvatut ongelmat voitaisiin ratkaista yhdellä työkalulla, jolla pyöräkuormat voitaisiin määrittää tarkasti, kullekin eri nosturityypille.



**Kuva 7.1.** Seinäkonsolinosturi.

Nostureiden suunnittelua, rakennetta ja ominaisuuksia koskevia standardeja on erittäin paljon. Lisäksi eri maissa on erilaisia säädöksiä ja lakeja, jotka asettavat nostureiden rakenteille tiettyjä rajoituksia. Tarjoussuunnittelijoilla ei kuitenkaan ole kaikkia näitä standardeja ja direktiivejä, jolloin nosturin rakenne ei ole välttämättä aina standardien mukainen. Lisäksi osa tarjoussuunnittelijoiden käytössä olevista standardeista on vanhentuneita ja suuri osa on organisoitu heikosti, jolloin kulloinkin tarvittava standardi on vaikea löytää. Tarjoussuunnittelijoilla tulisi olla kullekin maalle erillinen, ajantasainen standardi- ja lakikokoelma, josta eri säädökset voitaisiin tarkistaa. Lisäksi tulisi olla vastuuhenkilö, joka vastaa näiden dokumenttien ajantasaisuudesta sekä tarvittavien dokumenttien hankinnasta ja jakelusta.

Tarjoussuunnittelijoilla on käytössään heidän itse koostama mallikirjasto, johon on koottu yleisimmät komponentti- ja teräsrakennemallit. Tämä tehostaa tarjoustyötä, koska kappaleita ei tarvitse keräillä erillisistä Markman-laskelmista tai piirtää alusta asti itse. Mallikirjasto on kuitenkin standardien tavoin huonosti organisoitu, jolloin sopiva malli on vaikea löytää. (Hongisto 2012).

Tarjoussuunnittelun laatima nosturilaskelma lähetetään myyjälle, jotta hän voi laatia asiakkaalle tarvittavat tarjouspaperit. Myyjät saattavat toisinaan lisätä tarjouslaskelmaan uusia ominaisuuksia, jotka eivät täten välttämättä näy tarjouspiirustuksessa. Tämä aiheuttaa ongelmia myös tilausta käsiteltäessä, koska tällaisia ominaisuuksia ei löydy alkuperäisestä tarjouslaskelmasta. Konfiguraattoriin tulisi lisätä ominaisuus, jolla laskelma tai sen tietyt osat voidaan suojata muutoksilta esimerkiksi salasanan avulla. Tällöin myyjät eivät voisi muokata tarjouslaskelmaa, vaan se pitäisi toimittaa takaisin tarjoussuunnitteluun, mikäli jotakin halutaan muuttaa.

## **7.2 Nosturin tilaaminen ja tilauksen käsittely**

### **7.2.1 Nosturitilausjärjestelmä**

Konecranesin uuslaite (equipment) –liiketoimintasegmentti perustuu erilaisten nostolaitteiden ja nostoratkaisujen myyntiin. Tästä syystä myyjien ensisijainen tehtävä on nostureiden myynti. Myyjien tulisi siis käyttää mahdollisimman vähän aikaa erilaisiin oheistoimintoihin, kuten nosturitilausten laatimiseen. Nykyinen konfiguraattoriohjelma on

yhteydessä tiettyihin web-perustaisiin palveluihin, joilla voidaan seurata muun muassa tehtyjä tarjouksia ja tilauksia. Lisäksi tilattujen nostureiden tiedot synkronoidaan ProFlow-järjestelmään, jossa projektipäälliköt voivat hallita nosturitoimituksia.

Nosturituloja varten voitaisiin luoda erillinen järjestelmä, johon nosturituloja siirrettäisiin suoraan konfiguraattorista. Tällöin tilauskantaa voitaisiin seurata globaalisti ja esimerkiksi kunkin tilauksen toimitussisältö nähtäisiin täydellisesti jo ennen nosturilaskelman avaamista. Tällainen järjestelmä mahdollistaisi myös tiettyjen ominaisuuksien korostamisen, mikäli niillä on erityinen vaikutus toimitusaikaan. Näin tilaukset voitaisiin käsitellä oikeassa järjestyksessä. Lisäksi tilaukset voitaisiin suodattaa maakohtaisesti, jolloin kukin käsittelijä näkisi vain omien vastuumaidensa tilaukset. Kuvassa 7.2 on esitetty karkea hahmotelma tilausjärjestelmän ulkoasusta ja sisällöstä.

Myynti-organisaatio	Myyjä	Tilaus-päivämäärä	Asiakas	Toimitusosoite	Huoltopiiri	Huoltopäällikkö				
KPL	Pekka Puolalainen	15.1.2012	Asiakas Sp. z o.o.	Asiakas Sp. z o.o. Katuosoite 16 1234 Postiosoite Puola	Konecranes Sp. z o.o. Katuosoite 10 1234 Postiosoite Puola	Asko Asentaja				
Nosturinumero	Nostinvaunu	Kuorma	Jänneväli	Nostokorkeus	SP-luokka	Huoltotaso	Virtalinja	Erityisominaisuudet	Toimitusaika	
K61492	CXTD700	32 t	21,3 m	6,5 m	SP13	Kyllä	Kyllä	Moottorikoukku	23.4.2012	
K61493	CXTS400	5 t	19,2 m	4 m	SP12A	Ei	Kyllä	DZL-nosto	28.4.2012	
K61494	XN16	1,6 t	10,9 m	4,5 m	SP11B	Ei	Ei	-	31.5.2012	
Myynti-organisaatio	Myyjä	Tilaus-päivämäärä	Asiakas	Toimitusosoite	Huoltopiiri	Huoltopäällikkö				
KCS	Risto Ruotsalainen	18.1.2012	Asiakas AB	Asiakas AB Katuosoite 12 1234 Postiosoite Ruotsi	Konecranes AB Katuosoite 17 1234 Postiosoite Ruotsi	Heikki Huoltomies				
Nosturinumero	Nostinvaunu	Kuorma	Jänneväli	Nostokorkeus	SP-luokka	Huoltotaso	Virtalinja	Erityisominaisuudet	Toimitusaika	
31-5762	CXTS200	2 t	7,5 m	4 m	SP11A	Ei	Kyllä	-	15.3.2012	
Myynti-organisaatio	Myyjä	Tilaus-päivämäärä	Asiakas	Toimitusosoite	Huoltopiiri	Huoltopäällikkö				
KCY	Unto Unkarilainen	19.1.2012	Asiakas KFT	Asiakas KFT Katuosoite 18 1234 Postiosoite Unkari	Konecranes KFT Katuosoite 11 1234 Postiosoite Unkari	Usko Urakoitsija				
Nosturinumero	Nostinvaunu	Kuorma	Jänneväli	Nostokorkeus	SP-luokka	Huoltotaso	Virtalinja	Erityisominaisuudet	Toimitusaika	
JC5723	CXTD700	80 t	32 m	12 m	SP13	Kyllä	Kyllä	Automaattiohjaus	3.4.2012	
JC5724	CXTD600	30 t	25,6 m	9,5 m	SP12A	Kyllä	Kyllä	D2C-nosto	3.4.2012	

**Kuva 7.2.** Tilausjärjestelmän hahmotelma.

Edellä kuvattu järjestelmä pakottaisi nosturituloja haluttuun formaattiin, koska tilauksen tiedot voitaisiin hakea suoraan nosturilaskelmasta. Nosturituloja käsittelevä järjestelmä aloittaa esimerkiksi valitsemalla tietty tilaus ja syöttämällä käyttäjätunnukset järjestelmään. Näin voitaisiin varmistaa käsittelijän oikeudet käsitellä kyseisen maan tilauksia ja samalla tilauksen käsittelijä sekä aloitusajankohta tallentuisi järjestelmän tietokantaan. Lisäksi tilausjärjestelmä voisi olla yhteydessä ProFlow-järjestelmään, jolloin käsittelyyn otettu tilaus aktivoituisi automaattisesti projektihallintanäkymään.

Järjestelmän tulisi mahdollistaa tilausten muokkaaminen siihen asti, kunnes tilaus on otettu käsittelyyn. Tämä vähentäisi merkittävästi tilauksiin tehtäviä muutoksia, koska myyjät voisivat itse korjata osan tarvittavista muutoksista. Koska konfiguraattori laskee myös nosturin valmistustunnit, järjestelmällä voitaisiin myös kartoittaa tarvittavat valmistuskapasiteetit nostureiden valmistuspaikkojen sekä toimitusaikojen perusteella. Tällöin mahdolliset ongelmakohdat havaittaisiin mahdollisimman aikaisessa vaiheessa ja tilanteeseen ehdittäisiin reagoida.

Sekä asiakkaan että toimittavan osapuolen olisi ehdottomasti noudatettava sovittua toimitusaikaa, joka alkaa hyväksytystä nosturipiirustuksesta. Pienenkin muutoksen tulisi

niin sanotusti nollata toimitusaika, jolloin ajanlasku aloitettaisiin viimeisimmästä muutospäivästä. Nykyisellä toimintamallilla, jossa muutoksia voidaan tehdä lähes milloin tahansa ilman, että se vaikuttaa toimitusaikaa, ei saavuteta muuta kuin korkeampi asiakastytyväisyys. Kirjoittajan näkemyksen mukaan tämä menetelmä on kuitenkin taloudellisesta näkökulmasta hyvin huono, koska sekä laatukustannukset että ylimääräiset työkustannukset kasvavat merkittävään rooliin, kun muutoksia tehdään prosessin kaikissa vaiheissa.

## 7.2.2 Tilauksen konfigurointi ja dokumentointi

Tekstin kirjoitushetkellä tiedetään, että nykyinen konfiguraattori Markman tullaan korvaamaan uudella järjestelmällä nimeltä Corona. Nykyisin ERP-järjestelmään siirrettyä komponenttitilausta ei voida enää muokata konfiguraattorilla, vaan muutokset on tehtävä manuaalisesti. Corona suunnitellaan SAP-järjestelmää varten siten, että komponenttitilaukseen tehtävät muutokset tehdään Coronalla. Tämä selkeyttää komponenttitilauksen tekemistä ja erityisesti tilauksen muuttamista, koska teknisiä lausekkeita ja tyyppikoodoja ei tarvitse muokata manuaalisesti. On kuitenkin perusteltua olettaa, että tämä ei ratkaise ongelmaa kokonaan, koska kaikkia suunnittelua vaativia ominaisuuksia ei varmasti voida spesifioida Coronalla. Edellä kuvattu menettely kuitenkin parantaa aiempaa tilannetta huomattavasti.

Konfiguraattori tuottaa komponenttitietojen ohella sekä nosturin tekniset tiedot että valmistukseen ja alihankintaan tarvittavat dokumentit. Nämä dokumentit tulisi voida siirtää PDM-järjestelmään suoraan konfiguraattorista, jotta ne olisivat verkkolevyä paremmin saatavilla ja jotta niiden revisioita voitaisiin hallita. Tällöin tarvittavat dokumentit olisivat jatkuvasti kaikkien osapuolten saatavilla ja kaikki dokumentit voitaisiin identifioida tilauskohtaisesti. PDM-järjestelmän tehokas käyttö edellyttäisi nykyistä parempia rajapintoja eri ohjelmistojen ja PDM-järjestelmän välillä, jotta dokumentteja voitaisiin selata, muokata ja tallentaa ilman, että dokumentti pitää hakea ja tuoda järjestelmään manuaalisesti.

Nosturin valmistuspiirustukset pitäisi myös saada siirrettyä automaattisesti DAS-järjestelmästä PDM-järjestelmään. Tällöin piirustukset olisivat välittömästi eri suunnitteluosastojen käytettävissä ja piirustusten uusin revisio olisi aina saatavilla. Näin voitaisiin välttyä yhdeltä nykykäytännön ongelmalta, eli piirustusten lähettämiseltä sähköpostilla. Tällöin ei olisi myöskään riskiä välittää vanhentuneita piirustuksia tai muita dokumentteja.

SAP:n tuoterakenteen toteutus ei ole vielä tiedossa, joten esimerkiksi teknisten lausekkeiden olemassaoloa ei voida varmistaa. Mikäli tuoterakenne kuitenkin edellyttää konfiguraattorin puutteista johtuvia, manuaalisia muutoksia, tilausten käsittelijöillä tulisi olla käytössään tietynlaiset tarkistuslistat. Tarkistuslistojen avulla erilaisista muutoksista aiheutuvat seikat voitaisiin käydä hallitusti läpi ja täten myös parantaa tilausten laatua. Tarkistuslistan tulisi sisältää yksityiskohtaiset ohjeet yleisimpien muutosten tekemiseksi siten, että muutokset otetaan huomioon kaikilla osa-alueilla eikä pelkästään komponenttitilauksessa. Tietyt muutokset voivat vaikuttaa myös nosturin valmistuskus-



tannuksiin, toimitusaikaan sekä mahdollisesti myös asennukseen sekä käyttöönottoon, jolloin kokonaiskuvan hahmottaminen on erittäin tärkeää.

Mikäli oletetaan, että myös SAP:n tuoterakenne perustuu teknisten lauseiden käyttöön, lauserakenteet tulisi rationalisoida. Teknisten lausekkeiden lukumäärä on nykyisin erittäin suuri ja lausekkeiden käyttö on hyvin vaikeaa. Lisäksi lausekkeet on purettu liian yksityiskohtaiselle tasolle jo ERP-järjestelmän tilausmoduulissa. Esimerkiksi nostinvaunun siirtoliikkeeseen liittyy tavallisesti suoraan vähintään kuusi teknistä lauseketta: nopea siirtonopeus, hidas siirtonopeus, nopean siirtoliikkeen taajuus, hitaan siirtoliikkeen taajuus, kiihdytysaika ja hidastusaika. Hidas siirtonopeus voidaan määrittää aina nopean siirtonopeuden perusteella ja vastaavasti näiden nopeuksien taajuudet voidaan laskea tietyllä laskukaavalla. Kiihdytys- ja hidastusajat ovat aina samansuuruiset, jolloin käytännössä nämä kuusi teknistä lausetta voitaisiin tiivistää kahteen: siirtonopeus ja ramppiaika. Lausekkeilla tulisi määrittää ainoastaan tuotteen toimintoja, suoritusarvoja sekä tiettyjä fyysisiä mittoja. Komponenttitehtaan käyttämien konfiguraattoreiden tulisi kyetä muuntamaan nämä ominaisuudet ja suoritusarvot teknisiksi spesifikaatioiksi ja osaluetteloksi, joilla nämä ominaisuudet voidaan toteuttaa. Tällaisten konfiguraattoreiden tulisi toimia pääsääntöisesti teknisten lausekkeiden ehdoilla, eikä päinvastoin, kuten tällä hetkellä.

Oikeiden kontaktien tunteminen on hyvin tärkeä osa projektipäälliköiden työtä. Kustomointia vaativiin nosturitilauksiin liittyy usein kysymyksiä, joita projektipäällikön tulee selvittää komponenttitehtaalta. Projektipäälliköillä ei kuitenkaan ole käytössään erillistä kontaktiluetteloa, josta he näkisivät eri osa-alueiden ja funktioiden vastuuhenkilöt. Kontaktien puuttuessa tai vastuualueiden ollessa epäselvät projektipäällikkö joutuu käyttämään ylimääräistä aikaa asioiden selvittämiseen. Sekä laadun että toimitusprosessin tehokkuuden kannalta olisi suotavaa, että asiat osattaisiin osoittaa suoraan niiden asiantuntijoille ja vastuuhenkilöille.

Eri projektipäälliköiden toimintatavat vaihtelevat nykyisin huomattavasti, koska kukin heistä työskentelee omalla tavallaan. Projekteja koskevat keskustelut käydään tavallisesti joko puhelimitse tai sähköpostitse, jolloin esimerkiksi tilausten muutoksia koskevat tiedot jäävät ainoastaan kyseisen projektipäällikön tietoon. Tämä vaikeuttaa projektien hallintaa esimerkiksi loma-aikoina ja sairastapauksissa, jolloin projektien vastuuhenkilö vaihtuu tilapäisesti. Tuuraava projektipäällikkö ei välttämättä tiedä, mitä eri tilauksista on sovittu, ja miksi tietyt muutokset on tehty. Näistä syistä projektien dokumentointi tulisi tehdä mahdollisimman huolellisesti, jotta jokainen muutos voitaisiin jäljittää. Muutosten jäljittäminen auttaisi ongelmatilanteiden selvittämisessä sekä ennen kaikkea tilanteissa, joissa projektipäällikkö tarvitsee sijaista.

Projektien tiedot tulisi dokumentoida yhtenäisesti, riippumatta projektipäällikön omista toimintatavoista. Kustakin projektista tulisi olla tietynlainen loki, josta selviäisi projektin aikana sovitut asiat. Tällaisen lokin perustaminen ja ylläpitäminen lisäisi projektipäälliköiden työkuormaa, joten sen tulisi jollakin tavalla sisältyä olemassa oleviin työkaluihin. Esimerkiksi komponenttitilauksiin tehtävät muutokset voisivat vaatia erillisen syyn, miksi muutokset ovat tehty, tai kuka ne on määrännyt tehtäviksi, ennen kuin

ne voidaan vahvistaa järjestelmään. Tämä menettely auttaisi myös komponenttitehdasta tiedostamaan muutosten syyt, jolloin esimerkiksi konfiguraattorista, tilauksen käsittelystä, myyntiorganisaatiosta ja asiakkaasta riippuvaiset muutokset voitaisiin eritellä paremmin.

## 7.3 Nosturin suunnittelu

### 7.3.1 Teräsrakennesuunnittelu

Teräsrakennesuunnittelu aloitetaan tavallisesti tarkistamalla nosturin päämitat eli jänneväli sekä rakennukseen liittyvät mitat. Suunnittelussa käytetään aina pohjana konfiguraattorilaskelmaan perustuvaa nosturipiirustusta, joka tuotetaan DAS-järjestelmän avulla. Vaativat nosturisuunnitelmat voivat vaatia useiden eri nosturipiirustusten yhdistämisen, jolloin kutakin piirustusta varten on laadittava erillinen nosturilaskelma. (Korhonen 2012.)

Nosturisuunnitteluun on laadittu erillinen ohje, joka määrittää nosturin eri elementtejä koskevat suunnittelutekniset seikat. Ohje on kuitenkin hyvin yleisluonteinen eli se ei ota juurikaan kantaa kustomointia vaativien nostureiden suunnitteluun. Ohjetta ei myöskään ylläpidetä säännöllisesti, joten tuotemuutoksia tai uusia ominaisuuksia ei käsitellä suunnitteluohjeessa (Korhonen 2012). Tällaista ohjetta tulisi ehdottomasti ylläpitää ja kehittää, jotta nosturisuunnittelussa kerätty tieto ja kokemus voitaisiin välittää myös uusille suunnittelijoille.

Uusimmat, nostureita koskevat standardikirjastot eivät ole myöskään teräsrakennesuunnittelijoiden käytössä. Suunnittelijat joutuvat käyttämään osittain vanhentuneita standardeja, jolloin kaikkien rakenteellisten ratkaisujen standardienmukaisuutta ei voida taata. Suunnittelijoilla tulisi aina olla käytössään uusimmat standardit, jotta nostureiden turvallisuutta ja käyttöä koskevat vaatimukset täyttyisivät. Kirjoittajan näkemyksen mukaan uusissa standardeissa toisinaan helpotetaan tiettyjä suunnittelusääntöjä, jolloin suunnittelu yksinkertaistuu ja lisäksi nosturin rakenteelliset vaatimukset voivat yksinkertaistua. Tällöin vanhentuneiden standardien noudattaminen ei ole taloudellista.

Nosturisuunnittelijat eivät saa nykyisin juurikaan palautetta työn laadusta. Käytännössä ainoastaan pahasti epäonnistuneet suunnitelmat päätyvät suunnittelijoiden tietoon ja vastaavasti hyvin onnistuneet suunnitelmat eivät. Suunnittelijoiden olisi tärkeää saada mahdollisimman paljon palautetta nosturitehtailta sekä asennustiimeiltä, jotta suunnitelmia voitaisiin kehittää. Suunnittelijat tekevät toisinaan turhaa työtä suunnitellessaan erilaisia nosturin kokoonpanoa helpottavia piirteitä, koska niitä ei välttämättä hyödynnetä nosturitehtailta. Samat piirteet voidaan toistaa useissa eri suunnitelmissa, koska niiden toimivuudesta ei saada palautetta nosturitehtailta. (Korhonen 2012.)

Hyvin suuri osa suunnittelijoiden tarvitsemasta palautteesta voitaisiin toteuttaa valokuvaamalla jokainen valmistettu nosturi sekä erityisesti niiden erityispiirteet. Nosturivalmistuksen tulokset kiinnostavat usein myös projektipäälliköitä, jolloin myös he hyötyisivät valokuvista. Tämän lisäksi valokuvaus parantaisi nostureiden valmistusdoku-

mentaation tasoa, joka helpottaisi huomattavasti myös erilaisten laatuvirheiden juurisyiden tutkintaa. Valokuvaus olisi helppo toteuttaa, koska nykyisin lähes kaikilla toimihenkilöillä on puhelimissaan riittävän laadukas kamera. Valokuvaus voitaisiin liittää osaksi nosturin tehdastestausta, jolloin se olisi pakollinen työvaihe. Kirjoittajan näemyksen mukaan osa nosturitehtaista valokuvaa joko kaikki tai tietyn osan valmistetuista nostureista. Näitä valokuvia ei kuitenkaan lähetetä projektipäälliköille ilman erillistä pyyntöä. Nosturivalmistusta koskevien raporttien, valokuvien ja muiden dokumenttien lähettäminen projektipäällikön arkistoitavaksi tulisi olla osa jokaista nosturitoimitusta.

### 7.3.2 Komponenttisuunnittelu

Kustomoidut teollisuusnosturit vaativat lähes aina sekä mekaniikka- että sähkösuunnittelua. Mekaniikkasuunnittelu tarkoittaa tyypillisesti nostinvaunun suunnittelua, jolloin vaunusta laaditaan sekä kokoonpanokuvat että tarvittavat osavalmistuspäiirustukset. Myös päätykannattimet voivat vaatia erillistä mekaniikkasuunnittelua. Mekaniikka- ja sähkösuunnittelu tehdään käytännössä aina toisistaan erillään, jolloin mekaniikka- ja sähkösuunnittelijat eivät tavallisesti kommunikoi keskenään (Outinen 2012).

Kirjoittajan kokemusten mukaan mekaniikkasuunnitteluun liittyy toisinaan ongelmia, joissa suunnittelijoiden laatimat kokoonpanopiirustuksen kaikki mitat eivät noudatta mittakaavoja. Tilanne ei ole ongelmallinen yksittäistä piirustusta tarkasteltaessa, vaan ongelma esiintyy vasta, kun tällainen kuva liitetään nosturipiirustukseen. Tällöin esimerkiksi nostinvaunu voi näyttää mahtuvan paikalleen nosturiin, mutta todellisuudessa vaunun mitat eivät vastaa kuvan mittakaavaa, jolloin nosturisuunnitelma voi vaatia muokkausta. Pahimmassa tilanteessa tällainen ongelma huomataan vasta nosturitehtaal-la, jolloin tilanne voi olla hyvin vaikea korjata.

Komponenttitalausten muutokset aiheuttavat turhaa kuormitusta suunnittelussa. Lisäksi muutokset aiheuttavat laatuvirheitä, koska kaikkia muutoksia ei aina huomata. Koska nosturit toimitetaan asiakaskohtaisesti kustomoituina, asiakkaiden on voitava muuttaa tilauksiaan, jotta asiakastyytyväisyys olisi mahdollisimman suuri. Mikäli muutoksia ei sallittaisi, nostureihin jouduttaisiin tekemään muutoksia eli modernisaatioita heti nosturitoimitusten jälkeen. Muutokset aiheuttavat kuitenkin merkittävää kuormitusta sekä kustannuksia lähes koko toimitusprosessiin. Tästä syystä muutokset tulisi asettaa maksulliseksi. Asiakkaalta tulisi periä sekä kiinteä kertausumma että muutoksesta riippuvainen muutoskustannus. Kertausumman tulisi olla suuruusluokaltaan niin merkittävä, että se kattaisi muutoksesta aiheutuvat työkustannukset koko prosessissa. Tällöin esimerkiksi 150:n euron lisäominaisuuden lisäämisestä veloitettaisiin esimerkiksi 500:n euron kertausumma sekä 150:n euron muutoskustannus. Vastaavasti esimerkiksi nostinvaunun muuttamisesta perittäisiin 500:n euron kertausumma sekä 5000:n euron muutoskustannus. Muutoksia tulisi voida tehdä, ilman erillistä lisäkustannusta, siihen asti, kunnes nosturipiirustus on hyväksytty.

### 7.3.3 Teräsrakenne- ja komponenttisuunnittelun välinen yhteistyö

Komponentti- ja teräsrakennesuunnittelijat tekevät nykyisin hyvin vähän yhteistyötä. Käytännössä yhteistyötä ei tehdä lainkaan. Yhteistyötä voitaisiin kehittää säilyttämällä kaikki nosturitulauksiin liittyvä dokumentaatio PDM-järjestelmässä, jossa se olisi jatkuvasti kaikkien osapuolten saatavilla. Tällöin komponenttisuunnittelijat näkisivät aina nosturipiirustuksen uusimman revision ja vastaavasti teräsrakennesuunnittelijat näkisivät aina esimerkiksi nostimen valmistuspiirustuksen uusimman revision. Eri suunnitteluosastoilla pitäisi olla lisäksi jokin yhteinen kommunikointiväylä, jotta myös maantieteellisesti hajautetut suunnitteluosastot voisivat kommunikoida keskenään tehokkaasti.

Kustomoituihin nosturitulauksiin liittyy nykyisin lähes poikkeuksetta joitakin suunnitteluteknisiä ongelmia. Nämä ongelmat voitaisiin kirjoittajan näkemyksen mukaan pääosin välttää juuri kehittämällä eri suunnitteluosastojen välistä kommunikointia. Teräsrakennesuunnittelijoilla ei ole aina riittävää tietoa ja osaamista eri komponenteista, jolloin komponenttisuunnittelijat voisivat esittää korjauksia, mikäli he huomaavat virheitä nosturipiirustuksissa.

Sekä komponentti- että nosturisuunnittelu hyötyisi globaalista suunnittelutietokannasta. Konecranesilla tulisi olla jonkinlainen järjestelmä, johon suunnitteludataa voitaisiin tallentaa maailmanlaajuisesti ja liiketoiminta-alueesta riippumatta. Järjestelmän tulisi mahdollistaa suunnittelutiedon hakeminen monipuolisten kriteerien avulla. Tällöin järjestelmästä voitaisiin esimerkiksi etsiä kustomointia vaatinut teollisuusnosturi, jonka maksimikuorma on yli 50 tonnia, jänneväli yli 30 metriä ja nosturi on malliltaan niin sanottu pukkinosturi eli nosturin pääkannattajien ja päätykannattajien välissä on eräänlaiset jalat. Järjestelmään tallennetulla datalla tulisi siis olla kattava metadata-tietue eli toisin sanoen piirustusten tulisi sisältää paljon tietoa sisältämästään tiedosta. Esimerkiksi nosturin yleispiirustuksen metadataa on nosturin jänneväli, maksimikuorma, siirtonopeudet, kuormauselimen tyyppi ja niin edelleen. Metadatan tulisi käytännössä sisältää suunnittelutiedon pienimmätkin yksityiskohdat, jotta tämä tieto voitaisiin etsiä järjestelmästä.

Edellä kuvattu toimintamalli tarkoittaisi, että metadataa tulisi syöttää ja hallita manuaalisesti, jotta sen oikeellisuus ja yksityiskohtaisuus voitaisiin varmistaa. Käytännössä tämä järjestelmä ei siis voisi integroitua PDM-järjestelmään, koska nykyinen PDM-järjestelmä ei tue edellä mainittuja ominaisuuksia. Lisäksi metadatan hallinta olisi erittäin työlästä, mikäli tämän suunnittelujärjestelmän sisältämää dataa tulisi voida revisioida. Tällaisen suunnittelujärjestelmän ei tarvitsisi sisältää piirustusten viimeisimpiä revisioita tai toimia muutoinkaan reaaliaikaisena suunnittelutiedonhallintajärjestelmänä, koska PDM-järjestelmä on tätä varten. Suunnittelujärjestelmän ainoa tarkoitus olisi mahdollistaa suunnitteludatan jakaminen ja uudelleenkäyttö globaalilla tasolla. Nykyinen PDM-järjestelmä ei mahdollista tätä, koska sitä ei käytetä globaalisti ja sen hakukriteerit ovat melko rajoittuneet. Suunnittelutiedon tehokkaampi uudelleenkäyttö parantaisi suunnittelun tuottavuutta ja aiheuttaisi merkittäviä kustannussäästöjä.

## 7.4 Komponenttien ja teräsrakenteen valmistus

### 7.4.1 Komponenttivarientit

Kirjoittajan kokemusten mukaan teollisuusnostureiden nykyinen tuoterakenne sisältää huomattavan määrän variantteja, joille ei välttämättä ole tarvetta tai riittävää perustetta. Lisäksi moduulien väliset rajapinnat ja niihin liittyvät toimitussisällöt eivät ole aina kaikkien osapuolten tiedossa.

Nosturin virtarauta, eli päätykannattajaan kiinnitettävä virroittimien tukirauta, on esimerkki molemmista edellä mainituista ongelmista. Virtaraudasta on olemassa useita eri variaatiota, jotka voitaisiin korvata yhdellä, koottavalla mallilla. Virtaraudan kiinnitystapoja on neljä, joista kullekin on omat mallinsa. Nämä variantit voitaisiin korvata modulaarisella ratkaisulla, joka perustuisi jo käytössä oleviin ainesputkiin ja putkikiinnikkeisiin. Tällöin tarvittavien tuotenimikkeiden määrä vähenisi huomattavasti ja lisäksi päätykannattimiin tarvittaisiin poraukset vain yhdelle virtarautamallille. Lisäksi virtaraudan kustomointi onnistuisi helposti katkaisemalla ainesputket sopivan mittaisiksi. Tämä modulaarinen virtarauta on esitetty kuvassa 7.3.



*Kuva 7.3. Nosturin modulaarinen virtarautamalli.*

Komponenttitehdas käyttää eri moduulien toimitussisällön määrittämiseen erilaisia konfiguraattoreita. Konfiguraattorit ovat ongelmallisia tilauksissa, jotka eivät sisällä kaikkia tyypillisiä tilausrivejä. Konfiguraattori määrittää esimerkiksi virtaraudan mallin päätykannattimen tyyppin perusteella, ja mikäli tilaus ei sisällä päätykannattimia, konfiguraattori ei huomioi virtarautaa lainkaan. Tämä on selvä ongelma, koska virtarauta kuuluu aina virransyöttöpakettiin. Tällainen ongelma voitaisiin ratkaista korvaamalla tarpeettomat variantit helposti säädettävillä yleismalleilla. Tällöin variantteja ei tarvitsisi määrittää konfiguraattorilla, vaan toimitussisältöön kuuluisi aina sama malli. Tämä selkeyttäisi myös tilauskäytäntöä, koska komponenttipaketin mukana tilataan usein uusi virtarauta myös olemassa olevaan nosturiin. Tällaisissa tilanteissa projektipäällikön on mahdotonta tietää, mikä malli tai variantti pitäisi toimittaa, jolloin asia aiheuttaa epäselvyyttä myös komponenttitehtaalla. Epäselvä tilaus puolestaan johtaa toisinaan siihen, ettei virtarautaa toimiteta lainkaan, koska tarkkaa mallia ei tiedetä.

### 7.4.2 Kommunikaatio epäselvissä tilanteissa

Epäselvien tilausten on usein havaittu johtavan toimituspuutteisiin. Mikäli tilauksissa on puutteita, ristiriitoja tai epäselvyyksiä, niihin ei kirjoittajan kokemuksen mukaan aina reagoida tilanteen vaatimalla tavalla. Koska projektipäälliköt toimivat komponentti- ja nosturivalmistuksen sekä myyntiorganisaation välisenä rajapintana, heillä on paras käsitys siitä, mitä kulloinkin pitäisi toimittaa. Epäselvissä tilanteissa heillä on myös parhaat edellytykset selvittää toimitussisältöä koskevat kysymykset myyntiorganisaation kanssa. Tästä syystä komponenttitehtaan tulisi kommunikoida projektipäällikön kanssa, mikäli tilaukseen liittyy epäselvyyksiä tai ristiriitoja.

Komponenttilauksiin liitetään usein havainnollistavia dokumentteja, kuten piirustuksia, valokuvia sekä erilaisia ohjeistuksia. Tilauksessa voidaan viitata esimerkiksi liitteenä olevan valokuvan tiettyyn osaan, jolloin kuvan niin sanottu ylimääräinen data saattaa aiheuttaa tilauksen teknisten lausekkeiden kanssa ristiriidan. Vastaava tilanne liittyy erityisesti viitteellisiin nosturipiirustuksiin, joiden kaikki ominaisuudet eivät täsmää komponenttilauksen määrittelyitä. Tällaisissa tilanteissa komponenttitehtaan tulisi pyytää projektipäälliköltä selvitystä oikeasta menettelystä, jotta toiminta ei perustuisi arvaukseen. Lisätietopyynti jää kuitenkin usein tekemättä, jolloin toimitussisältö ei aina vastaa haluttua.

On perusteltua olettaa, että kaikkia epäselvyyksiä ei voida aina tiedustella projektipäälliköiltä, koska asiat voidaan joutua ratkaisemaan nopeasti. Tällaisia tilanteita varten tulisi olla selvä protokolla, jotta kukin osapuoli tietäisi, miten ongelmatilanteet ratkaistaan. Tällöin nämä ristiriitatilanteet myös vähenisivät, koska päätökset voitaisiin perustaa ohjeistukseen olettamusten sijaan.

### 7.4.3 Paikalliset komponenttihankinnat ja teräsrakennemuokkaukset

Kuten edellisessä luvussa todettiin, paikalliset komponenttihankinnat ja teräsrakennemuokkaukset aiheuttavat konsernitasolla tarkasteltuna useita ongelmia. Tällainen toiminta perustuu täysin myyntiorganisaation tuloksen parantamiseen, koska käytännössä kaikki paikallisesti toteutettavat ominaisuudet voitaisiin lisätä jo komponentti- ja nosturivalmistuksen yhteydessä. Teräsrakenteen muutokset ja nosturin ominaisuuksien lisääminen vaatii huolellista suunnittelua ja asiantuntemusta. Myyntiorganisaatioilla ei voida olettaa olevan tällaista osaamista, jolloin näiden muutostöiden luotettavuutta ei myöskään voida taata.

Kirjoittajan näkemyksen mukaan edellä kuvatut paikalliset muutostyöt tulisi estää, koska ne voivat pahimmassa tapauksessa aiheuttaa kuorman putoamisen ja täten mahdollisesti henkilö- tai materiaalivahinkoja. Konecranesin tulisi puuttua tällaiseen toimintaan, koska tällaiset epäluotettavuustekijät voivat vaikuttaa koko konsernin imagoon. Lisäksi tällaisiin muutostöihin liittyvät takuuasiat voivat olla haastavia, koska muutoksia ei välttämättä ole dokumentoitu mitenkään. Dokumentaation puute tai sen virheellisyys onkin eräs merkittävä seikka, jonka takia edellä kuvatut muutostyöt tulisi estää. Kirjoittajan näkemyksen mukaan toimitettujen nostureiden dokumentaation täydellisyys

ja paikkansapitävyys on osa koko yrityksen imagoa ja luotettavuutta, joten niihin tulisi kiinnittää erityistä huomiota. Konecranesin tuotevalikoimaan kuuluu nostureiden kunnon etävalvonta, joten myös tästä syystä nostureiden toimitussisällöt ja ominaisuudet tulisivat olla täsmällisesti dokumentoidut.

#### 7.4.4 Nosturidokumentaatio

Nosturidokumentaatio eli sekä huoltopiiriin että asiakkaalle toimitettavat dokumenttimapit ovat hyvin tärkeä osa nosturitoimitusta. Dokumentit ovat tavallisesti koko nosturitoimituksen edullisin osa, mutta nykykäytännön mukaisesti ne aiheuttavat usein merkittäviä kustannuksia tai tulomenetyksiä. Komponenttitehdas toimittaa nosturidokumentaation komponenttipaketin mukana. Dokumentaatio on kirjoittajan kokemusten mukaan kuitenkin lähes poikkeuksetta myöhässä tai dokumentit jäävät kokonaan toimittamatta. Dokumenttien seuraaminen jää tällöin projektipäällikön vastuulle, jolloin ne aiheuttavat ylimääräisiä kustannuksia.

Dokumenttien myöhästyminen tai puuttuminen aiheuttaa vuositasolla merkittävät tulomenetykset. Tämä johtuu siitä, että dokumenttien puuttuessa tiettyjä maksueriä ei voida laskuttaa asiakkailta, jolloin nämä saavat pääomat eivät myöskään tuota sisäisiä korkotuloja. Tällöin noin 60:n euron arvoisen dokumenttipaketin myöhästyminen voi aiheuttaa useiden satojen eurojen korkomenetykset, mikäli kyseessä on tavallista arvokkaampi teollisuusnosturi.

Myöhästelyn lisäksi dokumenttitoimitukset ovat toisinaan puutteellisia. Pääosa nosturidokumentaatiosta generoidaan automaattisesti PDM-järjestelmään ERP-järjestelmästä haetun tiedon perusteella. Vakiodokumenttien ja toimitussisällön kanssa ei tavallisesti ole ongelmia. Ongelmat kuitenkin syntyvät jossain määrin poikkeavista tilauksista, joissa esimerkiksi radio-ohjaimen toimittaja on muu kuin Konecranesin niin sanottu vakiotoimittaja. Tällöin radio-ohjaimien ohjekirjat joudutaan syöttämään PDM-järjestelmään manuaalisesti. Tällaisissa tilanteissa nämä manuaalisesti syötettävät dokumentit jäävät usein puuttumaan, jolloin dokumenttimapit joudutaan korjaamaan ja toimittamaan uudelleen. Vastaava ongelma liittyy erikoisiin dokumenttimappeihin, joihin halutaan esimerkiksi kaikkien kuormaa kantavien elementtien materiaalidistukset. Nämä materiaalidistukset jäävät usein joko kokonaan saamatta tai sitten ne jäävät tulostumatta dokumenttimappeihin.

Dokumenttimapit toimitetaan yleensä jokaisen nostin- tai nosturitilauksen yhteydessä. Kukin tilaus sisältää tavallisesti 1–4 dokumenttimappia, keskiarvon ollessa noin kaksi. Hämeenlinnan tehdas valmisti vuonna 2011 noin 10 000 nostinta, jolloin dokumenttipaketteja on tuotettu arviolta noin 20 000 kappaletta eli noin 400 mappia viikossa. Dokumenttiosaston työkuormaa voidaan siis pitää suurena. Dokumenttiosastolle tulisi palkata yksi tai useampi työntekijä, jotta toimitustäsmällisyyttä voitaisiin parantaa. Esimerkiksi 2000 euroa kuukaudessa ansaitseva työntekijä maksaisi yritykselle vuodessa noin 40 800 euroa, mikäli sivukulujen arviointiin käytetään kerrointa 1,7 (2000 €/kk \* 12kk \* 1,7 = 40 800 €). Tällöin yhden työntekijän kustannus dokumenttimappia kohden olisi noin kaksi euroa.

### 7.4.5 Teräsrakennevariantit ja -valmistus

Konfiguraattoriin on määritetty maakohtaiset laskentaparametrit sekä esiasetetut nosturivalmistuspaikat. Valmistuspaikka vaikuttaa sekä nosturin valmistustunteihin että käytävissä oleviin levy- ja profiilikokoihin. Esimerkiksi levyjen maksimikoot määräytyvät käytävissä olevan hitsausportaalin mukaan, jolloin konfiguraattori rajaa sellaiset levykoot pois, jotka eivät mahtuisi hitsausportaalin sisään.

Suomessa on käytössä 47 eri profiilipalkkikokoa ja Saksassa puolestaan 70. Käytännössä tämä tarkoittaa lähes kaikkia 140–600 mm:ä korkeita HEA, HEB ja IPE-profiilipalkkeja, joista osa on lisäksi saatavilla sekä S235- että S355-teräslaatuina. Koko profiilipalkkivalikoimaa käyttämällä voidaan minimoida sekä nosturin kokonaismassa että teräsrakennekustannukset. Kirjoittajan näkemyksen mukaan profiilivalikoimaa tulisi kuitenkin rajata merkittävästi. Kun eri palkkikokoja tai -tyyppejä olisi vähemmän, palkkeja voitaisiin hankkia varastoon, jolloin teräsrakenteen toimitusaika lyhenisi. Lisäksi suppeampi valikoima kasvattaisi kunkin vaihtoehdon volyyymia, jolloin palkkien ostokustannukset voisivat olla matalammat. Varastoon ostaminen aiheuttaisi vastaavasti sekä suoria että epäsuoria kustannuksia, kuten materiaalihukasta, varastoinnista ja sitoutuneesta pääomasta aiheutuneet kustannukset. Mikäli alemmasta ostohinnasta saavutettava säästö ylittäisi edellä mainitut kustannukset, palkkien varastoon ostaminen olisi kannattavaa.

Vaikka palkit ostettaisiin nykykäytännön mukaisesti yksittäin, suoraan terästoimittajalta, toimitusaikaa voitaisiin lyhentää supistamalla palkkivalikoimaa. Tällöin palkkien menekistä voitaisiin esittää tarkempia ennusteita, jolloin terästoimittaja voisi varautua asiaan riittävällä kapasiteetilla.

Kirjoittajan näkemyksen mukaan jokaisella nosturitehtaalla tulisi olla suuntausjigi. Tällöin teräsrakennevalmistus olisi riippumaton komponenttitoimituksista, liitoslevyjä lukuun ottamatta. Liitoslevyt voitaisiin toimittaa etukäteen esimerkiksi kuriirilla tai postipaketina, jolloin päätykannattimia ei tarvitsisi kuljettaa nosturitehtaalte ennen muita komponentteja. Näin voitaisiin poistaa teräsrakenteen valmistusaikatauluun liittyvä riskitekijä ja mahdollisesti myös säästää kuljetuskustannuksissa.

## 7.5 Nosturin kokoonpano

Pienikokoisen SP11 tai SP12-luokan nosturin kokoonpano on pääosin yksinkertaista. Mikäli nosturissa on pienikokoiset nostomoottorit, ja täten myös pienikokoiset virransyöttökaapelit, sekä lisäominaisuuksien määrä on vähäinen, nosturin kokoonpano on käytännössä vain mekaanisten yhteen liittämistä. Kirjoittajan kokemuksen mukaan tällaiset mekaaniset kokoonpanotyöt onnistuvat uusiltakin nosturivalmistajilta melko vattomasti ja ilman erityisiä ongelmia.

Kustomointia vaativien teollisuusnostureiden kokoonpano on puolestaan toisinaan hyvinkin vaativaa työtä, koska tällaiset nosturit pitävät usein sisällään erilaisia, sähköisiä ominaisuuksia, joiden kytkeminen ja käyttöönotto vaativat erityisosaamista. Käytän-



nössä nosturin kokoonpano edellyttää tällöin sähkömiehen tai jopa automaatioasentajan koulutusta. Kirjoittajan näkemyksen mukaan alan tuotekehitys on johtamassa siihen, että nostureiden ominaisuudet monimutkaistuvat ja erityisesti automaatio-ominaisuudet lisääntyvät. Kokemus on kuitenkin osoittanut, että nosturivalmistusta koskeva ohjeistus ei kuitenkaan kehity tuotteen kanssa samaa tahtia. Tämä tarkoittaa, että uusien ominaisuuksien asennus- ja testausohjeet ovat toisinaan hyvin puutteellisia.

Kokeneet nosturivalmistajat kykenevät asentamaan vaativatkin ominaisuudet ilman ohjeistusta tai puutteellisella ohjeistuksella, mutta tällaisiin tapauksiin liittyvä työnlaatu on osoittautunut toisinaan hyvin alhaiseksi. Tällainen menettely on lähtökohtaisesti väärä, koska virheiden riski kasvaa merkittävästi ja lisäksi virheet voivat johtaa pahimmillaan joko henkilö- tai materiaalivahinkoihin, mikäli ominaisuudet eivät toimikaan halutulla tavalla.

Valmistuksen tasalaatuisuuden tulisi perustua – nosturitehtaasta riippumatta - kattavaan ja ajantasaiseen ohjeistukseen. Kokemus auttaa kaikessa tekemisessä, mutta tilanetta ei tulisi päästää sellaiseksi, että valmistusosaaminen perustuu pääosin tai jopa täysin hiljaiseen tietoon. Nosturitehtaita ei yleensä informoida mitenkään, kun jokin uusi ominaisuus lanseerataan käyttöön. Uusien ominaisuuksien asennukseen ja käyttöönottoon liittyvä ohjeistus tulisi kuitenkin toimittaa nosturitehtaille hyvissä ajoin ennen ominaisuuksien lanseeraamista. Tällöin nosturitehtailla olisi aikaa tutustua ohjeistuksiin ja ryhtyä tarvittaessa toimenpiteisiin, mikäli ohjeistuksessa on epäselvyyksiä tai uudet tehtävät vaativat uusia työvälineitä tai erikoisosaamista.

Uusia tuotteita tai ominaisuuksia ei tulisi lanseerata ennen kuin niihin liittyvä valmistusdokumentaatio on kunnossa. Muutoin on suuri riski, että valmistustehokkuus ja –laatu kärsivät, jolloin myös toiminnan taloudellisuus heikkenee. Uusista tuotteista ja ominaisuuksista tulisi myös informoida tarvittavilta osin koko toimitusketjua. Erityisesti myyntiin ja myynnin tukifunktioihin liittyvän henkilöstön olisi tärkeä tuntee nostureiden uudet ominaisuudet, niiden käyttötavat ja –kohteet sekä tekninen toteutus, jotta niistä osattaisiin keskustella ja niitä osattaisiin myydä ja valmistaa parhaalla mahdollisella tavalla. Kirjoittajan kokemuksen mukaan tuotekoulutuksia ei pidetä joko ollenkaan tai niitä pidetään liian harvoin.

## **7.6 Nosturin toimitus, asennus ja käyttöönotto**

Suurikokoiset teollisuusnosturit kuljetetaan tavallisesti aina osissa nosturitehtaalta työmaalle, jotta kuljetuskustannukset olisivat mahdollisimman alhaiset. Nostureiden kasaaminen työmaalla on hyvin hidasta ja työlästä, koska nosturiasentajat eivät kasa nostureita päivittäin, vaan heidän toimenkuvaansa kuuluu paljon muitakin tehtäviä. Tästä syystä nostureiden kasaaminen vie huomattavasti enemmän aikaa työmaalla kuin nosturitehtaalla. Kokonaisuena kuljetus on huomattavasti kalliimpaa kuin osissa kuljetus, mutta vastaavasti tällä voidaan säästää aikaa työmaalla. Nosturikuljetus tulisikin arvioida tapauskohtaisesti, jotta toiminta olisi mahdollisimman taloudellista.

Nosturitoimituksen pitäisi tavallisesti sisältää kaikki nosturin asennuksessa ja käyttöönotossa tarvittavat osat ja komponentit. Nosturitoimituksista kuitenkin puuttuu toisinaan yksittäisiä osia, kuten ruuveja, puskureita, virtarautoja ja niin edelleen. Edellä mainittujen osien hankintahinta on hyvin alhainen mutta pienikin puute voi aiheuttaa hyvin suuret kustannukset, mikäli korvaavaa osaa ei saada toimitettua samana päivänä, jolloin puute on havaittu. Suuri osa edellä mainituista puutteista voitaisiin välttää kuljetamalla nosturit kokonaisena työmaalle. Kuljetustavan arviointiin tulisi olla yksiselitteinen ja yksinkertainen taulukko tai työkalu, jolla tietyn kokoisen nosturin kuljetuskustannuksia voitaisiin verrata asennuskustannuksiin.

Koska pääosa toimituspuutteista tai vioista kohdistuu tietyille tai tietyn tyyppisille nimikkeille, kullakin huoltopiirillä tulisi olla tietynlainen varaosa- ja tarvikevarasto. Tällainen varasto voisi olla tarpeesta riippuen joko huoltopiiri- tai huoltoautokohtainen, jolloin jälkimmäisessä tapauksessa varaosat olisivat aina käden ulottuvilla. Tällöin yleisimmät puutteet voitaisiin korvata nopeasti ja edullisesti, jolloin jokainen korjattu puute säästäisi toimituskulut, matkakulut, työkuustannukset sekä mahdolliset nostolaittevuokrat. Tällöin jo muutamien puutteiden korjaaminen varaosavaraston avulla aiheuttaisi vuositasolla merkittävät säästöt. Lisäksi nosturit voitaisiin ottaa nopeammin käyttöön, jolloin myös käyttöönottoa koskeva maksuerä voitaisiin laskuttaa aiemmin.



**Kuva 7.4.** Nosturiasennuksen ensimmäinen vaihe, jossa pääkannattajat nostetaan rekan lavalta hallin lattialle.



**Kuva 7.5.** Nosturiasennuksen toinen vaihe, jossa pääkannattajat nostetaan nosturiradalle.

Kuvissa 7.4 ja 7.5 on esitetty eräs tavallista vaativampi nosturiasennustapahtuma. Hallin sijainti ja lattiassa oleva syvennys estävät auton peruuttamisen kokonaan hallin sisään, jolloin nosturin pääkannattaja joudutaan nostamaan auton lavalta pienen mobiilinosturin avulla. Nosturirata on kuitenkin niin lähellä rakennuksen kattoa, että hallin pääkannattajia ei voida nostaa radalle hallin sisäpuolelta. Tästä syystä pääkannattaja asetetaan aluksi hallin lattialle siten, että pääkannattajan keskikohta on rakennuksen katossa olevan aukon kohdalla. Tämän jälkeen pääkannattaja nostetaan nosturiradalle rakennuksen ulkopuolella olevan mobiilinosturin avulla. Tilannetta monimutkaistaa se, että ulkopuolella oleva mobiilinosturi vaatii suuren määrän vastapainoja pysyäkseen pystyssä. Vastapainojen asentaminen puolestaan vaatii erillisen mobiilinosturin käyttöä.

Edellä kuvattu esimerkkitapaus osoittaa, miten tärkeää asennustapahtuman ennako-suunnittelu on. Nosturiasennukset voivat vaatia useita erillisiä nostoja ja nostovälineitä, jolloin niiden tarve ei saa tulla yllätyksenä. Juuri tästä syystä huoltopäällikön tulisi toimittaa asennussuunnitelma projektipäällikölle hyvissä ajoin ennen nosturivalmistusta, jotta tarvittavat toimenpiteet voitaisiin ottaa huomioon.

## 7.7 Laadunvalvonta ja laatupoikkeamien käsittely

Konecranesin laatu politiikan mukaan jokainen nosturissa havaittu vika tai epäkohta tulee raportoida laatu poikkeamana tätä varten kehitettyyn ProQ-järjestelmään. Vian tai epäkohdan havaitsijan tai hänen esimiehensä on viipymättä avattava laatu poikkeamaraportti, jotta ongelma voidaan tutkia ja ryhtyä tarvittaessa toimenpiteisiin. Laatu poikkeamaraporttien avulla kerätään tietoa toimitusprosessissa systemaattisesti toistuvista epäkohdista, jotka pyritään sitten eliminoimaan vakavuusjärjestyksessä.

### 7.7.1 Laatu poikkeamat

ProQ-järjestelmään raportoidaan sekä sisäiset eli tuotanto- tai käyttöönottovaiheessa havaitut että ulkoiset eli asiakkaalle luovutetussa tuotteessa havaitut laatu poikkeamat. Esimerkiksi nosturin asennusvaiheessa havaittu viallinen komponentti raportoidaan ProQ-järjestelmään, josta raportti etenee käsittelyyn ja viallisen komponentin tilalle lähetetään korvaava tuote. Käytännössä tämä prosessi ei ole kuitenkaan näin yksiselitteinen. Laadunvalvontajärjestelmän suurin ongelma on sen hitaus. Käsittelemättömät laatu poikkeamaraportit jaotellaan päivittäin eri kiireellisyysluokkiin, jotta ne voidaan käsitellä oikeassa järjestyksessä. Kiireellisinä aikoina raporttien määrä on suuri, jolloin niiden käsittely voi kestää useita päiviä. Lisäksi suuri osa nostureissa käytettävistä osista ja komponenteista ostetaan eri toimittajilta eikä niitä varastoida. Tämä aiheuttaa kiireellisissä tapauksissa ongelman, koska korvaava osa voidaan tarvita välittömästi, jotta nosturin käyttöä tai työskentelyä voidaan jatkaa.

Edellä mainittu ongelma on kirjoittajan kokemusten mukaan johtanut siihen, että ProQ-järjestelmää ei aina haluta käyttää. Erityisesti nosturiasentajat pyrkivät välttämään laatu poikkeamaraporttien avaamista, koska he tiedostavat järjestelmän heikkoudet. Mi-

käli työmaalle toimitettavasta nosturista puuttuu joitakin osia, huoltomiehet pyrkivät hankkimaan osat paikallisesta rautakaupasta tai tilaamaan ne pikatoimituksena Konecranesin varaosavarastosta. Tällaiset laatuvirheistä aiheutuvat kustannukset lisätään tyyppillisesti nosturin asennuslaskuun. Asennuslaskuja ei aina eritellä tarkasti, jolloin asennuskustannusten vertailukelpoisuus heikkenee. Tällaiset kustannukset eivät näy ProQ-järjestelmässä, jolloin kaikkia laatuksannuksia ei voida määrittää. Lisäksi tällainen menettely saattaa hidastaa tiettyjen ongelmien ratkaisemista, koska niiden todellista suuruusluokkaa ei tiedetä.

Kirjoittajan havaintojen mukaan laatupoikkeamaraportteihin ei aina reagoida riittäväällä vakavuudella. Esimerkiksi uusia komponentteja ei välttämättä haluta toimittaa kadonneiden tilalle, mikäli kadoksissa olevia osia ei ole etsitty laatuosaston mielestä riittävästi. Tämä on lähtökohtaisesti hyvä asia, mutta kadonneiden osien etsimiseen ei aina voida käyttää aikaa, koska uusi osa on toimitettava välittömästi. Lisäksi edullisten osien ja komponenttien etsiminen maksaa usein enemmän kuin uusien osien toimittaminen, jolloin niiden etsintä ei ole taloudellisesti kannattavaa.

Laatupoikkeamien käsittelyn ensisijaisen tarkoituksen tulisi aina olla poikkeamien korjaaminen mahdollisimman nopeasti ja taloudellisesti. Mikäli työmaalle saapuvasta nosturista puuttuu esimerkiksi 30 euron arvoinen virtarauta, puute saattaa aiheuttaa 1000–2000 euron kustannukset, jos korvaavaa osaa ei saada toimitettua saman päivän aikana. Tällöin nosturiasentajat joutuvat käymään uudelleen työmaalla ja puuttuvan komponentin asentaminen vaatii usein lisäksi henkilönostimen vuokraamisen.

Varaosavarastolla tulisi olla varaosien lisäksi myös laatupoikkeamien korjaamista varten varastoituja tuotteita. Ideaalitulanteessa laatupoikkeamat käsiteltäisiin siten, että niistä selvitetään aluksi ainoastaan tarvittavat osat ja komponentit sekä toimituksen kiireellisyys. Mikäli toimituksella on kiire, korvaavat osat tilattaisiin varaosavarastolta pikatoimituksena. Tällaisten tilausten tulisi olla varaston ensisijaisia töitä, jolloin ne käsiteltäisiin ennen tavallisia varaosatilauksia ja osat saataisiin lähetettyä lähes välittömästi.

Eräs laatupoikkeamien käsittelyyn nykyään liittyvä ongelma on kustannusten allokointi. Laatupoikkeamiin pyritään aina etsimään juurisyy eli missä ja miten poikkeama on aiheutunut. Tällöin myös poikkeamasta aiheutuneet kustannukset osoitetaan juurisyyyn aiheuttaneelle osastolle. Kirjoittajan kokemusten mukaan tietyt osastot eivät aina ota vastuuta aiheuttamistaan poikkeamista, jolloin tutkinta vaikeutuu ja aiheuttaa ylimääräisiä käsittelykustannuksia. Lisäksi tietyissä tapauksissa tällainen kustannuksista kiistely saattaa estää tai viivästyttää uusien komponenttien toimituksen.

### **7.7.2 Lautupalaute ja laadun kehittäminen**

Konecranes pyrkii kehittämään toimitusprosessien laatua niin sanotulla QIP-toiminnalla (Quality Improvement Process). QIP-toiminnalla pyritään löytämään kuukausittain kriittisimmät poikkeamalähteet ja kehittämään niihin ratkaisuja. Erityisesti tuotantoon liittyvillä toiminnoilla on omat QIP-tiimit, jotka kokoontuvat kuukausittain. Kunkin tiimin

tavoitteena on esittää vuosittain 12 päätöstä, jolla sisäistä ja ulkoista laatua voidaan parantaa.

Tiimit koostavat poikkeamista erilaisia kuukausiraportteja, joita voidaan joissakin tapauksissa jakaa eteenpäin toisille osastoille. Kirjoittajan kokemuksen mukaan nämä raportit eivät kuitenkaan kulkeudu kaikkien asianomaisten tietoon ja erityisesti tuotannon ulkopuoliset toiminnot, kuten projektipäälliköt, jäävät tavallisesti tämän jakelun ulkopuolelle. Jotta laatu järjestelmä toimisi tehokkaasti, toimitusprosessin jokaisen vaiheen tulisi saada asiakkailtaan lautupalautetta eli edellä mainittuja kuukausiraportteja. Tällöin virheistä voitaisiin oppia ja järjestelmä kehittäisi itse itseään. Mikäli palautetta ei tule, ongelmia ei tiedosteta eikä toimintatapoja voida tällöin korjata.

Jotta toimitusprosessi toimisi mahdollisimman laadukkaasti ja tehokkaasti, prosessin jokaisen vaiheen tulisi tuntea prosessin seuraava vaihe. Tällöin esimerkiksi myyjien tulisi tuntea projektipäälliköiden työtehtävät, jotta he voisivat tarkastella omaa toimintaansa projektipäälliköiden näkökulmasta. Sama tilanne koskee koko toimitusketjua. Tällä hetkellä prosessituntemus rikkoutuu erityisesti eri organisaatioiden rajapinnoissa. Esimerkiksi NEI CC:n projektipäälliköt eivät tunne komponenttitehtaan tilauksien käsittelyyn liittyviä toimintatapoja täydellisesti, kuten myöskään myyntiorganisaatiot eivät tunne projektipäälliköiden toimintatapoja. Prosessituntemus auttaisi eri osapuolia tuottamaan asiakasprosesseilleen optimaalista laatua, koska tällöin kutakin työvaihetta osattaisiin ajatella asiakkaan näkökulmasta. Tällöin olisi perusteltua olettaa, että työn laatu paranisi, koska heikkolaatuisen työn vaikutukset tiedostettaisiin paremmin.

## 8 PÄÄTELMÄT

Konecranesin CXT- ja XN-teollisuusnosturit konfiguroidaan aina asiakaskohtaisesti. Nostureiden toimitusprosessi on päätasolla hyvin suoraviivainen mutta yksityiskohtaisemmin tarkasteltuna voidaan havaita, että siinä on runsaasti varioituvuutta. Kustomoidut eli vakiotuotevalikoimaan kuulumattomia ominaisuuksia sisältävät nosturit muuttavat toimitusprosessin hyvin erilaiseksi ja monilta osin haastavammaksi. Prosessin haasteellisuus kasvattaa virhemahdollisuuksien määrää, jolloin myös toiminnan taloudellinen kannattavuus voi heikentyä.

Kustomoitujen teollisuusnostureiden toimitusprosessi on hyvin laaja aihe. Prosessi sisältää useita eri päävaiheita, joista kukin olisi sellaisenaan riittävän laaja yksittäiseksi tutkimuskohteeksi. Prosessin päävaiheilla on suurin vaikutus toiminnan taloudelliseen kannattavuuteen, koska esimerkiksi väärä prosessijärjestys päätasolla aiheuttaa varmasti enemmän kustannuksia kuin väärä prosessijärjestys alitasolla. Tästä syystä toimitusprosessin tutkiminen on kannattavaa aloittaa päätasolta. Tällöin myös mahdolliset ongelma-kohteet voidaan korjata ennen tarkastelutason siirtämistä syvemmälle aliprosesseihin, jolloin myös kehitystyöllä on edellytys tapahtua tehokkaasti ja taloudellisesti.

Tutkimuksen niin sanottuna välituloksena havaittiin, että toimitusprosessin päätason vaiheet vastaavat ideaalista prosessimallia. Päätason prosessi toimii siis teoriassa oikein mutta käytännössä prosessissa tapahtuu vakava poikkeama aina, kun tarjoussuunnitteluvaihe ohitetaan. Ohitusta ei saisi sallia, koska se aiheuttaa ylimääräistä kuormitusta koko toimitusprosessiin ja lisäksi tällaisten nosturitoimitusten taloudellinen kannattavuus on hyvin kyseenalaista.

Tutkimuksen tarkastelutaso pyrittiin säilyttämään mahdollisimman lähellä pääprosesseja, jotta työn tuloksilla olisi mahdollisimman suuri vaikutus toimitusprosessin tehokkuuteen, mikäli kehitysehdotukset päätettäisiin toteuttaa. Detaljitaso ongelmien luonne on pyritty paljastamaan esittämällä yksittäisiä esimerkitapauksia tai -tilanteita. Vaikka ne eivät ole työn ensisijaisia tutkimuskohteita, yksityiskohtien esittäminen antaa paikoittain viitteitä isompiin ongelmiin ja luo täten pohjan mahdollisille jatkotutkimuskohteille.

Työn tavoitteena oli esittää useita kehitysehdotuksia, joilla toimitusprosessia voitaisiin parantaa. Kirjoittajan näkemyksen mukaan tämä tavoite toteutui hyvin, koska ehdotuksia esitettiin runsaasti. Työn tärkeimpänä tuloksena voidaan pitää yleisen kommunikaation puutetta koko toimitusprosessissa. Tutkimuksen aikana havaittiin, että prosessin eri päävaiheiden työntekijöillä ei ole tavallisesti juurikaan tietämystä seuraavan vaiheen toimenkuvasta tai työtavoista. Täten kussakin vaiheessa tehdään erilaisia oletuksia siitä, millaiset lähtötiedot riittävät seuraavan vaiheen suorittamiseen, ja miten seuraava vaihe

suoritetaan. Esimerkiksi myyjät eivät tiedä, miten projektipäälliköt käsittelevät myyjien lähettämät nosturitulaukset. Vastaavasti projektipäälliköt eivät tiedä, miten sähkösuunnittelu näkee projektipäälliköiden laatimat komponenttitilaukset. Prosessin jokainen vaihe käsittelee nosturitoimitukseen liittyvää dataa hieman eri tavoin. Tästä syystä kunkin vaiheen työntekijöiden olisi ensisijaisen tärkeää tuntea seuraavan vaiheen toimintatavat. Tämä ongelma voitaisiin ratkaista säännöllisin väliajoin järjestettävillä tilaisuuksilla, joissa prosessin peräkkäisten vaiheiden työntekijät pääsisivät kertomaan omista työtavoistaan, työn sisällöstä ja antamaan palautetta, miten toimintaa voitaisiin kehittää. Toisin sanoen prosessi tulisi muuntaa asiakaslähtöiseksi. Asioita tulisi tehdä asiakasprosessien ehdoilla, jolloin tuotettaisiin asiakasprosessia parhaiten palvelevaa dataa ja tuotteita parhaiten sopivaan aikaan. Työn aikana tuotettu prosessikaavio on esitetty liitteessä 3. Kaaviossa on esitetty vain prosessin tärkeimmät vaiheet ja tehtävät sekä niiden vastuhenkilöt tai -yksiköt.

Edellä mainittu kommunikaatio-ongelma pätee myös prosessin tuottamaan palautteeseen. Komponenttitehtaan sisäiset toiminnot antavat toisilleen jatkuvaa palautetta, jolloin kyseistä prosessivaihetta voidaan pitää itsesäätyvänä, koska toimintaa pyritään kehittämään. Tätä vaihetta lukuun ottamatta muut vaiheet eivät tavallisesti saa minkäänlaista palautetta, ellei työsuoritus ole ollut täysin epäonnistunut. Tällöin työvaiheet suoritetaan rutiininomaisesti, tutun kaavan mukaisesti, koska seuraavilta työvaiheilta ei saada minkäänlaista ohjaussignaalia. Tämä liittyy osittain edellä kuvattuun prosessituntemukseen sekä erityisesti yleisen palautejärjestelmän puuttumiseen. Yksittäisellä työntekijällä ei ole kunnollista foorumia, jossa havaitut ongelmat voitaisiin esittää. Tämän lisäksi nykyistä toimintakulttuuria tulisi kehittää suuntaan, jossa tehdystä työstä annettaisiin avoimemmin palautetta, riippumatta palautteen laadusta. Paremmalla kommunikaatiolla saavutettaisiin itseohjautuva prosessi, jolla monet tässäkin työssä esitetyt ongelmat voitaisiin korjata.

Erityisesti tehdyn työn laatuun ja kustannustehokkuuteen vaikuttavista asioista tulisi keskustella enemmän. Tämän tiedon tulisi välittyä prosessin loppupäästä kohti prosessin alkua, jotta virheitä ei toistettaisi. Erityisesti myyjien, suunnittelijoiden ja projektipäälliköiden tulisi saada huomattavasti nykyistä enemmän palautetta toteutuneista kustannuksista ja myös toimenpiteistä, joilla näitä kustannuksia voitaisiin alentaa. Esimerkiksi tarjoussuunnittelijat eivät saa tietoa, miten heidän määrittämänsä tarjoukset ovat onnistuneet ja vastaavasti teräsrakennesuunnittelijat eivät tiedä, millaisia ongelmia suunnitelmissa on esiintynyt.

Nosturitoimitusten jälkilaskenta eli lopullisen katteen määrittäminen jää tavallisesti vain tiettyjen henkilöiden tietoon. Esimerkiksi projektipäälliköt eivät saa tietoa koko projektin kustannuksista ja katteesta, mikäli he eivät itse tee näitä laskelmia. Käytännössä kukin tulosityksikkö näkee vain oman tuloksensa, jolloin konsernitason tulos voi jäädä epäselväksi. Tällöin esimerkiksi myyjät eivät välttämättä tiedä nosturin todellisia kuljetuskustannuksia, koska myyntiorganisaatiolta laskutetaan konfiguraattoriin määritetty kustannus. Vastaavasti nosturin kuljetuksesta vastaava tulosityksikkö, ja mahdollisesti koko konserni, voi tällöin jäädä kuljetuksesta huomattavasti tappiolle.

Suunnittelijoille tulisi ehdottomasti järjestää asianmukaiset ja ajantasaiset standardi-kirjastot ja direktiivit, jotta ratkaisut voitaisiin suunnitella standardienmukaisesti. Epä-standardinmukaiset ratkaisut voivat johtaa nostureiden käyttökieltoon ja aiheuttaa suuret muutuskustannukset. Toisaalta uusimpien standardien noudattamatta jättäminen voi aiheuttaa ylimääräisiä kustannuksia, mikäli standardeja on helpotettu.

Toimitusprosessin rahaliikennemallissa on kirjoittajan näkemyksen mukaan liian monta variaatiota. Vaihtelevat käytännöt aiheuttavat epäselvyyttä sekä tilausten käsitte-lyssä että tulosityksiköiden välisissä vastuualueissa. Pääosa epäselvyyksistä liittyy paikallisesti valmistettaviin nostureihin eli tilanteisiin, joissa myyntiorganisaatiot ostavat nosturivalmistukset suoraan paikallisilta nosturitehtailta. Tämä käytäntö toimii erinomaisesti silloin, kun nosturitehdas on uusi yhteistyökumppani tai vain harvoin käytetty. Nykyisin kuitenkin esimerkiksi Puolassa, Itävallassa ja Tanskassa on nosturitehtaita, joita käytetään hyvin usein. Tällaiset nosturitehtaat tulisi lisätä vakioyhteistyökumppaneiden listalle, jolloin projektipäälliköt ostaisivat nosturivalmistuksen ja rahaliikenne kulkisi osaamiskeskuksen kautta. Vastaavasti myyntiorganisaation tulisi aina järjestää nosturin asennus ja käyttöönotto itse, jolloin rahaliikennemalli olisi esimerkiksi Suomessa tältä osin sama kuin muissa maissa.

Kirjoittajan näkemyksen mukaan tärkeimmät kehityskohteet ovat:

1. Prosessitietouden kehittäminen prosessin eri vaiheissa. Kunkin vaiheen tulisi tuntea vähintään omaa vaihetta edeltävä ja seuraava vaihe.
2. Kommunikaation parantaminen prosessin eri vaiheiden välillä.
3. Sisäisen rahaliikennemallin sekä eri maiden toimintatapojen yhdenmukaistaminen. Prosessin tulisi toimia joka maassa pääpiirteittäin samalla tavalla.

Edellä mainitut kehitystoimet ovat suuria ja vaativia operaatioita, joten niiden korjaaminen ei onnistu hetkessä. Toimintatapoja tulisi kuitenkin vähitellen ohjata oikeaan suuntaan, jotta prosessista saataisiin täysi hyöty.



## LÄHTEET

Ahvensalmi, P. 2008. Nosturin valmistusprosessin kehitys. Diplomityö. Tampere. Tampereen teknillinen yliopisto, konetekniikan koulutusohjelma. 96 s.

Alanko, M. 2011. Projektipäällikkö, Konecranes Finland Oy. Hämeenlinna. Haastattelu 29.12.2011.

Andersson, P. H. & Tikka, H. 1997. Mittaus- ja laatu tekniikat. 1. painos. Porvoo, WSOY. 323 s.

Borowski, K.-H. 1961. Das Baukastensystem in der Technik, 1. auflage. Springer-Verlag. 105 p.

Brankamp, K. & Herrmann, J. 1969. Baukastensystematik – Grundlagen und Anwendung in Technik und Organisation. Industrie-Anzeiger 91, pp. 29–33.

Burman, R. 1995. Manufacturing Management: Principles and Systems. 1st edition. Berkshire, McGraw-Hill. 416 p.

Feigenbaum, A. 1961. Total Quality Control: Engineering and Management. New York, McGraw-Hill. 610 p.

Garvin, D. A. 1984. Product Quality: An Important Strategic Weapon. Business Horizons 27, 3, pp. 40–43.

Goetsch, D. & Davis, S. 2010. Quality Management for Organizational Excellence: Introduction to Total Quality. 6th edition. New Jersey, Pearson Education Inc. 652 p.

Groover, M. 2007. Automation, Production Systems and Computer-Integrated Manufacturing. 3rd edition. London, Prentice-Hall. 831 p.

Hannus, J. 1993. Prosessijohtaminen: ydinprosessien uudistaminen ja yrityksen suorituskyky. 2. painos. Espoo, HM & V Research. 368 s.

Helander, M. & Nagamachi, M. 1992. Design for Manufacturability: a Systems Approach to Concurrent Engineering and Ergonomics. 1st edition. London, Taylor & Francis Ltd. 409 p.

Hongisto, M. 2012. Offer Engineer, Konecranes Finland Oy. Hämeenlinna. Haastattelu 22.2.2012.

Kiiskinen, S., Linkoaho, A. & Santala, R. 2002. Prosessien johtaminen ja ulkoistaminen. 1. painos. Porvoo, WSOY. 202 s.

Konecranes: Standard Duty Cranes Components Price List 2012, 15<sup>th</sup> edition. 2012. Hyvinkää, Konecranes. Unpublished price list.

Konecranes: Material Bank. [WWW]. [Referred 15.10.2011]. Available for Konecranes' employees: <http://mykonecranes.com>.

Konecranes: Technical Guide, Characteristics. 2010. Hyvinkää, Konecranes. Unpublished technical documentation. 71 p.

Konecranes: Project Management Training. 18.-21.10.2011. Hyvinkää, Konecranes. Unpublished training material. 500 p.

Konecranes: QIP-review. 26.01.2012. Hämeenlinna. Kuukausittainen laatukokous.

Konecranes: wXN Electric Chain Hoist: For Wind Turbine Applications. 2011. Hyvinkää, Konecranes. Marketing material.

Korhonen, M. 2012. Mechanical Designer, Etteplan Design Center Oy. Hämeenlinna. Haastattelu 27.02.2012.

Kuglin, F. 1998. Customer-Centered Supply Chain Management: a Link-by-Link Guide. 1st edition. New York, AMACOM. 288 p.

Laitinen, E. 2007. Kilpailukykyä hinnoittelulla. 1. painos. Helsinki, Talentum Media Oy. 346 s.

Lapinleimu, I., Kauppinen, V. & Torvinen, S. 1997. Kone- ja metallituoteteollisuuden tuotantojärjestelmät. 1. painos. Porvoo, WSOY. 398 s.

Lehtonen, T. 2007. Modulaarisen tuoterakenteen määrittäminen uuden tuotteen suunnittelussa. Väitöskirja. Tampere. Tampereen teknillinen yliopisto, tuotantotekniikan laitos. 222 s.

Liker, J. 2003. The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer. 1st edition. New York, McGraw-Hill. 330 p.

Lock, D. 2007. Project Management. 9th edition. Hampshire, Gower Publishing Ltd. 520 p.

Lowson, B., King, R. & Hunter, A. 1999. *Quick Response: Managing the Supply Chain to Meet Consumer Demand*. 1st edition. Chichester, John Wiley & Sons Ltd. 304 p.

Merchant, M. E. 1977. The Inexorable Push for Automated Production. *Production Engineering*, January, pp. 45–46.

Mittal, S. & Frayman, F. 1989. Towards a Generic Model on Configuration Tasks. *Proceedings on the Eleventh IJCAI*, pp. 1395–1401.

Moser, K. 2007. *Mass Customization Strategies: Development of a Competence-Based Framework for Identifying Different Mass Customization Strategies*. Munich, Klaus Moser. 296 p.

Outinen, E. 2012. *Team Leader, Electrics; Etteplan Design Center Oy*. Hämeenlinna. Haastattelu 23.2.2012.

Norton, R. 2005. *Machine Design: An Integrated Approach*. 3rd edition. New Jersey, Prentice Hall. 1008 p.

Pahl, G. & Beitz, W. 1986/1990. *Konstruktionslehre, Handbuch für Studium in Praxis*. 2. auflage. Berlin, Springer. Finnish translation: *Koneensuunnitteluoppi*. Metalliteollisuuden kustannus Oy. 623 p.

Riitahuhta, A. & Pulkkinen, A. 2001. *Design for Configuration: a debate based on the 5th WDK Workshop on Product Structuring*. 1st edition. Berlin, Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 230 p.

Roberts, L. 1996. *Prosessireengineering: Prosessien systemaattinen uudelleenrakentaminen*. 1. painos. Helsinki, Oy Rastor Ab. 139 s.

Rope, T. 2005. *Suuri markkinointikirja*. 2. painos. Helsinki, Talentum Media Oy. 645 s.

Simpson, T., Siddique, Z. & Jiao, J. 2006. *Product Platform and Product Family Design: Methods and Applications*. 1st edition. New York, Springer. 563 p.

Stevenson, W. 2008. *Operations Management*. 10th edition. New York, McGraw-Hill/Irwin. 944 p.

Stigzelius, K., Ahonen, E., Riikonen, I., Kakko, K., Haapanen, P., Kamune, V. & Pohjanpalo, Y. 1982. *Konepajatuotteiden modulointi asiaskaslähtöisessä suunnittelussa*. Helsinki, Insinöörijärjestöjen koulutuskeskus 59–82. 100 s.

Sääksvuori, A. & Immonen, A. 2002. Tuotetiedonhallinta – PDM. 1. painos. Jyväskylä, Talentum Oyj. 201 s.

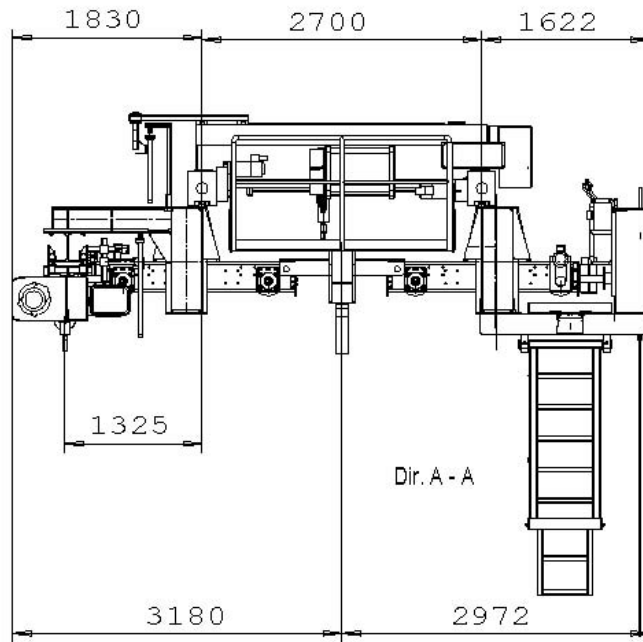
Ulrich, K. & Eppinger, S. 1995. Product Design and Development. 1st edition. New York, McGraw-Hill. 320 p.

Vehkakoski, V. 2012. Manager, Site Operations Development; Konecranes Finland Oy. Hämeenlinna. Haastattelu 18.1.2012.

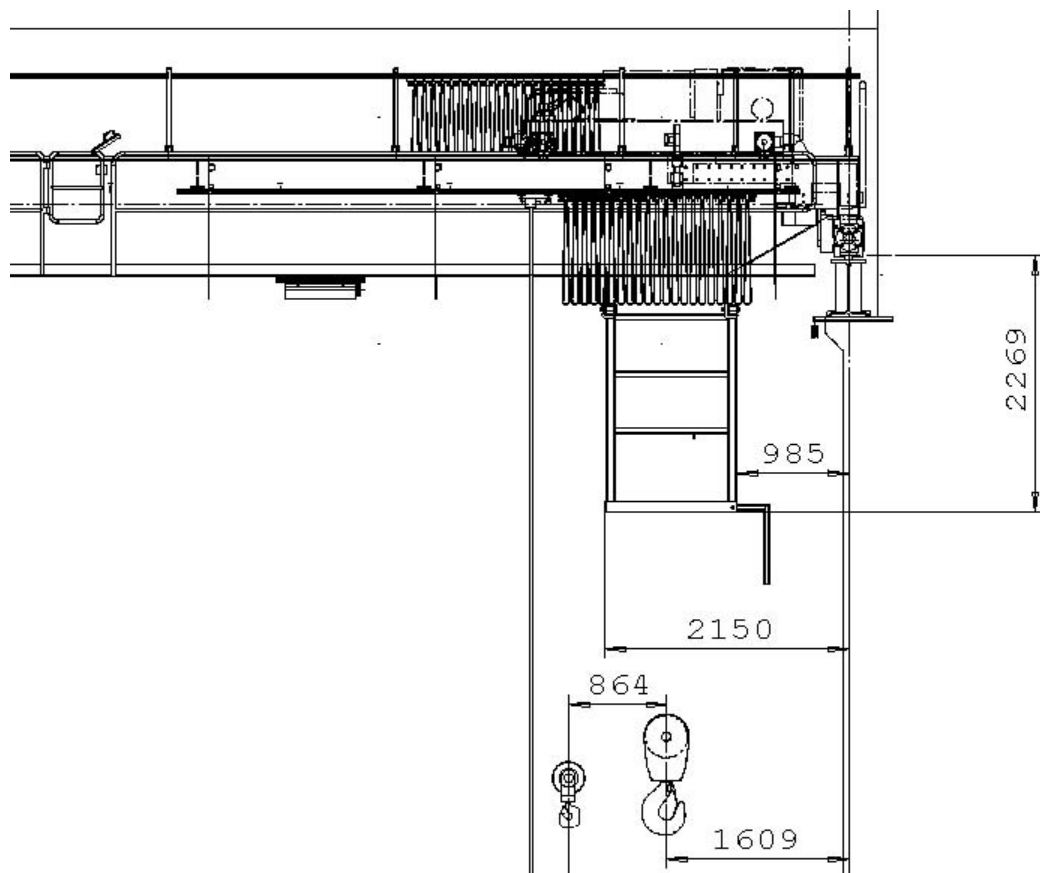
Vollmann, T., Berry, W., Whybark, C. & Jacobs, R. 2005. Manufacturing Planning and Control for Supply Chain Management. 5th edition. New York, McGraw-Hill. 734 p.

Vos, J. A. W. M. 2011. Module and System Design in Flexibly Automated Assembly. 1st edition. MG Delft, DUP Science. 224 p.






**Kuva 2.** Nosturipiirustuksen projektio, jossa nosturi on kuvattu pääkannattajien suunnasta.



**Kuva 3.** Nosturipiirustuksen detailjokuva, josta nähdään sekä pää- että apunostimien virransyötöt.

## LIITE 2: ILM:N PÄÄ- JA LÄHETYSERÄTASOT

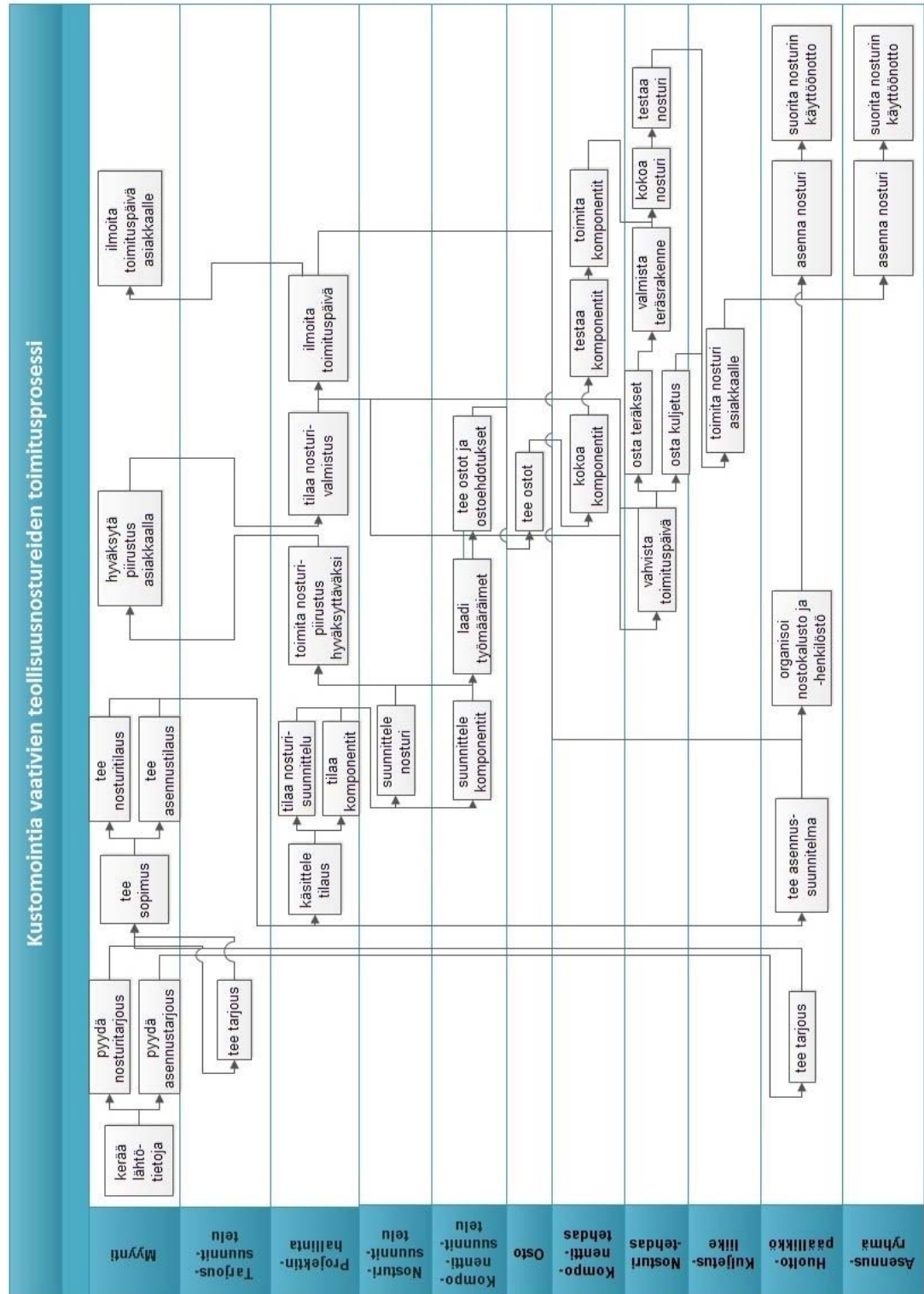
<b>Order No</b> HM002899	Order type 01	Project XD1532	C-Electrics KHHJUK
Source 0	EDI in OK? <input type="checkbox"/>	Order class F1	Unit Code COM
Handled by PIETIVE1		Salesman PIETIVE1	Source3
Order received 21.07.2011		Order date 25.07.2011	Status H90
Customer 21065665	OB <input type="checkbox"/> Inv 001	Currency Code SEK STD	Status EDI <input type="checkbox"/> Confirm
Language code EN	Brand K		No confirmation round <input type="checkbox"/>
Tax code 0		T.O.P. 45PNE	Reps 1 <input type="text"/> 100
Ordered by Sten Vikström		SMA 60	Reps 2 <input type="text"/>
Contact phone		Agent	Invoicing by / shp <input checked="" type="checkbox"/>
Customer's order 31-5648		Commission %	Partial shipment <input type="checkbox"/>
Customer's reference 31-5648		Commission Amt	Warranty Ends <input type="text"/> Orig ref1 <input type="text"/>
Project PEAB Sverige AB		<input type="button" value="Calculate"/>	Confirmation date <input type="text"/> Orig ref2 <input type="text"/>
Crane number 31-5648			C-testing CT6 14.09.2011
Offer number			CE CM CV <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Markman Crane No 028644-89-C45			L/C number <input type="text"/>
Internal reference	Branch		Urgency code <input type="text"/>
Address		Invoicing address	
Konecranes Ab (KCS)		Konecranes AB	
Box 56		Box 56	
S-291 21 KRISTIANSTAD		S-291 21 KRISTIANSTAD	
SVERIGE		SWEDEN	
<input type="button" value="SO ==&gt; PO"/>	<input type="button" value="Text"/>	<input type="button" value="Accept"/>	<input type="button" value="Cancel Order"/>
<input type="button" value="Process order"/>	<input type="button" value="Print Confirmation"/>	<input type="button" value="Payment"/>	<input type="button" value="Print all amounts"/>
	Accepted <input checked="" type="checkbox"/>	Changed by <input type="text"/>	<input type="checkbox"/> .Print internal prices
Accepted (first) <input type="text"/>	Accepted (last) <input type="text"/>	Date <input type="text"/>	<input type="checkbox"/> .Print without discounts
Totals <input type="text"/>	Date <input type="text"/>	Version <input type="text"/>	Original no <input type="text"/>
Total weight <input type="text"/>			

Kuva 1. ILM tilausmoduulin päätaso.

<b>Order No</b> HM002899	Delivery lot no <input type="text"/>	Delivery addr code CHV KONECRANES FINLAND OY	Copy line from <input type="text"/>
Requested Week <input type="text"/>	Ex Works date 19.09.2011	Original Ex-Works 01.09.2011	<input type="checkbox"/> Exact date
Estimated Ex Works 10.10.2011 00:00:00	ETA date <input type="text"/>	Dead Line <input type="text"/>	Packing date 16.09.2011 00:00:00
Mode of Transport ROAD Road transportation	Transporter RITARI	Freight contract no <input type="text"/>	Paid by <input type="text"/>
Trade, Incoterms 2010 CIP CIP	Note <input type="text"/>		
Packing code <input type="text"/>	Delivery Address (KCS via Konecranes Hyvinkää, Finland)	Contact Person <input type="text"/>	Contact Phone <input type="text"/>
	Koneenkatu 8, ovi N2		
Zip Code 05800	HYVINKÄÄ		
Country FI Finland		Weight 0	Status Code L10
Ship to State <input type="text"/>	Global ship to code VNI	Delivery addr code <input type="text"/>	Handled By PIETIVE1
Hold <input type="checkbox"/>			Date 29.07.2011
<input type="button" value="Project"/>	<input type="button" value="Cust. Ship Addr"/>	<input type="button" value="Text"/>	

Kuva 2. ILM:n tilausmoduulin lähetyserätaso.

## LIITE 3: PROSESSIKAAVIO



Kuva 1. Kustomointia vaativien teollisuusnostureiden toimitusprosessikaavio.