
**SAIRAALAN VÄLINEHUOLTOKESKUKSEN
AUTOMATISOINNILLA SAAVUTETTAVAT
PARANNUKSET**



Ammattikorkeakoulun opinnäytetyö
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Riihimäki, 28.03.2012

Heidi Hämäläinen



RIIHIMÄKI

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Mekatroniikka

Tekijä	Heidi Hämäläinen	Vuosi 2012
Työn nimi	Sairaalan välinehuoltokeskuksen automatisoinnilla saavutettavat parannukset	

TIIVISTELMÄ

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää minkälaisia kustannus-, läpimenoaika- ja työergonomiaparannuksia välinehuoltokeskusten automatisoinnilla voidaan saavuttaa. Opinnäytetyötä on tarkoitus käyttää tulevaisuudessa välinehuoltokeskusten suunnittelussa pohjatietona. Työn toimeksiantaja on Insinööritoimisto Olof Granlund Oy.

Työssä perehdytään automatisoinnin eri mahdollisuuksiin. Työssä esitellään automatisoimattoman ja automatisoidun välinehuoltokeskuksen huoltoprosessit. Tässä työssä kuvattavaa välinehuoltokeskuksen pakkausalueen automatisointia ei ole vihivaunujen osalta toteutettu vielä, vaan työ kuvaa niitä automatisoinnin mahdollisuuksia, jotka opinnäytetyön tekemisen aikana olivat mahdollisia. Kuljettimia käyttäviä välinehuoltokeskuksia on toteutettu.

Pakkausalueen automatisoinnilla pystytään poistamaan ihmisiä kuormittavia työtehtäviä ja vapauttamaan välinehuoltajia tekemään tarkkuutta vaativia tehtäviä, joita koneilla ei toistaiseksi pystytä tekemään. Tässä opinnäytetyössä esitellään laskuesimerkin avulla se, että pakkausalueen siirtotoiminnan automatisoiminen pystytään nostamaan 1000 containeria päivässä tuottavan välinehuoltokeskuksen tuotantoa 11 prosenttia, kun pesutelineiden ja containerien siirtäminen hoidetaan kuljetusjärjestelmän avulla.

Kustannussäästöjä saadaan keskittämällä välinehuoltotoiminta automatisoituun välinehuoltokeskukseen, jolloin osastoilla tapahtuva huoltotyö jää pois eikä osastoille tarvita omia välinehuoltolaitteita. Kun laitteita on vähemmän ympäri sairaalaa, säästetään myös määräaikaishuolto- ja validointikustannuksissa. Automatisoinnin ja tuotannonohjauksen avulla myös instrumenttien seurattavuus paranee, kun instrumentin reitti välinehuollossa osastolle ja takaisin huoltoon pystytään selvittämään.

Avainsanat Välinehuolto, automatisointi, tuotannonohjaus, kustannukset, työergonomia

Sivut 31 s. + liitteet 9 s.

Riihimäki

Degree Programme in Mechanical Engineering and Production Technology

Mecatronics

Author

Heidi Hämäläinen

Year 2012

Subject of Bachelor's thesis

Improvements achieved by automating central sterile supply department

ABSTRACT

The purpose of this thesis was to solve what kind of improvements in cost, turnaround and ergonomics can be gained by automation in the Central Sterile Supply Department (CSSD). This thesis is meant to be used in future as tool in designing CSSD. This thesis was commissioned by Insinööritoimisto Olof Granlund Oy.

In this thesis different possibilities of automation are introduced. The instrument maintenance process is demonstrated with automated guided vehicle, conveyors and without automation. There are not yet any CSSDs in operation in Finland that use automated guided vehicles for transferring washing and sterilization racks. Therefore this thesis describes those possibilities of automation which were possible when this thesis was written. CSSDs using conveyors have been implemented already.

The instrument maintenance process can be expedited with automation and heavy assignments can be eliminated. There are many assignments in the CSSD that demand the kind of accuracy that machines are not able to perform at this moment. Personnel have more time to do those assignments when transfers in the packaging area are automated and so. Production in the CSSD can be increased.

Savings in cost can be made when the instrument maintenance is centralized in automated CSSD. By doing this departments do not need their own washer-disinfectors and autoclaves. Fewer machines also mean less expense in scheduled maintenance and validation. With automation and production control instruments monitoring improvements, as the movement of instruments from the CSSD to ward and back to CSSD can be documented.

Keywords Equipment maintenance, automation, production maintenance, cost, ergonomics

Pages 31 p. + appendices 9 p.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
1.1	Välinehuollon merkitys sairaanhoidossa.....	5
1.2	Toimeksiantaja	5
2	VÄLINEHUOLTO JA VÄLINEHUOLTOKESKUS	5
2.1	Validointi.....	7
2.2	Välinehuollon historia	7
2.3	Välinehuoltokeskusten kehitys.....	8
2.4	Välinehuollon organisoimistavat.....	9
2.4.1	Keskitetty välinehuolto.....	9
2.4.2	Osittain keskitetty välinehuolto	10
2.4.3	Hajautettu välinehuolto	10
2.5	Välineistön huoltoprosessi	10
2.5.1	Pesu.....	10
2.5.2	Pakkaus	12
2.5.3	Sterilointi	13
3	VÄLINEHUOLTOKESKUKSEN LAITTEIDEN AUTOMAATIO	13
3.1	Yleistä välinehuollon automaatiosta	14
3.1.1	Kuljetinjärjestelmä	15
3.1.2	Vihivaunu ja robotti.....	15
3.1.3	Vihivaunun ja robotin ohjaus	16
3.1.4	Kuljetin	17
3.2	Pesualue.....	17
3.3	Pakkausalue vihivaunua käytettäessä.....	18
3.4	Pakkausalue kuljetinta käytettäessä	19
3.5	Steriilivarasto	20
4	VÄLINEHUOLLON KUSTANNUKSET	20
5	TUOTANNONOHJAUS.....	21
6	TYÖERGONOMIA	22
7	KAPASITEETIN LASKENTAESIMERKKI.....	24
7.1	Automatisoimaton pakkausalue	24
7.2	Vihivaunulla toimiva pakkausalue	25
7.3	Kuljettimella toimiva pakkausalue.....	25
7.4	Johtopäätökset	26
8	YHTEENVETO	27
	LÄHTEET	29
Liite 1	Asiasanaluettelo	
Liite 2	Välinehuoltokeskuksen laitteiden kapasiteetilaskelma	

Liite 3 Välinehuoltokeskuksen pakkausalueen pohja- ja leikkauskuvia

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää minkälaisia kustannus-, läpimenoaika- tai työergonomiaparannuksia välinehuoltokeskusten automatisoinnilla saavutetaan. Työn tuloksia on tarkoitus käyttää tulevaisuudessa välinehuoltokeskusten suunnittelussa pohjatietona.

Sairaaloiden välinehuoltokeskusten toiminnan automatisointi on jatkuvasti kehittyvä ala, josta ei toistaiseksi löydy juurikaan suomenkielistä kirjallisuutta. Paras tieto välinehuollon automatisoinnista ja sen mahdollisuuksista on välinehuoltokeskuksia suunnitelleilla henkilöillä ja laitteista toimitavilla yrityksillä. Tässä työssä kootaan yhteen suunnittelijoilta ja kirjallisuudesta saatu tieto.

1.1 Välinehuollon merkitys sairaanhoidossa

Sairaaloiden yhä kasvava ongelma ovat sairaalainfektioiden ja moniresistenttien bakteerien aiheuttamat epidemiat. Potilaan tutkimuksessa ja hoidossa käytettävien välineiden puhtaus ja steriiliys ovat tärkeitä tekijöitä infektioiden hallinnassa. (Karhumäki 2008, 27.) Välinehuollon tavoitteena on huoltaa potilaan tutkimuksessa ja hoidossa käytettävä välineistö siten, ettei siitä aiheudu tartuntavaaraa potilaalle, henkilökunnalle tai ympäristölle. Tärkeää on myös henkilökunnan työturvallisuus sekä taloudellisuus. (Lax & Mikkola 2007, 7, 9.) Välineiden huollon tavoitteena on mahdollistaa omalta osaltaan potilaan hyvä ja turvallinen hoito. Oikein huolletut välineet estävät välineiden kautta tapahtuvan tartunnan ja hyvin toimivat välineet mahdollistavat teknisesti onnistuneen toimenpiteen. (Aha & Hellstén 2004, 85.)

1.2 Toimeksiantaja

Tämän opinnäytetyön toimeksiantaja on Insinööritoimisto Olof Granlund Oy, joka on yksi Suomen johtavista talotekniikan konsulttiyrityksistä. Päätoimialana ovat talotekninen suunnittelu, kiinteistönpidon konsultointi sekä suunnittelun ja ylläpidon ohjelmistojen kehitys ja myynti. Suunnittelualoja ovat LVI, sähkö, rakennusautomaatio sekä energia ja ympäristö. Erikoissuunnittelualoja ovat esimerkiksi kiinteät sairaalalaitteet, valaistus, AV ja palonsammutus.

Tämä työ on tehty kiinteiden sairaalalaitteiden suunnitteluryhmälle. Ryhmään kuuluu viisi henkilöä, joilla on kokemusta sairaalasuunnittelusta ja välinehuolloista yli 30 vuoden ajalta. Suurin osa Suomessa tällä vuosituhanella suunnitelluista välinehuoltokeskuksista on tämän ryhmän suunnittelema.

2 VÄLINEHUOLTO JA VÄLINEHUOLTOKESKUS

Välinehuolto omana erikoistumisalueenaan on osa terveydenhuoltojärjestelmää. Se tuottaa organisaation ydinprosesseille välttämättömät tukipal-

velut. Toiminta on vastuullista, tartuntojen leviämistä ehkäisevää työtä. (Karhumäki 2008, 23.) Välinehuoltokeskuksen perustehtäviin kuuluu välineiden puhdistus ja desinfiointi, tarkastus, kunnostus, pakkaus, sterilointi, varastointi ja toimittaminen asiakkaille (Aha & Hellstén 2004, 85). Tätä kutsutaan välineistön huoltoprosessiksi. Välineet kiertävät osastoilla ja palaavat uudelleen välinehuoltokeskuksen huoltoprosessiin. (Karhumäki 2008, 33.) Kukin sairaala ja hoitolaitos päättävät itselleen sopivasta välinehuollon toimintamallista. Keskussairaaloiden ja muiden suurten sairaaloiden välinehuolto toimii useimmiten keskitetysti välinehuoltokeskuksissa, jotka myyvät palveluja sekä sisäisille että ulkoisille asiakkaille. (Aha & Hellstén 2004, 85.) Sisäisiä asiakkaita ovat sairaalan osastot ja ulkoisia asiakkaita ovat muissa kiinteistöissä sijaitsevat toimijat.

Välinehuoltopalveluihin sisältyvät välineistön huolto- ja tuotantoprosessit. Välinehuoltoon voivat sisältyä myös kulutustavaroiden hankinta ja vastaanottaminen, varastointi, tuotteiden valmistaminen ja niiden toimittaminen asiakkaille. Palveluiden jatkuvan kehittämisen haasteita ovat taloudellinen ja kannattava toiminta, välineistön puhtaus sekä tuotteen ja palvelun laatu. (Karhumäki 2008, 23.)

Välinehuollon palvelutuotantoon sisältyy lisäksi asiakastarpeista lähteviä omavalmisteita, kuten sidetarvikkeita ja tekstiilejä. Ammattitaitoinen välinehuollon henkilökunta tarjoaa myös välineiden huoltoon liittyviä asiantuntijapalveluja osastoille. (Aha & Hellstén 2004, 85.) Työmenetelmien ja erilaisten keinojen avulla tarkoituksena on tarjota erilaisia auttamismenetelmiä hoitotyön ja lääketieteen prosessien eri vaiheisiin ja siten osallistua potilaan palveluketjuun (Karhumäki 2008, 23).

Välinehuollon työympäristöt ovat erilaisia ja teknologialtaan monimutkaisia. Välinehuoltopalvelujen sisältö vaihtelee työympäristöjen mukaan. (Lax & Mikkola 2007,8.) Eri osastot kaipaavat erilaisia palveluja välinehuoltokeskuksilta. Palvelut myydään paketteina, joiden sisältö riippuu siitä, onko myytävä palvelu välinehuoltokeskuksessa vai osastolla ja siitä mitä osaston tarvitsema välinehuolto pitää sisällään. (Hepoaho, henkilökohtainen tiedonanto 7.3.2012.)

Välinehuoltokeskus neuvottelee asiakkaitensa kanssa siitä, mitä palveluja kukin tarvitsee. Välinehuoltotoiminnan tärkeitä näkökohtia ovat myös henkilökunnan työturvallisuus ja toiminnan taloudellinen tarkoituksen mukaisuus. Välinehuolto tuottaa taloudellisesti laadukkaita ja käyttötarkoitukseen sopivia tuotteita oikeaan aikaan ja oikeaan paikkaan. Välineitten huolto on yhteistyötä käyttäjien ja välineitä huoltavien välillä. Yhteistyön tulisi alkaa jo välineen hankintavaiheessa, jolloin voitaisiin huomioida minkälaisia huoltotoimia, mm. sterilointia uusi väline vaatii. (Aha & Hellstén 2004, 85.)

Välinehuoltokeskuksessa välineistön huollossa ja steriloinnissa käytettävät laitteet ovat korkeatasoisia, ja keskuksset pystyvät ottamaan vastaan erilaisten toimintayksiköiden välinehuollon sekä myymään palvelujaan sairaalan ulkopuolisille asiakkaille. (Karhumäki 2008, 28-29.)

2.1 Validointi

Validoinnin tarkoitus on varmistaa, että steriloitu tuote täyttää standardin EN 556 mukaiset steriilin tuotteen vaatimukset. Validointi on suunniteltu ja dokumentoitu ohjelma, jolla osoitetaan, että prosessi tuottaa jatkuvasti tuotteita tai palveluita, jotka täyttävät ennalta määrätyt vaatimukset. Validoinnin keskeiset tekijät ovat steriloitavat tuotteet ja näiden mikrobialtisuus prosessissa, pakkaus, sterilointikuorma eli ns. mallikuorma, sterilointilaitte hyödykkeineen sekä sterilointilaitteen prosessi. Mikäli yksikin näistä tekijöistä muuttuu, prosessi on validoitava uudelleen (Hirvonen 2008, 210.) Validoinnista on saatava kolme peräkkäistä samanlaista tulosta. Kaikki autoklaavit validoidaan, pesu- ja desinfiointikoneiden validointi on vielä vähäistä. Pesu- ja desinfiointikoneet validoidaan standardin EN 15883 mukaan.

2.2 Välinehuollon historia

Jo esihistoriallisella ja antiikin ajalla välineet puhdistettiin vedellä ja steriloitiin käyttämällä kuivaa kuumuutta ja tulta. Noihin aikoihin uskottiin, että auringonvalo ultraviolettisäteidensä ansiosta tappaa taudinaiheuttajat ja voimistuttaa ihmisiä. Auringotonta kesää seurasi tavallisesti tautinen talvi. Tartuntojen välttämiseksi oli aurinko päästettävä huoneisiin ja ihmiset päästettävä aurinkoon. (Karhumäki 2008, 11.)

Miasma- ja pieneliöteorioiden esiintulo loi pohjaa tartuntatautien ehkäisymenetelmien kehitykselle sekä välineistön huollolle. Edellä mainitut teoriat, tulen ja auringon merkitys yhtenä sterilointimenetelmänä sekä höyryvoiman keksiminen olivat lähtökohtia välinehuoltotyön toimintamenetelmien synnylle ja kehittämiselle. (Karhumäki 2008, 11.)

Välinehuoltotyö kuului 1800-luvulla kiinteästi lääketieteen ja sairaanhoidon yhteyteen. Välineistö pidettiin kunnossa ja valmistettiin käsityönä. Hygieniää korostettiin, joskin se rappeutui sotien ja nälkävuosien aikana. Hygieeniset säännöt, tuli ja vesi, olivat 1800-luvulla hallitsevia toimintatapoja. (Karhumäki 2008, 11-12.)

Bakteerien löytyminen ja bakteriologian synty loivat pohjaa tartuntatautien ehkäisymenetelmien kehittymiselle, joka puolestaan on vaikuttanut välinehuoltotyön erilaisten puhdistus-, desinfektio- ja sterilointimenetelmien suunnitteluun ja kehittämiseen. Välinehuoltotyön kehitys liittyy läheisesti lääketieteen ja hoitotyön kehityskulkuun. Välineistön huolto kuului aluksi lääkäreiden tehtäviin, ja vasta paljon myöhemmin se siirtyi sairaanhoitajille ja heiltä välinehuoltajille. (Karhumäki 2008, 12.)

1880-luvulta lähtien aseptisina menetelminä käytettiin siteiden polttamista, leikkauskaapuja, suunsuojuksia ja kumikäsineitä. Aseptiikan tarkoituksena oli estää vaarallisia bakteereja ja muita elimistöille vaarallisia pieneliöitä pääsemästä haavaan. Sidetarpeet, instrumentit ja yleensä kaikki, mikä joutui haavaan, piti steriloida. (Karhumäki 2008, 14.)

1890-luvulla ensimmäisissä sterilointiparaateissa voitiin desinfioida instrumentit keittämällä ja virtaavalla höyryllä. Desinfiointiuunissa lämpötila nousi 110 °C:een. Keittäminen, kuumentaminen, höyryttäminen, sterilointi ja liuottaminen olivat vakiintuneita välinehuollon menettelytapoja. 1920-luvulla instrumenttien ja sidostarvikkeiden sterilointi siirrettiin keittiöstä pieneen sterilointihuoneeseen. (Karhumäki 2008, 14–15.)

Suomalaisen vapaaherratar Sophie Mannerheimin toimiessa ylihoitajattarena ja opettajana Helsingin kirurgisessa sairaalassa 1904–1928 tehtäväjako ja työaikajärjestelyjä muutettiin. Sophie Mannerheimin työn tulokset näkyivät mm. hygieniatason paranemisena. Sairaanhoidattarille opetettiin mm. siteiden valmistamista, puhtaanapidon teoriaa ja siivoamista, sillä he joutuivat valmistamaan sidetarvikkeita ja korjaamaan potilasvaatteita sekä huolehtimaan puhtaanapidosta. (Karhumäki 2008, 13.)

2.3 Välinehuoltokeskusten kehitys

Idea huoltokeskuksesta oli syntynyt jo 1930–1940 -luvulla leikkausosastoilla, joiden sterilointikeskukset olivat perusta keskitetyn välinehuoltokeskuksen ajatukselle. Tarve itsenäisen huolto-osaston perustamiseen syntyi 1950-luvun alkupuolella, koska leikkausosastojen kapasiteetti ei riittänyt vastaamaan sairaaloiden muiden osastojen tarpeita. Ensimmäinen varsinainen välinehuoltokeskus perustettiin Auroran sairaalaan 1956 ja toinen kaksi vuotta myöhemmin Kirurgiseen sairaalaan. (Karhumäki 2008, 17.)

1960- ja 1970-luvuilla sairaaloiden tekniset, tieteelliset, taloudelliset ja henkilöstöresurssit kasvoivat voimakkaasti. Välineistön kunnossapito- ja huoltotehtävien siirtäminen sairaanhoitajilta avustavan henkilökunnan työtehtäväksi yleistyi. Tämä sai aikaan sen, että useisiin sairaaloihin joko rakennettiin tai saneerattiin keskitetty välinehuoltokeskus. Tuolloin todettiin, että oli taloudellisesti kannattavampaa, kun ammattitaitoinen henkilökunta ja kalliit laitteet keskitettiin yhteen osastoon. Välinehuoltokeskuksen tehokkaalle toiminnalle oli edullista, että se oli hallinnollisesti itsenäinen. Huoltokeskus oli sairaalan keskeisin palveluyksikkö, jonka avulla voitiin saavuttaa suuria säästöjä esimerkiksi vakioimalla käytettävä materiaali, työmenetelmät ja laitteet. Uusiin keskuksiin hankittiin moderneja sterilointi- ja pesulaitteita ja instrumentteja. (Karhumäki 2008, 17-18.)

1980-luvulla vanhanaikaisia, tarkasti rajattuja, rutiininomaisia työtehtäviä haluttiin muuttaa joustavammiksi. Tietotekniikka otettiin käyttöön, mikä vähensi työvoiman tarvetta ja muutti työn sisältöä. Välinehuoltokeskusten toimintaa kehitettiin jatkuvasti, ja uusia teknologisesti parempia elektroniisia ja muita laitteita hankittiin tehokasta tuottavaa toimintaa varten. (Karhumäki 2008, 18.)

Välinehuollossa uusi vuosituhat toi tullessaan uudenlaisia velvoitteita ja haasteita, kuten (Karhumäki 2008, 18.):

- laatu- ja ympäristöasioiden hallintajärjestelmien kehittäminen
- toiminnan sertifiointi
- tuotteiden jäljitettävyytsvaade
- instrumenttien yksilöivä tunnistaminen

- automaatio
- tuottavuus
- tehokkuus
- välinehuoltotoiminnan keskittäminen
- markkinaehtoistuminen
- välinehuollon henkilöstön koulutus rakenne
- osaaminen
- työn vaativuuden arviointi ja sen mukainen palkkausjärjestelmä
- tietojärjestelmien kehittäminen

2.4 Välinehuollon organisoimistavat

Välinehuollon voi organisoida keskitetysti, osittain keskitetysti tai hajautetusti. Se, miten välinehuoltotoiminta on organisoitu, vaihtelee eri organisaatioissa. Erikoistuminen ja ryhmätyöskentely ovat johtaneet välinehuoltotoiminnan keskittämiseen, mikä on yleisin toimintatapa Suomessa. (Lax & Mikkola 2007,7.)

2.4.1 Keskitetty välinehuolto

Keskitetystä välinehuoltotoiminnasta voidaan puhua silloin, kun potilaan tutkimuksessa ja hoidossa käytetty välineistö lähetetään puhdistettavaksi, desinfioitavaksi, tarkastettavaksi, pakattavaksi ja steriloitavaksi tuotantohjattuun välinehuoltokeskukseen. Tällöin organisaation välinehuolto ja sen henkilöstö on keskitetty hallinnollisesti yhteen yksikköön. (Karhumäki 2008, 28.)

Välineistö voidaan esipestä ja desinfioida käyttöyksiköissä, esimerkiksi vuodeosastolla, tai käytetty välineistö lähetetään käsittelemättömänä suoraan välinehuoltokeskukseen. Keskitettyjen välinehuoltokeskusten laitteisto ja kapasiteetti ovat korkeatasoisia ja vastaavat EU-direktiivien suosituksia ja normeja. Välinehuoltokeskuksessa välineet voidaan huoltaa sarjatyönä tarkoituksenmukaisesti ja taloudellisesti. (Karhumäki 2008, 28.)

Välinehuollon keskittämisellä pyritään pääsemään eroon siitä, että välineistö esipestään ja desinfioidaan käyttöyksiköissä. Välinehuollon toiminnan kannalta olisi parasta, että välinehuoltotoiminta olisi keskitetty yhteen paikkaan, jolloin koneiden kapasiteetti saadaan hyödynnettyä paremmin, validointikustannuksissa säästetään ja työn laatu on parempi. Tällöin henkilöstö toimii keskitetysti samoissa tiloissa, välinehuoltokeskuksessa, eikä jokaiselle osastolle tarvita omaa välinehuoltajaa. (Hakarinne, henkilökohtainen tiedonanto 3.2.2012.)

Alueellinen välinehuolto on eräs keskitetyn välinehuollon toimintamuoto. Alueellisessa välinehuollossa useat terveydenhuoltopalveluja tarjoavat laitokset käyttävät samaa välinehuoltokeskusta (Lax & Mikkola 2007,7). Esimerkiksi kunnallinen hammashoito voi käyttää sairaalan välinehuoltokeskusta omien instrumenttiansa huollossa. Tällä tavoin hammashoitoyksiköt välttyvät hankkimasta omaa välinehuoltolaitteistoa ja välinehuolto-

keskuksen laitteille saadaan enemmän käyttöä, jolloin laitteiden käyttöaste on parempi. (Hepoaho, henkilökohtainen tiedonanto 7.3.2012.)

2.4.2 Osittain keskitetty välinehuolto

Osittain keskitetystä mallista puhutaan silloin, kun välinehuoltotoimintaa varten on hankittu joihinkin yksiköihin omat huoltolaitteet. Useimmiten toimenpide- ja leikkausosastot ovat investoineet omiin välinehuoltotiloihin ja laitteisiin. Näiden osastojen laitteiston taso ja kapasiteetti ovat siinä määrin edustavia, että ne pystyvät huolehtimaan itse välineistönsä huollosta omilla laitteillaan. (Karhumäki 2008, 28–29.) Vähemmän kuormittavat yksiköt, kuten vuodeosastot ja poliklinikat, toimittavat kaikki välineensä keskitettyyn välinehuoltoon huollettavaksi. (Hakarinne, henkilökohtainen tiedonanto 1.3.2012.)

2.4.3 Hajautettu välinehuolto

Hajautetussa välinehuollossa toiminta jaetaan useampaan eri yksikköön. Välineitä ei lähetetä muualle, vaan yksiköt hoitavat koko huoltoprosessin itse. Yksiköt voivat myös ostaa palveluja välinehuoltokeskukselta. (Lax & Mikkola 2007,7.) Huoltoprosessista vain osa tapahtuu välinehuoltokeskuksessa. Hajautettu välinehuolto voi olla tarpeen esimerkiksi silloin, kun välinehuoltokeskuksessa ei tilanpuutteen vuoksi voida huoltaa osastojen tutkimus- ja hoitovälineistöä. Hajautetun välinehuollon etuna voidaan pitää välineiden lyhyttä kiertoaikaa, osastojen erikoistoiveiden helpompaa toteuttamista ja vähäisempää instrumenttien määrää (Karhumäki 2008, 29).

2.5 Välineistön huoltoprosessi

Tässä kappaleessa kuvataan sellaisen välinehuoltokeskuksen huoltoprosessia, jonka toimintaa ei ole automatisoitu. Kappaleen tarkoitus on kuvata lähtötilannetta välinehuoltokeskuksessa, jossa automatisointi aloitetaan. Kappaleessa Välinehuoltokeskuksen laitteiden automaatio kuvataan opinnäytetyön kirjoittamisen aikana mahdollista automatisoinnin tasoa välinehuoltokeskuksen huoltoprosessissa. Vihivaunutekniikalla toimivaa välinehuoltokeskusta ei vielä ole toteutettu, kuljettimella toimivia välinehuoltokeskuksia on. Tässä opinnäytetyössä kuvattavan kaltaisia suuria kuljettimia käyttäviä välinehuoltokeskuksia on HUS Meilahden sairaalassa, Joensuun keskussairaalassa, Lahden kaupunginsairaalassa ja vuonna 2012 avattavassa TYKS T2-sairaalassa. Pienempiä kuljettimia käyttäviä välinehuoltokeskuksia on HUS Kirurgisessa sairaalassa ja Kymenlaakson keskussairaalassa Kotkassa.

2.5.1 Pesu

Pesuvaihe on tärkeä osa välinehuoltoprosessia. Kun välineet puhdistetaan mekaanisesti puhtaiksi, poistuu myös suurin osa mikrobeista. Jos välineitä ei ensin puhdisteta, ei desinfiointi onnistu. (Andersson 2008, 67.) En-

nen pesua saranoidut instrumentit avataan, osa instrumenteista puretaan osiin ja instrumentit pakataan pesukoriin.

Välineiden huoltoprosessi alkaa heti käytön jälkeen käyttöyksikössä kuten osastolla, poliklinikalla tai leikkausosastolla. Välineiden käyttöyksikössä voidaan huoltaa se välineistö, jota ei tarvitse steriloida ja esidesinfioida välinehuoltoon huollettavaksi menevät välineet. (Aha & Hellstén 2004, 85.)

Nykyisin osa välineistöstä toimitetaan välinehuoltokeskukseen esikäsittelemättöminä. Syynä esikäsitteilyn lopettamiseen on se, että välinehuoltokeskus pesee kaikki sinne toimitetut välineet, vaikka ne tulisivatkin pesytyinä. Esikäsitteilyn lopettaminen nopeuttaa siis toimintaa osastolla. Eritteiset instrumentit, jotka joutuvat odottamaan huoltoa esimerkiksi yön yli tai joilla on pitkä kuljetusmatka välinehuoltoon, käsitellään geelillä, jonka ansiosta eritteet eivät kuivu instrumentteihin. Geeli huuhdellaan pois ennen välineiden pesua. Toimenpideyksiköillä, kuten synnytys-, leikkaus-, teho-osastolla ja poliklinikoilla, on usein oma omat välinehuoltotilansa pesukoneineen ja autoklaaveineen. Tähän syynä on se, että osaston tarvitsee hankkia vähemmän instrumentteja, kun huollossa olevat välineet saadaan nopeammin takaisin. Näin päästään eroon myös aikaa vievästä kuljetuksesta välinehuoltoon. (Hepoaho, henkilökohtainen tiedonanto 7.3.2012.)

Välinehuoltokeskuksen tilat jaetaan välinehuoltoprosessin ja välineiden puhtausasteen mukaan kolmeen eri puhtausalueeseen: likaiseen, puhtaaseen ja steriiliin. Puhtausalueiden rajoilla on sulkutilat. Tilojen keskinäinen sijoittelu on sellainen, että välinehuollon prosessi menee yksisuuntaisesti työpisteestä toiseen, likaisesta puhtaaseen ja steriiliin. Oleellista on, etteivät epästeriilit ja steriilit välineet kohtaa prosessin aikana. Välineistö vastaanotetaan ja lajitellaan pesutilassa eri pesu- ja desinfektio menetelmien mukaan. Laitteet ovat läpiantomallisia, jolloin prosessin jälkeen tarvikkeet otetaan aina puhtaammalla vyöhykkeellä ulos. Työyksiköissä, kuten joillakin osastoilla, joissa ei ole mahdollista erottaa läpiantomallisilla koneilla ja väliseinillä toisistaan eri puhtausasteisia tiloja, täytyy tilajako hoitaa välinehuollon prosessin mukaisesti. Tällöin apuna voidaan käyttää värikoodeja ilmaisemaan puhtausastetta. (Lax & Mikkola 2007, 7-8; Helenius & Venäläinen 2001, 14; Aha & Hellstén 2004, 86.)

Tavarat puretaan vaunuista pesutilassa. Instrumenttikorit ja irralliset välineet lajitellaan pesu- ja desinfiointikoneelle, käsin pesuun tai erikoispesuun esim. ultraäänipesukoneelle. Täydet instrumenttikorit puretaan pienempiin eriin hyvän puhdistustuloksen aikaansaamiseksi. Välineet yhdistetään myöhemmin pakkausalueella. Pestävät välineet laitetaan pesutelineessä koneeseen. Välineet pestään koreissa, erilaiset letkut ja maskit erillisissä letkupesutelineissä sekä pulloit suihkutuputkelineissä. (Helenius & Venäläinen 2001, 1-2.) Yhteen pesutelineeseen mahtuu 3-5 pesukoria, riippuen pestävien välineiden koosta. Kuljetuslaatikot ja containerit pestään vaunupesukoneessa.

Käsin pesemiseen liittyy aina infektioriski ja mahdollinen ympäristön kontaminaatio. Välineen materiaali ja rakenne vaikuttavat pesumenetelmän

valintaan. Käsinpesussa pestään konepesuun soveltumattomat välineet, kuten sähköä johtavat letkut, instrumentit, joita ei saa upottaa veteen tai joiden materiaali ei kestä konepesua sekä välineet, jotka eivät kestä +92 °C lämpötilaa. (Lax & Mikkola 2007, 48; Helenius & Venäläinen 2001, 2.)

Pesukoneita on valittavissa erilaisiin käyttökohteisiin ja käyttötarkoituksiin. Jos instrumenttien määrä on suuri, voidaan useita pesukoneita asentaa rinnakkain tai käytössä voi olla tunnelipesukoneita. Pesukoneen muistiin on tallennettu erilaisia ohjelmia pesutarpeiden mukaan. Hyvän puhdistustuloksen saavuttamiseksi koneita on kehitetty jatkuvasti. Ohjelman lämpötilaa, aikaa ja vaiheita seurataan näyttöpaneelistä tai prosessitulosteesta sekä pesurien toimintaa ja veden virtausta koneen ikkunasta. (Lax & Mikkola 2007, 48–49; Andersson 2008, 68.)

Tarvittaessa muoviset ja hankalan malliset välineet, esimerkiksi lieriöt, jotka keräävät vettä, voidaan kuivata kuivaustunnelissa tai kuivauskaapissa. Erillisen lisäkuivauksen käyttö on vähenemässä välinehuoltokeskuksissa. Pesu- ja desinfiointikoneissa sekä tunnelipesukoneissa on ohjelman lopussa kuivaus. Uusissa koneissa kuivaustoiminto on riittävän tehokas, että se riittää välineiden kuivaamiseksi. Vanhoissa koneissa lisäkuivausta tarvitaan. Metalliset instrumentit eivät yleensä tarvitse lisäkuivausta, koska niihin varastoituu lämpöä pesukoneen kuivausohjelman aikana ja ne kuivuvat siksi nopeasti tultuaan ulos koneesta. Myös muoviset ja hankalan malliset välineet olisi mahdollista saada kuivaksi pesukoneen kuivausohjelmalla, mutta tällöin ohjelma venyy liian pitkäksi välinehuoltokeskuksen muun toiminnan kannalta. (Hepoaho, henkilökohtainen tiedonanto 24.2.2012.)

Pesun jälkeen välineet tarkistetaan. Jos koneessa on kääntyneitä kulhoja ja astioita, joissa on vettä, instrumentteja on pudonnut pesukoneen pohjalle tai onteloinen väline on irronnut pesupiikistä tai letkusta, tulee osat pestä uudelleen (Lax & Mikkola 2007,49).

2.5.2 Pakkaus

Pesun, desinfioinnin ja kuivauksen jälkeen pesutelineet kuljetetaan pakkauspyödyille ja välineiden käyttökunto tarkastetaan. Pakkaamisen tarkoitus on suojata huollettuja välineitä ulkopuolelta tulevalta kontaminaatiolta aina käyttöönottoon asti. Tämä vaihe on erittäin tärkeä, jotta sterilointiin menevät välineet ovat ehdottoman puhtaita ja toimivia. Tarkastusvaiheessa tarkistetaan instrumenttien nivelkohtien liikkuvuus ja jäykät nivelet öljytään instrumenttiöljyllä. Purijoitten, saksien, talttojen, neulojen yms. terävyys tarkistetaan. Vialliset instrumentit lähetetään korjattavaksi. Pakkauspyödyt jaetaan usein siten, että määrättyssä työpisteessä pakataan aina määrätynlaisia tavaroita ja koreja. Eri korien kokoaminen tapahtuu siten, että välineet kerätään kuhunkin pakkaukseen ohjeiden mukaan. Tarkastamisen jälkeen välineet pakataan sterilointia varten. Pakkaukset tehdään eri tavoin niiden käytön ja pakattavan tuotteen mukaan. Instrumentit voidaan pakata yksitellen tai erilaisiksi seteiksi. Erilaisten pakkausten sisältö on etukäteen standardoitu yhteistyössä käyttäjien kanssa. Sairaaloiden käytännöt ja setit

poikkeavat jonkin verran toisistaan. (Helenius & Venäläinen 2001, 3; Aha & Hellstén 2004, 93–94.)

2.5.3 Sterilointi

Sterilointi on tärkeä osa välinehuoltoa. Sterilointiin menevät korit tai containerit nostellaan päällekkäin pinoihin tai sterilointitelineisiin ja pino tai teline työnnetään syöttölaitteella autoklaavin kammioon. Yhteen sterilointierään mahtuu autoklaavista riippuen 2, 3, 6, 9, 12 tai 16 sterilointikoria tai containeria. (Hepoaho, henkilökohtainen tiedonanto 23.2.2012.)

Steriloinnin jälkeen korit jäävät odottamaan sterilointituloksen hyväksyntää. Kun käyttäjä on käynyt hyväksymässä kuorman, voidaan se purkaa. Käyttäjän on varmistettava ohjelman parametrien hyväksyttävä läpimeno, jos ohjelma on jostain syystä keskeytynyt, täytyy välineet steriloida uudelleen. Jokainen pakkaus on steriloinnin jälkeen tarkastettava ja hyväksyttävä. Jos pakkaus on märkä tai laikukas, paperilaminaattipussi on revennyt tai sen saumaus on auennut steriloinnin aikana, ei pakkausta voida hyväksyä. Steriloidut tuotteet puretaan sterilointitelineistä manuaalisesti ja siirretään joko varastoitavaksi tai suoraan kuljetettavaksi osastolle. Jos käyttäjä ei hyväksy kuormaa, palaa sterilointiteline ja korit takaisin pakkauspuolelle. (Hepoaho, henkilökohtainen tiedonanto 7.3.2012.)

3 VÄLINEHUOLTOKESKUKSEN LAITTEIDEN AUTOMAATIO

Tärkeimmät syyt automatisointiin ovat (Lapinleimu, Kauppinen & Torvinen 1997, 134):

- tuotannon rytmin erottaminen sitä hoitavien ihmisten rytmistä
- nopeus
- ihmisille raskaiden ja vaarallisten töiden koneistaminen
- tarkkuus eli pienihajontainen valmistaminen
- tuottamattomien aikojen hyödyntäminen
- rajoitettu miehitys
- lyhyt läpimenoaika
- pieni keskeneräisten tuotteiden määrä (seurauksena lyhyestä läpimenoajasta)

Automaation tärkein ihmiskeskeinen tavoite on käyttäjien irrottaminen mahdollisimman pitkälle valmistusrytmistä. Tuotannon on toimittava koneellisesti ja ihmisten vain hoidettava koneita ja niiden toimintaedellytyksiä. Muita automatisoitavia töitä työpaikan kehittämiseksi ihmisille teki-joilleen miellyttävämmäksi ovat raskaat, vaaralliset epämiellyttävät työvaiheet. (Lapinleimu, Kauppinen & Torvinen 1997, 134.)

Välinehuoltotyössä on kuitenkin vaihteita, joita ei voida automatisoida, kuten välineiden kunnon ja puhtauden tarkastaminen ja välineiden kokoaminen. Näiden tarkastaminen koneellisesti ei vielä ole mahdollista. Teollisuudessa instrumenttisettejä pakataan jo koneellisesti, mutta välinehuolto-

keskuksissa tähän ei vielä ole pystytty siirtymään. Esimerkiksi huollosta tulleiden välineiden osien lisääminen välineisiin ei ole koneellisesti mahdollista työn tarkastamisen ja oikeassa järjestyksessä kokoamisen vuoksi. (Hepoaho, henkilökohtainen tiedonanto 7.3.2012.)

Välinehuoltotilojen laitteet ovat usein pitkälle automatisoituja ja nykyaikaisella elektroniikalla ja tietotekniikalla varustettuja. Suurissa välinehuoltoyksiköissä koko välinehuoltoketju voidaan rakentaa kattavasti automatisoidun tuotantolinjan kaltaiseksi. (Finni & Venäläinen 2008, 49.)

Uusissa pesukonemalleissa ja autoklaaveissa on EU-standardien ja sairaalan oman laatu järjestelmän vaatimusten mukaan erilaisia dokumentointi- ja jäljitettävyyssominaisuuksia. Koneissa voidaan käyttää tulostimia, viivakoodin lukulaitteita ja muistikortteja, jonne ohjelmat tallentuvat muistiin, sekä seuranta- ja dokumentointiohjelmiä. Niihin voidaan tallentaa koneen kaikki prosessitiedot, esimerkiksi ohjelmien kulusta, virheilmoituksista, käyttäjätiedoista ja eränumeroista. Uusia koneita ohjaa ”älykäs” logiikka, jonne ohjelmat on tallennettu muistiin. (Andersson 2008, 69–70.)

Läpimenoaika on tuotantojärjestelmän tehokkuuden tärkeimpiä käsitteitä ja mittareita. Työvaiheet itse muodostavat usein pieneen osuuden läpimenoajasta. Odotusajan määrä kasvaa vaiheiden lukumäärän mukana. Lyhyt läpimenoaika on indikaattori hyvin toimivasta, joustavasta ja tehokkaasta tuotantojärjestelmästä, antaa pelivaraa tuotannon ajoitukseen, antaa osaltaan mahdollisuuden lyhyisiin toimitusaikoihin ja parantaa ohjattavuutta. Lyhyt läpimenoaika parantaa ohjattavuutta ja joustavuutta toimiin sekä keventää organisaatiota. (Lapinleimu ym. 1997, 41, 53, 55.)

Välinehuoltokeskuksessa läpimenoaika on huolto prosessiin kuluva aika, eli välineistön huoltotyön aloittamisesta siihen pisteeseen, kun välinepakkaus toimitetaan joko varastoon tai asiakkaalle. Keskimääräinen läpimenoaika on 3,5-4 tuntia. Välinehuolto prosessin pituus riippuu huollettavista välineistä. Läpimenoaika koostuu välinehuoltajan osalta (Karhumäki 2008, 334–335.):

- välineiden vastaanotto, pesu ja desinfektio 30–55 minuuttia
- pakkaaminen 5-60 minuuttia
- sterilointi 55–80 minuuttia
- välinepakkausten toimittaminen 10-15 minuuttia

3.1 Yleistä välinehuollon automaatiosta

Pesukoreja, sterilointikoreja ja containereita seurataan prosessin eri vaiheissa tunnistimilla ja logiikka säilyttää niiden sijainnin muistissaan. Seuraaminen aloitetaan pesu- ja desinfiointikoneen täytön yhteydessä ja se ulottuu aina vähintään steriilivarastoon asti, usein käyttöpisteeseen asti. Pakkauksiin laitetaan saumauksen yhteydessä viivakooditarra, johon merkitään hyllypaikka, johon tuote varastoidaan. Kun pakkaus lähtee välinehuollosta osastolle, merkitsee välinehuolto sen toimitetuksi. Kun pakkaus laitetaan hyllyyn tai otetaan sieltä pois, kuitataan tieto järjestelmään lukemalla välinehuollossa laitettu viivakoodi. 2D-matriiseja käytetään välinehuolloissa jonkin verran. Ne voidaan kiinnittää koreihin tai välineisiin

tarralla tai merkitä laserilla. Pesu- ja sterilointikoreissa voidaan käyttää myös RFID-syötteitä, instrumenttitasolla RFID-syötteiden käyttäminen on vasta kehitystasolla. (Hakarinne, henkilökohtainen tiedonanto 1.3.2012; Hepoaho, henkilökohtainen tiedonanto 7.3.2012.)

3.1.1 Kuljetinjärjestelmä

Kuljetinjärjestelmä siirtää pesutelineet pesukoneiden purkualueelta pakkauspaikoille ja sterilointikorit ja containerit pakkauspaikalta autoklaaveille. Pesukorit voidaan siirtää joko pesutelineissä tai ne voidaan purkaa telineistä ja siirtää yksittäin. Tässä prosessikuvauksessa käytetään pesutelineitä esimerkkinä liikkumisessa pesukoneiden purkualueelta pakkauspaikalle. Pakkauspaikalta sterilointiin liikkumisessa esimerkkinä käytetään sterilointikoria.

Pakkausalueen kuljetinjärjestelmän ohjauskeskukselta määritellään mitkä pakkauslinjoista ovat auki. Ohjauksessa on huomioitava asiakaskohtaiset pakkauspaikat ja tavarat. Koska kaikki pakkauspaikat eroavat hieman toisistaan, on yhdellä tai muutamalla paikalla sopiva varustus tiettyjen välineiden pakkaamiseen. Kuljetinjärjestelmä hoitaa tasaisen kuormituksen auki oleville pakkauslinjoille ja -paikoille.

Jokaisella pakkauspaikalla on ohjauspääte, jolla voidaan ohjata pakkauspaikalta lähteviä sterilointikoreja. Ohjauspäätteeltä voidaan kertoa järjestelmälle arvio saatujen välineiden pakkaamisen kestoajasta. Ohjauspäätteellä voidaan ohjelmoida pesutelineen siirtoja. Pakkauspaikan ollessa kiinni pesuteline ei voi tulla tälle paikalle vaikka pakkauslinja olisi auki. Tällöin pesuteline siirretään toiselle pakkauslinjalle sopivaan pakkauspaikkaan. Jos jo tyhjällä pesutelineellä on vielä pesualueella määrättyjä pakkauspaikkoja käymättä, voidaan ne ohittaa ja ilmoittaa, että teline siirretään suoraan takaisin pesualueelle. Jos taas pesutelineellä, jossa on vielä instrumentteja, ei enää ole pesualueella määrättyjä pakkauspaikkoja käymättä, voidaan sen reittiin lisätä pakkauspaikkoja.

3.1.2 Vihivaunu ja robotti

Välinehuoltokeskuksessa vihivaunu kuljettaa pesu- ja sterilointitelineitä, joissa on pesu- ja sterilointikoreja ja containereita. Vihivaunu voi olla varustettu nostolaitteella. Vihivaunu noutaa pesutelineen pesukoneen purkuradalta ja kuljettaa sen pakkauspöydälle purettavaksi. Sterilointikorit vihivaunu noutaa pakkauspöydältä ja kuljettaa autoklaaveille steriloitavaksi.

Vihivaunu käyttää toimiakseen lasernavigointia havaitakseen esteet. Laserin havaitessa jonkin liikkuvan sen varoalueella, vihivaunu hidastaa nopeuttaan. Kun este osuu vihivaunun turva-alueelle, vaunu pysähtyy. Esteen siirtyessä pois turva-alueelta vaunu lähtee jälleen liikkeelle. Tällä varmistetaan turvallisuus alueella jossa liikkuu sekä ihmisiä että laitteita. (SwissLog n.d., 3, 6.)

Teollisuusroboteissa oleellisinta on ohjelmoitavuus ja kyky suorittaa monenlaisia tehtäviä. Robotin liikerata voi olla kokonaan etukäteen määritetty, toimintaympäristön tapahtumien perusteella valittava tai antureiden perusteella liikkeiden aikana määritelty. Teollisuusrobottien ominaispiirteisiin kuuluu myös, se että niissä on tartuntaosa tai työkalu. (Kotamäki & Nyberg 1992, 67; Heinonkoski, Aps & Hyppönen 2008, 110–111.)

3.1.3 Vihivaunun ja robotin ohjaus

Välinehuoltokeskuksessa käytettävät vihivaunu ja robotit ovat liikkuvia robotteja. Ne tarvitsevat monipuolista aistinjärjestelmää ympäristön ja oman tilansa havainnointiin. Tavallisimpia liikkuvien robottien paikannuksessa käytettyjä robotin aistinelimiä ovat (Heinonkoski ym. 2008, 116.):

- pyörien nopeuden mittaaminen ja ajoneuvon suunnan arviointi ohjaavien pyörien tukirakenteiden nivelten asentoa mittaamalla
- ympäristöä havaitsevat etäisyysanturit – usein nopeasti ympäristöä pyyhkivä laseranturi tai useita ultraääniantureita
- rungon nopeudet kuudessa vapausasteessa (liike- ja kulmanopeudet) eli inertia-anturijärjestelmät
- näköjärjestelmät

Navigointijärjestelmän tehtävänä on määrittää liikkuvan robotin paikka ja asento joko absoluuttisessa maailmakoordinaatistossa tai suhteellisessa tehtäväkoordinaatistossa. Navigoinnissa käytetään useita aistijärjestelmiä samanaikaisesti yhdistäen. Lisäksi käytetään keinotekoisia ja luonnollisia maamerkkejä paikkaestimaatin tarkistamiseksi eli täsmäyttämiseksi. (Heinonkoski ym. 2008, 116.)

Paikannusmenetelmiä ovat esimerkiksi seuraavat (Heinonkoski ym. 2008, 116-117.):

- Laserpaikannusjärjestelmä - vaakataso paikannusjärjestelmässä ajoneuvolla on pyörivä laser, joka havaitsee heijastimista takaisin tulleita pulsseja. Kun saadaan suuntakulma neljään heijastimeen, ajoneuvon (laserin) paikka voidaan laskea
- Servoteodoliitti seuraa ajoneuvolla olevaa prismaa, jolloin myös korkeustieto saadaan mitattua
- Keinotekoisella täsmäyttimellä parannetaan paikkavirhettä aiheuttava suuntaestimaatti
- Useiden menetelmien tuloksia yhdistetään. Esimerkiksi liukkaalla alustalla ei voida luottaa pyörien pyörimiseen ja asentoon vaan inertia-anturit antavat parempia tuloksia

Vihivaunu saa ohjaukset yleensä ns. kotiasemassaan, jossa vaunu on yhteydessä ohjausjärjestelmään. Kun vaunu on tehnyt annetun tehtävän, se palaa ohjausasemaan uutta tehtävää varten. Tämän lisäksi vaunussa voi olla lähetin, jolla se jatkuvasti viestittää asemansa ohjausjärjestelmälle. Vihivaunuissa on monipuolinen anturointi, jonka avulla vaunu selviytyy myös jonkin verran muuttuvassa ympäristössä. Lisäksi vaunuissa on eri-

laisia antureita tunnistusta varten sekä törmäyskytkimiä. (Kotamäki & Nyberg 1992, 61)

Robottia valvovan ohjausjärjestelmän tehtävänä on toteuttaa reitin suunnittelu tehtävänkuvauksen ja ympäristöhavaintojen perusteella. Lisäksi sen tulee hallita useita poikkeustilanteita, kuten odottamattomien esteiden kiertäminen. (Heinonkoski ym. 2008, 117.)

Liikkuva robotti tarvitsee myös käyttäjiliitynnän, koska toimintaa valvova ihminen voi haluta muuttaa robotin tehtävää kesken suorituksen. Ihminen voi olla myös kiinnostunut laitteen järjestelmien toimintakunnosta tai haluta teleoperoida robottia tai jotakin robotin osajärjestelmää. (Heinonkoski ym. 2008, 117.)

3.1.4 Kuljetin

Hihnakuljettimia käytetään paljon sekä erillisinä laitteina että suurissa kappaletavarakuljetinjärjestelmissä. Erilaisten tartuntapintojen avulla niitä voidaan käyttää jyrkissäkin nousuissa ja laskuissa. (Kotamäki & Nyberg 1992, 58.) Välinehuoltokeskuksissa käytetään lamelli- ja rullakuljettimia. Välinehuoltokeskuksissa pyritään siihen, että telineet ovat koko ajan vaakatasossa. Jos teline kallistuu, siinä olevat instrumentit, esimerkiksi niiden kapeat kärjet, voivat vaurioitua osuessaan pesukorin reunaan. Telineiden pystysuoraan liikuttamiseen käytetään nostinta tai hissiä. (Hepoaho, henkilökohtainen tiedonanto 1.3.2012.)

Rullakuljettimet ovat yleisiä suurehkojen kappaletavaroiden kuljettimina. Perusrakenne koostuu runkopalkkien väliin laakeroiduista rullista. Rullakuljettimia voidaan käyttää sekä moottoroituna että vapaakuljettimina. Näiden yhdistelmänä syntyvät varastoivat kuljettimet. Varastoivissa kuljettimissa osa rullastosta voidaan kytkeä vapaarulliksi ja moottoroituiksi tilanteen mukaan. Rullakuljettimet soveltuvat hyvin myös erilaisten risteys- ja haarotusasemien järjestämiseen. Tällöin osa rullastosta kääntyy kuorma mukanaan ja kuljetusta jatketaan risteävään suuntaan. Risteyskohdissa voidaan käyttää myös kuulapöytäratkaisua tai kahteen suuntaan pyörivää risteysrullastoa. Risteysrullasto valmistetaan kiekkoista, ja sen ulkokehää kiertävät pyöristetyt rullat. (Keinänen, Kärkkäinen, Metso & Putkonen 2001, 161–162.)

Lamellikuljetin muodostuu yhdestä tai kahdesta ketjusta joihin on kiinnitetty lamelleja. Taipuisan rakenteensa ansiosta kuljetin soveltuu kohteisiin, joissa radan tulee kaartua vaakatasossa. Jotkin lamellirakenteet sallivat samanaikaisesti myös rajoitetusti kaartumisen pystytasossa. Rakenteensa puolesta kuljetin sopii myös raskaiden kappaleiden kuljetukseen. Lamelli valmistetaan yleensä teräksestä tai muovista. (Keinänen ym. 2001, 162).

3.2 Pesualue

Pesuteline luetaan tuotannonohjausjärjestelmään samalla kun se täytetään pesupuolella. Kuljetinjärjestelmään pesuteline luetaan pesukoneen syöttö-

pisteen yhteydessä. Samalla pesutelineelle annetaan niiden pakkauspaikkojen osoitteet, joissa sen tulee käydä purettavana.

Sairaalavälineiden pesukoneet ja tunnelipesukone täytetään automaattisilla täyttöradoilla ja puretaan automaattisilla purkuradoilla. Pesukoneissa käytetään erilaisia pesutelineitä, joihin pestävät tuotteet asetellaan.

Käyttäjä lastaa pesutelineen pesualueella ja laittaa sen pesukoneen automaattiselle täyttöradalle, josta pesukone vapauduttuaan siirtää telineen pesukoneeseen ja käynnistää telineelle ohjelmoidun ohjelman. Pesutelineissä on tunnisteet, joiden perusteella pesukone osaa käynnistää oikean ohjelman. Pesutelineet voidaan merkitä esimerkiksi värikoodeilla, jotta käyttäjä telinettä pakatessaan erottaa minkä ohjelman teline käynnistää. Läpiontomalliset pesukoneet avautuvat puhtaaseen tilaan, jossa tapahtuu kaikkien välineiden kuivaus, lajittelu, tarkastus, pakkaaminen ja sterilointi. Autoklaavit avautuvat pääosin steriiliin varastoon, joka on välinehuollon puhtain tila. (Lax & Mikkola 2007,7.)

3.3 Pakkausalue vihivaunua käytettäessä

Pesuohjelman loputtua pesuteline siirtyy ulos pesukoneesta. Tästä pesuteline siirretään vihivaunulla pakkaukseen. Kuljetinjärjestelmä määrittää mille pakkauslinjalle pesuteline kuljetetaan. Tyhjän telineen vihivaunu noutaa pakkauspöydältä ja vie pesukorien palautusradalle.

Vihivaunuja käytettäessä on varattava riittävästi tilaa vihivaunulle kääntyä pakkauspöytien välissä. Vaikka teknisesti on mahdollista, ettei vihivaunu törmää liikkuessaan esteisiin, tulisi mahdollisuuksien mukaan järjestää vihivaunu- ja ihmisliikenne eri käytäviä pitkin. Vaikka vihivaunulle olisikin järjestetty oma kaista käytävältä, jossa on myös ihmisliikennettä, vihivaunu joko pysähtyy tai hidastaa vauhtia havaitessaan liikennettä. Tämä hidastaa välinehuollon toimintaa.

Kun pesutelineestä on purettu ne instrumentit, joita sillä paikalla pakataan, ilmoittaa käyttäjä kuljetinjärjestelmälle, että teline voidaan siirtää pois pakkauspaikalta. Vihivaunu siirtää telineen toiselle pakkauspisteelle, jos telineelle reitillä on vielä jäljellä pakkauspisteitä tai pesupuolelle, jos teline on tyhjä.

Pakkauspaikalla on korkeussäädettävä purkupöytä, jotta pesukorit saadaan laskettua pakkauspisteillä ergonomisesti hyvälle työskentelykorkeudelle. Pesukorien korkeus voi olla 40 tai 70 millimetriä. Korien korkeuden vaihtelun lisäksi koreissa voi olla erikorkuisia esineitä. Korkeussäätöä tarvitaan myös siksi, että työntekijä voi työskennellä saman pöydän ääressä seisten ja istuen ja että samaa työpistettä voisivat käyttää eripituiset työntekijät. (Hepoaho, henkilökohtainen tiedonanto 23.2.2012.)

Sterilointiteline pakataan pakkauspaikalla ja luetaan tuotannonohjausjärjestelmään. Samalla käyttäjä kertoo kuljetinjärjestelmälle, että pakkauspaikalla on valmis sterilointiteline vietäväksi autoklaaviin sekä sen minkä ohjelman tämä teline käynnistää.

Vihivaunu siirtää sterilointitelineen autoklaavin luo. Kun vihivaunu on autoklaavin kohdalla valmiina, antaa kuljetinjärjestelmä ilmoituksen autoklaavin automaattiselle syöttövaunulle, että teline voidaan siirtää sterilointiin. Kun syöttövaunulta on saatu ilmoitus, että se on oikealla paikalla ja valmis ottamaan sterilointitelineen kyytiin, siirtyy sterilointiteline syöttövaunuun. Autoklaavi lukee sterilointitelineessä olevasta merkinnästä, mikä ohjelma käynnistetään. Kun valmiina on kaksi samaan ohjelmaan kuuluvaa sterilointitelinettä, voidaan ohjelma käynnistää.

3.4 Pakkausalue kuljetinta käytettäessä

Kuljettimia käytettäessä on kuljetinten sijainti huomioitava tilassa. Kun kuljettimet kulkevat samassa tasossa kuin ihmisliikenne, on kulku kaikille paikoille pystyttävä takaamaan. Tällöin kuitenkin ihmiset saattavat joutua kiertämään koko pakkausalueen siirtyäkseen kuljettimen toiselle puolelle. Kuljettimeen voidaan tehdä nostoluukku, jotta kuljettimen kohdalta päästään liikkumaan. Tämän ongelmana on kuitenkin se, että liikenne kuljettimella keskeytyy aina kun luukku avataan. Tilasta saadaan paremmin toimiva, jos kuljettimet voidaan nostaa ihmisten liikkumisalueen yläpuolelle. Välinehuollon sujuvan toiminnan kannalta olisi kuljettimia hyvä olla kahdessa tasossa, jotta pesukoneilta pakkaukseen ja pakkauksesta sterilointiin kulkevat korit saadaan kulkemaan eri kuljettimilla. Jotta kuljettimet voisivat kulkea ihmisten liikkuma-alueen yläpuolella, on tilan oltava vähintään 3,7 metriä korkea.

Kuljettimia käytettäessä täytyy myös huomioida nostinten tarve. Pesualueelle tarvitaan nostin nostamaan pesutelineet ylhäällä kulkevalle kuljettimelle, jokaiselle pakkauspaikalle tarvitaan nostin laskemaan ne alas ja nostamaan containerit omalle kuljettimelleen ja robotin toiminta-alueella tarvitaan nostin laskemaan containerit alas.

Pesuohjelman päätyttyä pesuteline siirtyy kuljettimella pakkausalueelle. Kuljettimen kulkiessa ihmisten liikkuma-alueen yläpuolella, on ennen pesualueelta pois siirtymistä nostin. Kun pesutelineestä on purettu pakkauspaikalla pakattavat instrumentit, ilmoittaa käyttäjä kuljetinjärjestelmälle, että teline voidaan siirtää pois. Kuljetin siirtää telineen joko seuraavalle pakkauspisteelle tai palautusradalle.

Container luetaan pakkauspaikalla tuotannonohjausjärjestelmään ja järjestelmälle kerrotaan, mihin ohjelmaan container kuuluu, minkä jälkeen container nostetaan ylemmälle kuljettimelle ja kuljetin vie containerin robotin toiminta-alueelle. Robotti pakkaa sterilointitelineen käyttäen hyödyksi eri sterilointikorien ja containerien paino- ja kokotietoa. Kun riittävä määrä containereja on valmiina välivarastopöydällä, siirtää robotti sterilointitelineen autoklaavin syöttövaunulle ja pakkaa sterilointitelineen tai siirtää containerit välivarastosta pinon syöttövaunulle. Syöttövaunu siirtää ensimmäisen telineen tai pinon autoklaaviin, vaunun ollessa taas tyhjä robotti pakkaa toisen telineen tai pinon syöttövaunulle siirrettäväksi autoklaa-

viin. Samalla kun sterilointiteline tai koripino siirretään syöttövaunuun ilmoittaa kuljetinjärjestelmä autoklaaveille, mikä ohjelma pitää käynnistää,

3.5 Steriilivarasto

Autoklaavien automaattinen purkuvaunu noutaa steriloidun kuorman automaattisesti valmistumisjärjestyksessä. Purkuvaunu saapuu kuljettimen kohdalle ja ilmoittaa kuljetinjärjestelmälle olevansa kohdalla ja valmis purkamaan. Käyttäjän hyväksytyä prosessin läpimenon ja kuorman, purkaa robotti sterilointitelineen tai koripinot kuljettimelle. Tarkastamisen jälkeen korit ja containerit siirtyvät kuljettimelle odottamaan siirtoa varastoon tai vientiä osastolle.

4 VÄLINEHUOLLON KUSTANNUKSET

Välinehuoltotilojen sijoittaminen kalliine koneineen eri puolille sairaalaa ei tuo toiminnallisia eikä taloudellisia hyötyjä asiakkaan eikä välinehuoltokeskuksen toimintaan. Asiakkaan yksikköihin sijoitetut koneet ja laitteet ovat käytössä vain kyseisen yksikön tarpeisiin, ja tämän yksikön koneiden validointi- ja valvontakustannukset kasvavat laitehankintojen kasvun seurauksena. Tällöin välinehuoltokeskuksessa koneiden kapasiteettia ei voida hyödyntää maksimaalisesti, mikä heijastuu tuotteiden ja palveluiden yksikkökustannukseen sekä toiminnan tehokkuuteen. Välinehuollon toimiesä asiakkaan yksiköissä myös hoitohenkilökunnan aikaa kuluu välinehuoltoon. (Karhumäki 2008, 29.) Välinehuollon toimiessa osastolla voidaan huolto hoitaa joko siten, että hoitohenkilökunta huolehtii välinehuollosta tai osastolla on oma välinehuoltaja. Välinehuoltaja voi olla osastolla yhdessä vuorossa arkisin tai esimerkiksi päivystystoiminnassa 24 tuntia vuorokaudessa. Hoitohenkilökunta hoitaa välinehuoltoa päivystysaikaan tai muulloin kun heillä on aikaa.

Välinehuollon toiminnan kustannuksiin erityisesti vaikuttava tekijä on laitteiden toimintakapasiteetin käyttöaste. Jos se on alhainen, ei laitteiden kapasiteettia ole hyödynnetty riittävästi, mikä puolestaan heijastuu taloudellisuuteen ja tehokkuuteen. (Karhumäki 2008, 345.) Kun välinehuolto on keskitetty välinehuoltokeskukseen, voidaan käytössä olevia laitteita käyttää tehokkaammin. Tällöin myös säästetään huoltokustannuksissa, sillä mitä enemmän koneita on vajaatoiminnassa eri puolilla sairaalaa, sitä enemmän on myös huoltokustannuksia, määräaikaishuoltokustannuksia ja validointeja. Kun koneet on keskitetty välinehuoltokeskukseen, ei koneita tarvita yhtä montaa kuin, jos jokaisella käyttöyksiköllä olisi omat koneensa.

Välineen käyttö määrää, riittääkö välineelle pelkkä puhdistus vai onko välineen oltava steriili. Liian korkea puhtausaste aiheuttaa ylimääräistä työtä ja kustannuksia. (Aha & Hellstén 2004, 86.) Jos instrumentilla ei lävistetä ihoa tai limakalvoa, ei sen tarvitse olla steriili vaan desinfiointi riittää. Esimerkiksi kaarimaljojen ja vatiin sterilointi on turhaa. Kirurgisten instrumenttien ja esimerkiksi sternaalipunktioneulojen, tulee olla steriilit. (Hepoaho, henkilökohtainen tiedonanto 24.2.2012.)

Välinehuollon automatisoinnilla pystytään lisäämään tuotantoa, kun samassa ajassa ja samalla henkilökuntamäärällä saadaan prosessissa läpi enemmän koreja. Pakkausalueella työskentelevän ei tarvitse kuljettaa pesu- ja sterilointikoreja sekä containereita, sillä kuljetinjärjestelmä huolehtii siirtämisestä. Tällöin pakkaajan tehtäväksi jää korien ja containerien pakkaaminen sekä yksittäisten instrumenttien pakkaaminen pussiin.

5 TUOTANNONOHJAUS

Tietojärjestelmien käyttäminen välinehuoltokeskuksessa yleistyi vasta 1990-luvun loppupuolella. Alkuvaiheessa tietojärjestelmien ongelmana oli, etteivät ne tarjonneet mahdollisuuksia välineistön huoltoprosessin tuotannon ja toiminnan ohjaukseen, laadunhallintaan, eivätkä ne liittyneet sairaalan muihin tietojärjestelmiin. Uudet automatisoidut välinehuoltokeskukset asettavat uusia tarpeita välinehuoltoprosessien ohjaamiseen, välineiden tunnistettavuuteen, seurantaan, raportointiin, jäljitettävyyteen ja siihen liittyvän tietomäärän käsittelyyn. Välineistön huoltoprosesseihin liittyvän tietomäärän käsittely ja kokonaisvaltainen hallinta ilman oikeaa välinettä on työlästä, osittain jopa mahdotonta. Informaatiota tarvitaan välinehuollon sidosryhmille sekä oman organisaation suunnittelu-, seuranta- ja hallintoelimille. Tähän tarvitaan riittävän laaja, koko välinehuoltotoimintaa tukeva tietojärjestelmä, joka vastaa välinehuoltoprosesseissa tarvittavia toimintoja sekä tuottaa riittävää informaatiota välinehuollon huolto- ja tuotantoprosessista, tuotteistuksesta laatu- ja valmistuksen ohjauksesta, seurannasta, materiaalinhallinnasta ja välineistön huollosta käyttävien laitteiden eräajotietojen dokumentoinnista. (Karhumäki 2008, 340.)

Kokonaisvaltainen tietojärjestelmä tukee infektioiden torjuntatyön lisäksi välinehuollon tärkeimpiä tavoitteita: välinehuoltoprosessin laadukasta toteuttamista, toiminnan tehostamista, virtaviivaistamista, kustannusten supistamista, jäljitettävyyttä ja välineen yksilöivää tunnistamista. Myös lakisääteiset vaatimukset ovat tärkeitä toimintaa ohjaavia tekijöitä. (Karhumäki 2008, 340–341.)

Kattava välinehuollon tietojärjestelmä sisältää myynnin, huollon, oston ja laadunhallinnan toiminnot sekä raportoinnit, liittymät organisaation muihin järjestelmiin, kuten laskutus- ja asiakastilausjärjestelmään sekä osto- ja myyntireskontraan. Lisäksi järjestelmän arkkitehtuuri on sovitettavissa organisaation tietohallintastrategiaan. (Karhumäki 2008, 341.)

Kustakin huolletusta välinepakkauksesta tai leikkauskorista on tulostettavissa viivakooditarra, joka on liimattavissa potilaspapereihin tai tieto voidaan lukea suoraan potilastietojärjestelmiin lasermerkinnästä tai viivakoodista. Tiedot voidaan siirtää tarvittaessa infektio rekisteriin. (Karhumäki 2008, 341.)

Välinehuollon toiminnan ja prosessien hallintaan, valvontaan ja seurantaan on olemassa ulkomaisia ja suomalaisia järjestelmiä, kuten T-DOC, Steri-

gest Tracking System, Euro SDS ja GEMINI. Lisäksi voidaan käyttää tuotantoteollisuuteen kehitettyjä järjestelmiä. (Karhumäki 2008, 341.)

Vielä toistaiseksi tuotannonohjausjärjestelmän ja kuljetinjärjestelmän ei ole tarvinnut keskustella toistensa kanssa laitteiden toimivuuden kannalta vaan ne ovat olleet kaksi erillistä järjestelmää. Erikseen toimivia järjestelmiä on helpompi hallita kuin yhdessä toimivia. Tulevaisuudessa järjestelmät saadaan mahdollisesti kehitettyä sellaisiksi, että ne pystyvät keskustelemaan keskenään. Tällä hetkellä järjestelmät pystyvät toimimaan rinnakkain siten, että ne käyttävät samoja tageja ja tiedot tallentavat välitietokantaan, jota molemmat järjestelmät pystyvät lukemaan. (Hakarinne, henkilökohtainen tiedonanto 3.2.2012.)

Välinehuoltokeskuksessa käytettävällä tuotannonohjausjärjestelmällä voidaan ohjata prosessia, johon kuuluvat välineiden käyttö, pesu, desinfiointi, pakkaus, sterilointi, kuljetus asiakkaalle ja osittain myös hyllytys. Tuotannonohjausjärjestelmässä voidaan huomioida myös materiaalihallinto sekä potilaan hoitoketju. Modulaarinen tietojärjestelmä on integroitavissa haluttuihin IT-järjestelmiin. (Logica n.d.a.) Järjestelmällä voidaan kirjata ja käsitellä laatupoikkeamia ja tuoda laadun kehittämiseen työvälineitä (Logica n.d.c).

Välinehuollon tuotannonohjausjärjestelmän avulla (Logica n.d.a):

- huoltoprosessi on EU-direktiivien mukainen ja tarkasti jäljitettävissä
- parannetaan potilasturvallisuutta
- edistetään laatua ja tehokkuutta
- ennakoidaan kuormitusta ja ruuhkahuippuja
- seurataan kustannuksia tehokkaammin

Tuotannonohjausjärjestelmä mahdollistaa välinehallinnan toiminnanohjauksen sairaaloille. Järjestelmästä löytyvät kaikki toiminnanohjauksen moduulit käytön- ja huollonkirjauksista laskutukseen. (Logica n.d.b.)

Instrumenteissa ja välinepakkauksissa voidaan hyödyntää yksilöitäviä viivakoodi-, 2D- ja RFID-tunnisteita (Logica n.d.c.). Järjestelmän avulla mahdollistuu täydellinen jäljitettävyys varmistuen näin potilasturvallisuuden. Sairaalat pystyvät tehostamaan sekä automatisoimaan prosessejaan mahdollistaen näin resurssien optimaalisen käytön. (Logica n.d.b.) Sen avulla huollettavat välineet ovat jäljitettävissä huollosta toimenpiteelle asti. Toimenpiteitä suunniteltaessa on tuotannonohjausjärjestelmän avulla tiedossa käytettävät instrumentit ja huollon tila. Jäljitettävyyden avulla tietyn välinepakkauksen löytäminen onnistuu nopeasti, varaston tilan seuraaminen, vanhentuneiden tuotteiden poistaminen, viranomaisilmoitukset ja tilaaminen onnistuvat helposti.

6 TYÖERGONOMIA

Ergonomia tarkoittaa ihmisen edellytysten ja vaatimusten mukaista työpaikan, työvälineiden, työn ja työympäristön rakentamista ja järjestämistä.

Ne puolestaan edellyttävät tietoa ja toimintaa, jotka ovat monitieteellisiä ja soveltavia. Hyvää ergonomiaa rakentavia tieteitä ovat keskeisesti lääketiede, fysiologia, psykologia, organisaatiopsykologia sekä muun muassa luonnontieteet, käyttäytymistieteet ja tekniikan ala. Lopputuloksena syntyy toiminta, työ, jossa kitka ihmisen ja työn välillä on mahdollisimman pieni. Näin päästään mahdollisimman sujuvaan työntekoon, joka kuormittaa ihmistä optimaalisesti. (Kiesling 2008, 369.)

Ergonomialla voidaan vaikuttaa erityisesti tuki- ja liikuntaelinsairauksiin, joista on tullut huomattava työterveyteen liittyvä ongelma. Se merkitsee rahassa miljardeja niin sairaslomien kuin hoitojen kustannuksina. Merkittävä osa tuki- ja liikuntaelinsairauksien kustannuksista liittyy puutteellisten työolojen aiheuttamiin ongelmiin. Ergonomialla on keskeinen osuus puutteellisten työolojen korjaamisessa ja uusien tilojen suunnittelussa. (Kiesling 2008, 369.)

Parhaimmillaan ergonomiaa toteutetaan ennakoiden eli uusien työtilojen, työvälineiden, työmenetelmien ja työn suunnittelussa. Kun työpaikkaa korjataan työolojen ja -menetelmien parantamiseksi, saavutetaan paras tulos yhdistettäessä työntekijöiden, työnjohdon ja ergonomian ammattilaisen tietämys ja taito. Kun parannukset, uusi työmenetelmä tai työpiste on suunniteltu ja toteutettu yhteistyönä, jää työntekijöille ja työnjohdolle sellaista asiantuntemusta ja tietoa, jonka he ovat voineet ammentaa ja oppia suunnittelun ja korjausten aikana. (Kiesling 369.)

Valtioneuvoston päätöksen käsin tehtävistä nostoista ja siirroista (1409/1993, ”nostopäätös”) periaatteiden mukaan ihmisvoimin tapahtuvaan nostotyöhön liittyvien vaarojen poistamiseksi tai ainakin vähentämiseksi on pyrittävä käyttämään kolmivaiheista toimintatapaa (Launis & Lehtelä 2011, 186–187.):

1. Tuotanto- ja työtavat suunnitellaan tai muutetaan sellaisiksi, että taakkoja ei tarvitse lainkaan nostaa ja siirtää käsin.
2. Nostojen ja siirtojen helpottamiseksi työntekijöiden käyttöön hankitaan apuvälineitä, kuten kevyitä nostimia, rullaratoja, nosto- ja siirtopöytiä, tarttumatyökaluja tms.
3. Nostotyö ja nostotyöpaikka järjestetään mahdollisimman hyväksi ja työntekijää opastetaan siten, että kuormitus pysyy kohtuullisena työntekijän ominaisuuksiin nähden.

Valmiiden instrumenttikoripakkausten käsittely koetaan tyypillisesti kuormittavaksi. Usein lienee mahdollista kuitenkin neuvotella leikkausosaston kanssa esimerkiksi siitä, miten isojen korien sisältöä voisi tasata. Koska välinehuollossa on tyypillisesti monia kehon eri osia epäedullisesti kuormittavia työvaiheita, on yksi keskeinen keino niiden poistamiseksi tällaisen työvaiheen koneellistaminen ja automatisointi. Epäedullinen kuormitus muuttuu toisenlaiseksi, ja hankalia työvaiheita häviää. (Pentti & Kiesling 2008, 372–373.)

Välinehuoltokeskuksen automatisoinnilla pystytään vähentämään nostelemista ja kantamista ja niistä aiheutuvia tuki- ja liikuntaelinten sairauksia, jolloin pystytään vähentämään työperäisiä poissaoloja. Pesukori saadaan

sopivalle työskentelykorkeudelle korkeussäädettävän purkupöydän avulla ja siirtämisen hoitaa kuljetinjärjestelmä.

7 KAPASITEETIN LASKENTAESIMERKKI

Tässä kappaleessa lasketaan kuvitteellisen välinehuoltokeskuksen pakkausalueen toiminnan kapasiteettia. Laskuesimerkit on laskettu automatisoimattomalle, vihivaunulla toimivalle ja kuljettimella toimivalle pakkausalueelle (liite 3). Kaikissa laskuesimerkeissä on käytetty pohjana samaa välinehuoltokeskusta, johon on sijoitettu kuusi pesu- ja desinfiointikonetta, kolme tunnelipesukonetta, 20 pakkauspistettä ja kahdeksan autoklaavia.

Välinehuoltokeskuksen tuotantotavoite päivälle on saada 1000 containeria vastaava määrä instrumentteja steriloitua. Yhden välinehuoltajan tehollisen työajan arvioidaan olevan kuusi tuntia. Yhdessä pesutelineestä saadaan instrumentteja viiden containerin pakkaamiseen. Jotta saataisiin 1000 containeria pakattua, tarvitaan 200 pesutelinettä.

Pesu- ja desinfiointikoneiden pesuaika kuivauksineen on 35 minuuttia ja tunnelipesukoneiden 40 minuuttia. Tunnelipesukoneessa on neljä toisistaan riippumatonta kammiota, joten kammiokohtainen aika on kymmenen minuuttia. Tunnelipesukoneesta saadaan siis pesuteline kymmenen minuutin välein. Kuudella pesu- ja desinfiointikoneella pystytään kahdeksan tunnin aikana pesemään 82 pesutelinettä ja kolmella tunnelipesukoneella 144 telinettä. Yhteensä pesukoneet ja tunnelipesukoneet pystyvät pesemään 226 pesutelineellistä koreja.

Autoklaavin sterilointiaika on 60 minuuttia. Kerrallaan autoklaaviin saadaan kaksitoista containeria. Kahdeksalla autoklaavilla pystytään sterilimaan kahdeksan tunnin aikana 768 containeria. Kahdeksan tuntia ei siis riitä 1000 containerin sterilointiin vaan aikaa tarvitaan 10,4 tuntia. Työskentely yhdessä kahdeksan tuntia kestävässä vuorossa ei riitä, vaan henkilökunta on jaettava kahteen ainakin osittain päällekkäiseen vuoroon.

7.1 Automatisoimaton pakkausalue

Kaksikymmentä pakkauspaikkaisessa välinehuoltokeskuksessa yhden telinettä kuljettaminen pesukoneen purkupöydältä pakkauspöydälle kestää keskimäärin 66 sekuntia ja pesutelineen siirtäminen pesukoneen purkupöydältä 56 sekuntia. Työpäivän aikana yksi työntekijä ehtii siirtää 327 pesutelinettä koneelta pakkauspöydälle, kun pakkauspaikan keskimääräinen etäisyys pesukoneelta on yksitoista metriä. Tarvittava pesutelineiden määrä, jotta päästään päivän tavoitteeseen on 200, joten yksi välinehuoltaja pystyy työpäivän aikana toimittamaan riittävän määrän instrumentteja 1000 containerin pakkaamiseksi. Keskimääräinen matka pakkauspaikalta autoklaaville on 15 metriä ja aikaa matkaan kuluu 39 sekuntia. Työpäivän aikana yksi välinehuoltaja ehtii kuljettamaan 386 containeria pakkauspaikalta autoklaavin syöttöradalle. Jotta saataisiin riittävä määrä containereja

steriloitua, tarvitaan niitä kuljettamaan kolme välinehuoltajaa. pesutelineitä ja containereja kuljettamaan tarvitaan päivässä neljä välinehuoltajaa.

Yhden pesutelineen purkamiseen kuluu aikaa noin viisi minuuttia ja containerin pakkaamiseen kaksitoista minuuttia. Tällöin pesutelineitä purkamaan tarvitaan päivässä kolmen välinehuoltajaa ja containereja pakkaamaan 33 välinehuoltajaa. Yhteensä välinehuoltoon tarvitaan 40 työntekijää, jotta saadaan steriloitua 1000 containeria.

Keskimääräinen containerkohtainen prosessin läpimenoaika pakkausalueella on 14,5 minuuttia. Tämä koostuu:

- 20 sekunnin siirtoajasta pesukoneen purkupöydältä kuljetuskärryyn
- 13 sekunnin siirtoajasta pesukoneelta pakkauspöydän luo
- 20 sekunnin siirtoajasta kärrystä pakkauspöydälle
- 60 sekunnin pesukorin purkuajasta
- 12 minuutin containerin pakkausajasta
- 10 sekunnin containerin lastausajasta kärryyn
- 18 sekunnin siirtoajasta pakkauspöydältä autoklaaville
- 10 sekunnin sterilointitelineen pakkausajasta

7.2 Vihivaunulla toimiva pakkausalue

Yksi vihivaunu pystyy kuljettamaan päivässä 411 pesutelinettä pesukoneen purkupöydältä pakkauspöydälle, kun keskimääräinen kuljetusmatka on 17 metriä. Pakkauspöydältä autoklaavin lastauspöydälle yksi vihivaunu pystyy kuljettamaan päivässä 424 sterilointitelinettä keskimääräisen kuljetusmatkan ollessa 16 metriä. Yhdessä sterilointitelineessä on 6 containeria, joten yhden vihivaunun kapasiteetti riittää kuljettamaan tarvittavat 167 sterilointitelinettä pakkauspaikalta sterilointiin. Vihivaunut vaativat lataamista työpäivän aikana, mutta kahden vihivaunun kapasiteetti riittää latausaikoineen kattamaan kuljettamaan riittävän määrän telineitä.

Keskimääräinen läpimenoaika containerille on 14,7 minuuttia. Se koostuu:

- 15 sekunnin siirtoajasta pesukoneen purkupöydältä vihivaunun päälle
- 20 sekunnin siirtoajasta pesukoneelta pakkauspöydän luo
- 15 sekunnin siirtoajasta vihivaunusta pakkauspöydälle
- 60 sekunnin pesukorin purkuajasta
- 12 minuutin containerin pakkausajasta
- 15 sekunnin siirtoajasta pakkauspöydältä vihivaunuun
- 19 sekunnin siirtoajasta pakkauspöydältä autoklaaville
- 15 sekunnin sterilointitelineen siirtoajasta autoklaavin lastausradalle

7.3 Kuljettimella toimiva pakkausalue

Kuljetin pystyy siirtämään telineitä peräkkäin koko kuljettimen pituudelta. Pakkauspaikan luona olevan nostimen ylös-alas-ylös-kulkemisen prosessiaika on 74 sekuntia, ja se sisältää containerin lastausajan nostimeen

ylemmältä, eli steriloitavien kuljettimelta, nostimen liikeajan, purkuajan nostimesta alhaalla, lastausajan alhaalla, liikeajan ja purkuajan ylhäällä. Pakkausalueella on yhteensä 6 nostinta, jotka toimivat tällä periaatteella. Yksi nostin pystyy käymään 8 tunnin aikana prosesseja 387 ja kaikki nostimet yhteensä 2323 prosessia. Tämä on riittävä määrä, jotta päästään 1000 containerin tavoitteeseen. Todellisuudessa steriloitiin menevien kuljettimelta ei ole tarpeellista siirtää mitään alaspäin, vaan tämä on maksimi aika sille, kuinka kauan edestakainen liike voi kestää. Robotin yksi liike kuljetimen päästä autoklaavin syöttöradalla ja takaisin on 15 sekuntia. Kahdeksan tunnin aikana robotti pystyy siirtämään 1920 containeria sterilointiin.

Keskimääräinen läpimenoaika containerille käytettäessä kuljettimia on 16,5 minuuttia. Läpimenoaika koostuu:

- 4 sekunnin siirtoajasta pesukoneen purkupöydältä kuljettimelle
- 67 sekunnin siirtoajasta pesukoneelta pakkauspöydälle, jonka aikana teline nostetaan pesutelineiden kuljettimelle
- 29 sekunnin siirtoajasta pesutelineiden kuljettimelta alas pakkauspöydälle
- 60 sekunnin pesukorin purkuajasta
- 12 minuutin containerin pakkausajasta
- 37 sekunnin siirtoajasta steriloitavien kuljettimelle
- 25 sekunnin siirtoajasta autoklaaville
- 37 sekunnin laskuajasta steriloitavien kuljettimelta robotin työkentelykorkeudelle
- 8 sekuntia kestävästä robotin siirtoliikkeestä

7.4 Johtopäätökset

Nämä laskuesimerkit kuvaavat ideaalista tilannetta, jossa pesu- tai sterilointiteline tai container ei joudu odottamaan ihmistä tai vihivaunua kuljettamaan niitä paikasta toiseen. Käytännössä ei kuitenkaan ole mahdollista, että välinehuoltaja tai vihivaunu olisi odottamassa kun pesuteline tulee pesukoneesta ulos ja olisi heti valmis kuljettamaan sen pakkauspaikalle tai containerin tai sterilointitelineen pakkauspaikalta sterilointiin. Lähinnä totuutta on esimerkki kuljettimesta, sillä kuljetin pystyy siirtämään jatkuvasti containereja ja telineitä.

Materiaalivirta ei myöskään ole päivän aikana tasainen. Aamulla huollettavia välineitä tulee välinehuoltokeskukseen vähemmän, iltapäivällä on ruuhka huippu, kun päivän ensimmäiset leikkaukset saadaan päätökseen. Ruuhka kestää noin neljä tuntia. Leikkausosasto on suurin yksittäinen välinehuolto kuormittava osasto, joten leikkausosaston instrumenttien pakkauspaikat kannattaa sijoittaa siten, että niistä on lyhin matka pesukoneille ja autoklaaveille. Välinehuoltokeskuksen prosessin nopeuden kannalta tällä ei kuitenkaan ole merkitystä, sillä leikkausosaston osuus välinehuollon kuormasta ei ole niin suuri, että laskelmissa tarvitsisi käyttää kertoimia.

Autoklaavien prosessiaika on pakkausalueen toiminnan kannalta kriittisin. Kahdeksan autoklaavia pystyy steriloimaan tarvittavan määrän containereja 10,4 tunnissa. Autoklaaveja voitaisiin lisätä muuttamalla välinehuolto-

keskuksen pohjarakennetta. Koska pakkauspyötiä on 20 ja henkilökuntaa 40 olisi kannattavinta jakaa henkilökunta kahteen vuoroon, jolloin koneiden kapasiteetti varmasti riittäisi eikä oltaisi riippuvaisia ihmisistä johtuvista viiveistä tai vihivaunuista.

Käytettäessä vihivaunua ja kuljetinta vapautetaan neljä työntekijää pakkaamaan containerereja. Tällöin välinehuolto pystyy tuottamaan yhden työpäivän aikana 1110 containeria. Tämä tekee vuodessa 40 150 containeria enemmän kuin ennen automatisointia. Kahdeksalta autoklaavilta vie 11,6 tuntia steriloida 1110 containeria. Sekä pesukoneiden, vihivaunujen, nostinten että robotin kapasiteetit riittävät kattamaan tämän suuruisen tuotannon lisäyksen.

Vihivaunu pystyy kuljettamaan sekä pesu- että sterilointitelineet kokonaisina pesukoneilta autoklaaveille asti. Se kuitenkin kulkee samassa tasossa ihmisliikenteen kanssa, joten risteävältä liikenteeltä ei vältytä. Kuljetin kuljettaa pesutelineet kokonaisina pakkauspaikalle, mutta containerit yksitellen robotille. Kuljettimen etuna on se, että se voidaan sijoittaa kulkemaan ihmisliikenteen yläpuolella, jolloin ihmiset pystyvät liikkumaan helpommin ja sen kuljetuskapasiteetti on lähes rajaton.

8 YHTEENVETO

Välinehuollon automatisoinnin taloudellisen kannattavuuden edellytyksenä on välinehuoltotoiminnan keskittäminen välinehuoltokeskukseen. Keskittämisen etuna on se, että kun koneet on keskitetty samaan paikkaan, niitä ei tarvita yhtä paljon kuin, jos jokaisessa käyttöyksikössä olisi omat koneensa. Keskittämisellä saadaan koneille parempi kapasiteetin käyttöaste ja huolto- ja validointikustannuksissa säästetään. Koneiden ollessa osastoilla käytetään niitä harvemmin kuin jos koneet ja välinehuoltotoiminta olisi keskitetty yhteen paikkaan, jossa koneet voisivat olla koko ajan käytössä. Jos välinehuoltokeskuksen kapasiteettia ei voida hyödyntää maksimaalisesti, tuotteiden ja palveluiden kustannukset nousevat ja toiminnan tehokkuus laskee.

Automatisoinnin avulla samassa ajassa saadaan enemmän instrumentteja läpi prosessissa, kun korien ja containerien siirtämisen hoitaa välinehuoltajan sijasta kuljetinjärjestelmä. Tällöin saadaan mahdollisuus lisätä välinehuoltokeskuksen kapasiteettia. Ennen automatisointia käyttäjä joutui kuljettamaan kärryillä pesutelineen itse pakkauspaikalle ja pakkauspaikalta sterilointiin, automatisoinnin jälkeen kuljetinjärjestelmä hoitaa instrumenttien siirtämisen pesualueelta pakkausalueen kautta sterilointiin ja tuotannonohjausjärjestelmä huolehtii siitä, että kaikille pakkauspaikoille tulee tasaisesti kuormaa.

Välinehuollon automatisoinnin avulla päästään eroon suuresta osasta ihmisten tekemiä nostoja ja siirroja. Kuljetinjärjestelmä hoitaa pesukorien siirtämisen pesualueelta pakkauspaikalle ja sterilointikorien ja containerien siirtämisen pakkauspaikalta autoklaaveille. Korkeussäädettävät purkupöydät nostavat korit pakkauspaikoilla sopivalle työskentelykorkeudelle työskennellä istuen tai seisten.

Automatisoinnin avulla instrumentteja voidaan seurata koko niiden kier-
ron ajan käytöstä huoltoon ja uudelleen käyttöön. Kattavan tietojärjestel-
män avulla voidaan hoitaa myynti, osto, huolto, laadunhallinta, raportointi
ja liittymät organisaation muihin järjestelmiin.

Välinehuollon toiminnan keskittäminen välinehuoltokeskukseen parantaa
myös työn laatua, sillä tällöin kaikki laitteet huolletaan samalla lailla ja
toiminta on valvotumpaa, jolloin välinehuoltajien toiminnan yksilölliset
erot vähenevät.

LÄHTEET

- Aha, L & Hellstén, S. 2004. Hoitovälineistön huolto. Teoksessa Hellstén, S (toim.) Uudistuva laitoshuolto. Suomen Kuntaliitto. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy. 85-98.
- Andersson, P. 2008. Välineiden pesukoneet. Teoksessa Hirvonen, K., Karhumäki, T & Tuominen, E (toim.) Välinehuolto. 1. painos. Keuruu: Kustannus Oy Duodecim. 67-71.
- Finni, E. & Venäläinen, S. 2008. Sähkötekniikka. Teoksessa Hirvonen, K., Karhumäki, T & Tuominen, E (toim.) Välinehuolto. 1. painos. Keuruu: Kustannus Oy Duodecim. 46-51.
- Hirvonen, K. 2008. Sterilointi. Teoksessa Hirvonen, K., Karhumäki, T & Tuominen, E (toim.) Välinehuolto. 1. painos. Keuruu: Kustannus Oy Duodecim. 205-248.
- Heinonkoski, R., Asp, R. & Hyppönen, H. 2008. Automaatio – helppoa elämää? Vammalan Kirjapaino Oy.
- Helenius, J. & Venäläinen, S. 2001. HYKS Meilahden sairaalan uuden välinehuoltokeskuksen käyttöönottosuunnitelman tekeminen ja toteuttaminen. Amiedu. Johtamisen erityisammattitutkinto. Opinnäytetyö.
- Karhumäki, T. 2008. Välinehuoltotyön historiaa. Teoksessa Hirvonen, K., Karhumäki, T & Tuominen, E (toim.) Välinehuolto. 1. painos. Keuruu: Kustannus Oy Duodecim. 9-20.
- Karhumäki, T. 2008. Välinehuollon henkilöstön toiminta. Teoksessa Hirvonen, K., Karhumäki, T & Tuominen, E (toim.) Välinehuolto. 1. painos. Keuruu: Kustannus Oy Duodecim. 21-38.
- Karhumäki, T. 2008. Välinehuollon tuotanto. Teoksessa Hirvonen, K., Karhumäki, T & Tuominen, E (toim.) Välinehuolto. 1. painos. Keuruu: Kustannus Oy Duodecim. 331-336.
- Karhumäki, T. 2008. Välinehuollon tietojärjestelmät tuotannonohjauksessa. Teoksessa Hirvonen, K., Karhumäki, T & Tuominen, E (toim.) Välinehuolto. 1. painos. Keuruu: Kustannus Oy Duodecim. 340-342.
- Karhumäki, T. 2008. Välinehuollon kustannuslaskenta. Teoksessa Hirvonen, K., Karhumäki, T & Tuominen, E (toim.) Välinehuolto. 1. painos. Keuruu: Kustannus Oy Duodecim. 344-350.
- Keinänen, T., Kärkkäinen, P., Metso, T & Putkonen, K. 2001. Logiikat ja ohjausjärjestelmät. Vantaa: Tummavuoren kirjapaino Oy.
- Kiesling, K. 2008. Ergonomia. Teoksessa Hirvonen, K., Karhumäki, T &

Tuominen, E (toim.) Välinehuolto. 1. painos. Keuruu: Kustannus Oy Duodecim. 369-371.

Kotamäki, M. & Nyberg T.R. 1992. Koneautomaatio 2000. Helsinki: Valtion painatuskeskus.

Lapinleimu, I., Kauppinen, V. & Torvinen, S. 1997. Kone- ja metalliteollisuuden tuotantojärjestelmät. Porvoo: WSOY.

Launis, M. & Lehtelä, J. Toim. 2011. Ergonomia. Tammerprint: Tampere.

Lax, R & Mikkola, I. 2007. Välinehuollon perusteet. Tampere: Tammer-Paino Oy.

Logica n.d.a. Toimialat. Terveystuotannon huolto. Tuotannonohjaus. Viitattu 24.2.2012.

http://www.logica.fi/we-work-in/pharmaceuticals/healthcare_erp/

Logica n.d.b. Toimialat. Terveystuotannon huolto. Aineistot. Toiminnanohjausta terveystuotannon huoltoon. Viitattu 24.2.2012. <http://www.logica.fi/we-are-logica/media-centre/factsheets/2011/toiminnanohjaus-terveystuotannon/>

Logica n.d.c. GEMINI – kokonaispalvelua välineiden huoltoon ja käytön hallintaan. Viitattu 24.2.2012.

<http://filestore.mymediahub.com/uploadfiles/documents/479eeacc-ec3f-4b65-9bd1-9ddf00983fc6/8E/2C/02/8E2C028A-4DB1-98C6-7D1B-E837DE206B7E.pdf>

Pentti, M. & Kiesling, K. 2008. Työkyvyn ylläpitäminen. Teoksessa Hirvonen, K., Karhumäki, T & Tuominen, E (toim.) Välinehuolto. 1. painos. Keuruu: Kustannus Oy Duodecim. 372-375.

SwissLog. n.d. TransCar - the automatic guided vehicle system with independent navigation for hospitals and industrial facilities. Viitattu 15.2.2012. http://www.swisslog.com/hcs-telelift_transcar.pdf

HAASTATTELUT

Hakarinne, A. Ryhmäpäällikkö. Insinööritoimisto Olof Granlund Oy. Henkilökohtainen tiedonanto 3.2.2012.

Hakarinne, A. Ryhmäpäällikkö. Insinööritoimisto Olof Granlund Oy. Henkilökohtainen tiedonanto 1.3.2012.

Hakarinne, A. Ryhmäpäällikkö. Insinööritoimisto Olof Granlund Oy. Henkilökohtainen tiedonanto 8.3.2012.

Hepoaho, S. KSL-suunnittelija. Insinööritoimisto Olof Granlund Oy. Henkilökohtainen tiedonanto 23.2.2012.

Hepoaho, S. KSL-suunnittelija. Insinööritoimisto Olof Granlund Oy. Henkilökohtainen tiedonanto 24.2.2012.

Hepoaho, S. KSL-suunnittelija. Insinööritoimisto Olof Granlund Oy. Henkilökohtainen tiedonanto 1.3.2012.

Hepoaho, S. KSL-suunnittelija. Insinööritoimisto Olof Granlund Oy. Henkilökohtainen tiedonanto 7.3.2012.

ASIASANALUETTELO

2D-matriisi	Datamatriisi, koostuu mustista ja valkoisista soluista.
Autoklaavi	Höyrysterilointiin käytettävä laite, paineastia, jonka tulee kestää kolmen baarin ylipaine ja yhden baarin alipaine.
Desinfiointi	Elomuotoisten mikrobien tuhoamisprosessi. Käsittelyn jälkeen tuotteissa voi olla vain sterilointia vaativia bakteeritiöitä.
Miasma	Muinainen uskomus, jonka mukaan taudit kuten kolera, klamydia ja musta surma johtuivat huonon ilman myrkyllisestä muodosta.
Moniresistentti mikrobi	Hyvin muuntautumiskykyinen mikrobi, joka pystyy esim. antibioottihoitojen seurauksena kehittämään vastustuskyvyn useille mikrobilääkkeille.
Pesu- ja desinfiointikone	Laite, jota käytetään välineiden pesemiseen, desinfiointiin, huuhteluun ja kuivaamiseen.
RFID	Radiotaajuinen etätunnistus menetelmä tiedon etäluvuun ja -tallentamiseen, joka käyttää RFID-tunnisteita eli tageja.
Sterilointi	Mikrobiorganismien ja niiden itiöiden tuhoaminen. Tuote on steriili, jos elinkykyisen mikrobin esiintymisen teoreettinen todennäköisyys siinä on korkeintaan 1:1 000 000.

VÄLINEHUOLLON LAITTEIDEN KAPASITEETTI

Pesu- ja desinfiointikoneiden määrä	6
Tunnelipesukoineiden määrä	3
Autoklaavien määrä	8

pesukoneen käyttämä aika min	35 =	2100 s	8 tunnissa yksi pesu- kone pystyy pesemään	14 telinettä	yhteensä koneet pesevät	82
tunnelin käyttämä aika min	40 =	2400 s	8 tunnissa yksi pesutun- neli pystyy pesemään	48 telinettä	yhteensä tunnelit pesevät	144
autoklaavin käyttämä aika min	60 =	3600 s	8 tunnissa yksi autoklaavi pystyy steriloimaan	96 containeria	yhteensä autoklaavit steriloivat	768
1000 containerin sterilointiin tarvittava aika	10,4 h					

AUTOMATISOIMATON PAKKAUSALUE

kävelynopeus km/h 3 = 0,83 m/s
 Tehollinen työaika h/vrk 6 = 21600 s

Keskimääräinen telineen
 pesusta pakkaukseen
 kuljettamiseen kuluva aika 46 s yksi välinehuoltaja ehtii
 työpäivän aikana
 telinettä pesukoneen purkupöydältä
 470 pakkauspöydän luo

Keskimääräinen containerin
 pakkauksesta sterilointiin
 kuljettamiseen kuluva aika 46 s yksi välinehuoltaja ehtii
 työpäivän aikana
 Telineen siirto kärryyn 20 s = 4 sekuntia/kori kuljettamaan
 containeria pakkauspöydältä
 470 autoklaaville

Telineen tyhjennysaika 300 s Telineiden purkamiseen
 tarvittava henkilömäärä 3
 Containerin pakkaus aika 720 s Containerien pakkaamiseen
 tarvittava henkilömäärä 33

Containerin laittaminen
 sterilointitelineeseen 10 s
 Containeria /päivä 1000

Kokonaisläpimenoaika
 containerille 841 = 14,0 min

VIHIVAUNULLA TOIMIVA PAKKAUSALUE

vihivaunun nopeus km/h 3 = 0,83 m/s
 Tehollinen työaika h/vrk 8 = 28800 s

Telineen siirto vihivaunuun 20 s = 4 sekuntia/kori

Telineen siirto vihivaunusta
 autoklaaviin 20 s = 2 sekuntia/container

Keskimääräinen vihivaunun
 pesukoneelta
 pakkauspöydälle ja takaisin
 kuljettamiseen kuluva aika 60 s yksi vihivaunu pystyy
 kuljettamaan 8 tunnin aikana pesutelinettä pesukoneen
 480 purkupöydältä pakkauspöydälle

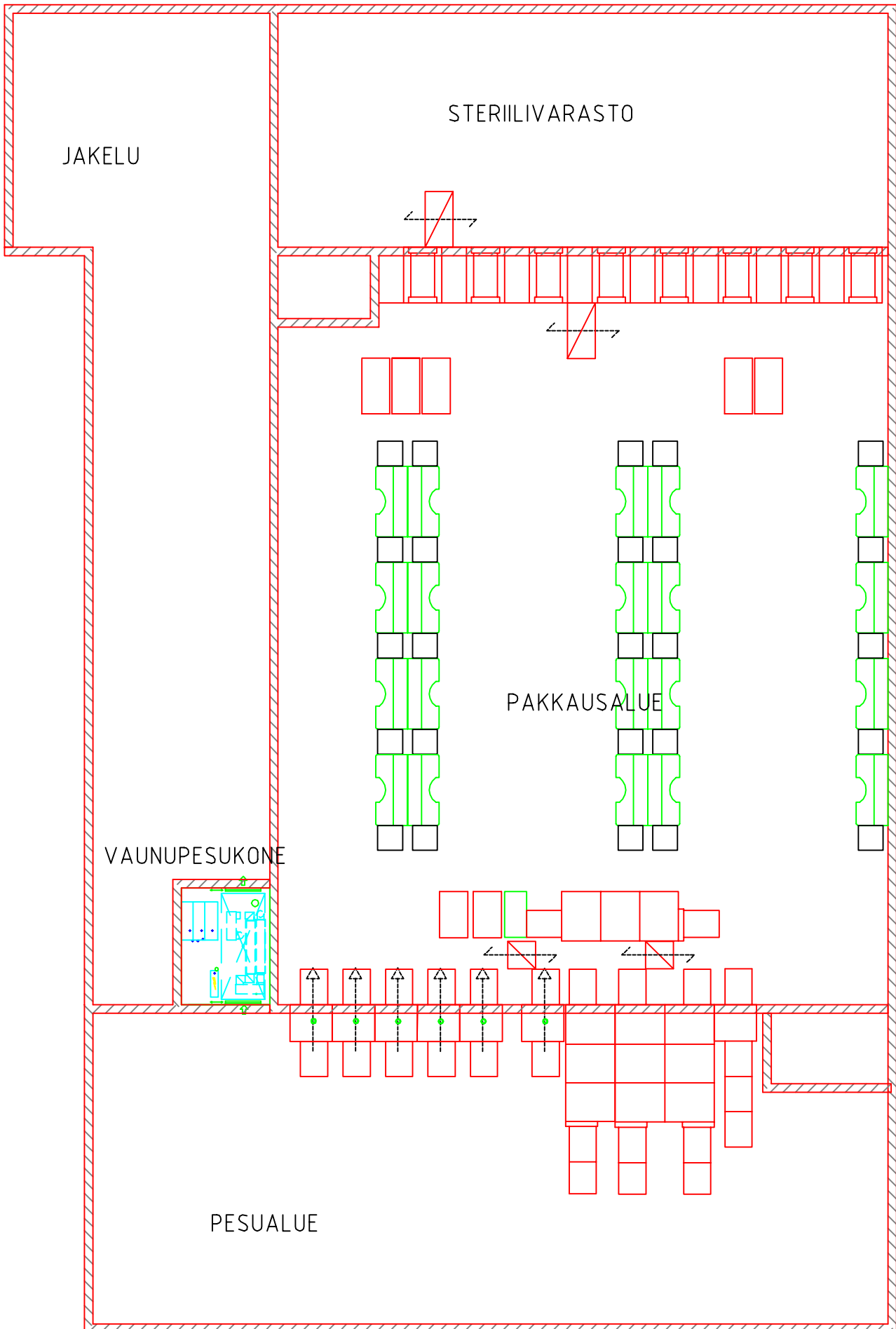
Keskimääräinen vihivaunun
 pakkauspöydältä
 autoklaaville ja takaisin
 kuljettamiseen kuluva aika 58 s yksi vihivaunu pystyy
 kuljettamaan 8 tunnin aikana sterilointitelinettä pakkauspöydältä
 497 autoklaaville

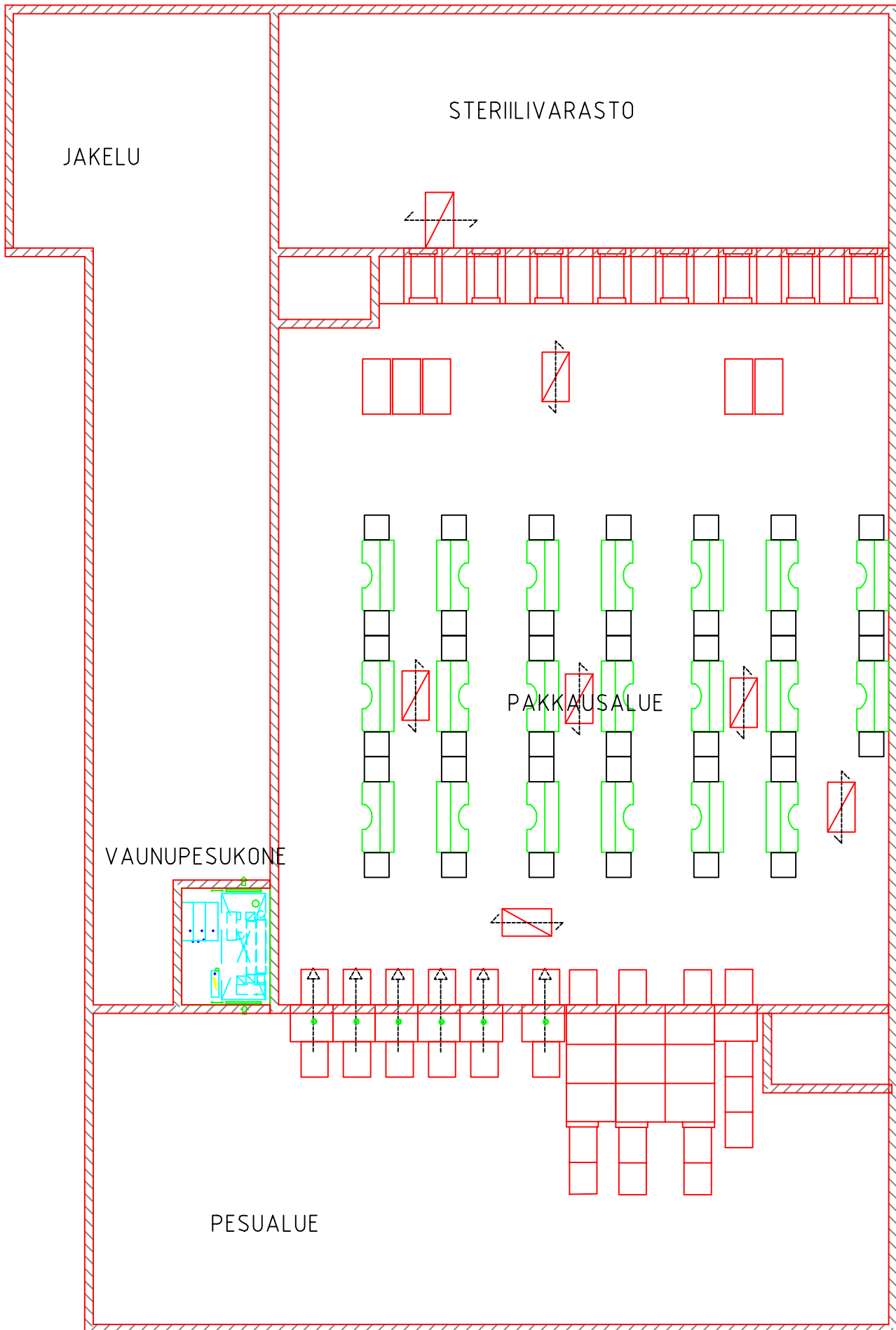
Kolmen välinhuoltajan
 vapauduttua pakkaamaan
 containereja pystytään
 päivässä pakkaamaan 1080 containeria

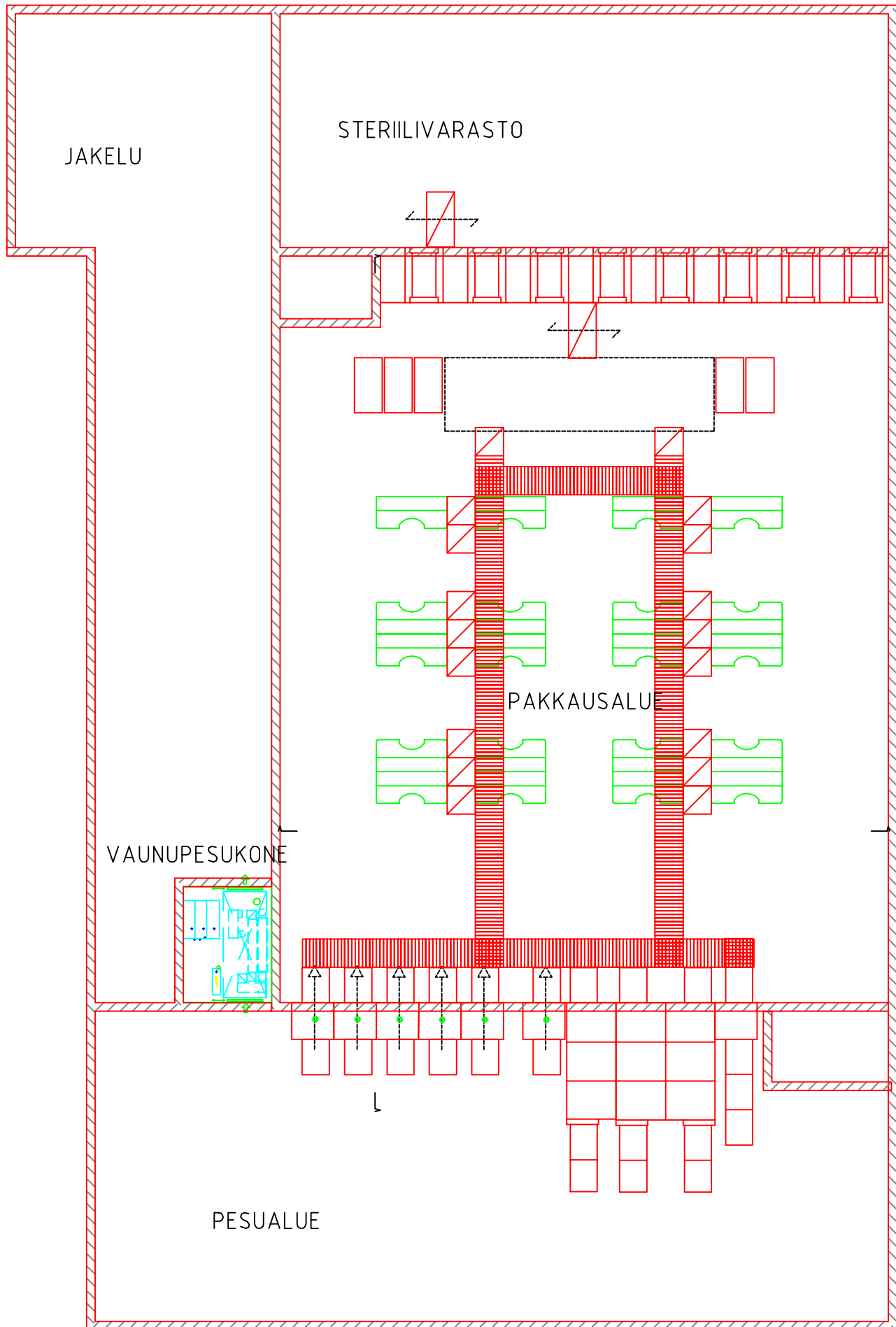
Kokonaisläpimenoaika
 containerille 825 = 13,8 min

KULJETTIMELLA TOIMIVA PAKKAUSALUE

kuljettimen nopeus m/min	17 =	0,28 m/s		
Työaika h/vrk	8 =	28800 s		
Telineen siirtoon	20 s	= 4 sekuntia/kori		
Nostimen nopeus m/min	5			
Nostokorkeus	1,4 m			
Nostimen käyttämä aika	17 s			
Siirto nostimelle	30 s			
Siirto nostimelta	15 s			
Robotin käyttämä aika/container	15 s			
Pakkauspaikalla olevan nostimen prosessi-aika	124 s	Nostinten määrä	6	
Yhden nostimen kapasiteetti 8 tunnissa	233 prosessia	Nostinten kapasiteetti yhteensä 8 tunnissa	1398 prosessia	
Robotin kapasiteetti 8 tunnissa	1920 containeria			
Keskimääräinen telineen pesusta pakkaukseen kuljettamiseen kuluva aika	182 s	Keskimääräinen containerin pakkauksesta sterilointiin kuljettamiseen kuluva aika	25 s	
Keskimääräinen containerin pakkauksesta sterilointiin kuljettamiseen kuluva aika	149 s			
Kokonaisläpimenoaika containerille s	1103 =	18,4 min		

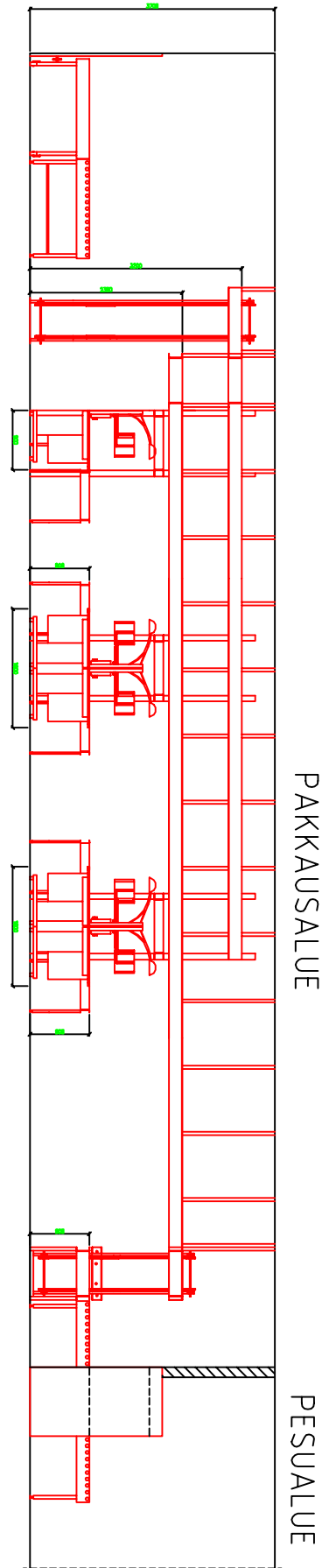
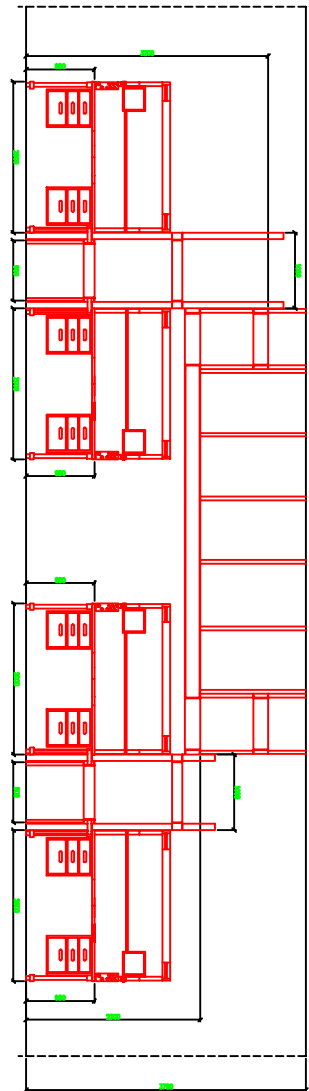






KULJETINTA KÄYTTÄVÄN
PAKKAUSALUEEN LEIKKAUSKUVA

LIITE 3/4



1:100