

---

# **Vaihdekokoonpanon standardiaikajärjestelmä**

Konecranes Finland Oy




Ammattikorkeakoulun opinnäytetyö

Kone- ja tuotantotekniikka

Riihimäki, kevät 2013

Tero Paajanen



Riihimäki  
Kone- ja tuotantotekniikka  
Mekatroniikka

---

<b>Tekijä</b>	Tero Paajanen	<b>Vuosi</b> 2013
<b>Työn nimi</b>	Vaihdetöiden kokoonpanon standardiaikajärjestelmä	

---

## TIIVISTELMÄ

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli luoda teollisuusvaihdetöiden kokoonpanon standardiaikajärjestelmä ja tämän järjestelmän pohjalta laskentatyökalu työaikalaskentaan ja työsuunnittelun avuksi. Työn toimeksiantajana oli Konecranes Finland Oy Hyvinkäällä. Tarve työlle syntyi SAP ERP-järjestelmän käyttöönotosta konsernissa. Uusi järjestelmä vaatii standardiajan jokaiselle nimikkeelle, joiden avulla voidaan seurata tuottavuutta ja kuluja reaaliajassa.

Työ suoritettiin käyttämällä kelloaikatutkimusta ja työntekijähaastatteluja käyttäen. Mittauksia tehtiin valikoiduilla vaihteilla ja standardiaikajärjestelmän vaiheajat luotiin mitattuja aikoja käyttäen skaalaamalla kattamaan kaikki kokoluokat.

Työlle asetetut tavoitteet saavutettiin standardiaikajärjestelmän ja laskentatyökalun luonnin osalta. Laskennallisia aikoja ei päästy syöttämään uuteen toiminnanohjausjärjestelmään sen käyttöönottoaikataulun vuoksi.

Raportista on jätetty pois varsinaiset työaikatiedot.

**Avainsanat** Standardiaikajärjestelmä, työntutkimus, kokoonpano, teollisuusvaihteet

**Sivut** 18 s. + liitteet 7 s.

Riihimäki

Degree Programme in Mechanical Engineering and Production Technology

Mechatronics

---

**Author**

Tero Paajanen

**Year** 2013

**Subject of Bachelor's thesis**

Standard-time-system in gear assembly

---

ABSTRACT

The purpose of this thesis was to create a standard-time-system for industrial gear assembly and based on the said system a calculating tool for work time calculations and for assisting work planning. The work was commissioned by Konecranes Finland Oy in Hyvinkää, Finland. The need for the work came from the company's change to the SAP ERP system. This new system requires standard times for every specification to monitor productivity and costs in real time.

The work was done using normal time research and employee interviews. Measurements were carried out on selected gears and individual stage times for the standard time system were created by scaling the measured times to include every size category.

Goals set for the work were achieved in terms of creating the standard time system and the calculating tool. Calculated times were not input to the new ERP-system due to its introduction timetable.

Specific work times are not included in the report.

**Keywords** Standard-time-system, work analysis, assembly, industrial gears

**Pages** 18 p. + appendices 7 p.

RTG: Rubber Tire Gantry, kumipyöräkonttinosturi

SMARTON®: Tuotemerkki avoimen vinssin siltanosturille

Valekasaus: Vaihdekotelon sulkeminen ilman tiivistemessaa välystarkistusta varten

---

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	TOIMEKSIANTAJA .....	1
3	PROJEKTIN KUVAUS JA SUUNNITTELU .....	2
3.1	Projektin tausta.....	2
3.2	Olemassa oleva tieto.....	2
3.3	Suunnittelu .....	3
3.3.1	Suunnittelun ongelmakohdat .....	4
4	MENETELMÄN VALINTA JA TOTEUTUS .....	5
4.1	Menetelmävaihtoehdot .....	5
4.1.1	Menetelmien vertailu .....	6
4.2	Menetelmän valinta .....	7
4.3	Toteutus .....	7
4.3.1	Ongelmakohdat.....	8
5	TULOSTEN KÄSITTELY.....	8
5.1	Tulosten arviointi .....	10
5.2	Tulosten käsittelyn ongelmakohdat.....	11
5.3	Parametrien määrittäminen .....	11
6	LASKENTATYÖKALU .....	12
6.1	Suunnittelu .....	12
6.2	Toteutus .....	13
6.2.1	Nimikepohjaisten hakujen luonti.....	15
6.3	Ongelmakohdat .....	17
7	YHTEENVETO .....	18
7.1	Tavoitteet ja niiden saavuttaminen.....	18
7.2	Johtopäätökset .....	18
7.3	Loppusanat .....	18
	LÄHTEET .....	19

---

Liite 1	Rationalisointitoimikunta SAK-STK (RANK) taulukko elpymisajoista
Liite 2	Laskentatyökalun kokoluokkakertoimet
Liite 3	Mittauspöytäkirjapohja (RTG)
Liite 4	Mittauspöytäkirjapohja (SMARTON)
Liite 5	Laskentatyökalun käyttöliittymä
Liite 6	Nostovaihteiden nimikesymbolitaulukko
Liite 7	Akseleiden asetelmavaihtoehdot

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyössä lähdettiin toimeksiantaja Konecranes Finland Oy:n pyynnöstä luomaan kattavaa standardiaikajärjestelmää Hyvinkään vaihtehtaan vaihekokoonpanoon. Tarve standardiaikajärjestelmän luonnille syntyi tulevasta siirtymisestä SAP ERP -järjestelmään ja siitä, että vastaavaa järjestelmää ei ollut olemassa. Luodun standardiaikajärjestelmän avulla on tarkoitus saada SAP ERP -järjestelmän kautta reaaliaikaista tietoa tuottavuudesta ja kuluista. Erityistä huomioita haluttiin toimeksiantajan puolelta kiinnitettävän SMARTON®- ja RTG-nostovaihteiden kokoonpanoaikoihin.

Tavoitteena oli luodun standardiaikajärjestelmän pohjalta suunnitella Excel-laskentatyökalu työsuunnittelun käyttöön. Luodun laskentatyökalun pitäisi olla mahdollisimman monipuolinen, mutta samalla selkeäkäyttöinen ja mukautuva mahdollisiin muutoksiin. Laskentatyökalun tarkoituksena olisi jatkossa toimia työsuunnittelun apuna, kun tuotantoon tulee uusi vaihte, jolle aikatietoja ei vielä löydy. Ensisijaisena käyttökohteena olisi aikatiedon saaminen SAP ERP-järjestelmään kaikille olemassa oleville vaihteille.

Olemassa olevaa materiaalia yksittäisistä vaiheajoista ei ollut käytännössä ollenkaan, joten työtä lähdettiin toteuttamaan alusta alkaen ilman enempää ennakkotietoja. Tietoa kerättiin kelloajatutkimuksen ja haastattelujen avulla.

## 2 TOIMEKSIANTAJA

Toimeksiantaja Konecranes Finland Oy on osa Konecranes-konsernia, joka on yksi maailman johtavista nostolaittevalmistajista. Konecranes toimittaa tuottavuutta lisääviä nostoratkaisuja ja palveluita valmistus- ja prosessiteollisuudelle, ydinvoimaloille, laivanrakennusteollisuudelle ja satamille. Vuonna 2012 yrityksen liikevaihto oli 2170,02 miljoonaa euroa. Yrityksellä on 12 100 työntekijää 48 eri maassa. Konecranes Oy:n toiminta jakaantuu kahteen liiketoiminta-alueeseen, kunnossapitoon ja laitteisiin.

Kunnossapito tarjoaa huolto- ja kunnossapitopalveluita kaikenmerkkisille teollisuusnostureille, satamalaitteille ja työstökoneille. Se on nostureiden kunnossapidon selkeä markkinajohtaja. Huoltopisteitä 46 maassa ja huoltosopimuskannassa yli 390 000 laitetta, joista noin 25 % Konecranes-konsernin valmistamia.

Laitteet-liiketoiminta-alue tarjoaa esisuunniteltuja komponentteja ja nostureita eri teollisuudenaloille esim. kaikille prosessiteollisuuden aloille, ydinvoimateollisuudelle, satamille ja telakoille. Tuotteita markkinoidaan niin Konecranes-brändillä kuin itsenäisillä tuotemerkeillä, joita ovat Stahl CraneSystems, SWF, Verlinde ja R&M. Markkina-asemaltaan maailman suurin teollisuusnostureiden valmistaja, maailmanlaajuinen ykkönen nostureiden räjähdysuojateknologiassa sekä maailman markkinajohtaja prosessiteollisuuden nostureissa sekä telakkapukkinostureissa.

### 3 PROJEKTIN KUVAUS JA SUUNNITTELU

Ennen projektin aloittamista työntutkimuksen suorittamisesta tuli tehdä työehtosopimuksen mukainen virallinen ilmoitus työntekijöiden edustajille.

”Työpaikoilla, joilla työnantaja käyttää työntutkimuksia, työnantajan tulee antaa työntekijöiden edustajille riittävä selvitys ja koulutus tutkimustavoista sekä siitä, miten tutkimusten tuloksia mahdollisesti sovelletaan työntekijöiden palkkaukseen.

Työnmittauksesta ja sen tarkoituksesta ilmoitetaan asianomaiselle työntekijälle ennen tutkimuksen aloittamista.” (Metallialan Työehtosopimus 2011, 72.)

Ilmoitus aloittamisesta ja käytettävästä metodista tehtiin luottamusmiehelle. Lisäksi työntekijöille pidettiin yhteinen tiedotustilaisuus työntutkimuksen suorittamisesta. Asianomaiselle työntekijälle ilmoitettiin työntutkimuksen ajankohdasta henkilökohtaisesti työnjohtajan toimesta. Tutkimuksen kannalta soveltuvimmat työntekijät valittiin yhdessä työnjohdon kanssa työntekijän kokemuksen perusteella.

#### 3.1 Projektin tausta

Tarve standardiaikajärjestelmän luontia varten syntyi SAP ERP-järjestelmän vaatimuksesta, johon Konecranes Oy on siirtymässä. Vaiheita ajan määrittäystä ei ole vaihekokoonpanoon aikaisemmin tehty. Järjestelmä vaatii aikatiedon jokaiselle nimikkeelle, joiden avulla saadaan tietoa muun muassa kuluista ja tuottavuudesta.

Kokoonpano on myös osittain uudistunut vuonna 2012 automaattivaraston tullessa käyttöön ja sen yhteydessä luotu esikokoonpanolinjasto. Tämä on merkittävästi muuttanut vaihekokoonpanon läpimenoaikoja eikä niitä ole sen jälkeen uudelleen määritetty.

#### 3.2 Olemassa oleva tieto

Vaihteiden kokoonpanoajoista oli olemassa vain karkea tunnin tarkkuudella määritetty kokoonpanoaika kullekin kokoluokalle ja tyyppille. Nämä ajat sisälsivät myös sellaiset työvaiheet, jotka vanhan järjestelyn mukaan aiheuttivat toimetonta työaikaa kuten jäähtymisen odottamista sekä vaihteen maalauksen, johon kuluvasta ajasta ei juuri tietoa ollut ja joka ei kuulu työlle määritettyyn vaihekokoonpanoon.

Näitä aikatietoja voidaan kuitenkin käyttää suuntaa-antavina, kun mitattujen aikojen pätevyyttä tarkastellaan.

Taulukko 1. Kokoonpanoajat kokoluokan/tyypin mukaan

Tuote	Kokoonpano ja maalaus
GE140-280	7
GE315-400	10
GE450-500	16
GE560-630	24
GE710-800	38
GEDIFF	32
GEPLAN	18
GE_M_B	1
GM_OT	4
KGE140-280	10
KGE315-800	20
KHW_B	1
OTH_G	16
QM10	4
QM10K	5
QM6	1
QM7	1
QM8	4
QM9	4
QM_OTH	1

### 3.3 Suunnittelu

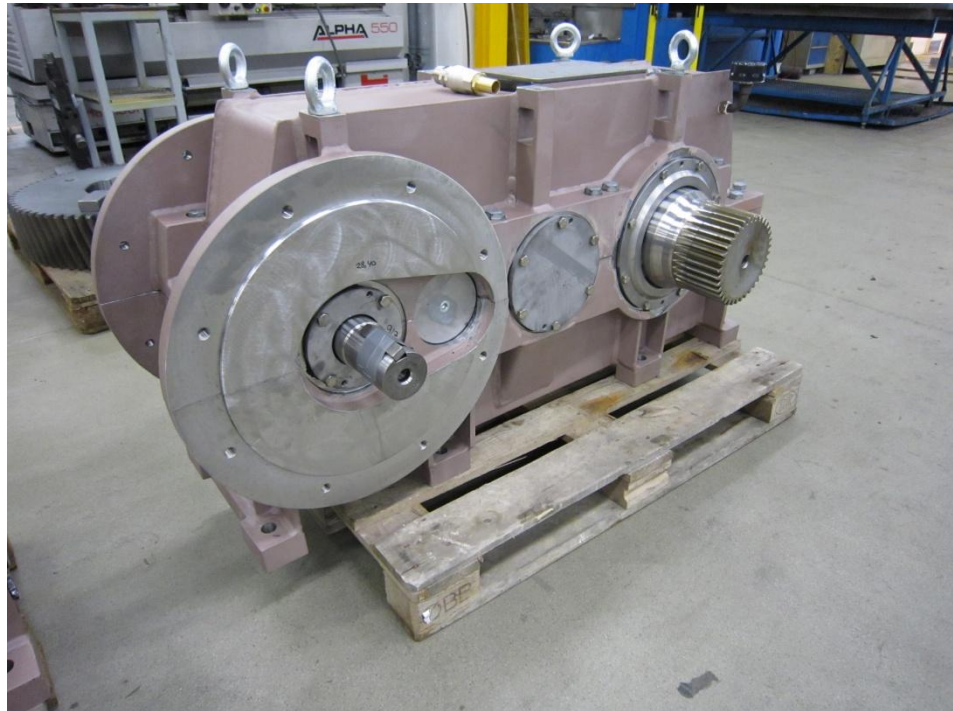
Projekti aloitettiin kirjoittamalla yksityiskohtainen työpaikka- ja menetelmäkuvaus vaihdekokoonpanolinjastosta. Menetelmäkuvaus laadittiin, jotta jälkeinpäin pystytään toteamaan, mihin tilanteeseen mittaus liittyy ja mahdolliset työssä tapahtuneet muutokset sekä niiden vaikutus saatujen tulosten käyttökelpoisuuteen.

Mittausta päätettiin lähteä suorittamaan kelloaikatutkimuksena. Mittaukseen riitti tavallinen kello. Sekuntikellon tarkkuus ei olisi projektin kannalta tarpeellista. Mittausta lähdettiin ensisijaisesti suorittamaan yksittäisellä vaihteella. Näin sarjavalmistuksen tuomat aikasäästöt eivät näkyisi mittauksissa ja ne olisivat täten todenmukaisemmat. Mittaukset suoritettaisiin sekä pysty- että vaakajakotasoisella vaihteella näiden asennusprosessien poikkeavuuksien vuoksi. Mittaus tehtäisiin vähintään kahdella eri kokoluokan vaihteella. Näin saataisiin tietoa osien fyysisen koon vaikutuksen suuruudesta asennusaikaan sekä hetkellisten joutuisuustasojen näkyvyys tuloksissa pienenisi. Tarpeen mukaan mittaus voitaisiin toistaa useamman vaihteen sarjalla sarjavalmistuksen etujen/haittojen selvittämiseksi.

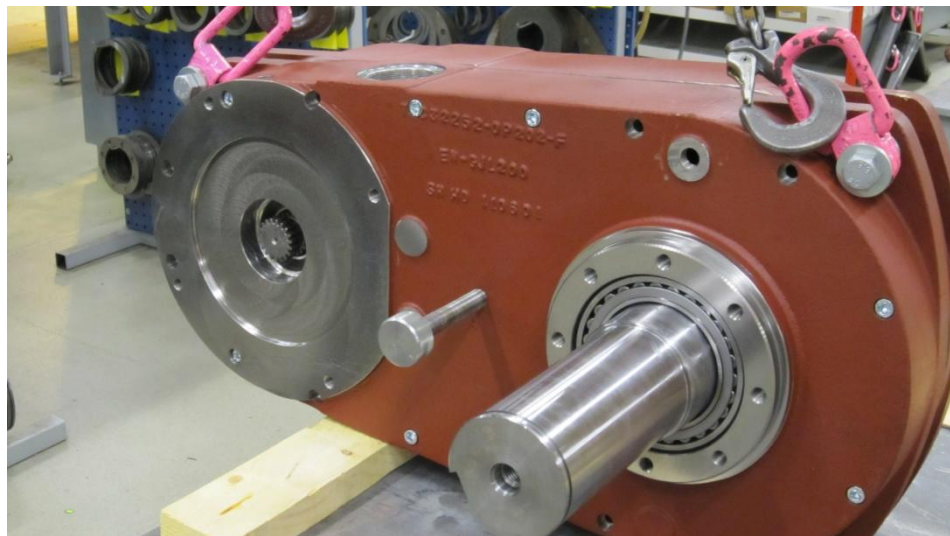
Mitattaviksi vaihteiksi valittiin toimeksiantajan toiveesta pystyjakotasoisista SMARTON avoimen vinssin siltanosturi ja vaakajakotasoisista RTG eli kumipyöräkonttinosturi. Nämä kaksi tyyppiä valittiin, koska niille halettiin määrittää tarkka aika niiden suurten valmistusmäärien vuoksi.



Jotta fyysisen koon vaikutuksesta saataisiin selkeä kuva, suoritettaisiin mahdollisia yksittäisiä lisämittauksia suurilla vaihteilla ja haastateltaisiin kokeneimpia asentajia. Näin erillistä mittausta jokaisen kokoluokan vaihteella ei tarvitsisi suorittaa.



Kuva 1. RTG-nostovaihte



Kuva 2. SMARTON-nostovaihte aksiaalivälyksen tarkistuksessa jousikuormitusmitakellolla

### 3.3.1 Suunnittelun ongelmakohdat

Suunnittelussa ongelmakohdaksi muodostui tuotannon kahden, esikokoonpanopuoli ja iso puoli, eri asennuslinjaston poikkeaminen toisistaan. Linjastojen pääerona on, että vain toiselle suoritetaan esikokoonpano kuitusliitosten ja koteloiden käsittelyn osalta. Vaikka yksittäisen vaiheajan

pitäisi olla sama samalla vaihteella mitattuna, kokonaisuusajassa erot olisivat huomattavia. Ratkaisevaksi tekijäksi nousi ison puolen erikoistuminen kaikista suurimpien vaihteiden ja erikoisvaihteiden kokoonpanoon. Esikokoonpanopuolella valmistettiin pääasiassa yleisimpiä sarjavaihteita ja tämän vuoksi mittaukset päätettiin suorittaa enimmäkseen esikokoonpanopuolella.

Esikokoonpanopuoli valmistaa myös suurimman osan RTG- ja SMARTON®-vaihteista, joihin toimeksiantajan puolelta oli toivottu kiinnitettävän huomiota.

## 4 MENETELMÄN VALINTA JA TOTEUTUS

Ajanmäärittelyyn mahdollisia menetelmiä on useita. Menetelmät soveltuvat kukin erilaiseen työnmittaukseen. Menetelmät eivät ole ehdottomia ja työntutkimukselle tyypillistä onkin räätälöidyn ratkaisun luominen, kyseessä olevan yrityksen tarpeisiin.

### 4.1 Menetelmävaihtoehdot

Tämän luvun kuvaukset työntutkimuksen menetelmävaihtoehdoista perustuvat julkaisuun Työntutkimuksen käsitteitä, menettelytapoja ja käyttökohteita (2011).

Havainnointitutkimuksella tarkoitetaan tapahtumien ja aikalahien suhteellisten esiintymisien havainnointia. Tässä metodissa eri tapahtumat lajitellaan aikalahien perusteella tekemisaikaan, apuaikaan, tauko aikaan ja häiriö aikaan ja tutkimuksen käyttötarkoituksesta riippuen edelleen pienempiin kokonaisuuksiin. Tutkimus suoritetaan havainnoimalla työn suoritusta määräväleillä ja kirjaamalla ylös kullakin havaintokerralla käynnissä oleva tapahtuma.

Normaaliaikatutkimuksessa määritetään kellon avulla tiettyyn usein toistuvaan työhön vakio menetelmällä ja vakio-olosuhteissa tarvittava aika, normi- eli normaaliaika. Normaaliaikatutkimus soveltuu etenkin toistuvien ja käsin tehtävien suhteellisen lyhytkestoisten töitten normaaliajan määrittelyyn. Tutkittava työ jaetaan työneriin ja niihin kuuluva aika mitataan ja samanaikaisesti tehdään joutuisuusmäärittelyt. Aikahavaintojen määrä valitaan tutkimuskohtaisesti riippuen työn luonteesta ja työtyypistä, halutusta mittatarkkuudesta ja mitattujen aikojen hajonnasta.

Jatkuvassa ajankäyttötutkimuksessa tietyn työn tai työntekijän toimintoja seurataan ja rekisteröidään jatkuvasti pidemmän ajanjakson kuluessa. Jatkuva ajankäyttötutkimus soveltuu etenkin hyvin pitkäkestoisten ja harvemmin tehtävien töiden tutkimiseen sekä sellaisten töiden tutkimiseen, joissa työn järjestys ei ole ennakkoon tiedossa. Tällaisia töitä ovat tyypillisesti esimerkiksi erilaiset korjaustyöt, joissa työn etenemistä suunnitellaan työtä tehdessä. Työn eri tapahtumat erotellaan ajankäyttötutkimuksessa aikalahien perusteella tekemisaikaan, apuaikaan, tauko aikaan ja häiriö aikaan

ja tutkimuksen käyttötarkoituksen mukaan tarvittaessa pienempiin osakokonaisuuksiin.

Liikeaikatutkimus, MTM (Methods-Time Measurements) tai MOST, perustuu työn hyvin yksityiskohtaiseen analysointiin. Työn sisältö eritellään niin pieniin osiin, että kuhunkin vaiheeseen kuluva aika on vakio. Nämä vakioajat taulukoidaan. Liikeaikatutkimus ei vaadi lainkaan kelloa, vaan aika määritellään valmiiden standardien avulla. Liikeaikatutkimusta käytetään lähinnä työmenetelmien kehittämiseen.

Aikalaskelmissa aika voidaan laskea koneen tai prosessin suoritusarvojen perusteella ja työvaiheen kesto laskea vakioitujen aikatekijöiden mukaan.

Standardiaikajärjestelmän avulla työhön kuluva aika voidaan määrittää laskennallisesti. Standardiaikajärjestelmä on kokoelma tietyille käyttöalueelle tarkoitettuja työnosia, joiden sisältö, menetelmä ja aika on määritelty. Standardiaikajärjestelmän avulla laaditaan kuvaus tehtävästä työstä ja työn sisältävien työnosien määriteltyjen aikojen perusteella voidaan laskea työhön tarvittava aika.

### 4.1.1 Menetelmien vertailu

Valittavista menetelmistä tarvittavaan vaiheaikamittaukseen alustavan tarkastelun pohjalta olivat mahdollisia normaaliaikatutkimus sekä standardiaikajärjestelmä.

Karsitut menetelmä eivät syystä tai toisesta sovellu työn tarvitsemaan tarkkuuteen vaiheajojen määrittämisessä. Havainnointitutkimuksen kautta olisi ollut mahdollista saada riittävän tarkkuuden vaiheajat, mutta vaihdekokoonpanon yksittäisten vaiheiden kestojen huomattavankin suurten erojen vuoksi kyseisen menetelmän vaatima havainnointiväli olisi täytynyt asettaa epäkäytännöllisen tiheäksi, eikä se sen takia ollut varteenotettava vaihtoehto. Aikalaskenta, jota käytetään koneen tai prosessin työvaiheiden määrittämiseen ei soveltunut kokoonpanon mittaukseen, jossa valtaosa työstä tapahtuu käsityönä ja itse työntekijä on suuri vaikuttava tekijä.

Jatkuvan ajankäyttötutkimuksen soveltuminen pitempikestoisten ja järjestykseltään epämääräisten töiden mittaukseen ei toteudu vaihdekokoonpanossa, jossa työvaiheet ovat vaihteesta riippumatta useimmiten samantyyppisiä ja suoritetaan lähes samassa järjestyksessä. Liikeaikatutkimus taas osoittautui työn kannalta liiankin tarkaksi tutkimusmenetelmäksi. Vaihdekokoonpanoa ei koettu tarpeelliseksi jaotella liikeaikatutkimuksen tasolle, eikä kokoonpanon jokaista vaihetta voitu kuvata olemassa olevilla aikastandardeilla.

Kahden soveltuvan menetelmän avulla kullakin saataisiin riittävän tarkkuuden ajat ja ne molemmat tarjoavat omat etunsa. Normaaliaikatutkimuksen etuna on joutuisuuden samanaikainen määrittäminen mittauksen ohella.

#### 4.2 Menetelmän valinta

Menetelmäksi valittiin lopulta sekä normaaliaikatutkimus että standardiaikalaskenta. Itse tarvittavat mittaukset suoritettaisiin normaaliaikatutkimuksena ja tämän pohjalta saatujen aikatietojen perusteella luotaisiin oma standardiaikajärjestelmä, jolla kokoonpanoaikalaskentaa pystyttäisiin suorittamaan.

Ratkaisuun päädyttiin, koska työn oleellisimpana osana on vaihdekokoonpanon standardivaiheajat. Näiden määrittämiseen parhaiten soveltui normaaliaikatutkimus, jonka yhteydessä tehdyillä joutuisuushavainnoilla työntekijän auttamatta vaihteleva työtahti ei tuloksissa näkyisi. Pelkkä normaaliaikatutkimus ei kuitenkaan olisi tullut riittämään opinnäytetyön vaatimuksiin. Aikamittaukset kaikilla olemassa olevilla vaihdetyypeillä ei ollut mahdollista, eikä yksittäisen vaihteen mitattua aikaa välttämättä olisi mahdollista soveltaa tuleviin. Tämän vuoksi oman standardiaikajärjestelmän luonti normaaliaikatutkimuksen kautta olisi oleellista.

#### 4.3 Toteutus

Mittausta lähdettiin toteuttamaan jaottelemalla kokoonpanoprosessi riittävän tarkkoihin vaiheisiin ja luomalla näistä mittauspöytäkirja aikamerkinnotjia varten. Mittaus tapahtui kellon avulla merkitsemällä mittauspöytäkirjaan kunkin vaiheen aloitus- ja lopetusaika. Kokoonpano suoritettiin keskeyttömänä kahvi- ja ruokataukoja lukuun ottamatta.

Juuri ennen mittausten aloittamista asianomaiselle työntekijälle selvitettiin vielä henkilökohtaisesti, että hänen työtään tulotaisiin tutkimaan, käytettävä metodi selvennettiin, tulosten käyttötarkoitus tehtiin selväksi ja mahdollisiin kysymyksiin vastattiin. Työntekijällä oli mahdollisuus tarkastella mittauspöytäkirjaan merkittyjä arvoja koko mittaus tapahtuman ajan ja niiden merkitystä selvitettiin pyydettäessä.

Mittauksissa oltiin läsnä koko prosessin ajan, jotta voitiin taata työntekijälle häiriötön työympäristö ja jotta mahdolliset häiriöt pystyttiin huomioimaan heti. Mittauksessa käytetty tarkkuus oli yksi minuutti. Joutuisuustaso määriteltiin säännöllisin väliajoin. Joutuisuustason määrittämisen pohjana käytettiin tutkijan tuntemusta kokoonpanoprosessista. Joutuisuustaso ilmoitettiin prosentuaalisena. Normaali joutuisuuden arvo tuntityöskentelyssä on 100. Tämä tarkoittaa työn normaalia suoritusta sovitulla työmenetelmällä työskennellen.

Kaiken kaikkiaan mittaukset suoritettiin kahdella eri SMARTON-vaihteella, joiden kokoonpano tapahtui kahden eri asentajan toimesta sekä neljän vaihteen RTG-varastosarjalla. Mittausten aikana tehtiin myös jatkuvasti muistiinpanoja prosessiin liittyen, häiriöiden syyt ja niihin kulunut aika merkittiin ylös.

Lisämittauksia tehtiin myöhemmin suurimpien vaihteiden kohdalla yksittäisille vaiheille, jotta saatiin selkeyttä osien fyysiseen koon vaikutuksesta. Työntekijöitä haastateltiin mittausten ohessa ja jälkeenpäin. Haastattelujen

pohjalta selvitettiin vakiintuneet työmenetelmät ja erilaisten toimenpiteiden vaikutus kokoonpanon eri vaiheissa.

### 4.3.1 Ongelmakohdat

Mittausten suorittamisessa ongelmakohdiksi muodostuivat asentajan henkilökohtaiset tavat, eri ongelmista johtuvat keskeytykset, kokoonpanon uudet ohjeistukset ja moniosaiset vaiheet, jotka olivat suunnittelussa jääneet huomioimatta. Keskeytyksiä, jotka mitatessa tuli huomioida olivat lähinnä häiriöajat, jotka pitkittivät yksittäisiä vaiheita. Tällaisia häiriöaikoja aiheutti esimerkiksi tarve säätää aksiaalivälitys useammin kuin kerran. Ideaalitilanteessa välitys saadaan kohdilleen ensimmäisellä kerralla.

Mittausten aikana kävi myös ilmi, että RTG-kokoonpanoon oli tullut uusi laatuohjeistus koskien välitysmittauksia. Vaihde tuli uuden ohjeistuksen mukaan valekasata välityksen tarkistusta varten. Tätä ei ollut otettu huomioon suunnitteluvaiheessa ja täytyi mittauksien aikana mittauspöytäkirjaan lisätä erillisenä vaiheena. Uusi ohjeistus oli tullut myös koskien ensiöppään laakerikantta kotelon sulkemisen yhteydessä. Uuden ohjeistuksen mukaan laakerikantta ei saanut sulkea puhdistamatta kotelon tiivistemassapurseita laakeripesästä mikä tehtiin ennen kotelon puoliskojen linjassa olon varmistamiseksi.

Mittausten aikana huomattiin myös, että mittauspöytäkirjan suunnittelussa suuremmiksi vaihekokonaisuuksiksi mielletty osiot olivat standardiaikajärjestelmän kannalta hyödyllistä jaotella pienemmiksi vaiheiksi. Nämä eriteltiin aina tarpeen mukaan omiksi vaiheikseen mittauspöytäkirjaan. Koska RTG-mittaus tapahtui neljän vaihteen sarjatyönä, ei jokaiselle vaihteelle saatu yksittäistä vaiheaikaa. Mittauspöytäkirjaan merkittiin aina se, oliko vaihe mitattu yksittäiselle vaihteelle vai yhtenäisenä toteutuksena neljälle vaihteelle.

## 5 TULOSTEN KÄSITTELY

Tulosten käsittely aloitettiin purkamalla mittauspöytäkirjan aikatiedot Excel-taulukkoon. Tiedot jaoteltiin erikseen esikokoonpanon ja asennuksen osalta. Taulukko luotiin muodossa HH:MM:SS. Mitatut aikatiedot normalisoitiin taulukoinnin jälkeen kertomalla ne havaintojen perusteella saadulla joutuisuuskertoimella sekä laskennallisella apuaikakertoimella. Näiden normalisoitujen aikojen pohjalta laskettiin toimeksiantajan haluama tarkka aika SMARTON- ja RTG-vaihteille.

Apuaikakertoimeen sisältyy täyden kahdeksantuntisen työpäivän aikana vietettävät sovitut tauot, yht. 24 min. sekä työn ohessa käytettävä elpymisaika, 31 min. Nämä yhdessä muodostavat kokonaisapuaajan.

$$k_a = \frac{t}{t-t_a} \quad (1)$$

$k_a$  = apuaikakerroin

$t_a$  = kokonaisapuaika (min)

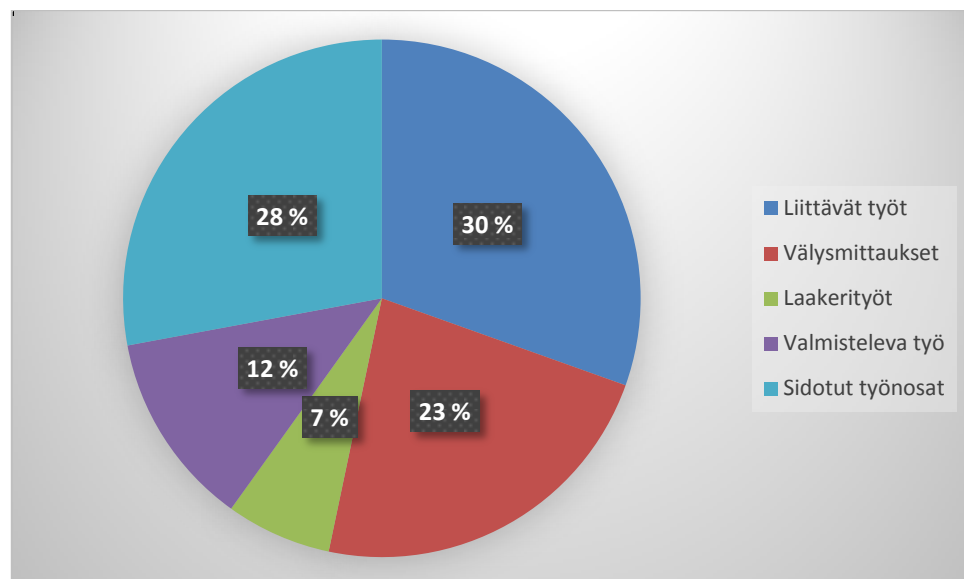
$t$  = päivittäinen kokonaistyyöaika (min)

Elpymisajan tarvittava määrä on määritelty Rationalisointineuvottelukunta SAK-STK (RANK) toimesta vuonna 1987 (Liite 1) ja määräytyy työn kuormittavuuden mukaan. Elpymisajan määrittäminen edellyttää asianmukaista koulutusta ja tuntemusta tutkittavasta työstä ja alasta. Elpymisaika on työn kuormittavuudesta johtuvaan työn ohessa tapahtuvaan palautumiseen varattua aikaa. Elpymisaikaan jätettiin sisällyttämättä ruokailu, koska se tapahtuu työajan ulkopuolella.

Valittu kokonaiselpymisaika on taulukon luokan 4A mukainen 55 minuuttia, joka kuvauksen mukaan sisältää keskiraskaita ponnistuksia ja on muuten kevyttä seisomatyötä, jatkuvaa liikkeessä oloa ja ajoittain keskiraskaiden taakkojen kantamista. Keskiraskaan taakan määritelmä on 5-15kg, minkä sisälle valtaosa tarvittavista manuaalisista nostoista jää.

Kuvauksen voidaan katsoa pätevän vallitseviin työolosuhteisiin, koska asentajilla on käytössään nostoapuvälineet ja raskaiden taakkojen käsin nostamista voidaan pääasiassa välttää.

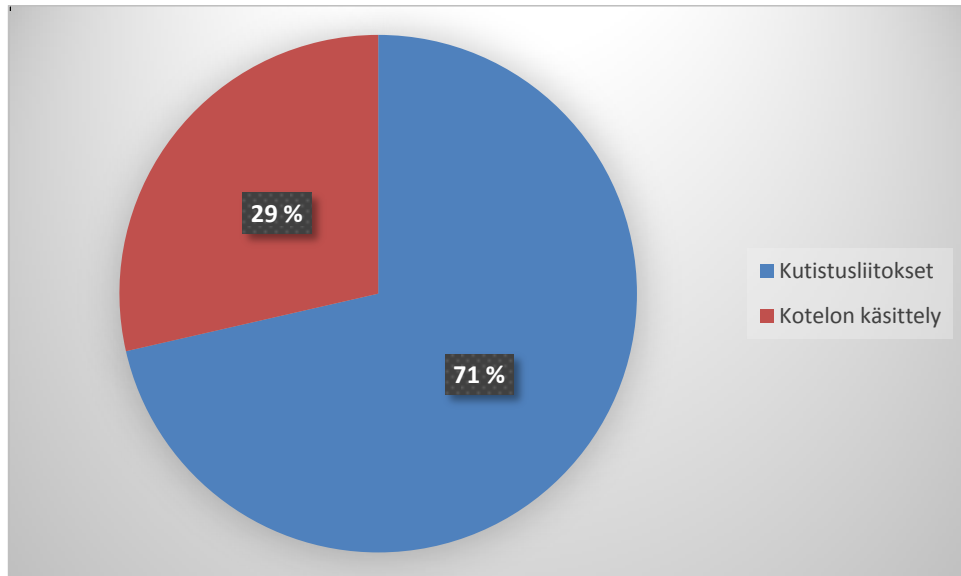
Yksittäiset vaiheajat yhdistettiin suurempiin kokonaisuuksiin vaiheen luonteen mukaan. Kokonaisuuksiksi tulivat asennuksen osalta liittävät työt, välysmittaukset, laakerityöt, valmistelevat työt sekä sidotut työnosat (Kuva 1). Esikokoonpano jaoteltiin kahden eri työpisteen mukaan kutistuliitoksiin ja kotelon käsittelyyn (Kuva 2). Yhdistämisellä haettiin selkeämpää kuvaa siitä, miten kokoonpanon kokonaisaika jaottuu eri tyyppien töiden mukaan. Aikatietoja ei opinnäytetyössä julkaista toimeksiantajan pyynnöstä.



Kuva 3. Asennuksen prosentuaalinen aikajakauma

Liittäviin töihin lukeutuivat kaikki työt, joissa jotain kiinnitettiin, suljettiin tai kasattiin, laakeritöitä lukuun ottamatta. Välysmittauksiin sisällytettiin

välysten mittaukseen ja säätöön kulunut aika. Laakeritöihin sisällytettiin ainoastaan konkreettinen laakerointi. Laakereiden lämmitysaika sisällytettiin sidottuihin työnoisiin yhdessä pesuaikojen kanssa. Sidotuille työnoisille oli luonteenomaista, että työntekijän joutuisuus tai harjaantuneisuus ei niihin vaikuta. Valmisteleviin töihin jäivät kaikki työnosat, jotka ovat työn suorittamisen kannalta oleellisia, mutta eivät edistä työn valmistumista samalla tavalla kuin liittävät työnosat.



Kuva 4. Esikokoonpanon prosentuaalinen aikajakauma

Esikokoonpanossa kutistusliitoksiin kuuluivat tarvittavien osien keräily, kiilojen sovitus ja itse kutistusliitoksen suoritus. Hammaspyörien lämmitysaikoja ei sisällytetty, koska ideaalitulanteessa lämmitysaika käytetään hyödyksi. Kotelon käsittely sisälsi kotelon vaatimat siistimiset, tarvittavat poraukset ja pesuajat.

Suurimmilla vaihteilla suoritettujen lisämittausten pohjalta luotiin kullekin yksittäiselle vaiheelle fyysiseen koon aiheuttama painokerroin, jolla mitatut arvot saatiin skaalattua kokoluokille, joille mittauksia ei kyetty tai katsottu tarpeelliseksi suorittaa.

### 5.1 Tulosten arviointi

Tulosten arvioinnissa ensiarvoista oli vertailla keskenään SMARTO-vaihteiden mittausten tulosten eriäväisyyksiä. Vastaava vertailu suoritettiin myös RTG-sarjan erillisille vaihteille niiltä osin kuin se oli mahdollista. Mittausten vaiheajoja verrattiin keskenään, suuret eroavaisuudet nostettiin esille ja niiden syy selvitettiin. Aikatietoja arvioitiin mittauksen aikana tehtyjen huomioiden, muistiinpanojen ja tutkijan kokemuksen pohjalta.

Esikokoonpanon osalta kiinnitettiin huomiota automaattivaraston vaikutukseen. Muuttuuko osien keräilyaika olennaisesti, kun valmistuksen alla on yksittäinen vaihde tai suurempi sarja. Itse automaattivaraston toiminta-aika on suuruusluokaltaan aina käytännössä sama. Kelkan matkustusajois-

sa ei huomioitavaa eroa synny ja työntekijän hakutietojen syöttö voitiin luokitella vakioajaksi.

Työntekijän haastattelun pohjalta todettiin, että suuremmankin sarjan kohdalla kerättävät osat saadaan lähes poikkeuksetta samoilta lavoilta, joten yksi haku automaattivarastolla riittää. Aikaerot syntyvät siis pelkästään liisääntyneistä nostojen määrästä.

Erikoisempien variaatioiden kohdalla ainoat saadut tiedot tulivat haastatteleamalla työntekijöitä. Tällaisia olivat muun muassa differentiaalivaihteet, kartiopyöräparit ja muut vastaavat. Nämä aikatiedot eivät täten olleet tarkkoja, mutta asentajien ammattitaidon vuoksi niiden voitiin katsoa olevan työn kannalta päteviä.

## 5.2 Tulosten käsittelyn ongelmakohdat

Tulosten käsittelyssä ratkaistaviksi ongelmiksi muodostuivat sellaiset eroavaisuudet, joille ei löytynyt jäljitettävissä olevaa syytä. Tällaisia olivat suuret erot saman vaiheen mitatuissa ajoissa, joissa esimerkiksi kappaleen fyysinen koko ei ole vaikuttavana tekijänä. Esimerkiksi mittauksissa suuremman kokoluokan vaihteella saatu aika saattoi olla merkittävästi pienempi kuin samantyyppisen, mutta pienemmän vaihteen vastaavan vaiheen mitattu aika.

Tarkastelun jälkeen vastaaville eroille ei löydetty muuta syytä, kuin työntekijän harjaantuneisuuden ja hetkellisen joutuisuuden aiheuttamat erot. Tämä huomioiden tuloksista käytettäväksi valittiin aika, jossa hetkellisen joutuisuuden vaikutus oli ollut pienempi, koska tämä oli standardiaikajärjestelmän kannalta suotuisampi.

Merkittäväksi ratkaistavaksi ongelmakohdaksi muodostui tuotannon kahden eri linjaston erot. Linjastolla, jolle esikokoonpanoa ei tehdä, syntyy toimettomia vaihteita, jotka erillisellä esikokoonpanolla on saatu toisella linjalla poistettua. Näistä merkittävin on kutistusliitosten jäähtymis- ja osittain lämmitysajat. Näiden aiheuttama toimeton aika kasvattaa huomattavasti näennäistä kokoonpanon kokonaisaikaa, vaikka todellisuudessa itse asennukseen ja esikokoonpanon vaiheisiin kuluva aika säilyy samana. Tämä syntynyt ero tulisi huomioida laskentatyökalun suunnittelussa

Vaarana on, jos ero jätettäisiin huomioimatta, että toisen linjaston tuottavuudesta syntyy vääristynyt kuva. Samoihin tuottavuuksiin ei voida päästä, kun toisen linjaston toimeton aika on saatu karsittua pois ja toinen linjasto työskentelisi tilastojen mukaan aina huonommalla tuottavuudella, mikä ei todellisuudessa pitäisi paikkaansa.

## 5.3 Parametrien määrittäminen

Parametrien määrittämisessä lähdettiin liikkeelle mittauspöytäkirjan erittelytarkkuudesta. Tämän ei kuitenkaan katsottu riittävän ja mittauksen aikana tehtyjen lisämerkintöjen pohjalta mitattuja aikatietoja purettiin pienem-



piin osiin. Yksittäisen parametrin aikatieto vaihteli välillä 0,5min - 2h. Mahdollisimman monipuolisen ja eri tyyppin vaihteille soveltuvan työkalun kannalta tarpeellisia parametreja syntyi lopulta 34 kappaletta. Näiden avulla laskentatyökalusta saatiin mahdollisimman mukautuva vaihteen koon ja ominaisuuksien kannalta.

Aikatiedot kullekin parametrille laskettiin pelkällä joutuisuuskertoimella normalisoitujen aikojen perusteella. Tämä tehtiin, koska apuaikakerroin tultaisiin ottamaan huomioon laskentatyökalussa, eikä sen vaikutus saanut tulla kaksinkertaisena.

Yhtenä parametrien luonnin tärkeimpänä kohtana olivat vaiheet, jotka esiintyivät molemmilla pysty- ja vaakajakotasoissa, mutta poikkesivat ajallisesti juuri jakotason suunnan vaikutuksesta. Nämä huomioitiin laskemalla jokainen vaiheaika erikseen molemmilla RTG- ja SMARTON-vaihteilla mitatuilla tuloksilla. Vaiheaikoja verrattiin keskenään ja eriteltiin pysty- ja vaakajakotasoille niiltä osin, kuin ero oli merkittävä.

## 6 LASKENTATYÖKALU

Laskentatyökalun pohjaksi valittiin Microsoft Excel. Excel valittiin sen monipuolisuuden, käytettävyyden sekä sen tunnettavuuden vuoksi. Vartenotettavaa vaihtoehtoa ei käytännössä löytynyt. Lisäksi tietojen ulossaanti excel-muodossa oli olemassa nykyisessä toiminnanohjausjärjestelmässä, mikä tuki myös Excelin valintaa.

### 6.1 Suunnittelu

Suunnittelussa tärkeimpänä kriteerinä oli työkalun helppo käytettävyys ja muokattavuus. Nämä pyrittiin säilyttämään ja tämän ajattelutavan mukaan työkalua lähdettiin suunnittelemaan. Käyttöliittymästä haluttiin saada mahdollisimman vähän käyttäjän manuaalista syöttöä vaativa. Työkalun ensimmäisessä versiossa tätä haettiin karsimalla ja yhdistämällä määrääviä parametreja toimimaan osittain toistensa pohjalta. Tämä todettiin kuitenkin liian työlääksi, kun laskettavana olisi satoja nimikkeitä. Päätettiin hyödyntää nostovaihteiden olemassa olevaa nimikesymbolikoodistoa. Tämän avulla monet vaihteen ominaisuuksista saataisiin automaattisesti hakutoimitusten avulla.

Sellaisten tietojen, joita nimikkeen pohjalta ei saatu, määrä pyrittiin karsimaan minimiin ja mahdollisuuksien mukaan yhdistämään.

Lopulliset aikatiedot haluttiin selkeästi näkyviin ja eritellyksi esikokoonpanon ja asennuksen kannalta. Yksityiskohtaiset vaiheajat haluttiin näkyviin käyttöliittymään, jotta tarkempi tieto olisi haluttaessa mahdollisimman helposti nähtävissä.

Muokattavuutta lähdettiin saavuttamaan selkeän taulukoinnin kautta. Eri toimintojen, arvojen ja hakujen täytyisi olla helposti muutettavissa tarpeen

vaatiessa. Arvojen muokkauksen tulisi onnistua ja vaikutus näkyä ilman muita toimenpiteitä.

Vaihdekokoonpanoon suunnitteilla olevan koeajopisteen vuoksi mittaus-  
ten suunnittelussa sisällytetty koeajo jätettiin laskentatyökalussa osittain  
huomioimatta. Koeajopisteessä koeajetut vaihteet määräytyisivät kokoluo-  
kan mukaan ja näiden osalta koeajo jätettiin huomioimatta. Selkeyden  
vuoksi koeajo sisällytettiin erillisenä vain suurimmille vaihteille, joilla  
koeajo suoritetaan öljyn kanssa.

Lopulliset aikatiedot, jotka laskurista saataisiin, suunniteltiin olemaan tau-  
kojen ja elpymisaikojen kannalta normalisoidut, eivätkä sisältäisi tai ottaisi  
huomioon mitään ylimääräisiä viivästyksiä. Tällaisiksi luetaan muun  
muassa työvirheestä aiheutuvat häiriöajat, osapuutteista aiheutuvat viiväs-  
tykset sekä kaikki muu normaaliin työsuoritukseen kuulumaton, mitä ei  
etukäteen voida ennustaa.

### 6.2 Toteutus

Laskentatyökalun luonti aloitettiin kokoamalla taulukot parametreille, tar-  
vittaville alasvetovalikoille ja apuaikakertoimelle. Osa luoduista alasveto-  
valikoista poistettiin myöhemmin, kun käyttöön otettiin automaattinen pa-  
rametrihaku nimikkeen kautta. Käyttäjäliittymään luotiin haluttaessa nä-  
kyviin saatava/piilotettava listaus yksittäisistä vaiheajoista. Tämän listauk-  
sen soluista saataisiin arvot lopulliseen kokoonpanoaikaan.

Kokoonpanon eritellyt vaiheajat		Näytä/piilota
<b>Esikokoonpano</b>		
Kiilojen sovitus	0:00:00	
Hammaspyör. Läm.	0:00:00	
Nostotyöt	0:00:00	
Krymppäys	0:00:00	
Kotelon käsittely	0:00:00	
Keräily	0:00:00	
<b>Asennus</b>		
Laaker. Valm.aika	0:00:00	
Laaker. Läm.	0:00:00	
Laakerointi	0:00:00	
Jäähdytysaika	0:00:00	
Koteloon asettelu	0:00:00	
Kylkivälysten mitta	0:00:00	
Aksiaaliväl. Mittaus	0:00:00	
Aksiaaliväl. Sääto	0:00:00	
Kotelon sulku	0:00:00	
Varustelu aika	0:00:00	
Moottorisovite	0:00:00	
Pesuaajat keskim.	0:00:00	
Laakerikansien asennus	0:00:00	
Valmisteluajat yht.	0:00:00	
Tiivisteiden laitto	0:00:00	

Kuva 5. Listaus eritellyistä vaiheajoista

Käyttäjiliittymään luotiin 13 määräävää parametria, joiden kautta kokoonpanoaika muodostuisi yksittäisten vaiheiden kautta. Osa näistä parametreista saataisiin automaattisesti vaihteen nimikkeeseen kautta ja loput syötettäisiin käsin alasvetovalikoiden kautta. Valittavaksi jäävät parametrit olivat arvoltaan kyllä tai ei, mikäli vaihde sisältäisi tai ei sisältäisi kyseessä olevaa työvaihetta/komponenttia

Kokoluokka	Laakerikansien lkm	Esikokoonpano	
800	8	Öljyreikien poraus	Kyllä
		Kaukaloiden asennus	Kyllä
Portaiden lkm.	Kartiorullalaakeri		Urakannet
3	Ensiö	Kyllä	Ei
	1. väli	Kyllä	
Jakotaso	Kyllä Ei		
Vaaka			
Moottorisovite	Kartiopyöräpari		Differentiaali
Ei	Ei		Kyllä
	Tiivisteiden lkm		
	4		

Kuva 6. Alasvetovalikko parametreissa

Nimikkeestä haettavia tietoja varten luotiin hakutaulukko, josta laskuri saisi arvon laskettavana olevasta nimikkeestä saadulle määräävälle symbolille. Hakuehtojen ja niitä vastaavien arvojen luontiin käytettiin Konecranesin nostovaihteiden nimiksymbolikoodistoa.

Varsinainen aikalasku toteutettiin kullekin vaiheelle erikseen erimuotoisten funktioiden ja hakujen avulla. Ensimmäisessä versiossa kokoluokkakertoimet sisällytettiin kunkin vaiheen funktioon tarpeen mukaan. Tämä todettiin kuitenkin muokattavuuden kannalta huonoksi ratkaisuksi. Mikäli jotain kerrointa täytyisi vastaisuudessa muuttaa, jouduttaisiin se etsimään ja muuttamaan jokaisesta funktiosta, jossa se esiintyy, erikseen. Kokoluokkakertoimille luotiin tämän johdosta oma taulukko, josta arvo haettiin kokoluokan perusteella, jokaiselle vaiheelle, jossa sitä tarvittiin. Tämän ansiosta kertoimien muuttaminen onnistuu yhdessä ja samassa taulukossa ja vaikutus näkyy koko laskennassa välittömästi.

Vaihelaskuista aikatiedot syötettiin tulosten käsittelyn yhteydessä luotujen suurempien kokonaisuuksien mukaisiin ryhmiin ja normalisoitiin apuaikakertoimella, sidottuja työnosia lukuun ottamatta. Nämä aikatiedot yhdistettiin edelleen erikseen asennuksen ja esikokoontalon kokonaisuuksiksi ja edelleen koko kokoonpanon kokonaisajaksi. Näin saatiin haluttaessa näkyviin aina yksityiskohtaisempi aikatieto.

Vaihekokoontalon luonteen vuoksi minuutintarkka aikatieto ei ollut tarpeellista, joten aikatietoja oli tarve pyöristää. Pyöristämistä ei haluttu jättää käyttäjän tehtäväksi. Pyöristys päätettiin tehdä erikseen esikokoontalolle ja asennukselle. Pyöristystarkkuuden valinnassa tuli huomioida pyöristyksestä aiheutuva lievä vääristymä lopulliseen kokoonpano-aikaan. Riittäväksi tarkkuudeksi valittiin pyöristys seuraavaan neljännesosatuntiin. Näin suurin pyöristyksestä johtuva vääristymä jäisi alle 0,5 tunnin. Tämän suuruinen vääristymä katsottiin sallittavaksi, koska prosentuaalinen vääristymä valtaosan vaihteista kohdalla jäisi pieneksi.

Laskuriin luotiin myös lisänä tallennustoiminto, joka tallensi nimikekohtaisesti, esikokoontalo-, asennus- ja kokonaisajat erilliseen taulukkoon ja näiden löytämiselle nimikehaku. Taulukko luotiin välitallennusmuodoksi ennen toiminnanohjausjärjestelmään syöttämistä.

### 6.2.1 Nimikepohjaisten hakujen luonti

Vaihteiden nimikkeet ovat nykyisessä järjestelmässä muotoa:

**LNS33552HYX908-58**

Kuva 7. Esimerkki vaihdenimikkeestä (kts. Liite 6)

Tämän muotoinen spesifikaatio tulee säilymään uudessakin toiminnanohjausjärjestelmässä, vaikka nimikkeitä käsitelläänkin ID-numeroilla, joten sitä voitiin käyttää hyvin laskurin hakuehtojen pohjana.

Näistä luvuista ja kirjaimista kullakin on tietty merkitys, jonka avulla saadaan laskentatyökalun kannalta tärkeää tietoa. Sellaisia ovat nimikkeen toinen kirjain, joka kertoo onko vaihe pysty- vai vaakajakotasoinen. Ensimmäinen luku, joka kertoo vaihteen portaiden lukumäärän. Luvut 2-4, esimerkissä 355, jotka kertovat viimeisen portaalan akselivälin, eli kokoluokan sekä 9. merkki, joka kertoo akseliasetelman.

Käyttämättä jätettiin siis merkki 1, joka kertoo onko kyseessä tappi- vai holkkiakseli, kolmas kirjain, joka kertoo onko kotelo valu- vai hitsattu kotelo, 5. luku, joka kertoo vaihteen välitysluokan sekä kaikki 9. merkin jälkeiset kirjaimet ja luvut. Nämä eivät olleet laskentatyökalun kannalta merkittäviä, esimerkiksi välityssuhde, koska niiden vaikutus kokoonpanoaikoihin jäi pieneksi. Etenkin 9. merkin jälkeisten, väliviivaa edeltävien, numeroiden takana esiintyy monia erilaisia vaihekohtaisia variaatioita, joita ei käytännössä katsoen kyetty huomioimaan laskurissa.

Käytettäville merkeille lähdettiin luomaan hakutoimintoja. Nämä toimisivat sillä periaatteella, että syötetystä nimikkeestä, haetaan tieto aina tietyn merkin kohdalta, ja tällä haetulla merkillä suoritettaisiin haku sille luodusta taulukosta. Mikäli nimikkeestä ei löydy hakutaulukossa esiintyvää arvoa, antaisi työkalu takaisin virheilmoituksen.

Tiivistet	
Haku	
H	4
A	3
B	3
C	3
D	3
E	5
F	5
G	6
H	4
K	4

Nimikesolusta poimittu arvo

Hakutoimitus

Kuva 8. Esimerkki hakutoimituksesta

Kokoluokan kohdalla kolminumeroinen lukusarja haettiin nimikkeestä. Sitä verrattiin hakutaulukkoon, jossa on listattuna mahdolliset kokoluokat. Jos vastaava kokoluokka löytyi hakutaulukon vertailusarakkeesta, hakutoiminto nouti saman kokoluokan uudelleen tätä vastaavasta sarakkeen solusta ja syötti sen käyttöliittymän kokoluokkasoluun. Näin karsittiin mahdollisuus syöttää vahingossa väärä kokoluokka.

Tätä käyttöliittymään saatua kokoluokan arvoa käytettiin niissä vaihefunktioissa, joissa sitä tarvittiin. Hakutoiminnolla kokoluokkaa etsittiin kokoluokkakerrontaulukon vertailusarakkeesta ja haluttu kerroin haettiin aina kyseisen vaiheen sarakkeesta.

Jakotasolle suoritettiin samanlainen hakutoiminto, jotta väärän tiedon syöttäminen antaisi virheen. Jakotaso ilmoitettiin käyttöliittymässä muodossa ”vaaka” tai ”pysty”. Tietoa jakotasosta tarvittiin etenkin välysmittausaikojen laskennassa, koska välysmittaukset vaaka- ja pystyjakoisilla poikkeavat toisistaan merkittävästi.

9. merkille eli akseliasetelmalle tehtiin jälleen samanlainen haku kelpaavan arvon varmistamiseksi. Asetelmatiedon kautta pystyttiin laskemaan karkea, mutta laskurin kannalta riittävällä tarkkuudella, tiivisteiden lukumäärä. Luku oli karkea siksi, että asetelma ei kerro ovatko kannet kiinteitä vai eivät puolella, jolla akseli ei ohjekuvan mukaan tule ulos. Mikäli kansi on avoin, tiivisteiden määrä lisääntyy, mutta vaikutus kokonaisuikaan ei kasva merkittävästi.

### 6.3 Ongelmakohdat

Työkalun toteutuksessa ongelmaksi nousi kahden linjaston eriäväisyyksien, lähinnä erillisen esikokoonpanon puuttuminen toiselta linjastolta. Tämän ratkaisu oli ensiarvoisen tärkeää työkalun käytön kannalta. Työkalun antamat aikatiedot oli rakennettu siltä pohjalta, että toimetonta aikaa ei huomioida. Eli käytännössä toimimaan esikokoonpanopuolen työjärjestyksen mukaan.

Huomioimatta jätettynä toisen linjaston tuottavuus olisi vääristyneiden aikatietojen vuoksi näennäisesti huonompi. Linjastojen täydellistä erottamista laskurissa ei kuitenkaan keskustelujen pohjalta koettu tarpeellisena ja päädyttiin tuotannon kannalta otollisimpaan kompromissiin. Koeajojenkin osalta käytetty ratkaisu neljän suurimman kokoluokan vaihteiden osalta sopi hyvin myös toimeittoman ajan osalta, sillä kyseiset vaihteet valmistetaan lähes poikkeuksetta linjastolla jolle erillistä esikokoonpanoa ei suoriteta.

Toimetonta aikaa tarkasteltiin osana prosessia ja sisällytettiin, siltä osin kuin sen hyötykäyttö ei ollut mahdollista, neljän suurimman kokoonpanoaikaan yhdessä koeajon kanssa. Käytännössä siis prosessi ajateltiin siten, että työvaiheet, joita toimeton aika seuraa, ajateltiin suoritettavaksi ensitilassa ja näitä seuraavan toimeittoman ajan aikana suoritettaisiin asennus siihen asti kuin mahdollista. Tästä ylijäänyt aika on välttämätöntä toimeittonta aikaa.

Konkreettisempana ongelmana laskurin luonnissa vaikutti henkilökohtainen excel-osaaminen. Tiettyjen haluttujen toimintojen luominen saattoi aiheuttaa pitkäköjiä viivästyksiä laskurin tekemisessä. Etenkin Visual Basic for Applications (VBA) makrojen luonti oli ajoittain työlästä ilman edeltävää kokemusta.

## 7 YHTEENVETO

### 7.1 Tavoitteet ja niiden saavuttaminen

Työssä tavoitteena oli standardiaikajärjestelmän luominen ja tähän pohjautuvan laskentatyökalun suunnittelu ja toteutus. Asetetut tavoitteet saavutettiin pääosin, vaikka aikatietojen syöttöä uuteen toiminnanohjausjärjestelmään ei sen käyttöönottoaikataulun vuoksi päästy aloittamaan. Standardiaikajärjestelmästä saatiin toimiva valtaosalla vaihteista, muutamia erikoistapauksia lukuun ottamatta. Laskentatyökalusta saatiin toimiva niiltä osin, että sen käyttöönotto voidaan aloittaa tarpeen vaatiessa ja aikatietojen syöttö uuteen järjestelmään saada käyntiin.

### 7.2 Johtopäätökset

Työ onnistui kokonaisuutena hyvin. Saadut tulokset olivat päteviä ja käytökelpoisia tuotannonohjausjärjestelmän kannalta. Joidenkin erikoisvariaatioiden kohdalla mittaus ei työn aikana ollut tilauskannan tai ajan puutteen vuoksi mahdollista ja näiden kohdalla haastattelujen kautta saadut aikatiedot jäivät karkeiksi, mutta ovat asennushenkilökunnan ammattitaito huomioiden päteviä.

Koska aikatietojen syöttöä uuteen toiminnanohjausjärjestelmään ei päästy tekemään, ei niitä päästy testaamaan käytännössä eikä lopullista paikkansa pitävyyttä toteamaan. Kun jatkossa laskennallisia työaikoja päästään seuraamaan toiminnanohjausjärjestelmän kautta, täytyy ne arvioida lopullisesti. On mahdollista, että osa laskennallisista työajoista on sellaisia, että niiden saavuttaminen ei kaikilta osin onnistu. Etenkin niiltä osin, kun laskennallinen työaika on saatu suhteutetuilla kertoimilla. Näissä tapauksissa tulee arvioida syy siihen miksi aikoja ei saavuteta ja onko laskennallista aikaa ja kertoimia tarpeen muuttaa.

### 7.3 Loppusanat

Opinnäytetyön aikana opin paljon työnohjauksen toiminnasta ja tuotantoprosessista osana suurempaa kokonaisuutta. Työn vaatimaa työmäärää en osannut projektin alussa odottaa ja se tulikin pienenä yllätyksenä työn edetessä. Työ tarjosi haasteita monella tavalla ja niiden ratkaiseminen lisäsi innostusta jatkamaan työn suorittamista.

Lopuksi haluaisin kiittää työnantajaani mahdollisuudesta tehdä opinnäytetyöni ympäristössä, jossa siitä saadaan konkreettista hyötyä. Sekä mahdollisuudesta tehdä opinnäytetyö aiheesta, jossa pääsin hyödyntämään henkilökohtaisia tietotaitoani aiheesta. Haluan kiittää esimiestäni ja työkavereita saamastani tuesta opinnäytetyöni aikana. Lisäksi haluan kiittää asennushenkilökuntaa heidän yhteistyöstään työn käytännön vaiheissa.

## LÄHTEET

Ahokas, P., Tiihonen, J., Neuvonen, J. & Suikku, M. Työntutkimuksen käsitteitä, menettelytapoja ja käyttökohteita. Viitattu 25.5.2013.

[http://www.teknologiainfo.net/content/kirjat/pdf-tiedostot/Laatu/Tyontutkimuksen\\_kasitteita\\_ebook.pdf](http://www.teknologiainfo.net/content/kirjat/pdf-tiedostot/Laatu/Tyontutkimuksen_kasitteita_ebook.pdf)

Aulanko, V., Voitto, A., Mattila, A. & Mäkinen, I. 1987. Elpymisajan määrittäminen työnmittauksessa. Teollisuuden Kustannus Oy. Viitattu 25.5.2013.

<http://www.tuottavuustyo.fi/files/123/elpymisajanmaaritys.pdf>

Konecranes Components Corporation 1998. Standard helical gear reducers. 2–4.

Konecranes työntekijähaastattelut 4.2-30.4.2013.

Teknologiateollisuus RY:n ja Metallityöväen Liitto RY:n välinen työehtosopimus 2011, 72



## LIITTEET

Kuormitus- luokka	Vaihtoehtoinen määritelmä	Elpymis- aika min/8 h
1A	Työssä ei esiinny fyysistä ponnistusta	25
2A	Kevyt työ: käsiteltävät esineet ovat keveitä tai liikevastus pieni. Työtä tehdään istuen tai vaihtelevasti istuen ja seisten	35
2B	Työ vaatii normaalia tarkkaavaisuutta, valppautta ja keskittymistä	
3A	Pääasiassa seisten tehtävä kevyt työ.  Työ, jossa ajoittain mutta pitkäaikoin väliajoin joudutaan käsittelemään keskiraskaita esineitä. Työ on muuten kevyttä ja sitä tehdään yleensä istuen.  Kevyt työ, jossa joudutaan kävelemään yli puolet työajasta.	45
3B	Työ vaatii tavanomaista suurempaa tarkkaavaisuutta ja keskittymistä.  Yksitoikkoinen työ, jossa samankaltaiset lyhyehköt työvaiheet toistuvat koko työpäivän ajan.	
4A	Työssä esiintyy lyhyin väliajoin keskiraskaita ponnistuksia, muu osa työstä seisten tehtävää kevyttä työtä.  Työ sisältää jatkuvaa liikkeessä oloa, ajoittain portaissa nousua ja keskiraskaiden taakkojen kantamista.	55
4B	Työ vaatii tarkkaavaisuutta ja jatkuvaa valmiutta rajoitettuun toimintaan.  Työ koostuu samanlaisina toistuvista lyhyistä työvaiheista koko päivän ajan ja sidonnaisuusaste on korkea.	

	Laaker. Valm.	Laakerointi	Koteloon asettelu	Kylkivälykset	Ensiökartio	Aksiaaliväl.(mittaus)	Aksiaaliväl.(säätö)	Kotelon sulku	Laakerikansien asennus	Valmistelut	Tiivisteet	Varustelu
140	1	1	1	1	1	1	0,8	1	1	0,75	1	1
180	1	1	1	1	1	1	0,8	1	1	0,75	1	1
200	1	1	1	1	1	1	0,8	1	1	0,75	1	1
225	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
250	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
280	1	1	2	1	1	1	1,1	1	1	1	1	1
315	1,2	1,3	4	1	1	1	1,2	1	1	1,5	1	1
355	1,2	1,3	4	1	1	1	1,2	1,5	1	2	1	1
400	1,5	2	5	1	1	1	1,2	2	1	2,5	1	1
450	2	2,5	6	1	1	1,2	1,4	2	1	2,5	1	1
500	3	2,5	6	1	1,5	1,2	1,4	3	1	3	1	1
560	3	2,5	7	2	1,5	1,5	2	4	1,5	3	2	1,5
630	3	3	7	2	1,5	2	2	4	2	4	2	1,5
710	4	4	8	3	2	3	3	6	2,5	5	3	2
800	5	4	9	4	2	3,5	3,5	7	3	6	3	2

Mittauspöytäkirja

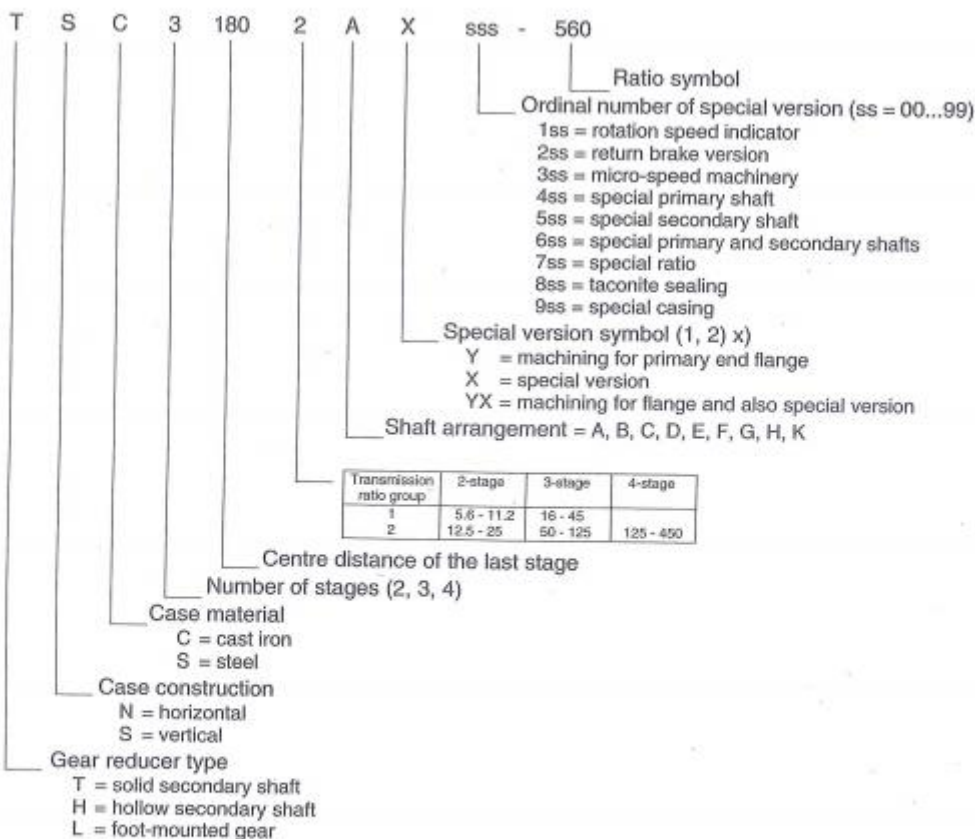
Kiilojen sovitus	_____	-	_____
Koteloiden esikäsittely	_____	-	_____
Hammaspyörien lämmitys	_____	-	_____
Rymppäys	_____	-	_____
Hammaspyörien jäähtyminen	_____	-	_____
Laakereiden lämmitys	_____	-	_____
Laakerointi	_____	-	_____
Laakereiden jäähtyminen	_____	-	_____
Osien asettelu koteloon	_____	-	_____
Kylkivälysten mittaus	_____	-	_____
1. väliaks. aksiaalivällyksen mittaus ja säätö	_____	-	_____
Kotelon sulkeminen	_____	-	_____
Ensiöakselin aksiaalivällyksen mittaus ja säätö	_____	-	_____
Aksiaalivällysten mittaus(väliaks.+toisio)	_____	-	_____
Aksiaalivällysten säätö	_____	-	_____
Varustelu	_____	-	_____
Koeajo	_____	-	_____
Pesuajat yht.	_____	,	_____ , _____ , _____

Mittauspöytäkirja (SMARTON)

Kotelon esikäsittely	_____ - _____
Kiilojen mittaus ja sovitus	_____ - _____
Hammaspyörien lämmitys	_____ - _____
Rymppäys	_____ - _____
Hammaspyörien jäähtyminen	_____ - _____
Laakereiden lämmitys	_____ - _____
Laakerointi	_____ - _____
Laakereiden jäähtyminen	_____ - _____
Osien asettelu koteloon	_____ - _____
Aksiaalivälysten mittaus	_____ - _____
Aksiaalivälysten säätö	_____ - _____
Kotelon sulkeminen	_____ - _____
Ensiöakselin vällyksen tarkistus	_____ - _____
Sovitepinnan mittaus	_____ - _____
Toisiopään aksiaalivällyksen mittaus ja säätö	_____ - _____
Toisiopään tiivisteet ja kannet	_____ - _____
Ensiöpään tiivisteiden laitto	_____ - _____
Varustelu	_____ - _____
Koeajo	_____ - _____
HUB:n kiilan sovitus	_____ - _____
HUB:n lämmitys ja asennus	_____ - _____
 Pesuajat yht.	 _____ , _____ , _____ , _____
 Valmisteluajat	 _____ , _____ , _____ , _____



# **Symbols of gear reducers**



x) If neither a special version nor with flange machining the corresponding symbols are omitted.  
Example: TSC31802A-560

KONECRANES COMPONENTS CORPORATION

KCI KONECRANES GROUP

Konecranes Components Corporation reserves the right to alter or amend the above information without notice

10.06.1998 - Issue A  
Page 4 (35)

