



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

ERIKA KAITARANTA  
NOSTURIN VIRRANSYÖTÖN KONFIGUROINTI  
Diplomityö

Tarkastaja: professori Seppo  
Valkealahti  
Tarkastaja ja aihe hyväksytty  
Tieto- ja sähkötekniikan tiedekunta-  
neuvoston kokouksessa 6. huhtikuu-  
ta 2011

## TIIVISTELMÄ

TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Sähkötekniikan koulutusohjelma

**KAITARANTA, ERIKA:** Nosturin virransyötön konfigurointi

Diplomityö, 61 sivua, 1 liitesivu

Elokuu 2011

Pääaine: Teollisuuden sähkökäyttötekniikka

Tarkastaja: professori Seppo Valkealahti

Avainsanat: konfigurointi, nosturi, virransyöttö

Tämä työ käsittelee Konecranes Oyj:n standardinosturien virransyötön konfigurointia. Virransyöttö toimitetaan asiakkaalle virransyöttöpakettina. Virransyöttöpakettiin kuuluvat nosturin kaapelit, nosturikomponenttien kiinnitysosat ja lähes kaikki nosturin tarrat. Tällä hetkellä virransyötön konfiguraattori on Konecranesin toiminnanohjausjärjestelmä iLM:ssä, joka on poistumassa käytöstä. Työn tavoitteena on kartoittaa konfiguraattorin mahdolliset toteutuspaikat ja vertailla niiden etuja ja haittoja. Toisena tavoitteena on hahmotella uuden konfiguraattorin toimintaa.

Työ jakautuu kolmeen osaan. Kirjallisuustutkimusosassa selvitetään virransyötön osien valintaa ja mitoitusta ja konfiguroinnin teoreettista taustaa. Toista osaa varten selvitettiin nykyinen prosessi, siinä mukana olevat järjestelmät ja se kuinka nykyinen toteutus toimii. Tämän pohjalta luotiin vaatimuksia konfiguraattorin toteutuspaikalle. Kolmannessa osassa selvitettiin järjestelmien tarjoamia mahdollisuuksia ja sitä kuinka ne täyttävät asetetut vaatimukset. Uutta konfiguraattoria varten etsittiin kehitysmahdollisuuksia vanhaan toteutukseen.

Työn tuloksena saatiin kerättyä tietoa eri järjestelmien soveltuvuudesta konfiguraattorin toteutuspaikaksi. Näitä vertailemalla parhaiksi järjestelmiksi toteutusta varten osoittautuivat sähkösuunnitteluohjelma E3 ja konfiguraattorin jakaminen E3:n ja toiminnanohjausjärjestelmä SAP:in välille. Työn tuloksena saatiin myös kartoitettua käytössä olevan järjestelmän toimintaperiaatteet, joiden todettiin olevan hyvä pohja uudelle konfiguraattoritoteutukselle. Hahmotelma tehtiin vanhan toteutuksen pohjalta esittämällä siihen parannus- ja muutosehdotuksia.

## ABSTRACT

TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Master's Degree Programme in Electrical Engineering

**KAITARANTA, ERIKA:** Configuration of the crane's power supply

Master of Science Thesis, 61 pages, 1 Appendix page

August 2011

Major: Utilization of Electrical Energy

Examiner: Professor Seppo Valkealahti

Keywords: Configuration, crane, power supply

This thesis handles configuration of the standard lifting cranes' power supply. Power supply is delivered to the customer as a power supply package. The power supply package contains cables, fixing parts for crane components and nearly all of the crane's stickers. Currently power supply configurator is located in Konecranes' Enterprise Resource Planning (ERP) system iLM which is going out of use. The main goal is to find all the ways to implement the configurator in the new situation and to compare their pros and cons. The other goal is to design how the new configurator should work.

The thesis is divided into three parts. Literature study part explores issues related to selection and calculation of power supply and theoretical background of configuration. The second part examines the current process, systems related to it and working principles of the current configurator. Requirements for the location of the new configurator were set based on these findings. The third part focuses on possibilities provided by existing systems and how they would fill the requirements of the configurator. Development possibilities for the old system were gathered in order to improve the new design.

The result of this study is information on suitability of existing systems to host the new configurator. Comparison of these systems revealed two promising candidates. Best solutions were the electrical CAD E3 and using the ERP-system SAP in cooperation with E3. In addition this study analyzed the working principles of the current configurator which helps to implement the new system.

## ALKUSANAT

Tämä työ on tehty Konecranes Oyj:n IT-yksikössä.

Haluan kiittää työni tarkastajana toiminutta professori Seppo Valkealahtea ymmärryksestä työn aihealueen suhteen ja työn rakenteeseen ja kieleen liittyvistä neuvoista. Erityskiitos kuuluu ohjaajalleni Teemu Kontkaselle ja esimiehelleni Sami Kentalle, jotka jaksoivat antaa kommentteja ja korjausehdotuksia projektin eri vaiheissa.

Haluan kiittää myös Origon Variant configuration-streamin jäseniä avusta SAP:iin liittyvissä asioissa, Juha Heliniä opastuksesta konfiguraattorin lähdekoodin lukemiseen ja kaikkia muita, jotka ovat työn varrella jaksaneet vastaila kysymyksiini.

Lopuksi haluan kiittää vanhempiani ja sukulaisiani, jotka ovat kannustaneet minua opiskelemaan.

Hyvinkäällä 28.6.2011

Erika Kaitaranta

## SISÄLLYS

1	Johdanto .....	1
2	Virransyöttöpaketti.....	3
	2.1 Siltanosturit ja virransyötön sijoittuminen .....	3
	2.2 Virransyöttöpaketin rakenne .....	4
	2.3 Virransyöttöpaketin kaapeleiden pituuksien mitoitus.....	6
	2.3.1 Kiinteästi asennettavat kaapelit .....	7
	2.3.2 Energiaketjullinen virransyöttö.....	8
	2.3.3 Kaapelivaunullinen virransyöttö.....	9
	2.4 Virransyöttöpaketin osien valinta .....	11
	2.4.1 Kaapelivaunujen määrä ja valitseminen .....	11
	2.4.2 Muut osat .....	13
3	Konfigurointi.....	15
	3.1 Yleistä konfiguroinnista ja konfiguroitavat tuotteet .....	15
	3.2 Konfigurointimalli .....	16
	3.3 Konfigurointiprosessi.....	17
	3.4 Konfiguraattori.....	19
	3.5 Etuja ja ongelmia.....	20
4	Nykyinen tuoteyksilön konfigurointiprosessi .....	22
	4.1 Prosessin kuvaus .....	22
	4.2 Prosessiin liittyvät tietojärjestelmät .....	23
	4.2.1 Myyntikonfiguraattori.....	24
	4.2.2 Toiminnanohjausjärjestelmä.....	25
	4.2.3 Tuotetiedon hallintajärjestelmä.....	26
	4.2.4 Sähkösuunnitteluohjelma.....	26
5	Virransyötön konfiguraattori.....	28
	5.1 Konfiguraattorin lähtötiedot ja sisäiset tiedot .....	28
	5.2 Ohjelman toiminta.....	30
6	Konfiguraattorin sijoitusvaihtoehdot ja niiden vertailu .....	37
	6.1 Vaatimukset sijoitusvaihtoehdoille .....	37
	6.2 Sijoittaminen yhteen järjestelmään .....	37
	6.2.1 Toiminnanohjausjärjestelmä.....	38
	6.2.2 Tuotetiedon hallintajärjestelmä.....	39
	6.2.3 Sähkösuunnitteluohjelma.....	42
	6.2.4 Kokonaan uusi järjestelmä.....	44
	6.3 Konfiguraattorin jakaminen osiin .....	45
	6.4 Vaihtoehtojen vertailua .....	47
7	Uusi Konfiguraattori .....	50
	7.1 Konfigurointiprosessi.....	50
	7.2 Lähtötiedot .....	50
	7.3 Ohjelman rakenne ja sisäinen toiminta .....	52
	7.4 Automatisointi.....	54

7.5 Työmääräin .....	54
8 Yhteenveto .....	56
Lähteet.....	59
Liite 1: Sijoitusmahdollisuuksien vertailutaulukko .....	62

## LYHENTEET JA MERKINNÄT

CAD	Tietokoneavusteinen suunnittelu (engl. Computer Aided Design)
COM	Binäärirajapintastandardi ohjelmistokomponenteille (engl. Component Object Model).
EDI	Organisaatioiden välinen tiedonsiirto (engl. Electronic Data Interchange)
FEM	toimialajärjestö, joka edustaa materiaalien käsittelyyn, nostamiseen ja varastointiin työvälineitä valmistavia eurooppalaisia valmistajia (ransk. Fédération Européenne de la Manutention).
MVL	Teamcenterin koodikieli, jolla luodaan valintasääntöjä ja rajoitteita konfiguraattoriin (engl. Modular Variant Language).
PSE	Teamcenterin sovellus, joka on tarkoitettu tuoterakenteiden luomiseen, hallintaan ja konfigurointiin (engl. Product structure editor).
a	Kaapelinipun korkeus
b	Kaapelinipun leveys
b <sub>1</sub>	Satulan leveys
b <sub>2</sub>	Kaapeliaukon korkeus
D <sub>2</sub>	Ylimääräisen tilan pituus
d <sub>A</sub>	Satulan halkaisija
f	Kaapelin pituuden turvakerroin
G <sub>L</sub>	Kaapelinipun paino metriä kohti
h	Kaapeliriippuma
H <sub>2</sub>	Asennuskorkeus
H <sub>Ri</sub>	Ohjauskourun sisäkorkeus
j	Jänne
L <sub>b</sub>	Sillan kojekaapin puoleinen kaapelin vapaan pään pituus
L <sub>c</sub>	Kaapelilenkin pituus
L <sub>E</sub>	Energiaketjun pituus
L <sub>1</sub>	Nostinvaunun liikematka
L <sub>k</sub>	Kerääntymämatka
L <sub>kok</sub>	Kaapelien kokonaispituus
L <sub>s</sub>	Kaapelivaunujen sidontaväli
L <sub>t</sub>	Nostimen kojekaapin puoleinen kaapelin vapaan pään pituus
L <sub>w</sub>	Kaapelivaunun pituus

$L_{\text{väli}}$	Kaapelivaunuilla kulkevan kaapelin vähimmäispituus
$K$	Taivutussäteen pituuden lisäys
$K_2$	Ylimääräinen pituuden lisäys
$P_{LW}$	Kuormitus kaapelivaunua kohti
$R$	Taivutussäde
$N$	Kaapelivaunujen lukumäärä
$N_{\text{min}}$	Liikkuvien kaapelivaunujen vähimmäismäärä
$S$	Siirtomatka
$s$	Kaapeliaukon korkeus
$t$	Kaapelin paksuuden kerroin
$v$	Kulkunopeus

# 1 JOHDANTO

Tämä työ on tehty Konecranes Oyj:lle, joka on yksi johtavista nostolaittevalmistajista maailmassa. Yritys on markkinajohtaja teollisuusnostureissa ja nostureiden kunnossapidossa. Konsernin liiketoiminta jakautuu kahteen liiketoiminta-alueeseen: laitteet ja kunnossapito. Vuonna 2010 Konecranesin liikevaihto oli 1,546 miljardia euroa. Yrityksellä on noin 10 000 työntekijää ja myynti- ja huoltopisteitä 46 maassa. Tuotantolaitoksia on 12 maassa. Konecranes Oyj:n osake on noteerattu NASDAQ OMX Helsingin pörssissä. Yrityksen pääkonttori sijaitsee Hyvinkäällä. (Konecranes 2011)

Tässä työssä tarkastellaan nosturin virransyötön konfigurointia. Asiakkaan tilatessa Konecranesilta nosturin, muodostetaan juuri tähän tilaukseen sopiva virransyöttö ennalta määriteltujen sääntöjen perusteella. Tätä muodostamista kutsutaan konfiguroinniksi. Lopputuloksena saadaan virransyöttöpaketti, joka sisältää nosturin virransyötön kaapeloinnin lisäksi nosturikomponenttien kiinnitysosat ja nosturin tarrat. Nosturikomponenttien kiinnitysosia ovat esimerkiksi sillan kojekaapin kannatinrauta ja radiovastaanottimen kiinnitysrauta. Nosturin virransyötön konfiguraattori on käytössä Konecranesin standardinostureiden suunnittelussa.

Käytössä oleva konfiguraattori on suunniteltu 1995 ja sen alkuperäinen toteutusperiaate on kuvattu diplomityössä Nosturin komponenttipaketin suunnitteluohjelma (Juhela 1995). Virransyöttöpaketin konfigurointi tapahtuu tällä hetkellä kunkin standardinostureita valmistavan tehtaan omassa toiminnanohjausjärjestelmässä. Näitä yksittäisiä järjestelmiä ollaan korvaamassa koko yhtiön kattavalla toiminnanohjausjärjestelmällä, eikä konfiguraattoria voida suoraan siirtää tähän järjestelmään.

Tutkimusongelmaksi on asetettu selvittää, miten virransyötön konfigurointi voidaan jatkossa sovittaa Konecranesilla käytettäviin tietojärjestelmiin. Työn päätavoitteena on kartoittaa virransyötön konfiguraattorin mahdolliset toteutuspaikat ja vertailla niiden etuja ja haittoja. Toisena tavoitteena on hahmotella uuden virransyötön konfiguraattorin toimintaa. Tässä pyritään ottamaan huomioon erityisesti konfigurointiprosessin automatisointi ja integroituminen käytössä oleviin järjestelmiin. Nämä seikat palvelevat erityisesti standardinostimia valmistavien tehtaiden tarpeita, koska tuotantomäärät ovat verrattain isoja ja tuotteet standardoituja. Toisaalta pyritään tutkimaan, olisiko mahdollista käyttää uutta konfiguraattoria apuna myös erikoisempien tuotteiden virransyöttöjen suunnittelussa. Työssä pyritään ottamaan huomioon virransyötön konfigurointiprosessissa mukana olevien ohjelmien mahdolliset merkittävät muutokset lähitulevaisuudessa.

Työn aihealueen ulkopuolelle rajataan uuden konfiguraattorin yksityiskohtainen tietotekninen määrittely ja toteutus. Koska virransyöttöpaketti sisältää varsin suuren määrän erilaisia varusteluosia, niin tässä työssä ei selvitetä yksityiskohtaisesti niihin

liittyviä valintasääntöjä tai laskentakaavoja. Varusteluosien valinnan toteutusta käsitellään kuitenkin yleisellä tasolla.

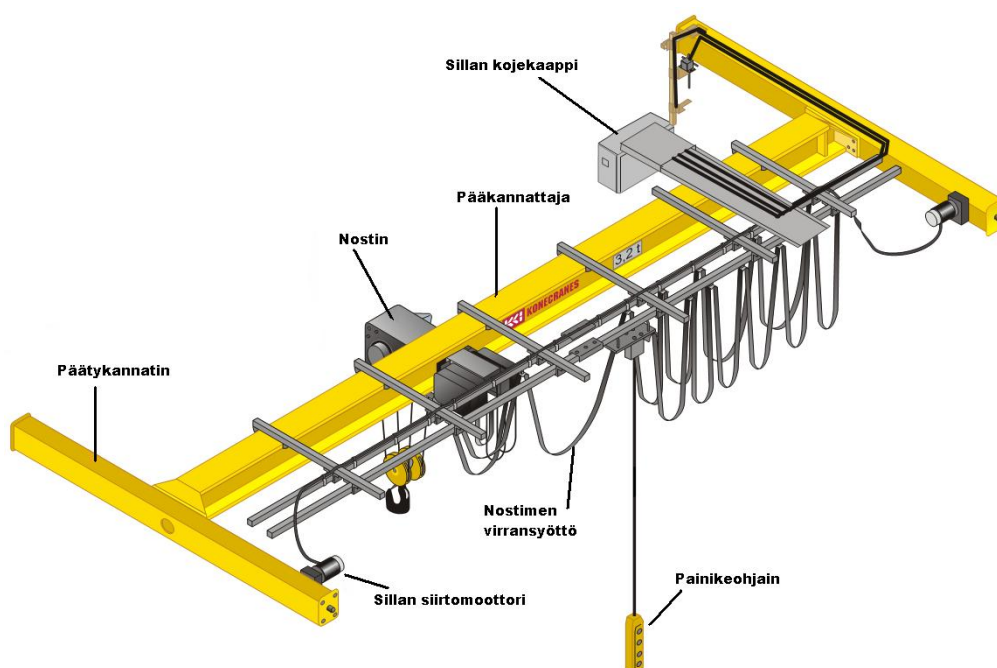
Työn rakenne voidaan jakaa kolmeen isompaan osaan: teoria, nykyisen tilanteen kuvaus ja varsinainen tutkimusongelman käsittely. Luvussa 2 käsitellään konfiguroinnin kohteena olevaa tuotetta ja siihen liittyviä valinta- ja laskentasääntöjä. Luvussa 3 esitellään konfiguroinnin teoriaa. Luvussa 4 kuvataan nykyistä konfigurointiprosessia. Luvussa 5 kuvataan nykyistä konfiguraattoria ja sen toimintaa. Luvussa 6 esitellään sijoitusvaihtoehtoja ja vertaillaan niitä. Luvussa 7 esitetään parannusehdotuksia ja mahdollisia muutoksia tulevaisuuden toteutukseen.

## 2 VIRRANSYÖTÖPAKETTI

Tässä luvussa selvitetään ensin virransyötön suhdetta koko siltanosturikonaisuuteen. Tämän jälkeen selvitetään, mitä virransyöttöpaketti sisältää. Lopuksi esitellään mitoitus- ja valintasääntöjä, joihin virransyöttöpaketin kasaaminen perustuu.

### 2.1 Siltanosturit ja virransyötön sijoittuminen

Siltanosturi on nosturityyppi, jossa nostin on sijoitettu vaunuun, joka liikkuu yhtä tai kahta vaakasuoraa palkkia pitkin. Näitä palkkeja kutsutaan pääkannattimiksi. Ne on tuettu molemmista päistään päätykannattajilla. Näiden muodostamaa kokonaisuutta kutsutaan sillaksi. Vaunun lisäksi siltaa voidaan liikuttaa palkkien suhteen kohtisuoria raitteita pitkin sillansiirtomootoreilla. Kuvassa 2.1 on esimerkki yksipalkkisesta siltanosturista.



*Kuva 2.1. Siltanosturi (Partanen 2009b).*

Standardinosturi on esisuunniteltu nosturi, jota laajennetaan vaihtoehtoilla ja ennalta määritellyillä sovelluksilla. Nosturipaketti koostuu nostimesta, päätykannattajista, siirtomootoreista, virransyötöstä ja ohjaimesta. Pääkannattaja ei kuulu tähän pakettiin vaan se valmistetaan paikallisesti. (Partanen 2009a) Tämä johtuu siitä, että pääkannattajaa ei ole taloudellisesti kannattavaa kuljettaa pitkiä matkoja asiakkaalle. Pääkannattajia on kahta eri perustyyppiä: kotelopalkki ja i-palkki. Konecranesin standardinos-

tureissa voi olla nostimena joko ketjunostin tai köysinostin. Ketjunostimen nostokyky on 60-7500 kiloa ja köysinostimen 2-80 tonnia. Nostin koostuu kojekaapista, nostokoneistosta, köysityksestä ja vaunusta. Kojekaappi sisältää nostoyksikön ohjauksen, joka kontrolloi taakkojen nostamista ja vaunun liikkeitä sillalla. Tähän tarvittavat komponentit voidaan sijoittaa myös sillan kojekaappiin, mutta nostimelle tulevat kaapelit kytketään kuitenkin aina nostimen kojekaappiin. Sillan kojekaappi on nosturin hallintakeskus ja kaikki nosturin ajamiseen tarvittava tieto kulkee sen kautta. Sillan kojekaapin koko vaihtelee riippuen tarvittavista komponenteista. Pienimmillään se on 0,4 metriä kertaa 0,4 metriä ja suurimmillaan se voi standardinosturin tapauksessa olla jopa kuusi metriä pitkä ja puolitoista metriä korkea.(Partanen 2009a)

Nosturin kaikkia liikkeitä voidaan ohjata painikeohjaimella tai radio-ohjaimella. Normaalisti painikeohjain sijaitsee omalla c-profiilikiskolla, eikä sen paikka ole sidoksissa nostimen vaunun paikkaan, vaan sitä voidaan liikuttaa sivusuunnassa itsenäisesti. Jossain tapauksissa painikeohjain voidaan kuitenkin kytkeä suoraan nostoyksikköön tai sillan kojekaappiin. Radio-ohjaimella ohjaus taas tapahtuu täysin langattomasti.(Partanen 2009a)

Nosturin päävirran syöttöjärjestelmän tarkoituksena on siirtää päävirta rakennuksen liityntäpisteestä liikkuvalle nosturille. Virta voidaan syöttää kuparista johdinkiskoa pitkin, jolta se siirretään virrankokoajavaunulla, josta lähtee pyörökaapeli sillan kojekaapille. Johdinkiskon tulee olla yhtä pitkä kuin matka, jonka nosturi voi kulkea. Toinen vaihtoehto on käyttää kaapelivaunullista lattakaapelisyöttöä, joka on samantapainen kuin nostimen syöttö.(Partanen 2009a)

Nostimen virransyötöksi taas kutsutaan kaapeleita, joiden avulla viedään laitteiden virransyöttö ja ohjaussignaalit sillan kojekaapilta nostimen kojekaapille. Ohjaussignaalit ohjaavat nostoliikkeitä ja nostinvaunun liikkumista sillalla. Kaapeleiden viemiseen on kaksi erilaista tapaa. Siihen voidaan käyttää joko kaapelivaunuja tai energiaketjua. Käytettäessä kaapelivaunuja ja lattakaapeleita virransyöttökaapelit riippuvat kaapelivaunujen varassa. Kaapelivaunut kiinnittyvät c-profiilikiskoihin, joita tukevat orret taas kiinnittyvät sillan palkkiin. Isoissa virransyötöissä kaapelivaunut kiinnitetään c-profiilikiskon sijaan i-palkkiin. Kaapelivaunu vaihtoehdossa virransyöttökaapelit riippuvat kaapelivaunujen varassa. Kuvassa 2.1 on nosturi, jonka virransyöttö on toteutettu edellä kuvatulla tavalla. Jos virransyöttö toteutetaan energiaketjulla, niin virransyöttökaapelit ovat energiaketjun sisällä. Ketju taas kulkee pääkannattajaan kiinnitettyä metallikourua pitkin. Kouru kiinnitetään pääkannattajan kylkeen, jos kyseessä on kotelopalkki ja i-palkin tapauksessa alemman laipan päälle. (Partanen 2009a) Energiaketjulla toteutettu virransyöttö on esitetty kuvassa 2.2.

## 2.2 Virransyöttöpaketin rakenne

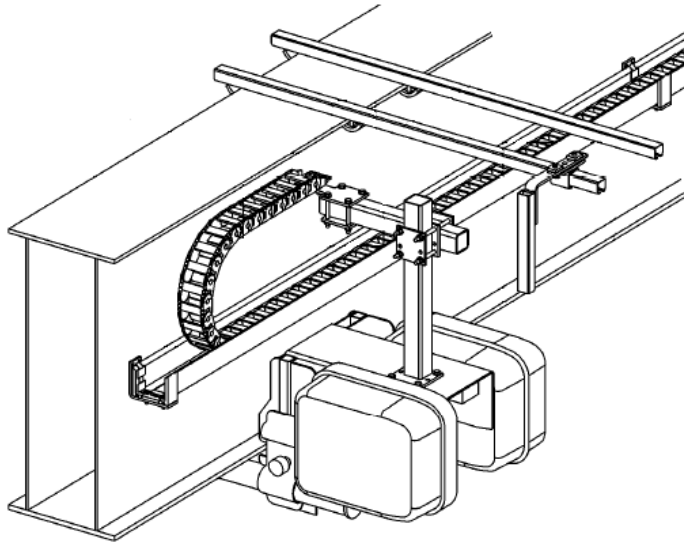
Virransyöttöpakettiin sisältyvät sekä nosturin kaapelointikaapelit että nosturikomponenttien kiinnitysosat. Tässä luvussa esitellään ensin kaapelivaunuilla ja sitten energiaketjulla toteutettuun virransyöttöpakettiin kuuluvat osat, sillä kyseiset toteutustavat

eroavat toisistaan varsin paljon. Tämän jälkeen esitellään virransyöttöpakettiin kuuluvia osia, jotka eivät riipu nostimen virransyötön toteutustavasta.

Kuvassa 2.1 on esitetty kaapelivaunuilla toteutettu virransyöttö. Kuvassa ovat nostimen virransyötön lisäksi painikeohjaimen kaapelit, jotka ovat myös osa virransyöttöpakettia. Kaapelit riippuvat kaapelivaunuista, joiden pyörät on sijoitettu c-profiilikiskon sisään. Sekä nostimen kaapelit että painikeohjaimen kaapelit kulkevat omilla kaapelivaunuillaan omalla kiskollaan. Kiskoradan pituutta voidaan kasvattaa liittämällä siihen uusia kiskoja. Näitä kiskoja taas kannattelevat orsiksi kutsutut kiskot, jotka ovat toisesta päästään kiinni pääkannattajassa. Painavien kaapeleiden tai suurien kaapelimäärien ollessa kyseessä voidaan c-profiilikiskon sijaan käyttää i-palkkia.

Kaapelivaunuja on kolme erilaista: kiinteä vaunu, liikkuvat kaapelivaunut ja mukaanottajavaunu. Kiinteä kaapelivaunu sijaitsee kiskon päässä ja sillan kojekaapilta tulevat kaapelit kiinnittyvät siihen ensimmäiseksi. Vaunua nimitetään kiinteäksi, koska se ei pääse liikkumaan kiskoa pitkin. Sen tehtävänä on toimia kaapeleiden vedonpoistajana ja pysäyttää liikkuvat kaapelivaunut niiden kerääntyessä yhteen. Koska kaapelin toinen pää on kiinni nostimen kojekaapissa, täytyy kaapelin pituuden muuttua nostimen vaunun paikan mukaan. Koska kaapelin pituutta ei voida muuttaa, käytetään liikkuvia kaapelivaunuja. Nostinvaunun ollessa syötön alkupäässä kaikki kaapelivaunut kerääntyvät yhteen ja niiden välissä oleva kaapeli muodostaa lenkkejä. Kaapelivaunuja vedetään mukaanottajavaunulla, joka on kiinnitetty nostimen vaunun vetoaisaan. Kaapeleiden määrä kaapelivaunulla voi vaihdella. Yleensä kaapelit ovat tyypiltään lattakaapeleita, mutta erilaisille antureille menee myös tiedonsiirtokaapeleita, jotka ovat tyypillisesti pyöreää kaapelia. Vaunut voidaan yhdistää toisiinsa vetovaijereilla, jolloin veto ei kohdistu suoraan kaapeleihin.

Energiaketjulla toteutettu nostimen virransyöttö poikkeaa täysin riippuvilla kaapeleilla toteutetusta. Tämä voidaan todeta vertaamalla kuvia 2.1 ja 2.2. Energiaketjulla toteutetussa nosturissa kaapelit sijoitetaan ketjun sisälle. Ketju taas liikkuu pääkannattajan sivuun kiinnitetyssä ohjauskourussa. Ketjun toinen pää kiinnitetään nostimen vetoaisaan. Nostimen vaunun liikkuessa siltaa pitkin ketju nousee kourusta ja taipuu kaksinkerroin. Toiseen suuntaan liikuttaessa ketju palaa takaisin kouruun. Ketjun etuna on, että päästään eroon nosturista roikkuvista kaapelisilmukoista. Sitä kautta kaapeleihin kohdistuu vähemmän ulkoista mekaanista rasitusta, jota kaapelivaunusovelluksessa aiheuttaa kaapelilenkkien heiluminen. Kaapelivaunusovelluksessa täytyy myös suunnittelussa ottaa huomioon, että lenkit voivat takertua ja aiheuttaa jumiutumia. Koska energiaketjussa ei synny kaapelivaunujen kerääntymää, niin kaapelien paino jakautuu tasaisemmin, eikä kerääntymälle tarvitse varata tilaa. Energiaketjun taipumisesta aiheutuvan lenkin tarvitsema tila on kuitenkin otettava huomioon.



*Kuva 2.2. Energiaketju (Konecranes 2008, muokattu).*

Etuna on pidettävä myös sitä, että tilaa voidaan säästää verrattuna kaapelivaunuratkaisuun, koska energikaetjun ohjauskouru saadaan asennettua suoraan pääkannattajan kylkeen. Vastaavasti kaapelivaunuilla se joudutaan asentamaan orsien varaan tarpeeksi kauaksi pääkannattajasta takertumisen estämiseksi. Energiaketjua voidaan käyttää tehonsiirtokaapeleille, signaalikaapeleille sekä hydraulikka- ja pneumatiikkaputkille. (Iigus 2009a) Toteutustavasta johtuen tällaista nosturia ohjataan aina radio-ohjaimella. Painikeohjain on kuitenkin mahdollista kytkeä suoraan sillan kojekaappiin, jolloin sitä voidaan pitää varalla ja käyttää tarvittaessa (Partanen 2009a).

Erilaisille virransyöttöpaketeille yhteisiä osia ovat erilaiset mekaaniset osat ja kiinteästi asennetut kaapelit. Nämä kaapelit ovat sillan siirtomoottoreiden, rajakytkimen, vilkun ja nosturin virransyötön kaapeleita. Kaapeleita varten tarvitaan kiinnitysosia ja kaapelihyllyjä. Nosturissa on erilaisia toiminta-alueita rajaavia turvalaitteita: sillan ja vaunun rajakytkimet, vaunujen törmäksenestolaite sekä magneettirajoja. Näiden kiinnitysosat, itse laitteet ja niiden kaapelit kuuluvat pakettiin. Rajakytkimien kaapelit kytketään sähkökuvien mukaan. Radio-ohjaimen ja valojen kiinnitysosat sekä sillan kojekaapin kannatinrauta ja sen kiinnitysosat ovat osa pakettia. Virransyöttöpaketin mukana toimitetaan myös kaikki nosturiin kuuluvat tarrat. Tästä johtuen ne kuuluvat tarkastelun piiriin. Erilaisia tarroja on varsin paljon. Esimerkkinä voidaan mainita nosturin perustarrat, joita ovat logo-, kuorma-, pultinkiristys- ja suuntatarrat. Virransyöttöpaketin kiinnitysosat ja niiden lukumäärät vaihtelevat sen mukaan, millainen nosturi on tilattu ja mitä lisävarusteita siihen on valittu. Kiinnitysoseen vaikuttaa myös valitun virransyötön tyyppi.

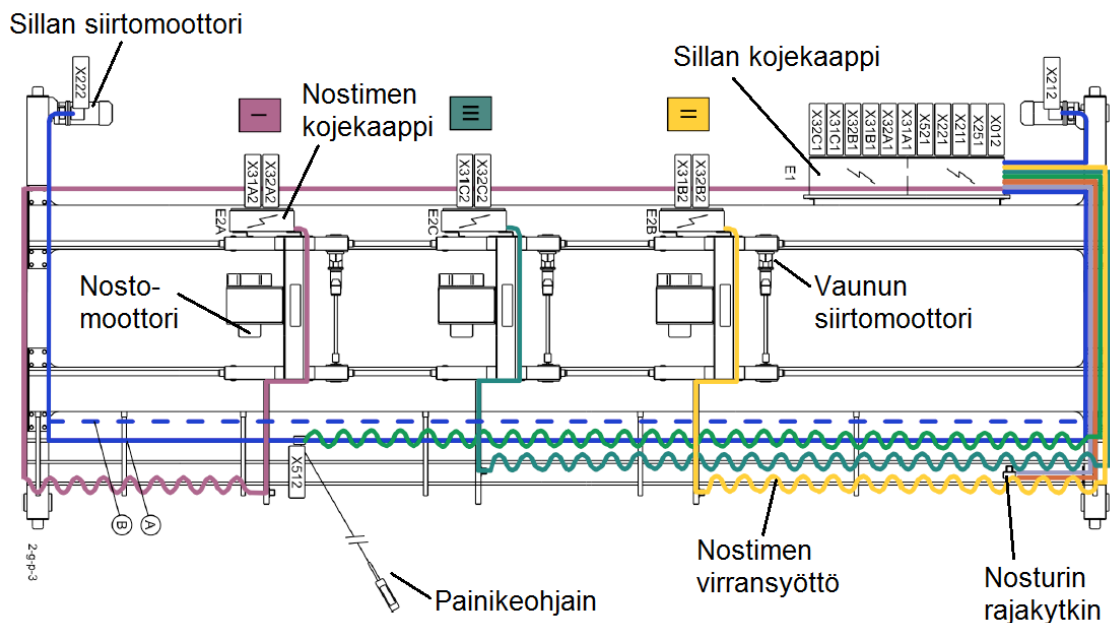
### **2.3 Virransyöttöpaketin kaapeleiden pituuksien mitoitus**

Tässä aluvuossa esitellään kaapeleiden mitoitusperusteet. Virransyöttöpaketin kaapelit voidaan jakaa karkeasti kolmeen eri luokkaan: kiinteästi asennettavat, energikaetjulliset

ja kaapelivaunulliset kaapelit. Tätä jakoa noudattaen esitellään niitä koskevat mitoitus-säännöt.

### 2.3.1 Kiinteästi asennettavat kaapelit

Kuvassa 2.3 on esitetty kaapeleiden asennus, kun kyseessä on kaksipalkkinen kolmen nostimen tapaus. Nosturiin kuuluu kiinteästi asennettavia kaapeleita. Nämä kaapelit ovat nosturin sillansiirtomoottorien kaapelit, nosturin rajakytkimen kaapeli ja nosturin syöttökaapeli. Näiden lisäksi voi olla myös muita kaapeleita riippuen siitä, mitä lisävarusteita on valittu. Tällainen lisävaruste on esimerkiksi vilkkuvalo. Kaikkien näiden kaapeleiden toinen pää on kytketty sillan kojekaappiin. Koska toinen sillan siirtomoottori sijaitsee eri päässä siltaa kuin kojekaappi, niin sen kaapelin pituuteen vaikuttaa suoraan pääkannattajan pituus. Päätykannattajan pituus, joka on selkeästi eri esimerkiksi yksi- ja kaksipalkkisilla nostureilla, vaikuttaa lähes kaikkien kaapeleiden pituuksiin.



**Kuva 2.3.** Kaapeleiden asennuskuva kolmen nostimen nosturille (Konecranes 2008, muokattu).

Suuri merkitys on myös sillan kojekaapin sijainnilla, koska joissain nosturityypeissä kojekaappi kiinnitetään huoltotasoon tai kaappi kiinnitetään toisinpäin. Tällöin sen pituus on otettava huomioon kaapeleita mitoittaessa, sillä myös kaapeleiden liityntäpisteiden puoli muuttuu. Vaikutuksia on myös sillä, kuinka pääkannattajat on liitetty päätykannattimiin. Pääkannattaja voi olla liitettynä esimerkiksi päätykannattajan päälle tai kylkeen. Tällöin kaapeleiden ylös-alas-suunnassa kulkema matka muuttuu. Kun näiden vaikutukset kaapeleiden pituuteen on huomioitu, täytyy vielä huomioida asennukseen tarvittavan kaapelin mitta. Kiinteästi asennettavien kaapeleiden pituuksiin siis vaikuttavat useat tekijät.

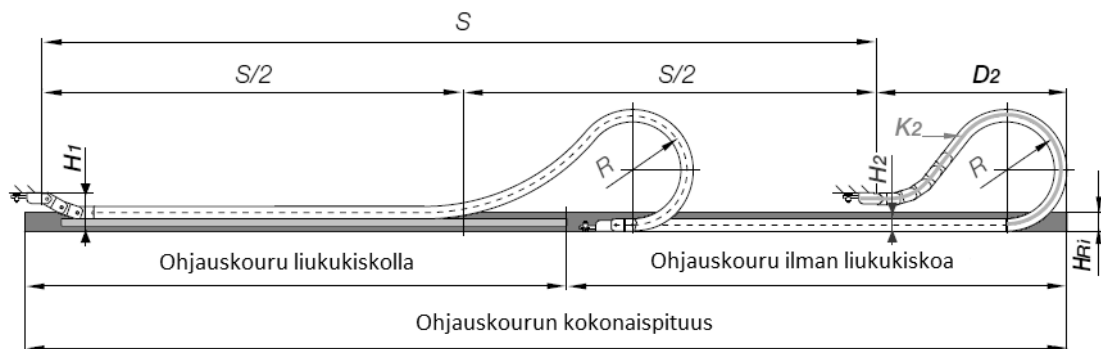
### 2.3.2 Energiaketjullinen virransyöttö

Energiaketjullista virransyöttöä käytetään nostimen virransyöttöön. Nostimen virransyöttökaapeleiden mitoitus voidaan jakaa kolmeen osaan. Ensimmäisen osan muodostaa kaapelin mitta, joka tarvitaan sillan kojekaapin ja energiaketjun ohjauskourun väliin matkaan. Kuvassa 2.3 on tyypillinen tapa sijoittaa sillan kojekaappi ja nostimen kojekaappi. Toisen osan muodostaa energiaketjussa kulkevan kaapelin pituus. Kolmas osa on vetoaisan ja nostimen kojekaapin välille tarvittava kaapeli. Ensimmäistä ja kolmatta osaa kutsutaan kaapelin vapaiksi päiksi. Vapaiden päiden mitoitusta koskevat samat seikat kuin edellä esiteltyjä kiinteästi asennettuja kaapeleita. Niiden mittoja voidaan taulukoida, mitata nosturin piirustuksista tai määrittää käyttämällä apuna mekaniikkasuunnitteluohjelmia. Toisen osan mitoitusta on käsitelty seuraavaksi.

Energiaketjun pituus ja kaapeleiden pituus kulkevat käsi kädessä, koska kaapelit asennetaan ketjun sisälle. Nostureissa käytettävä energiaketju on liukuvaa ketjua, jota käytetään tyypillisesti pitkillä etäisyyksillä. Ketjun valmistaja antaa ketjun mitoitukseen kaavan

$$L_E = \frac{S}{2} + K + K_2, \quad (2.1)$$

jossa  $L_E$  on energiaketjun pituus,  $S$  on siirtomatka,  $K$  on taivutussäteen lisäys ja  $K_2$  on ylimääräinen lisäys, jos kiinnityskappale on asennettu energiaketjun valmistajan suosittelemaa asennuskorkeutta alemmas.  $K$  saadaan valmistajan kullekin ketjusarjalle antamasta taulukosta. (Igus 2005) Kuvasta 2.4 nähdään, mitä kaavassa esiintyvät merkinnät kuvaavat.  $D_2$  on ylimääräinen tila, joka tarvitaan kiinnityskohdan ja ohjauskourun pään väliin ketjuun muodostuvan lenkin takia. Kaava 2.1 ei suoraan sovellu käytettäväksi, koska siinä on oletettu optimaalisin virransyöttöpiste. Toisin sanoen virransyötön oletetaan tulevan ohjauskourun keskikohdasta, jolloin ketju ja kaapeli voidaan mitoittaa mahdollisimman lyhyiksi.



**Kuva 2.4.** Energiaketjun pituus.  $R$  on taivutussäde,  $H_{Ri}$  on kourun sisäkorkeus,  $H_1$  on vapaa nimelliskorkeus ja  $H_2$  on asennuskorkeus madalletussa asennuksessa. (Igus 2009b, muokattu).

Koska nostureissa virransyöttö tulee ohjauskourun päästä, pitää mitoituksessa ottaa tämä huomioon. Tällöin saadaan pituudelle  $L_E$  kaava

$$L_E = S + K + K_2. \quad (2.2)$$

Tämän jälkeen voidaan laskea tarvittava kaapelin kokonaispituus kaavalla

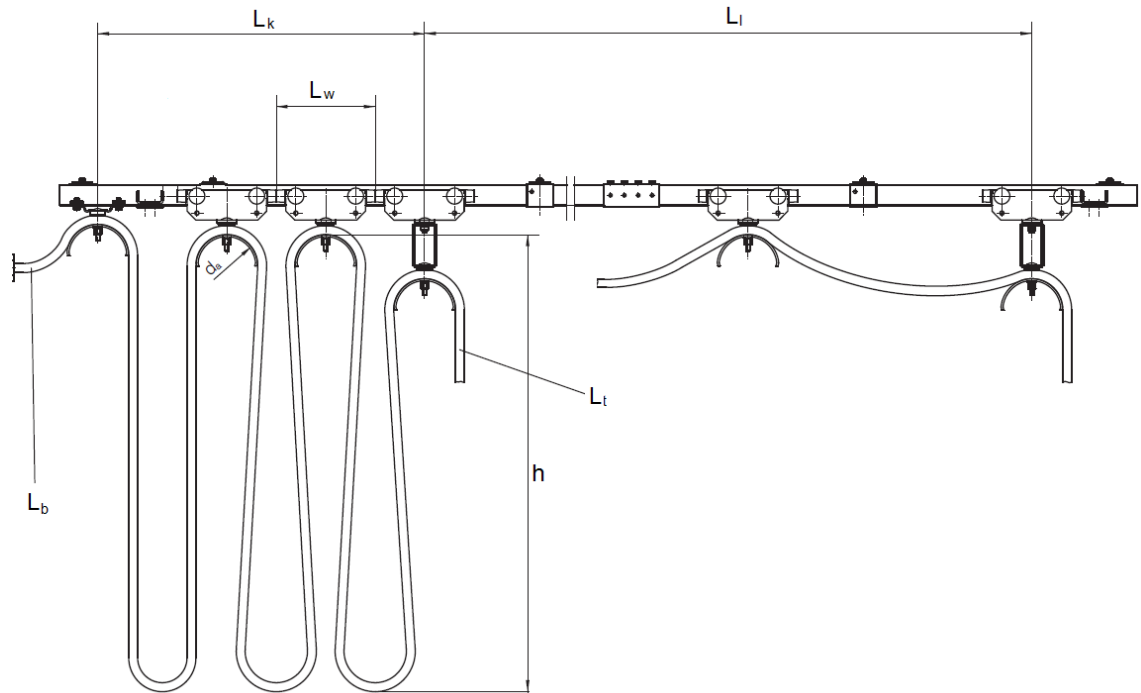
$$L_{kok} = L_b + L_E + L_t, \quad (2.3)$$

missä  $L_b$  on sillan kojekaapin puoleinen kaapelin vapaan pään pituus ja  $L_t$  on nostimen kojekaapin puoleinen kaapelin vapaan pään pituus.

### 2.3.3 Kaapelivaunullinen virransyöttö

Energiaketjullisen virransyötön tapaan myös kaapelivaunullista virransyöttöä käytetään nostimen virransyötön toteutukseen. Nämä tavat ovat keskenään vaihtoehtoiset. Tässäkin sovelluksessa tarvitaan aiemmin esiteltyjä vapaita päitä. Erona on, että kaapeli tuodaan ohjauskourun sijasta c-kiskon alkuun. Nostimen virransyötön lisäksi myös koko nosturin päävirransyöttö voidaan toteuttaa näin.

Tarkasteltaessa kaapelivaunuja, tarvitaan aluksi tieto siitä, kuinka pitkä nosturin jänne on ja kuinka lähelle sen päätyjä nostimen vaunulla päästään kummassakin päässä. Kuvasta 2.3 nähdään, että ainoa merkitsevä tekijä ei ole vaunun oma mitta, vaan myös sillalla mahdollisesti olevat muut nostimen vaunut, koska ne rajoittavat sitä, kuinka lähelle nosturin päätyä päästään. Nosturin vaunun liikematka, jota merkitään  $L_1$ :llä, on se matka, jonka vaunu pääsee liikkumaan sillalla. Kaapelivaunujen suurin mahdollinen kerääntymämatka on nostimen vaunun vetoaisan ja kiinteän vaunun keskiosan välinen etäisyys, kun nostimen vaunu on mahdollisimman lähellä c-profiilikiskon alkupäätä. Kerääntymää merkitään  $L_k$ :lla. (Konecranes 2010) Tätä suuremmilla kerääntymillä kaapelivaunut ohittaisivat nostimen vaunun ja rajoittaisivat sitä, kuinka lähellä sillan päätyä sillä päästään. Kuvassa 2.5 on esitetty kaapelivaunullisessa sovelluksessa tarvittavat mitat: kerääntymä, liikematka, kaapeliriippuma, kaapelivaunun pituus ja satulan halkaisija. Lisäksi kuvaan on merkitty kaapelin vapaiden päiden sijainti.



**Kuva 2.5.** Kaapelivaunullisen virransyötön mitat. (Conductix-Wampler 2009)

Kaapelivaunuilla kulkeva kaapelin vähimmäispituus saadaan laskettua kaavalla

$$L_{\text{väli}} = f(L_k + L_l), \quad (2.4)$$

missä  $f$  tarkoittaa kaapelin pituuden turvakerrointa. (Konecranes 2010) Lisäpituuden on tarkoitus suojella kaapeleita liian suurelta vedolta nostimen liikkuessa ääriasentoonsa sillalla. Tämä kerroin voidaan lukea taulukosta 2.1 kaapeliriippuman ja kaapelivaunun kulkunopeuden perusteella. Taulukosta voidaan nähdä, että turvakertoimen tyypillinen arvo on 1,10. (Conductix-Wampfler 2009)

**Taulukko 2.1.** Kaapelin pituuden turvakerroin (Lähteen Conductix-Wampfler 2009 pohjalta).

Kulkunopeus $v$ (m/min)	Kaapeliriippuma $h$ (m)				
	< 0,8	0,8 - 1,2	1,3 - 2	2,1 - 3,2	3,3 - 5
< 32	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
32 - 40	1,15	1,1	1,1	1,1	1,1
41 - 50	1,2	1,15	1,1	1,1	1,1
51 - 63	1,25	1,2	1,15	1,1	1,1
64 - 80	-	1,25	1,2	1,15	1,1
81 - 100	-	-	1,25	1,2	1,15
101 - 120	-	-	-	1,25	1,2

Suurilla kaapelimäärillä tai herkkillä kaapeleilla veto voidaan poistaa kokonaan kaapeleista kytkemällä kaapelivaunut toisiinsa vajereilla, joiden pituus on lyhyempi kuin

väliin jäävän kaapelin. Tässäkin tapauksessa kaapeleissa on kuitenkin oltava ylimääräistä pituutta. Kaapeleiden kokonaispituus  $L_{kok}$  voidaan laskea kaavalla

$$L_{kok} = L_b + (N + 1)L_s + L_t, \quad (2.5)$$

missä  $N$  tarkoittaa kaapelivaunujen määrää ja  $L_s$  on vaunujen sidontaväli. (Konecranes 2010) Sidontaväli tarkoittaa kahden kaapelivaunun väliin jätettävää kaapelin pituutta.

## 2.4 Virransyöttöpaketin osien valinta

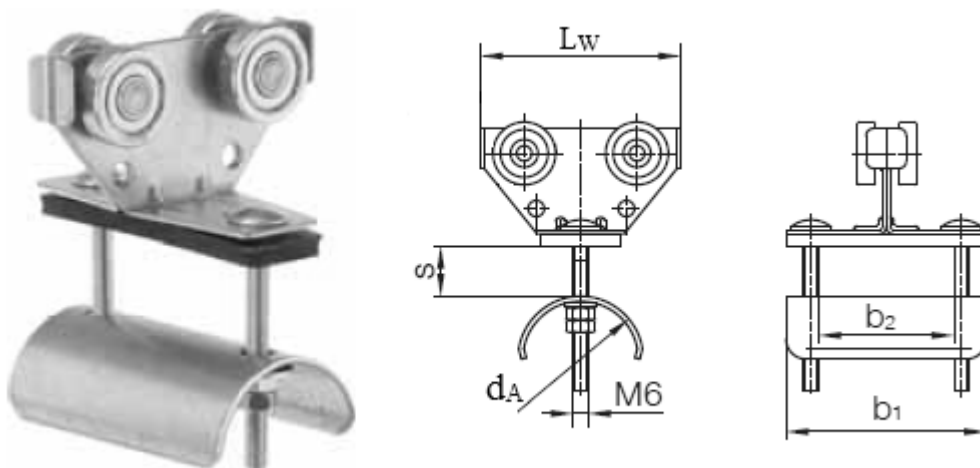
Kaapeleiden lisäksi virransyöttöpakettiin valitaan kaapelivaunuilla kulkeville kaapeleille sopivat kaapelivaunut ja niiden kannatusosat sekä valitaan sopiva energiaketju ja sille ohjauskouru. Näiden lisäksi luvussa käsitellään lyhyesti muiden osien valintaa.

### 2.4.1 Kaapelivaunujen määrä ja valitseminen

Kaapelivaunujen määrän laskemiseksi täytyy tietää suurin sallittu kaapeliriippuma  $h_{max}$ , kun vaunut ovat kerääntyneenä yhteen. Tällöin saadaan selville pienin mahdollinen kaapelivaunujen määrä. Yhteen vaunujen väliseen lenkkiin kuluvan kaapelin määrä saadaan kaavalla

$$L_c = 2h_{max} + 1,25d_A, \quad (2.6)$$

missä  $d_A$  tarkoittaa satulan halkaisijaa. (Conductix-Wamfler 2009) Kaavassa ensimmäinen termi kuvaa kaapelilenkin korkeuteen kuluvan kaapelin määrää. Jälkimmäisellä termillä taas otetaan huomioon se, että kaapeli ei pääse taipumaan alas kaapelivaunulta, vaan se joutuu seuraamaan satulan kaarta. Toisaalta tämä ottaa huomioon myös sitä seikkaa, että kaapelilla on pienin mahdollinen taivutussäde, jota jyrkemmin sitä ei voida taivuttaa ilman, että kaapeli vaurioituu. Kuvassa 2.6 on esitetty kaapelivaunu ja sen mekaniikkakuvat.



**Kuva 2.6.** Kaapelivaunu ja siihen liittyvät mekaniikkakuvat. Kuvan merkinnät:  $d_A$  on satulan halkaisija,  $L_w$  on kaapelivaunun pituus,  $s$  on kaapeliaukon korkeus,  $b_1$  on satulan leveys ja  $b_2$  on kaapeliaukon leveys. (Conductix-Wampfler 2009, muokattu).

Liikkuvien kaapelivaunujen vähimmäismäärä  $N_{\min}$  saadaan laskettua kaavalla

$$N_{\min} = \frac{L_{\text{väli}}}{L_c} - 1. \quad (2.7)$$

$N_{\min}$  pitää pyöristää seuraavaan kokonaislukuun, jota voidaan merkitä  $N$ :llä. Kaavassa 2.7 käytetty  $L_{\text{väli}}$  saadaan laskettua kaavalla 2.4. Kaavan jakolasku tuottaa tulokseksi tarvittavien lenkkien määrän. Kaapelivaunuja taas on yksi enemmän kuin lenkkejä. Kuitenkin laskettaessa liikkuvien vaunujen määrää pitää määrästään vähentää mukaanottaja-vaunu ja kiinteävaunu. Tämän jälkeen voidaan laskea tarvittava sidontaväli  $L_s$  kaavalla 2.8. (Konecranes 2010)

$$L_s = \frac{L_{\text{väli}}}{N+1}. \quad (2.8)$$

Kaapelivaunujen tyyppin valinnassa on otettava ensin huomioon toimintaympäristön asettamat vaatimukset, esimerkiksi korroosiota aiheuttava ympäristö. Toisaalta on otettava huomioon kaapeleiden painosta aiheutuva kuormitus kaapelivaunua kohti. Tämä voidaan laskea kaavalla

$$P_{LW} \approx 2hG_L, \quad (2.9)$$

jossa  $G_L$  on kaapeliniipun paino metriä kohti. Kaapelivaunuihin valitaan satula kaapeleiden pienimmän mahdollisen taivutussäteen perusteella. Tämä arvo täytyy valita samalle vaunulle tulevista kaapeleista sen kaapelin mukaan, joka kestää taipumista huonoiten. (Conductix-Wampfler 2009) Materiaalien käsittelyyn, nostamiseen ja varastointiin työvälineitä valmistavia eurooppalaisia valmistajia edustavan toimialajärjestö FEM:in (ransk. Fédération Européenne de la Manutention) antaman ohjeistuksen mukaan kaapelivaunun satulan sisäkaaren halkaisijan  $d_A$  tulee olla suurempi kuin kaapelin ulkoalokaisija kerrottuna kertoimella  $t$ . Kerroin  $t$  määräytyy taulukossa 2.2 esitetyllä tavalla. Lattakaapelin tapauksessa kaapelin paksuus vastaa pyörökaapeleiden halkaisijaa. (FEM 1998) Suunnittelussa voidaan kuitenkin poiketa näistä, mikäli kaapelinvalmistaja on antanut erilaiset raja-arvot kaapeleilleen.

**Taulukko 2.2.** Kaapelin paksuuden vaikutus kaapelivaunun satulan sisähalkaisijaan (FEM 1998).

Kaapelin paksuus $x$	kerroin $t$
$x < 8 \text{ mm}$	6,3
$8 \text{ mm} < x < 12,5 \text{ mm}$	8
$x > 12,5 \text{ mm}$	10

Jos samalle vaunulle tulee kaapeleita useampaan kerrokseen, niin alempien kaapeleiden paksuus voidaan ottaa huomioon laskettaessa ylempien kaapeleiden kaarta. Näin on joissain tilanteissa mahdollista valita kaapelivaunu, jossa on pienempi sisäkaaren halkaisija. (Konecranes 2010)

Seuraavaksi valinnassa tulee ottaa huomioon kaapeliniipun korkeus  $a$  ja leveys  $b$ . Nämä määräävät sen, kuinka suuri kaapeliuukko täytyy muodostua kaapelivaunun satulan ja rungon väliin. Tällä kaapeliuukolla tarkoitetaan kuvassa 2.6 tilaa, jota rajaavat korkeus  $s$  ja leveys  $b_2$ . Kaapelivaunun tulee myös olla tarpeeksi pitkä, jotta vaunujen

kerääntyessä yhteen vaunut törmäävät toisiinsa ennen kaapeleita. Kaapelivaunun pituus lattakaapeleille saadaan kaavasta (Conductix-Wampfler 2009)

$$L_W \geq d_A + 2a + 10mm. \quad (2.10)$$

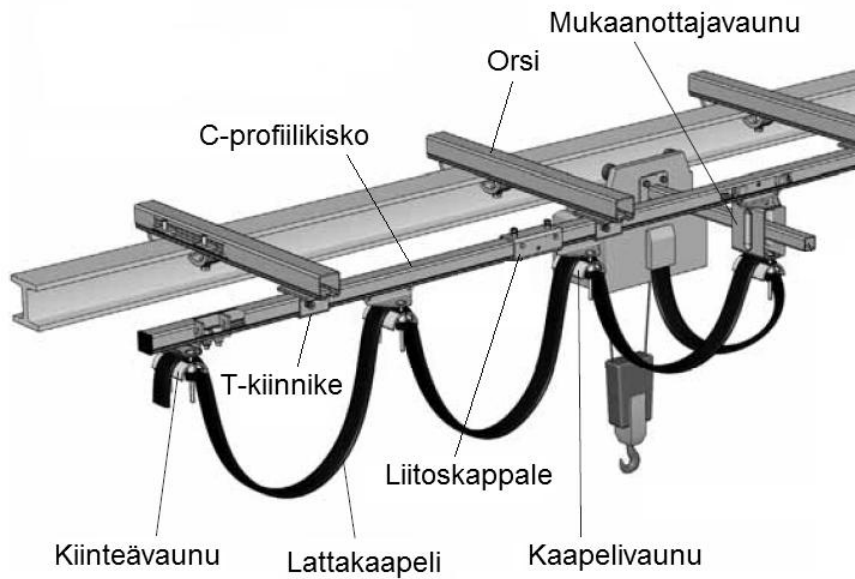
Tämän vaiheen jälkeen on saatu valittua kaapelivaunu, liikkuvien kaapelivaunujen lukumäärä ja sidontaväli. Näiden tietojen avulla voidaan tarkistaa, että suurin mahdollinen kerääntymämatka  $L_k$  ei ylity. Tämä voidaan tarkastaa kaavalla

$$L_k = (N + 1)L_W. \quad (2.11)$$

### 2.4.2 Muut osat

Energiaketjulle voidaan käyttää kahta erityyppistä ohjauskourua. Käytettävä kouru määräytyy pääkannattajan tyypin mukaan. Jos kyseessä on i-palkki, käytetään kiinteää rakennetta, jolloin eri levyisille energiaketjuille on eri kourut. Jos taas kyseessä on kotelo-palkki, käytetään kourua, jonka leveyttä voidaan säätää. Kourun korkeuden suositellaan olevan vähintään kaksi kertaa energiaketjun korkeus. Kourun leveyden pitäisi olla vähintään viisi millimetriä leveämpi kuin energiaketju. Energiaketjun leveys määräytyy tarvittavien kaapeleiden mukaan. Energiaketjunvalmistaja suosittelee, että kaapeleiden ympärille jätetään kymmenen prosenttia vapaata tilaa ja varmistetaan, etteivät kaapelit pääse liikkumaan toistensa yli ja sotkeutumaan. Jos tällainen vaara on olemassa, ketjun sisällä pitää käyttää erottimia. (Igus 2009b)

Kaapelivaunujen osalta käsitellään standardinostureissa tyypillisempää c-profiilikiskoilla tehtyä toteutusta. Kuvasta 2.7 nähdään osien keskinäiset suhteet. Toinen vaihtoehto on käyttää i-palkkia. c-profiilikiskoja tarvitaan koko nostimen vaunun kulkemalle matkalle. Niiden määrä saadaan jakamalla koko tarvittava matka yhden kiskon pituudella. Kiskot liitetään toisiinsa liitoskappaleilla. Näitä liitoskappaleita tarvitaan yksi vähemmän kuin kiskoja. Näin muodostuva yhtenäinen rata tuetaan orsilla, jotka kiinnitetään kiskoihin t-kiinnikkeillä. Orsien tarkan ripustusvälin laskeminen vaatii lujuuslaskentaa. Lisäksi kerääntymästä johtuen orsia tarvitaan enemmän kiskon alkupäähän, koska kaapelien koko paino kohdistuu tällöin tälle osalle. Vaunun ollessa toisessa ääriasennossa taas paino on jakautunut tasaisesti koko kiskon pituudelle. Tästä johtuen orsien ripustusvälin määräytymisen tarkastelu on jätetty tämän työn ulkopuolelle.



**Kuva 2.7.** Kaaelivaunullisen toteutuksen osat (Conductix-Wampfler 2009, muokattu).

Näiden lisäksi virransyöttöpakettiin kuuluu laitteiden kiinnitysosia ja paljon erilaisia tarroja. Kiinnitysosien valintasäännöt perustuvat ensinnäkin siihen, että tiettyjä osia valitaan silloin, kun asiakas on valinnut nosturiin tietyn laitteen esimerkiksi radio-ohjaimen tai vilkkuvalon. Toisaalta osien valintaan vaikuttaa komponenttien mahdollinen koon muuttuminen. Esimerkiksi sillan kojekaapin koko voi vaihdella suuresti, jolloin sen kannatinrauta täytyy valita kaapin koon perusteella. Toisaalta taas komponentin kiinnitystavat voivat vaihdella nostureiden välillä. Tähän voi vaikuttaa esimerkiksi se, kuinka nostimen vaunu on kiinnitetty sillalle. Tarrojen valintaan taas vaikuttavat erilaiset standardit ja se, että varoitustekstejä on saatavilla useilla eri kielillä.

## 3 KONFIGUROINTI

Tässä luvussa käsitellään aluksi konfigurointia kirjallisuuden näkökulmasta. Käsittely aloitetaan yleisesti konfiguroinnista ja konfiguroitavista tuotteista. Tämän jälkeen käsitellään konfigurointimallia ja konfigurointiprosessia. Konfigurointiprosessia käsitellään tilaus-toimitusprosessissa. Näiden pohjalta päästään käsittelemään konfiguraattoreita, joita käytetään yleisesti konfigurointiprosesseissa ja joiden toiminta vaatii konfigurointimallin toteutuksen. Lopuksi käsitellään konfiguroitavien tuotteiden ja konfiguraattoreiden käytön etuja ja ongelmia.

### 3.1 Yleistä konfiguroinnista ja konfiguroitavat tuotteet

Tuotteiden muuntelu ei ole uusi ilmiö. Käsityöläiset, kuten räätälit ja suutarit, ovat aina valmistaneet tuotteitaan asiakasvaatimuksiin perustuen. Tällaisten asiakkaalle räätälöityjen tuotteiden valmistaminen on kuitenkin hidasta ja kallista. 1900-luvun alussa vallan saikin massatuotanto. Massatuotannossa kasvatetaan tehokkuutta suunnittelussa, tuotannossa ja jakelussa. Tämän aikaan saamiseksi tuotantoprosessit ovat yksinkertaistettuja ja kaikille asiakkaille tuotetaan samanlaista standardoitua tuotetta. Tällä menetelmällä pystytään tuottamaan edullisia tuotteita lyhyillä toimitusajoilla. Tunnetuin esimerkki massatuotannosta on T-Ford, jota pystyttiin myymään 360 \$ hintaan, kun autojen keskihinta oli 2000 \$. Massatuotantoa ei kuitenkaan laajennettu kaikkiin räätälöityihin tuotteisiin. Sen ulkopuolelle jäivät yritykset, jotka tekivät kestohyödykkeitä asiakasvaatimusten mukaisina projektitöinä pienillä tuotantomäärillä. 1990-luvulla keksittiin massaräätälöinti, jossa ajatuksena on kasvattaa tuotemuuntelun määrää pitäen samalla tuotanto tehokkaana. Tällä tavalla pyritään yhdistämään räätälöityjen tuotteiden kyky vastata erilaisiin asiakastarpeisiin sekä massatuotteiden lyhyet toimitusajat ja edullinen hinta. (Forza & Salvador 2006)

Konfiguroitaviin tuotteisiin läheisesti liittyvä termi on massaräätälöinti. Tiihonen & Soininen (1997) kuvaa siirtymistä konfiguroitaviin tuotteisiin massatuotteiden ja projektituotteiden suunnista. Ahonen et al. (2007) taas kuvaa vastaavan siirtymän massaräätälöityihin tuotteisiin ja määrittelee massaräätälöinnin toimintatavaksi, jonka avulla asiakkaalle kyetään tuottamaan ainutkertaisesti räätälöity tuote massatuotannon tehokkuudella käyttäen apuna joustavia tuotantoprosesseja ja organisaatorakenteita. Peltonen et al. (2002) määrittelee, että karkeasti massaräätälöidyllä tuotteella tarkoitetaan konfiguroitavaa tuotetta, jossa valmistettavien tuoteyksilöiden määrä on suuri. Konfiguroinnissa annetaan asiakkaalle mahdollisuus muunnella tuotetta sellaisissa rajoissa, että yrityksen ei tarvitse muunnella tuotesuunnitteluprosessiaan tyydyttämään asiakkaantarpeet. Konfigurointiprosessilla yrityksen on mahdollista täyttää hyvinkin paljon toisistaan

eroavia asiakastarpeita, mutta kuitenkin tarjota nopeat toimitusajat ja kilpailukykyiset hinnat.(Forza & Salvador 2006)

Konfigurointi-toimintatapa voidaan määritellä seuraavasti: (Lehtonen 2007)

1. Jokainen toimitettu tuote on yksilö, joka on sovitettu asiakkaan tarpeita vastaavaksi.
2. Tuoteyksilö koostuu ainoastaan esisuunnitelluista elementeistä.
3. Tilaus- ja toimitusprosessissa tarvitaan vain systemaattista rutiinisuunnittelua.
4. Toimitettavia tuoteyksilöitä vastaa ennalta suunniteltu yleinen tuoterakenne, jonka variaatiot on tehty markkinoiden tarpeita silmällä pitäen.

Ensimmäinen vaatimus erottaa konfiguroitavat tuotteet massatuotteista, joita ei suunnitella asiakaskohtaisesti. Muut vaatimukset taas erottavat konfiguroitavat tuotteet projektituotteista. Projektituotteet räätälöidään täysin asiakkaan toiveiden mukaisesti, kun taas konfiguroitavat tuotteet on tuotekehitysvaiheessa määritelty niin, että tuoterakenteessa olevista osista voidaan muodostaa eri asiakkaille heidän vaatimuksiensa mukaisia tuotteita.(Tiihonen & Soininen 1997) Määrittelyn ulkopuolelle on jätetty vapaa sijoittelusuunnittelu, koska se voidaan muuttaa valintatehtäväksi piirtämällä valmiit sijoittelusuunnitelmat. Tästä seuraa, että konfiguroitavalla tuotteella on aina olemassa rakenne-suunnitelma. Puhdas konfigurointitoimintatapa käytännössä yleensä edellyttää modulaarista rakennetta, mutta se ei ole ehdoton edellytys.(Lehtonen 2007) Modulaarinen suunnittelu on standardiosien laajennus. Moduulit ovat yksittäisistä kappaleista muodostettuja ryhmiä, joita käsitellään yhtenä yksikkönä. Tästä on seurauksena esimerkiksi se, että osat joiden kanssa ollaan tekemisissä vähentyvät ja asennus yksinkertaistuu. Standardisoinnilla on se lisäetuna, että pystytään vähentämään erilaisten osien määrää eri tuotteiden osaluetteloissa ja sitä kautta yksinkertaistamaan osaluetteloa.(Stevenson 2009)

### 3.2 Konfigurointimalli

Peltonen et al. (2002) käyttää käsitettä tuoteperherakenne, mutta mainitsee yleisesti käytettävän samasta asiasta nimityksiä konfigurointimalli ja geneerinen tuoterakenne. Koska lähteet (Tiihonen & Soininen 1997; Ahonen et al. 2007) suosivat kuitenkin konfigurointimalli nimitystä, niin tässä työssä on päädytty käyttämään sitä. Konfigurointimalli voidaan määritellä seuraavasti: konfigurointimalli sisältää kaiken tarpeellisen tiedon (esimerkiksi säännöt, rajoitteet ja moduulit), joka havainnollistaa tuoteperheeseen liittyvää konfigurointitietämystä.(Nummela 2006, s.52)

Konfiguraatiomalli esittää epäsuorasti useita jopa miljoonia erilaisia tuotteita, jotka siitä voitaisiin muodostaa, jos niitä käsiteltäisiin erillisinä massatuotteina.(Tiihonen & Soininen 1997) Suureen määrään selittää se, että mahdollisten tuoteyksilöiden lukumäärä kasvaa nopeasti niiden muodostumiseen käytettävien komponenttien lukumäärän ja vaihtoehtojen lisääntyessä. Esimerkiksi uuden valinnaisen komponentin lisääminen kas-

vattaa mahdollisten tuoteyksilöiden määrän kaksinkertaiseksi, jos komponentti on muista riippumaton. (Peltonen et al. 2002)

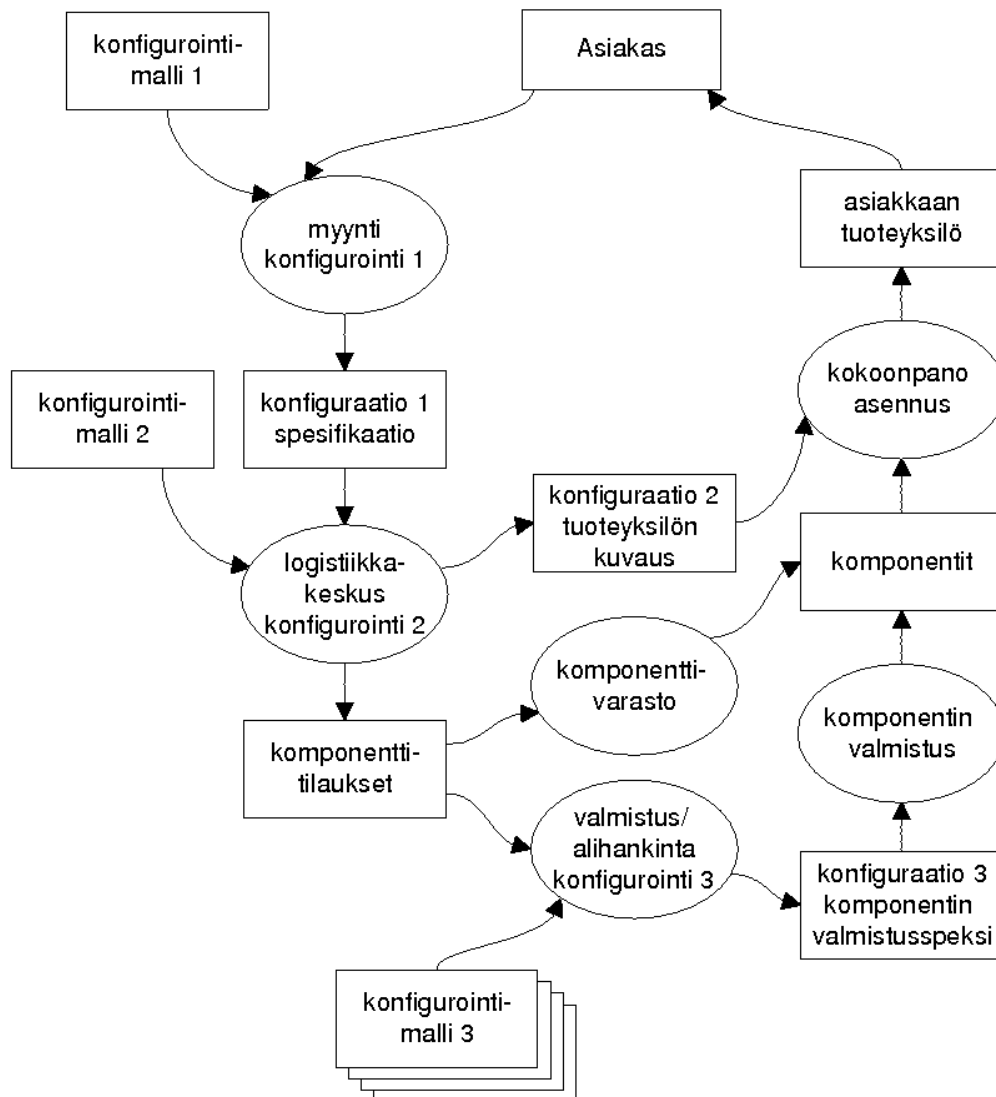
Konfiguroitavan tuotteen voi ajatella tuoteperheeksi, joka sisältää suuren joukon erilaisia tuotevariantteja. Nämä voidaan esittää konfigurointimallilla, joka kuvaa tuoteperheen kaikki variantit esimerkiksi vaihtoehtoisten (valittava komponentti A tai B), valintaisten (voidaan halutessa valita komponentti A) ja parametroitujen komponenttien (komponentin A jokin ominaisuus, kuten väri, voi olla X, Y tai Z) ja niiden yhdistelyä rajoittavien sääntöjen avulla. (Peltonen et al. 2002) Esimerkin kuvaamaa tapaa kutsutaan eksplisiittiseksi tuoterakenteeksi ja rajoittavia sääntöjä yleisesti rajoitteiksi. Rajoitteilla kontrolloidaan tuoteyksilöiden oikeellisuutta. Toisaalta niillä voidaan myös rajata pois tuoteyksilöitä, joita yritys ei halua valmistaa. (Sarinko 1999, s.26)

Samalla tuotteella voi olla useita eri konfigurointimalleja. Ne on tarkoitettu tukemaan konfigurointiprosessin eri vaiheita sopivalla abstraktiotasolla. Myynti ei yleensä esimerkiksi tarvitse yksityiskohtaista tuotteen osaluetteloa konfiguraation lopputuotteena. Tätä tietoa kuitenkin tarvitaan suunnittelussa tuotantokonfiguraattorin lopputuotteena. (Tiihonen & Soinen 1997) Käytännössä tuotekehitysprosessin aikana luodaan useimmiten kaksi tai jopa kolme eritasoista konfiguraatiomallia, jotta myyntitilanteessa muodostettu sovellusratkaisu saadaan nopeasti tarkennettua tuotannon tarvitsemalle tasolle (Ahonen et al. 2007 s. 45). Konfigurointi voidaan toteuttaa sitä varten kehitetyllä tietojärjestelmällä eli konfiguraattorilla tai esimerkiksi tuotekatalogiin perustuen valintalistan avulla (Ahonen et al. 2007)

### 3.3 Konfigurointiprosessi

Peltonen et al. (2002) jakaa tuotteen konfiguroinnin kahteen vaiheeseen: myyntikonfigurointiin (engl. sales configuration) ja tuotantokonfigurointiin (engl. engineering configuration). Heidän mukaansa nämä vaiheet ovat tunnistettavissa riippumatta siitä, onko niiden tukena konfiguraattoreiksi kutsuttuja tietojärjestelmiä ja suoritetaanko vaiheet erillisissä järjestelmissä vai saman järjestelmän sisällä. Lehtonen (2007) on työssään todennyt, että konfiguroinnissa tuoteyksilöä ei tarvitse määrittää yhdellä kertaa, vaan tilaus-toimitusprosessissa määrittely voi tarkentua jopa kolme kertaa. Tiihonen & Soinen (1997, 1997b) on esitellyt sekä kaksi että kolme konfigurointia sisältävät tilaus-toimitusprosessit. Heidän kolme erilaista konfigurointia sisältävä prosessinsa on esitetty kuvassa 3.1. Kuvassa esitetyt konfiguraattorit ottavat lähtötietoinaan konfigurointimallin ja asiakkaalta tai edellisestä vaiheesta tulevan syötteen. Tällöin konfiguraattorin ajatellaan olevan pelkkä konfigurointimoottori. Käytetyt termit vaihtelevat lähteestä riippuen. Kuvassa 3.1 käytetään toisen konfiguroinnin kohdalla termiä logistiikkakeskus. Lehtonen (2007) käyttää samasta vaiheesta termiä suunnittelun konfigurointi ja Peltonen et al. (2002) taas termiä tuotantokonfigurointi. Lehtonen (2007) esittää konfigurointiprosessin kolmanneksi vaiheeksi sen, että joissain yrityksissä vasta tuotannossa määrätään, mistä keskenään vaihtoehtoista osista lopullinen asiakastoimitus kootaan. Hän käyttää tästä vaiheesta termiä tuotantokonfigurointi (engl. production configuration).

Tiihonen & Soininen (1997b) kutsuu kolmatta vaihetta valmistus- tai alihankintakonfiguroinniksi.



**Kuva 3.1.** Konfiguroitavien tuotteiden tilaus-toimitusprosessi (Tiihonen & Soininen 1997b).

Myyntikonfiguroinnissa lähtökohtana on asiakas, joka on kiinnostunut ennen kaikkea tuotteen ominaisuuksista, hinnasta ja toimitusajasta, eikä niinkään tuotteen moduuleista ja komponenteista. Tästä johtuen myyntikonfiguraattorit ovat yleensä ominaisuuspohjaisia, jolloin konfiguroinnin tuloksena syntyy luettelo tuoteyksilön halutuista ominaisuuksista. Konfiguraattori voi olla myös komponenttipohjainen, jolloin asiakas valitsee tuotteeseen haluamansa pääkomponentit. (Peltonen et al. 2002)

Tuotantokonfiguroinnin lähtökohtana ovat halutut ominaisuudet tai asiakkaan valitsemat pääkomponentit myyntikonfiguraattorista riippuen. Sen tehtävänä on muodostaa tuotekonfiguraatio, joka on halutun tuoteyksilön kuvaus ja jonka perusteella tuote voidaan valmistaa. Tuotantokonfiguroinnissa tehtävät valinnat koskevat ylempien tason komponentteja, kuten moduuleita tai osakokoonpanoja, eikä esimerkiksi yksittäi-

siä ruuveja valita. Tästä johtuen tuoteperherakenteen tai yksittäisen konfiguraation ei tarvitse kuvata koko tuoterakennetta, vaan vain muuttuvien rakenteiden kuvaaminen on tarpeellista. Tuotantokonfiguroinnin tuloksena saatavan konfiguraation alimmalla tasolla voi siis olla komponentteja, jotka koostuvat osakomponenteista, mutta joilla on sama kiinteä rakenne kaikissa konfiguraatioissa. Tästä seuraa se, että konfiguraation muodostaminen ja kiinteä rakenne voivat sijaita eri järjestelmissä. Jos kaikki tehdään samassa järjestelmässä, lopputuloksena saatua konfiguraatiota kutsutaan täydelliseksi tuoterakenteeksi. Jos tuotantokonfiguraattori ei ole osa toiminnanohjausjärjestelmää, sen tuloksena saatu konfiguraatio on siirrettävä valmistusta varten sinne. (Peltonen et al. 2002)

Monet yritykset haluavat palvella kaikkia asiakkaita ja valmistaa tuotteita, joita ei ole mahdollista määrittellä konfigurointimalliin. Yleensä tarvittavat muutokset koskevat vain yhtä tai kahta moduulia. Tästä johtuen monissa tapauksissa tuote voidaan konfiguroida ja suunnitella erikseen vain tietyt asiakaskohtaiset variaatiot. Voi myös olla kustannustehokkaampaa suunnitella tiettyjä tapauksia, kuin yrittää laajentaa tuotetta kattamaan kaikki mahdolliset vaatimukset. (Tiihonen & Soininen 1997) Tällöin myös erikoisempien asiakasvaatimusten suhteen voidaan suosiolla noudattaa hieman muuttuvaa valmistusprosessia. Tässä voidaan käyttää apuna ABC-luokittelua, joka kuvaa tilauskohtaisen suunnittelun määrää. Tässä luokittelussa A-tuotteet ovat niin sanottuja vakiotuotteita, joiden valmistus voidaan toteuttaa tuotealustan avulla yhdistämällä täysin ennalta suunniteltuja moduuleja loppukokoonpanon aikana. Tässä luokassa ei siis ole tarvetta toimitusprosessin aikaiselle suunnittelulle. B-tuotteisiin sitä vastoin jo liittyy prosessin aikainen räätälöinnintarve, mutta se kyetään tyydyttämään normaalissa tuotantoprosessissa, joko piirustuksia muokkaamalla tai ostamalla erikoiskomponentteja tai –moduuleja. C-tuotteet vaativat edellisistä poiketen huomattavaa asiakaskohtaista suunnittelutyötä ja ne aiheuttavat usein myös muutoksia tuotantoprosessiin. (Aho Nieminen et al 2007)

### 3.4 Konfiguraattori

Konfiguraattorit ovat tietojärjestelmiä, joita käytetään tuoteyksilöiden konfigurointiin ja luomaan ja ylläpitämään tuotteiden konfigurointimalleja. Konfiguraattoreita on käytetty tilaus-toimitusprosessin apuna jo ainakin 1980-luvulta asti. Konfiguraattorit voidaan karkeasti jakaa yksittäiskäyttöisiin (engl. single use) ja yleiskäyttöisiin (engl. general use). Yksittäiskäyttöiset konfiguraattorit ovat käytössä tietyille tuotteille yhdessä yrityksessä, kun yleiskäyttöisiä voidaan käyttää erilaisille tuotteille erilaisissa yrityksissä. (Tiihonen & Soininen 1997)

Soinisen (2000, s.9) mukaan konfiguraattorissa asiakkaan vaatimukset ja konfigurointimalli annetaan konfigurointimoottorille, jolla tuotetaan tuoteyksilö. Yleiskäyttöisessä konfiguraattorissa konfigurointimoottori ja –malli on selkeästi erotettu toisistaan. Moottori sisältää konfiguraattorin logiikan ja toiminnallisuuden. (Tiihonen & Soininen 1997)

Konfiguraattorilla tulisi olla seuraavat ominaisuudet: (Tiihonen & Soininen 1997)

- Ymmärrettävästi ja visuaalisesti mallinnettu
- Jäsentynyt, mahdollisesti olioperusteinen, mallintaminen
- Keinot mallintaa suoraan tuotteiden ja komponenttien kehitystä ja niiden välisiä riippuvuussuhteita.

Ensimmäinen ominaisuus tähtää siihen, että konfiguraattorin käyttämää konfigurointimallia voivat ylläpitää tuotepäälliköt, -suunnittelijat ja muut työntekijät, jotka ymmärtävät tuotetta parhaiten. Tämä vähentää tarvetta käyttää toisen käden tietoa ja vähentää väärinymmärryksestä johtuvien virheiden määrää, koska tietoja muokkaamaan ei tarvita tietokonespesialisteja. Toinen ominaisuus helpottaa mallien ymmärtämistä ja sitä kautta niiden hallintaa. Viimeinen ominaisuus lisää mukaan konfiguraatioiden ja tuotetiedon hallintaa. (Tiihonen & Soininen 1997)

### 3.5 Etuja ja ongelmia

Etuja ja ongelmia on käsitelty tässä luvussa ensin konfiguroitavien tuotteiden näkökulmasta. Koska konfiguroitaviin tuotteisiin siirrytään usein joko massatuotteista tai projektituotteista, niin on mielekästä käsitellä konfiguroituja tuotteita näihin verrattuna. Tämän jälkeen käsitellään vielä erikseen konfiguraattoreihin liittyviä etuja ja niiden ongelmia.

Kun konfiguroitavia tuotteita verrataan projektituotteisiin, asiakastarpeiden tyydyttäminen heikkenee, koska valikoima on rajatumpi. Oikein määritellyllä tuotetarjonnalla riittävän suuri osa tarpeista pystytään kuitenkin tyydyttämään. Konfiguroitavat tuotteet ovat konkreettisempia myydä kuin projektituotteet, koska tuotteen kuvauksen tekeminen on helpompaa. Toisaalta myös hinnoittelu on helpompaa, koska käytettävät komponentit tunnetaan etukäteen. On mahdollista käyttää myös ominaisuuspohjaista hinnoittelua. Koska asiakaskohtainen suunnittelu vähenee tai poistuu jopa kokonaan ja osakokonaisuuksia on mahdollista valmistaa etukäteen, niin saavutetaan läpimenoaikojen lyhentymistä. Toisaalta suunnittelusta vapautuvia resursseja voidaan suunnata tuotekehitykseen. Koska tuoteyksilöt muistuttavat enemmän toisiaan, saavutetaan oppimista tuotannossa ja sitä kautta nopeammat valmistusajat. Tätä kautta myös toimitusaikojen pitäminen ja läpimenoajan ennustettavuus paranee. Koska konfiguroitavien tuotteiden perusrakenne on vakio tai muuttuu vain suunnitelluissa ja koetelluissa rajoissa, saavutetaan laadun parantumista ja virheiden vähentymistä. Konfigurointi vaatii konfigurointimallien hyvää dokumentointia ja pitkäaikaishallintaa. Tämä vaatimus aiheuttaa kustannuksia, eikä ole helppoa hallita. Kuitenkin toimitettujen tuoteyksilöiden hallittavuus paranee, koska niissä on vähän tai ei ollenkaan ainutkertaisia komponentteja. Tämän avulla saavutetaan suurta hyötyä huoltotoiminnalle. (Lehtonen 2007)

Projektituotteisiin nähden konfiguroitavilla tuotteilla suurin tavoite on kustannusten laskeminen. Massatuotteista siirryttäessä sitä vastoin tavoitellaan parempaa kykyä vastata asiakasvaatimukseen. Konfiguroitavilla tuotteilla voidaan toteuttaa tehokkaasti laaja tuotevalikoima, jonka hallinta on helpompaa kuin vastaavan valikoiman

tarjoaminen vakiotuotteista koostuvana tuoteperheenä. Tässä tapauksessa voidaan tavoitella myös säästöjä. Kun tuote valmistetaan asiakastilauksen pohjalta, siitä tulee asiakkaan näkökulmasta tilaustuote. Tästä on seurauksena se, että valmistuotevaraston tai jakelukanavan varastojen mahdollisuus poistuu. Vaihto-omaisuuden supistuminen on tätä kautta mahdollista, koska suurista lopputuotevarastoista voidaan päästä eroon. Konfiguroitavat tuotteet mahdollistavat erottautumisen ominaisuuksilla hinnalla kilpailemisen sijaan. Toisaalta, kuten projektituotteissakin, konfiguraatiomallien hallinta vaatii panostuksia. Valmistuksen ja yleensä myös tietojärjestelmien pitää pystyä hallitsemaan asiakaskohtaisia tuoterakenteita, tietyille asiakkaalle nimettyjä tuoteyksilöitä ja välittämään tarpeellinen tuotekohtainen informaatio. (Lehtonen 2007)

Konfiguraattoreiden etuna on, että ne antavat henkilöille, jotka eivät ole tuotteen asiantuntijoita, mahdollisuuden tehdä virheettömiä tilauksen teknisten tietojen määrittelyjä ja työmääräimiä. Konfiguraattorit toimivat aputyökaluina tilaus-toimitusprosessissa. Tällä saavutetaan virheiden vähenemisen lisäksi toimitusaikojen lyheneminen ja pystytään lisäämään tehtyjen tarjousten määrää lisäämättä myyntihenkilöstöä tai insinöörejä. (Tiihonen & Soininen 1997) Joidenkin tuotteiden konfigurointi on laskennallisesti vaikeaa, mutta yleensä suurempi ongelma on konfigurointimallien ylläpito. Monet konfigurointitapaukset ovat niin yksikertaisia, että niille voidaan rakentaa konfiguraattori suoraan ilman erityisiä konfigurointityökaluja. Tämä saattaa kuitenkin aiheuttaa ylläpito-ongelmia. Konfiguraattori on saatettu rakentaa vastaamaan senhetkistä tuotetta niin, että tuotteen muuttuessa konfiguraattoria ei pystytä muuttamaan vastaamaan uutta tarvetta ja konfiguraattori muuttuu käyttökelvottomaksi. Tuoteperheiden kuvausmenetelmiä arvioidessa yksi tärkeimpiä ominaisuuksia on tuotteen kuvauksen ylläpidettävyyden. Konfigurointimallia on vaikeaa pitää ajantasalla, elleivät tuotesuunnittelijat ymmärrä sitä niin hyvin, että voivat itse muuttaa rakenteen vastaamaan tuotteen muutoksia. Tämä koskee erityisesti tuotantokonfiguraattoreita, jotka rakennetaan yleensä tuotteiden teknisten ominaisuuksien perusteella. Tuoterakenteen uudistuessa on kiinnitettävä huomiota siihen, että huolto tai modernisaatio voi tarvita mahdollisuutta uudelleenkonfigurointiin, jolloin vanhan tuoterakenteen pitäisi olla saatavilla. (Peltonen et al. 2002) Tiihonen & Soininen (1997 s.17) nostavat kaupallisten konfiguraattoreiden suurimmaksi ongelmaksi konfiguraattorin konfigurointimallien pitkänajan hallinnan. Pahimmassa tapauksessa vaikeasti ylläpidettävä konfiguraattori voi jopa viivästyttää uusien tuotteiden ja vaihtoehtojen julkistusta.

## 4 NYKYINEN TUOTEYKSILÖN KONFIGU- ROINTIPROSESSI

Tässä luvussa esitellään nykyisen konfigurointiprosessin toimintaa sähkösuunnittelun ja virransyöttöpaketin näkökulmasta. Prosessin osina on useampia eri tietojärjestelmiä, joiden roolia ja toimintaa esitellään tarkemmin omissa alaluvuissaan.

### 4.1 Prosessin kuvaus

Luvussa 3.3 on esitelty konfigurointiprosessiin liittyvää teoriaa. Käsiteltävässä yrityksen prosessissa käytetään kolmea konfiguraattoria. Ensimmäinen konfiguraattori on myyntikonfiguraattori. Tässä tapauksessa kyseessä on ominaisuuspohjainen myyntikonfiguraattori, jonka tuloksena saadaan luettelo halutuista ominaisuuksista. Kaksi muuta konfiguraattoria ovat tuotantokonfiguraattoreita (engl. engineering configuration). Näistä ensimmäinen sijaitsee tuotetiedon hallintajärjestelmässä. Sen tehtävänä on valita oikeat moduulit ja parametrilistat sähködokumentin luomista varten. Prosessissa voidaan tehdä myös konfigurointiin kuulumatonta tilauskohtaista suunnittelua, jolloin pystytään palvelemaan suurempaa määrää asiakkaita. Tässä prosessissa suunnittelu tehdään sähkö-CAD:issä. Toinen tuotantokonfiguraattori sijaitsee toiminnanohjausjärjestelmässä, jossa konfiguroidaan virransyötön osaluettelo. Tätä konfiguraattoria on tarkemmin tarkasteltu luvussa 5.

Tuoteyksilön konfigurointiprosessi alkaa asiakkaan tilauksesta. Tässä vaiheessa asiakkaan vaatimukset uudesta nostimesta on syötetty myyjän työkaluna toimivaan myyntikonfiguraattoriin, josta saadaan tieto asiakkaalle myyntiominaisuuksina ja tehtaalle teknisinä ominaisuuksina. Tekniset ominaisuudet muutetaan helpommin käsiteltäviksi teknisiksi lauseiksi. Tekninen lause voi olla esimerkiksi nostimen nostokorkeus. Nämä tekniset lauseet käsitellään ensin, jotta vain oleelliset tiedot siirtyisivät eteenpäin. Organisaatioiden välinen tiedonsiirto EDI (engl. Electronic Data Interchange) on menetely, jossa yrityksen tietojärjestelmässä sijaitsevista tiedoista tuotetaan määrämuotoinen tietovirta, joka välitetään sähköisesti vastaanottavaan järjestelmään ja puretaan siellä suoraan automaattisesti. (Tilastokeskus 2011) EDI:n avulla asiakkaan tilaus ja tekniset lauseet tuodaan toiminnanohjausjärjestelmään myyntikonfiguraattorilta tai vaihtoehtoisesti toisesta toiminnanohjausjärjestelmästä, jos toinen yrityksen yksikkö haluaa tilata jonkin työn toisesta yksiköstä. Siellä tilausta voidaan vielä muokata, mutta tehtyjen muutoksien oikeellisuutta ei tarkastella.

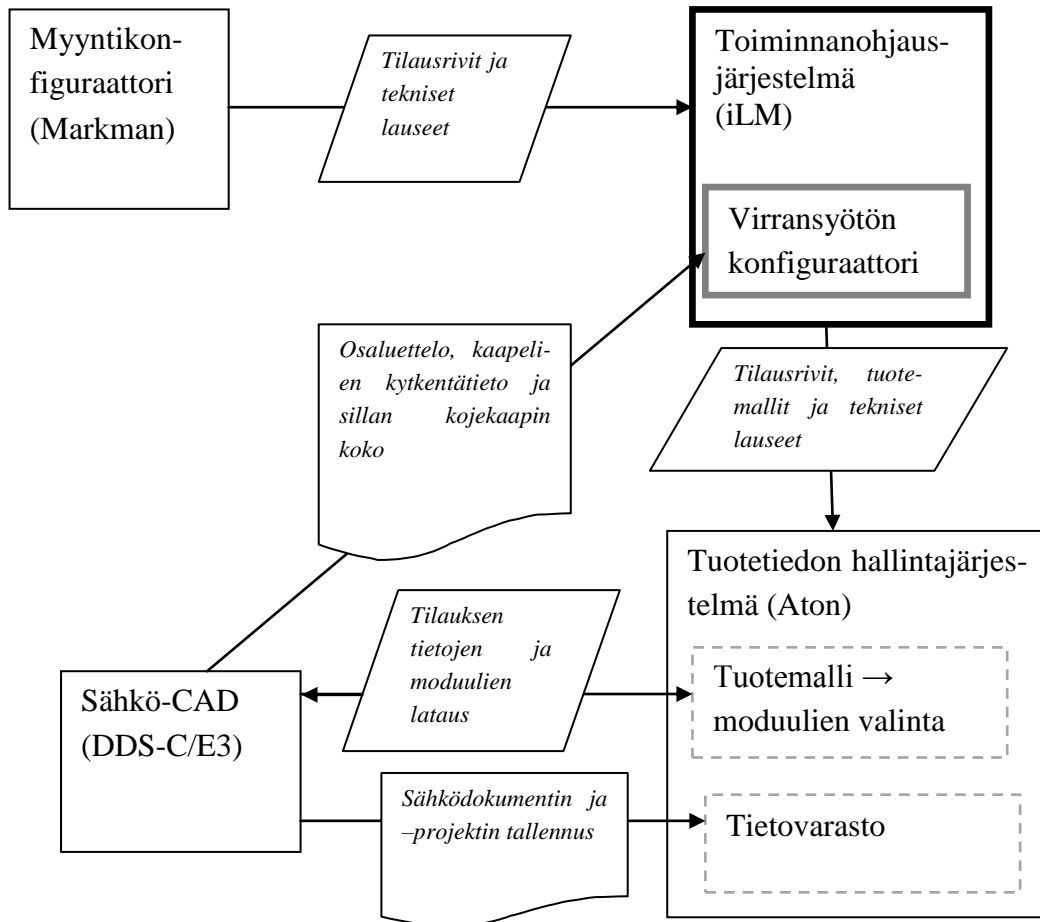
Hyväksymisen jälkeen tilauksen tieto siirretään tuotetiedon hallintajärjestelmään, jossa suoritetaan sähkömoduulien konfigurointi. Tämän konfiguroinnin lähtötie-

toina ovat tilauksen tilausriveihin liitetyt tuoterakenteet ja tekniset lauseet. Konfiguraattorin konfigurointimallin ja lähtötietojen avulla valitaan tilaukselle tarvittavat sähkömoduulit. Ne sisältävät sähködokumenttiin tarvittavia parametrilistoja ja kytkentäkaavion osia. Niiden valintaprosessi on pääosin automaattinen, mutta suunnittelija voi myös hakea tarvittaessa sopivia moduuleja. Näiden valintojen jälkeen käynnistetään sähkösuunnitteluohjelma eli sähkö-CAD. Sieltä lähetetään pyyntö tilauksen tiedoista ja näiden tietojen perusteella ladataan tarvittavat moduulit. CAD:n yhteydessä on ladontaohjelma, joka muuttaa tuotetiedon hallintajärjestelmän tuottaman tiedon CAD-ohjelman ymmärtämään muotoon. Se yhdistää sähkömoduulit kokonaiseksi sähkökuvaksi, järjestää dokumentin sivut tiettyyn järjestykseen, päivittää komponenttien väliset yhteydet oikeiksi ja luo piirustuksen osista osaluettelon. Dokumentti käsittää koko nosturitilauksen sähkösuunnitelmat.

Seuraavaksi suunnittelija tarkastaa, että dokumentin tiedot ovat oikein. Jos kyseessä on yleinen tuoteyksilö, niin muutoksia ei tarvitse tehdä ollenkaan. Tässä vaiheessa kuitenkin voidaan tehdä normaalia tuotesuunnittelua. Tämän jälkeen suunnittelun tuloksena saatu dokumentti tallennetaan tuotetiedon hallintajärjestelmään ja osaluettelot sekä virransyöttöön liittyvät kaapelitiedot välitetään toiminnanohjausjärjestelmään. Tämän siirron yhteydessä osat kirjautuvat varastonhallintajärjestelmään ja tietojen pohjalta luodaan osaluettelot tilausrivien alle. Tässä vaiheessa virransyötön tilausrivi kuitenkin eroaa muista, koska sille tehdään vielä konfigurointi sähkö-CAD:iltä saatujen kaapelitietojen ja teknisten lauseiden pohjalta. Konfiguroinnissa virransyötölle lasketaan kaapeleiden pituuksia, valitaan kaapelivaunuja ja varusteluosia sekä lasketaan niiden kappalemääriä.

## 4.2 Prosessiin liittyvät tietojärjestelmät

Edellä esitetystä prosessin kuvauksesta voidaan havaita, että tuoteyksilön konfigurointi-prosessiin kuuluu useita eri tietojärjestelmiä. Ne ja niiden väliset yhteydet on esitetty hyvin yleisellä tasolla kuvassa 4.1. Jokaisessa alaluvussa esitellään ensin tietojärjestelmän toimintaa ja tarkoitusta yleisesti ja sen jälkeen kuvataan niiden toimintaa ja tarkoitusta juuri tässä prosessissa.



*Kuva 4.1. Tuoteyksilön konfigurointiprosessi.*

#### 4.2.1 Myyntikonfiguraattori

Myyntikonfiguraattoria käytetään tuotteen myyntiominaisuuksien ja niihin liittyvien säännösten hallintaan. Säännöstoilla määritellään sallitut myyntiominaisuusyhdistelmät ja estetään kiellettyjen yhdistelmien valitseminen. Tällä konfiguraattorilla tuotteelle konfiguroidaan myyntirakenne, eli tuotteen teknisen rakenteen määräävä ominaisuusjoukko. Myyntikonfiguraattorissa voidaan hallita myös muuta tietoa, esimerkiksi markkinakohtaisia hinnastoja. (Sääksvuori & Immonen 2002, s. 68.)

Yrityksessä käytössä oleva myyntikonfiguraattori on nimeltään Markman 2000. Sen kehitys on aloitettu yli kaksikymmentä vuotta sitten ja se on uudelleensuunniteltu 1997. (Hovi 2008) Uusi versio Markmanista on parhaillaan kehitteillä. Markmanin lisäksi yrityksessä on käytössä myös muita myyntikonfiguraattoreita esimerkiksi EOT-Man, joka on kehitetty raskaiden nostureiden konfigurointiin ja Chain system, jota käytetään pääasiassa ketjunostimien ja pienien nostureiden konfigurointiin. Markmanilla voidaan luoda nosturi-, varaosa- ja modernisaatiotilauksia. Sitä voidaan käyttää myös ilman Internet-yhteyttä, mutta tällöin tietoja ei voida synkronoida, tilauksia siirtää tuo-

tantoon ja tarjouskuvia voidaan luoda vain kaksiulotteisina, kun muutoin asiakkaalle voidaan tilauksen yhteydessä luoda 3D-kuva nosturista. (Hovi 2008)

Kun konfigurointi saadaan valmiiksi, tulokset lähetetään samassa paketissa myyntiä varten luotujen mekaanisten CAD-piirustusten kanssa myyntiosastolle. Siellä tilaus jaetaan osiin ja käsitellään tarvittavien komponenttien tilaukset. Yksittäiset komponenttitalaukset voidaan myös lähettää Markmanista suoraan toiminnanohjausjärjestelmään. Kuitenkin tilaukset, joissa tilataan koko nosturi, kulkevat aina myyntiosaston kautta. (Hovi 2008)

Markman ei ole suoraan yhteydessä tuotetiedon hallintajärjestelmään eikä varsinaiseen mekaniikkasuunnitteluun käytettyihin CAD-ohjelmiin, eikä sillä luotuja CAD-kuvia suoraan hyödynnetä sähkösuunnittelussa. Markman on tärkeä osa prosessia ja mahdollistaa suunnitteluprosessin automatisoinnin. Siltä saadaan tilausrivit ja asiakkaan vaatimukset ominaisuuksina. Käsittelyn helpottamiseksi nämä ominaisuudet kuvataan sovitunmuotoisina teknisinä lauseina. Myyntikonfiguraattorilta saatavia tietoja kuitenkin rajoittaa se, että myyjän täytyy tuntea useita tuotteita, eikä hänellä lähtökohtaisesti ole suunnittelijan valmiuksia tai ammattitaitoa. Hyvällä myyntityökalulla saadaan kuitenkin yksiselitteisiä lähtötietoja ja täydellisempiä konfiguraatioita, koska tietyt asiat on pakko päättää myynnin yhteydessä.

#### 4.2.2 Toiminnanohjausjärjestelmä

Toiminnanohjausjärjestelmä yhdistää yrityksen rahaliikenteen, tuotannon ja henkilöstöhallinnan. Järjestelmän tarkoitus on kerätä tietoa ja tuoda se reaaliajassa päätöksentekijöiden ja muiden käyttäjien saataville läpi koko organisaation. Se tarjoaa myös työkalut suunnitella ja seurata erilaisia liiketoimintaprosesseja, joiden kautta voidaan saavuttaa organisaation tavoitteet. Toiminnanohjausjärjestelmät koostuvat tyypillisesti kokoelmasta toisiinsa integroituja moduuleja. Eri kaupallisten toimittajien tarjoamat moduulit vaihtelevat, mutta moduuleja on tarjolla esimerkiksi tuotannosuunnitteluun, laskenta-toimeen ja varastonhallintaan. (Stevenson 2009)

Konecranesilla on tällä hetkellä käytössä useita toiminnanohjausjärjestelmiä. Tässä prosessissa käytettävä toiminnanohjausjärjestelmä on nimeltään iLM. Sen nykyinen versio on ollut käytössä vuodesta 2002. Järjestelmä on toteutettu yrityksen sisällä vastaamaan Konecranesin nosturi- ja komponenttivalmistuksen tarpeita. Tästä johtuen se eroaa joiltain osin perinteisestä toiminnanohjausjärjestelmästä. (Hovi 2008) iLM on integroitu useisiin järjestelmiin, joista tarkasteltavan prosessin kannalta tärkeimpiä ovat myyntikonfiguraattori Markman, tuotetiedon hallintajärjestelmä Aton ja sähkö-CAD:it DDS-C ja E3. Virransyötön konfiguraattori toimii osana iLM:ää.

Myyntikonfiguraattorilta tieto tulee iLM:ään EDI-linkin kautta. EDI:llä pystytään luomaan tilausrivit automaattisesti iLM:n ja tuottamaan halutunlaisia teknisiä lauseita. Toiminnanohjausjärjestelmän tehtävänä prosessissa on välittää myyntikonfiguraattorilta tulleet tilaustiedot eteenpäin tuotetiedon hallintajärjestelmälle. Järjestelmässä lisätään mukaan tilausrivikohtaiset tuotemallit, joihin sidotaan tietyn rivin konfiguroinnissa tarvittavat tekniset lauseet. Prosessissa tullaan takaisin iLM:ään, kun järjestelmään

tuodaan sähkö-CAD:iltä saatu osaluettelo, jonka pohjalta tehdään tarvittavien osien ositolaukset. Osaluettelo jaetaan sähköpiirustuksen paikkatiedon perusteella oikeille tilausriveille useammaksi osaluetteloksi. Näin osat saadaan kohdistettua oikeaan tuotantoluuhun. Suunnitellut työt myös lisätään oikeisiin tuotannon työjonoihin. Erikoisuutena on virransyötön konfigurointi, joka tapahtuu vasta iLM:ssä sähkö-CAD:iltä ja myyntikonfiguraattorilta saatujen lähtötietojen perusteella. Virransyötön konfiguroinnin toteutusta prosessissa käsitellään tarkemmin luvussa 5.

### 4.2.3 Tuotetiedon hallintajärjestelmä

Tuotetiedon hallintajärjestelmillä ylläpidetään tuotteeseen liittyvää tietoa. Niillä voidaan hallita sähköisten tiedostojen ja tietokantojen lisäksi myös paperidokumentteja. Nämä järjestelmät kuitenkin tukevat yleensä huonosti kaupallishallinnollista ja operatiivista tuotetietoa. Näitä ovat esimerkiksi toimituksen tilan tai nimikkeen varastosaldon tarkastelu. Niitä hallitaan yleensä toiminnanohjausjärjestelmän avulla. Kuitenkaan näiden järjestelmien välinen työnjako ei aina ole selvä. (Jalonen 1999)

Tuotetiedon hallinnan osa-alueita ovat dokumenttien, tuoterakenteen, nimikkeistön, konfiguraation ja työnkulun hallinta. Tuoterakenteiden hallinnassa ylläpidetään fyysisiä tuoterakenteita ja hallitaan osien, osien ja dokumenttien sekä dokumenttien välisiä yhteyksiä. Työnkulun hallintaan kuuluvat tyypillisesti dokumenttien hyväksymis- ja julkaisuproseduurit, nimikkeiden avausproseduurit sekä muutoksen hallintaan tarkoitetut proseduurit. (Jalonen 1999)

Tuotetiedon hallintajärjestelmänä käytetään Modultekin kehittämää Atonia. Tuoteyksilön konfigurointiprosessissa hyödynnetään laajasti tuotetiedon hallintajärjestelmän eri osa-alueita. Tuotantokonfiguraattorin lähtötietoina saadaan tuotannonohjausjärjestelmästä tilauksen tilausrivit ja niihin liittyvät tuotemallit ja tekniset lauseet. Konfigurointimalliin luotujen sääntöjen pohjalta saadaan konfiguroinnin tuloksena valittua oikeat moduulit ja parametrit tilaukselle. Nämä tiivistetään sarjanumeroksi tilausrivin alle. Tämän jälkeen luodaan tiedosto, joka sisältää tilausrivit ja niihin liittyvät sarjanumerot sekä niihin sisältyvien moduulien tiedot. Tätä tietoa pyydetään sähkö-CAD:iltä. Kun prosessissa toisen kerran tarvitaan tuotetiedon hallintajärjestelmää, niin hyödynnetään sen dokumenttien hallintaominaisuutta. Kun sähkö-CAD:iltä tulleet dokumentit tallennetaan järjestelmään, pystytään seuraamaan dokumentin muutoshistoriaa ja varmistamaan, että aina muokataan viimeisintä versiota. Lisäksi pystytään säilyttämään dokumentti helposti saatavilla myöhempää käyttöä, kuten huoltoyksikön tarpeita varten.

### 4.2.4 Sähkösuunnitteluohjelma

Sähkösuunnitteluohjelmista käytetään tässä työssä sähkö-CAD lyhennettä. CAD tulee sanoista Computer Aided Design, mikä suomeksi tarkoittaa tietokoneavusteista suunnittelua.

Sähkösuunnitteluohjelmana prosessissa käytetään DDS-C:tä, mutta sitä ollaan parhailaan korvaamassa Zukenin E3:lla. E3 on modulaarinen suunnittelujärjestelmä sähkötekniiseen, johdotuksen, johtosarjojen, pneumatiikan ja hydrauliiikan suunnitteluun. E3:lla voidaan luoda piirikaaviota, riviliitinlistauksia ja kaapeli- tai johdinluetteloita sekä sijoittelupiirustuksia. (Zuken 2010)

Prosessissa sähkö-CAD lataa tilaukseen liittyvät tiedot Atonilta XML-tiedostona. Tämän tiedoston tietojen pohjalta CAD-ohjelma lataa Atonista yksitellen oikeat sähkömoduulit ja koostaa niistä sähködokumentin, joka sisältää osaluettelon, parametrilistan, kaapeleiden kytkentätiedot ja sähköpiirustukset. Tämän jälkeen sähködokumenttia päästään tarkastelemaan ja muokkaamaan. Jos Atonissa tehty konfigurointi on onnistunut, ei dokumenttiin tarvitse tehdä muutoksia. Muussa tapauksessa tehdään tarvittavat suunnittelutyöt, joita ovat esimerkiksi sähkökuvien tuoteyksilökohtaista suunnittelua vaativa työ. Muu osa prosessia perustuu ennalta määrättyihin valintasäätöihin ja niiden perusteella tehtyihin valintoihin, eikä varsinaiseen suunnitteluun. Tämän jälkeen valmis dokumentti tallennetaan Atoniin säilyttämistä ja hallitsemista varten sekä PDF-tiedostona että sähkö-CAD:in omassa tiedostomuodossa. iLM:lle viedään kaksi tekstidokumenttia. Ensimmäinen sisältää sähködokumentin osaluettelotiedot, virransyötön kaapeleiden kytkentätiedot ja sillan kojekaapin kokotiedon. Suunnittelu tehdään Sähkö-CAD:illä komponenteilla. Tästä johtuen toinen tiedosto sisältää tiedot siitä, mitä nimikkeitä kukin komponentti sisältää. Tiedostossa on myös projektin nimikkeiden tehdaskohtaisia tunnisteita, koska käytössä ei ole yhtenevää osien tunnistenumerointia. Tiedot viedään tekstimuodossa, jolloin niitä pystytään automaattisesti lukemaan ja käsittelemään järjestelmässä. Tämän lisäksi tietoja tarvitaan iLM:ssä tilauksen materiaalitarpiden määritykseen.

## 5 VIRRANSYÖTÖN KONFIGURAATTORI

Käytössä oleva konfiguraattori on suunniteltu vuonna 1995 ja sen alkuperäinen toteutusperiaate on kuvattu diplomityössä Nosturin komponenttipaketin suunnitteluohjelma (Juhela 1995). Ohjelma on toteutettu yrityksen sisällä. Sen nykyinen toteutus poikkeaa alkuperäisestä, koska siihen on jouduttu tekemään muutoksia muun muassa nosturimalin muuttumisen takia. Ohjelma sijaitsee toiminnanohjausjärjestelmän sisällä ja toimii osana sitä. Se on toteutettu PL/SQL-ohjelmointikielellä ja siihen tehdyt näkymät on toteutettu Oraclen Forms-työkalulla.

### 5.1 Konfiguraattorin lähtötiedot ja sisäiset tiedot

Virransyötön konfiguraattori tarvitsee lähtötietoja myyntikonfiguraattorilta, sähkö-CAD:iltä ja toiminnanohjausjärjestelmästä. Myyntikonfiguraattorilta saadaan asiakasvaatimusten pohjalta luotuja teknisiä vaatimuksia, joita kutsutaan teknisiksi lauseiksi. Tekninen lause voi olla esimerkiksi nosturin jänteen pituus. Virransyötön konfiguraattorin tarvitsemia lauseita on yhtä tilausta kohden noin 60-70 kappaletta. Sähkö-CAD:iltä saadaan tekstitiedosto, joka sisältää sähkökuvan osaluettelon, tiedot laitteiden kytkentäpisteistä ja kytkentöjen tiedot. Tämän lisäksi saadaan tieto kaapeleiden päähän tarvittavista liittimistä ja niiden koteloista sekä sillan kojekaapin koosta. Konfiguraattori on kiinteä osa toiminnanohjausjärjestelmää ja se saa tilaukseen liittyviä tietoja sekä kaikki tarvittavat osaluettelot ja nimikkeet ja niihin liittyvät tiedot suoraan järjestelmästä.

Ohjelmassa on sisäisenä tietona taulukoitu kaapelien vapaiden päiden pituuksia ja määritelty moduuliryhmiä. Vapaiden päiden pituuksia on taulukoitu nosturityyppi-kohtaisesti sekä kiinteille että kaapelivaunullisille kaapeleille, joille kummallekin on oma taulukko. Esimerkki näistä taulukoista on kuvassa 5.1. Ensimmäinen sarake sisältää nosturityyppi-kohtaisen valintakoodin. Toisessa sarakkeessa on paikkakoodi, joka ilmaisee kaapelin fyysisen sijainnin nosturissa. Kolmannessa sarakkeessa on kaapelin nimi. Nämä kolme ensimmäistä saraketta määräävät oikean rivin. Ne eivät kuitenkaan ota mitään kantaa kaapelin tyyppiin, koska sillä ei ole merkitystä kaapelin pituuden määrittämisessä. Tämän jälkeen taulukossa on kaapelikohtaisia lisäpituuden kertoimia ja sarakkeissa arvo 1 ja arvo 2 ovat varsinaiset kaapelin pituustiedot metreinä.

**Taulukko 5.1. Esimerkki kaapeleiden pituuksien valintataulukoista.**

Kaapelivaunullisten kaapeleiden taulukko

SELECTION CODE	LOC	DEV.DES	RAIL GAUGE (1)	RAIL GAUGE (2)	Arvo 1	Arvo 2
GQDCLEFTB	WD	01	0	1	2	6
GQDCRIGHTA	WD	01	0	0	2	3
GQDCRIGHTB	WD	01	0	1	2	7
GQDH10__ALEF	W2A	31A	1	1	4.5	4.2
GQDH10__ALEF	W2A	32A	1	1	4.5	4.2
GQDH10__ALEF	W3	52	1	0	4.5	0.3
GQDH10__ARIG	W2A	31A	1	1	3.5	4.2
GQDH10__ARIG	W2A	32A	1	1	3.5	4.2
GQDH10__ARIG	W3	52	1	0	3.5	0.3
GQDH11__ALEF	W2A	31A	1	1	4.5	4.2
GQDH11__ALEF	W2A	32A	1	1	4.5	4.2
GQDH11__ALEF	W3	52	1	0	4.5	0.3
GQDH11__ARIG	W2A	31A	1	1	3.5	4.2
GQDH11__ARIG	W2A	32A	1	1	3.5	4.2
GQDH11__ARIG	W3	52	1	0	3.5	0.3
GQDH12__ALEF	W2A	31A	1	1	5.5	4.5

Kiinteästi asennettavien kaapeleiden taulukko

SELECTION CODE	LOC	DEV.DES	END CARRIAGE	SPAN (2)	Arvo 1	Arvo 2
GQD0ALEFT	BR	22	0	1	3.5	3.0
GQD0ALEFT	BR	25	0	0	3.5	2.0
GQD0ARIGHT	BR	21	0	0	2.0	3.0
GQD0ARIGHT	BR	22	0	1	2.0	3.0
GQD1ALEFT	BR	21	0	0	3.5	3.0
GQD1ALEFT	BR	22	0	1	3.5	3.0
GQD1ALEFT	BR	25	0	0	3.5	2.0
GQD1ARIGHT	BR	21	0	0	2.0	3.0
GQD1ARIGHT	BR	22	0	1	2.0	3.0

Ohjelman sisältämille moduuliryhmille on määritelty ryhmäkampa, joka sisältää ryhmän moduulien valitsemista koskevat tekniset lauseet. Esimerkiksi Moduuliryhmä mcf-basicstick sisältää perustarrasettien moduulit. Sen ryhmäkamman muodostavat tekniset lauseet C\_FES03, ELE44, GE01, ST01, ST02, ST03 ja ST09. C\_FES03 kertoo, minkä laitteen virransyöttö on kyseessä, esimerkiksi nosturin tai nostimen. ELE44 kertoo, mitä suuntasymbolien standardia käytetään. GE01 on tuotemerkki, esimerkiksi Konecranes. ST-alkuiset lauseet kertovat tarrakoon. Kuvassa 5.2 tätä kuvaa ylin osa. Ryhmäkamman lisäksi on määritelty se, mihin kohtaan työmääräintä tiettyyn moduuliryhmään kuuluvat moduulit sijoitetaan. Moduuliryhmiin kuuluu moduuleja. Jokainen moduuli saa oman ryhmänsä tekniset lauseet, joille määritellään ne arvot, joilla kyseinen moduuli valitaan konfiguroinnissa. Esimerkiksi moduuliryhmään mcf-basicstick kuuluu moduuli Basic stick.set 4/kci/din, jonka määrittely nähdään keskellä kuvassa 5.2. Tämä moduuli voidaan valita, kun virransyöttö on nostimelle tai nostimelle ja painikeohjaimelle, suuntasymbolin standardi on DIN tai FEM, tuotemerkki on Konecranes ja tarrakoko on neljä. Moduulit voivat edelleen sisältää osaluettelon. Esimerkkitapauksen osaluettelo näkyy kuvan 5.2 alaosassa. Se sisältää kaksi kappaletta suunta-, tuotemerkki- ja kuormatarroja sekä neljä kappaletta pultinkiristystarroja.

FESTOON MODU		TECHNICAL STA		Arvo 1	Arvo 2	Handled by	Date
MCF-BASICSTIC	C_FES03					KHHRU	07.10.2003
MCF-BASICSTIC	ELE44					KHHRU	07.10.2003
MCF-BASICSTIC	GE01					KHHRU	07.10.2003
MCF-BASICSTIC	ST01					KHHRU	07.10.2003
MCF-BASICSTIC	ST02					KHHRU	07.10.2003
MCF-BASICSTIC	ST03					KHHRU	07.10.2003
MCF-BASICSTIC	ST09					KHHJRA	26.01.2007

Moduli	Järi.	Spesifikaatti	Kuvaus	Ryhmä
BASIC STICK.SET 4/KCI/DIN	1	BASIC STICK.SET 4/KCI/DIN	STICKER	MCF-BASICSTICK

Tekninen lauseke	Kuvaus	Arvosta	Arvoon	D	N	Handled by	Date
C_FES03	JLI_knfrgr Power supply	H	H	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	KHHJRA	26.01.2007
C_FES03	JLI_knfrgr Power supply	M	M	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	KHHJRA	26.01.2007
ELE44	Suuntasymbolit	DIN	DIN	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	KHHJRA	26.01.2007
GE01	Tuotemerkki	K	K	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	KHHJRA	26.01.2007
GE01	Tuotemerkki	G	G	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	KHHJRA	02.01.2009
ST09	Perustarasetti	4	4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	KHHJRA	26.01.2007

Osaluettelo	Specification	Kuvaus	Vaiheketju	Tyyppi	Status Code	Omistaja	Handled By	Version	Date
BASIC STICK.SET 4/KCI/DIN	BASIC STICK.SET 4/KCI/DIN	STICKER			H10	KHHJRA		3	30.09.2009

J	Nimike	Kuvaus	Määrä	Yks	Kpl	K1	Var	Ver2	Vaihe	Mä	Ke	Pa	Puskuri aika	Handled By
	Spesifikaatti	Piirustusnumero	Mitat (cm)			Lisätietoja			Date					
5	52338485	TARRA	2.00	A		L								
	CS-DIR-DIN/FEM-S1									30.09.2009				KHHJRA
10	52339510	LOGO STICKER	2.00	A		L		HH6						
	CS-LOGO-K-S4									26.01.2007				KHHJRA
15	52338774	STICKER	4.00	A		L								
	CS-INS-BOLT-EN									14.06.2007				KHHJRA
20	52339870	RED (LOAD)	2.00	A		L		HH6						
	LOAD STICKER, SIZE 2									25.01.2007				KHHJRA

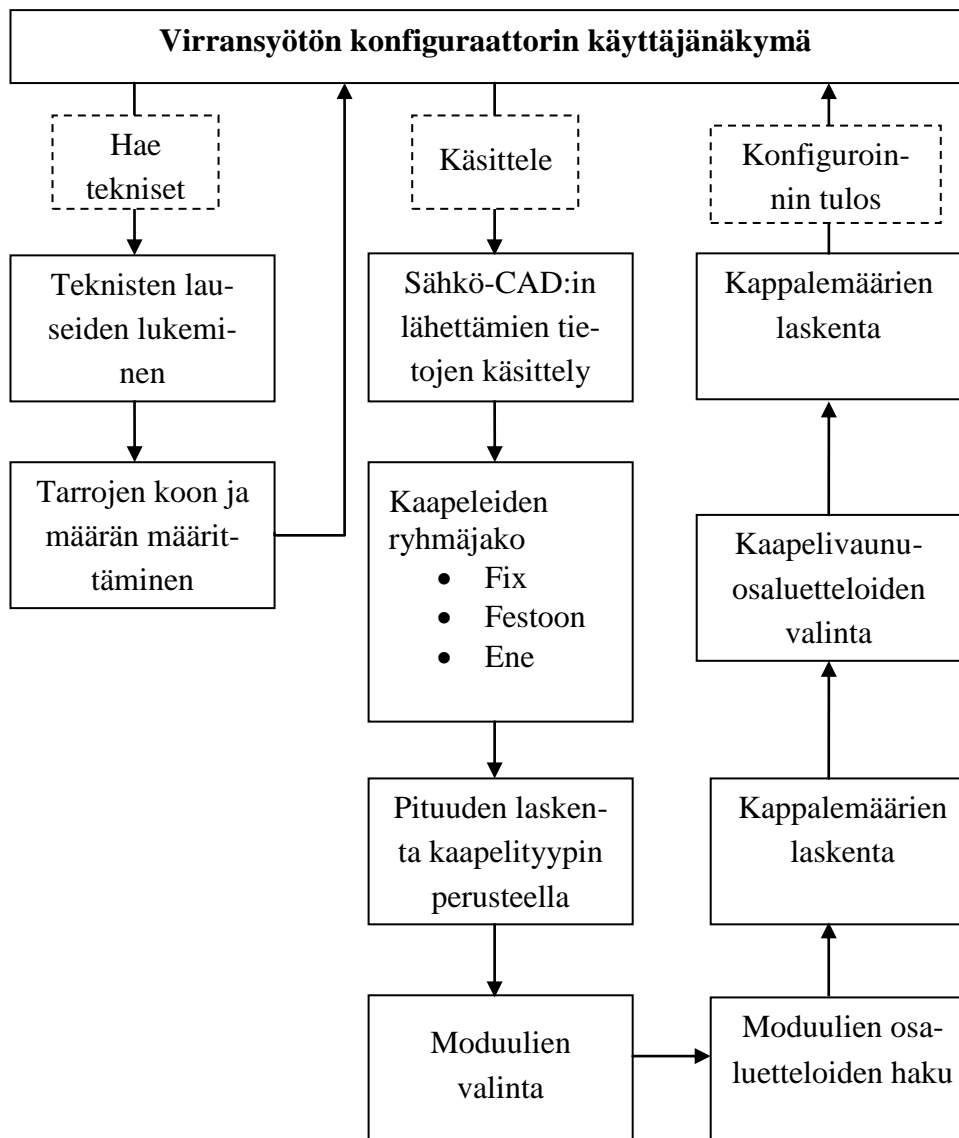
**Kuva 5.2.** Ohjelman näkymät, joissa määritellään ryhmäkampa, moduuli ja osaluettelo.

Erikoistapauksena ohjelmassa on määrittely kaapelivaunujen valintasääntöjä. Muista ryhmistä poiketen kaapelivaunusetit valitaan teknisten lauseiden sijaan vaunulle sijoitettavien kaapeleiden perusteella. Esimerkki kaapelivaunusetistä nähdään kuvassa 5.4. Konfiguraattorin tuotetiedon ylläpitäjä pystyy lisäämään, poistamaan ja muuttamaan tässä kappaleessa esiteltyjä tietoja.

## 5.2 Ohjelman toiminta

Ohjelman periaatteellinen toiminta on esitetty kuvassa 5.3. Ohjelma jakautuu teknisten lauseiden hakemiseen ja varsinaiseen konfiguraatioon. Teknisten lähtötietojen hakeminen erikseen antaa käyttäjälle mahdollisuuden tarkistaa niiden oikeellisuus ennen varsinaisen ohjelman suorittamista. Koska nämä tiedot haetaan tilaukselta, niitä voidaan myös muokata muuttamatta tilauksen arvoja. Ohjelman alussa käyttäjä antaa tilausnumeron ja siihen liittyvän piirustusnumeron. Tämän jälkeen painamalla ”hae tekniset”-nappia käynnistyy konfiguraattorin tarvitsemien lähtötietojen automaattisen haun. Ohjelmassa luetaan tilaukseen liittyvistä teknisistä lauseista ne, jotka on määriteltävä käytettäväksi ohjelmassa. Teknisten lauseiden lisäksi voidaan antaa arvoja joillekin ohjelman sisäisille muuttujille, kuten kaapelivaunujen tyyppille. Sisäisenä muuttujana määritellään

aina pakettiin kuuluvien tarrojen kokoluokka pääkannattajan korkeuden perusteella. Jos tätä tietoa ei ole saatavilla, voidaan määrittys tehdä myös jänteen, nostimen tyypin ja kuorman perusteella. Sisäisiä muuttujia merkitään C\_FESXX, jossa XX on jokin numero. Osa näistä saa arvonsa tuotekoodista. Ylläpitäjä voi poistaa tai lisätä luettavia lauseita ja niille voidaan määrittellä oletusarvoja.



*Kuva 5.3. Ohjelman periaatteellinen toiminta.*

Tämän jälkeen käyttäjälle näkyy kuvassa 5.4 esitetyn kaltainen näkymä. Ohjelman käyttäjä voi muuttaa tilauskohtaisia arvoja. Arvojen muuttaminen ei kuitenkaan muuta alkuperäisiä tilauksen arvoja, joten muutoksia tehtäessä on huomioitava, ettei tiettyjä tilauksen ominaisuuksia saa muuttaa ilman asiakkaan hyväksyntää.

LMM0039 Tilaussuunnittelu, Festoon

Tilausno	Rivi	Ari	Myyty tuote	Nimike	Piirustusnumero	Suunnittelija	TilMää	Ver2	Tk	Date produc.
400676	5	0	QQSMS22L5BP320143	QMSHM13L9BP520120E	789795	KHHJURA	1	HH6	T65	05.11.2012
Järj.	Tekn.kdi	Kuvaus	Arvo	Yks	Läh	Tulostetaan				
10	C_FES22	JLI_knfr e-drawing number	789795			<input type="checkbox"/>				
110	C_FES01	JLI_knfr Crane layout (QG)	QM		5	<input type="checkbox"/>				
111	C_FES02	JLI_knfr Type of power supply (S,)	S		5	<input type="checkbox"/>				
112	C_FES03	JLI_knfr Power supply for.. (C,M,F)	H		5	<input type="checkbox"/>				
113	C_FES04	JLI_knfr Crane type (M,S,U,D,C)	M		5	<input type="checkbox"/>				
114	C_FES05	JLI_knfr Number of trolleys on bric	2		5	<input type="checkbox"/>				
115	C_FES06	JLI_knfr Hoist frame size (1,2,... A	3		5	<input type="checkbox"/>				
Järj.	Tekn.kdi	Kuvaus	Arvo	Yks	Läh	Tulostetaan				
201	C_FES23	JLI_knfr festoon cable trolley set	WAMPF/SQ		5	<input type="checkbox"/>				
202	PENDTR	JLI_knfr Pendant trolley	BTR1		0	<input type="checkbox"/>				
203	C_FES24	JLI_knfr cable fasteners	STD		0	<input type="checkbox"/>				
204	CBL06	Kaapelivaunujen välinen etäisyys	1.6	M	0	<input type="checkbox"/>				
205	C_FES21	JLI_knfr Length of end carriage	1.8	M	23	<input type="checkbox"/>				
206	DIM05	Raideväli	0	M	0	<input type="checkbox"/>				
207	DIM03	B-mitta	.3	M	50	<input type="checkbox"/>				
Järj.	Tekn.kdi	Kuvaus	Arvo	Yks	Läh	Tulostetaan				
300	GE01	Tuotemerkki	S		50	<input type="checkbox"/>				
301	DOC01	Manuaalien kielikoodi	DE		9	<input type="checkbox"/>				
302	DOC04	Kilpien kieli	EN		50	<input type="checkbox"/>				
320	ELE01	Pääjännite	400	V	50	<input type="checkbox"/>				
321	ELE02	Ohjaujännite	48	V	50	<input type="checkbox"/>				
322	ELE03	Taajuus	50	HZ	50	<input type="checkbox"/>				
323	ELD5	Nostimen sähkövarustus	TANDEM		50	<input type="checkbox"/>				

Check price

Hae tekniset Käsittele Soluun Solusta Tekstit Tulosta Change Fac

Kuva 5.4. Ohjelman alkunäkymä käyttäjälle sen jälkeen, kun tekniset lauseet on haettu.

Tämän jälkeen päästään varsinaiseen konfigurointiin, joka käynnistetään painamalla ”käsittele”-nappia. Kyseessä on automaattinen prosessi, joten käyttäjä ei näe, miten osien valinta tapahtuu, eikä pysty vaikuttamaan siihen kuin muuttamalla lähtöarvoja. Ensimmäisenä sähkö-CAD:iltä tulleesta sähködokumentista valitaan virransyöttöpakettiin kuuluvat kaapelit ja niiden liittimet ja kotelot. Oikeita kaapeleita etsitään tuotteen kontrollikoodin ja sille määriteltyjen mahdollisten paikkakoodien avulla. Tuotteen kontrollikoodi kertoo tuotteen tyyppin, esimerkiksi varustelupaketti tai energiaketjullinen virransyöttö. Paikkakoodi kertoo osan fyysisen sijainnin nosturissa. Esimerkiksi BR tarkoittaa siltaa ja W2A on sijainti, jossa ovat nostimen A virransyötön kaapelit. Kaikilla paikkakoodeilla, jotka on liitetty tiettyyn kontrollikoodiin, etsitään kaapeleita. Jos sähködokumentista löytyy haetulla paikkakoodilla kaapeli, se saadaan määriteltyä yhteen viidestä ryhmästä. Ryhmät ovat fix, festoon, festoon2, festoon3 ja ene. Fix-ryhmään kuuluvat kiinteästi asennettavat kaapelit, kuten sillan siirtomoottorin kaapeli. Festoon-ryhmiin kuuluvat kaapelivaunulliset kaapelit. Niiden perässä oleva numero viittaa siihen, että käsittelyssä on jotain erikoista. Festoon2-ryhmään kuuluvat kaapelit, joiden paikkakoodit ovat muotoa W2A.W2B. Tässä on siis yhdistetty kaksi paikkakoodia pisteellä, koska sama kaapeli kulkee kummassakin. W2A.W2B paikkakoodilla varustettu kaapeli kulkee nostimelta A nostimelle B. Festoon3-ryhmään kuuluvat nosturin virransyötön paikkakoodit. Tätä käytetään silloin kun kyseinen virransyöttö on toteutettu kaapelivaunuilla. Ene-ryhmään kuuluvat energiaketjulla toteutettuun virransyöttöön kuuluvat kaapelit. Ryhmiin jako tehdään, koska erityyppisiä kaapeleita käsitellään oh-

jelmassa eri tavoin. Kaapeleiden lisäksi sähködokumentista haetaan tieto kaapelikohtaisista liittimistä ja kaapelin päissä olevista laitteista, esimerkiksi vilkkuvalosta.

Kun kaapelit on haettu, niille lasketaan pituudet edellä esitetyn ryhmäjaon perusteella. Fix-ryhmään kuuluvien kaapeleiden pituus määritellään kahtena vapaana päässä, joiden pituuteen voidaan lisätä joko nosturin jänteen tai päätykannattimen pituus. Tyyppillisesti jänteen pituus lisätään kaapelin pituuteen ainoastaan sille sillan siirtomootorille, joka sijaitsee eri päässä nosturin siltaa kuin sillan kojekaappi. Muiden kaapelien pituudet luetaan taulukosta. Ene-ryhmän kaapelien vapaiden päiden pituudet ja energiaketjun pituus on määritelty jo myyntikonfiguraattorilla, joten ne saadaan suoraan teknisinä lauseina. Kaapelin kokonaispituuden laskemiseksi nämä sijoitetaan suoraan kaavaan 2.3. Festoon-kaapelien pituudet lasketaan kaavalla 2.5. Kaavassa esiintyvät vapaat päät saadaan luettua taulukosta, josta on esimerkki kuvassa 5.1.

Sähködokumentista saatavien osien määrityksen jälkeen valitaan teknisten lauseiden arvojen perusteella oikeat moduulit. Moduuliryhmille on määritelty käsittelykoodit, joiden mukaan niiden sisältämien moduulien kappalemäärät saadaan. Yleensä moduuleja valitaan yksi kappale, mutta joidenkin kappalemäärä riippuu jänteen pituudesta. Tällaisia ovat esimerkiksi c-profiilikiskojen kannatusorret. Tämän lisäksi erikoistapauksia ovat energiaketjun pituus, joka saadaan määriteltyä suoraan myyntikonfiguraattorilta saadun arvon perusteella, ja tarrojen lukumäärä. Moduulilla on kiinteä osaluettelo, jossa on määritelty siihen kuuluvat nimikkeet ja niiden kappalemäärät. Osaluettelon kappalemäärät kerrotaan aiemmin lasketun moduulien lukumäärän kanssa, jolloin saadaan tarvittava osien määrä. Ohjelma ei kuitenkaan yhdistä eri moduuleista tulleita samoja nimikkeitä yhteen, vaan ne näkyvät lopullisessa työmääräimessä kukin oman moduuliryhmänsä otsikon alla.

Tämän jälkeen valitaan kaapelivaunuosaluettelot. Ne valitaan vain festoonryhmien kaapeleille. Kuvassa 5.5 on esimerkki kaapelivaunuosaluettelosta. Kaapelivaunu valitaan vertaamalla yhdessä paikkakoodissa olevia kaapeleita kaapelivaunuosaluettelolle määriteltyihin kaapelinippuihin. Tässä tapauksessa paikkakoodit kertovat kiskon, johon kaapelivaunut asennetaan. Kuvasta 5.5 nähdään, että samalle kaapelivaunuosaluettelolle voidaan määrittää useampi vaihtoehtoinen kaapelinippu, jolla se voidaan valita. Tässä tapauksessa vaihtoehtoja on kuusi erilaista. Jos kaapelinipussa on täsmälleen samat kaapelit kuin tilauksella, kaapelivaunuosaluettelo valitaan. Tämän jälkeen verrataan, oliko kyseessä sama kuin käyttäjän valitsema kaapelivaunuosaluettelo tai onko kyseinen osaluettelo valinnainen ohjelman löytämälle vaihtoehdolle. Jos käyttäjän valitsema osaluettelo kelpaa, osat haetaan sen tyyppin mukaan. Muussa tapauksessa käytetään ohjelman valitsemaa vaihtoehtoa.

Järj.	Kaapeli	Spesifikaatti	Changed by	Date
1	52253078	H07VVH6-F12G1.5		
1	52253081	H07VVH6-F4G2.5		
1	52312806	LI14YC14Y	KHHRU	26.03.2004
2	52253078	H07VVH6-F12G1.5		
2	52253168	H07VVH6-F4G6		
2	52312806	LI14YC14Y	KHHRU	26.03.2004
3	52253168	H07VVH6-F4G6	KHHMLA	
3	52275953	H05VVH6-F18G1	KHHMLA	27.08.2002
3	52303536	6XV1830-3GH10	KHHMLA	
4	52253078	H07VVH6-F12G1.5		
4	52253078	H07VVH6-F12G1.5		
4	52253078	H07VVH6-F12G1.5		
4	52312806	LI14YC14Y	KHHRU	26.03.2004
5	52312806	LI14YC14Y	KHHRU	26.03.2004
6	52253078	H07VVH6-F12G1.5	KHHMMT	25.11.2003

Kuva 5.5 Kaapelivaunuosaluettelo ja sen valintasäännöt.

Kaapelivaunuosaluetteloon kuuluu kaapelivaunuja: kiinteävaunu, liikkuvat vaunut ja mukaanottajavaunu. Jos kaapeleihin kuuluu signaalikaapeleita, niin näille määritellään kiinnitysosat erillisen osaluettelon alla. Tämän lisäksi kaapelivaunuosaluettelo on määritelty c-kisko ja sille tarvittavat liitoskappaleet ja t-kiinnikkeet. Setin löytämisen jälkeen lasketaan tarvittavien osien määrä. Vaunuista lasketaan vain liikkuvien kaapeli-vaunujen määrä, koska mukaanottajavaunuja ja kiinteitä kaapelivaunuja on yhdessä setissä aina vain yksi kumpaakin tyyppiä. Vaunujen laskentakaavaa on voitu yksinkertaistaa luvussa 2.3.2 esitetystä, koska käyttäjä antaa ohjelmalle suoraan kaapelivaunujen sidontavälin  $L_s$ . Kaavassa 5.1 esitetään tämä yksinkertaisempi tapa, jossa myös nostimen vaunun liikematkaksi on oletettu koko jännevälin pituus j.

$$N = \frac{1,1j}{L_s} \quad (5.1)$$

Jos kaapelivaunuille halutaan eri kaari, niin kaarien määrä on yhtä suuri kuin kaikkien vaunujen määrä. C-kiskojen määrä saadaan jakamalla nosturin jänneväli yhden kiskon pituudella. Kiskot liitetään yhteen liitoskappaleiden avulla, joita tarvitaan yksi vähemmän kuin kiskoja. T-kiinnikkeet ovat kannatusorsien ja c-kiskon välinen kiinnitysosa ja niiden määrä on yhtä suuri kuin tarvittavien kannatusorsien määrä. Eri kiskoille tehtävät valinnat ovat riippumattomia toisistaan. Joillekin asiakkaille menevistä paketeista kiskot poistetaan kokonaan.

Tämän jälkeen koko konfigurointi on suoritettu ja tulokset palautetaan käyttäjälle. Tässä vaiheessa käyttäjä tarkistaa osalistan ja voi halutessaan muuttaa lähtöarvoja ja suorittaa ohjelman uudestaan, jos ei ole tyytyväinen tulokseen. On myös mahdollista

muokata listaa manuaalisesti. Konfiguroinnin yhteydessä työmääräimeen tuotetaan osien ja niiden kappalemäärien lisäksi työohjeita virransyöttöpaketin valmistajalle. Tuotantoon menevän työmääräimen muoto saadaan luotua raporttityökalulla. Ilman muokkauksia osalistassa ei olisi järjestystä ja se olisi vaikeasti luettavista. Tämän takia muotoilun huomioon ottaminen on tärkeää. Kuvasta 5.6 nähdään kaapeleiden esittäminen työmääräimessä. Kuvassa ykkösellä merkitty kohta kertoo, mikä kisko on kyseessä. Tässä tapauksessa se on W2A. Kaapelivaunujen asennusohje näkyy kohdassa kaksi. Siitä nähdään kaapeliin jäävät vapaiden päiden mitat ja kaapelivaunujen väliin jätettävän kaapelin pituus, joka on tässä tapauksessa kaksi metriä. Kohta kolme kertoo kaapelin nimen, kaapelin päätepisteet, tunnistenumeron, kaapelin tyyppin, kuvaus kaapelista ja viimeisenä rivillä on tarvittava kaapelin pituus. Kohdassa neljä on määritelty kaapelin liittimen tyyppi ja kotelo ensin sillan kojekaapin päässä ja tämän jälkeen nostimen kojekaapin päässä. Kohdassa viisi esitetään kyseiselle kiskolle tulevien kaapelivaunujen tyypit ja lukumäärät.

1.	W2A	2.	$L = 7.2 + 7 \cdot 2 + 6.2 = 27.4 \text{ M}$				Gathering	1000
3.	31A	E1	E2A	52253173	H07VVH6-F4G16	FLAT CABLE 7.2/6.2	27.40 M	
		4.	E1	X31A1.	52287835	99.713.9114.1/4+PE	PLUG 4-POLE/MALE 1.00 A	
			E1	X31A1.	52271702	QA-L105H75	PLUG COVER 1.00 A	
			E2A	X31A2.	52287834	99.711.9114.1/4+PE	PLUG 4-POLE/FEMALE 1.00 A	
			E2A	X31A2.	52271702	QA-L105H75	PLUG COVER 1.00 A	
	32A	E1	E2A	52253078	H07VVH6-F12G1.5	FLAT CABLE 7.2/6.2	27.40 M	
			E1	X32A1.	52287831	99.709.9114.1/16+P	PLUG 16-POLE/MALE 1.00 A	
			E1	X32A1.	52271702	QA-L105H75	PLUG COVER 1.00 A	
			E2A	X32A2.	52287830	99.706.9114.1/16+P	SOCKET 16-POLE/FEMALE 1.00 A	
			E2A	X32A2.	52271702	QA-L105H75	PLUG COVER 1.00 A	
		5.		60048355	KC-023579/551	END CLAMP	1.00 A	
				60048354	KC-023571	CABLE TROLLEY	6.00 A	
				60048354	KC-023571	CABLE TROLLEY	1.00 A	

**Kuva 5.6.** Kaapeleiden esittäminen työmääräimessä.

Kuvassa 5.7 on esitetty muutaman moduulin esittäminen työmääräimessä. Tummennettu rivi kertoo moduulin nimen ja sen jälkeen rivillä on vielä moduulin kuvaus. Tässä tapauksessa ensimmäinen moduuli on perustarrasetti. Tämän jälkeen on lueteltu moduulin sisältämien setin osat. Jokaisesta osasta kerrotaan tunnistenumero, nimi, ryhmän kuvaus, kappalemäärä ja tilaustyyppi.

<b>BASIC STICK.SET 5/KCI/DIN</b>		<b>STICKER</b>	
52338485	CS-DIR-DIN/FEM-S1	STICKER	2.00 A L
52339511	CS-LOGO-K-S5	LOGO STICKER	2.00 A L
52338774	CS-INS-BOLT-EN	STICKER	4.00 A L
52339870	LOAD STICKER, SIZE 2	RED (LOAD)	2.00 A L
<b>FRICTION RING- STICKER</b>		<b>STICKER</b>	
52417445	CS-INS-RING	STICKER	4.00 A L

**Kuva 5.7.** Moduulien esittäminen työmääräimessä.

Kaapeleiden asennusohjeiden lisäksi työmääräimen loppuun on lisätty tarvittavia teknisiä lauseita, kuten nosturin nostokapasiteetti, jonka perusteella pystytään valitsemaan oikeat kuormatarrat pakettiin. Työmääräimeen haluttavat tekniset lauseet voidaan valita tilauskohtaisesti. Tarrojen määrä ja koko saadaan suoraan konfiguraattorista. Energia-ketjuratkaisulle tulostetaan lisäksi oma asennusohje. Tämä asennusohje kertoo, kuinka kaapelit tulee asettaa ketjun sisään. Tieto lisätään konfiguroinnin jälkeen käsin erillisen kaapeleihin perustuvan valintataulukon avulla.

## 6 KONFIGURAATTORIN SIOITUSVAIHTOEHDOT JA NIIDEN VERTAILU

Tässä luvussa käsitellään erilaisia sijoitusvaihtoehtoja uudelle virransyötön konfiguraattorille ja vertaillaan niiden hyviä ja huonoja puolia. Sijoitusvaihtoehtojen käsittely on jaettu kolmeen osaan. Ensin käsitellään mahdollisuutta sijoittaa ohjelma nykyisen muotoisena johonkin yrityksen olemassa olevaan järjestelmään tai kokonaan uuteen järjestelmään. Sen jälkeen käsitellään mahdollisuutta jakaa ohjelma useampaan osaan ja sijoittaa olemassa oleviin järjestelmiin. Lopuksi vertaillaan eri sijoitusvaihtoehtoja.

### 6.1 Vaatimukset sijoitusvaihtoehdoille

Konfiguraattorin sijoittaminen asettaa toteutuspaikalle tiettyjä vaatimuksia. Tärkeimmän vaatimuksen asettaa virransyötön konfiguraattorin toiminnallisuuden toteuttaminen. Nykyisen ohjelman toiminnallisuuksia voidaan pitää hyvänä lähtökohtana vaatimusten asettamiselle. Toiminnallisuusvaatimukset voidaan jakaa kolmeen ryhmään: moduulien valinta, kaapelien pituuksien laskeminen ja kaapelivaunujen valinta. Toinen tärkeä vaatimus on vaatimus rajapinnoista, joiden kautta lähtötietoja tuodaan järjestelmään ja konfigurointituloksia siirretään järjestelmästä. Rajapintatarkastelu voidaan jakaa kolmeen osaan: sähkö-CAD-järjestelmältä tulevat lähtötiedot, tilauksen teknisten lauseiden tuominen ja konfigurointituloksen siirtäminen. Kolmas vaatimus on ylläpito. Ylläpidon tulisi olla helppoa, jotta konfigurointisäännöt ja nimikkeet pysyvät ajan tasalla. Kolmea ensimmäistä vaatimusta voidaan pitää ehdottomina edellytyksinä konfiguraattorin toteutukselle. Välillisiä vaatimuksia muodostaa konfiguroinnin tuloksen pohjalta luotu työmääräin, jossa on osaluettelon lisäksi myös asennusohjeita. Näiden lisäksi toivotaan mahdollisuutta automatisoida konfiguroinnin suorittaminen. Edellä esitetyt vaatimukset on koottu taulukkoon 6.1.

### 6.2 Sijoittaminen yhteen järjestelmään

Ohjelman sijoittamista olemassa olevaan järjestelmään puoltavat pienemmät ylläpito- ja lisenssikustannukset sekä järjestelmän hankintakustannuksen poisjääminen. Ongelma-kohtana voidaan nähdä olemassa olevan järjestelmän huono soveltuvuus virransyötön konfiguraattorin toteuttamiseen. Olemassa olevista järjestelmistä soveltuvina voidaan pitää toiminnanohjaus-, tuotetiedon hallinta- ja sähkö-CAD-järjestelmiä. Viimeisenä käsitellään se vaihtoehto, että konfiguraattori toteutettaisiin uutena itsenäisenä järjestelmänä.

**Taulukko 6.1.** Vaatimukset sijoitusvaihtoehdoille.

Vaatus	Alivaatimukset
Toiminnallisuusvaatimukset	Moduulien valinta
	Kaapelien pituuksien laskenta
	Kaapelivaunujen valinta
Rajapinnat	Lähtötietojen tuominen sähkö-CAD:iltä
	Teknisten lauseiden tuominen
	Konfigurointituloksen siirto
Ylläpito	
Työmääräin	
Automatisointi	

### 6.2.1 Toiminnanohjausjärjestelmä

Nykyinen ohjelma sijaitsee toiminnanohjausjärjestelmä iLM:n sisällä. iLM:n etuna voidaan nähdä, että järjestelmä on toteutettu sisäisesti ja sitä on voitu muokata tarpeen vaatiessa täyttämään käyttäjien muuttuneita tarpeita. Vaikka ohjelma on sisäisesti toteutettu, siitä joudutaan kuitenkin maksamaan lisenssejä Oraclen tarjoamista työkaluista. Nykyinen virransyötön konfiguraattori on toteutettu pelkästään virransyöttöpaketin konfigurointia varten, joten se toteuttaa kattavasti tarvittavan toiminnallisuuden. ILM:ää voidaan käyttää web-selaimen kautta ilman ohjelman asentamista käyttäjän koneelle. Ylläpidon kannalta haastavaa on, ettei tiettyyn moduuliryhmään kuuluvia moduuleja pysty suoraan hakemaan. Toisaalta ylläpitäjä voi tehdä moduulien valintasääntöjä vain määrittelemällä tarvittavat lauseet ja niiden sallitut arvovälit. Laskentasäännöt on määritelty lähdekoodissa ja niiden muokkaamiseen tarvitaan ohjelmisto-osaajaa. ILM:ää ollaan kuitenkin korvaamassa uudella järjestelmällä. Koska se poistuu käytöstä, täytyy sen sisällä toteutettavalle virransyötön konfiguroinnille löytää uusi sijoituspaikka. Vanhaa järjestelmää olisi mahdollista käyttää jatkossa vain konfiguroinnin suorittamiseen, mutta tämä vaatisi ainakin rajapinnan uuden järjestelmän kanssa. Tämä tarvitaan, jotta tarvittavat lähtötiedot saadaan konfiguraattorille ja konfiguroinnin tuloksena saadut tiedot saadaan siirrettyä. Tietoja tarvitaan ainakin osien ostotilauksien tekemiseen, varaston hallintaan, työjonon ja kapasiteetin hallintaa varten. Vanhan järjestelmän säilyttäminen saattaisi vaikeuttaa uuteen järjestelmään siirtymistä ja lisätä ylläpidon tarvetta. Tämän lisäksi järjestelmän näyttöjen toteutustavalta loppuu valmistajan tarjoama tuki, jonka jälkeen muutoksia pitäisi kuitenkin tehdä.

Uutena järjestelmänä käyttöön tulee SAP, joka on sekä yrityksen että järjestelmän nimi. SAP on lyhenne sanoista Systems, Applications and Products in Data Processing. Järjestelmä koostuu moduuleista, joista asiakkaat voivat valita omaan tarpeeseensa sopivimmat. Järjestelmää on mahdollista käyttää Internet-selaimella tai asiakasohjelmalla.(Jormanainen, 2008) Virransyötön konfiguroinnin kannalta mielenkiintoista on, että SAP:ista löytyy Variant Configuration –moduuli. Tämä moduuli on tehty

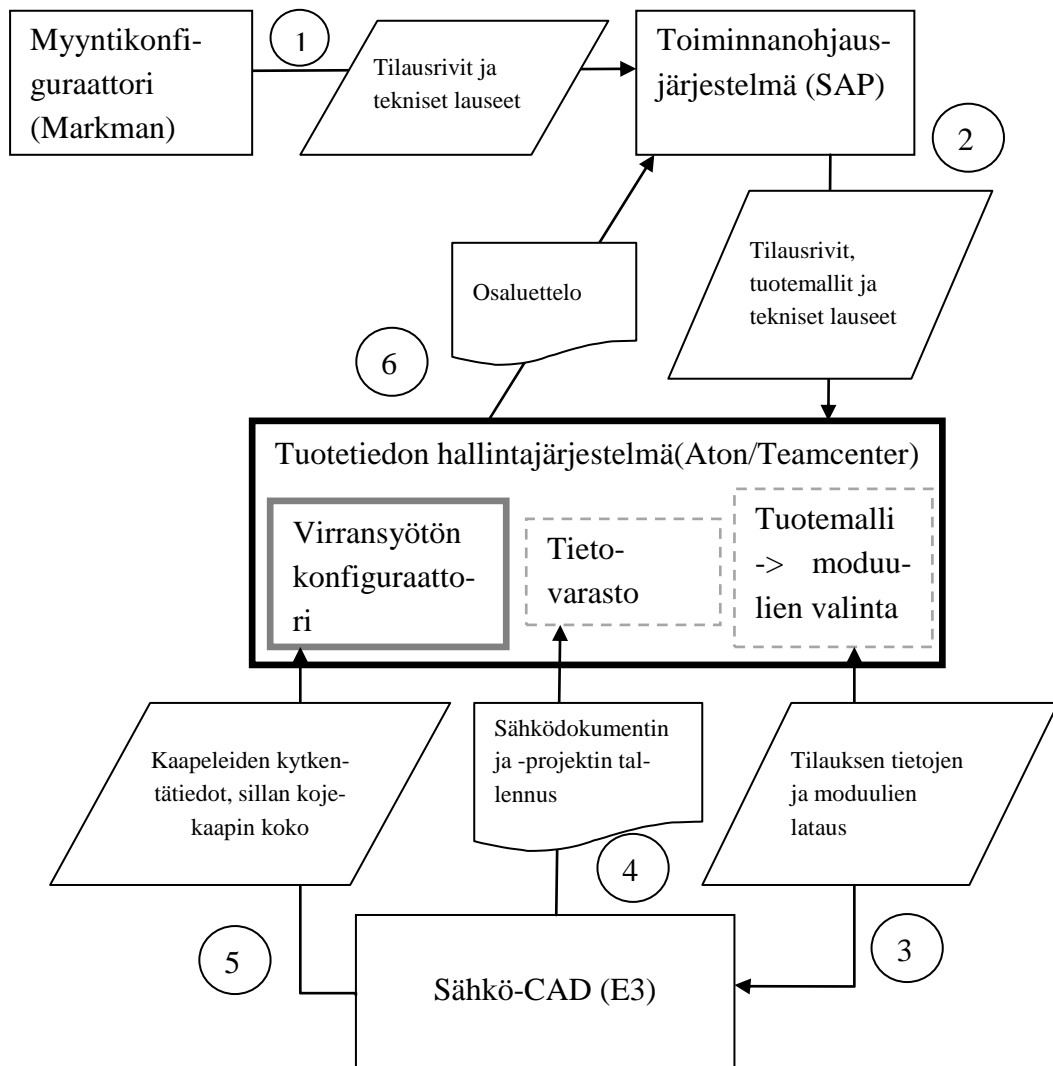
monimutkaisten tuotteiden tuottamista varten. Konfiguroinnissa käytetään lähtötietona haluttuja teknisiä ominaisuuksia eli tässä tapauksessa teknisiä lauseita. Näiden avulla voidaan muodostaa konfigurointimalliin riippuvuussuhteita, joiden perusteella halutut osat valitaan. Tässä tapauksessa riippuvuussuhteet vastaavat valintasääntöjä. Osaluetteloiden valintasääntöjä on mahdollista kirjoittaa taulukoiksi, mikä helpottaa ylläpitoa. Sääntöjä on mahdollista luoda vertailuoperaattoreilla, perusaritmeettisilla operaattoreilla ja valmiiksi tarjotuilla perusfunktioilla. Riippuvuussuhteilla on myös mahdollista muuttaa osaluettelon kenttien arvoja konfiguroinnin aikana. Tämä tarkoittaa sitä, että voidaan luoda sääntöjä esimerkiksi tiettyjen osien kappalemäärille. Riippuvuussuhde voi olla paikallinen tai globaali. Globaalia riippuvuussuhdetta voidaan käyttää useammille objekteille, kun taas paikallinen riippuvuussuhde on objektiokohtainen. Jos halutaan käyttää mutkikkaita logiikoita, joita ei pystytä valmiilla työkaluilla mallintamaan, on myös mahdollista tehdä uusia funktioita ABAP-ohjelmointikielellä. Jotta tiettyä materiaalia voidaan konfiguroida, se täytyy määrittää SAP:in materiaalien hallinnassa konfiguroitavaksi materiaaliksi. (SAP 2010)

SAP:in konfiguroinnin tuloksena on tuotannon osaluettelo, johon on vielä mahdollista tehdä muutoksia. Koska SAP sisältää monipuoliset konfigurointityökalut ja sillä pystytään tekemään uusia funktioita, konfiguraattorin vaatima toiminnallisuus olisi mahdollista toteuttaa. Ylläpidon olisi mahdollista tehdä monipuolisia sääntöjä ilman ohjelmisto-osaajaa. Koska säännöt voidaan esittää taulukossa, niitä on myös helppo ylläpitää. Nykyiseen prosessiin ei tarvitsisi myöskään tehdä muutoksia, koska toteutus olisi täällä sijoitettu samaan kohtaan prosessia kuin ennenkin. Suurimman ongelman muodostaa konfiguroinnin lähtötietojen siirtäminen sähkösuunnitteluohjelmalta SAP:iin. SAP:issa käytetään tiedonsiirtoformaattina IDocia. IDocista on erilaisia viestityyppejä, joilla tietynlaista tietoa pystytään tallentamaan ulkopuolisesta systeemistä SAP:iin. (SAP 2010b). Osaluettelon siirtoon tarkoitettu viestityyppi ei kuitenkaan tarjoa oikeanlaisia kenttiä, jotta kaikki konfigurointia ja työmääräintä varten tarvittava tieto pystyttäisiin siirtämään tietylle tilaukselle. Sen lisäksi pelkkien lähtötietojen tuominen E3:lta ei yksinään riittäisi automaattisen konfiguroinnin käynnistämiseen SAP:issa, vaan jonkun pitäisi manuaalisesti käynnistää konfigurointi. Jos työmääräin luotaisiin SAP:issa, se olisi mahdollista siirtää suoraan työjonoon ja tulostaa sieltä. Ongelmana on se, että nykyisen kaltaisen työmääräimen luominen vaatisi ohjelmistotyötä, koska se eroaa SAP:in standardityömääräimestä. Toisaalta muissakaan vaihtoehdoissa ei ole valmista tapaa toteuttaa halutunlaisia työmääräimiä.

### 6.2.2 Tuotetiedon hallintajärjestelmä

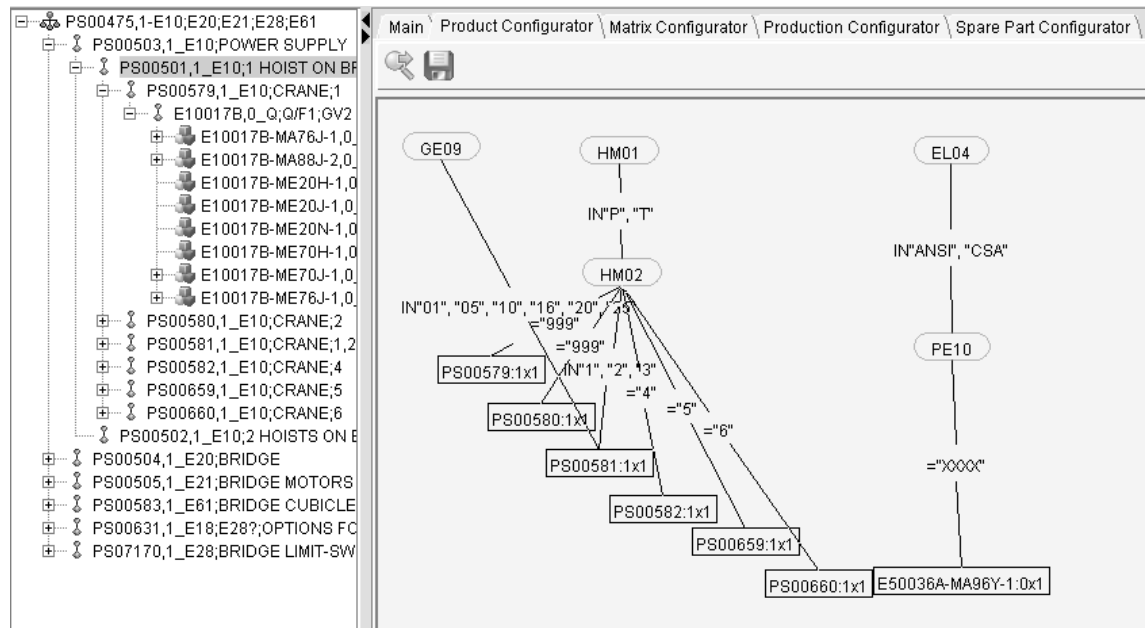
Tuotetiedon hallintajärjestelmistä on käytössä Aton ja Teamcenter. Kuvassa 6.1 on esitetty, miltä prosessi näyttäisi, jos virransyötön konfiguraattori sijoitettaisiin Atoniin tai Teamcenteriin. Tällöin sähkö-CAD ei tarvitsisi rajapintaa SAP:in kanssa. Toisaalta numerolla viisi merkitty vaihe olisi mahdollista toteuttaa myös niin, että valmiit osaluettelot lähetettäisiin suoraan sähkö-CAD:iltä SAP:iin ja vain virransyötön osaluettelo tuotetiedon hallintajärjestelmän kautta.

Atonissa konfiguroidaan tällä hetkellä moduulit, joista kootaan automaattisesti sähködokumentti. Tästä johtuen tekniset lauseet tuodaan automaattisesti iLM:stä Atonille, jolloin niitä olisi helppo hyödyntää myös muissa konfiguroinneissa.



**Kuva 6.1.** Konfigurointiprosessi, jos konfiguraattori sijoitettaisiin Atoniin tai Teamcenteriin.

Atonissa konfigurointisääntöjä hallitaan graafisella valintapuulla ja valinta tehdään valintasäännöillä (Modultek 2007, s.252, s.266). Kuvassa 6.2 on valintasääntöjen esitys Atonissa. Vasemmalla on puurakenne, josta nähdään koko tuoterakenne. Tietyn tason alla on yksi tai useampia alatasoja. Ylemmällä tasolla valitaan teknisiin lauseisiin perustuvilla säännöillä, mihin rakenteeseen alatasolla edetään. Tekninen lause on ympyröity ja siitä lähtevät säikeet kuvaavat niitä teknisten lauseiden arvoja joilla sääntö toteutuu. Alimmalla tasolla valitaan varsinainen kytkentäkaavion osa, jos säännöt toteutuvat siihen asti. Graafinen valintapuu on havainnollinen, kun sääntöjä on vähän, mutta suurilla sääntömäärillä ylläpitäminen vaikeutuu.



**Kuva 6.2.** Valintasääntöjen esittäminen Atonissa.

Atonin mahdolliset valintasäännöt on lueteltu taulukossa 6.2. Luvussa viisi esiteltiin nykyisen virransyötön konfiguraattorin toteutusta. Siinä esitetyn pohjalta nähdään, että konfiguroinnin aikana tehdään päättelyä siitä, mitkä kaapelit kuuluvat virransyöttöön ja miten niitä kuuluu käsitellä. Lisäksi lasketaan kappalemääriä erilaisille osille. Näiden toteuttaminen taulukossa 6.2 esitetyillä säännöillä olisi vaikeaa. Kappalemäärien päätteily vertaamalla vaatisi, että jokaiselle mahdolliselle määrälle tehdään oma moduuli, joka voitaisiin valita päättelemällä. Tämä tekisi ohjelmasta nykyistä monimutkaisemman. Tästä johtuen voidaankin todeta, ettei Aton pysty toteuttamaan konfiguraattorin toiminnallisuutta, koska sillä ei pystytä toteuttamaan laskentaa. Toteutusta vastaan puhuu myös se, että siirtoa on aiemmin yritetty tehdä siinä onnistumatta. Aton on lisäksi korvautumassa Teamcenterillä, joten konfiguraattorin sijoittaminen siihen ei olisi järkevä ratkaisu pitkällä aikavälillä.

**Taulukko 6.2.** Atonin valintasäännöt (Modultek 2007, s.266).

Valintasääntö	Selitys
arvo1 = arvo2	yhtä suuri kuin
arvo1 <= arvo2	pienempi tai yhtä kuin
arvo1 >= arvo2	suurempi tai yhtä kuin
arvo1 < arvo2	pienempi kuin
arvo1 > arvo2	suurempi kuin
arvo1 <> arvo2	eri suuri kuin
arvo1 in arvo2	kuuluu joukkoon
arvo1 not in arvo2	ei kuulu joukkoon

Teamcenteriä käytetään nostimen tai nostovaunun mekaniikan konfigurointiin. Näiden kahden tuotetiedon hallintajärjestelmän konfiguraattorit ovat keskenään varsin

erilaisia. Teamcenterin PSE (engl. Product Structure Editor) sovellus tarjoaa toiminnallisuuden, jolla taataan suunnittelussa tarvittavien generisen tuoterakenteen, konfigurointisääntöjen ja yksittäisen konfiguroidun rakenteen hallinnan menetot ja mekanismit. PSE on siis Teamcenterin konfiguraattori. Teamcenterissä valintasääntöjä ja rajoitteita muodostetaan MVL-koodikielellä (engl. Modular Variant Language). Konfiguraattorille voidaan määrittellä teknisiä lauseita. Teknisten lauseiden arvot voivat olla numeerisia, loogisia tai merkkijonoja. Lauseille on myös mahdollista luoda oletusarvoja. Moduulien valintaa voidaan rajoittaa luomalla rajoitteita. Nämä rajoitteet muodostetaan teknisistä lauseista yhdistelemällä niitä ”ja”- ja ”tai”-komennoilla sekä testaamalla niiden arvoja toisiin käyttämällä vertailuoperaattoreita. Merkkijonoja ei kuitenkaan voida vertailla pienempi kuin tai suurempi kuin operaattoreilla. Moduulien alle on mahdollista luoda, joko kiinteä osaluettelo tai sitten määrittää sen yksittäisille komponenteille omia valintasääntöjä. MVL:n avulla voidaan edellä esitettyjen lisäksi käyttää matemaattisia operaattoreita plus, miinus, kerto ja jako. Lisäksi voidaan käyttää jos-niin-logiikkaa. Näiden avulla voidaan luoda sääntöjä, joiden perusteella asetetaan jonkin nimikkeen arvo halutuksi. (Ideal 2008) Tämä mahdollistaa kappalemäärien laskemisen tietyille tuoteyksilölle.

Edellä esitetyillä toiminnallisuuksilla pystytään toteuttamaan varsin vaativia valintasääntöjä ilman järjestelmän räätälöintiä. Toiseksi konfigurointimalli ja -moottori on selkeästi erotettu toisistaan, mikä on edellytys hyvälle konfiguraattorille, koska tällöin sen ylläpitäminen ei vaadi ohjelmistoasiantuntijaa. Koska kyseessä on tuotetiedon hallintajärjestelmä, käytetyt nimikkeet pysyvät ajan tasalla ja niistä voidaan aina käyttää uusinta versiota. Teamcenter tarjoaa raportointityökaluja, joita voisi olla mahdollista käyttää myös luomaan työmääriä. Tämän sijoitusvaihtoehdon huonona puolena voidaan nähdä se, että kyseinen järjestelmä on vasta tulossa käyttöön. Tästä johtuen sille ei ole vielä toteutettu rajapintoja sähkö-CAD:in ja toiminnanohjausjärjestelmän kanssa, joista tarvitaan lähtötietoja virransyötön konfigurointiin. Jos konfiguraattori halutaan sijoittaa tänne, ne ovat kuitenkin ehdoton edellytys.

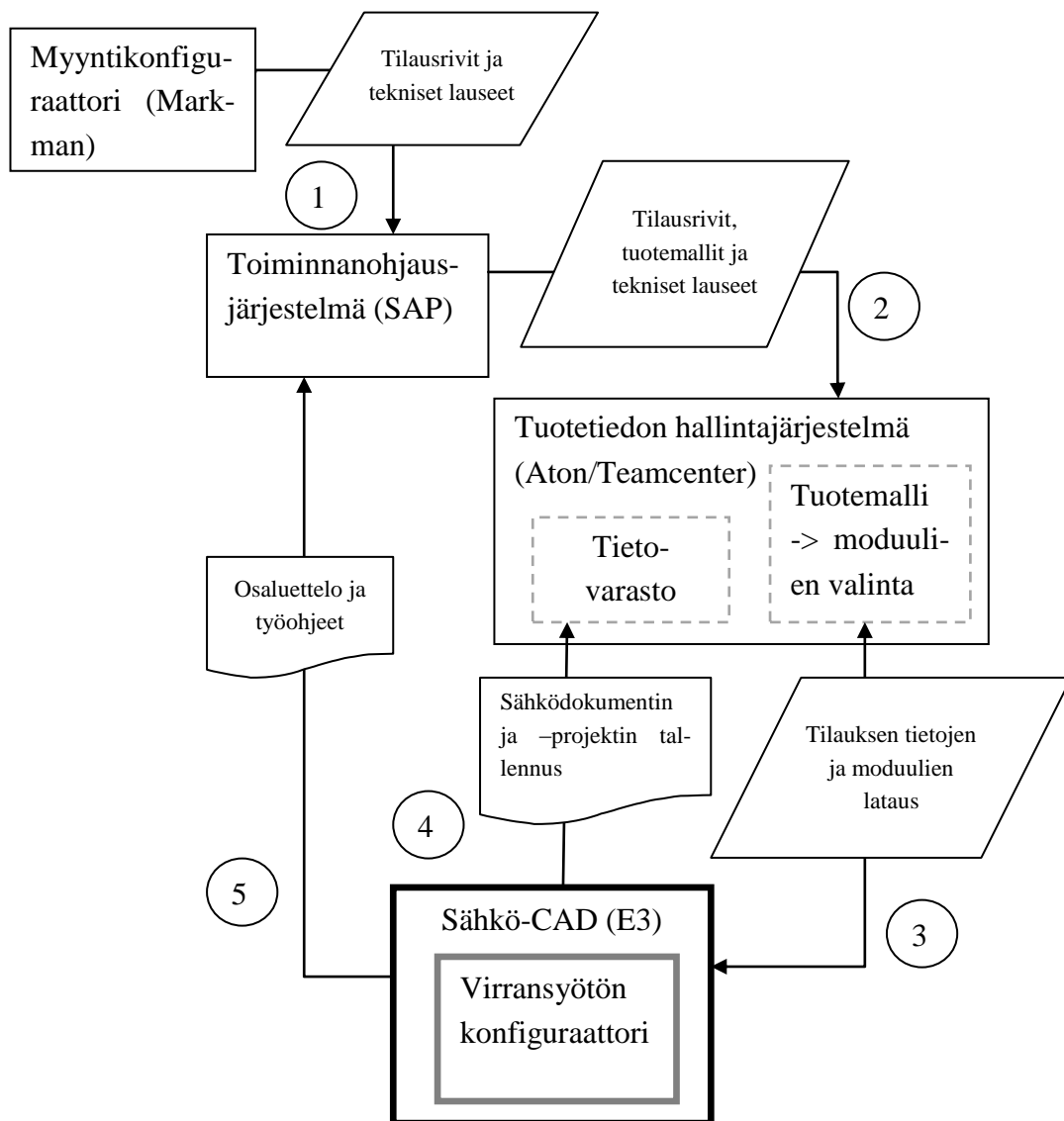
### 6.2.3 Sähkösuunnitteluohjelma

Sähkösuunnitteluohjelmina ovat käytössä DDS-C ja E3. Koska DDS-C on poistuva järjestelmä, eikä sillä ole mahdollista suorittaa tällaista konfigurointia, niin se jätetään tarkastelun ulkopuolelle ja tutkitaan vain E3:n tarjoamia mahdollisuuksia. Kuvassa 6.3 on esitetty konfigurointiprosessi, jos sijoituspaikkana olisi E3. Suurin ero prosessin kannalta olisi siinä, että lähtötietojen sijasta lähetettäisiin valmis osaluettelo ja työohjeet.

Raskaiden nostureiden suunnitteluprosessi alkaa sähkö-CAD:iltä. Sähkö-CAD:iin sijoittamisen etuna olisi mahdollisuus sopivalla toteutuksella käyttää konfiguraattoria standardinostureiden lisäksi myös raskaiden nostureiden virransyötön suunnittelussa. Tällöin olisi mahdollista parantaa tuotannossa käytettävien työmääriänten laatua ja tehdä niiden sisällöstä yhteneväisemmät eri tuotantoyksikköjen välillä. Toteutuksen haasteena on se, että virransyötötpaketti kattaa standardinostureissa myös paljon muuta kuin pelkän nostimen virransyötön. Lisäksi suuren volyymin takia tarvitaan mahdolli-

simman pitkälle automatisoitu konfigurointiprosessi. Erona on myös se, että raskasnosturipuolella nosturit pääsääntöisesti suunnitellaan projektikohtaisesti, kun taas standardipuolella kyseessä on massaräätälöinti.

Suunnittelun hoitaa sähkösuunnittelija ja ohjelmalla käytetään joko DDS-C:tä tai E3:a. Kuten luvussa neljä todettiin, niin standardinostureiden prosessissa sähködokumentteihin tarvittavat tiedot konfiguroidaan Atonissa, mutta Sähkö-CAD:illä on tärkeä osa dokumentin kasaamisessa, piirustusten oikeellisuuden tarkistamisessa ja mahdollisten erikoisten ominaisuuksien suunnittelussa. Koska tällä hetkellä kaapelin pituuden konfigurointi tapahtuu sähkö-CAD:in jälkeen, ei päästä tarkastelemaan suoraan sitä, ylittääkö jännitteenalenema suurimman sallitun arvon liityntäpisteen ja nostomoottorin välillä. Jos konfigurointi suoritettaisiin CAD:issä, niin tämä olisi mahdollista tarkistaa ja tarvittaessa vaihtaa kaapelia.



*Kuva 6.3. Prosessi, jos konfiguraattori sijoitettaisiin E3:een.*

E3 käyttää Microsoftin kehittämää COM-mallia (engl. Component Object Model). COM on binäärirajapintastandardi ohjelmistokomponenteille. COM-mallissa luodaan ohjelmistokomponentteja, joilla on kaikilla oma identiteetti ja täysin määritelty rajapinta. Tämä rajapinta sallii sovellusten ja muiden komponenttien pääsyn komponentin ominaisuuksiin. E3:ssa perusraajapinnan muodostavat sovellus, projekti ja sivu. Näitä pystytään käsittelemään suoraan koodaamalla. Näiden alta pystytään kutsumaan erilaisia laitetyppejä, kuten tavallisia laitteita, terminaaleja, kaapelin liitoksia ja kaapeleita, joita käsitellä ohjelmassa ohjelmistokomponentteina. Ohjelmointikielenä voidaan käyttää Visual Basic:iä. Toinen tuettu ohjelmointikieli on JavaScript, mutta myös muita ohjelmointikieliä voidaan käyttää, kunhan ne pystyvät käsittelemään COM-objekteja. (CIM-Team 2008)

Konfiguraattori olisi mahdollista toteuttaa hyödyntämällä suoraan E3:n ohjelmointirajapintaa. Tällöin se voitaisiin lisätä osaksi Konecranesin E3:n ohjelmistojakelua, jolloin se olisi osa käyttäjille lähetettävää pakettia. Kaikki käyttäjät eivät kuitenkaan tarvitse konfiguraattoria. Toinen mahdollisuus olisi toteuttaa se samalla tavoin kuin komponenttikirjasto. E3:n komponenttikirjasto on toteutettu Oraclen tietokantaan, jota olisi mahdollista käyttää hyväksi myös konfiguraattorin toteutuksessa. Koska virransyötön konfiguraattorin nykyinen toteutus on myös Oracle-tietokannassa, esimerkiksi tietokantataulujen siirtäminen suoraan voisi olla mahdollista.

E3 ei kuitenkaan sisällä valmiita työkaluja konfiguraattorin toteutukseen, vaan kaikki halutut ominaisuudet täytyisi suunnitella ja toteuttaa alusta asti. Tilauksen tekniset lauseet olisi mahdollista ladata tilauksen tietojen mukana tuotetiedon hallintajärjestelmältä. Koska sille ei automaattisesti lähetetä kaikkia teknisiä lauseita, niin pitää varmistua, että konfiguroinnissa tarvittavat tekniset lauseet saataisiin. E3 sisältää konfiguroinnissa tarvittavat kaapeli- ja pistoketiedot sekä tiedon sillankaapin koosta. Virransyöttöpakettiin kuuluu runsaasti virransyöttöön kuulumattomia nosturin varusteluosia. Koska E3 on sähkösuunnittelujärjestelmä, näiden osien tuominen sen komponenttikirjastoon tai näyttäminen osana ohjelmaa ei välttämättä ole järkevää. Aton toimii yrityksen nimikkeiden hallintajärjestelmänä. Siten kehittämällä Aton-E3 nimikelinkkiä olisi kuitenkin mahdollista helposti siirtää suuriakin määriä mekaniikkanimikkeitä E3:een. Jos konfiguraattori toteutetaan osaksi E3:n ohjelmistojakelua, tehdyt muutokset voidaan päivittää käyttäjille, joka kerta kun ohjelma avataan. Tällöin pystytään takaamaan se, että kaikkien käyttäjien nimikkeet ja tuotteiden konfigurointisäännöt ovat ajantasaisia. Toisaalta muissa mahdollisissa vaihtoehdoissa tätä ei tarvitse tehdä ollenkaan, koska käytetään yhteistä järjestelmää, jolloin tiedot tarvitsee päivittää vain sinne, eikä jokaiselle käyttäjälle erikseen. Sähkö-CAD:iä käyttää sähkösuunnittelija, kun taas virransyötön konfigurointi on työnsuunnittelijan tehtävä. Jos konfiguraattori sijaitsisi sähkö-CAD:illä, pitäisi miettiä sitä, onko nykyinen tehtäväjako soveltuva.

## 6.2.4 Kokonaan uusi järjestelmä

Kokonaan uuden järjestelmän tapauksessa lähtökohdaksi pitäisi ottaa konfiguraattorin sijoituspaikalle asetetut vaatimukset, nykyinen järjestelmä ja sen parannustarpeet. Uusi

järjestelmä mahdollistaisi konfiguraattorin räätälöimisen juuri yrityksen tarvetta vastaavaksi. Tämän tyyppinen toteutus kuitenkin vaatisi tarkkaa määrittelyä varsinkin, jos järjestelmä päätettäisiin tilata ulkopuoliselta yritykseltä. Kokonaan uusi järjestelmä vaatisi muihin vaihtoehtoihin verrattuna enemmän resursseja ja ohjelmistotyötä, mutta olisi todennäköisesti tarpeen vaatiessa helpommin muokattavissa. Ohjelmistotyöllä tarkoitetaan kaikkea valmiin ohjelman tuottamiseen tarvittavaa työtä, kuten määrittelyä, suunnittelua ja testausta (Silander 1999). Täytyy kuitenkin ottaa huomioon, että muokkaaminenkin on mahdollista vain tietyissä rajoissa. Järjestelmän toteutuksessa olisi myös mahdollista ottaa huomioon vanhan koodin ja tietokantataulujen mahdollisimman hyvä uudelleenkäyttö.

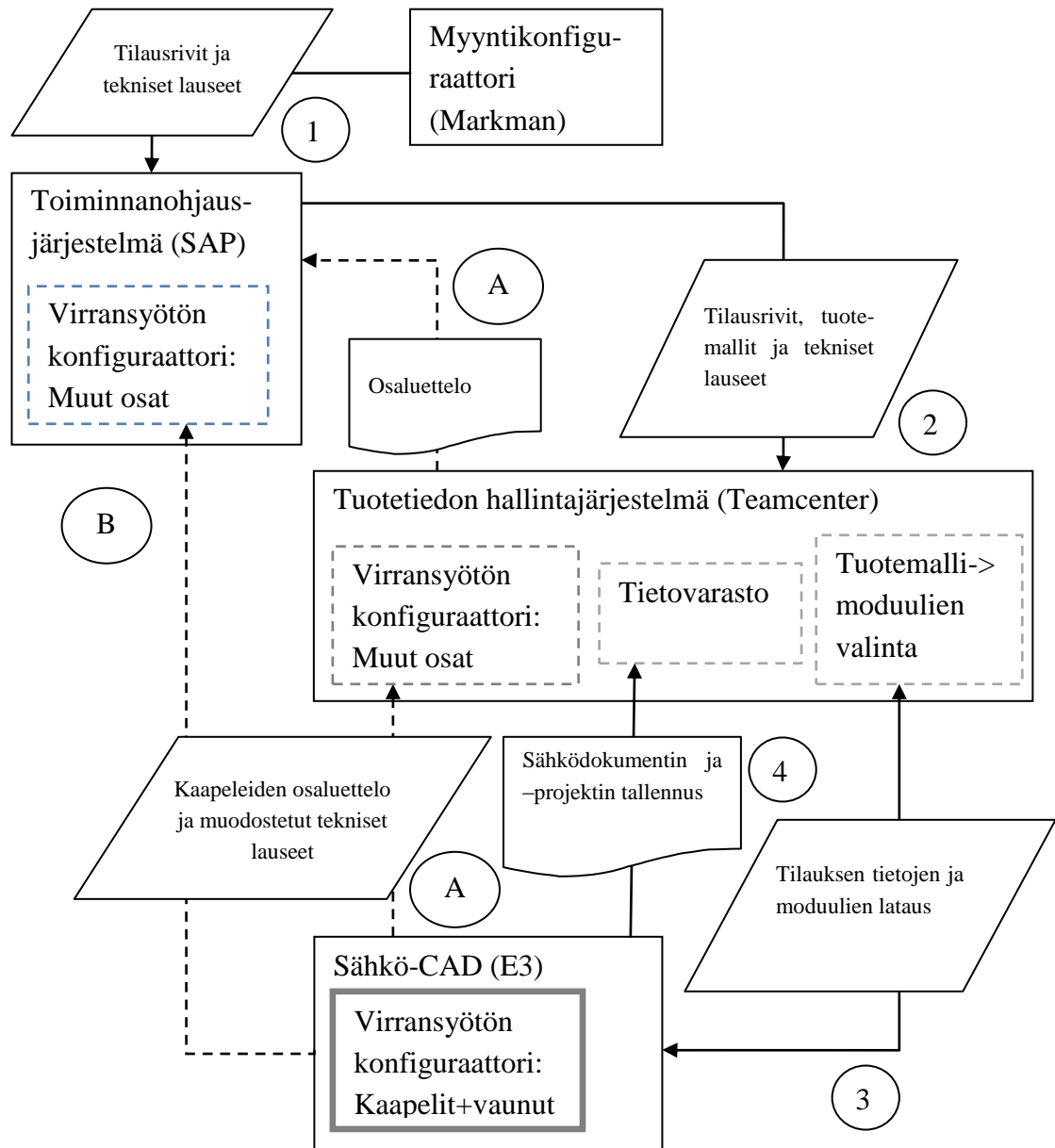
Järjestelmä tarvitsisi oman käyttöliittymän ja tavan hallita käyttäjiä ja heidän oikeuksiaan järjestelmässä. Tämän lisäksi järjestelmä tarvitsisi useita rajapintoja. Lähtötietoina käytettävät kaapeleiden kytkentätiedot ja sillan kojekaapin koko olisi saatava sähkö-CAD:iltä, tilaustiedot ja tekniset lauseet taas olisi tuotava toiminnanohjausjärjestelmästä. Konfiguroinnin tulos taas tarvitaan toiminnanohjausjärjestelmän varastotietojen ylläpitoon, ostotilausten tekemiseen ja tämän lisäksi työmääräin pitäisi myös viedä oikeaan työjonoon. Nimiketietoja kannattaisi ylläpitää järjestelmässä, mutta niitä pitäisi muistaa myös päivittää, jos jokin osa esimerkiksi poistuu käytöstä. Tämän hetkinen toteutus sisältää varsin vähän koodia ja sen toteuttaminen itsenäisenä järjestelmänä olisi siihen nähden melko raskas vaihtoehto.

### 6.3 Konfiguraattorin jakaminen osiin

Yksi mahdollinen vaihtoehto olisi jakaa nykyinen ohjelma useampaan osaan, jolloin pystyttäisiin paremmin hyödyntämään nykyisten järjestelmien hyviä ominaisuuksia ja toisaalta välttämään yksittäisen järjestelmän ongelmia sijoituspaikkana. Jakaminen edellyttää kuitenkin sitä, että työmääräin pitää saada jossain koottua lopulliseen muotoonsa ja että tarvittavaa tietoa pitää pystyä liikuttamaan järjestelmästä toiseen. Paras tapaus olisi, jos konfiguraattori pystyttäisiin jakamaan niin, että eri järjestelmien välillä ei tarvitsisi siirtää ylimääräistä tietoa konfigurointia varten.

Ohjelma voitaisiin jakaa sähkö- ja mekaniikkaosiin. Tätä jakamista puoltaisi se, että mekaniikkaosiin, joihin tässä on luettu myös tarrat, toimivat yleisesti yksinkertaiset valintasäännöt. Toisaalta sähköosat liittyisivät luontevasti sähkö-CAD:in yhteyteen. Yksi vaihtoehto osien jakamiseksi voisi olla, että kaapelivaunut ja energiaketju kuuluisivat sähköosien puolelle ja c-profiilikiskot ja ohjaukourut mekaniikkaosiin. Tällöin kaapeleihin liittyviä tietoja ei tarvittaisi muissa ohjelmissa konfigurointia varten. Tällöin kuitenkin pitäisi toiseen siirtää tieto energiaketjun tai kaapelivaunujen tyyppistä sekä siitä kuinka monta rinnakkaista kiskoa tai kourua tarvitaan. Sillan kojekaapin kannatinrauta voisi olla hyvä konfiguroida sähkö-CAD:in alla, koska muuten tieto sillan kojekaapin mitoista pitää välittää mekaniikkaosien konfiguroinnin hoitavaan järjestelmään sähkö-CAD:iltä. Tällöin täytyy vain siirtää tieto kaapin koosta konfigurointia hoitavalle ohjelmalle. Mekaanisten osien konfigurointi voitaisiin toteuttaa Atonilla, Teamcenterillä

tai SAP:issa, joista kaikista löytyy valmiiksi toteutettu konfiguraattori. Jakamisen vaikutukset konfigurointiprosessiin on esitetty kuvassa 6.4. Kuvassa on esitetty kaksi vaihtoehtoista mahdollisuutta mekaniikkaosien konfiguroinnille ja oletettu, että sähköosat konfiguroitaisiin kummassakin tapauksessa Sähkö-CAD:llä. A-kirjaimella on merkitty vaihtoehtoa, jossa muiden osien konfigurointi suoritetaan Teamcenterillä ja B-kirjaimella vaihtoehtoa, jossa tämä tapahtuisi SAP:ssa. A:lla on esitetty prosessi pelkää Teamcenterin osalta, mutta se olisi identtinen Atonilla toteutettuna.



**Kuva 6.4.** Konfigurointiprosessi jos konfiguraattori jaettaisiin kahtia. A on E3-Teamcenter vaihtoehto ja B on E3-SAP vaihtoehto.

Jakamisen hyvänä puolena olisi se, ettei mekaniikkanimikkeitä tarvitsisi mallintaa sähkö-CAD:illä. Toiminnallisuutta ei myöskään tarvitsisi yrittää toteuttaa yhdessä järjestelmässä. Tämä antaa sen edun, että voidaan käyttää tehokkaasti valmiita konfigu-

rintityökaluja ja tehdä mahdollisesti vaativampi osa E3:lla, jossa ohjelmistotyö on helpompaa kuin SAP:issa tai Teamcenterissä. E3:lla on myös mahdollista hyödyntää nykyisen toteutuksen koodia ja tietokantatauluja. Hyvänä puolena voisi nähdä myös mahdollisuuden pitää ratkaisut monikäyttöisinä. Hyvin E3:ssa toteutettuna konfiguraattoria pystyttäisiin hyödyntämään myös raskaampien nostureiden virransyöttökaapeleiden pituuksien laskennassa ja parempien työmääräinten toteutuksessa. Toki tämä vaatisi ainakin sitä, että lähtötietoina saadut tekniset lauseet voitaisiin syöttää myös käsin. Kaapelivaunujen valintasäännöt kuitenkin rajoittavat yleiskäyttöisyyttä. E3:n yhteydessä olisi myös mietittävä, kuinka ylläpito hoidetaan ja rajoittaako kahden järjestelmän toteutus prosessin automatisointia. Huonona puolena voidaan nähdä ylläpito kahdessa eri järjestelmässä ja tarve siirtää tietoja järjestelmien välillä.

Vaihtoehto A:n hyvänä puolena on Teamcenterin moduulien hallintaan perustuva konfiguraattoritoteutus. Sähkö-CAD:iä ei olisi tarvetta integroida suoraan toiminnanohjausjärjestelmään, vaan se voitaisiin integroida vain tuotetiedon hallintajärjestelmään, jonka kautta siirrettäisiin tietoja toiminnanohjausjärjestelmään. Huonona puolena on Atonin poistuminen käytöstä ja Teamcenterin tämän hetkinen pilottijärjestelmä luonne. Atonin suhteen ongelmana on myös se, ettei osien kappalemääriä pystytä laskemaan, joten se ei ole soveltuva järjestelmä. Virransyöttöön liittyviä teknisiä lauseita ja tilaustietoa pitäisi siirtää SAP:ista Teamcenteriin. Tämä taas tarkoittaisi sitä, että Teamcenterillä olisi oltava toimivat rajapinnat SAP:in ja E3:n kanssa.

Vaihtoehto B:ssä voidaan käyttää konfiguroinneissa SAP:in moduulin perustoinnallisuuksia. Jos konfiguraattorin kahtia jakaminen pystytään tekemään täydellisesti, niin virransyöttöpaketin muut osat olisi mahdollista konfiguroida tilauksen tullessa. Tällöin se noudattaisi samaa prosessia kuin standardinostureiden mekaniikan konfigurointi. Jos taas kaapelien pituudet ja kaapelivaunut konfiguroitaisiin E3:lla, olisi kaikki sähköosat mahdollista tuoda SAP:iin samanmuotoisina valmiina osaluetteloina, joille olisi tarpeen tehdä ainoastaan manuaalisia muutoksia. Tällöin E3:n ja SAP:in välille ei tarvittaisi kahta erilaista rajapintaa virransyötön ja esimerkiksi sillan kojekaapin osaluettelon siirtämistä varten. Tästä hyötynä olisi se, että prosessi olisi mahdollista automatisoida pidemmälle.

## 6.4 Vaihtoehtojen vertailua

Liitteeseen 1 on koottu eri vaihtoehdoista hyvät ja huonot puolet. Huonosti soveltuvia toteutuksia ovat Aton ja uusi järjestelmä. Atonin sulkee pois toisaalta se, että järjestelmä on poistumassa käytöstä ja toisaalta se, ettei matemaattista laskentaa pystytä suorittamaan. Uusi järjestelmä taas on hyvin lähellä vaihtoehtoa, jossa toteutus tehtäisiin E3:ssa. Mutta E3:sta poiketen uudessa järjestelmässä täytyisi rakentaa rajapintoja eri järjestelmiin. Tämän lisäksi virransyötön konfiguraattori on yksinään melko pieni ohjelma. Tästä johtuen varsinaisen toiminnallisuuden ulkopuoliset asiat, kuten käyttäjien hallinta ja rajapintojen toteutus vaatisivat suhteessa paljon panostusta. ILM:n käytön jatkamista tulevaisuudessa puoltaa se, että toteutus itsessään on valmis ja toiminta on

testattu. Tämä olisi kuitenkin luonteeltaan väliaikainen ratkaisu ja sitä kannattaisi käyttää vain, jos virransyötön konfiguraattoria ei ehditä toteuttaa muussa paikassa ennen kuin SAP korvaa nykyisen järjestelmän. Ongelmana tässä vaihtoehdossa olisi selkeästi se, että iLM:n ylläpitoa pitäisi jatkaa korvaavan järjestelmän rinnalla ja sille pitäisi luoda toimivat rajapinnat SAP:in kanssa. Lisäksi muutaman vuoden päästä toteutus jouduttaisiin kuitenkin toteuttamaan uudelleen johtuen siitä, että Oraclen tuki nykyiselle toteutustavalle päättyy.

Hyvinä sijoituspaikkoina voidaan pitää E3:a, Teamcenteriä ja SAP:ia sekä näiden yhdistelmiä. E3:n etuna muihin vaihtoehtoihin nähden on mahdollisuus koodata ohjelma millä tahansa kielellä ja se ettei kaapelitietoja tarvitsisi siirtää kuin valmiina osaluettelona toiseen järjestelmään. Se ei kuitenkaan sisällä valmiita konfigurointityökaluja, kuten SAP ja Teamcenter. Näistä poiketen vanhaa iLM:n koodia ja tietokantatauluja olisi mahdollista käyttää uudelleen, jos toteutus tehdään E3:n komponenttikirjaston tapaan. Uudelleenkäytössä on kuitenkin omat vaaransa, koska nykyisessä toteutuksessa osa konfiguraattorin säännöistä on toteutettu ohjelmakoodissa. Koska E3 toimii jokaisen käyttäjän koneella, niin sinne tehty toteutus vaatisi valintasääntöjen ja mekaniikkaosien välittämisen jokaisen käyttäjän koneelle. Tarvittavat tekniset lauseet olisi mahdollista välittää tilauksen tietojen mukana Atonin kautta. E3:ssa ei hallita mekaniikkanimikkeitä, mutta ne olisi kuitenkin mahdollista lisätä. SAP:issa ja Teamcenterissä nimikkeiden hallinta on järjestelmän tarjoama ominaisuus. SAP:in kohdalla tämä aiheuttaa sen, että konfiguroinnin toteutuksen lisäksi tarvitaan myös perustietojen (engl. master data) ylläpitoa. Tämä tarkoittaa esimerkiksi sitä, että käytettävät materiaalit on SAP:issa määriteltävä konfiguroitaviksi. SAP ja Teamcenter tarjoavat melko samanlaisia mahdollisuuksia toteuttaa konfigurointi. Kummassakin perussäännöt voidaan toteuttaa sääntötaulukkona, mutta vaativampien sääntöjen luominen vaatii enemmän koodia muistuttavaa toteutus tapaa. Kyseessä ei kuitenkaan ole puuttuminen ohjelmakoodiin. SAP:issa voidaan luoda sääntöjä myös koodaamalla ohjelmaan omia funktioita. Teamcenterissä toteutus ottaa paremmin huomioon moduulien käyttämisen, kun taas SAP:issa on keskitytty materiaalien ja osaluetteloiden konfigurointiin. Teamcenterin käyttämisessä ongelmana voidaan nähdä se, että toteutus pitäisi olla käytettävissä vuoden 2012 alussa. Siihen mennessä pitäisi siis pystyä rakentamaan itse konfiguraattorin toiminnallisuuksien lisäksi rajapinnat E3:n ja SAP:in kanssa ja luoda järjestelmään tarvittavat nimikkeet. SAP:issakaan näiden toteutus ei ole vielä valmis, mutta niiden toteuttaminen määrää myös aikataulun. Toisin sanoen, jos SAP:issa ei ole toteutettuna näitä toiminnallisuuksia sitä ei voida ottaa käyttöön ja siihen asti voidaan käyttää iLM:ää. SAP:in ongelmana sen sijaan on tarvittavien lähtötietojen siirtäminen E3:lta.

E3-Teamcenter sekä E3-SAP vaihtoehdot muuttaisivat tilannetta siinä mielessä, että kaapelitietoa ei tällöin olisi tarpeen käsitellä muissa järjestelmissä kuin E3:ssa. Sieltä voitaisiin välittää eteenpäin joko pelkkä osaluettelo tai sen lisäksi myös asennusohjeet. Toisaalta taas mekaanisten osien konfigurointi olisi mahdollista suorittaa heti tilauksen tultua. Ainoastaan sillan kojekaapin kannatin pitäisi mekaanisista osista konfiguroida E3:lla, koska sen valintaan tarvitaan tieto sillan kojekaapin koosta. Tämän lisäksi

E3:lla ei tarvitsisi käsitellä muita mekaanisia osia kuin kaapelivaunuja. Lisäksi näitä kaapelivaunuja voidaan käyttää myös raskasnostureiden suunnittelussa. Konfiguraattorin sijoittaminen E3-SAP yhdistelmään pitäisi prosessin yksinkertaisempaan verrattuna E3-Teamcenter, josta konfiguroinnin tulos pitäisi kuitenkin lähettää vielä edelleen SAP:iin.

Yhden järjestelmän vaihtoehdoista E3 on sopivin, koska sen suurimmat heikoudet liittyvät ohjelmistotyön määrään. Järjestelmä ei kuitenkaan suoranaisesti estä toteutuksen tekemistä. Kaikista vaihtoehdoista E3-SAP vaihtoehto olisi sopivin. Ohjelmistotyön määrä olisi pienempi, koska voidaan käyttää osin valmiita työkaluja. Kuitenkin tässä on riskinä se, että ylläpito vaikeutuu ja tietoja joudutaan siirtämään järjestelmien välillä, jos toteutuksen eri osia ei pystytä erottamaan toisistaan. Yhden riskin luo toteutukselta vaadittu aikataulu. Konfiguraattori pitää ehtiä testata kunnolla ennen sen tuotantoon viemistä. Siirtymäkauden aikana olisi mahdollista käyttää iLM:ää niin sanottuna mustana laatikkona. Tämäkin ratkaisu kuitenkin vaatii työtä ja sen tarpeellisuus on tarkkaan harkittava, ettei väliaikaisesta ratkaisusta tule pysyvää.

## 7 UUSI KONFIGURAATTORI

Tässä luvussa hahmotellaan uutta virransyötön konfiguraattoria. Uutta toteutusta on lähdetty hahmottelemaan nykyisen toteutuksen pohjalta. Ensin tarkastellaan uuden konfiguraattorin vaikutuksia prosessiin. Konfiguraattorin muutoksia käsitellään lähtötietojen näkökulmasta ja tarkastellaan myös muutoksia konfiguroinnin pohjalta muodostettuun työmääräimeen, joka asettaa myös vaatimuksia konfiguraattorille. Tärkeimpänä asiana on käsitely uuden konfiguraattoritoteutuksen rakenne ja sisäinen toiminta. Sijoitusvaihtoehdoista parhaalta vaikuttaisi E3-SAP. Koska sijoituspaikka vaikuttaa toteutukseen tarjolla olevien työkalujen ja toiminnallisuuksien kautta, nämä järjestelmät on otettu suunnittelun lähtökohdiksi. Käytössä oleva toteutus on uuden konfiguraattorin suunnittelussa hyvä lähtökohta, koska sen rakenne on suunniteltu juuri tälle tuotteelle. Ongelmia aiheuttaa vanhojen ja uusien toteutustapojen päällekkäisyys. Toisaalta haasteena on toteuttaa nykyiset toiminnallisuudet toisessa järjestelmässä.

### 7.1 Konfigurointiprosessi

Ohjelman sijoituspaikka vaikuttaa koko prosessiin ja konfiguraattorin toteutukseen. Kuvasta 6.4 nähdään, miltä prosessi näyttäisi, jos konfiguraattori jaettaisiin kahtia E3:n ja SAP:in kesken. Tämä vaikuttaa prosessiin niin, että E3:lle on tuotava konfiguroinnissa tarvittavia tietoja, kuten tilauksen tiedot ja tekniset lauseet. Nämä pystytään tuomaan E3:lle Atonin kautta. Toisaalta E3:lta siirretään eteenpäin uudenlaista tietoa, jos nykyisen tiedon sijasta siirretään valmista osaluetteloa. Jotta järjestelmien välinen tiedonsiirto pystytään pitämään yksinkertaisena, on varmistettava, että sähkö- ja mekaniikkaosat pystytään täysin erottamaan toisistaan. Muutoksia seuraa siitä, että prosessissa mukana olevat järjestelmät ovat uusiutumassa. Tämä voidaan nähdä myös positiivisena asiana, koska järjestelmien uusiutuminen antaa mahdollisuudet vaikuttaa myös lähtötietoihin. Toki tämä luo epävarmuutta, joten otettaessa käyttöön uusia järjestelmiä ja ominaisuuksia on tutkittava niiden vaikutuksia konfiguraattorin toimintaan.

### 7.2 Lähtötiedot

Lähtötietojen käyttämistä ja itse lähtötietoja parantamalla on mahdollista helpottaa konfigurointia. Lähtötietoja saadaan sähkö-CAD:iltä ja myyntikonfiguraattorilta. Jos konfigurointi tapahtuu E3:ssa käyttäjän koneella, niin osia ei tarvitse etukäteen suodattaa tai siirtää. Muussa tapauksessa voidaan sähköprojektista, joka sisältää nosturitilauksen tapauksessa kaikki nosturin sähköpiirustuksissa olevat osat, jo E3:lla suodattaa virransyötön konfiguroinnissa tarvittavat osat. Tällöin tätä työvaihetta ei tarvitse enää suorit-

taa konfiguraattorissa. Tästä saavutetaan myös se etu, että haluttuja osia ei jää pois eikä vääriä osia oteta mukaan. Toisaalta tämä tarkoittaa sitä, että tarpeiden muuttuessa muutokset on tehtävä E3:een, koska kaikkia tietoja ei ole automaattisesti saatavilla.

Myyntikonfiguraattorilta saatavia tietoja voidaan hyödyntää paremmin. Koska saatavilla on teknisiä lauseita, jotka kuvaavat samaa kuin jokin merkki tuotekoodissa, voidaan nämä tuotekoodin sisältämät tiedot jatkossa käsitellä teknisinä lauseina. Tämä selkeyttää konfiguraattorin lähtötietoja ja helpottaa sen ymmärtämistä ja dokumentoimista, mitä tietty arvo kuvaa. Koska ei käsitellä sisäisesti tuotekoodista luotuja teknisiä lauseita, lähtötietojen käsittely helpottuu. Toinen teknisiin lauseisiin liittyvä haaste on se, että useamman nostimen tapauksessa saadaan useampi samanlainen tekninen lause, joilla voi kuitenkin olla erilainen arvo. Tyypillinen esimerkki tästä on kahdella erilaisella nostimella varustettu nosturi, jolloin nostimien nostokyky on eri ja kuormaa kuvaava tekninen lause LOA01 saa kaksi eri arvoa. Tähän ongelmaa saataisiin ratkaisu käyttämällä indeksoituja teknisiä lauseita, jolloin arvo olisi sidottu suoraan tietylle nosturin nostimelle. Tämä antaisi mahdollisuuden konfiguroida useamman nosturin tapauksia silloinkin, kun siinä on erityyppisiä nostimia.

Myyntikonfiguraattorissa pystytään laskemaan kaapelin pituuksia asiakasvaatimusten pohjalta tuotetun mallin perusteella. Tätä mahdollisuutta ei ole kuitenkaan hyödynnetty kuin energiaketjujullisissa sovelluksissa. Käyttämällä suoraan laskettuja pituuksia olisi mahdollista joko luopua taulukoiduista arvoista tai käyttää niitä vain tilanteissa, joissa tilaus on muuttunut tai arvoa ei muusta syystä ole saatavissa. Tämä kannattaisi, koska taulukoiden ylläpitäminen kaikille mahdollisille tapauksille on työlästä. Tämä vaikuttaa uusien tuotteiden markkinoille saamisaikoihin, koska niille on luotava nämä taulukkoarvot ennen kuin tuotteita voidaan konfiguroida. Näiden arvojen käyttäminen kuitenkin vaatii hyvää tilauksen muutosten hallintaa. Tilanteessa, jossa tilausta on muutettu myyntikonfiguroinnin jälkeen, pitää pystyä ottamaan huomioon muutosten vaikutus käytettäviin teknisten lauseiden arvoihin. SAP:issa on mahdollista rajoittaa käyttäjän syöttämiä arvoja, jolloin pystytään välttämään virheellisten arvojen käyttäminen. Lähtötietojen yhteydessä on kiinnitettävä huomiota siihen, että lähtötiedot voivat olla eri mittayksiköissä eri maissa, esimerkiksi jalkoina tai metreinä. Tähän on kiinnitettävä huomiota sekä lähtötietoja käytettäessä että konfiguroinnin tulosta annettaessa, koska ihanteellisessa tapauksessa käyttäjän ei tarvitse tietää, mitä yksikköä ohjelman laskelmissa käytetään. On otettava huomioon, että tilauksen lähtötiedot saattavat tulla toisesta yksiköstä. Tällöin pitää huolta, että mahdollisesti siellä myyntitietoihin tehdyt muutokset välittyvät myös yksikköön, jossa konfigurointi suoritetaan. Tarvittaessa käyttäjän pitäisi pystyä muuttamaan lähtötietojen arvoja ja lisäämään lähtötietoihin tietyille paikkakoodille haluamansa kaapelivaunuosaluettelo. Kaapelivaunuosaluettelo ei kuitenkaan saisi olla pakollinen lähtötieto.

### 7.3 Ohjelman rakenne ja sisäinen toiminta

Ohjelman rakenteelle asettaa vaatimuksia se, että sillä halutaan konfiguroida kolmea selkeästi käsittelyltään eroavaa tuotetta. Nämä ovat kaapelivaunullinen ja energiaketjulinen virransyöttö sekä varustelupaketti, jossa ei toimiteta kaapeleita. Varustelupaketti toimitetaan, jos asiakas ei halua tilata virransyöttöä. Tällöin pitää kuitenkin toimittaa tietyt osat, jotka on sisällytetty pakettiin, kuten nosturin tarrat. Näistä varustelupakettia ei ole vielä toteutettu, mutta toteutuksessa pitäisi ottaa huomioon myös tämä mahdollisuus. Ongelmallisen tästä tekee se, että kaapeleiden poistamisesta seuraa myös joidenkin mekaanisten osien poistaminen. Poistettavia mekaanisia osia ovat esimerkiksi kaapelihyllyt. Tämä olisi mahdollista toteuttaa luomalla osien valinnalle rajoitteita esimerkiksi tietyn teknisen lauseen perusteella. Lisäksi rajoite pitäisi pystyä luomaan kaapeleiden käsittelylle, koska ne pitäisi tässä kohtaa pystyä poistamaan, vaikka niille olisi luotu sähkökuvat. Energiaketjun kohdalla myyntikonfiguraattoriin on mallinnettu energiaketjun tyyppin ja kaapelin pituuksien laskeminen, mistä johtuen nämä energiaketjun osat valitaan suoraan teknisten lauseiden perusteella. Jos sähkösuunnittelun yhteydessä muutetaan kaapeleita, tämä ei enää vaikuta ketjun tyyppiin.

Vaikka ohjelma toteutettaisiin kokonaan yhdessä järjestelmässä, sen jakaminen sisäisesti kahteen osaan selkeyttäisi rakennetta. Selkeä toiminnallinen jako olisi mekaanisten osien käsittely ja kaapelien ja kaapelivaunusettien käsitteleminen. Jakamisen puolesta puhuu se, että mekaaniset osat toteuttavat pääasiassa valintasääntöpohjaista logiikkaa, jota monet konfiguraattorit tukevat ja siitä johtuen sääntöjen ylläpidon toteutukseen on kiinnitetty huomiota. Kaapelien ja kaapelivaunujen tarvitsemat laskentakaavat sen sijaan ovat erikoissovelluksia, joiden toteuttaminen vaatii erilaisia rakenteita. Siitä johtuen myös niiden ylläpito on erilaista.

Ylläpidon näkökulmasta tärkeää on helppo muokattavuus. Ohjelma on jaettu melko moneen ylläpito näyttöön. Näyttöjen välille ei ole ylläpitäjän näkökulmasta luotu yhteyksiä, vaan yhteyksiä luodaan kooditasolla. Hallinta helpottuisi, jos moduulien väliset suhteet pystyttäisiin selkeästi näkemään. Selkeyttävää voisi olla mahdollisuus suoraan tarkastella tietyn moduuliryhmän alle sijoitettuja moduuleja ja niiden valintasääntöjä. Tämä olisi mahdollista esimerkiksi niin, että kaikki saman moduuliryhmän moduulien valintasäännöt olisi esitetty samassa taulukossa. Etu saataisiin siitä, että olisi mahdollista suoraan nähdä, mitkä ryhmän moduuleista valitaan tietyillä teknisten lauseiden arvoilla. Tällöin sääntöjä luodessa pystyttäisiin kontrolloimaan paremmin tilanteita, joissa tietystä ryhmästä halutaan aina valita tasan yksi moduuli. Tämän lisäksi muokattavien moduulien pitäisi olla löydettävissä hakutoiminnolla. Kaapeleiden kohdalla olisi hyödyllistä sen sijaan etsiä esimerkiksi kaikkia kaapelivaunuosaluetteloita, joiden valintasäännöissä tiettyä kaapelia on käytetty. Tällöin kaapelin vaihtaminen uuteen helpottuisi. Kaikki konfiguraattorin kappalemäärien ja pituuksien laskemiseen tarvittavat kaavat pitäisi pystyä mallintamaan niin, että ylläpitäjän olisi mahdollista nähdä ne ja tarpeen vaatiessa muuttaa tai lisätä materiaalille laskusääntö. Tätä tarvittaisiin esimerkiksi silloin, kun uuden tyyppisessä toteutuksessa ei noudateta enää samantyyppistä lasken-

tasääntöä. Nykyisessä ohjelmassa laskentakaavat ovat piilossa ohjelmakoodissa. Tästä johtuen on vaikeaa tietää mitä taustalla tapahtuu, kun törmätään ongelmiin tai vikoihin. Laskusäännöistä kappalemäärien pyöristyssäännöissä on huomioitava, että pyöristys pitää tehdä aina ylöspäin. Tästä on kuitenkin erityistapauksena tilanne, jolloin jako menee tasan ja pyöristystä ei tarvita.

Koska nykyisessä toteutuksessa käytetään taulukoituja arvoja kaapelivaunullisten virransyöttöjen vapaiden kaapelin päiden laskemiseen, täytyisi rakennetta muuttaa, jos halutaan käyttää näiden sijaan teknisiä lauseita. Taulukossa 5.1 nähdään, että nykyisessä tavassa samalla paikkakoodilla olevat yhtä pitkät kaapelit on täytynyt luetella kaapelikohtaisesti. Tämä tarkoittaa sitä, että sähkö-CAD:illä mahdollisesti lisättävät kaapelit on täytynyt etukäteen ottaa huomioon. Tekniset lauseet tarvittaville pituuksille on sen sijaan määritelty nostinkohtaisesti. Paras toteutus olisi, jos ensisijaisesti pyrittäisiin käyttämään teknisiä lauseita ja jos niitä ei ole saatavilla, niin vasta sitten turvauduttaisiin taulukkoarvoihin. Energiaketjun yhteydessä käytetään jo näitä teknisiä lauseita, mutta työohjeeseen joudutaan manuaalisesti lisäämään ohje siitä, kuinka kaapelit asennetaan energiaketjuun. Tämän tiedon lisäyksen voisi automatisoida. Jotta konfiguraattoria pystyttäisiin käyttämään erikoisempien nostureiden suunnittelussa apuna, täytyisi kaapelivaunujen osaluetteloiden valintasääntöjä muuttaa. Nykyisessä sovelluksessa osaluettelot valitaan kaapelityyppien perusteella. Tämä tarkoittaa sitä, että jokaisesta mahdollisesta kaapeliyhdistelmästä on luotava omat valintasääntönsä, jotka on sidottu tiettyyn osaluetteloon. Erikoisempiin sovelluksiin päin mentäessä valittavien kaapeleiden määrä kasvaa ja tätä kautta kaapelivaunujen valitseminen tällä tavalla kävisi ylläpidon kannalta raskaaksi. Erikoisempien nostureiden puolella on käytössä kaapelien asennuskuva myös kaapelivaunuille. Jos kuvasta olisi mahdollista saada tiedot kaapeleiden yhteisestä leveydestä ja korkeudesta, olisi mahdollista valita kaapelivaunut näiden mittojen perusteella. Lisäksi valintaa varten tarvittaisiin kaapelinipun kokonaispaino metriä kohden. Tämä yksinkertaistaisi valintasääntöjä, jotka perustuvat siihen, että kaikille mahdollisille sallituille kaapeliyhdistelmille täytyy luoda valintasäännöt, joilla oikeat kaapelivaunut pystytään valitsemaan. Tämä toteutustapa vaatisi kuitenkin tarkempaa selvitystä.

Koska konfiguroitavilla tuotteilla on paljon erilaisia tuoteyksilöitä, olisi tarpeellista töiden suunnittelun ja alihankinnan kannalta tietää, kuinka paljon aikaa tietyn tuoteyksilön valmistamiseen kuluu. Tällöin olisi esimerkiksi mahdollista suunnitella paremmin tehtaan kapasiteetin käyttöä ja ajoittaa työt oikein. Toteuttaminen vaatisi sen, että yhtä osaa tai moduulia kohti pystyttäisiin määrittelemään keräys- ja asennusaika. Konfiguroinnin yhteydessä, kun osat valitaan, voitaisiin laskea yhteen osakohtaisesti määritellyt ajat. Koska E3:lla on kaapelointitieto, aika olisi mahdollista laskea jopa asennettavia johtimia kohti. Jos virransyötön konfiguraattori päädytään jakamaan kahden eri järjestelmään, tämä toki hankaloituu, koska tällöin laskenta pitäisi suorittaa erikseen mekaanisille osille ja kaapeleille ja kaapelivaunuille. Pitäisi myös miettiä, minne aikatieto varastoidaan ja halutaanko tieto siirtää suoraan jonnekin käytettäväksi.

## 7.4 Automatisointi

Tällä hetkellä jokaisella tehtaalla on käytössä oma toiminnanohjausjärjestelmä. Tästä seuraa se, että yhteen konfiguraattoriin tehdyt muutokset eivät automaattisesti päivity muihin. Tämä ongelma on sekä ohjelman koodia että valintasääntöjä päivitettäessä. Tämä tarkoittaa, että ylläpitoa täytyy tehdä enemmän tai konfiguraattorit eivät toimi joka paikassa samalla tavalla. Ongelma pystyttäisiin ratkaisemaan keskitetyllä järjestelmällä, jolloin päivitykset tehtäisiin vain kerran ja ylläpito helpottuisi. Keskitetty järjestelmä kuitenkin vaatii sen, että työmääräimen siirtoa oikeaan työjonoon pitäisi hallita. Tällöin pitää ottaa huomioon mahdollinen tarve käyttää tehdaskohtaisia nimikkeitä.

Automatisoinnin edellytyksenä on tietojen siirtäminen automaattisesti myyntikonfiguraattorilta ja sähkö-CAD:iltä virransyötön konfiguraattorille. E3-SAP toteutuksessa olisi mahdollista suorittaa mekaanisten osien konfigurointi heti sen jälkeen, kun tarvittavat lähtötiedot on saatu myyntikonfiguraattorilta, koska tämä konfigurointi ei vaadi lähtötietoja sähkö-CAD:iltä. On kuitenkin otettava huomioon se, että myyntikonfiguraattorilta voi tulla tarkentavia asiakasvaatimuksia tekstinä, jolloin niiden sisältö on tarkistettava ennen konfiguroinnin suoritusta. E3:n osalta automatisoinnin toteuttamiseen täytyy kiinnittää enemmän huomiota ja todennäköisesti konfigurointi pitää käynnistää manuaalisesti, mutta valmiiden osaluetteloiden siirto SAP:iin voidaan automatisoida.

Nykyisessä toteutuksessa ohjelma ei informoi käyttäjää konfiguroinnissa tapahtuneista virheistä. Varoitus- ja virheviestejä olisi kuitenkin hyvä lisätä, jotta virheellisten konfigurointien määrää pystyttäisiin vähentämään. Varoitukset olisivat tarpeen tilanteissa, joissa kiskolle ei löydetä kaapelivaunusettiä tai taulukosta ei löydetä kaapelin pituutta. Varoitukset eivät saisi keskeyttää ohjelman toimintaa, koska ei ole järkevää varautua kaikkiin erikoisuuksiin, mutta auttaisivat käyttäjää lisäämään puuttumaan jääneet tiedot. Jos kyseessä on yleinen nosturityyppi, virhe auttaisi myös ylläpitäjää lisäämään järjestelmään puuttuvat tiedot. Virhetilanteita voivat aiheuttaa esimerkiksi puuttuvat tai virheelliset lähtöarvot. Koska konfiguraattorissa ei ole järkevää varautua kaikkiin mahdollisiin tapauksiin, konfiguroinnin tuloksena saatavaa osaluetteloa ja asennusohjeita on pystyttävä muokkaamaan konfiguroinnin jälkeen. Tällöin on myös oltava tarpeen vaatiessa mahdollista lisätä tai poistaa osia. Jos virransyötön konfigurointi halutaan automatisoida täysin, edellytyksenä on virheraporttien muodostaminen automaattisesti. Tällöin useampia tilauksia voidaan ajaa automaattisesti ja tarkastella tarkemmin vain niitä, joiden suorituksessa on esiintynyt virheitä tai varoituksia.

## 7.5 Työmääräin

Työmääräin asettaa vaatimuksia myös konfiguraattorille, koska nykyinen työmääräin on enemmän kuin pelkkä osaluettelo. Työmääräin antaa asennusohjeita, joihin on luotava valmiudet konfiguraattorilla. Jos konfiguraattori sijaitsee eri järjestelmässä kuin työmääräimen luonti, täytyy kiinnittää huomiota siihen, että tiedot välitetään sopivassa

muodossa. Tämä tarkoittaa esimerkiksi sitä, että kaapelien asennusta varten on välitettävä tieto vapaiden päiden mitoista paikkakoodikohtaisesti. Jos työmääräimeen liittyviä työohjeita ei pystytä välittämään SAP:iin, täytyy harkita sitä vaihtoehtoa, että ohjeet välitettäisiin tehtaalle joko sähköpiirustusten yhteydessä tai erillisenä työohjeena.

Työmääräimessä näytetään moduulit ja niiden osat. Tämä auttaa suunnittelijaa tarkistamaan, että kaikki osat ovat oikein. Tehtaalla tapahtuvassa osien keräämisessä tästä on haittaa, koska sama osa voi esiintyä useassa moduulissa. Lopullisessa työmääräimessä olisi hyvä yhdistää moduuleista tulevat kappalemäärät. Kaapeleiden kohdalla sitä vastoin on tärkeää, että samanlaisia kaapeleita ei yhdistetä. Kaapeleiden yhteydestä pitää myös selvittää se, mikä on niiden sijainti nosturissa ja minkälaiset liittimet tiettyyn kaapeliin kuuluu asentaa. Näiden lisäksi tiettyyn sijaintiin pitää yhdistää valitut kaapeli-vaunut ja niiden asennusohjeet. Työmääräimeen pitää myös tulostaa tiedoksi asentajalle tiettyjä teknisiä lauseita. Esimerkki tällaisesta lauseesta on nosturin kuormatarra, jota ei ole järkevää konfiguroida kuormakohtaisesti, vaan oikean tarran valitsemista varten kerrotaan moduulissa vain tarran koko ja tyyppi. Näiden tietojen ja teknisen lauseen perusteella asentaja valitsee nosturille oikeat kuormatarrat.

## 8 YHTEENVETO

Tutkimuksen lähtökohtana oli olemassa oleva nosturin virransyötön konfiguraattori. Alkuperäinen konfiguraattori oli otettu käyttöön vuonna 1995. Konfiguraattori oli toteutettu osana yrityksen sisällä suunniteltua ja toteutettua toiminnanohjausjärjestelmää, jonka nimi on iLM. iLM oli kuitenkin päätetty korvata koko yrityksen kattavalla kaupallisella toiminnanohjausjärjestelmä SAP:illa. Tästä johtuen tutkimusongelmaksi asetettiin selvittää, miten virransyötön konfiguraattori voidaan jatkossa sovittaa yrityksessä käytettäviin tietojärjestelmiin. Työlle asetettiin kaksi päätavoitetta: 1) kartoittaa virransyötön konfiguraattorin mahdolliset toteutuspaikat ja vertailla niiden etuja ja haittoja 2) hahmotella uuden virransyötön konfiguraattorin toimintaa.

Virransyöttöpakettiin kuuluvat nosturin kaapelit, nosturikomponenttien kiinnitysosat ja lähes kaikki nosturin tarrat. Virransyöttöpaketin kiinnitysosat ja niiden lukumäärät vaihtelevat paljon nosturin tyyppin, nostimien lukumäärän, lisävarusteiden ja virransyöttöratkaisun mukaan. Nosturin kaapelit voidaan jakaa kiinteästi asennettaviin kaapeleihin sekä nostimen ja nosturin virransyöttökaapeleihin. Nostimen virransyöttö voidaan toteuttaa joko kaapelivaunuilla tai energiaketjulla. Kaapeleille on tarkasteltu pituuden mitoitusta sen perusteella, ovatko ne kiinteästi asennettavia, energiaketjullisen vai kaapelivaunullisen toteutuksen kaapeleita. Kaapelivaunulliselle toteutukselle on tarkasteltu tarkemmin kaapelivaunujen tyyppin valintaa ja kappalemäärien laskemista.

Konfiguroitavat tuotteet sijoittuvat massatuotannon ja projektituotteiden välille. Jokainen tuote on yksilö, joka on sovitettu vastaamaan asiakkaan tarpeisiin, mutta koostuu ainoastaan esisuunnitelluista elementeistä. Konfigurointimalli esittää kaikki mahdolliset tuoteyksilöt ja niiden muodostamiseen liittyvät säännöt, rajoitteet ja moduulit. Samalla tuotteella voi olla useampia konfigurointimalleja konfigurointiprosessin eri vaiheita varten. Tilaus-toimitusprosessissa voikin olla kolme erillistä konfigurointia, joiden tarkoituksena on tarkentaa kuvaus tarvittavalle tasolle. Myyntikonfiguroinnissa tuotteen ominaisuuksien kuvaaminen riittää, mutta tuotteen valmistamista varten tarvitaan osaluettelo. Konfiguroitavien tuotteiden hallintaan ja konfigurointiin käytetään tietojärjestelmiä eli konfiguraattoreita.

Nykyisessä prosessissa asiakkaan tarpeet määritellään ja tilaus muodostetaan myyntikonfiguraattorilla (Markman). Sieltä tilaus siirretään toiminnanohjausjärjestelmään (iLM), josta tilaustiedot, tekniset lausekkeet ja valitut tuotemallit lähetetään tuotetiedon hallintajärjestelmään (Aton). Atonilla konfiguroidaan sähkömoduulit, jotka sisältävät kytkentäkaavioita ja parametritietoja. Nämä tiedot ladataan sähkösuunnitteluohjelmalle, jossa niistä muodostetaan sähköprojekti. Tässä järjestelmässä voidaan tehdä tuotteelle konfiguroinnin ulkopuolista suunnittelua. Tämän jälkeen sähköprojekti tallen-

netaan Atonille ja tiedosto, joka sisältää sähköprojektin osaluettelon, kaapelien kytkentätiedon ja sillan kojekaapin koon, lähetetään iLM:ään. iLM:ssä tämän tiedon ja myyntikonfiguraattorilta saatujen tietojen perusteella suoritetaan virransyötön konfigurointi.

Konfiguraattori laskee kaapeleiden pituudet. Kaapeleiden jakamista varten ne jaetaan useampaan käsittelyryhmään. Nämä ryhmät on muodostettu erikseen kiinteästi asennettaville kaapeleille, kaapelivaunulliselle ja energiaketjullisille sovelluksille. Osa pituuksien laskennassa tarvittavista arvoista saadaan taulukoista. Kaapelivaunulliselle virransyötölle valitaan kaapelivaunut. Kaapelivaunuille on muodostettu kaapelivaunuosaluetteloita, joissa on vaunujen lisäksi c-profiilikiskoja ja niiden kiinnitysosia. Kaapelivaunuosaluettelot valitaan jokaiselle kiskolle erikseen kyseiselle paikkakoodille sijoitettujen kaapeleiden perusteella. Valinnan jälkeen osaluettelon kappaleille lasketaan oikeat kappalemäärät. Konfiguraattorissa muut osat valitaan moduuleina, jotka koostuvat kiinteistä osaluetteloista. Näiden moduulien ja niiden määrän valintaan on muodostettu sääntöjä. Konfiguroinnin lopputuloksen perusteella muodostetaan työmääräin.

Konfiguraattori voidaan joko pitää nykyisen kaltaisena tai jakaa kahtia. Kahtia jako olisi hyvä tehdä kaapeleihin ja kaapelivaunuosaluetteloihin ja mekaanisiin osiin. Tällöin pystyttäisiin parhaiten hyödyntämään eri järjestelmien mahdollisuuksia. Mahdollisina järjestelminä on käsitelty nykyisen prosessin järjestelmiä ja niiden korvaajia sekä mahdollisuutta täysin uuteen järjestelmään. Tarkastelun ulkopuolelle jätettiin myyntikonfiguraattori ja käytöstä poistuva sähkösuunnitteluohjelma. Järjestelmältä, johon konfiguraattori toteutetaan, vaaditaan teknisten vaatimusten täyttämistä, tarvittavia rajapintoja ja mahdollisuutta helppoon ylläpitoon. Nykyinen järjestelmä iLM on jäämässä pois käytöstä. Sen jatkokäyttö vaatisi järjestelmän muuttamista ja rajapintoja SAP:in kanssa. SAP:in hyvänä puolena ovat monipuoliset konfigurointityökalut. Sen ongelmaksi muodostuu tietojen siirtäminen E3:lta, koska tarvittavia tietokenttiä ei pystytä siirtämään SAP:in tiedonsiirtoformaatti IDocilla. Järjestelmistä Aton ei täytä teknisiä vaatimuksia, koska siinä ei voida suorittaa laskentaa. E3:n rajapintaan on mahdollistaa toteuttaa ohjelmia, mutta konfiguraattorin toteuttaminen sinne vaatii paljon ohjelmistotyötä ja mekaanisten osien tuomista sähkösuunnitteluohjelmaan. Teamcenterissä on monipuoliset konfigurointityökalut, mutta sen ongelmana ovat puuttuvat rajapinnat, tiukka toteutusai-kataulu ja se että järjestelmä on pilottihanke. Kokonaan uusi järjestelmä taas olisi pelkästään virransyötön konfigurointia varten raskas vaihtoehto. Useamman järjestelmän vaihtoehdot ovat E3 yhdessä joko Teamcenterin tai SAP:in kanssa. Tällä saavutettaisiin se, että E3:lta voitaisiin siirtää vain valmiita osaluetteloita, tarvittaisiin vähemmän ohjelmistotyötä ja mekaanisia osia ei tarvitsisi tuoda E3:een. Ongelmana olisi ylläpito kahdessa eri järjestelmässä. Teamcenterin osalta rajapintojen tarve muodostaa myös oman ongelmansa.

Uuden konfiguraattorin toteutukselle nykyisin käytössä oleva konfiguraattori on hyvä lähtökohta, koska se on suunniteltu pelkästään virransyötön konfigurointia varten. Myyntikonfiguraattorilta saatujen lähtötietojen parempi hyödyntäminen antaa mahdollisuuden parantaa toteutusta, koska aiemmin yksinään käytössä olleesta tuotekoodin tietojen käytöstä voitaisiin luopua kokonaan ja korvata tiedot teknisillä lauseilla. Kaapelei-

den pituuksien laskennassa voitaisiin käyttää taulukoitujen arvojen sijaan myyntikonfiguraattorin 3D-mallista laskemia arvoja. Konfiguraattorin sisällä laskentakaavat on sijoitettu lähdekoodiin, jolloin niiden ylläpitämiseen ja muuttamiseen tarvitaan ohjelmistotyötä. Näiden pitäisi uudessa toteutuksessa olla ylläpitäjän muokattavissa. Automatisointia pitäisi pystyä lisäämään, jotta täysin konfiguroitavat tuotteet eivät vaatisi työaikaa. Oikeellisuuden varmistamiseksi olisi hyvä luoda virheraportteja, jolloin kaikkia konfigurointeja ei tarvitsisi erikseen tarkastaa ja virheiden korjaaminen nopeutuisi.

Virransyötön konfiguraattorin sijoituspaikaksi voidaan suositella kahta eri vaihtoehtoa. Jos konfiguraattori halutaan toteuttaa vain yhdessä järjestelmässä, niin soveltuvimman järjestelmä olisi E3. Jos järjestelmä voitaisiin jakaa kahteen järjestelmään, paras vaihtoehto olisi jakaminen E3:een ja SAP:iin. Koska aikataulu toteutukselle on tiukka, siirtymäaikana olisi mahdollista käyttää nykyistä iLM:n toteutusta niin sanottuna mustana laatikkona. Tällöin iLM:n konfiguraattori-toiminnallisuutta hyödynnettäisiin ilman, että käyttäjä tietäisi käyttävänsä vanhaa järjestelmää tai pääsisi muualle järjestelmään. Tällä saataisiin lisää aikaa lopullisen konfiguraattorisovelluksen toteuttamiseen.

## LÄHTEET

Ahoniemi, L., Mertanen, M., Mäkipää, M., Sievänen, M., Suomala, P. & Ruohonen, M. 2007. Massaräätälöinnillä kilpailukykyä. Teknologiateollisuuden julkaisuja 7/2007. Helsinki, Teknologiateollisuus ry. 108 s.

Cim-Team A Zuken Company. 2008. E3.Series: E3.COM: Training Manual. 29 p.

Conductix-Wampfler. 2009. Festoon Systems for C-Rails – Program0230. Weil am Rein (Saksa), Conductix-Wampfler. 45 p.

F.E.M. (Federation europeenne de la manutention) Section 1 Heavy lifting appliances 1.001 3<sup>rd</sup> edition revised 1998.10.01. Rules for the design of hoisting appliances: booklet 5: Electrical equipment.

Forza, C. & Salvador F. 2006. Product Information Management for Mass Customization: Connecting Customer, Front-office and Back-office for Fast and Efficient Customization. Palgrave macmillan. 221 p.

Hovi, A. 2008. Technology roadmap for new sales support and management system for crane manufacturing company. Master's thesis. Lappeenranta. Lappeenranta University of Technology, Faculty of Technology Management, Degree Programme in Information Technology. 133 p. Saatavissa:

<http://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/42926/nbnfi-fe200812122253.pdf?sequence=3>

Ideal Product Data Oy. 2008. Teamcenter Engineering Modular Variants: Introduction. 100 p.

Igus. 2005. Energiansiirtoketjut. [WWW] Viitattu 18.4.2011. Saatavissa:

[http://sks.eu/download/sks\\_igus\\_energiansiirtoketjut/\\$file/igus\\_energiansiirtoketjut\\_suunnittelu\\_1072188\\_05.pdf](http://sks.eu/download/sks_igus_energiansiirtoketjut/$file/igus_energiansiirtoketjut_suunnittelu_1072188_05.pdf)

Igus. 2009a. Indoor cranes. [WWW] Viitattu 9.3.2011. Saatavissa:

[http://www.igus.eu/Product\\_Files/Download/pdf/050609\\_indoorCranes\\_s.pdf](http://www.igus.eu/Product_Files/Download/pdf/050609_indoorCranes_s.pdf)

Igus. 2009b. Igus EnergyChain Catalog Chapter: Designing with Igus. [WWW] Viitattu: 9.3.2011. 50 p. Saatavissa:

[http://www.igus.eu/Product\\_Files/Download/pdf/01\)-US-DESIGN\\_50S-web.pdf](http://www.igus.eu/Product_Files/Download/pdf/01)-US-DESIGN_50S-web.pdf)

Jalonen, R. 2009. Tuotetiedon hallinnan nykytilan kartoitusmenetelmä. Diplomityö. Tampere. Tampereen teknillinen korkeakoulu, Tuotantotalouden osasto, Teollisuustaloustus. 111 s. Saatavissa:

<http://www.soberit.hut.fi/pdmg/papers/Jalo99.pdf>

Jormanainen, A. 2008. SAP ERP – Toiminnanohjausjärjestelmän laajentamismahdollisuuksien tarkastelu. Pro gradu –tutkielma. Joensuu. Joensuun yliopisto, Tietojenkäsittelytiede. 52 s. Saatavissa:

[ftp://cs.joensuu.fi/pub/Theses/2008\\_MSc\\_Jormanainen\\_Arto.pdf](ftp://cs.joensuu.fi/pub/Theses/2008_MSc_Jormanainen_Arto.pdf)

Juhela, V. 1995. Nosturin komponenttipaketin suunnitteluohjelma. Diplomityö. Tampere. Tampereen teknillinen korkeakoulu. 63 s.

Konecranes. 2008. Complete Assembly Instruction for Cranes. Sisäinen lähde. 107 p.

Konecranes. 2010. Festoon Selection and Dimensioning. Sisäinen lähde. 12 p.

Konecranes. 2011. Vuosikertomus 2010. 132 s.

Lehtonen, T. 2007. Designing modular product architecture in the new product development. Doctoral thesis. Tampere University of Technology. 220 s.

Modultek. 2007. Users's Guide – Aton version 4.0.3. 448 p.

Nummela, J. 2006. Integrated Configuration Knowledge Management by Configuration Matrices – A Framework for Representing Configuration Knowledge. Doctoral thesis. Julkaisu 589. Tampere University of Technology. 205 p.

Partanen, P. 2009a. Konecranes Standard Lifting Product Training Seminar Level 1, Components. Sisäinen dokumentti.

Partanen, P. 2009b. Konecranes Standard Lifting Product Training Seminar Level 1, Cranes. Sisäinen dokumentti.

Peltonen, H., Martio, A. & Sulonen, R. 2002. PDM-Tuotetiedonhallinta. 1.painos. Helsinki, IT Press. 169 s.

SAP. 2010. SAP Documentation: Variant Configuration (LO-VC). Viitattu 31.3.2011. Saatavilla:

[http://help.sap.com/erp2005\\_ehp\\_04/helpdata/en/d8/fa9bd49ede11d1903b0000e8a49aad/frameset.htm](http://help.sap.com/erp2005_ehp_04/helpdata/en/d8/fa9bd49ede11d1903b0000e8a49aad/frameset.htm)

SAP. 2010b. SAP Documentation: Supply Chain Planning Interfaces (LO-SCI). Viitattu 23.5.2011. Saatavilla:

[http://help.sap.com/erp2005\\_ehp\\_05/helpdata/EN/1a/0e357f539911d1898b0000e8322d00/frameset.htm](http://help.sap.com/erp2005_ehp_05/helpdata/EN/1a/0e357f539911d1898b0000e8322d00/frameset.htm)

Sarinko, K. 1999. Asiakaskohtaisesti muunneltavien tuotteiden massaräätälöinti, konfigurointi ja modulointi. Diplomityö. Espoo. Teknillinen korkeakoulu, Konetekniikan osasto. 87 s.

Silander, S. 1999. Ohjelmoinnin perusteet ja C-kieli. [WWW] Viitattu 27.6.2011. Saatavissa: [http://cs.stadia.fi/~silander/ohjelmointi/c\\_opas-Title.html](http://cs.stadia.fi/~silander/ohjelmointi/c_opas-Title.html)

Soininen, T. 2000. An Approach to Knowledge Representation and Reasoning for Product Configuration Tasks. Acta Polytechnica Scandinavica, Mathematics and Computing Series. No.111, Espoo. 209 p.

Stevenson, William J. 2009. Operations Management. 10th edition. Boston (MA), McGraw-Hill/Irwin. 906 p.

Sääksvuori, A. & Immonen, A. 2002. Tuotetiedonhallinta – PDM. Helsinki, Satku. 201 s.

Tiihonen, J. & Soininen T. 1997. Product Configurators – Information System Support for Configurable Products. Technical Report TKO-B137, Helsinki University of Technology, Laboratory of Information Processing Science. 22 p.

Saatavissa: <http://www.soberit.hut.fi/pdmg/config/celsart.pdf>

Tiihonen, J. & Soininen T. 1997b. Konfiguroitavat tuotteet – Suomalaisen teollisuuden ongelma vai kilpailuetu? Suomen Tuotannonohjausyhdistyksen (STO) jäsenlehti, helmikuu/1997. 10 s.

Saatavissa: <http://www.soberit.hut.fi/pdmg/config/stoart.ps>

Tilastokeskus. 2011. Käsitteet ja määritelmät: EDI. [WWW] Viitattu: 18.4.2011. Saatavissa: <http://www.stat.fi/meta/kas/edi.html>

Zuken. 2010. E3.series: The Power of Electrical Engineering. Saatavissa:

<http://www.zuken.com/products/e3-series/downloads.aspx>

## LIITE 1: SIJOITUSMAHDOLLISUUKSIEN VERTAILUTAULUKKO

	Plussat	Miinukset
<b>Aton</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Yleiskäyttöinen konfiguraattori</li> <li>* Nimikkeiden hallinta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Ei laskentaa vaativia sääntöjä</li> <li>* Poistumassa käytöstä</li> <li>* Aiempi epäonnistunut toteutusyritys</li> </ul>
<b>E3</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Kaikki sähköprojektin osaluettelot samasta paikasta toiminnanohjausjärjestelmään</li> <li>* Monipuoliset ohjelmointimahdollisuudet</li> <li>* Mahdollisuus vanhan koodin ja taulujen uudelleenkäyttöön</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Ei valmiita konfigurointityökaluja</li> <li>* Toimii käyttäjän koneella</li> <li>* Teknisten lauseiden tuominen</li> <li>* Mekaanisten osien luominen ja ylläpito</li> <li>* Ohjelmistotyön tarve</li> </ul>
<b>iLM</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Nykyinen toteutus</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Tarvitsee rajapinnan SAP:in kanssa</li> <li>* Poistumassa käytöstä</li> <li>* Osa säännöistä ohjelmakoodin seassa</li> <li>* Moduulien ja moduuliryhmien hahmottaminen hankalaa -&gt; käytetään erillistä dokumenttia</li> </ul>
<b>SAP</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Yleiskäyttöinen konfiguraattori</li> <li>* Ei muutoksia prosessiin</li> <li>* Monipuoliset konfigurointityökalut</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Tietojen siirtäminen E3:lta konfigurointia varten</li> </ul>
<b>Teamcenter</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Yleiskäyttöinen konfiguraattori</li> <li>* Voidaan toteuttaa laskusääntöjä ja mutkikkaampia valintalogiikoita</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Ei vielä rajapintoja SAPIin ja E3:een</li> <li>* Pilottivaiheessa</li> </ul>
<b>Uusi järjestelmä</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Mahdollisuus toteuttaa täysin halutunlainen järjestelmä</li> <li>* Vanhan koodin ja taulujen uudelleenkäyttömahdollisuus</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Rajapintojen tarve</li> <li>* Tarvitsee paljon ohjelmistotyötä</li> <li>* Raskas vaihtoehto pelkästään virransyötön konfigurointia varten</li> </ul>
<b>E3-SAP</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Vain valmiita osaluetteloita tarvitsee siirtää</li> <li>* Mekaanisia osia ei tarvita E3:lla</li> <li>* Voidaan käyttää valmiita Konfigurointityökaluja</li> <li>* Vähemmän ohjelmistotyötä kuin yhden järjestelmän tilanteessa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Ylläpitoa kahdessa eri järjestelmässä</li> </ul>
<b>E3-Teamcenter</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Vain valmiita osaluetteloita tarvitsee siirtää</li> <li>* Mekaanisia osia ei tarvita E3:lla</li> <li>* Voidaan käyttää valmiita konfigurointityökaluja</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Rajapintojen tarve</li> <li>* Ylläpitoa kahdessa eri järjestelmässä</li> </ul>