

Henrik Johannes Immonen

**SHIP-TO-SHORE NOSTURIN ERGONOMIAONGELMIEN  
MÄÄRITTÄMINEN**

Tietojärjestelmätieteen kandidaatintutkielma

11. helmikuuta 2009

JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO  
TIETOJENKÄSITTELYTIEDEIDEN LAITOS

# TIIVISTELMÄ

Immonen, Henrik Johannes

Tietojärjestelmätieteen kandidaatintutkielma / Henrik Johannes Immonen

Jyväskylä: Jyväskylän yliopisto, 2009, 37 s.

Kandidaatintutkielma

Tämän tutkielman tarkoituksena on määrittää STS-nosturin keskeisimmät ergonomia- ja käytettävyysongelmat sekä esittää suosituksia ongelmien ratkaisemiseksi. Tutkimuksessa perehdytään ergonomian kirjallisuuteen sekä aihetta välittömästi ja välillisesti koskevaan tutkimusmateriaaliin. Havaitut STS-nosturin ergonomiaongelmat perustuvat operaattori- ja asiantuntijahaastatteluihin. Ongelmiin on pyritty löytämään ratkaisuja aiheeseen liittyvää kirjallisuutta tutkimalla. Tutkielma on toteutettu kirjallisuuskatsauksena.

Ohjaaja: Pauli Brattico  
Tietojenkäsittelytieteiden laitos  
Jyväskylän yliopisto

# SISÄLTÖ

<b>1 JOHDANTO.....</b>	<b>5</b>
<b>2 ERGONOMIA .....</b>	<b>6</b>
2.1 Ergonomian historia.....	6
2.2 Ergonomian sovellukset.....	7
2.3 Fyysinen ergonomia.....	7
2.4 Kognitiivinen ergonomia.....	12
2.5 Organisaatioergonomia .....	16
<b>3 SHIP-TO-SHORE SATAMANOSTURI.....</b>	<b>18</b>
3.1 STS-nosturin työsyklin kuvaus.....	20
3.2 Ergonomiaongelmien yksilöinti.....	22
3.3 Ongelmiin liittyvä kirjallisuus.....	25
<b>4 JOHTOPÄÄTÖKSET JA SUOSITUKSET .....</b>	<b>28</b>
4.1 Istuin ja työskentelyasento.....	28
4.2 Hallintalaitteet .....	31
4.3 Kommunikointi ja havaitseminen.....	32
<b>5 YHTEENVETO .....</b>	<b>34</b>
<b>LÄHDELUETTELO .....</b>	<b>35</b>

# 1 JOHDANTO

Nykyisin valtaosa laivarahdista kuljetetaan konteissa. Konttiliikenteen historia alkoi vuonna 1958 kun Malcom McLean laivanvarustamon rahtialus lähti matkaan Port Newarkin satamasta kannellaan 58 teräslaatikkoa (Muona, 2006). Nykyisin konttiliikenne kattaa yli 60% kaikesta laivarahdista (Steenken et al, 2004). Suurimmassa osassa konttilaivoista on solumainen rakenne joka edellyttää konttien pinoamista laivaan päältä käsin. Konttien lastaamiseen käytetään konttinostureita joista yleisin käytössä oleva nosturi on Ship-To-Shore (STS) satamanosturi (Akio et al, 2006).

Ergonomian näkökulmasta STS-nostureita on pyritty kehittämään erilaisilla ohjaamoratkaisuilla, mutta monet ehdotukset eivät ole saaneet laajaa hyväksyntää operaattoreiden keskuudessa (Muona, 2006). Tutkimusta STS-nosturin ergonomiasta on tarjolla niukasti mutta laitteiden, kuten metsäkoneiden ergonomiatutkimusta voidaan jossain määrin soveltaa myös STS-nosturiin.

Tämän tutkimuksen päämääränä on tunnistaa STS-nosturin ergonomian ja käytettävyyden kannalta merkittävimmät ongelmat sekä tarjota suosituksia näiden ongelmien ratkaisemiseksi. Fyysisen- ja kognitiivisen ergonomian teorian lisäksi ongelmia on pyritty tunnistamaan Kotkassa lokakuussa 2008 käytyjen videohaastatteluiden perusteella. Suosituksissa sovelletaan muihin ohjaamoltaan samankaltaisiin laitteisiin sovellettuja ratkaisuja STS-nosturin ergonomian ja käytettävyyden parantamiseksi.

## 2 ERGONOMIA

Sana ergonomia on peräisin kreikankielisistä sanoista 'ergon' (työ) ja 'nomos' (laki). Ergonomia pyrkii suunnittelemaan sovelluksia, teknisiä järjestelmiä sekä toimintatapoja tavoitteena parantaa turvallisuutta, terveellisyttä, miellyttävyyttä ja toiminnan tehokkuutta (IEA, Dul & Weerdmeester, 2001).

IEA:n (International Ergonomics Assosiation) määrittelyn mukaan ergonomia on tieteellinen oppi, joka pyrkii ymmärtämään ihmisen ja muiden elementtien vuorovaikutusta järjestelmässä sekä ammattikuntaa, joka soveltaa ergonomian periaatteita, tietoa, teorioita ja metodeita suunnittelun tukena optimoimalla ihmisen hyvinvoinnin sekä järjestelmän suorituskyvyn.

### 2.1 Ergonomian historia

Toinen maailmansota loi tarpeen operaattorin suorituskyvyn arvioimiselle vaativissa sotilasammateissa, mikä antoi sysäyksen insinööripsykologian kehitykselle. Tekniikan kehittyessä koneiden parissa työskentely alkoi ylittämään ihmisen intuitiivisen kapasiteetin selviytyä työtehtävistään, minkä vaatimuksesta seuraavan kolmen vuosikymmenen aikana ergonomia kehittyi omaksi tieteenalaksi (Berguer, 1999). Ergonomia tieteenalana syntyi tarpeesta uuteen suunnittelun lähestymistapaan jossa yhdistyivät teknologia ja ihmistieteet. Ongelmaa lähdettiin ratkaisemaan fysiologien, psykologien, antropologien, lääkäreiden, työtieteilijöiden ja insinöörien yhteistyönä, tavoitteena löytää ratkaisuja laitteiden hallittavuuden parantamiseksi. Näkemys kasvatti suosiotaan nopeasti, jonka seurauksena Englannissa perustettiin 1949 ensimmäinen ergonomiayhdistys, National ergonomics society. Noin kymmenen vuotta myöhemmin, 1961, perustettiin International

Ergonomics Association IEA, johon on liittynyt 40 maata ja noin 15 000 henkilöä. (Dul & Weerdmeester, 2001, 1)

## **2.2 Ergonomian sovellukset**

IEA:n mukaan ergonomia voidaan jakaa yleisesti kolmeen eri osa-alueeseen: Fyysinen ergonomia, joka keskittyy anatomiseen, antropometriseen, fysiologiseen ja biomekaaniseen toimintaan. Kognitiivinen ergonomia, joka keskittyy ihmisen mentaaliin toimintoihin kuten havaitsemiseen, muistiin, päättelyyn sekä motorisiin vasteisiin. Organisaatioergonomia keskittyy puolestaan sosioteknisten järjestelmien optimointiin sisältäen organisaatorakenteet, -politiikan ja -prosessit.

Ergonomiaan sisältyy turvallisuuden, terveyden, viihtyvyyden, tehokkuuden ja toiminnan käsitteet eri ihmistieteiden alueilta. Näitä ovat antropometria, biomekaniikka, fysiologia, psykologia, toksikologia, koneenrakennus, teollinen muotoilu, informaatioteknologia ja teollisuusjohtaminen. Näistä eri tieteenoaloista ergonomia soveltaa tietämystä, metodeja sekä tekniikkaa sovittaakseen työympäristön ihmisen ominaisuuksiin (Dul & Weerdmeester, 2001, 2).

Seuraavissa kappaleissa käsitellään yksityiskohtaisemmin edellä mainittuja kolmea eri ergonomian osa-aluetta sekä ympäristötekijöiden vaikutusta ergonomiaan.

## **2.3 Fyysinen ergonomia**

Asennolla ja liikkeellä on keskeinen rooli ergonomiassa. Työasento ja työssä suoritettavat liikkeet määräytyvät usein työympäristön sekä suoritettavan toiminnan vaatimusten mukaan (Dul & Weerdmeester, 2001, 5).

Vaikka työ ei olisi fyysisesti raskasta, huono työasento ja virheelliset liikeradat saattavat altistaa lihakset, nivelet ja nivelsiteet ylimääräiselle rasitukselle. Lisäksi lukuisat toiminnat eivät ainoastaan altista ihmistä mekaaniselle rasitukselle, vaan toiminta edellyttää vahvaa sydämen ja keuhkojen toimintaa (Dul & Weerdmeester, 2001, 5). Seuraavissa kappaleissa keskitytään fyysisen ergonomian eri osa-alueisiin.

### 2.3.1 Biomekaniikka

Biomekaniikka on poikkitieteellinen tieteenala joka soveltaa biologian- ja mekaniikan tutkimusta sekä fysiikan lakeja fyysisen suorituksen vaatiman voimankäytön mittaamiseen (Salvendy, 2006, 340). Mittauksen tuloksena saadulla informaatiolla voidaan määrittää lihas- ja tukielimien vammautumisen riskiaste työhön liittyvässä toiminnassa sekä parantaa ihmisen suorituskykyä (Salvendy, 2006, 340, Väyrynen et al, 2004, 49). Näin ollen on mahdollista mitata lihaksiin ja niveliin kohdistuva mekaaninen rasitus eri asennoissa ja liikkeissä. Dul & Weerdmeesterin (2001, 6) mukaan biomekaniikan näkökulmasta ergonomiassa tulisi ottaa huomioon ainakin seuraavat asiat.

Sekä paikallaanolon että liikkumisen aikana nivelet tulisivat olla mahdollisimman neutraaleissa asennoissa. Tällöin lihakset ja nivelsiteet ovat lyhyimmässä mahdollisessa tilassa ja siten niihin ei kohdistu ylimääräistä rasitusta (Dul & Weerdmeester, 2001, 6). Tämän lisäksi lihakset kykenevät tuottamaan suurimman mahdollisen voiman kun nivelten asento on neutraali ja lihakset ovat lepoasennossa (Dul & Weerdmeester, 2001, 6, Salvendy, 2006, 344). Asentoja, joissa nivelet eivät ole neutraalissa asennossa ovat muun muassa kun pää tai niska on taivutettuna tai kierrettynä (Dul & Weerdmeester, 2001, 6).

Työskennellessä käsiteltävät objektit tulisi pitää riittävän lähellä vartaloa jotta välttyttäisiin tarpeettomilta käsien ojennuksilta sekä eteenpäin nojautumiselta.



Alaselän lihakset ylläpitävät yläruumiin tasapainoa. Aikuisen yläruumis kokonaisuudessaan painaa keskimäärin 40 kilogrammaa ja eteenpäin nojattaessa rasitus kohdistuu alaselän lihaksiin yläruumiin taakan ja vipuvoiman yhteisvaikutuksena (Dul & Weerdmeester, 2001, 6).

Akuutin kivun voi aiheuttaa yksittäinen, paljon voimaa vaativa toimenpide joka ylittää kehon rakenteellisen sietokyvyn. Äkkinäiset liikkeet voivat aiheuttaa voimakkaan rasituksen lihakseen. Muun muassa painavan esineen nopea nostaminen voi helposti tuottaa tällaisen kivun alaselkään (Salvendy, 2006, 341, Dul & Weerdmeester, 2001, 7). Ilmiön välttämiseksi nostaminen tulisi suorittaa pitäen selkä mahdollisimman suorana ja mikäli mahdollista, suoritukseen tulisi valmistautua asianmukaisesti (Dul & Weerdmeester, 2001, 7).

Jatkuvasti toistuva, samankaltainen liike tai pitkäaikainen asento aiheuttaa lokaalien lihasten väsymistä ja voi johtaa lihasten ja nivelten kipeytymiseen (Dul & Weerdmeester, 2001, 8). Teollisuuden kehittymisen seurauksena työtehtävistä on usein tullut luonteeltaan kevyitä mutta toistuvia. Biomekaniikan logiikan mukaan pitkään samankaltaisena toistuvat suoritukset vähentävät ihmiskehon rakenteellista sietokykyä (Salvendy, 2006, 341). Tämän vuoksi asentoa sekä suoritettua liikerataa tulisi vaihdella riittävän useasti. Yleistä lihasväsymystä tulisi välttää pitämällä useasti lyhyitä taukoja, pitkien ja harvojen taukojen sijasta (Dul & Weerdmeester, 2001, 9).

### **2.3.2 Fysiologia**

Fysiologisessa lähestymistavassa tutkitaan lihaskuormituksen tuottamaa sydämen ja keuhkojen energiatarvetta, kun suoritetaan jokin liike tai otetaan jokin asento (Dul & Weerdmeester, 2001, 9). Lokaalin lihasrasituksen aiheuttaman väsymyksen lisäksi yleisen väsymisen voi aiheuttaa pitkään

jatkunut dynaaminen lihastyö joka kuluttaa runsaasti energiaa (Dul & Weerdmeester, 2001, 9, Väyrynen et al, 2004, 53). Sydämen ja keuhkojen tuottama energian määrä lihaksille toimii rajoittavana tekijänä liikkeiden suorittamiselle ja asentojen ottamiselle (Dul & Weerdmeester, 2001, 9).

Normaalikuntoinen terve aikuinen ihminen suoriutuu väsymättä kevyestä toiminnasta pitkiäkin aikoja. Kevyt toiminta, jonka energiantarve on alle 250 W on muun muassa kirjoittaminen, vaatteiden silittäminen ja käveleminen (Dul & Weerdmeester, 2001, 10, Väyrynen et al, 2004, 53). Kun toiminnan energiantarve ylittää 250 W, on kyse raskaasta toiminnasta joka vaatii riittävän palautumisen. Palautuminen voi tapahtua kevyempien askareiden muodossa tai lepona. Ergonomian kannalta työpäivän keskimääräinen energiantarve ei saisi ylittää 250 W. Esimerkkejä raskaasta toiminnasta on muun muassa kävely taakan kanssa (370 W), toistuva nostaminen (1 kg per sekunti) (600 W) sekä juokseminen (670 W) (Dul & Weerdmeester, 2001, 10).

### **2.3.3 Antropometria**

Antropometria on kiinnostunut ihmiskehon rakenteesta, koosta ja kehon mittasuhteista (Dul & Weerdmeester, 2001, 11). Antropometrian tavoitteena on varmistaa että tuote on mahdollisimman sopiva käyttäjäpopulaatiolleen. Antropometrisen datan huomioiminen jo suunnitteluvaiheessa voi minimoida mahdollisia myöhemmin tarvittavia kokoon ja muotoon liittyviä muutoskustannuksia (Salvendy, 2006, 322). Työympäristöä, laitteita ja muita sovelluksia suunniteltaessa tulee ottaa huomioon ihmisten väliset kokoerot. Keskiarvoon perustuva mitoitus voi olla soveltumaton poikkeuksellisen lyhyelle tai pitkälle henkilölle. Tämän vuoksi suunnittelun tukena tulisi käyttää antropometrisiä taulukoita sovelluksen käyttäjäpopulaatiosta. Yleisesti ottaen sovellus tulisi pyrkiä suunnittelemaan siten, että se on mitoitukseltaan ja säätömahdollisuuksiltaan sopiva 90 prosentille sovelluksen

käyttäjäpopulaatiosta. Tämä luku saadaan siten, että käyttäjäpopulaation normaalijakauman 5. prosenttipiste edustaa pienikokoisten henkilöiden mittoja ja 95. prosenttipiste edustaa suurikokoisten henkilöiden mittoja (Dul & Weerdmeester, 2001, 11, Väyrynen et al, 2004, 59, Salvendy, 2006, 322).

### 2.3.4 Ympäristötekijät

Fyysisiä ympäristötekijöitä ovat muun muassa ääni, värinä, valaistus, ilmasto sekä kemikaaliset substanssit joita ympäristössämme voi esiintyä. Liiallinen vaikutus näille tekijöille voi merkittävästi heikentää työympäristön laatua ja keskittymistä vaikka muut ergonomiset tekijät olisikin otettu huomioon (Dul & Weerdmeester, 2001, 74). Seuraavaksi käsittelen tarkemmin värinän, äänen sekä valaistuksen vaikutusta ergonomiaan.

Voimakas ääni voi heikentää keskittymistä tai estää tehtävän suorittamisen kokonaan. Myös voimakkuudeltaan liian matala taustamelu voi vaikuttaa keskittymiseen negatiivisesti. Äänen tason ei tulisi laskea alle 30dB:n sillä tällöin odottamattomasti kuuluva satunnainen ääni voi muodostua liian huomiota herättäväksi (Dul & Weerdmeester, 2001, 76). Mikäli varoitussignaalinä käytetään äänimerkkiä, tulisi varmistaa että äänen lähde on tunnistettavissa, sen merkitys on ymmärrettävä ja se erottuu taustamelusta. Tilanteissa jossa kommunikointi puhumalla on välttämätöntä, asianmukainen ääneneristys muusta melusta tulisi olla varmistettu. Mikäli taustamelun määrään ei voida vaikuttaa, tulisi harkita muita kommunikointimuotoja (Salvendy, 2006, 612).

Jatkuva värinä ja epäsäännöllinen heilahtelu aiheuttaa erilaisia lihas- ja verenkierto-oireita jos värinän voimakkuus ylittää tietyn raja-arvon. Käsiin kohdistuva värinä voi pahimmillaan aiheuttaa 'white finger' - ilmiön, eli värinästä johtuvan verenkierron heikkenemisen käsissä ja voi pahimmillaan

johtaa sormenpäiden kuolioon. Usein työympäristössä joka on altistunut tärinälle, esiintyy myös epäsäännöllistä voimakkaita heilahduksia joka osaltaan kasvattaa tärinän aiheuttamaa stressiä keholle (Dul & Weerdmeester, 2001, 81). Todellinen tai illuusion vaikutuksesta syntyvä liike voi aiheuttaa liikkeestä johtuvaa pahoinvointia 'motion sickness'. Tällainen liike on yleensä hyvin matalataajuista, alle 1 Hz. Tärinä voi aiheuttaa hyvin erilaisia oireita, riippuen tärinän laadusta ja suunnasta (Salvendy, 2006, 590).

Työpisteen valaistus tulisi mitoittaa työn tarkkuuden vaatimalle tasolle. Mikäli työssä käsitellään visuaalisia yksityiskohtia tulisi valaistuksen olla voimakas. Luminanssin vaihtelulla eli kontrastilla on tärkeä merkitys visuaalisessa työssä. Luminanssilla tarkoitetaan valon määrää, joka heijastuu näköalueella olevista objekteista. Tarvittava valon voimakkuus riippuu ympäristöstä sekä toiminnan vaatimuksista. Normaalissa toiminnassa kuten lukemisessa valon intensiteetin tulisi olla 200-800 luxin välillä, kun erityistä tarkkuutta vaativissa tehtävissä valon intensiteetti tulisi olla 800-3000 luxia. Toiminta jossa ei ole tärkeää kiinnittää huomiota yksityiskohtiin, kuten rakennuksessa liikkuminen, valon intensiteetiksi riittää 10-200 luxia (Dul & Weerdmeester, 2001, 84).

## **2.4 Kognitiivinen ergonomia**

Kognitiivisen ergonomian tutkimuskohteisiin kuuluvat mentaaliset prosessit kuten havaitseminen, tarkkaavaisuus, muistaminen, oppiminen, päättely, ajattelu sekä motorinen vaste (IEA). Kognitiivisella ergonomialla on tärkeä rooli varsinkin monimutkaisten, automatiikkaa sisältävien sovelluksien suunnittelussa. Sovellus tulisi pyrkiä suunnittelemaan siten että se olisi mahdollisimman intuitiivinen käytettävyydeltään. Käyttöliittymäsuunnittelussa kognitiivinen ergonomia tutkii käyttöliittymän ja ihmisen välistä vuorovaikutusta jolloin keskeisessä asemassa ovat käyttäjän aistit, mentaaliset ominaisuudet sekä sovelluksen tuottama informaatio (Dul &

Weerdmeester, 2001, 44). Kognitiivisen toiminnan näkökulmasta keskeisimmät aistit ovat näkö-, kuulo-, ja tuntoaisti (Dul & Weerdmeester, 2001, 43-54). Kognitiivisen ergonomian suunnittelun yksi kulmakivistä onkin suunnitella tuote siten, että virheiden mahdollisuus on pieni, mutta toisaalta vuorovaikutuksen tulee sietää virhetoimintoja (Väyrynen, 2004, 73).

Seuraavissa kappaleissa tulen käsittelemään käyttäjän, informaation ja aistien roolia kognitiivisen ergonomian näkökulmasta.

#### **2.4.1 Käyttäjä**

Suunniteltaessa sovellusta on erittäin tärkeää tietää keitä tuotteen loppukäyttäjät tulevat olemaan. Erilaisilla käyttäjäryhmillä voi olla erityisrajoitteita tai -ominaisuuksia jotka määrittelevät hyvin pitkälle sen, minkälainen käyttöliittymä sovellukselle tulee suunnitella. Kriittisimpinä tekijöinä sovelluksen käyttöliittymän suunnittelussa ovat käyttäjän rajoitteet, sillä sovelluksen monimutkaistuessa käyttäjien täytyy käsitellä yhä enemmän monimutkaista informaatiota nopeassa tahdissa. Tämän vuoksi käyttäjäryhmästä tulisi profiloida ainakin seuraavat ominaisuudet: kansalaisuus, ikä, sukupuoli, koulutustaso, terveydentila, laitteen käyttöaste sekä kouluttautumisen mahdollisuus sovelluksen käyttöön. (Dul & Weerdmeester, 2001, 45, Väyrynen et al, 2004, 116).

Sovelluksen käytettävyyden kannalta on hyvin tärkeää, että käyttäjällä on oikea mielikuva sovelluksen toiminnasta. Tämänlainen käsitteellinen malli helpottaa sovelluksen hallitsemista ja selvittämään siihen liittyvät ongelmat. Mentaalinen malli voi olla muun muassa sisäinen malli tuotteen toiminnasta tai tuotteessa esiintyvien metaforien analogioista (Dul & Weerdmeester, 2001, 45, Väyrynen et al, 2004, 99). On kuitenkin tärkeää ottaa huomioon että mentaaliset mallit, varsinkin metaforien kohdalla, eivät toteudu kaikilla ihmisillä samanlaisina.

Tästä syystä on erityisen tärkeää selvittää sovelluksen käyttäjäpopulaation kohdalta, minkälaisia metaforia voidaan ja on turvallista käyttää (Dul & Weerdmeester, 2001, 45).

#### **2.4.2 Informaatio ja aistit**

Edellytyksenä sille, että ihminen toimii ja käyttäytyy ihmiselle ominaisella tavalla on kyky käsitellä informaatiota. Kun ihminen on vuorovaikutuksessa jonkin järjestelmän kanssa, operaattorin tulee vastaanottaa informaatiota, muokata sitä eri muotoihin, tehdä päätöksiä ja toimia sen perusteella sekä pystyä käsittelemään toiminnasta seuraava palaute (Salvendy, 2006, 111).

Suurimman määrän samanaikaista informaatiota ihminen kykenee vastaanottamaan näköaistinsa kautta, kun kuuloaistin kautta vastaanotettavaan informaatioon voi ihminen keskittyä vain yhteen lähteeseen kerrallaan. Tämä tekee näköaistista ihmisen tärkeimmän informaatiolähteen. Ihmiset joilla on rajoittunut näkökyky menettävät väistämättä paljon informaatiota. Tämän vuoksi muoto, jolla informaatio esitetään, tulee olla sopiva mahdollisimman suurelle joukolle (Dul & Weerdmeester, 2001, 46). Väyrysen et al. 2004 mukaan havainnollisuutta arvioitaessa tulisi kiinnittää huomiota hyvään visuaalisuuteen, hyvään käsitteelliseen malliin, selkeisiin metaforisiin kytkeisiin sekä sovelluksen antamaan palautteen määrään.

Koska suuri osa visuaalisesta informaatiosta on kirjoitetussa muodossa, on ergonomian kirjallisuudessa esitelty runsaasti kirjasimien ja tekstin muotoilua koskevia ohjeita. Ohjeet ovat samankaltaisia yleisten tekstinkäsittelyohjeiden kanssa ja pätevät lähes kaikkeen kirjoitetun informaation muotoihin (Dul & Weerdmeester, 2001, 46).

Ikoneiden ja piktogrammien käyttäminen on oivallinen tapa esittää yksinkertaista ja toistuvaa informaatiota kuvallisessa muodossa. Näitä käytettäessä tulee kuitenkin varmistaa että ne ovat yksiselitteisiä sovelluksen käyttäjäpopulaatiolle. Käyttäjät voivat olla eri kulttuureista jolloin kulttuuriset erot voivat vaikuttaa siihen, miten metafora tulee ymmärretyksi (Dul & Weerdmeester, 2001, 50).

Auditiivista informaatiota käytetään pääsääntöisesti kommunikoinnin yhteydessä kahden tai useamman ihmisen kesken. Lisäksi auditiivista informaatiota käytetään sovelluksissa korostamaan informaatiota, joka on saatavilla myös visuaalisessa muodossa. Auditiivista informaatiota ei tulisi käyttää jatkuvasti sillä alituisen toistuva äänisignaali, vaikka kyse olisi miellyttävästäkin äänestä, muodostuu helposti häiritseväksi. Auditiivinen informaatio sopii hyvin käytettäväksi muun muassa varoitussignaaliksi. Tällöin signaalin äänenkorkeus ja -voimakkuus pitää valita tilan taustamelun ja koon mukaan (Dul & Weerdmeester, 2001, 53, Salvendy, 2006, 631). Puhesyntetisaattoreilla on mahdollista tuottaa lähes luonnolliseen ihmisääneen verrattavaa puhetta. Syntetisoitua puhetta käytetään kuitenkin verrattain vähän, sillä ero ihmisen ja koneen tuottamasta informaatiosta halutaan pitää tunnistettavana (Dul & Weerdmeester, 2001, 53).

Tuntoaistin välityksellä vastaanotettavaa eli haptista informaatiota voidaan käyttää muun muassa ilmaisemaan akuuttia tapahtumaa tai antamaan tuntumaa sellaiseen paikkaan mihin ei välttämättä ole suoraa näköyhteyttä. Standardeissa tietokoneen näppäimistöissä on sijoitettu 'F' ja 'J' -kirjainten päälle sormenpäillä havaittavat kohoamat helpottamaan sormien asettelua näppäimistölle ilman että katsetta tarvitsee erikseen näppäimistölle kohdistaa (Dul & Weerdmeester, 2001, 54). Fyysisellä vasteella tarkoitetaan esimerkiksi haptista kosketusnäyttöä, joka antaa käyttäjälle fyysisen palautteen suoritetusta

toiminnosta. Myös peliohjaimista tuttu 'force back' -tärinä hyödyntää tuntoaistiin perustuvaa informaation välitystä.

Maku- ja hajuaistiin perustuvaa informaatiota tulisi käyttää yksinomaan vain varoitussignaalina. Ihminen pystyy käsittelemään näiden aistien kohdalla vain yhtä informaatiolähdettä kerrallaan. Muun muassa maakaasuun on lisätty epämiellyttävää hajua mahdollisen kaasuvuodon havaitsemiseksi (Dul & Weerdmeester, 2001, 53).

## 2.5 Organisaatioergonomia

Usein työntekijä työskentelee osana laajempaa organisaatiota työskennellen jossakin määrättyssä yksikössä. Yksikössä on erilaisia töitä jotka käsittävät tiettyjä tehtäviä ja tehtävät puolestaan erilaisia toimintoja. Tehtävien suorittamiseen löytyy usein monia erilaisia tapoja, ja tehtävää suunniteltaessa tehtävä voidaan kohdentaa joko ihmiselle tai koneelle riippuen tehtävän laadusta ja tehtävän aiheuttamista kustannuksista. Työtehtävää kohdennettaessa joko ihmiselle tai koneelle, tulee ottaa huomioon minkälaista prosessointia työtehtävä vaatii. Ihmiset ovat luovempia ongelmanratkaisutilanteissa kuin koneet ja ihmiset kykenevät suodattamaan relevantin informaation muusta informaatiosta, kun taas koneet suoriutuvat nopeammin toistuvasta ja laskentaa vaativasta toiminnasta sekä pystyvät toimimaan ihmiselle epäterveellisessä työympäristössä (Dul & Weerdmeester, 2001, 102). Työtehtäviä osoitettaessa, tulisi ottaa huomioon että eri ihmiset suhtautuvat erilaisilla samaan tehtävään. Työmotivaatio eri tehtäviin vaihtelee yksilön mukaan. Tämän vuoksi työntekijöiden mieltymyksistä tulisikin ottaa selvää tehtävien suunnittelussa ja osoittamisessa (Salvendy, 2006, 441).

Työntekijän toimenkuva tulisi koostua useista erilaisista ja haastavuudeltaan eritasoisista tehtävistä mutta kuitenkin siten, että työ on kohtuudella



hallittavissa ja suoritettavissa. Tehtävät eivät saisi olla itseään toistavia, vaan helppojen ja haastavien tehtävien pitäisi vuorotella. Kontaktien luonti muihin ihmisiin pitäisi olla työssä mahdollista. Kommunikointi työhön ja arkielämään liittyvistä asioista lisää sitoutumista työtä kohtaan (Dul & Weerdmeester, 2001, 104).

Työntekijällä tulisi olla mahdollisuus saada riittävä määrä informaatiota työyksikkönsä ja -organisaationsa toiminnasta. Informaatiota työntekijän työsuorituksesta tulisi saada niin laadullisena kuin määrällisenäkin palautteena (Dul & Weerdmeester, 2001, 105).

Joustava organisaatiomalli verrattuna vanhanaikaiseen hierarkkiseen malliin nopeuttaa organisaation reagoimiskykyä muuttuvaan toimintaympäristön ja teknologian kehityksen suhteen. Kun jäykät organisaatorajat hälvänevät, vastuu siirtyy organisaation alemmille tasoille esimerkiksi tulosityksiköille. Tämän seurauksena johtajien rooli muuttuu pomosta valmentajaksi ja yksiköt voivat hyödyntää itsenäisesti ryhmänsä vahvuuksia ja tukea. Tämä luo myös mahdollisuuden joustavampaan työskentelyyn yhteisissä tiloissa tai etätyönä työntekijän kotoa (Dul & Weerdmeester, 2001, 106).

Autonomisissa tiimeissä tiimi päättää ja vastaa itsenäisesti työn tuloksesta ilman johtajan jatkuvaa konsultointia. Vaikutus näkyy muun muassa korkeampana tuottavuutena, parempana laatuna, innovointina sekä työn joustavuutena (Dul & Weerdmeester, 2001, 107).

Seuraavassa kappaleessa esitellään yksityiskohtaisemmin STS-nosturi, sen työsykli sekä havaittuja ergonomia- ja käytettävyysoongelmia. Lopuksi esitellään muihin sovelluksiin käytettyjä kehitysideoita joilla voi mahdollisesti vaikuttaa STS-nosturin ergonomiaan ja käytettävyyteen.

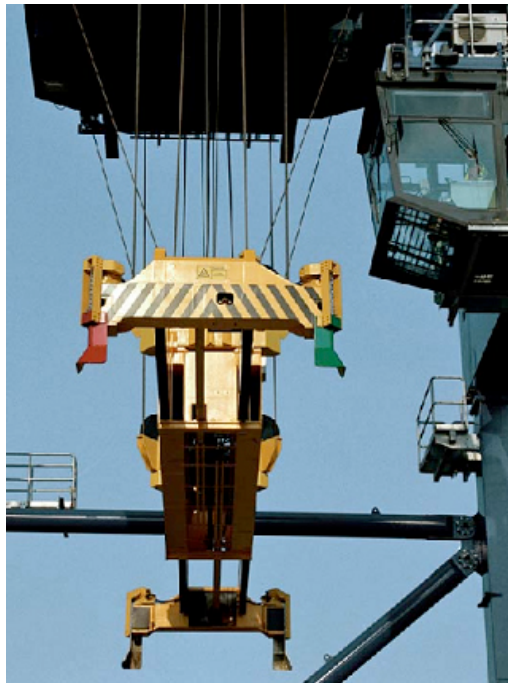
### 3 SHIP-TO-SHORE SATAMANOSTURI

Ship-To-Shore (STS) satamanosturi on teräsrunkoinen, laivojen lastaamiseen ja purkamiseen tarkoitettu kontinkäsittelynosturi (kuva 3.1). Toissijaisina tehtävinä STS-nosturilla voidaan irrottaa ja kiinnittää laivan kansiluukkuja sekä kuljettaa miehistöä sataman ja laivan välillä. STS-nosturi kulkee kiskojen päällä ja saa käyttövoimansa korkeajännitekaapelista. STS-nosturit ovat muita satamanostureita suurempia ja niissä on ylöstaittuva puomi mahdollisten törmäyksien estämiseksi laivan antennien ja muiden korkeiden rakenteiden kanssa. Puomissa liikkuu nosturin vaunu, jossa sijaitsee ohjaamo sekä teräköysien varassa roikkuva kuormauselin (Muona, 2006, Helteenvuori, 2007). Konecranes Oy valmistaa neljää eri kokoluokan STS-nostureita jotka myötäilevät laivojen standardikokoluokitusta; Panamax, Post panamax, Super post panamax ja Mega-luokka. Kokoluokkien merkittävimpinä eroina on puomin pituus sekä nosturin nostokapasiteetti (Konecranes).



Kuva 3.1: STS-nosturi (Konecranes)

Kuormauselin on STS-nosturin vaunusta teräsköysien varassa roikkuva teräskehikko jonka tehtävänä on tarttua konttiin nurkkalukkojen avulla (kuva 3.2). Kuormauselimessä on ohjaimet jotka helpottavat kuormauselimen asettamista kontin päälle. Kuormauselimellä voidaan tehdä tiettyjä mikroliikkeitä, kuten horisontaalinen ja vertikaalinen kallistus sekä kiertäminen myötä- ja vastapäivään.



Kuva 3.2: Kuormauselin (Konecranes)

STS-nosturin toimintaan liittyy useita henkilöitä. Operaattori operoi STS-nosturia vaunussa sijaitsevasta ohjaamosta. Operaattorin apuna on yleensä kaksi puortia eli operaattorin apumiehiä, jotka informoivat operaattoria joko laivan kannelta tai sataman lastausalueelta. Puortit osoittavat operaattorille siirrettävän kontin ja sen sijoituspaikan.

STS-nosturia operoidaan pääosin kahdella ohjainsauvalla sekä erilaisilla kytkimillä kuten pedaaleilla ja ohjainsauvoihin sijoitetuilla painikkeilla. Ohjainsauvojen pääfunktiot ovat samanlaisia kaikilla STS-nostureilla. Vasemmanpuoleisella ohjainsauvalla operoidaan vaunun horisontaalista liikettä

ja oikeanpuoleisella ohjainsauvalla kontrolloidaan kuormauselimen korkeutta. Muiden toimintojen sijoitus, kuten nurkkalukkojen hallinta ja radion tangentti, riippuvat ohjaamon mallista.

### **3.1 STS-nosturin työsyklin kuvaus**

STS-nosturin ensisijainen käyttötarkoitus on siirtää kontteja satamalaiturin ja laivan välillä. Selkeästä työnkuvasta huolimatta STS-nosturin työsyklin voi jakaa kuuteen eri vaiheeseen: Tehtävänanto, siirtyminen kontin luo, konttiin tarttuminen, kontin nostaminen ja siirtyminen lastauspaikalle, kontin lastaaminen sekä kuormauselimen nostaminen ja siirtyminen odottamaan uutta tehtävää. Seuraavaksi käsittelen edellä mainittuja kuutta työvaihetta yksityiskohtaisemmin. Kuvaus perustuu Kotkassa, lokakuussa 2008 käytyihin videohaastatteluihin sekä huhtikuussa 2008 Hyvinkäällä tehtyyn asiantuntijahaastatteluun.

#### **3.1.1 Tehtävänanto**

Ennen laivan lastaamista konttien lastausjärjestys suunnitellaan siten, että laiva säilyttää vakautensa ja purettaessa konttien uudelleen käsittely välisatamissa jää mahdollisimman vähäiseksi (Akio et al, 2006).

Tehtävänannossa STS-nosturin operaattorille osoitetaan lastattava kontti sekä kontin sijoituspaikka laivassa. Tehtävänanto annetaan yleensä puortin toimesta radiopuhelimen välityksellä. Tehtävänanto voidaan välittää myös visuaalisesti erillisellä terminälinäytöllä mutta tämä edellyttää että sataman tietojärjestelmä on kytketty STS-nosturin tietojärjestelmään. STS-nosturilla radiopuhelinyhteys otetaan painamalla tangenttia, joka on yleensä joko jalkapedaali tai ohjainsauvaan integroitu painike.

### **3.1.2 Siirtyminen kontin luo**

Satamalaiturilla oleva puorti antaa operaattorille luvan noutaa kontti kun lastausalue on vapaa muista työkoneista ja ihmisistä. STS-nosturista ei ole suoraa näköyhteyttä lastausalueelle minkä vuoksi operaattorilla on käytössään erillinen näyttö josta voi varmistaa ettei lastausalueella ole mitään ylimääräistä. Siirtyessään lastausalueelle operaattori voi jo valmiiksi aloittaa kuormauselimen laskemisen kohti konttia.

### **3.1.3 Konttiin tarttuminen**

Kuormauselimen ollessa kontin yläpuolella, operaattori laittaa kuormauselimen kulmissa olevat ohjaimet ala-asentoon ohjainsauvassa olevasta painikkeesta, jonka jälkeen operaattori laskee kuormauselimen varovasti kontin päälle. Satamalaiturilla oleva puorti antaa radion välityksellä informaatiota kuormauselimen ja kontin välisestä etäisyydestä. Kun kuormauselin on asettunut kontin päälle, operaattori saa tiedon ohjaamon valopaneelistä lukituksen olevan mahdollinen. Ennen kontin nostamista operaattori lukitsee kuormauselimen nurkkalukot.

### **3.1.4 Kontin nostaminen ja siirtyminen lastauspaikalle**

Ennen kontin nostamista operaattori varmistaa ohjaamon valopaneelistä että nurkkalukot ovat kiinni. Nostamisen alkuvaiheessa operaattori nostaa konttia varovaisesti ettei kuormauselin ja kontti lähde heijaamaan ja nostaa kuormauselimen ohjaimet ylös. Kun kontti on riittävällä korkeudella, siirtyminen kohti lastauspaikkaa voi alkaa ja lopun nostamisen voi suorittaa siirtymisen aikana.

### **3.1.5 Kontin lastaaminen**

Konttiin tarttumiseen verrattuna laivaan lastaaminen on hieman haastavampaa sillä lastattaessa operaattorilla ei ole mahdollisuutta käyttää kuormauselimen ohjaimia. Ruumaan lastattaessa operaattori kohdistaa kontin ruumassa olevan sellin kiskoille. Laivassa oleva puorti informoi radiopuhelimen välityksellä operaattorille kontin etäisyydestä ruuman lattiaan tai edelliseen konttiin. Mikäli laiva on kallellaan muun lastin vaikutuksesta, operaattori voi säätää kuormauselimen kallistusta erillisistä ohjaimista. Kun kontti on tukevasti paikoillaan, operaattori saa tiedon ohjaamon valopaneelistä että kuormauselimen nurkkalukot voi vapauttaa.

### **3.1.6 Kuormauselimen nostaminen ja uuden tehtävänannon odottaminen**

Nurkkalukkojen ollessa auki, operaattori nostaa kuormauselimen ruumasta ja siirtyy odottamaan uutta tehtävänantoa. Kuormauselin tulee kuitenkin nostaa riittävän korkealle ettei se peruuttaessa osu mahdollisiin takana oleviin konttipinoihin.

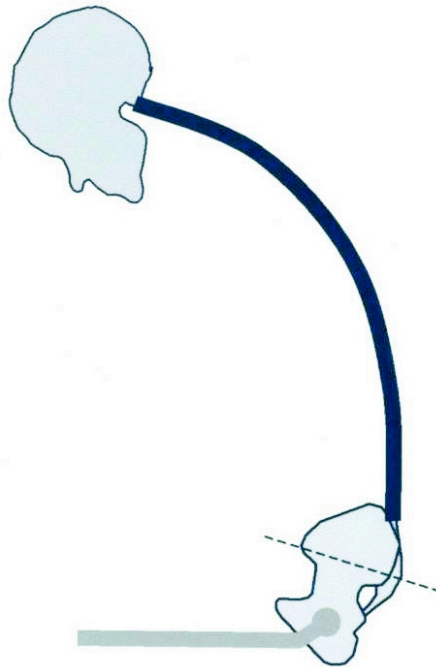
## **3.2 Ergonomiaongelmien yksilöinti**

Edellä kuvatun STS-nosturin työsyklin, huhtikuussa 2008 tehdyn asiantuntijahaastattelun sekä lokakuussa 2008 käytyjen videohaastatteluiden perusteella esiin nousi useampia ongelmakohtia liittyen STS-nosturin ergonomiaan ja käytettävyyteen. Seuraavaksi esitellään tärkeimmät esiin nousseet ongelmakohdat.

### **3.2.1 Työasento ja istuimen ergonomia**

Ergonomian kannalta STS-nosturin keskeisin ongelma on operaattorin työasento. Operaattorin tehtävät, etenkin tarkkuutta vaativat konttiin

tarttumisen ja kontin lastaaminen tapahtuvat kulmassa, jossa operaattorin katse on suunnattuna jatkuvasti alaspäin. Alaspäin katsottaessa operaattori joutuu nojaamaan eteenpäin, joka aiheuttaa niskan, hartiaseudun sekä selän väsymistä (kuva 3.3) (Ergocab, Helteenvuori, 2007). Eteenpäin nojattaessa, selkärankaa tukevat lihakset joutuvat kovemmalle rasitukselle vartalon tasapainon ylläpitämiseksi. Tasapainoa ylläpitävien lihasten rasitus kasvaa mitä kumarammassa asennossa selkä on. Tällöin myös selkärangan välilevyille kohdistuva paine jakautuu epätasaisemmin (Corlett, 2006).



Kuva 3.3: Operaattorin selkärangan normaali asento (Elliot, 2004).

Hyvässä istuma-asennossa lannelordoosin eli selkärangan lannenotkon tulisi säilyä. Tällöin kehon massan aiheuttama paine välilevyille jakautuu tasaisesti. Lannelordoosi muodostuu luonnollisesti silloin kun ihminen seisoo selkä suorassa (Donald et al, 1999). Hyvässä istuma-asennossa reidet ovat horisontaalisti suorassa siten, että selän ja reisien välinen kulma on noin 90 astetta. Istumisen biomekaniikalla pystytään selittämään huonosta istuma-asennosta aiheutuvat selän lihaksien ja välilevyjen vauriot. Selän lihaksien ollessa aktiivisia, aiheuttaa ne painetta välilevyille. Välilevyt saavat ravinteensa

tällä paineen vaihtelulla, mutta mikäli paine kohdistuu liian kauan samalle alueelle, voi ne vaurioitua tai aiheuttaa painetta selän hermoille (Corlett, 2006).

Istumisessa nikamalevyille sekä alaselän lihaksille kohdistuvaa painetta voidaan vähentää käyttämällä käsinoja. Käsinojen on myös huomattu vähentävän epäkäslihaksien myoelektristä aktiviteettia (lihassäikeiden supistumisesta seuraavia sähköimpulsseja) (Donald et al, 1999). Tämä on huomioitu myös STS-nostureiden ohjaamossa, mutta mahdollisuus käsinojen säätämiseksi on usein huomioitu minimaalisesti.

### 3.2.2 Hallintalaitteet

Ohjainlaitteiden tulisi olla sijoitettuna siten, että niiden käyttäminen ei turhaan kuormita operaattorin tarkkaavaisuutta. Lisäksi käyttöliittymän tulisi antaa palautetta ja varoittaa mahdollisista virheistä. Primääriohjaimien tulisi olla sijoitettuna siten, ja haptisilta ominaisuuksiltaan sellaisia, ettei operaattorin tarvitse turhaan kohdistaa katsettaan käytettävään ohjainlaitteeseen. Näin ollen hallintalaitteiden sijoittelussa tulisi varmistaa että ne ovat intuitiivisesti käytettäviä sekä automatisoitavissa olevat työvaiheet ovat automatisoitu (Scapin et al, 1997). Tämän lisäksi ohjainsauvojen koolla ja jäykkyydellä on vaikutusta ohjattavuuteen sekä lihaksien rasitukseen (Huysmans et al, 2006).

STS-nosturin primääri hallintalaitteet ovat nosturin vaunun ja kuormauselimen liikuttamiseen tarkoitetut ohjainsauvat, radion tangentti sekä nurkkalukkojen ja ohjaimien kytkimet. Tämän lisäksi ohjaamossa on kuormauselimen mikroliikkeiden ja kierron kontrolloimiseen tarkoitettu ohjainsauva sekä vaihteleva määrä eri kytkimiä muihin toimintoihin. Ohjainsauvojen toiminnallisuutta lukuun ottamatta eri ohjaamoissa kytkimet ovat toteutettu ja sijoitettu erilailla. Joissakin STS-nosturimalleissa toiminnot kuten radion tangentti ja lukitukset ovat toteutettu jalkapedaaleilla. Jalkapedaalit ovat



erillään muista ensisijaisista ohjaimista ja niiden käyttäminen aiheuttaa ylimääräistä kuormitusta operaattorin tarkkaavaisuudelle.

### 3.2.3 Havaitseminen ja kommunikointi

STS-nosturista ei ole suoraa näkyvyyttä nosturin taakse, jonka vuoksi peruuttaessa operaattori joutuu luottamaan puortien ohjeistukseen sekä peruutuskameran välittämään kuvaan. Lisäksi ohjaamon tukirakenteet ja lattiaikkunan päällä oleva turvaritilä häiritsee operaattorin näkyvyyttä alas ja alaviistoon. Operaattorin näkyvyyttä alaspäin on yritetty helpottaa erilaisilla kamerajärjestelmillä mutta käytettävyyden suhteen niillä ei olla päästy toimivaan toteutukseen (Muona, 2006). Peruutettaessa konttipinojen yläpuolella riskinä on kuormauselimen osuminen takana olevien konttipinoihin mikäli kuormauselin on liian alhaalla.

### 3.3 Ongelmiin liittyvä kirjallisuus

*Bovenzi et al. (2002)*. Artikkelissa käsitellään koko kehoon kohdistuvan värinän 'Whole Body Vibration' (WBV) vaikutusta satamakoneiden kuljettajien kokemiin alaselkäkipuihin. Tutkimus suoritettiin pohjoisitalialaisessa Triesten satamassa, johon osallistui 245 satamakone-operaattoria sekä 117 manuaalisen satamatyön suorittajaa. Tutkimuksessa ilmeni että koko kehoon kohdistuvalle värinälle altistuvilla satamakone-operaattoreilla on merkittävästi suurempi riski altistua alaselän vaurioille kuin manuaalisen, huomattavasti fyysisempää työtä suorittavat työntekijät.

*Corlett (2006)*. Artikkelissa käsitellään minkälaisia vaatimuksia ergonomisesti hyvä työistuin tulisi täyttää. Istuimen suunnittelussa on tärkeää huomioida istuimen käyttäjän työtehtävän asettamat vaatimukset. Artikkelissa käydään yksityiskohtaisesti läpi työistuimen eri elementtien vaatimuksia sekä

minkäläistä hyötyä elementit voivat optimaalisessa tilanteessa tarjota. Artikkelissa läpikäydään istumisen biomekaniikkaa ja ergonomiaa jonka vuoksi artikkeli antaa hyvät työkalut työistuimen ergonomisuuden arviointiin

*Harrison et al. (1999).* Kirjallisuuskatsauksen tavoitteena on istumisen biomekaniikan tutkimuksen perusteella saada määriteltyä toimisto-olosuhteissa istumisen optimaalinen selkärangan malli. Kirjallisuuskatsauksessa arvioidaan useita tutkimuksia istumisen biomekaniikasta ja ergonomiasta. Kirjallisuuskatsauksessa käydään yksityiskohtaisesti jalkojen, selkärangan ja pään asennon biomekaniikkaa ja niiden merkitystä istumisen ergonomiaan.

*Harrison et al. (2000).* Tutkimuksen tavoitteena on määritellä ergonomisesti optimaalinen henkilöauton istuin sekä kuljettajan selkärangan malli. Tutkimus antaa suosituksia eri ominaisuuksista joita ergonomisen istuimen tulisi täyttää. Tutkimuksessa käsitellään muun muassa tärinän vaimentamista ja sen vaikutusta erilaisiin selkäongelmiin, käsinojen merkitystä sekä erilaisien säätömahdollisuuksien tarpeellisuutta.

*Huysmans et al. (2006).* Tutkimuksessa käsitellään ohjainsauvan koon ja jäykkyyden vaikutusta nosturioperaattorin tarkkuuteen, tehokkuuteen sekä hartiasseudun ja käsien lihaksien aktiivisuuteen. Tutkimus osoitti että lyhyellä ohjainsauvan varrella on positiivinen vaikutus tarkkuuteen ja tehokkuuteen kun lihasten rasitus pysyi lähes samana ohjainsauvan pituudesta riippumatta.

*Myrphy et al. (2008).* Artikkelissa tutkitaan dynaamisen, luonnollista liikerataa myötäilevän käsinojan vaikutusta epäkäs- ja hartialihaksien aktiivisuuteen ohjainsauvoja käsiteltäessä. Tulokset perustuvat koehenkilöiden aktiivisten lihaksien EMG-mittaukseen. Luonnollista liikerataa myötäilevien käsinojen todettiin vähentävän hartiasseudun lihaksien aktiivisuutta ja siten vähentävän riskiä rasitusvammojen syntymiseen.

*Scapin et al. (1997).* Tutkimuksessa käsitellään kognitiivisen ergonomian kannalta merkittäviä kriteereitä jotka tulisi ottaa huomioon interaktiivisen järjestelmän suunnittelussa. Tutkimuksessa kuvataan kahdeksan pääkriteeriä, muun muassa ohjeistusta, työtakkaa ja järjestelmän selkeyttä sekä niihin liittyviä alakriteereitä. Tutkimusta voidaan käyttää muistilistana kun suunnitellaan ja arvioidaan järjestelmää, joka on vuorovaikutuksessa käyttäjän kanssa.

*Steenken et al. (2004).* Kirjallisuuskatsauksessa käsitellään konttisarjan toimintaa logistisesta näkökulmasta. Tutkimuksessa painotetaan logistiikan optimointia ja niihin liittyviä kysymyksiä antaen myös hyvän kuvan siitä, kuinka nykypäivän satamat toimivat ja minkälaisia kommunikointiratkaisuja satamissa on käytössä eri tasoilla.

## 4 JOHTOPÄÄTÖKSET JA SUOSITUKSET

Huolimatta siitä, että STS-nosturin ergonomiasta ja käytettävyydestä on tehty vain vähän tutkimusta, on olemassa paljon muita laitteita koskevaa tutkimusta joita voi suoraan tai osittain soveltaa myös STS-nosturiin. Seuraavissa kappaleissa esitellään mahdollisia kehitysideoita ja suosituksia STS-nosturin ergonomian ja käytettävyyden parantamiseksi.

### 4.1 Istuin ja työskentelyasento

Fyysisen ergonomian kannalta STS-nosturin suurin ongelma on operaattorin työasento johtuen siitä, että operaattorin katse on suunnattuna suurimman osan ajasta alas. Tästä johtuen operaattori nojaa jatkuvasti eteenpäin, mikä puolestaan aiheuttaa painetta operaattorin hartiasseudulle, niskaan ja alaselkään. Nykyisillä nosturimalleilla ongelmaa pystyy tuskin täysin ratkaisemaan, mutta istuimen säätömahdollisuuksia kehittämällä ongelmaa voidaan kuitenkin lievittää.

Optimaalisessa istuma-asennossa nivelet ja lihakset tulisi pyrkiä pitämään mahdollisimman neutraalissa tilassa, lannelordoosin tulisi säilyä sekä yläkehon painopisteen pitäisi olla istuinluulla (Corlett, 2006). Kuitenkin eteenpäin nojattaessa yläkehon painopiste siirtyy eteen alaraajojen varaan ja selkä taipuu helposti kyyryyn (Donald et al, 1999). Alaraajojen varaan kohdistuva paino ei saisi ylittää neljännestä koko kehon painosta, joka käsittää keskimäärin alaraajojen oman painon (Corlett, 2006). Monipuolisilla istuimen säätömahdollisuuksilla voidaan kuitenkin vaikuttaa siihen, että eteenpäin nojattaessa kehon paino jakautuu mahdollisimman tasaisesti vähentäen näin altistumista lihasten kipeytymiselle.

Istuimen istuinosan korkeuden ja kaltevuuden säätämällä voidaan vaikuttaa siihen että eri mittaisten istujien jalat ovat tuettu lattiaan tai jalkatukeen, kun taas istuinosan kaltevuuden säätämällä voidaan vaikuttaa luonnollisen lannelordoosin muodostumiseen. Lannelordoosi muodostuu lähelle pystyasennossa olevaa luonnollista tilaa kun istuimen kaltevuus on 15, 20 tai 25 astetta ja polvien kulma on 70 ja 110 asteen välillä (Corlett, 2006).

Eteenpäin nojattaessa jaloille ja selkärangalle kohdistuvaa painetta voidaan vähentää käsinojen avulla (Donald et al, 1999). Nag et al. 2008 tutkimuksen mukaan oikein säädettynä käsinojat kannattelevat noin 7% yläkehon painosta. Mikäli käsinojista saatava hyöty halutaan soveltaa istuimessa, ne tulisivat olla säädettynä istujan antropometristen ominaisuuksien mukaan niin vertikaalisesti kuin horisontaaliksi. Jos käsinojat ovat liian korkealla, pakottaa se istujan nostamaan olkapäitään jonka seurauksena hartian lihakset joutuvat ylimääräisen rasituksen alaiseksi. Liian alhaalla olevat käsinojat puolestaan pakottavat istujan kumaraan asentoon. Mikäli käsinojat sijaitsevat liian kaukana edessä, kädet menettävät neutraalin asentonsa ja aiheuttaa olkapäiden kiertymistä sisäänpäin (Donald et al, 1999).

STS-nosturin operaattorin ensisijainen fyysinen toiminta liittyy ohjainsauvojen alituisen liikuttamiseen. Jatkuva staattinen rasitus joka ylittää 2% maksimaalisesta isometrisestä tahdonalaisesta lihassupistuksesta (MVC) voi johtaa rasitusvamman mikäli suoritusten välissä ei ole riittävää lepoa. Ohjainsauvojen käsittelystä aiheutuva MVC teollisuuskoneissa on mitattu olevan 2% tai suurempi (Murphy et al, 2008). Tämä voi olla myös vaikuttavana tekijänä STS-nosturi operaattoreiden kokemaan hartia- ja epäkäslihaksien kipeytymiseen. MVC:hen vaikuttaa merkittävästi myös ohjainsauvan jäykkyys ja liikeradan laajuus.

Murphy et al. (2008) käsittelee tutkimuksessaan luonnollista liikerataa tukevan käsinojan vaikutusta epäkäs- ja hartialihaksien aktiivisuuteen ohjainsauvojen horisontaalisessa käsittelyssä. Käsinoja mukailee operaattorin kyynärvarren liikkeitä muuttamalla käsinojan kulmaa eteen- ja taaksepäin työnnettäessä ja liikkumalla horisontaalisesti operaattorin kyynärvarren mukana. Murphy et al. (2008) tekemien elektromyografia (EMG) -mittauksien perusteella dynaamisella, luonnollista liikerataa tukevalla käsinojalla on epäkäs- ja hartialihaksien aktiivisuutta vähentävä vaikutus ohjainsauvoja käsiteltäessä.

Selkänöjalla on oikein säädettynä painetta lieventävä vaikutus selkärangan välilevyille. Merkittävä hyöty selkänöjan vaikutuksesta saadaan kun selkänöja on vähintään 100 asteen kulmassa istuimeen nähden (Donald et al, 1999). Näin ollen eteenpäin nojattaessa selkänöjasta saatava hyöty vähenee merkittävästi. Selkänöjalla voidaan kuitenkin tukea lannelordoosia, mikäli istujan selkä myötäilee selkänöjaa. Tämän saavuttamiseksi voidaan käyttää muun muassa nelipisteturvavyötä joka sitoo istujan selän selkänöjaan. Istuja voisi myös mahdollisesti nojata nelipisteturvavyöhön joka osaltaan kannattelisi yläkehon painoa ja siten vähentäisi alaselän lihaksiin ja jalkojen varaan kohdistuvaa painoa.

Tärinäällä on havaittu olevan suuri vaikutus lannerangan ja sen hermoston häiriöille. Tämä yhdistettynä huonoon työskentelyasentoon vahvistaa ilmiötä ennestään (Bovenzi et al, 2002). Tutkimusten mukaan voimakkuudeltaan 4,75, 9,5 ja 12,7 Hz. tärinä resonoituu voimakkaimmin selkärankaan (Donald et al, 2000). Näin ollen istuimen suunnittelussa tärinän vaimentamiseen 1-20 Hz. alueella tulisikin kiinnittää erityisesti huomiota.

Istuimen monipuolisella säädettävyydellä voidaan vähentää haittoja jotka aiheutuvat pitkäaikaisesta eteenpäin nojautuvasta istuma-asennosta. On kuitenkin huomioitavaa että monimutkaisella istuimen säädettävyydellä on

suuri riski saada huonosta istuma-asennosta huomattavasti huonompi, mikäli säädöt tehdään väärin. Tämän vuoksi istuimen käyttäjiä tulisi ohjeistaa erityisen huolellisesti tekemään tarvittavat säädöt oikein. Yhtenä vaihtoehtona voisikin olla uusimmista henkilöautoista tuttu ohjelmallisesti säädettävä istuin. Operaattoreille tehtäisiin yksilölliset antropometriset mittaukset joiden perusteella tuoli säätäisi koodin tai avaimen perusteella automaattisesti henkilökohtaisiin perusasetuksiin. Tämän jälkeen istujalle jäisi mahdollisuus istuimen asetuksien hienosäätöön eikä istuimen asetuksien löytämiseen tuhlautuisi työaika.

Vaikka istuma-asento olisi ergonomisesti erinomainen, tulisi istujalla olla mahdollisuus vaihtaa asentoa. Liian pitkään pidetty sama asento väsyttää aktiivisia lihaksia ja saattaa johtaa lihaksien rasitusvammoihin.

#### **4.2 Hallintalaitteet**

STS-nosturin ensisijaiset hallintalaitteet ovat nosturin ohjainsauvat, radion tangentti, sekä nurkkalukkojen ja kuormauselimen ohjaimien kytkimet. Hallintalaitteet tulisivat olla sijoitettuna siten, ettei ohjaimien ja kytkimien käyttäminen aiheuta ylimääräistä kuormitusta operaattorin tarkkaavaisuudelle. Koska STS-nosturin operaattori pitää nosturia operoitaessa molemmat kädet ohjainsauvoilla, olisi luontevaa että myös ensisijaisesti käytettävät kytkimet olisivat käytettävissä ohjainsauvoista. Sen lisäksi, että ensisijaiset toiminnot olisivat STS-nosturin käyttöliittymässä intuitiivisesti käytettävissä, tiettyjen toimintojen automatisointi voisi parantaa yleistä käytettävyyttä ja siten edistää tehokkuutta. Esimerkiksi kuormauselimen ohjaimien automaattinen nostaminen, kun nurkkalukot ovat kiinnittyneet konttiin, poistaisi yhden tehtävän operaattorilta. Näin ollen riski ohjaimien vaurioitumiseen laivan sellissä, mikäli ohjaimet ovat unohtuneet alas, vähenisi huomattavasti.

Huysmans et al. (2006) tutkivat ohjainsauvan koon vaikutusta nosturioperaattorin työn tarkkuuteen, tehokkuuteen ja fyysiseen rasitukseen. Tutkimuksessa kävi ilmi että lyhyellä ohjainsauvalla oli positiivinen vaikutus työskentelyn tarkkuuteen ja tehokkuuteen kun fyysinen kuormitus pysyi lyhyellä ja pitkällä ohjainsauvalla lähes samana. Lyhyt ohjainsauva todettiin kuitenkin olevan miellyttävämpi käyttää, sillä ohjainsauvaa käytettäessä päältäpäin, operaattorin ranne pysyi neutraalissa asennossa.

Tutkimuksessa ei otettu huomioon tärinän vaikutusta ohjattavuuden tarkkuuteen. Tärinällä ja nytkähdyksillä on suurempi vaikutus ohjainsauvaan jossa on lyhyempi ohjausväli. Tähän voidaan kuitenkin vaikuttaa ohjainsauvan jäykkyydellä. Lisäksi toimintakytkimien lisääminen perinteisen malliseen lyhyeen ohjainsauvaan on haastavampaa.

#### **4.3 Kommunikointi ja havaitseminen**

Tehtävänanto ja toimintaohjeet välitetään STS-nosturin operaattorille radion välityksellä. Keskittyminen STS-nosturin operoimiseen, taustamelu sekä usein taustalla soiva radio saattavat aiheuttaa väärinkäsityksiä tehtävänannosta, jolla on suoraan vaikutus työn laatuun ja tehokkuuteen. Siksi olisikin hyödyllistä että tehtävänanto olisi mahdollista saada useamman informaatiokanavan välityksellä.

Sähköinen kommunikointi eri satamien huolinnan, viranomaisten ja maakuljetusten kanssa noudattaa kansainvälistä standardia (EDIFACT; Electronic Data Interchange For Administration, Commerce and Transport). Kaikki konttiin liittyvät tiedot, kuten kontin lähtöpaikka, määränpää ja sijainti konttia kuljettavassa laivassa on määritelty tämän standardin mukaan. Tämän informaation perusteella tehdään myös laivojen lastaussuunnitelmat (Steenken et al, 2004). Laivojen lastaussuunnitelmat pyritään tekemään siten, että



välisatamissa vältytään konttien ylimääräiseltä uudelleen käsittelyltä. Lastausinformaatiota hyväksikäyttäen olisikin mahdollista välittää STS-nosturin operaattorille lastattavan ja purettavan kontin paikka operaatiopaneelin välityksellä visuaalisesti, mikäli STS-nosturin operaatiopaneeli kommunikoi sataman tietojärjestelmän kanssa. Tämä voisi vähentää mahdollisia väärinkäsityksiä ja siten tehostaa STS-nosturin toimintaa.

Näkyvyys STS-nosturin ohjaamosta alaspäin on suhteellisen huono johtuen tukirakenteista, sekä joissakin malleissa alaikkunan päällä olevasta turvaritilästä. Lisäksi näkyvyys STS-nosturin taakse on täysin videomonitorin sekä puortin varassa. Näkyvyyttä alaspäin olisi mahdollista parantaa ohuempien tukirakenteiden avulla sekä kestävämmän ikkunamateriaalin, kuten panssarilasin käytöllä, joka poistaisi alaikkunan päällä olevan suojaritilän tarpeellisuuden. Näköyhteyden puuttuminen nosturin taakse voi aiheuttaa peruuttaessa riskin edellisen konttipinon vaurioittamiselle tai pahimmillaan kaatamiselle mikäli kuormauselinä ei ole nostettu riittävän korkealle. Tämä voisi olla estettävissä mikäli STS-nosturin tietojärjestelmässä olisi muisti, joka rekisteröisi taakse lastatun konttipinon korkeuden ja siten estäisi peruuttamisen, mikäli takana olevan konttipinon ylin kontti on korkeammalla kuin kuormauselin.

## 5 YHTEENVETO

Tässä tutkielmassa tarkasteltiin fyysistä ja kognitiivista ergonomiaa STS-nosturin operaattorin näkökulmasta. STS-nosturin keskeisimmät ergonomiaongelmat pyrittiin löytämään tarkastelemalla fyysisen- ja kognitiivisen ergonomian teoriaa sekä analysoimalla aiemmin käytyjä asiantuntija- ja operaattori haastatteluita.

Keskeisin ergonomiaongelma STS-nosturissa havaittiin olevan huono työasento johtuen operaattorin eteenpäin nojallaan olevasta työasennosta. Muut merkittävät ongelmat liittyivät ohjaamon hallintalaitteiden sijoitteluun ja niiden intuitiiviseen käytettävyyteen sekä operaattorin ja muiden toimijoiden väliseen kommunikointiin. STS-nosturin ergonomiasta ja käytettävyydestä on tehty hyvin niukasti tutkimusta, jonka vuoksi ergonomian ja käytettävyyden parantamiseksi tehtyihin suosituksiin ja kehitysideoihin on sovellettu tutkimusta muista teollisuuskoneista, joissa on havaittu olevan samankaltaisia ergonomia- ja käytettävyysoongelmia.

STS-nosturin ergonomiaa ja käytettävyyttä on mahdollista kohentaa pienillä muutoksilla jo olemassa oleviin ohjaamoratkaisuihin. Tutkimuksessa esitettyjen suositusten käytäntöön soveltaminen STS-nosturin ohjaamoon vaatii kuitenkin tarkempaa tutkimusta ja analyysiä, jotta suosituksista saatavat hyödyt olisivat maksimaalisia. Tämän tutkielman ulkopuolelle jäivät ohjaamon perustavanlaatuisia muutoksia vaativat ehdotukset kuten makuultaan ohjaaminen ja valoa taittavien lasimateriaalien käyttäminen.

## LÄHDELUETTELO

Berguer, R. (1999). Surgery and Ergonomics. *Archives of surgery*, 134(9), 1011-1016.

Bovenzi, M., Pinto, I., & Stacchini, N. (2002). Low back pain in port machinery operators. *Journal of Sound and Vibration*, 253(1), 3 - 20.

Corlett, E. N. (2006). Background to sitting at work: research-based requirements for the design of work seats. *Ergonomics*, 49(14), p1538 - 1546.

Dull, J. & Weerdmeester, B. (2001). *Ergonomics for beginners: a quick reference guide* (2nd ed.). Taylor & Francis.

Elliot, N. (2004). Are you sitting comfortably? *Terminal performance.*, 36-38.

Ergocab. [www.ergocab.com](http://www.ergocab.com)

Harrison, D. D., Harrison, S. O., Croft, A. C., Harrison, D. E., & Troyanovich, S. J. (2000). Sitting biomechanics, Part II: Optimal car driver's seat and optimal driver's spinal model. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*, 23(1), 37 - 47.

Harrison, D. D., Harrison, S. O., Croft, A. C., Harrison, D. E., & Troyanovich, S. J. (1999). Sitting biomechanics Part I: Review of the Literature. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*, 22(9), 594 - 609.

Helteenvuori, E. (2007). Käyttäjävaatimusten määrittely nosturin ohjaamon operaatiopaneelille. Diplomityö, Turun yliopisto.

Huysmans, M., de Looze, M., Hoozemans, M., van der Beek, A., & van Dieën, J. (2006). The effect of joystick handle size and gain at two levels of required precision on performance and physical load on crane operators. *Ergonomics*, 49(11), 1021-1035.

IEA, International Ergonomics Association. [www.iea.cc](http://www.iea.cc)

Imai, A., Sasaki, K., Nishimura, E., & Papadimitriou, S. (2006). Multi-objective simultaneous stowage and load planning for a container ship with container rehandle in yard stacks. *European Journal of Operational Research*, 171(2), 373 - 389.

Konecranes Oyj, [www.konecranes.com](http://www.konecranes.com)

Muona, T. (2006). Kamerajärjestelmä satamanosturiin. Diplomityö, Teknillinen korkeakoulu.

Murphy, T. & Oliver, M. L. (2008). Development and design of a dynamic armrest for hydraulic-actuation joystick controlled mobile machines. *Applied Ergonomics*, 39(3), 316 - 324.

Nag, P. K., Pal, S., Kotadiya, S. M., Nag, A., & Gosai, K. (2008). Human-seat interface analysis of upper and lower body weight distribution. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 38(5-6), 539 - 545.

Salvendy, G. (2006). *Handbook of Human Factors and Ergonomics* (3rd ed.). John Wiley.

Scapin, D. L. & Bastien, C. J. M. (1997). Ergonomic criteria for evaluating the ergonomic quality of interactive systems. *Behaviour and Information Technology*, 16(4-5), 220-231.

Steenken, D., Voß, S., & Stahlbock, R. (2004). Container terminal operation and operations research - a classification and literature review. *OR Spectrum*, 26(1), 3-46.

Väyrynen, S., Nevala, N., & Päivinen, M. (2004). Ergonomia ja käytettävyys suunnittelussa. Teknologiainfo Teknova.