

Tuomas Salojärvi

# Logistiikkakeskuksen käyttövarmuuden parantaminen

Metropolia Ammattikorkeakoulu  
Insinööri  
Automaatiotekniikka  
Insinöörityö  
21.12.2010

Tekijä(t) Otsikko	Tuomas Salojärvi Logistiikkakeskuksen käyttövarmuuden parantaminen
Sivumäärä Aika	52 sivua + 2 liitettä 21.12.2010
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	automaatiotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	kappaletavara automaatio
Ohjaaja(t)	liiketoimintayksikön johtaja Marko Väänänen lehtori Jari Olli
<p>Insinööriyön tarkoituksena oli tutkia ja luoda menetelmiä logistiikkakeskuksen käyttövarmuuden parantamiseksi. Päämäärän saavuttamiseksi työssä tutkittiin logistiikkakeskuksen toimintaa toimintavarmuuden, kunnossapidettävyyden sekä kunnossapitovarmuuden osalta.</p> <p>Työssä kartoitettiin järjestelmää laitteiston rakenteen, käytettävyyksmallin ja kunnossapitajien ymmärryksen mukaisesti. Lisäksi kehitettiin päivittäinen ja pitkäaikainen käytettävyyden seurantamalli, jolla saadaan paremmin tietoa käytettävyyttä laskevista tekijöistä.</p> <p>Logistiikkakeskuksen käyttöönottovaiheen jälkeen suurimmat käytettävyyttä laskevat tekijät johtuvat tavallisesti viallisista tuotteista, tarroista, laatikoista ja lavoista. Työssä havaittiin myös muita syitä, kuten tarpeeksi nopea ja tarkka virheiden selvitys, pitkäaikaisten ongelmien huomaamattomuus ja virheenpoistajien sekä huoltomiesten taukojen yhtäaikaisuus. Samalla havaittiin varaosatietouden ja varaosien olemmassaolon puute erittäin kriittiseksi.</p> <p>Tuloksista ilmeni, että käyttöönottokauden jälkeen on tarpeellista suorittaa laajempi analyysi käyttövarmuudesta. Tällä tavoin saadaan käytettävyys nopeasti käyttökauden tasolle. Kehitetyillä seurantamenetelmillä saadaan tasaisen käytettävyyden tasoa nostettua kohti korkeampaa käyttövarmuutta. Tämän lisäksi myös yllättävät laskut</p>	

käyttövarmuudessa saadaan estettyä. Insinööriyö loi hyvät edellytykset tavoitellun käyttövarmuuden pitämiseksi.

Avainsanat

käyttövarmuus, kunnossapito, logistiikka

Author(s) Title	Tuomas Salojärvi Improving the dependability of a logistics center
Number of Pages Date	52 pages + 2 appendices 21 December 2010
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Automation Technology
Specialisation option	Piece Goods Automation
Instructor(s)	Marko Väänänen, Business Unit Director Jari Olli, Lecturer

This engineering thesis project was conducted to study and create methods to improve the dependability of a logistics center. To achieve this goal, the operations of a logistics center were examined with respect to reliability, maintainability and maintenance.

During the project, the system was surveyed in terms of its hardware design, the availability model and maintenance officers' knowledge. Also, a daily and long-term availability follow-up model was created, giving more information about the factors that lower availability.

After the deployment phase of the logistics center, the biggest drops in availability were usually caused by defective products, labels, cartons and pallets. The thesis also discovered other causes, such as a slow and inaccurate way to solve errors, undetectable long-term problems and identical break times for the maintenance team and the error fixer team. At the same time it was found out that the knowledge of spare parts and the lack of spare parts were really critical.

The results showed that after the deployment phase it is necessary to carry out a broader analysis of dependability. The monitoring models developed during the project provided a constant way to maintain high dependability. In addition, unexpected drops in reliability can be prevented by using these models. During this project, good conditions were created for maintaining the required dependability.

Keywords	dependability, maintenance, logistics
----------	---------------------------------------

## Sisällys

1 Johdanto .....	5
2 Käyttövarmuustekniikka .....	5
2.1 Käyttövarmuus kustannustekijänä .....	8
2.2 Käyttövarmuustehtävät elinjakson eri vaiheissa .....	8
2.3 Vikaantuminen .....	10
2.3.1 Vikataajuus ajan funktiona.....	10
2.4 Käyttövarmuuden analysointi .....	11
2.5 Käyttövarmuustarkastelujen menetelmät .....	12
2.6 Käyttövarmuuden parantaminen .....	12
3 Logistiikkakeskuksen käyttövarmuus .....	14
3.1 Osa-alueiden rakenteet käyttövarmuuden suhteen.....	14
3.1.1 Sarjarakenne .....	14
3.1.2 Rinnakkaisrakenne .....	15
3.1.3 Ryhmärinnakkaisrakenne .....	16
3.2 Osa-alueiden kriittisyysluokat.....	16
3.2.1 Sisääntulo .....	17
3.2.2 Täydennys .....	19
3.2.3 Keräily.....	22
3.2.4 Ulostulo .....	24
3.2.5 IT .....	28
3.3 Huoltoasentajille tehty kriittisyyskysely .....	29
3.4 Huoltoasentajien kyselystä saadut tulokset.....	30
3.5 Käytettävyyssmallin kriittisyysluvut .....	31
3.6 Käytettävyyssmallin tulokset kriittisyyskyselylle .....	32
3.7 Kriittisyysanalyysi.....	33
3.8 Huoltoasentajien tarve virheenkorjauksessa .....	35
3.9 Varaosa hallinta.....	37
4 Järjestelmän seuranta viimeisen käyttöönottovaiheen aikana .....	38
4.1 Virhemäärät ja niiden jakaantuminen .....	38
4.2 Käytettävyyssprosentit ja niiden jakaantuminen .....	39
4.3 Arviot käytettävyydestä ja sen jakaantumisesta tulevaisuudessa.....	41
5 Käytettävyyden parantaminen käytettävyyssmallin avulla .....	41
5.1 Käytettävyyssmalli .....	42
5.2 Käytettävyyssmallin ongelmat ja muutokset .....	42
5.3 Päivittäinen käytettävyyden seuranta .....	43
5.3.1 Päivittäiset toimenpiteet käytettävyyden kannalta .....	43
5.3.2 Päivittäisen seurannan tulokset .....	44

5.4 Pitkäaikainen käytettävyysanalyysi .....	45
5.4.1 Toimenpiteet analyysin tekemiseksi .....	46
5.4.2 Analyysillä saavutetut tulokset .....	47
5.4.3 Tulosten vaikutus käytettävyyteen .....	49
5.5 Tarvittavat toimenpiteet jatkuvan parantamisen ylläpitämiseksi .....	50
6 Yhteenveto .....	50
Lähteet.....	51

## Liitteet

Liite 1. Kriittisyyskysely

Liite 2. Pitkä-aikaisen käytettävyyden seurannan esimerkki

## 1 Johdanto

Laitevalmistajan hyväksytysti luovuttamassa järjestelmässä käyttövarmuus siirtyy asiakkaan vastuulle. Asiakkaan käyttäessä ulkopuolista kunnossapitoyhtiötä voi kyseinen vastuu siirtyä eteenpäin kunnossapitoyhtiölle.

Algol Technics OY (AT) on osa Algol Oy:tä, joka on perustettu 1894 ja sen päätoimiala on tekninen kauppa. Algol Technicsin päätoimiala on koneiden ja laitteiden tukkukauppa, ja liiketoimintaan kuuluu myös kunnossapito. Kunnossapitoa myydään useasti nykyään käyttövarmuutena eikä huoltotoimintana.

Uuden logistiikkakeskuksen käyttöönotossa on ollut käytettävyyden kanssa ongelmia. AT on vastuussa logistiikkakeskuksen teknisestä käytettävyydestä. AT:n toimenkuvaan kuuluvat vikakorjaukset, huollot sekä riittävän korkean käytettävyyden ylläpitäminen. Käytettävyyden kannalta normaali vikakorjaus ja huoltotyö on havaittu riittämättömäksi, koska jatkuva järjestelmällinen analyysi järjestelmän ongelmakohtista puuttuu.

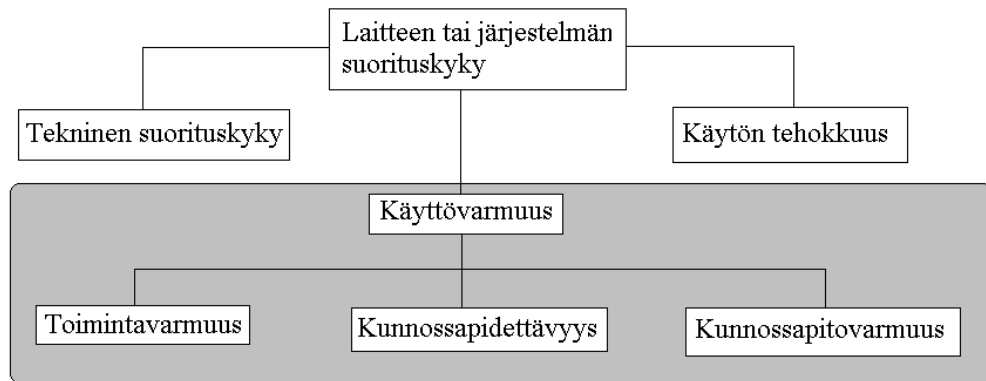
Tässä insinööriyössä pyrittiin selvittämään, miten järjestelmän käyttövarmuutta pystyttäisiin parantamaan osana päivittäistä huoltotoimintaa. Työssä etsittiin ongelmakohtia käyttövarmuuden kannalta ja kehitettiin niille ratkaisumenetelmiä.

## 2 Käyttövarmuustekniikka

Tuotantolaitoksen, koneiden ja laitteiden suorituskykyyn vaikuttaa teknisten ominaisuuksien lisäksi käyttövarmuus. Käyttövarmuus on kohteen kyky olla tilassa, jossa se kykenee suorittamaan vaaditun toiminnon tietyissä olosuhteissa ja tietyllä ajanhetkellä tai tietyn ajanjakson aikana olettaen, että vaadittavat ulkoiset resurssit ovat saatavilla. Käyttövarmuustekniikka sisältää teorian ja menetelmät laitteiden tai järjestelmien luotettavuuden arvioimiseen. [1; 2; 3]



Standardin SFS-IEC 50-191 mukaan käyttövarmuus voidaan jakaa kolmeen osatekijään. Nämä tekijät on esitetty tummennetulla alueella kuvassa 1.

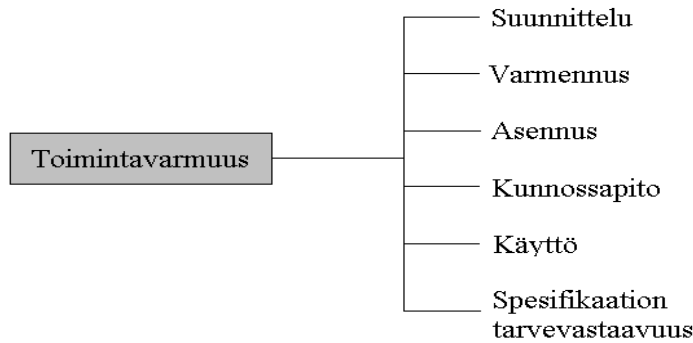


Kuva 1. Käyttövarmuuden osatekijät [1]

Toimintavarmuudella tarkoitetaan kohteen kykyä suorittaa vaadittu toiminto määritetyissä olosuhteissa vaaditulla aikavälillä. Kunnossapitovarmuus on kunnossapito-organisaation kyky saattaa oikeat kunnossapidon resurssit oikeaan paikkaan suorittamaan tarvittavat kunnossapitotoimet tietyssä ajanhetkenä tai tietyllä aikavälillä. Kunnossapidettävyyden tarkoittaa kohteen kykyä tietyissä olosuhteissa tulla pidetyksi tai palautetuksi sellaiseen tilaan, missä se voi suorittaa halutun toiminnon, kun kunnossapitoa suoritetaan tietyissä olosuhteissa ja käyttäen määriteltyjä toimenpiteitä ja resursseja. Näiden kolmen tekijän lisäksi käyttövarmuuteen vaikuttavat virheikäytön esto ja käyttäjien taidot. Virheikäytön esto on laitteiden ja järjestelmien tekninen ominaisuus, jolla estetään niiden virheellinen käyttö tai vaaran aiheuttaminen ympäristölle. [4; 5]

Käyttövarmuuden osatekijöistä toimintavarmuus ja kunnossapidettävyyden ovat toimittajan vastuulla, mutta huoltovarmuudesta voi toimittaja esittää asiakkaalle suosituksia ja vaatimuksia. Käyttövarmuuden kolmelle osatekijälle asetetaan sekä kvantitatiivisia että kvalitatiivisia tavoitteita. [3; 6]

Toimintavarmuus voidaan myös jakaa osatekijöihin. Nämä tekijät on esitetty kuvassa 2.2.

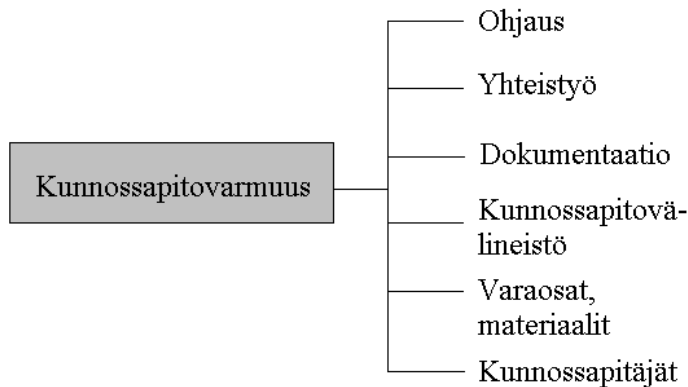


Kuva 2. Toimintavarmuuteen vaikuttavia tekijöitä [7]

Kunnossapidettävyyteen vaikuttavat kohteen luoksepäästävyys, vaihdettavuus, testattavuus, huollettavuus ja vian paikannettavuus. Nämä tekijät on yleensä etukäteen suunniteltuja ja korjattu käyttöönottovaiheessa poikkeuksia lukuun ottamatta.

Kunnossapitovarmuutta on syytä parantaa vielä käyttökauden jälkeenkin. [7]

Kunnossapitovarmuuden osatekijät on esitetty kuvassa 2.3.



Kuva 3. Kunnossapitovarmuuteen vaikuttavia tekijöitä [7]

Käyttövarmuustekniikka edellyttää tarkasteltavan kohteen perinpohjaista tuntemista, systemaattisuutta, optimiratkaisun etsimistä ja ratkaisun toteuttamista. Systemaattisuus on välttämätöntä siksi, että tarkastelun kohteena ovat usein laajat ja monimutkaiset järjestelmäkokonaisuudet (sekä tekniset järjestelmät että niitä käyttävä henkilökunta). Näin ollen on voitava varmistua siitä, että kaikki tärkeät tekijät on huomioitu. Lisäksi vaaditaan, että tarkastelun tulee olla objektiivista ja sen tuloksen mahdollisimman riippumaton tarkastelun suorittajasta. Usein tarvitaan kvantitatiivista käsittelyä asioiden

täsmälliseen ja yksikäsitteiseen ilmaisemiseen sekä objektiivisten ratkaisujen tekemiseen. Käyttövarmuustekniikalle on myös ominaista edullisimman ratkaisun etsiminen. [8]

## **2.1 Käyttövarmuus kustannustekijänä**

Käyttövarmuuden parantaminen edellyttää käyttövarmuussuunnittelua, mikä lisää kustannuksia ja siten nostaa laitteiston hintaa. Huipputekniikan tuotteiden suunnittelukustannukset ovat kuitenkin vain pieni osa tuotteen elinkustannuksia. Huomattava osa elinikäkustannuksista toteutuu vasta laitteiston käyttöönottovaiheen aikana, tärkeimpinä kunnossapito, käyttö- ja keskeytyskustannukset. [3]

Tekijät, joista investointivaihtoehdon kannattavuus muodostuu, ovat syntyvät tulot (tuotot), juoksevat menot (kustannukset), hankintamenot (perusinvestointi) ja jäännösarvo, investointiajanjaksoja laskentakorkokanta. Useimmissa tapauksissa tuotot, kustannukset, hankintamenot ja jäännösarvo riippuvat valittavien laitteiden käyttövarmuudesta. Käyttövarmuus vaikuttaa tuotannon määrään tietyllä aikavälillä ja näin ollen suoraan tuloihin. Kustannuksiin käyttövarmuus vaikuttaa mm. kunnossapidon työ- ja materiaalikustannusten välityksellä. Hankintameno suurenee usein käyttövarmuuden vaatimusten kasvaessa joko siksi, että paremmasta laitteesta joudutaan maksamaan korkeampi hinta, tai siksi, että heikompia laitteita varmistetaan hankkimalla jossakin muodossa ylikapasiteettia. [9]

Järjestelmän tai laitteen suorituskyvyn maksimointi suhteessa elinikäkustannuksiin eli maksimitehokkuuden saavuttaminen edellyttää, että käyttövarmuus ja tekninen suorituskyky ovat tasapainossa. Liian hyvää suorituskykyä ei kannata tavoitella, sillä sen avulla saavutettu kilpailukyky menetetään huonon käyttövarmuuden aiheuttamien tuotantomenetysten ja kasvaneiden kunnossapitokustannusten takia. [3]

## **2.2 Käyttövarmuustehtävät elinjakson eri vaiheissa**

Käyttövarmuuden saavuttamiseksi on käyttövarmuuteen liittyviä toimenpiteitä ja tehtäviä toteutettava tuotteen elinjakson jokaisessa vaiheessa. Parhaat tulokset

saavutetaan, jos käyttövarmuussuunnittelu hoidetaan osana tuoteohjelmaa eikä erillisenä toimenpiteenä. [10]

Käyttövarmuusvaatimusten toteuttaminen varmistetaan systemaattisen käyttövarmuussuunnittelun keinoin, joihin sisältyy seuraavat asiat:

- käyttövarmuusvaatimusten osittaminen eli allokointi tuotteen osatoiminnoille
- suunnitteluratkaisujen analysointi käyttövarmuusmenetelmillä ja käyttövarmuuden ennustaminen
- huollettavuuden analysointi ja varaosatarpeen ennustaminen
- turvallisuuskysymysten huomionotto, [10][11][12].

Käyttövarmuusvaatimusten toteutumista valvotaan suunnitelmien tarkentuessa suunnittelukatselmuksissa ja valitaan vaatimukset täyttävä ratkaisu.

Valmistusvaiheessa ei voida yleensä parantaa suunnitteluvaiheessa saavutettua käyttövarmuutta, huonontumista voi kylläkin tapahtua. Tärkeä osa käyttövarmuuden saavuttamista on toimiva laadunvalvontaohjelma sekä käyttövarmuustestit, jotka suoritetaan suurilla järjestelmillä usein käyttövaiheen yhteydessä [10].

Käyttövaiheessa laitteen käyttäjien ja kunnossapitäjien kyvykkyys ratkaisee, voidaanko suunniteltu käyttövarmuus saavuttaa. Osaava käyttäjä käsittelee laitetta niin, ettei se käytön takia vikaannu. Huolto-organisaation tehtävänä on ylläpitää huoltovarmuutta siten, että laitteen korjausajat ovat suunnitellulla tasolla. Käyttövaiheeseen liittyviä käyttövarmuustehtäviä ovat seuraavat:

- vikatietojen käsittely ja analysointi
- tuotteesta riippuen parannusehdotuksien tekeminen
- kunnossapidon optimointi
- käyttö- ja huoltohenkilöstön kouluttaminen
- käyttö- ja huoltodokumenttien valvonta. [10]

## 2.3 Vikaantuminen

Vika on kohteen tila, jossa se ei pysty suorittamaan siltä haluttua toimintoa [2][4].

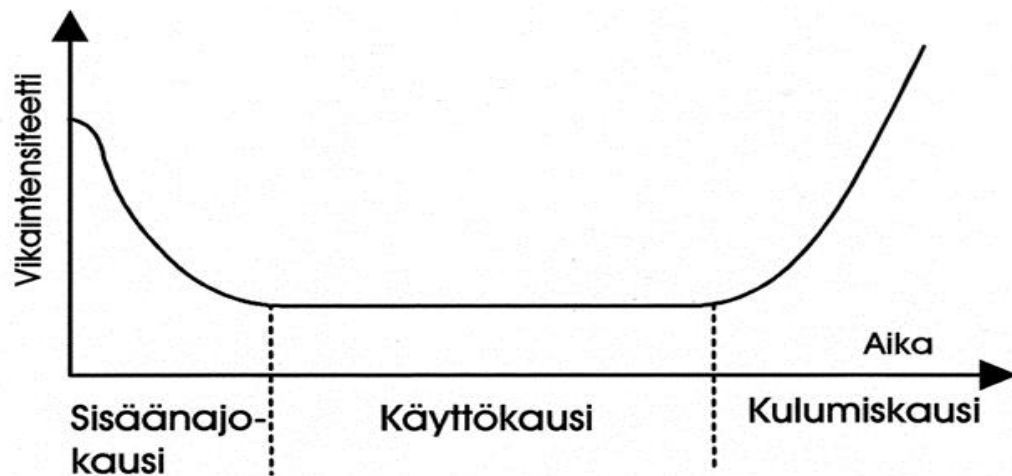
Vika määritellään kohteen poikkeamaksi siltä vaadituista ominaisuuksista. Usein tilanne on sellainen, että hyväksyttävään toimintaan sallitaan pieni poikkeama tavoitearvosta ja vasta sallitun poikkeaman ylitys tulkitaan viaksi.

Useilla komponenteilla vikaantumiseen liittyy komponentin kestävyvyn ylittävä kuormitus. Kuormitus ja kestävyky voidaan ymmärtää tässä yhteydessä liittyväksi erilaisiin fysikaalisiin ilmiöihin. Vikaantumisen satunnaista luonnetta kuvaa se, että tuotteiden ja komponenttien kuormitus ja kestävyky eivät ole vakioita vaan jossain määrin tilastollisesti jakautuneita. Kuormituksen vaihtelu aiheutuu olosuhteiden muutoksista ja yllättävistä tilanteista. Kestävyky vaihtelee esimerkiksi mekaanisella osalla materiaalien epätasaisuuden, valmistustoleranssien ja käytön aikaisen heikkenemisen takia. [13][14]

### 2.3.1 Vikataajuus ajan funktiona

Vikataajuus on tarkastelujaksolla vioittuneiden laitteiden lukumäärän suhde tarkastelujakson alussa kunnossa olleisiin laitteisiin. Vikataajuus vaihtelee komponentin eliniän aikana. Laitteiden elinikään kuuluu tavallisesti kolme vaihetta: sisäänajovaihe, käyttökausi ja kulumiskausi. Sisäänajokauden aikana vikataajuus on korkea suunnittelu-, valmistus- ja asennusvirheiden takia, jotka poistetaan käyttökokemusten kertyessä. [2][3]

Myös kestävydeltään heikot komponentit pettävät alkuvaiheen aikana. Alkuvaiheen vikojen korjauksen jälkeen vikataajuus laskee ja asettuu tietylle tasolle pysyen siinä keskimäärin vakiona koko käyttökauden ajan. Käyttökauden aikana ilmenevät viat ovat luonteeltaan satunnaisia. Kulumiskauden aikana vikataajuus taas kasvaa kulumisen ja vanhenemisen seurauksena [3]. Vikataajuuden kuvaaja on kylpyammekäyrä, ja se on esitetty kuvassa 4.



Kuva 4. Vikataajuus komponentin eliniän kolmessa vaiheessa [14]

## 2.4 Käyttövarmuuden analysointi

Kehitettävän laitteen tai järjestelmän käyttövarmuuteen ja turvallisuuteen liittyvät häiriötekijät on kannattavinta selvittää tuotekehityksen alkuvaiheessa käyttövarmuusanalyysillä. Analyysin tavoitteena on myös tuottaa uusia ideoita ja parannustoimenpiteitä, joiden avulla tunnistetut häiriötekijät voidaan joko kokonaan eliminoida tai niiden esiintymisen todennäköisyyttä ja/tai seurausta voidaan alentaa. Ratkaisuvaihtoehtoja analysoimalla selvitetään, mitä häiriöitä voi tulla ja miten ne mahdollisesti tapahtuvat sekä mitkä ovat mahdolliset seuraukset. Siten voidaan valita kokonaistaloudellisesti paras ja suunnitteluvaatimukset täyttävä vaihtoehto. [3; 14]

Järjestelmän käyttövarmuutta voidaan analysoida joko induktiivisesti tai deduktiivisesti. Induktiivisessa tarkastelussa lähdetään liikkeelle komponenttitasolta ja edetään suurempiin kokonaisuuksiin, kunnes tullaan koko järjestelmän kattavalle tasolle. Deduktiivinen analyysi aloitetaan järjestelmätasolta, jonka ei-toivotun tilan syytä selvitetään edeten kohti komponenttitasoa. Deduktiiviset menetelmät sopivat monimutkaisten järjestelmien analysointiin, ja niitä voidaan hyödyntää jo suunnittelun alkuvaiheessa, jolloin järjestelmän yksityiskohtia ei ole vielä määritetty. [3] Mikäli analysoitava järjestelmä on laaja ja käytettävät resurssit rajoitetut, voidaan käyttövarmuusanalyysi kohdentaa menetelmällä, jossa tarkastellaan sellaisia

vikaantumisia, joiden todennäköisyys on suuri ja seuraukset vakavat eli joihin liittyy suuri riski [3].

Toiminnan kuvauksessa järjestelmä jaetaan toimintaryhmiin, jotka perustuvat järjestelmäkuvauksiin, kaavoihin ja komponenttiluetteluihin sekä kirjataan käyttötapojen ja toimintojen kuvaukset [3].

## **2.5 Käyttövarmuustarkastelujen menetelmät**

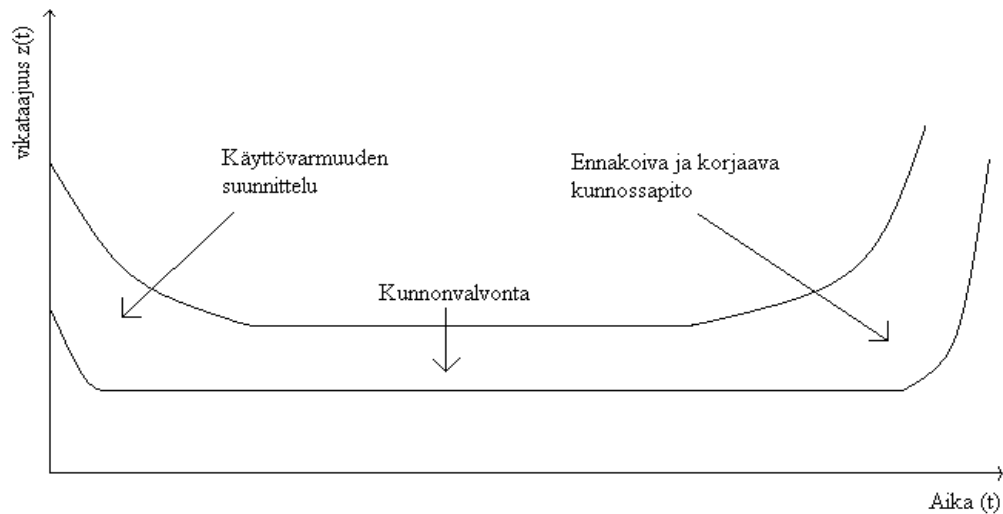
Käyttövarmuuden analysoinnissa käytettävät menetelmät voidaan jakaa kvalitatiivisiin tai kvantitatiivisiin.

Kvalitatiivisilla eli tunnistusmenetelmillä arvioidaan laitteiston vika- ja kunnossapito-ominaisuuksia sekä niiden aiheuttamia seurauksena. Kvalitatiivisissa analyyseissä määrätään ei-numeerisin metodein järjestelmien mahdolliset tilat sekä näihin johtavat syyt ja tapahtumaketjut.

Kvantitatiivisilla menetelmillä lasketaan täsmällisiä tunnuslukuja järjestelmän käyttövarmuudesta. Kvantitatiivisten menetelmien käyttöön liittyvä käyttövarmuus- ja kunnossapitotietojen keräys ja käsittely tarkoittaa lähinnä historiatiedon keräystä, tiivistämistä ja järjestämistä selkeään muotoon. Silloin, kun tiedon kerääminen ja käsittely tapahtuu automaattisesti, tarkoitetaan yleensä käytettävyyssmallia. Käytettävyyssmallista saatuja tietoja voidaan käyttää myös laitteiden tulevan käyttäytymisen ennustamiseen sekä myös kunnossapitotoimintojen, kuten ennakkohuollon ja virheenkorjaustoiminnan, resursointiin.

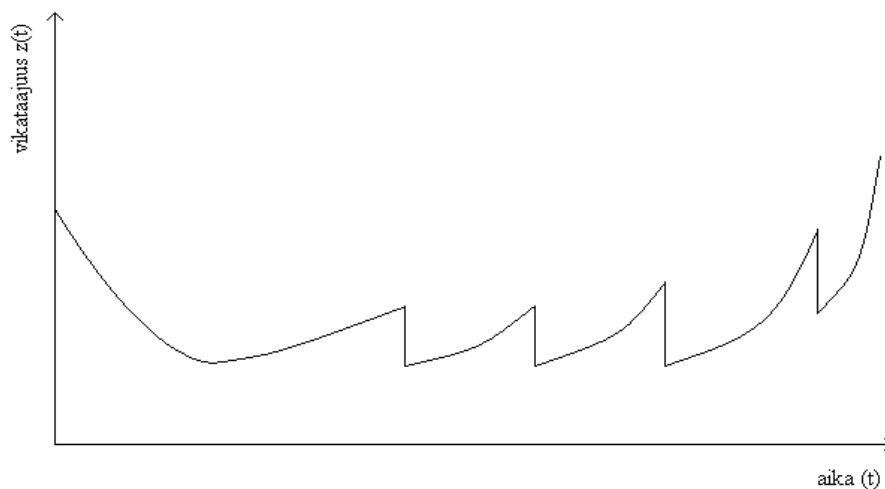
## **2.6 Käyttövarmuuden parantaminen**

Järjestelmän tai komponentin vikaantumista voidaan vähentää eri toimenpiteillä sen eliniän eri vaiheissa kuvan 5 mukaisesti.



Kuva 5. Vikataajuuteen vaikuttaminen järjestelmän eliniän aikana [14]

Käyttöönottovaiheen viat pystytään suurelta osin poistamaan suunnittelun avulla. Tärkeää tässä vaiheessa on heti hyödyntää vastaavien laitteiden käyttövarmuus- ja kunnossapitokokemuksia. Tutkimuksien mukaan suurimpia vikaantumissyitä ovat käyttövirheet, jotka sisältävät sekä virheellisen käytön että ympäristöolosuhteiden muutoksen. Satunnaisia vikoja ovat myös komponenttiviati, joiden määrää voidaan vähentää kunnonvalvonnan avulla. Kulumiskauden vikoja voidaan vähentää ennakoivalla ja korjaavalla kunnossapidolla. Ennakkohuollon vaikutus kasvavan vikataajuuden aikana on esitetty kuvassa 2.6. Ennakkohuolto palauttaa vikataajuuden tasaisen vaiheen tasalle [14].



Kuva 6. Ennakkohuollon vaikutus vikataajuuteen järjestelmän eliniän aikana



### 3 Logistiikkakeskuksen käyttövarmuus

Logistiikkakeskus jaetaan viiteen erikseen seurattavaan käyttövarmuusosa-alueeseen: sisääntulo (incoming), täydennys (replenish), keräily (picking), ulostulo (output) ja IT. Jokaisen osa-alueen on täytettävä siltä vaadittu käytettävyyssprosentti.

Sisääntuloon sisältyvät vastaanotto, välisilta ja varastohallit. Siinä logistiikkakeskukseen virtaa laatikoita kuljettimia pitkin suoraan tuotannosta. Täydennyksessä vajaat, vanhalta puolelta tulevat tuotelavat puretaan ja laatikot syötetään odottamaan täydennystä MS (Multishuttle) -välivarastoon. Keräilyyn kuuluu tuotteiden keräilyä asiakaslaatikoihin automaattisesti keräilyrobotilla, ihmiskäsin keräilysoluissa, vanhan terminaalin kolmessa kerroksessa ja valokeräysjärjestelmällä (fleischterminalilla). Näistä ainoastaan keräilysoluja tutkitaan käytettävyyssmallin avulla. Ulostuloon kuuluu tilausten ajo multishuttle-välivarastosta lavaukseen ja lavauksen jälkeen lavausalueen kautta asiakkaille. IT käsittää käytössä olevat tietojärjestelmät ja niiden tietoliikenneyhteydet [15].

#### 3.1 Osa-alueiden rakenteet käyttövarmuuden suhteen

Järjestelmän osa-alueet koostuvat suuresta määrästä erilaisia laitteita, ja tästä johtuen yksittäiset laitteet vaikuttavat erilaisilla kertoimilla kokonaiskäytettävyyteen. On myös laitteita, jotka eivät välttämättä vaikuta kokonaiskäytettävyyteen, jos jokin toinen laite toimii. Osa-alueiden rakenteet voidaan jakaa kolmeen luokkaan, sarja-, rinnakkais- ja ryhmärinnakkaisrakenteeseen.

##### 3.1.1 Sarjarakenne

Jos järjestelmä on luotettavuusteknisesti sarjarakenteinen, keskeyttää sen yhdenkin komponentin vikaantuminen koko järjestelmän toiminnan. Sarjarakenteen luotettavuus on siten heikompi kuin sen huonoimman komponentin luotettavuus. Kuvassa 7 on esitetty sarjarakenteen lohkokaavio. Sarjarakenteen luotettavuusparametrit ovat seuraavat [3]:

vikataajuus,  $\lambda$

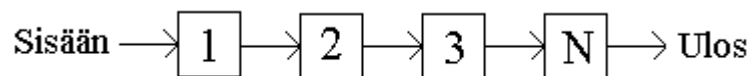
$$Z_{\text{sarja}}(t) = z_1(t) + z_2(t) + \dots + z_N(t) \quad (3.1)$$

toimintavarmuus

$$R_{\text{sarja}}(t) = R_1(t) + R_2(t) + \dots + R_N(t) \quad (3.2)$$

käytettävyys

$$A_{\text{sarja}}(t) = A_1(t) + A_2(t) + \dots + A_N(t) \quad (3.3)$$



Kuva 7. Sarjarakenteen lohkokkaavio

### 3.1.2 Rinnakkaisrakenne

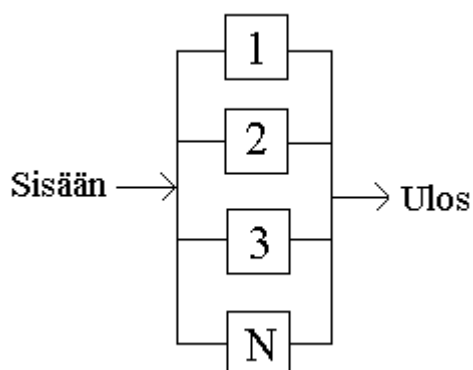
Rinnakkaisrakenteen omaava järjestelmä toimii niin kauan kuin yksikin sen komponenteista toimii, kuva 3.5. Järjestelmän luotettavuus on siten parempi kuin yhdenkään sen komponentin. Rinnakkaisrakenteen luotettavuusparametrit vikataajuuden lisäksi ovat seuraavat [3]:

toimintavarmuus

$$R_{\text{rinnan}}(t) = 1 - [(1 - R_1(t)) \cdot (1 - R_2(t)) \cdot \dots \cdot (1 - R_N(t))] \quad (3.4)$$

käytettävyys

$$A_{\text{rinnan}}(t) = 1 - [(1 - A_1(t)) \cdot (1 - A_2(t)) \cdot \dots \cdot (1 - A_N(t))] \quad (3.5)$$



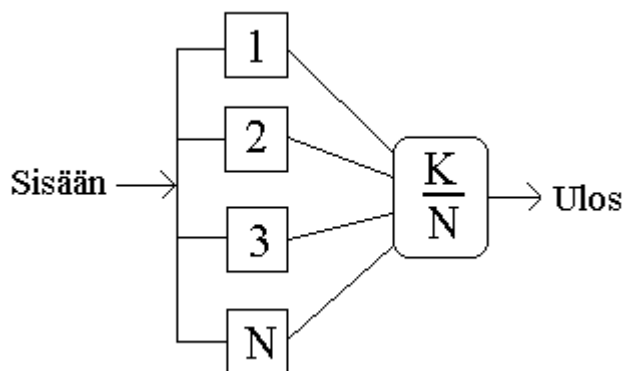
Kuva 8. Rinnakkaisrakenteen lohkokaavio

### 3.1.3 Ryhmärinnakkaisrakenne

Ryhmärinnakkaisrakenteessa järjestelmä toimii, kun k kappaletta komponenteista toimii kaikkiaan n:stä komponentista, kuva 3.8. Ryhmärinnakkaisrakenteen toimintavarmuus saadaan kaavalla [3]:

$$R_{\text{ryhmä}}(t) = \sum_{K=0}^N \binom{N}{K} R_0(t)^K (1-R_0(t))^{N-K} \quad (3.6)$$

missä  $K$  = toimintaa tarvittavien (samanlaisten) komponenttien määrä  
 $N$  = rakenteessa olevien komponenttien määrä  
 $R_0(t)$  = komponentin toimintavarmuus hetkellä  $t$



Kuva 9. Ryhmärinnakkaisrakenteen lohkokaavio

## 3.2 Osa-alueiden kriittisyysluokat

Osa-alueiden laitteistot on jaoteltu kriittisyysluokkiin käytettävyyden suhteen. Nämä luokitukset on saatu käymällä osa-alueet läpi laite laitteelta niiden rakenteen suhteen. Lisäksi luokituksiin on otettu huomioon liitteiden 16 ja 17 tiedot laitteiston rakenteesta ja omat kokemukset järjestelmän toiminnasta.

Kriittisyysluokat on jaettu siten, että korkea on asteikossa 4 - 5, keskiverro 2 - 3 ja matala 1. Korkealla tarkoitetaan osa-alueen toiminnan heti pysäyttävää virhettä.

Keskiverroilla taas tarkoitetaan jonkin ajan kuluessa koko osa-alueen toiminnan tai osan

osa-aluetta heti pysäyttävää virhettä. Matalalla taas tarkoitetaan osaa osa-alueesta jonkin ajan kuluessa pysäyttävää virhettä.

### 3.2.1 Sisääntulo



Kuva 10. Sisääntuloon virtaa tyhjiä laatikoita ja täysiä tuotelavoja

Sisääntulossa ulkoinen vastaanotto käsittelee tavarat muista toimipisteistä ja sisäinen vastaanotto omasta tuotannosta rakennuksen sisällä, kuva 10. Ulkoinen vastaanotto syöttää lavat kolmelle kuljettimelle, josta ne jatkavat matkaansa kuljettimia ja nostopöytiä pitkin kohti lavaprofiilin tarkastusta, kuva 11. Tässä välissä olevat kuljettimet ja nostopöydät saavat pienemmän kriittisyysluokituksen. Toisaalta taas ne, jotka sijaitsevat kuormalavan keskiöintilaitteen ja lavaprofiilin tarkastuksen kuljetinsilmukassa, saavat korkeamman luokituksen [15].

Syöttökuljettimista erillään sijaitsee selvitys ja hylkylinja, mitä kutsutaan NIO:ksi. Se sisältää yhden kuljettimen, jolla on matala kriittisyysluokitus. Lavat jatkavat tästä matkaa kohti logistiikkakeskusta kuljettimilla ja nosto- ja kääntöpöydillä kohti kahta

lavannostinta välisillan molemmin puolin. Näistä kuljettimista kuitenkin MS-alueelle menevät saavat pienemmän luokituksen. Saavuttuaan logistiikkakeskukseen lavat ovat lavavarastohallissa, jossa ne kuljetetaan kolmelle SRM-hyllystöhissille (storage and retrieval machines), jotka varastoivat osan niistä korkeavarastoon. Erillisenä osana sisäänsyöttöön kuuluu kaksi syöttöä lavausalueelta. Toisesta täydennetään tuotelavoilla korkeavarastoa, jotta tilaukset saadaan täyteen. Toisesta syötetään tyhjiä lavanippuja lavaajille tai varastoon. Sitä kautta saadaan myös otettua pois ylimääräisiä lavoja ja roskalavoja.



Kuva 11. Sisääntulon ulkoinen vastaanottoalue

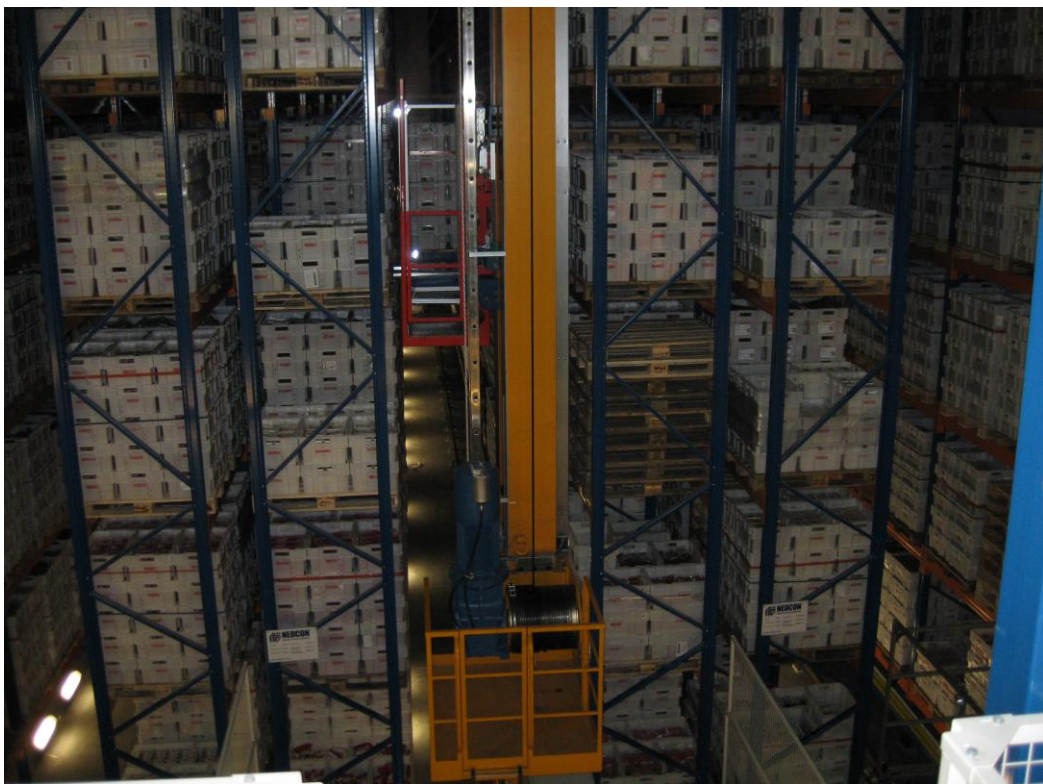
#### Sisääntuloalueen laitteiden kriittisyysluokitukset

Kuormalavan keskiöintilaite	4
RAZ89-rullakuljetin	1,2,4
RH89-rullanostopöytä	2,4
T5-kantoketjukuljetin	2,4
D89_DT5-kääntöpöytä	4

PH1-1500 lavanostin	4
SRM-hyllystöhissi	3

Sisääntulo vastaa aika lähelle sarjarakenteista järjestelmää, jos ei oteta huomioon sisäänsyöttöratuja ja korkeavarastoa, jotka ovat rinnakkaisrakenteisia ja saavat siten pienemmän kriittisyysluokituksen [16].

### 3.2.2 Täydennys

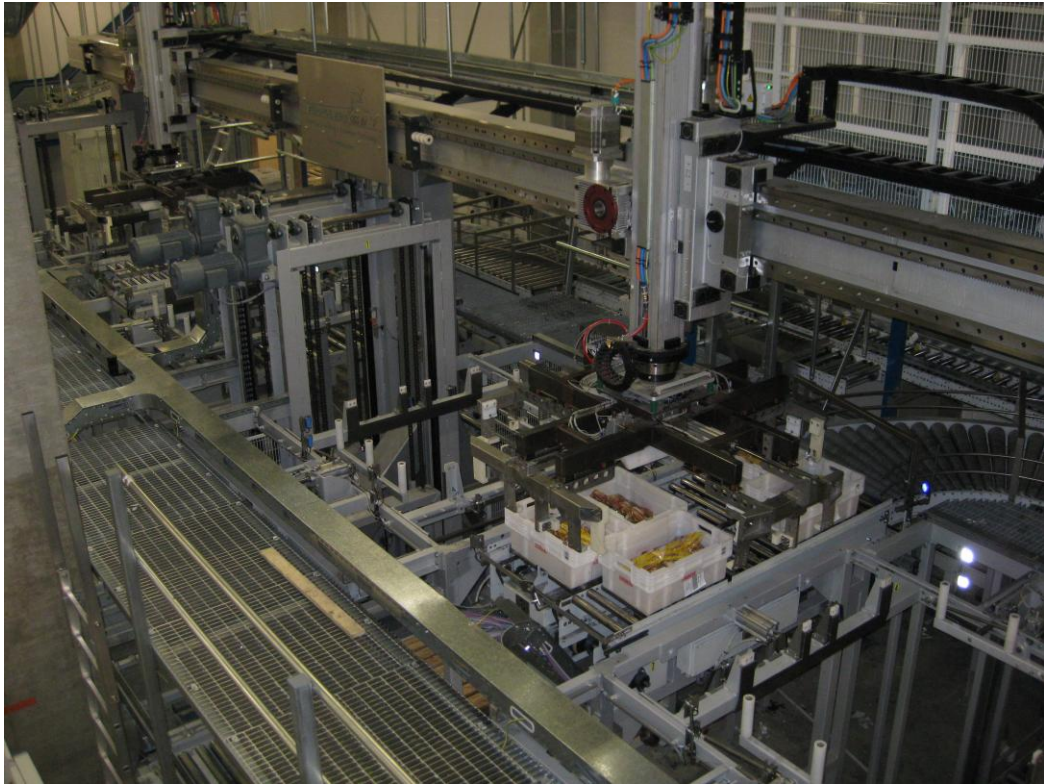


Kuva 12 Yhdellä SRM-hyllystöhissillä on käytössään 736 varastopaikkaa

Täydennysalue alkaa korkeavaraston SRM-hyllystöhisseiltä, joista varastoidut lavat ajetaan ei-varastoitujen lavojen sekä lavapinojen kanssa eteenpäin, kuva 12. Tyhjiä yksittäisiä lavoja saapuu lavausalueelta, ja ne pinotaan lavanpinoajassa lavapinoiksi. Tästä juuri pinotut lavapinot ajetaan takaisin korkeavarastoon myöhempää käyttöä varten. Kuljettimet, jotka kuljettavat vain lavapinoja takaisin, saavat pienemmän kriittisyysluokituksen [15].

Varastosta otetut lavapinot jatkavat matkaansa lavausalueelle. Valmiit täydet lavat ajetaan suoraan skannerin kautta lavausalueelle. Jos lavat eivät läpäise tunnistusta, ne ajetaan takaisin SRM-hyllystöhissien jälkeiselle NIO-asemalle. Useimmiten lava ei mene suoraan tilaukseen, vaan se ajetaan purettavaksi Depal-lavanpurkajiin (kuva 13), jotka purkavat laatikot laatikkokuljettimelle. Laatikkokuljettimilta ne jatkavat matkaansa vaakaan, minkä jälkeen ne ohjataan MFC:n (Material Flow Control) jakamina MS-välivaraston soliin. Laatikko saapuu ennen MS-välivarastoa risteyskseen, josta se jatkaa matkaa sitä reittiä pitkin, mihin osaan välivarastoa se on menossa. Käytännössä toiselta linjalta olisi mahdollista ajaa koko välivarastoon, mutta laatikkovirta on liian suuri ja ohjelmallisesti on estetty sen toiminta toisen linjan rikkoontuessa. Häätätapauksissa laatikot voidaan ajaa suoraan keräilyyn ilman välivarastoa, mutta tämä kuljetinlinja ei normaalisti ole käytössä ja saa tästä johtuen matalan kriittisyysarvon.

Punnitut ylipainoiset laatikot kuljetetaan NIO:n pystykuljetinta pitkin laatikko-NIO:lle. Lavanpurkajilta tulleet tyhjät (alipainoiset) laatikot ohjataan MS-välivaraston kautta NIO:lle. Alueella olevat kuljettimet, jotka eivät ole osana sarjarakenteista kuljetinlinjaa, saavat pienemmän kriittisyysluokituksen. Depal-lavanpurkajista jäljelle jääneet lavat ajetaan lavanpinoajaan, josta lavapinot joko varastoidaan korkeavarastoon, ajetaan lavaukseen tai ulos järjestelmästä roskalavakuljettimen kautta. Erillisenä osana täydennykseen kuuluu tyhjälaatikkopuskurin päätykuljetin.



Kuva 13. Depal-lavanpurkajat

#### Täydennysalueen laitteiden kriittisyysluokitukset

RAZ89-rullakuljetin	4
RH89-rullanostopöytä	4
T5-kantoketjukuljetin	2,4
D89_DT5-kääntöpöytä	4
PH1-1500-lavanostin	4
GG-hihnakuuljetin	2,4
KK-kaarreyhdistelmä	2,4
RA-rullakuuljetin	4
RSF-akku-rullakuuljetin	4
RSPN-akku-rullakuuljetin	2,4
TZM90-ketjukuljetin	4
RF-hihnakuuljetin	4
Pystykuuljetin (sisäänsyöttö)	1
Räkkikuljetin (sisäänsyöttö)	2



Sukkula

2

Täydennys on myös rakenteeltaan sarjarakenteinen, jossa eri käyttötarkoitukseen menevät tavarat lähtevät omia reittejään pitkin kohti käyttötarkoitustaan. Rinnakkaista rakennetta alueella edustaa SRM-hyllystöhissin lisäksi Depal-lavanpurkajat, joita on kaksi kappaletta. MS-välivarasto on taas ryhmärinnakkaisrakenteinen. Se sisältää 11 solaa, joista jokainen sisältää 10 sukkulaa, yhden pystykuljettimen ja kaksi välikuljetinta [16].

### 3.2.3 Keräily



Kuva 14. MS-välivaraston sola sukkuloineen

Keräilyalue alkaa, kun laatikot lähtevät MS-välivarastosta (kuva 14) kohti keräilyn seitsemää solaa, joista jokainen sisältää pystykuljettimen, kaksi rakkikuljetinta ja kolme sukkulaa. Sukkulat kuljettavat keräilylaatikot keräilypaikoille, joita on 4 tai 5 solaa kohti. Keräilysoila on esitetty kuvassa 15. Kokonaisuudessaan keräilyssä on 30 keräilypaikkaa, joista kaksi on pikatilauspaikkoja [15].

Samaan aikaan tyhjälaatikkokuljettimilta virtaa tyhjiä laatikoita ja MS-välivarastosta kerättäviä laatikoita keräilyalueen kuljettimille. Näillä kuljettimilla virtaa koko ajan 240 laatikkoa. Jos laatikoita on radoilla alle 240, tyhjälaatikkopuskuri puskee sinne puuttuvan määrän lisää laatikoita. Laatikot, jotka on kerätty täyteen, lähetetään vaa'an kautta takaisin MS-välivarastoon. Ylipainoiset laatikot ajetaan välivaraston sijaan NIO:lle. Tyhjät laatikot lähetetään kuitattuna takaisin radalle, ja ne etsivät itselleen uuden keräilypaikan. Jos ne eivät löydä uutta paikkaa radan loppuun mennessä, ne poikkeutetaan tyhjälaatikkorataa pitkin takaisin tyhjälaatikkopuskuriin. Kuittaamattomat laatikot lähetetään NIO:lle. Lisäksi alue sisältää käsisyöttöradan tyhjille laatikoille, mikä on käytössä hätätapauksissa, kun tyhjiä laatikoita ei saada rataa pitkin.



Kuva 15. Keräilyolassa kerätään tuotteet tyhjiin laatikoihin

Keräilyalueen laitteiden kriittisyysluokitukset

BC-hihnakaarre

2,4

GG-hihnakuuljetin	2,4
KK-kaarreyhdistelmä	2,4
RA-rullakuuljetin	1,2,4
RSPN-akku-rullakuuljetin	2,4
TZM90-ketjukuuljetin	2,4
RF-hihnakuuljetin	2,4
Pystykuuljetin (sisäänsyöttö)	1
Pystykuuljetin (ulossyöttö)	4
Räkkikuuljetin (sisäänsyöttö)	2
Räkkikuuljetin (ulossyöttö)	3
Sukkula	2

Keräily-alueelle tulevat, keräily-alueen kuuljetinryhmään ja keräilyn ja MS-välivaraston väliset kuuljetimet ovat sarjarakenteisia. Tyhjälaatikopuskuri edustaa kahdella linjallaan alueella rinnakkaista rakennetta. Ryhmärinnakkaisrakenteisia taas on MS-välivaraston lisäksi keräilyn seitsemän solaa sekä keräilypaikat. [16]

### 3.2.4 Ulostulo



Kuva 16. MS-välivaraston kokonaiskapasiteetti on 11000 asiakaslaatikkopaikkaa Ulostulossa valmiit asiakaslaatikot jaetaan MS-välivarastosta (kuva 16) käytössä oleville neijälle lavaajille (palletizer). Ennen lavaajille menoa ne kuitenkin menevät mustesuihkuun, joka suihkuttaa laatikon kylkeen laatikon lähetystiedot. Seuraavaksi poikkeutetaan ne laatikot pois radalta, joiden osoitetiedot eivät vastaa seuraavan lavaukseen syötettävän laatikon tietoja. Oikeassa järjestyksessä lavaukseen menneet laatikot käännetään laatikoiden kääntöasemassa ja pinotaan laatikkopinoajassa (kuva 17). Tämän jälkeen pinot järjestetään oikeaan kuvioon lavaajassa, josta ne lasketaan tyhjälle lavalle [15].

Korkeavarastosta ja lavanpinojen syöttöasemasta tulevat lavapinot jaetaan neljälle lavaajalle. Ennen lavaajaa lavapinonpurkaja (destacker) purkaa lavapinot ja syöttää ne lavattavaksi. Lavatut lavat (tuotelavat) ajetaan pannoittajaan (strapper), joka sitoo pannan laatikoiden ympärille. Pannoituksen jälkeen lavat ovat valmiita ajettavaksi lähetyalueelle, kuva 18.

Ennen lähetyalueelle siirtoa niihin tarroitetaan lähetystiedot. Lähetyalueella lavapinoaja (palletstacker) pinoaa kaksi täyttä tuotelavaa päällekkäin. Jokaiselle tuotelavalle on oma parinsa. Jos tuotelavan pari ei tule heti seuraavana, se ajetaan odottamaan odotuspaikalle. Pinotut tuotelavat ajetaan siirtovaunun kautta oikealle lähetyalueen radalle, josta ne nostetaan lähetystietojen mukaan rekkoihin. Jos tuotelavoilla ei ole lähetystietoja tai ne ovat virheelliset, tuotelava ajetaan hylkypaikalle.



Kuva 17. Laatikot menossa pinottavaksi ennen lavausta

Tyhjillä lavapinoilla on kaksi odotuspaikkaa ennen lavapinonpurkajaa. Nämä T5-kuljettimet saavat keskiverron kriittisyysluokituksen. Kahden (ei sesonkina) lavaajan sisältämät laitteet sekä niille MS-välivarastosta tulevat kuljettimet saavat keskiverron kriittisyysluokituksen, koska kaksi lavaajaa riittää ajamaan tuotantoa. Usein kuitenkin kaikkia lavaajia yritetään kuormittaa, jolloin korkeampi luokitus on käytössä kaikille. Lavausalueelle olevat odotuspaikat saavat matalan luokituksen. Keskiverron kriittisyysluokituksen saa myös lähetysalueen T5-kantoketjukuljettimet.

#### Ulostuloalueen laitteiden kriittisyysluokitukset

D89_DT5-kääntöpöytä	4
PH1-1500 lavanostin	2,4
RAZ89-rullakuljetin	1,2,4
T5-kantoketjukuljetin	2,4
RH89-rullanostopöytä	2,4
T-CAR-kantoketjukuljetin	4
GG-hihnakuljetin	2,4

KK-kaarreyhdistelmä	2,4
RA-rullakuljetin	2,4
RSF-akku-rullakuljetin	2,4
RSPN-akku-rullakuljetin	2,4
TZM90-ketjukuljetin	2,4
RF-hihnakuljetin	2,4
Laatikonkääntöasema	2,4
Pystykuljetin (ulossyöttö)	4
Räkkikuljetin (ulossyöttö)	3
Sukkula	2
Pannoittaja	2
Lavapinoaja	4
Siirtovaunu	3



Kuva 18. Lähetysalueen lavapinoaja, siirtovaunu ja kuljetinradat

Ulostulo alkaa ryhmärinnakkaisesta MS-välivarastosta, josta laatikot jatkavat matkaansa neljälle eri lavaajalle neljällä eri linjalla. Nämä linjat sekä lavaajat toimivat rinnakkain, mutta normaalilla materiaalivirralla (ei sesonki) niitä voidaan pitää

ryhmärinnakkaisrakenteisina, mikäli kaikkia ei kuormiteta. Sesonkiaikoina niiden on pakko kaikkien toimia, joten niitä voidaan pitää käytettävyyden kannalta sarjarakenteisina. Tyhjät lavat tulevat sarjarakenteista kuljetinlinjaa pitkin kääntöpöydälle, joka jakaa ne neljälle eri lavaajalle. Lavapinonpurkajat lasketaan kuuluvaksi lavaajien ryhmärinnakkaisrakenteeseen [16].

Tuotelavojen saapuessa kääntöpöydälle palataan takaisin sarjarakenteeseen. Tämän jälkeen tuotelavat jaetaan kahdelle lavapinoajalle, jotka toimivat rinnakkaisrakenteisesti. Yleensä kuitenkin materiaalivirta on niin suuri, että molemmat ovat täysin käytössä ja näin ollen sarjarakenteisia. Sama pätee siirtovaunuihin, joita on kaksi kappaletta. Siirtovaunusta tuotelavapinot jaetaan yhdeksälletoista lähetysalueen radalle (yhteensä ratoja 38), mitkä toimivat ryhmärinnakkaisrakenteisesti [16].

### **3.2.5 IT**

Tässä osiossa ei käsitellä varsinaista IT-osa-aluetta käytettävyydellisesti, koska alueen käytettävyyttä seurataan eri tavalla. Seuraavassa on lyhyt yhteenveto osa-alueen toiminnasta virheenkorjauksen kannalta.

Jokaisen osa-alueen PLC-tasoa ohjaa MFC (Material Flow Control), jonka tehtävänä on materiaalivirran ohjaaminen. MFC saa tehtävänsä suoraan varastonohjausjärjestelmä SAP R/3 LES:stä. MFC saa tietoa skannaamalla laatikoiden etiketeissä olevat viivakoodit joka puolella järjestelmää. Kuvassa 19 on esitetty NIO-kuljetinlinja, johon MFC lähettää laatikot, jotka poikkeavat skannauksessa sen tiedoista tai ylittävät painorajan.

Vikojen ilmetessä on hyvä tietää, milloin kyse on tietojärjestelmistä tai niiden yhteyksien vajaavaisuuksista aiheutuvista häiriöistä. Normaalisti MFC:n vikojen yhteydessä ilmenee tietojen poikkeavuuksia tai lavoilla ja laatikoilla on samat tiedot. Jos suurempia ongelmia tietojen tai tiedonkulun kanssa esiintyy, on siitä heti ilmoitettava eteenpäin.



Kuva 19. NIO-linjalle poikkeutetaan selvitettäväksi ongelmalaatikot

PLC:t saavat sitä suuremman kriittisyysarvon, mitä kriittisempään osa-alueeseen vaikuttavat. MFC taas saa pienemmän kriittisyysarvon silloin, kun on kyse yksinkertaisesta tietovirheestä, mikä ei vaadi suurempaa selvittämistä.

IT-alueen laitteiden kriittisyysluokitukset

PLC	3,4,5
MFC	3,5

### 3.3 Huoltoasentajille tehty kriittisyyskysely

Asentajille tehtiin kysely, jossa kysyttiin laitteiden kriittisyydestä osa-alueiden toimivuudelle, miehitystarvetta virheiden korjaamisessa ja varaosatietoutta. Kyselylomake on esitetty liitteessä 1. Tällä kyselyllä pyrittiin arvioimaan huoltoasentajien tietämys järjestelmän rakenteesta ja materiaalivirtauksesta sekä ymmärrystä virheiden vakavuudesta ja varaosien hallinnasta.



### 3.4 Huoltoasentajien kyselystä saadut tulokset

Huoltoasentajille tehty kriittisyyskyselyn tulokset on esitetty taulukossa 1.

Ensimmäinen luku ilmoittaa kyseisten vastauksien lukumäärän ja niiden alla olevat vastauksien prosentuaalisen osuuden kokonaismäärästä. Sarake L ilmoittaa aikaisemmin esiteltyjen materiaalivirran kannalta tehtyjen kriittisyysluokkien tulokset. Tuloksista ilmenee, että luvut osuvat monelta osin lähelle materiaalivirran tulosten kanssa. Yleinen järjestelmän tuntemus on näin ollen hallussa. Vastauksista löytyvän hajonnan vuoksi olisi kuitenkin tarpeellista, että huoltoasentajien kanssa käytäisiin materiaalivirran kulku ja kriittiset kohteet läpi jokaisen osa-alueen kannalta.

Taulukko 1. Huoltoasentajien kriittisyyskyselyn tulokset

<b>1.Kriittisyysasteet</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>L</b>
Sisääntulo(Incoming) SRM-hyllystöhiisi	0 0 %	3 30 %	3 30 %	4 40 %	0 0 %	3
Täydennys(Replenish) Depal-lavanpurkaja	1 10 %	3 30 %	5 50 %	1 10 %	0 0 %	4
Täydennys(Replenish) Pystykuljetin(sisäänsyöttö)	1 10 %	0 0 %	6 60 %	3 30 %	0 0 %	1
Keräily(Picking) Keräily silmukan kuljetin	1 10 %	0 0 %	1 10 %	6 60 %	2 20 %	4
Keräily(Picking) Sukkula	0 0 %	1 10 %	1 10 %	6 60 %	2 20 %	2
Ulostulo (Output) Räkkikuljetin (ulossyöttö)	0 0 %	1 10 %	3 30 %	3 30 %	3 30 %	3
Ulostulo (Output) Pannoittaja (Strapper)	2 20 %	3 30 %	4 40 %	0 0 %	1 10 %	2
Ulostulo (Output) Tarroittajan jälk.kääntöpöytä	0 0 %	0 0 %	0 0 %	5 50 %	5 50 %	4
IT PLC Palletizer 1-2 ei toimi	0 0 %	1 10 %	2,5 25 %	5,5 55 %	1 10 %	5
IT MFC Lavatiedot sekaisin	1 10 %	1 10 %	1 10 %	4 40 %	3 30 %	4

Useimmissa tapauksissa tietämys laitteen tai virheen vakavuudesta on tiedossa, mutta ei tarkasti tiedetä sen vaikutusta materiaalivirtaan. Muutamat laitteet on ilmeisesti arvioitu kokonaisuuksina eikä pelkästään sitä osaa, mikä kuuluisi kyseiselle osa-alueelle, ja näin ollen osalla laitteista on todella paljon hajontaa. Yleisesti arvioidaan virheellisesti, että kun osa-aluetta pidetään kriittisenä alueena, niin myös sen pieniä osia pidetään kriittisinä. Tämä johtuu osa-alueen kriittisestä maineesta.

### **3.5 Käytettävyyssmallin kriittisyysluvut**

Järjestelmän virheiden seuranta alkaa laitetasolta, josta Simaticin WinCC-ohjelma kerää tiedot jokaisen laitteen virheessäoloajasta ja listaa ne historiatietokantaan. WinCC tulostaa automaattisesti historiatietokannasta tiedostoksi päivittäisen virhelistauksen. Saadun tiedoston voi suoraan ajaa sisään käytettävyyssmalliin, joka käy läpi tiedot ja antaa päivittäiset käytettävyyssarvot laitekohtaisesti ja osa-aluekohtaisesti. Osa-alueiden osajärjestelmillä on kuitenkin kertoimia, joilla ne vaikuttavat osa-alueen käytettävyyteen. Kertoimet ilmoittavat laitteiden lukumäärän ja niiden keskinäisen rakenteen. Osa-alueiden osajärjestelmien lasketut kriittisyyslukuukset auttavat kohdentamaan kriittisyyslukuksia yksittäisille laitteille, ja ne on esitetty kuvassa 20.

### Kriittisyys arvot Käytettävyyssmallin arvot

5	=1
4	>0,4
3	>0,25
2	>0,1
1	

### Sisääntulo (Incoming)

$A_{1,2,3}$	$A_{Lit}$	$A_{Edge}$	$A_{Input-Old}$	$A_{Aisle-Old}$	$A_{IIV1}$	$A_{SRMInput}$	$A_{SRM}$
0,33	1	0,28	0,22	0,055	1	0,33	0,165

### Täydennys (Replenish)

$A_{SRM}$	$A_{SRMOutput}$	$A_{RIW7}$	$A_{RD1}$	$A_{RD-FS}$	$A_{RD-D}$	$A_{RD-Restore}$	$A_{RD10}$	$A_{RTD}$
0,165	0,33	1	1	0,25	0,5	0,25	1	0,075

$A_{RT-exist}$	$A_{RT-Loop-S}$	$A_{RT-Loop-S}$	$A_{RT-InputLit}$	$A_{RT-in}$
0,205	0,41	0,29	0,063	0,00315

### Keräily (Picking)

$A_{PT1}$	$A_{P-in-Lit}$	$A_{P/in}$	$A_{PT35}$	$A_{PS-Loop}$	$A_{PS-L1}$	$A_{PS-L2}$	$A_{PS-FS}$	$A_{ETH-exist}$	$A_{PE3}$
0,3	0,027	0,00135	0,01	1	0,108	0,084	0,036	0,33	1

$A_{ETH-Buffer}$	$A_{PRS-Out}$	$A_{PRS-Lit}$	$A_{PRS34}$	$A_{PRS-L1}$	$A_{PRS-L2}$	$A_{PRS-L3}$	$A_{PRS-L4}$	$A_{PRS-L5}$	$A_{PRS-L6}$
0,5	0,0009	0,02	1	0,14	0,18	0,18	0,18	0,15	0,14

$A_{PRS-L7}$	$A_{PRS-RS-1-1}$	$A_{PRS-RS-1-2}$	$A_{PRS-RS-2-1}$	$A_{PRS-RS-2-2}$	$A_{PRS-RS-3-1}$	$A_{PRS-RS-3-2}$	$A_{PRS-RS-4-1}$	$A_{PRS-RS-4-2}$	$A_{PRS-RS-5-1}$
1	0,0602	0,0196	0,0774	0,0252	0,0774	0,0252	0,0774	0,0252	0,0645

$A_{PRS-RS-5-2}$	$A_{PRS-RS-6-1}$	$A_{PRS-RS-6-2}$	$A_{PRS-RS-7-1}$	$A_{PRS-RS-7-2}$
0,021	0,0602	0,0196	0,0129	0,0042

### Ulostulo (Output)

$A_{Out-TO-Out}$	$A_{Out-Lit}$	$A_{Out-Conveyor}$	$A_{Out-to-S}$	$A_{Out-S-Conveyor}$	$A_{Out-S-Stack}$	$A_{Out-F-Palletizer}$	$A_{Out-FFO}$	$A_{OP9}$	$A_{OP10}$
0,0036	0,07	0,25	0,25	0,25	0,125	0,115	0,04	0,54	1

$A_{Out-D-T}$	$A_{Out-D-Lines}$
0,5	0,029

### IT

IT
1

Kuva 20. Käytettävyyssmallin kriittisyysluokitukset

### 3.6 Käytettävyyssmallin tulokset kriittisyyskyselylle

Käytettävyysmallin kriittisyysluokituksesta haettiin tulokset samalle kriittisyyskyselylle, joka suoritettiin huoltoasentajille, ja tulokset on esitetty taulukossa 2. Arvo tarkoittaa kerrointa, jolla kyseisen laitteen seisokkiaika kerrotaan.

Taulukko 2. Käytettävyysmallin tulokset kriittisyyskyselylle

Laite	Nimi	Arvo	Kriittisyys
Sisääntulo(Incoming) SRM-hyllystöhiisi	ASRM	0,165	2
Täydennys(Replenish) Depal-lavanpurkaja	ARD-D	0,5	4
Täydennys(Replenish) Pystykuljetin(sisäänsyöttö)	ART-Input-Lift	0,063	1
Keräily(Picking) Keräily silmukan kuljetin	APS-Loop	1	5
Keräily(Picking) Sukkula	APRS-RS	0,07	1
Ulostulo (Output) Räkkikuljetin (ulosyöttö)	AOut-TO-Out	0,0036	1
Ulostulo (Output) Pannoittaja (Strapper)	AOut-P- Palletizer	0,115	2
Ulostulo (Output) Tarroittajan jälk.käätöpöytä	AOP10	1	5
IT PLC Palletizer 1-2 ei toimi	Aout-to-S Aout-conveyor	1	5
IT MFC Lavatieot sekaisin	IT	1	3 :sta 5 :een

Tuloksista käy ilmi, että kertoimet vaikuttavat jossain tapauksissa erilailla kuin voisi järjestelmän läpäisyn kannalta ajatella. Tämä johtuu vastaavien laitteiden lukumäärästä eikä siitä, että ne toimisivat rinnakkain.

### 3.7 Kriittisyysanalyysi

Kriittisyysanalyysissä omia ja huoltoasentajilta saatuja kriittisyysarvioita verrataan käytettävyysmallissa käytettyihin arvoihin. Taulukkoon 3 on otettu tarkasteluun sarake K, joka ilmoittaa käytettävyysmallin kriittisyyskertoimet.

Taulukko 3. Kriittisyysanalyysin tulokset

1.Kriittisyysasteet	1	2	3	4	5	L	K
Sisääntulo(Incoming) SRM-hyllystöhissi	0 0 %	3 30 %	3 30 %	4 40 %	0 0 %	3	2
Täydennys(Replenish) Depal-lavanpurkaja	1 10 %	3 30 %	5 50 %	1 10 %	0 0 %	4	4
Täydennys(Replenish) Pystykuljetin(sisäänsyöttö)	1 10 %	0 0 %	6 60 %	3 30 %	0 0 %	1	1
Keräily(Picking) Keräily silmukan kuljetin	1 10 %	0 0 %	1 10 %	6 60 %	2 20 %	4	5
Keräily(Picking) Sukkula	0 0 %	1 10 %	1 10 %	6 60 %	2 20 %	2	1
Ulostulo (Output) Räkkikuljetin (ulosyöttö)	0 0 %	1 10 %	3 30 %	3 30 %	3 30 %	3	1
Ulostulo (Output) Pannoittaja (Strapper)	2 20 %	3 30 %	4 40 %	0 0 %	1 10 %	2	2
Ulostulo (Output) Tarroittajan jälk.kääntöpöytä	0 0 %	0 0 %	0 0 %	5 50 %	5 50 %	4	5
IT PLC Palletizer 1-2 ei toimi	0 0 %	1 10 %	2,5 25 %	5,5 55 %	1 10 %	5	5
IT MFC Lavatiedot sekaisin	1 10 %	1 10 %	1 10 %	4 40 %	3 30 %	4	4

Tuloksista havaitaan, että käytettävyydellä antamat kriittisyysarvot ovat pääpiirteissään samat kuin läpiviennin kriittisyysluokituksen kautta saadut. Ne kuitenkin aliarvioivat MS-väliavaraston, koska sen käyttöä ohjaava ohjelmisto (MFC) ei osaa käyttää sitä parhaalla mahdollisella tavalla hyödyksi, vaan se toimii enemmän rinnakkaisrakenteisena kuin ryhmärinnakkaisrakenteisena. Myös SRM-hyllystöhissi saa pienemmän luokituksen, mikä johtuu lähinnä hissien lukumäärästä eikä niiden käytännön toiminnasta. Isomman luokituksen saava keräilyilmukan kuljetin taas on täysin sarjarakenteinen, ja se pysäyttää osan keräilystä heti ja koko keräilyn pienen ajan sisällä.

Huoltoasentajien arviot käytettävyydestä eroavat aika paljon arvioitujen laitteen suhteen. Yleisin eroavaisuus syntyy, kun huoltoasentajat katsovat materiaalivirran loppupään laitteiden olevan tärkeämmässä asemassa kuin alkupään laitteiden. Tästä on esimerkkinä Depal-lavanpurkaja, joka on yksi tärkeimmistä laitteista täydennysosajärjestelmässä. MS-väliavasto on taas erittäin kriittinen huoltoasentajien keskuudessa, koska sen toimivuus vaikuttaa moneen osa-alueeseen. Tämä näkyy erityisesti yksittäisen sukkulan arvioissa, mille käytettävyydellä antama kriittisyysarvio antaa arvon 1 niiden suuren lukumäärän vuoksi.

PLC-ongelmat, kuten logiikan rikkoontuminen, pysäyttävät osa-alueen osajärjestelmän ja ovat käytettävyyden kannalta kriittisiä, koska ne saattavat aiheuttaa erilliset virheet eri laitteille, jolloin virheaika moninkertaistuu. Materiaalinohjausjärjestelmän (MFC:n) aiheuttamat ongelmat oli osattu arvioida korkeiksi.

### 3.8 Huoltoasentajien tarve virheenkorjauksessa

Virheiden vakavuutta ja tarvittavia huoltoasentaja resursseja kunkin virheen korjaamiseen kartoitettiin myös kyselyllä. Tarkoituksena oli arvioida yhdessä kriittisyysanalyysin kanssa, kuinka monta huoltoasentajaa tarvitaan korjaamaan kyseinen vika ja miten huoltoasentajat pitäisi jakaa monen virheen tapahtuessa samanaikaisesti. Taulukossa 4 on esitetty huoltoasentajien tarve, kun kyseessä ei ole varaosia vaativaa korjaustyötä. Kysymysmerkkisarake tarkoittaa, että henkilö ei osannut arvioida tai ymmärtänyt kysymystä. Jos henkilö oli laittanut kyseiselle ongelmalle kaksi vaihtoehtoa, henkilön arvio on jaettu puoleen kummallekin vastaukselle.

Taulukko 4. Huoltoasentajien tarve varaosia vaatimattomissa korjauksissa

2A.Huoltoasentajien tarve	1	2	3	?
Sisääntulo(Incoming)	5	4,5	0,5	0
SRM-hyllystöhissi	50 %	45 %	5 %	0 %
Täydennys(Replenish)	9	1	0	0
Depal-lavanpurkaja	90 %	10 %	0 %	0 %
Täydennys(Replenish)	9	0,5	0,5	0
Pystykuljetin(sisäänsyöttö)	90 %	5 %	5 %	0 %
Keräily(Picking)	9	1	0	0
Keräily silmukan kuljetin	90 %	10 %	0 %	0 %
Keräily(Picking)	9	1	0	0
Sukkula	90 %	10 %	0 %	0 %
Ulostulo (Output)	9	1	0	0
Räkkikuljetin (ulossyöttö)	90 %	10 %	0 %	0 %
Ulostulo (Output)	9	1	0	0
Pannoittaja (Strapper)	90 %	10 %	0 %	0 %
Ulostulo (Output)	8	1,5	0,5	0
Tarroittajan jälk.kääntöpöytä	80 %	15 %	5 %	0 %
IT PLC	8,5	1,5	0	0
Palletizer 1-2 ei toimi	85 %	15 %	0 %	0 %
IT MFC	6	2	0	2
Lavatieidot sekaisin	60 %	20 %	0 %	20 %

Taulukosta nähdään, että osaamista löytyy yleisesti pieniin vikakorjauksiin. Suuremman miehityksen on osa huoltoasentajista ajatellut tarvitsevan SRM-hyllystöhissi, jonka korjauksessa toinen henkilö toimii lähinnä turvallisuusnäkökulman kannalta.

Materiaalinvirtausjärjestelmän ongelmat yleensä vaativat kaksi miestä tai valvomon selvittämään tiedot.

Osaaminen muuttuu, kun tarkastellaan ongelmia, jotka vaativat varaosia ja korjaustoimenpiteitä toimiakseen. Varaosia vaativia korjaustoimenpiteitä ja niihin tarvittava miehitys on esitetty taulukossa 5.

Taulukko 5. Huoltoasentajien tarve varaosia vaativissa korjauksissa

<b>2B.Huoltoasentajien tarve</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>?</b>
Sisääntulo(Incoming)	0,5	8	1,5	0
SRM-hyllystöhissi	5 %	80 %	15 %	0 %
Täydennys(Replenish)	3	6,5	0,5	0
Depal-lavanpurkaja	30 %	65 %	5 %	0 %
Täydennys(Replenish)	1	8,5	0,5	0
Pystykuljetin(sisäänsyöttö)	10 %	85 %	5 %	0 %
Keräily(Picking)	4,5	5,5	0	0
Keräily silmukan kuljetin	45 %	55 %	0 %	0 %
Keräily(Picking)	3	7	0	0
Sukkula	30 %	70 %	0 %	0 %
Ulostulo (Output)	4	6	0	0
Räkkikuljetin (ulosyöttö)	40 %	60 %	0 %	0 %
Ulostulo (Output)	6	4	0	0
Pannoittaja (Strapper)	60 %	40 %	0 %	0 %
Ulostulo (Output)	0,5	8,5	1	0
Tarroittajan jälk.kääntöpöytä	5 %	85 %	10 %	0 %
IT PLC	3	5	2	0
Palletizer 1-2 ei toimi	30 %	50 %	20 %	0 %
IT MFC	4	4	0	2
Lavatiedot sekaisin	40 %	40 %	0 %	20 %

Korjaustyöhön on yleisesti ajateltu tarvittavan kaksi henkilöä, mutta joidenkin laitteiden, kuten kuljettimien ja pannoittajien korjauksen uskotaan onnistuvan yksinkin. Toisaalta taas PLC:n korjaaminen ja osien vaihdon osaaminen jakaantuu tasaisesti. Osa korjaajista uskoo korjaavansa vian yksinkin, kun taas suurin osa tarvitsee apua löytääkseen ongelman ja siihen tarvittavat varaosat. Puolet taas osaa havaita MFC:n rikkoontuminen tai sen täyden sekaantumisen hyvin, eivätkä välttämättä tarvitse apua tiedon informoimiseen eteenpäin valvomolle. Kyseisistä taulukoista nähdään, että laitteiden rikkoontuminen vaatii kahden korjaajan työpanoksen, jolloin tarvitaan kolmas

henkilö korjaamaan samaan aikaan sattuneita muita ongelmia. Tästä selviää, että tarvitaan minimissään kolme huoltoasentajaa pitämään korjausaika minimissään. Taulukosta voidaan myös huomata, että PLC:n rikkoontuessa osaamista ei välttämättä löydy jokaisesta työvuorosta ja korjausaika voi näin ollen olla pitkä. Jatkossa pitäisi parantaa PLC-osaamista ja varmistaa, että joka työvuorosta löytyy osaamista.

### 3.9 Varaosa hallinta

Varaosatietämystä ja niiden hallintaa tutkittiin myös kyselyllä. Tällä pyrittiin antamaan tietoja varaosatilanteesta, varaosa löytyvyydestä ja huoltoasentajien varaosaosaamisesta. Kyselystä saadut tulokset on esitetty taulukossa 6. X:llä merkitty sarake tarkoittaa, että huoltoasentaja on varma, että kyseiselle laitteelle löytyy varaosia. Kysymysmerkillä varustettu sarake taas kertoo, että henkilö ei ole varma, löytyykö varaosia, ja -:lla merkitty sarake ilmoittaa, että henkilö tietää, ettei varaosia löydy.

Taulukko 6. Huoltoasentajien varaosatietämys

3.Varaosa tietämys	X	?	-
Sisääntulo(Incoming)	1	9	0
SRM-hyllystöhissi	10 %	90 %	0 %
Täydennys(Replenish)	1,5	7,5	1
Depal-lavanpurkaja	15 %	75 %	10 %
Täydennys(Replenish)	3	7	0
Pystykuljetin(sisäänsyöttö)	30 %	70 %	0 %
Keräily(Picking)	4	6	0
Keräily silmukan kuljetin	40 %	60 %	0 %
Keräily(Picking)	6	4	0
Sukkula	60 %	40 %	0 %
Ulostulo (Output)	6	4	0
Räkkikuljetin (ulossyöttö)	60 %	40 %	0 %
Ulostulo (Output)	2	4,5	3,5
Pannoittaja (Strapper)	20 %	45 %	35 %
Ulostulo (Output)	5	5	0
Tarroittajan jälk.kääntöpöytä	50 %	50 %	0 %
IT PLC	1,5	8,5	0
Palletizer 1-2 ei toimi	15 %	85 %	0 %
IT MFC	0	7	3
Lavatieidot sekaisin	0 %	70 %	30 %

Taulukosta ilmenee, että ”?”-vastauksia on yleisesti paljon. Tämä kertoo, että tieto varaosien olemassaolosta tai niiden puutteesta puuttuu. Varaosien löytäminen on



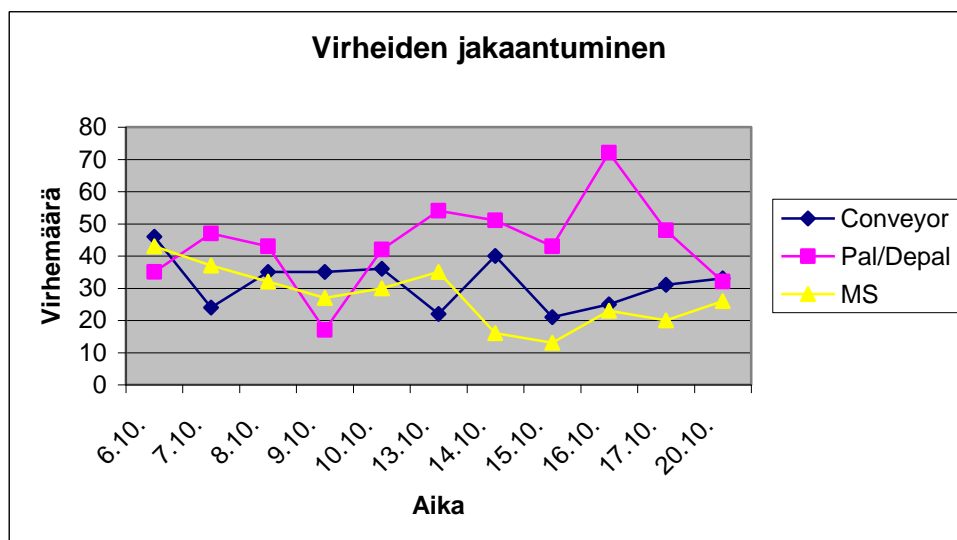
helppoa, mutta ei tiedetä niiden olemassaolosta. Myös tieto siitä, löytyykö laitteelle varaosia, osoittautui puutteelliseksi. Erityisesti varaosatietous oli heikkoa hyllystöhissin, lavanpurkajan, pannoittajan ja PLC:n suhteen. Pannoittajiin ei löydy kuin valokennoja, mistä johtuu vastauksien jakautuminen.

## 4 Järjestelmän seuranta viimeisen käyttöönottovaiheen aikana

Viimeisen käyttöönottovaiheen aikana tehtiin käytettävyydestä, jolla tarkistettiin, että järjestelmä saavuttaa luvattua käyttövarmuuden. Käytettävyydestä aikana saatiin tarkasti kerättyä 11 arkipäivältä käytettävyyssprosentit ja virhemäärät sekä niiden jakautuminen järjestelmätoimittajan ja asiakkaan kesken.

### 4.1 Virhemäärät ja niiden jakaantuminen

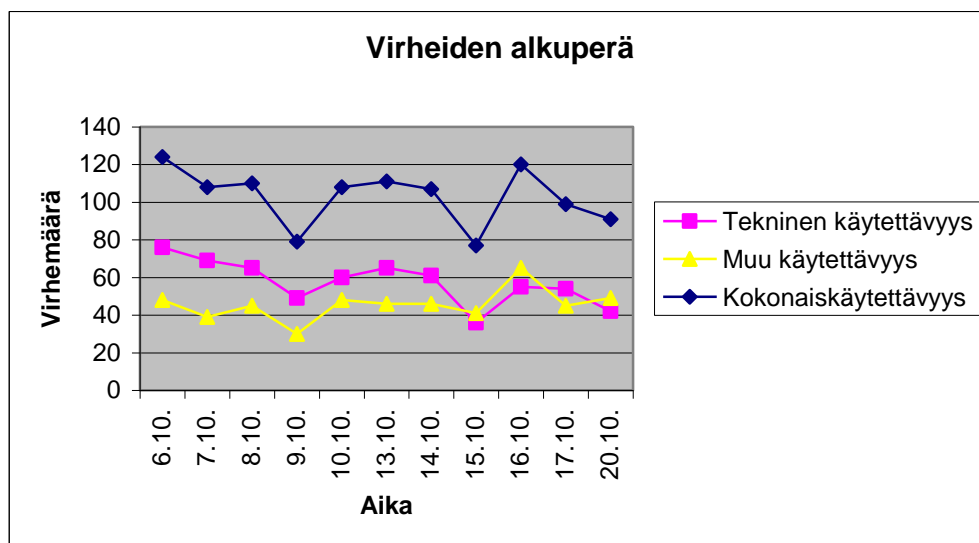
Kuvasta 21 on esitetty virhemäärät arkipäivinä 10 tunnin ajanjaksolta. Virhemäärät on jaettu kolmeen osaan: kuljettimiin (Conveyor), lavaajiin ja lavanpurkajan alueeseen (Pal, Depal) ja MS-alueeseen. Virhemäärissä on otettava huomioon, että laitteet huollettiin ja puhdistettiin ennen testejä. Myös MS-välivaraston sukkuloiden virtakiskot puhdistettiin, joten voidaan olettaa, että virhemäärät testissä vastaavat erittäin tehokkaan huoltotyön jälkeisiä virhemääriä.



Kuva 21. Käyttöönottovaiheen virhemäärät kolmeen osaan jaettuna

Kuvasta nähdään, että yhteensä virheitä on 10 tunnin aikana keskimäärin vähän yli 100 eli vuorokaudessa noin 200, koska yöllä materiaalivirta on hieman pienempää.

Kuvasta 22 nähdään, miten virheet jakautuvat teknisen käytettävyyden ja muun käytettävyyden välille. Järjestelmäntoimittaja on vastuussa laitteiden aiheuttamista virheistä eli teknisestä käytettävyydestä, kun taas asiakas on vastuussa tuotteista aiheutuvista virheistä, kuten käyttäjävirheistä, huonoista laatikoista ja lavoista.



Kuva 22. Käyttöönottovaiheen virhemäärät jaettuna virheen aiheuttajan mukaan

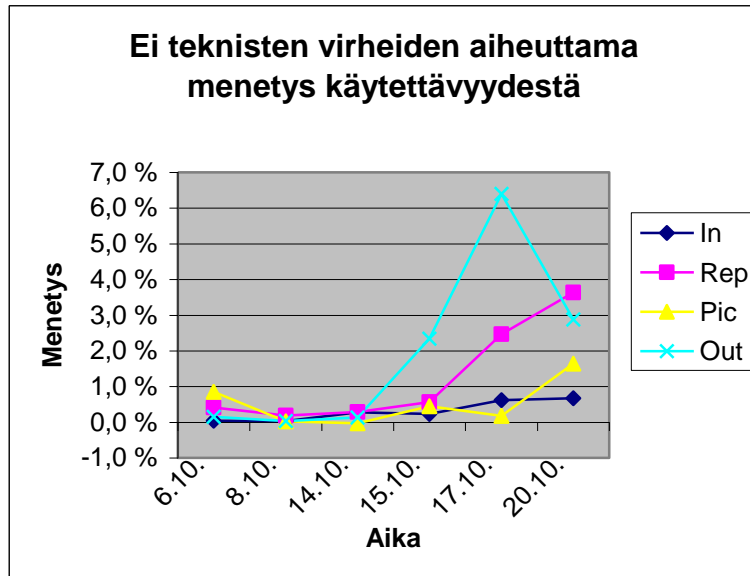
Tuloksista nähdään, kuinka testin edetessä laitteistosta johtuvat virheet vähenivät ja muista syistä johtuvat virheet pysyivät tasaisella tasolla. Kuvaajista nähdään, että kokonaiskäytettävyys seuraa tarkasti teknisen käytettävyyden käyrää.

Käyttöönottovaiheen jäätyä taakse voidaan nykyään olettaa muulla käytettävyydellä olevan suurempi vaikutus kokonaiskäytettävyyteen, koska teknisen käytettävyyden pienien vikojen lukumäärä on vakiintunut.

## 4.2 Käytettävyysprosentit ja niiden jakaantuminen

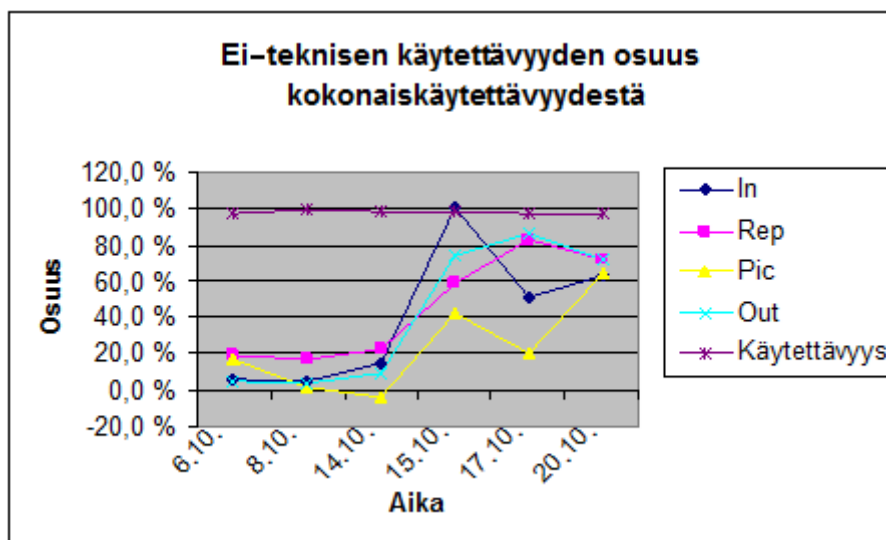
Käytettävyystestin aikana järjestelmäntoimittaja poisti kaikki järjestelmästänsä johtumattomat virheet ja ilmoitti näin oman järjestelmän teknisen käytettävyyden. Toisaalta saatiin kuudelta päivältä käytettävyystulokset kokonaisuudessaan. Näitä

vertaamalla saatiin arvio, kuinka suuri osa käytettävyyden prosentista aiheutui muista syistä. Muiden syiden osuus kokonaiskäytettävyydestä on esitetty kuvassa 23.



Kuva 23. Muun käytettävyyden aiheuttama menetys osa-alueittain

Kuvaajista näkyy, että hyvinä päivänä muun käytettävyyden osuus on kaikille osa-alueille alle 1 %, kun taas korkeat huiput, kuten 17.10. ulostulo (output) ovat lähes kokonaan yhdestä pitkäaikaisesta virheestä johtuvaa. Kuvassa 24 on esitetty muun käytettävyyden osuus kokonaiskäytettävyydestä. Käytettävyysskäyrä ilmoittaa osa-alueiden kokonaiskäytettävyyden keskiarvon.



Kuva 24. Muun käytettävyyden osuus käytettävyyden osa-alueille

Kuvasta 24 nähdään, kuinka kokonaiskäytettävyyden ollessa lähellä sataa prosenttia muun käytettävyyden osuus kokonaiskäytettävyyteen on pieni. Toisaalta, kun kokonaiskäytettävyys laskee, ei-tekni- sen käytettävyyden osuus kasvaa. Tästä voidaan päätellä, että tekninen käytettävyys pysyy tasaisesti tasollaan. Erikoisena päivänä tuloksissa on 15.10, jolloin teknisten virheiden määrä jäi todella pieneksi, mikä aiheutti suuren prosentuaalisen osuuden muulle käytettävyydelle.

### **4.3 Arviot käytettävyydestä ja sen jakaantumisesta tulevaisuudessa**

Käyttöönottovaiheen jälkeen virhemäärät tasoittuvat ja muun käytettävyyden osuus virhemäärästä kasvaa, koska käyttöönottovaiheen tekniset viat on saatu poistettua. Suurimmat järjestelmästä johtuvat ongelmat aiheutuvatkin yksittäisten laitteiden rikkoontumisista. Tulevaisuudessa laitteistojen ennakkohuollot alkavat näytellä ratkaisevaa osaa käytettävyyden kannalta. Suurimpia ongelmia tulee näin olemaan varaosien puute ja samanaikainen laitteiden rikkoontuminen.

Suurin ongelma syntyi käyttövarmuustestin jälkeisessä arviossa, kuinka suuri osuus käytettävyyden virheprosentteissa kuuluu teknisen käytettävyyden vastuulle. Käytettävyystestin aikana kerätyt tiedot antavat viitettä oikeista osuuksista, mutta ne eivät anna täysin oikeita tuloksia, koska niitä saatiin vertailtua vain kuuden päivän ajalta. Näiden päivien aikana sattuneet isommat seisokit tai normaalia pienemmällä volyyminillä ajatut päivät todella vääristävät prosentteja. Nykyään, kun käyttöönottovaihe on ohitettu, virheprosenttien jakaantuminen on vakiintunut uudelle tasolle. Tällä hetkellä ei siis ole enää mitään arviota, mikä teknisen käytettävyyden osuus kokonaiskäytettävyydestä on.

## **5 Käytettävyyden parantaminen käytettävyysmallin avulla**

Pääasiallinen käytettävyyden parantaminen onnistuu käytettävyysseurannan avulla tehtyihin toimenpiteisiin. Siitä saadaan päivittäin tietoa virheiden määrästä ja kestosta sekä niiden vaikutuksesta koko osa-alueen toimintaan. Käytettävyyttä onkin tuloksellisesti seurattu käytettävyysseurannan avulla pitkään, mutta sen avulla tehtävä

järjestelmällinen toiminta puuttui. Tätä puutetta korjattiin päivittäin tehtävällä seurannalla ja pitkäaikaisella analyysillä. Seuraavassa on selvitys käytettävyyseurannan toiminnasta ja siihen sisältyvistä ongelmista.

### **5.1 Käytettävyyssmalli**

Luvussa 3.5 on esitetty käytettävyyssmallin toiminta. Käytettävyyssmalliin ajettavat päivän tiedot saadaan automaattisesti seuraavana yönä noin 45 minuuttia yli keskiyön. Näin saadaan joka päivältä samanpituisen toimintahistoria. Käytettävyyssmalli toimii hyvin logistiikkakeskuksen käyttövarmuuden seuraamiseen, koska siitä saadaan laitekohtaisesti käytettävyyssprosentit.

### **5.2 Käytettävyyssmallin ongelmat ja muutokset**

Käytettävyyssmalli ilmoittaa laitekohtaisesti häiriöiden lukumäärän ja seisokkiajat, mutta ilmoittaa häiriön syyn vain yleisellä tasolla. Esimerkiksi laite ilmoittaa, että se on pois toiminnasta, vaikka olisi mahdollista joidenkin laitteiden kohdalla myös ilmoittaa tarkka häiriön syy. Tämän mahdollisuuden lisäämiseksi WinCC:n historiatietokantaan pitäisi tehdä selvitys. Se tarkentaisi huomattavasti molempien käyttövarmuusmenetelmien tietoja ja näin tehostaisi niiden toimintaa.

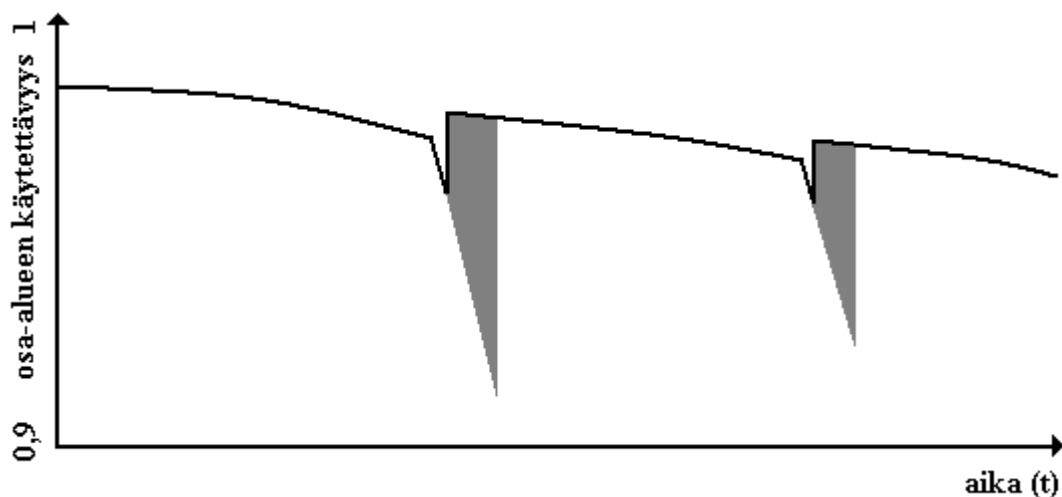
Ongelmana esiintyivät myös joidenkin laitteiden aiheuttamat moninkertaiset virheet. Esimerkiksi MS-välivaraston hissin ja rakkikuljettimen välistä siirtoa valvovan profiilikennon mentyä virheeseen kaikki 10 rakkikuljetinta ja hissi menevät virheeseen. Näin ollen normaalin virheajan sijaan virheaika lasketaan jokaiselle erikseen ja se on näin 11-kertainen normaaliin verrattuna.

Samoin solien pystykuljettimien automaatilta pois laittaminen laskee niiden pois käytöstä olevaa aikaa, vaikka niille ei olisi mitään tehtäviä. Tässäkin tapauksessa virheaika on 11-kertainen, jos yhdelläkään rakkikuljettimella ei ole tehtäviä. Tällaiset tapaukset olisi syytä ottaa huomioon päivittäisiä käytettävyyssprosentteja käsitellessä. Ne löydetään seuraavana käsiteltävän päivittäisen käytettävyyden seurannan yhteydessä.

### 5.3 Päivittäinen käytettävyyden seuranta

Kaikkia päivittäin toistuvia ongelmia ei saada kiinni tällä hetkellä tehtävällä käytettävyydellä tarkastelulla, koska kyseiset laitteet eivät näy sen päivän suurimpina virheiden aiheuttajina. Tämä johtaa siihen, että ne laskevat käytettävyyttä tasaisesti, kun muut laitteet ajautuvat samanlaiseen tilaan. Tämä tarkoittaa siis sitä, että kaikkien laitteiden käytettävyys hakeutuu tasolle, jossa niihin ei vielä kiinnitetä huomiota. Laitteiden käytettävyyden yhteisvaikutus taas näkyy osa-alueiden kokonaiskäytettävyydessä, mutta mitään yksittäistä syytä huonolle kokonaiskäytettävyydelle ei löydetä.

Kuvassa 25 on esitetty, kuinka päivittäisellä seurannalla saadaan osa-alueiden ongelmat heti selvitettyä eikä harmaalla maalattua aluetta menetetä osa-alueen käytettävyydestä. Kuvaajasta ei kuitenkaan nähdä, kuinka usein kyseisiä ongelmia keskimäärin sattuu tai kuinka suuri vaikutus käytettävyyteen niiden tehokkaammalla tarkastelulla olisi.



Kuva 25. Päivittäisen käytettävyyden seurannan vaikutus osa-alueen käytettävyyteen

#### 5.3.1 Päivittäiset toimenpiteet käytettävyyden kannalta

Kun käytettävyydellä tarkastellaan huomataan, että edellisen päivän tietyt osa-alueet ovat jääneet alle tavoitellun tarkasteluprosentin, tehdään osa-alueiden osajärjestelmien laitekohtainen kokonaistarkastelu. Tämä tarkastelu paljastaa ne laitteet, jotka ovat

useasti virheessä tai olleet pitkään virheessä. Kyseiset laitteet on käytävä läpi huoltoasentajien ja virheenpoistajien kanssa ja pohdittava yhdessä ratkaisukeinoja niiden ongelmien korjaamiseksi.

Mikäli seuraavana päivänä huomataan saman ongelman olemassaolo, tiedetään, että tehdyt korjaustoimenpiteet eivät ole olleet riittäviä ja ongelmaan on keksittävä uusia ratkaisukeinoja. Joissain tapauksissa ongelman korjaaminen vaatii viikonloppuna suoritettua ennakkohuoltoa tai muuten aikaa, jota ei voida järjestää tuotannon pyöriessä. Näissä tapauksissa on syytä kirjata ylös ongelman ilmestymispäivämäärä ja sen vaikutus viikkotasolla käytettävyyteen.

On tapauksia, joissa huoltoasentajat eivät ole edes tietoisia laitteen ongelmista, koska virheenpoistaja käynyt useasti poistamassa saman virheen ilman mitään ilmoitusta laitteen ongelmista. Näistä ongelmista tulisi ilmoittaa suoraan huoltoasentajille, jotta he pystyisivät heti käymään selvittämässä ongelmaa.

### **5.3.2 Päivittäisen seurannan tulokset**

Päivittäisen käytettävyyden seuranta aloitettiin 5.1.2009 ja lopetettiin 22.1.2009. Jakson aikana tarkkailtiin kaikkien osa-alueiden käytettävyyttä käyttäen 98 %:n seurantarajaa. Tulokset perustuvat henkilökohtaiseen arvioon, millä tavoin päivittäin seuranta on tehokkaampaa normaaliin huoltotoimintaan nähden. Keskiarvoltaan ongelmat saatiin käsiteltäviksi noin kaksi päivää nopeammin. Osa ongelmista jäi myös kokonaan normaalilta huoltotoiminnalta huomiotta.

Päivittäisen seurannan avulla saatiin tietyt ongelmat tuotua nopeammin huoltoasentajien tietoisuuteen, koska he eivät olleet edes tietoisia kyseisistä ongelmista. Muissa tapauksissa huoltoasentajat tiesivät ongelmien olemassaolon ja olivat jo osaan tehneet parannuskorjauksia, mutta osasta oltiin vain tietoisia. Suurimmaksi osaksi ongelmat saatiin korjattua seuraavan päivän aikana, eikä niitä enää ilmaantunut myöhemminkään.

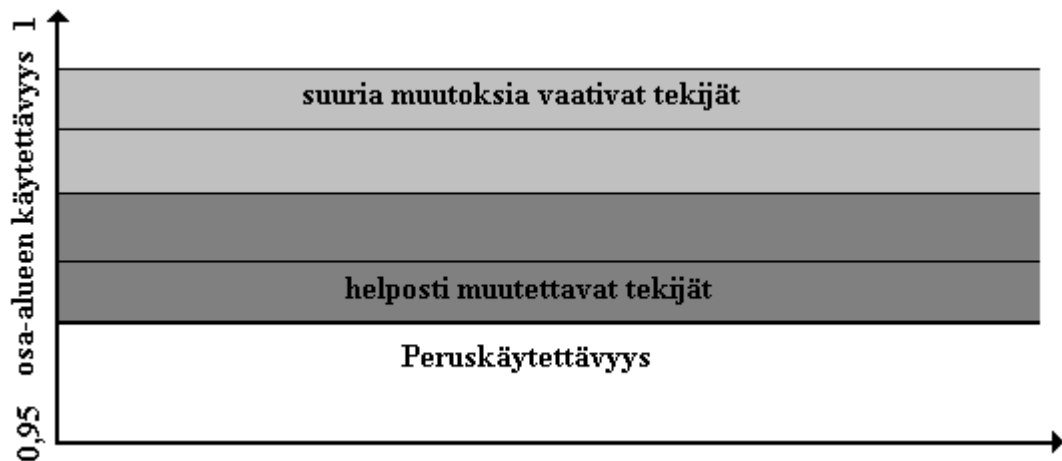
Suurimmat ongelmat aiheutuivat kolmesta poikkeuttajasta, koska niiden työntövoimaa ei saatu säädettyä eivätkä muut muutokset auttaneet halutulla tavalla. Erikoisimman ongelman seurantajakson aikana aiheutti depal-lavanpurkajan jatkuva huono toiminta. Selityksenä tähän löydettiin ennen lavanpurkajaa olevan työntekijän heikko kiinnostus työtänsä kohtaan. Tämäkin selittyi vielä sillä, että hänet oli siirretty huonompiin työtehtäviin, koska hän oli ollut paljon sairauslomalla.

Suurimmat käytettävyyteen vaikuttavat viat, jotka tällä toimintatavalla saadaan leikattua pois, ovat niitä, jotka aiheuttavat paljon pieniä vikoja. Nämä viat ovat erityisen tärkeitä saada selvitettyä nopeasti alueilla, joissa on korkea kriittisyysluokitus. Esimerkkinä kahden poikkeuttajan pienet viat korkeimmassa kriittisyysalueessa aiheuttivat yli 6 %:n laskun osa-alueen käytettävyyteen. Esimerkin kaltaiset tilanteet saadaan tarpeeksi nopeasti tietoon kyseisellä seurannalla, eikä samaa käytettävyyttä menetetä seuraavana päivänä.

#### **5.4 Pitkäaikainen käytettävyyshanalyysi**

Pitkäaikaisen käytettävyyden seurannan analyysillä pyritään etsimään näkymättömiä tekijöitä, jotka laskevat käytettävyyttä, vaikka niitä ei päivittäisessä seurannassa havaitakaan. Menetelmä leikkaa pois tekijöitä, jotka laskevat sen perustasoa kuvan 26 mukaisesti. Helposti muutettavat tekijät eivät vaadi paljoa korjaamiseen, kuten virhe päällä, kun logistiikkakeskus ei ole toiminnassa. Sitten on tekijöitä, joista pitää neuvotella, kuten työhöntuloaikojen porrastaminen, ja tekijöitä, mitä on vaikea muuttaa, kuten ennakkohuoltaminen ajon aikana.





Kuva 26. Pitkäaikaisen käytettävyydellä leikattavia tasoja

#### 5.4.1 Toimenpiteet analyysin tekemiseksi

Tietojen keräys päivätasolla tapahtuu käytettävyysmallin Top Ranking -välilehdestä. Ensin lista päivitetään painamalla Top Ranking -painiketta, jonka jälkeen kerätään ylös laitteet, jotka eivät täytä tavoiteltua käytettävyysrajaa. Näiden laitteiden tiedot kopioidaan Excel-taulukkoon ja niiden aiheuttajille etsitään syyt samaan tapaan kuin päivittäisessä seurannassa päivittäin. Liitteessä 2 on esitetty esimerkki tehdystä seurannasta ja sen ongelmiin liittyvistä syistä. Siinä on harmaalla merkitty virheet, joita ei ole saatu selvitettyä tai korjattua edellisen päivän aikana. Kaikkia syitä ei myöskään saada tarkasti kiinni saman päivän aikana, vaan vikojen juurisyitä on syytä päivittää myöhemmin.

Itse analyysiä varten on hyvä kerätä tietoa kahdesta viikosta neljään viikkoon. Ongelmien syyt on listattava, ja ne on hyvä järjestää niiden esiintymiskertojen mukaan. On myös hyödyllistä selvittää viikon ajalta, kuinka suurella todennäköisyyden kyseinen ongelma tapahtui ja mitä mahdollisesti tapahtuu myös jatkossa. Ongelmat, joiden esiintymistodennäköisyys on 50 % tai alle, on syytä jättää selvittämättä, mikäli ne eivät ole muuten suuria käytettävyysongelmia tai turvallisuusongelmia. Jäljelle jääneistä ongelmista voidaan poistaa myös ne, joiden esiintymistodennäköisyys on normaali, vaikka se ylittääkin 50 % rajan. Tällainen on esimerkiksi sukulan vaihto niiden suuren

lukumäärän vuoksi. Jäljelle jääneistä on tehtävä selvitys, kuinka niiden esiintymistodennäköisyyttä saadaan pienennettyä.

#### **5.4.2 Analyysillä saavutetut tulokset**

Käytettävyyden kannalta ongelmalaitteita seurattiin neljän viikon ajalta ja tältä ajalta tehtiin analyysi kerättyjen tietojen pohjalta. Ongelmalaitteiksi arvioitiin ne, joiden päiväkohtainen käytettävyys oli alle 95 %. Taulukossa 7 on esitetty ongelmien esiintymismäärät ja esiintymismäärät viikossa. Ylimmän viivan yläpuolelle jäävät tekijät otettiin selvitykseen. Näissä tuloksissa virheprosentit jäivät pieniksi lähinnä samaan aikaan tehdyn päivittäisen käytettävyyden seurannan vuoksi, koska laitteiden viat ehditään korjata ennen kuin ne saavuttavat 95 % toimintarajan. Taulukossa myös oleva Algol tarkoittaa huoltoyhtiön toiminnasta aiheutuvia ongelmia.

Taulukko 7. Pitkäaikaisen käytettävyys analyysin tulokset

## Listaus vikojen aiheuttajista ja niiden lukumäärästä

**Syyt** **Määrä** **Esiintymismäärä/vk**

### Tekninen käytettävyys

Paljon pieniä virheitä	6	1,50
Poikkeuttaja liian tehokas	3	0,75
Sukkulan vaihto	3	0,75
MFC tiedot sekaisin	2	0,50
Depal gripper	2	0,50
Samaan aikaan muita ongelmia	2	0,50
Sukkulan kenno kääntynyt	1	0,25
Depal kenno kääntynyt	1	0,25
Lavanpinonpurkajan iskarit	1	0,25
Jäänyt virheeseen, kun ei ajoa	1	0,25
Lava kaatunut korkeavarastossa	1	0,25
Kulunut hihna, laatikot luistaa	1	0,25

### Muu käytettävyys

Pannanpoistaja	5	1,25
Tarroja laatikoissa	2	0,50
Teippiä lavassa	2	0,50
Kokematon virheenpoistaja	1	0,25
Ei heti soittoa	1	0,25
Huono laatikko	1	0,25

### Algol

Ei miehitystä	6	1,50
Vuoronvaihto	4	1,00
Ennakkohuolto	3	0,75
Algol kokeiluja	1	0,25

Teknisellä käytettävyydellä tarkoitetaan laitteistosta johtuvia sattumanvaraisia virheitä, joissa pääsyy virheelle on laitteiston kuluminen. Nämä virheet saadaan yleensä hoidettua pois tavanomaisen huoltotoiminnan yhteydessä. Ensimmäisenä paljon pieniä virheitä aiheutui tekijöistä, jotka eivät toistu enää seuraavana päivänä, kuten huonoista lavoista, laatikoista, tarroista tai teipeistä. Yleensä näille virheille ei löydy mitään tarkempaa syytä. Jatkossa olisi hyvä eritellä tämä kategoria vielä tarkemmin ja arvioida, mistä virheet luultavasti juurtuvat. ”Poikkeuttaja liian tehokas” oli taas vakavampi ongelma, koska se toistui eikä poikkeuttajan työntövoimaa saatu säädettyä. Myös muita ratkaisumahdollisuuksia testattiin, mutta hetken toimimisen jälkeen ne osoittautuivat huonoiksi.

Muulla käytettävyydellä tarkoitetaan tuotteista tai henkilökunnasta johtuvia ongelmia. Eräs tällainen ongelma oli pannanpoistajana toimineen henkilön huono työpanos, mikä aiheutti lisää virheitä Depal-lavanpurkajille, mikä taas korkealla kriittisyysasteellaan vaikuttaa selvästi täydennys osa-alueen käytettävyyteen. Tässä tapauksessa on syytä informoida asiakkaan esimiehiä pannanpoistajan tärkeydestä järjestelmän osa-alueen käytettävyyteen.

Algolin ongelmia ovat miehitysongelmat sekä huoltoihin liittyvät ongelmat. Suurin syy on miehityksen puute, mikä tarkoittaa, ettei virheenpoistajan taukoja paikata virheenkorjauksissa. Tämä ongelma tulee lähinnä esille ruokataukojen aikana, jolloin virhe saattaa olla päällä yli 30 minuuttia. Tämä saadaan ratkaistua automaattisella paikkauksella, jolloin huoltoasentajat menevät ennen häiriönpoistajan ruokatauon alkua teltaan hoitamaan heidän tehtäviään, kunnes häiriönpoistajat palaavat tauoltaan. Tällä saadaan porrastettua ruokailuajat ja nopeutettua vasteaikaa.

Vuoronvaihto on myös miehitysongelma, koska niin virheenpoistajat kuin huoltoasentajat vaihtavat vuoroaan samaan aikaan, ja tämä aiheuttaa yli 30 minuutin seisokkeja. Tämän korjaaminen onnistuu aikaistamalla huoltoasentajien töihin tuloaikoja 30 minuutilla ja varmistamalla, että huoltoasentajat hoitavat virheenpoistajien tehtäviä heidän vuoronvaihtonsa aikana.

Kolmantena ongelmana ovat ennakkohuollot ajon aikana. Niitä on tehty, koska viikonlopuissa ei ole saatu tehtyä tarpeeksi ennakkohuoltoja. Käytettävyyden kannalta olisi siis hyödyllistä, jos viikonloppuresursseja kasvatettaisiin niin paljon, että tarvittava huoltokierto saadaan tehokkaasti toteutettuna viikonlopun aikana tai muina aikoina, jolloin tuotanto ei pyöri.

### **5.4.3 Tulosten vaikutus käytettävyyteen**

Pitkäaikaisella seurannalla täytyy nostaa käytettävyyden perustasoa jatkuvasti, koska uusia käytettävyyden perustasoa laskevia tekijöitä syntyy tai vanhojen tekijöiden valtaama ala kasvaa. Näiden tekijöiden juurisyyt voivat olla peräisin myös esimerkiksi

henkilösuhteista. Edellä käsitelty analyysi olisi hyvä tehdä kuukauden seurannalla ainakin neljä kertaa vuodessa, jolloin helposti kiinni saatavat ongelmat saadaan tehokkaasti pidettyä poissa.

Tällä analyysillä löydettyjen ongelmien kuntoon laittaminen vaatii informaation jakamista ja muutosten tekemistä opeteltuihin käytäntöihin. Toisaalta voidaan nähdä, että huoltotoimintaosaamista löytyy, koska mitään isoja laitevikoja ei analyysiin päässyt, lukuun ottamatta kolmen poikkeuttajan yhteenlaskettuja ongelmia. Käytettävyyden perustason parantamista yhden analyysin ja muutosten toteuttamisen avulla vaikuttaa arviolta noin 0-1 % riippuen osa-alueesta. Suuremmat prosentuaaliset vaihtelut saadaan kuriin aiemmin selvitettyllä päivittäisellä käytettävyyden seurannalla.

### **5.5 Tarvittavat toimenpiteet jatkuvan parantamisen ylläpitämiseksi**

Käytettävyys saadaan pidettyä korkealla tasolla, jos seuraaviin alla oleviin toimenpiteisiin kiinnitetään jatkuvasti huomiota. Päivittäin olisi selvitettävä päivittäisen käytettävyyden vaativat tiedot ja heti ilmoitettava kyseiset ongelmat korjauskohteiksi huoltoasentajille. Samalla, kun päivittäiset ongelmat selvitetään, on hyvä selvittää ongelmalaitteiden virheiden juurisyyt pitkäaikaista käytettävyysanalyysiä varten. Juurisyytä ei yleensä saa tietää kysymällä huoltoasentajilta, vaan on haastateltavia virheenpoistajia ja tutkittava laitteen virheilmoituksia. Itse käytettävyysanalyysi olisi syytä tehdä vähintään neljännesvuosittain.

## **6 Yhteenveto**

Logistiikkakeskuksen käyttöönottovaihe on jäänyt taakse, ja ilmestyvät tekniset ongelmat johtuvat pääosin satunnaisista virheistä. Suurin ongelma syntyy, kuinka nopeasti nämä toistuvat virheet huomataan ja kuinka ne saadaan nopeasti korjattua. Näiden ongelmien löytämiseksi kehitettiin kaksi käyttövarmuusmalliin perustuvaa seuranta. Päivittäinen käyttövarmuuden seuranta löytää heti syntyvät ongelmat ja antaa mahdollisuuden korjata ne, ennen kuin ne aiheuttavat ongelmia viikkotasolla. Pitkäaikainen käytettävyys analyysi taas tutkii tarkemmin syitä, miksi tietyt ongelmat aiheutuvat aina uudestaan. Poistamalla ongelmien juurisyyt saadaan nostettua

käytettävyyden perustasoa ylös. Näiden menetelmien avulla päästään paremmin kiinni siihen käytettävyytasoon, missä käyttökaudella pitäisi käytettävyyden olla.

Käytettävyyttä seuraavasta käytettävyyksmallista tulisi korjata havaitut virheet, jotka aiheuttavat moninkertaisen seisokkiajan, ja arvioida uudestaan teknisen käytettävyyden osuuden kokonaiskäytettävyydestä. Tällä hetkellä käytössä oleva arvio teknisen käytettävyyden osuudesta ei pidä paikkaansa, eikä palvele kumpaakaan osapuolta todellisen käytettävyyden seuraamisessa.

Kriittisyyskyselyistä saatujen tulosten perusteella olisi syytä käydä huoltoasentajien ja virheenpoistajien kanssa läpi vikakorjauksien priorisointi enemmän käytettävyyttä palvelevaksi. Kriittisin tulos oli varaosien ja niiden tietoisuuden puute. Tämä olisi korjattava heti tehtävällä laitekohtaisella varaosakartoituksella, joka nostattaisi myös varaosatietoutta. Virheenpoistajille olisi syytä tehdä kysely tämänhetkisestä osaamisesta ja otettava käyttöön menetelmä, jossa virheenpoistajat kirjoittaisivat ylös järjestelmän ongelmakohtia eivätkä normaalien virheiden lukumääriä.

Kokonaisuutena logistiikkakeskuksen tekninen käyttövarmuus on saavuttanut tasaisen vaiheen tason, mutta sen tasoa pystyy helposti nostamaan esitetyillä menetelmillä ja parannuksilla. Tällä hetkellä kriittisin osa teknistä käyttövarmuutta on joidenkin laitteiden varaosien puute, ja siihen olisi puututtava välittämättömästi.

## **Lähteet**

[1] SFS-IEC 50-191. Sähköteknillinen sanasto. Luotettavuus ja palvelun laatu. Suomen standardisoimisliitto, 1996.

[2] PSK 6201. Kunnossapito. Käsitteet ja määritelmät. Suomen standardisoimisliitto, 2003.

[3] Väänänen, Marko. Käyttövarmuuden parantaminen paperikoneen kiinnirullaimessa. Diplomityö. Teknillinen korkeakoulu, 1998.

[4] SFS-EN-13306. Kunnossapitosanasto. Suomen standardisoimisliitto, 2001.

- [5] Lehtinen, Kalle. Laivan perärampin käyttövarmuusanalyysi. Diplomityö. Tampereen teknillinen yliopisto, 2007.
- [6] IEC 300-3-4. Guide to the specification of dependability requirements. IEC 1996.
- [7] Kari Komonen. Käyttövarmuuden peruskäsitteitä. Vaasan Yliopisto. Luentomateriaali 2005.  
[http://www.tuta.fi/kayttovarmuus/Luentomateriaali%20A%203\\_2007.pdf](http://www.tuta.fi/kayttovarmuus/Luentomateriaali%20A%203_2007.pdf)
- [8] Ervamaa Juhani, Mankamo Tuomas & Suokas Jouko 1979. Luotettavuustekniikka. Helsinki, insinööritieto.
- [9] Lehtinen, Olli. Teollisuuden sähköjakelun käyttövarmuuden hallinnan kehittäminen. Diplomityö. Tampereen teknillinen korkeakoulu. 2000.
- [10] SFS-EN 60300-1. Luotettavuuden hallinta. Osa 1: Luotettavuuden hallintajärjestelmät. Suomen standardisoimisliitto 1980.
- [11] Virtanen, S. Käyttövarmuus tuotesuunnittelussa – ratkaisujen etsiminen ja valinta. Teknillinen korkeakoulu, Koneensuunnittelun laboratorion julkaisuja B21. Toinen painos. Otaniemi 1998.
- [12] Virtanen, S. Käyttövarmuus tuotesuunnittelussa – suunnitteluvaatimuksien määrittäminen. Teknillinen korkeakoulu, Koneensuunnittelun laboratorion julkaisuja B20. Toinen painos. Otaniemi 1998.
- [13] Leinonen, H. & Säynätjoki, M. Komponenttien käyttöhistoriatiedot käyttövarmuustarkastelussa. VTT Symposium 175 Käyttövarmuus kilpailutekijänä. Espoo 18.11.1997. Espoo, VTT, 1997.
- [14] Patrick O'Connor Practical reliability engineering, 4. Painos, John Wiley and Sons, 2002.
- [15] HK Ruokatalo OY DC LOGI Project perusopas. Dematic GmbH 2008.
- [16] HK Ruokatalo Project LOGI System Availability v2.3. Dematic GmbH and HK Ruokatalo 2006.

# Laitteiston kriittisyyskysely

1.Arvioi laitteiden kriittisyysluokka yhdestä viiteen seuraavan ohjeen mukaisesti.

Kriittisyysluokat on jaettu korkeaan, asteikolla 4 - 5, keskivertoon, 2 - 3 ja matalaan, 1. Korkealla tarkoitetaan osa-alueen toiminnan heti pysäyttävää virhettä. Matalalla taas osaa osa-alueesta jonkin ajan kuluessa tai erittäin merkityksettömän osaa sitä heti. Keskiverrolla taas jonkin ajan kuluessa koko osa-alueen toiminnan tai osan osa-aluetta heti pysäyttävää virhettä.

2.Arvioi tarvittava miehitys korjaamaan kyseistä laitetta

2A.Virheessä

2B.Rikki, vaatii varaosia

3.Arvioi vara-osa tilanne kyseiselle laitteelle seuraavan ohjeen mukaisesti

Jos löytyy varmasti varaosia, merkatkaa X:llä.

Jos et ole varma löytykö, merkatkaa ?:llä.

Jos tiedät ettei löydy, merkatkaa -:lla.

Laite	1.Kriittisyysaste	2A.Virheessä	2B.Rikki	3.Vara-osa tilanne
Sisääntulo(Incoming)				
SRM-hyllystöhissi				
Täydennys(Replenish)				
Depal-lavanpurkaja				
Täydennys(Replenish)				
Pystykuljetin(sisäänsyöttö)				
Keräily(Picking)				
Keräily silmukan kuljetin				
Keräily(Picking)				
Sukkula				
Ulostulo (Output)				
Räkkikuljetin (ulossyöttö)				
Ulostulo (Output)				
Pannoittaja (Strapper)				
Ulostulo (Output)				
Tarroittajan jälk.kääntöpöytä				
IT PLC				
Palletizer 1-2 ei toimi				
IT MFC				
Lavatiedot sekaisin				



## Pitkäaikainen käytettävyyden seuranta arkipäivinä

Top 10 ongelmat Raja: alle 95% päiviä : 20

### Ma 5.1

Osa-alue

Käytettävy: Syy

DEPAL1	VERHOEVEN	ARD-D	87,84%	Paljon pieniä virheitä
DEPAL2	VERHOEVEN	ARD-D	90,17%	Huono laatikko väänsi jotain
B11GH1	BK10	AETH-Buffer	93,26%	Kulunut hihna
AIS07_LEV10_SHT1	MSB Shuttle	ART-In	93,41%	Virheenpoistaja taolla, ei ketään

### Ke 7.1

DEPAL2	VERHOEVEN	ARD-D	84,06%	Paljon tarroja ja profiilivirheitä
DEPAL1	VERHOEVEN	ARD-D	87,49%	Paljon tarroja ja profiilivirheitä
AIS06_LEV03_SHT1	MSB Shuttle	ART-In	93,98%	Algol wlan kokeiluja

### To 8.1

DEPAL2	VERHOEVEN	ARD-D	85,87%	Pannanpoistaja toimii huonosti
AIS03_LIF2	MSB Output Lift	AOut-Lift	88,84%	Samaan aikaan muita ongelmia
DEPAL1	VERHOEVEN	ARD-D	90,26%	Pannanpoistaja toimii huonosti
AIS04_LEV09_RCV2	Output Rack Conv	APRS-Out	91,15%	Kokematon virheenpoistaja
AIS04_LEV10_RCV2	Output Rack Conv	APRS-Out	91,15%	selvitetty osana toista virhettä
AIS04_LEV01_RCV2	Output Rack Conv	APRS-Out	91,15%	selvitetty osana toista virhettä
AIS04_LEV02_RCV2	Output Rack Conv	APRS-Out	91,15%	selvitetty osana toista virhettä
AIS04_LEV03_RCV2	Output Rack Conv	APRS-Out	91,15%	selvitetty osana toista virhettä
AIS04_LEV04_RCV2	Output Rack Conv	APRS-Out	91,15%	selvitetty osana toista virhettä
AIS04_LEV05_RCV2	Output Rack Conv	APRS-Out	91,15%	selvitetty osana toista virhettä
AIS04_LEV06_RCV2	Output Rack Conv	APRS-Out	91,15%	selvitetty osana toista virhettä
AIS04_LEV07_RCV2	Output Rack Conv	APRS-Out	91,15%	selvitetty osana toista virhettä
AIS04_LEV08_RCV2	Output Rack Conv	APRS-Out	91,15%	selvitetty osana toista virhettä
AIS04_LIF2	MSB Output Lift	AOut-Lift	91,15%	selvitetty osana toista virhettä
AIS04_LIF1	MSB Input Lift	ART-Input-Lift	91,51%	selvitetty osana toista virhettä
AIS03_LEV01_SHT1	MSB Shuttle	ART-In	91,83%	selvitetty osana toista virhettä
AIS03_LEV01_RCV2	Output Rack Conv	APRS-Out	91,97%	selvitetty osana toista virhettä
AIS04_LEV01_RCV1	B Input Rack Conv	ART-Input-Lift	92,54%	selvitetty osana toista virhettä
PAL4	VERHOEVEN	AOut-P-Palletizer	92,90%	MFC tiedot sekaisin
AIS08_LEV08_SHT1	MSB Shuttle	ART-In	93,29%	Virheenpoistaja taolla ei ketään
AIS04_LEV02_RCV1	B Input Rack Conv	ART-Input-Lift	93,58%	selvitetty osana toista virhettä
AIS04_LEV03_RCV1	B Input Rack Conv	ART-Input-Lift	93,58%	selvitetty osana toista virhettä
AIS04_LEV04_RCV1	B Input Rack Conv	ART-Input-Lift	93,58%	selvitetty osana toista virhettä
AIS04_LEV05_RCV1	B Input Rack Conv	ART-Input-Lift	93,58%	selvitetty osana toista virhettä
AIS04_LEV06_RCV1	B Input Rack Conv	ART-Input-Lift	93,58%	selvitetty osana toista virhettä
AIS04_LEV07_RCV1	B Input Rack Conv	ART-Input-Lift	93,58%	selvitetty osana toista virhettä
AIS04_LEV08_RCV1	B Input Rack Conv	ART-Input-Lift	93,58%	selvitetty osana toista virhettä
AIS04_LEV09_RCV1	B Input Rack Conv	ART-Input-Lift	93,58%	selvitetty osana toista virhettä
AIS04_LEV10_RCV1	B Input Rack Conv	ART-Input-Lift	93,58%	selvitetty osana toista virhettä

**Pe 9.1**

DEPAL2	VERHOEVEN	ARD-D	92,19%	Pannanpoistaja toimi paremmin
AIS02_LEV10_SHT1	MSB Shuttle	ART-In	92,95%	Sukkulan kenno kääntynyt
DEPAL1	VERHOEVEN	ARD-D	93,70%	Pannanpoistaja toimi paremmin
B12LC1	BK10	APS-L-4	94,10%	Teippiä
PAL4	VERHOEVEN	AOut-P-Palletizer	94,34%	Paljon pieniä virheitä
A02CD1	BK25	ASRMOutput	94,66%	Lava kaatunut korkeavarastossa
PAL2	VERHOEVEN	AOut-P-Palletizer	94,67%	Teippiä lavassa

**Ma 12.1**

AIS03_LEV10_SHT1	MSB Shuttle	ART-In	79,50%	Sukkula vaihdettu, ei heti soittoa
AIS02_LEV04_SHT1	MSB Shuttle	ART-In	89,29%	Ei miehitystä
A04CB3	BK25	AAisle-Old	90,29%	Paljon pieniä virheitä
DEPAL2	VERHOEVEN	ARD-D	93,92%	Kenno vinossa
AIS03_LEV10	MSB Long Term	ART-In	94,86%	Samaan aikaa muita ongelmia

**Ti 13.1**

DEPAL1	VERHOEVEN	ARD-D	93,68%	Paljon pieniä virheitä
PAL3	VERHOEVEN	AOut-P-Palletizer	94,06%	Vuoronvaihto

**Ke 14.1**

DEPAL2	VERHOEVEN	ARD-D	84,38%	Kolari, ei pudottanut laatikkoa
DEPAL1	VERHOEVEN	ARD-D	87,96%	Kolari, pudotti laatikon kyydistä
B15KJ3	BK10	ART-Loop-5	93,41%	Ei miehitystä
B13GG3	BK10	APS-Loop	94,21%	Vuoronvaihto
A03EE1	BK25	AOut-P-Palletizer	94,80%	Ei miehitystä

**To 15.1**

DEPAL1	VERHOEVEN	ARD-D	94,59%	Pannanpoistaja ei tehokas
--------	-----------	-------	--------	---------------------------

**Pe 16.1**

AIS07_LEV10_SHT1	MSB Shuttle	ART-In	89,79%	Ei miehitystä
PAL2	VERHOEVEN	AOut-P-Palletizer	90,26%	Lavapinonpurkaja iskarit vaihdettu
B11GH1	BK10	AETH-Buffer	93,55%	Vuoronvaihto
PAL3	VERHOEVEN	AOut-P-Palletizer	94,29%	Vuoronvaihto

**Ma 19.1**

AIS02_LEV02_SHT1	MSB Shuttle	ART-In	77,36%	Jäänyt virheeseen, kun ei ajoa
AIS11_LEV08_SHT1	MSB Shuttle	ART-In	92,82%	Sukkulan vaihto

**Ti 20.1**

PAL3	VERHOEVEN	AOut-P-Palletizer	92,33%	Ennakkohuolto
B11GH1	BK10	AETH-Buffer	92,82%	Paljon pieniä virheitä
PAL4	VERHOEVEN	AOut-P-Palletizer	93,09%	Ennakkohuolto
AIS06_LEV04_SHT1	MSB Shuttle	ART-In	94,27%	Sukkula vaihdettu

**Ke 21.1**

PAL1	VERHOEVEN	AOut-P-Palletizer	88,72%	Ennakkohuolto
PAL2	VERHOEVEN	AOut-P-Palletizer	91,89%	Zuzo sekaisin, ID mismatch
AIS04_LEV10_SHT1	MSB Shuttle	ART-In	94,37%	Sukkulan vaihto

**To 21.1**

B13DB3	BK10	APS-L-6	94,01%	Poikkeuttaja liian tehokas
--------	------	---------	--------	----------------------------

**Pe 22.1**

B11GH1	BK10	AETH-Buffer	84,60%	Poikkeuttaja liian tehokas
B12PF1	BK10	APS-Loop	90,06%	Poikkeuttaja liian tehokas
PAL2	VERHOEVEN	AOut-P-Palletizer	93,08%	Paljon pieniä virheitä