

Osaamista  
ja oivallusta  
tulevaisuuden  
tekemiseen

Suvi Arkko

# Taajuusmuuttajalinjan visuaalisen tarkastuksen prosessin kehittäminen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma

Insinööriyö

9.11.2020

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Suvi Arkko Taajuusmuuttajalinjan visuaalisen tarkastuksen prosessin kehittäminen 41 sivua + 5 liitettä 9.11.2020
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma
Ammatillinen pääaine	sähkövoimatekniikka
Ohjaajat	lehtori Arja Ristola tuotannonkehitysinsinööri Riikka Veijalainen
<p>Insinöörityön aiheena on ABB Oy:n System Drivesin Multidives-yksikön visuaalisen tarkastuksen prosessin kehittäminen. Työtä aloittaessa taajuusmuuttajalinjan laatuluvut olivat kasvussa eikä prosessi ollut toimiva puutteellisen määrittelyn vuoksi. Projektin tavoitteena oli määrittää taajuusmuuttajalinjalle uusi visuaalisen tarkastuksen prosessi tukemaan tuotantoprosessia sekä tuotelaatua.</p> <p>Kehitysprosessi aloitettiin järjestämällä Kaizen-työpaja, jonka avulla kartoitettiin kehityskohteet ja niiden prioriteettijärjestys sekä luotiin kuva prosessin tavoitetilasta. Projektin toteutuksesta vastasivat pääosin Multidivesin laatuhenkilöt, mutta apua saatiin myös System Drivesin Cabinet Drives-yksikön laatuhenkilöiltä sekä ABB:n alihankkijana toimivan yrityksen työnjohdolta.</p> <p>Kehitysprosessi jaettiin Kaizenissa määritettyihin osa-alueisiin, joita toteutettiin projektin edetessä. Prosessia helpotettiin muun muassa selkeyttämällä visuaalisen tarkastuksen listaa, jakamalla tarkastusvaiheet useampaan pienempään osaan ja lopputarkastukselle varatulla visuaalisen tarkastuksen alueella.</p> <p>Projektin tuloksena syntyi selkeämmin määritetty visuaalisen tarkastuksen prosessi, joka on osa taajuusmuuttajalinjan tuotantoprosessia. Prosessin kehityksen yhteydessä luotiin myös uusi palautekäytäntö, jonka avulla asentajat saavat reaaliaikaista palautetta tekevästään työstä.</p> <p>Prosessista saatiin järjestelmällisempi ja vähemmän hukkaa sisältävä. Visuaalisen tarkastusprosessin uuden työtavan myötä tuotteiden laatu tulee paranemaan ja lisääntyneen raportoinnin myötä myös laatuluvut tulevat pitämään aiempaa paremmin paikkansa.</p>	
Avainsanat	lean, visuaalinen tarkastus, taajuusmuuttaja

Author Title	Suvi Arkko Development of a Visual Inspection Process
Number of Pages Date	41 pages + 5 appendices 9 November 2020
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical- and Automation Engineering
Professional Major	Electrical Power Engineering
Instructors	Arja Ristola, Senior Lecturer Riikka Veijalainen, Production Development Team Leader
<p>The purpose of this bachelor's thesis work was to develop the visual inspection process of ABB's Multidrive line. At the beginning, the quality numbers of the drive line were increasing and the process was not working due to a lack of definition. The goal of the project was to define a new visual inspection process for the drive line.</p> <p>The project was started with a Kaizen event, which enabled the definition of development issues, order of priority and feasibility of them. The implementation of the project was mainly the responsibility of Multidrives' quality personnel, but assistance was also obtained from the quality personnel of System Drives' Cabinet Drives unit and the management of ABB's subcontractor.</p> <p>As result, a new visual inspection process was developed and defined. New process is now a part of the drive line production process. As the process evolved, a new feedback policy was also created to give the assemblers real-time feedback on the work they do.</p> <p>The process came more systematic and less wasteful. With the new way of working in the visual inspection process, the quality of the products will improve and with the increased reporting, the quality numbers will also be more accurate than before.</p>	
Keywords	Lean, Visual Inspection, Frequency Drive

## Sisällys

### Lyhenteet

1	Johdanto	1
1.1	Taustaa ja tavoite	1
1.2	Taajuusmuuttaja	1
1.3	Visuaalinen tarkastus	4
2	Käytettävät menetelmät	5
2.1	Lean	5
2.2	Kaizen	8
3	Prosessin nykytila	13
3.1	Prosessin yleiskuvaus	13
3.2	Osakokoonpano	16
3.3	Runkosolu	18
3.4	Loppukokoonpano	20
4	Kehitysprojekti	22
4.1	Kaizen-työpaja	22
4.2	Visuaalisen tarkastuksen prosessien vertaisarviointi	27
4.3	Tuotannon rytmitys	29
4.4	Kyselyn tulokset	31
4.4.1	Tuotanto	31
4.4.2	Koestamo	34
5	Kehitysprojektin tulokset	34
6	Yhteenveto	39
	Lähteet	41

## Liitteet

Liite 1. SIPOC-kaavio, As Is

Liite 2. SIPOC-kaavio, To Be

Liite 3. Palaverit

Liite 4. Multidrive visuaalisen tarkastuksen prosessikaavio

Liite 5. Visuaalisen tarkastuksen lista

## Lyhenteet

AC	Alternating Current. Vaihtovirta.
ACU	Auxiliary Control Unit. Lisäohjausyksikkö.
DC	Direct Current. Tasavirta.
DCU	Drive Control Unit. Vaihtosuuntaajan ohjausyksikkö.
DSU/TSU/ISU	Diode-/Thyristor-/IGBT Supply Unit. Tasasuuntaajatyyppejä.
EMC	Electro Magnetic Compability. Sähkömagneettinen yhteensopivuus.
ICU	InComing Unit. Katkaisijakenttä.
IGBT	Insulated-Gate Bipolar Transistor.
IMS	Integrated Management System. Pilvipohjainen laadunhallinnan toimintajärjestelmä.
INU	Inverter Unit. Vaihtosuuntaukseen käytettävä yksikkö.
IP	Ingress Protection. Laitteiston suojausluokka.
OBE	Order Based Engineering. Suunnitteluyksikkö.
PE	Protective Earth. Suojamaa.
PP	Production Planning. Tuotannosuunnittelu.
PWM	Pulse Width Modulation. Pulssinleveysmodulointi.
SAP	Tuotannon toiminnanohjausjärjestelmä.

SIPOC Supplier, Input, Process, Output, Customer.

WORMPIIT Waiting. Over production. Rejects. Motion. Processing. Inventory. Intellect.  
Transport. Tuotannon kahdeksan hukkaa.

ZTESTREP Vikaraportointityökalu SAP:issa

# 1 Johdanto

Tämä insinööriyö tehtiin ABB Oy:n Multidrive-yksikölle (myöhemmin taajuusmuuttajalinja). Työn aiheena on taajuusmuuttajalinjan visuaalisen tarkastuksen prosessin kehittäminen. Prosessia haluttiin parantaa, sillä nykyinen visuaalisen tarkastuksen prosessi ei ollut sellaisenaan toimiva.

## 1.1 Taustaa ja tavoite

Taajuusmuuttajalinjalla aiemmin käytössä olleen visuaalisen tarkastuksen prosessin oli tarkoitus toimia tuotantoprosessia ja laatua tukevana toimintona. Prosessia käyttöönotettaessa sen dokumentointi on jäänyt vajavaiseksi, mikä on johtanut erilaisiin puutteisiin prosessissa tuotannon aikana.

Insinööriyön tavoitteena on määrittää visuaalisen tarkastuksen prosessi uudelleen leanin prosessinkehitystyökaluja apuna käyttäen. Uusi prosessi tulee kuvata tarkasti ja analysoidaan niin, että insinööriyöhön pohjautuen on mahdollista laatia koulutusmateriaali asentajien koulutukseen. Insinööriyössä keskitytään myös siihen, mitä visuaalinen tarkastus käytännössä tarkoittaa, koska henkilöstöllä ei ole toistaiseksi syvempää tietämystä visuaalisesta tarkastuksesta. Leanin työkalujen lisäksi työssä käytettiin apuna vertaisarviointia. Vertaisarvioinnin kohteina ovat aikaisemmin toisessa tuotantoyksikössä sekä alihankkijalla käyttöönotetut visuaalisen tarkastuksen prosessit.

## 1.2 Taajuusmuuttaja

Taajuusmuuttajat ovat tehoelektroniikan laitteita, joilla voidaan ohjata sähkömoottoreiden nopeutta muuttamalla tehonsyötön taajuutta ja jännitettä. Ne voidaan jakaa karkeasti suoriin ja välipiirillisiin taajuusmuuttajiin, joista jälkimmäinen on yleisemmin käytetty. Suoriin taajuusmuuttajiin lukeutuvat matriisimuuttajat sekä syklokonvertterit. Välipiirilliset voidaan edelleen jakaa virta- ja jännitevälipiirillisiin taajuusmuuttajiin, jossa toiminta perustuu välipiirissä tapahtuvaan vaihtosähkön muuttamiseen tasasähköksi tai -virraksi,



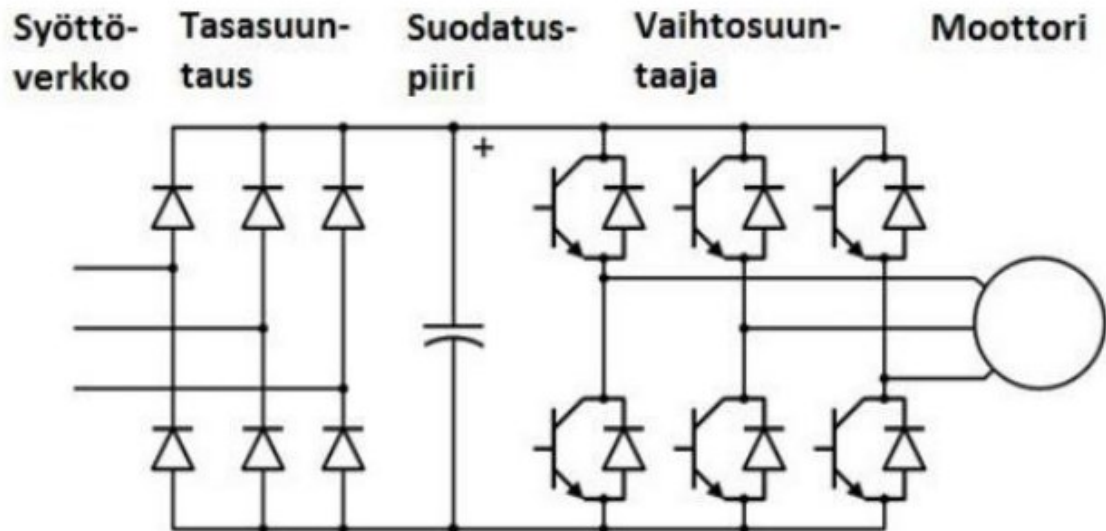
ja siitä edelleen vaihtosähköksi. Välipiirilliset taajuusmuuttajat voidaan jakaa toiminnallisesti neljään osaan; tasasuuntaajaan, välipiiriin, vaihtosuuntaajaan ja ohjauspiiriin.

Taajuusmuuttajien toiminta perustuu puolijohdekomponenttien, kuten diodien, GTO- tai IGBT-komponenttien kytkentätilan ohjaukseen virran johto- ja estotilan välillä. Puolijohdekomponentit voidaan jakaa verkkokommutoituihin ja pakko-ohjattuihin puolijohteisiin, jotka eroavat toisistaan kytkentätilan määräytymisellä. Verkkokommutoitvien puolijohteiden kytkentätila määräytyy verkon jännitteen mukaan, kun taas pakko-ohjattujen komponentteja ohjataan hiloille tuotavien jännite- tai virtapulssien mukaan. [1.]

Kuvassa 1 on kuvattuna pulssinleveysmodulointitekniikkaa hyödyntävän jännitevälipiirillisen taajuusmuuttajan kaaviokuva. Kolmivaiheinen vaihtojännite tuodaan 6-pulssiselle tasasuuntaajana toimivalle diodisillalle, jossa vaihtojännite muutetaan tasajännitteeksi. Jännitevälipiirissä (suodatuspiiri) olevan kondensaattorin tehtävänä on toimia energia-varastona, sekä suodattaa mahdolliset tasajännitteen epäpuhtaudet. Mikäli kyseessä olisi virtavälipiirillinen taajuusmuuttaja, kondensaattorin tilalla olisi kela. Välipiiriä voidaan käyttää myös ohjauslaitteiden tarvitseman käyttöjännitteen syöttämiseen. Vaihtosuuntaus on toteutettu IGBT-transistoreilla, joissa kukin vaihejännitelähtö kytketään vaiheen tehpuolijohdekytkimien avulla vuorotellen tasajännitevälipiiriin positiiviseen ja negatiiviseen kiskoon. Pulssinleveysmodulaatiossa rajoitetaan esimerkiksi sähkömoottorille syötetyn virran määrää. Rajoitus tehdään nopeilla puolijohdekomponentin kytkentämuutoksilla. Lopullinen virta määräytyy puolijohdekomponentin johto- ja estoaikojen suhteesta, jota kutsutaan pulssisuhteeksi. Pulssisuhte voidaan laskea kaavasta 1

$$D = \frac{t}{T'} \quad (1)$$

jossa D on pulssisuhte, t on puolijohdekomponentin johtoajan pituus ja T on puolijohdekomponentin johto- ja estoaikojen yhteenlaskettu aika. [2.]

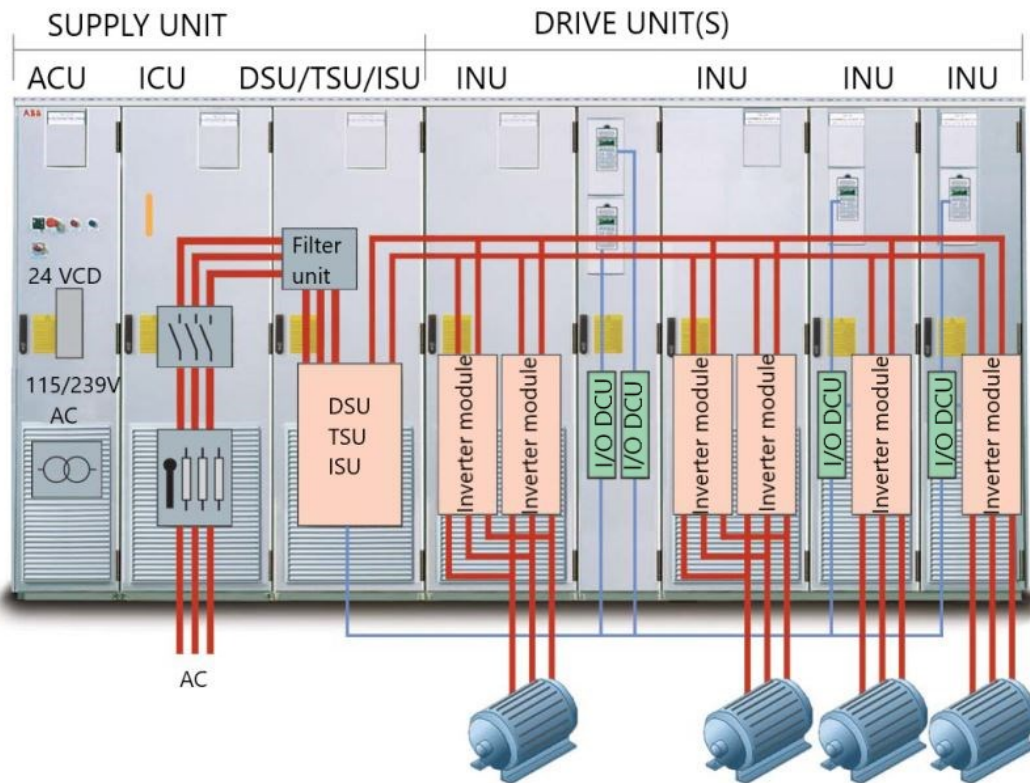


Kuva 1. PWM-taajuusmuuttajan yksinkertaistettu kaaviokuva [3].

Tietyissä sovelluksissa voidaan yksinkertaisten taajuusmuuttajien sijasta käyttää monimoottorikäyttöille soveltuvia Multidrive-taajuusmuuttajia, joilla voidaan ohjata tasasähkökiskorakenteen ansiosta samanaikaisesti useita laitteistoon liitettäviä käyttölaitteita. Multidrive-taajuusmuuttaja koostuu pääsääntöisesti yhdestä syöttöyksiköstä (supply unit) ja kahdesta tai useammasta vaihtosuuntaajayksiköstä (drive unit).

Syöttöyksikkö ja vaihtosuuntaajayksiköt muodostavat kokonaisuuden, jota kutsutaan kuljetuspituudeksi. Kuvassa 2 on esimerkkikokonaisuus valmiista Multidrive-taajuusmuuttajasta, jonka syöttöyksikkö muodostuu kolmesta eri kentästä; lisäohjauskentästä (ACU), katkaisijakentästä (ICU) ja tasasuuntaajakentästä (DSU/TSU/ISU). Lisäohjauskentässä on erilaisia taajuusmuuttajan ohjaus- ja turvapiirejä muuntajineen. Katkaisijakentässä on nimensä mukaisesti pääkatkaisija. Asiakas liittyy kaapeleilla tai olemassa olevalla kiskorakenteella laitteistoon katkaisijakentässä. Tasasuuntaajakenttä voi tyypin mukaan olla toteutettu diodeilla, tyrystoreilla tai IGBT-transistoreilla. Vaihtosuuntaajayksiköt koostuvat invertteriyksiköistä (INU) joissa tasasähkö muutetaan edelleen vaihtosähköksi. Kentissä on myös paljon mekaniikkaosia, kuten pikaliittimiä, joilla vaihtosuuntaajamoduulit ovat kytkettävissä nopeasti. Lisäksi vaihtosuuntaajayksiköt sisältävät taajuusmuuttajan ohjausyksiköitä (DCU). Multidrive-taajuusmuuttajia käytetään pääsääntöisesti prosessiteollisuudessa esimerkiksi paperi-, kaivos- ja

energiäteollisuudessa, aina asiakkaan tarpeiden mukaan suunniteltuina. Multidrive-taajuusmuuttajat voivat olla ilma- tai vesijäähdytteisiä.



Kuva 2. Esimerkkikokonaisuus Multidrive-taajuusmuuttajasta [3].

### 1.3 Visuaalinen tarkastus

Visuaalisella tarkastuksella tarkoitetaan tuotteen, prosessin, asennuksen tai niiden suunnittelun tarkastusta. Erityisen tärkeässä roolissa visuaalinen tarkastus on puhuttaessa sähkölaitteista. Kun tarkastukset tekee koulutettu, työhön motivoitunut henkilö, voidaan tuotteesta muodollisella silmämääräisellä tarkastuksella löytää sen toiminnan tai käyttöturvallisuuden kannalta merkittäviä vaaroja. Tehoelektronikan laitteessa tällainen vaara voisi olla esimerkiksi löysä virtaliitos. Visuaalisessa tarkastuksessa löytyneitä vikoja voidaan kutsua myös "näkyttömiksi" sähkövioiksi, löysä virtaliitos ei välttämättä anna itsestään merkkejä koestuksessa, mutta täydessä käytössä asian laita onkin täysin toinen.

Visuaalinen tarkastus on yksi vanhimpia, helpoimpia ja luotettavimpia tarkastuksen metodeja. Se on yksi rikkomattoman aineenkoetuksen optisista metodeista, jossa koulutettu tarkastaja etsii tuotteesta virheitä silmämääräisesti tai kokeilemalla toiminnallisuuksia. Visuaalisessa tarkastuksessa ei tarvita työkaluja, joten se on myös yksi kustannustehokkaimmista laadunvarmistuksen työkaluista. [3.;4.]

Tuotantoympäristössä säännölliset visuaaliset tarkastukset varmistavat tuotesuunniteluvaatimusten täyttymisen ja lisäävät asiakastytyvyyttä. Visuaalisen tarkastuksen yhteydessä käytetään apuna visuaalisen tarkastuksen listaa. Tarkastuslista on projektien ja tehtävien organisointiin käytettävä työkalu, joiden avulla voidaan myös varmistaa tärkeimmät tehtävät tehdyiksi. Tarkastuslistat toimivat turvallisuusohjelmien perustana, ja auttavat yrityksiä keräämään tarvittavat tiedot mm. mahdollisten vaarojen, laitteiden toimintahäiriöiden, henkilöstön virheellisen koulutuksen tai vaarallisten työolojen havaitsemiseksi.

Tehokas visuaalisen tarkastuksen lista on helppokäyttöinen, selkeä ja kattava. Listaa rakentaessa tulee analysoida, mikä voi mennä vikaan, keskustella riskeistä ja huolenaiheista liittyen uniikkeihin projekteihin ja luokitella potentiaaliset ongelmat. Listaa ei kannata lähteä luomaan tyhjästä. Netistä löytyy paljon erilaisia esimerkkilistoja, joita on helppo muokata omiin käyttötarpeisiin sopivaksi. Valmiita listoja tutkiessa voi löytää myös sellaisia kohtia, joita et itse ole tullut edes ajatelleeksi. [5.]

## **2 Käytettävät menetelmät**

### **2.1 Lean**

Lean on liiketoiminnan kehittämisen työkalu, jonka pureutuu turhan työn eli hukan poistamiseen, vakioituihin toimintamalleihin ja jatkuvaan parantamiseen. Leanin avulla pyritään tuottamaan asiakkaalle laadukas tuote mahdollisimman pienillä kustannuksilla ja lyhyellä läpimenoajalla. Toisin sanoen, tehdään laadukkaasti oikeita asioita oikeaan aikaan.

Lean pohjautuu Sakichi Toyodan innovaatioon, jossa kutomakone ei vikaantuessaan jatkanut toimintaansa, vaan pysähtyi. Tämä johti siihen, että tuotannosta ei valmistunut virheellisiä tuotteita, sekä säästettiin tämän myötä raaka-aineita ja resursseja. Myöhemmin Toyodan poika Kiichiro siirsi isänsä innovaatioita autotuotantoon, jota edelleen kehitti eteenpäin Taiichi Ohno. Ohnon työn tuloksena Toyotalle kehitettiin JIT-toimintamalli (Just In Time), joka yhdistettynä muihin tuotantoa tehostaviin johtamisinnovaatioihin johti Toyotan tuotantotavan, Toyota Production System (TPS) syntyyn. Tästä edelleen on muokkautunut nykyään leanina tunnettu ajattelutapa. [6.]

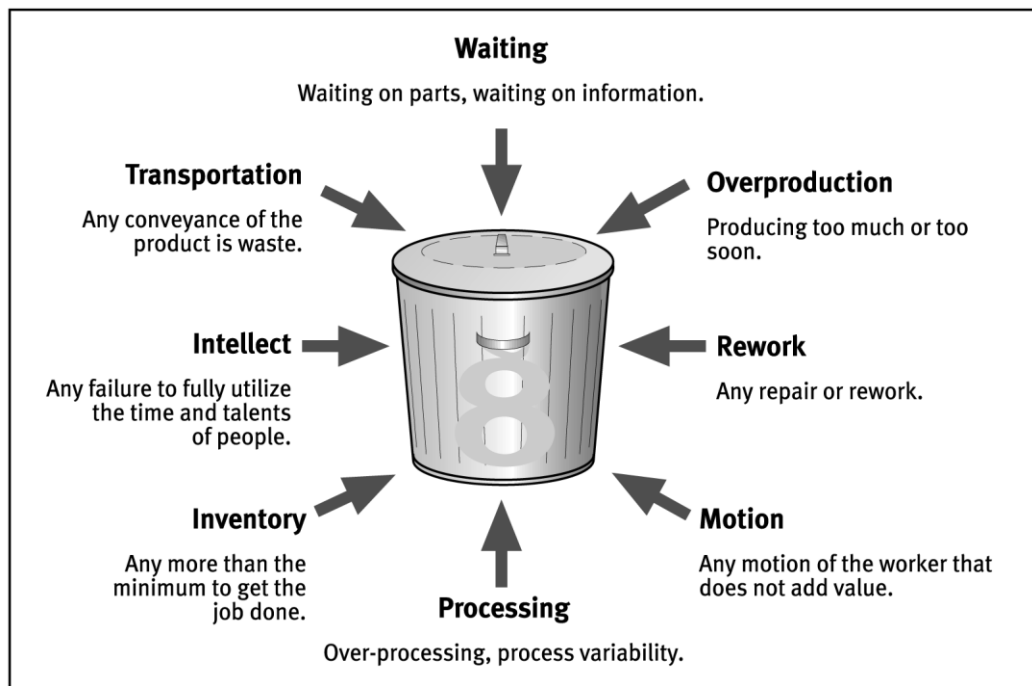
Leanin viisi periaatetta on esitetty kuvassa 3, joista ensimmäisenä on arvon määrittäminen (1. define value). Arvolla tarkoitetaan sellaisia toimintoja, joista asiakas on halukas maksamaan. Näitä toimintoja määrittävät vahvasti asiakkaan todelliset ja piilevät tarpeet. Erityisen tärkeää yrityksille on kiinnittää huomiota asiakkaiden piileviin tarpeisiin, etenkin uusien tuotteiden ja teknologian parissa, koska asiakas ei aina tiedä tai osaa sanoa, mitä he haluavat valmiilta tuotteelta. Asiakkaan tarpeiden selvittämiseen voidaan käyttää esimerkiksi erilaisia kyselyjä, haastatteluja sekä analytiikkaa. [7.]



Kuva 3. Leanin viisi periaatetta [7].

Kun asiakkaan näkökulmasta prosessille tärkeät arvot on määritetty, ne asetetaan tavoitteeksi, ja määritetään kaikki näihin arvoihin vaikuttavat toiminnot arvovirtakuvauksen avulla (2. map value stream). Arvovirtakuvauksessa määritetyt toiminnot voidaan jakaa arvoa tuottaviin ja arvoa tuottamattomiin toimintoihin. Arvoa tuottamattomia toimintoja kutsutaan hukaksi, ja ne voidaan jakaa prosessin kannalta välttämättömiin toimintoihin, sekä täysin arvoa tuottamattomiin toimintoihin. Tarpeettomat arvoa tuottamattomat toiminnot pyritään poistamaan prosessista kokonaan, ja välttämättömiä vähentämään niin paljon kuin sujuvan virtaustehokkuuden takaamiseksi on mahdollista. Tarpeettomia toimintoja poistamalla varmistetaan, että asiakas saa juuri sitä mitä haluaa, ja samanaikaisesti tuotteen tai palvelun valmistukseen käytettävät kulut pienenevät. [7.]

Leanin avainajatuksena on hukkan poistaminen. Hukan kahdeksan eri muotoa voidaan kuvata englanninkielisellä nimityksellä WORMPIIT (kuva 4), joka tarkoittaa odottamista, ylituotantoa, uudelleen käsittelyä, liikkumista, käsittelyä, inventointia, älyä ja kuljetusta. Kahdeksanneksi hukaksi on ajansaatossa muovautunut kehityspotentiaalin hukkaaminen.



Kuva 4. WORMPIIT [8].

Hukkien eliminoimisen on tärkeää varmistaa, että jäljelle jääneet toiminnot toimivat sujuvasti (3. create flow). Arvoa tuottavien toimintojen jouhevuuden varmistamiseksi voidaan eritellä tuotantovaiheita, järjestellä niitä uudelleen, tasoittaa työmääriä sekä kouluttamalla työntekijöitä monitaitoisiksi ja mukautuviksi muutoksiin. [7.]

Tuotannon toimitusketjut voivat olla veto- tai työntöpohjaisia. Työntöpohjainen toimitusketju perustuu kysynnän ennusteeseen ja vetopohjaisen toimitusketjun tuotanto ja jakelu perustuvat kysynnälle. Leanissa tavoitellaan vetopohjaista toimitusketjua (4. establish pull), jonka tavoitteena on pitää varastot ja prosessoitavien kohteiden määrä mahdollisimman pieninä niin, että tarvittavat materiaalit ja tiedot ovat saatavilla sujuvan työn takaamiseksi. Vetopohjainen järjestelmä määritetään aina asiakkaan tarpeen mukaan, ja se mahdollistaa JIT-prosessin mukaisen toiminnan, jossa tuote tai palvelu valmistetaan siinä ajassa ja sellaisissa määrissä kuin on tarve. Tarkastelemalla arvovirtaa asiakkaan tarpeista taaksepäin läpi valmistusprosessin voidaan varmistaa, että valmistetut tuotteet tai palvelut täyttävät asiakkaiden tarpeet. [7.]

Leanin periaatteista viides, kaikista tärkein periaate on täydellisyyden tavoittelemineen (5. pursuit perfection). Se kiteyttää lean-ajattelun ja jatkuvan prosessien parantamisen osaksi organisaatioiden kulttuuria. Leanissa on kyse kaikkien panoksesta yhteisen hyvän ja asiakkaan tarpeiden täyttämisen vuoksi, ja lean-ajattelutapa ajaa työntekijät ja koko organisaation pyrkimään kehittymään päivä päivältä paremmaksi. [7.]

## 2.2 Kaizen

Kaizen on yksi leanin prosessinkehitystyökaluista, jolla voidaan poistaa prosesseista edellisessä luvussa lueteltuja hukkia. Kaizen tarkoittaa jatkuvaa parantamista pienin ja nopein askelin.

Kaizeniin liittyy tehokkaita työpajoja, jotka perustuvat ihmisten osallistamiseen, oppimiseen ja systemaattiseen prosessiin. Työpajojen tehokkuus perustuu muun muassa nopeaan siirtymiseen analysoinnista ja suunnittelusta käytännön toteutukseen. Pienikin parannus on positiivista eikä työpajassa tarvitse löytää täydellistä ratkaisua ongelmaan, niissä käytetään hyväksi työpajaan osallistuvien henkilöiden tietoa ja kokemuksia sekä pureudutaan ongelman juurisyihin. Työpajoissa toimitaan tiimeissä ja pureudutaan

yhdessä ennalta määritettyyn kehittämisen kohteeseen. Yleensä työpajat kestävät kahdesta viiteen päivään, joiden aikana perehdytään kehitettävään kohteeseen yksityiskohdaisesti ja aloitetaan prosessiin liittyvät käytännön kehittämistoimet. [8.]

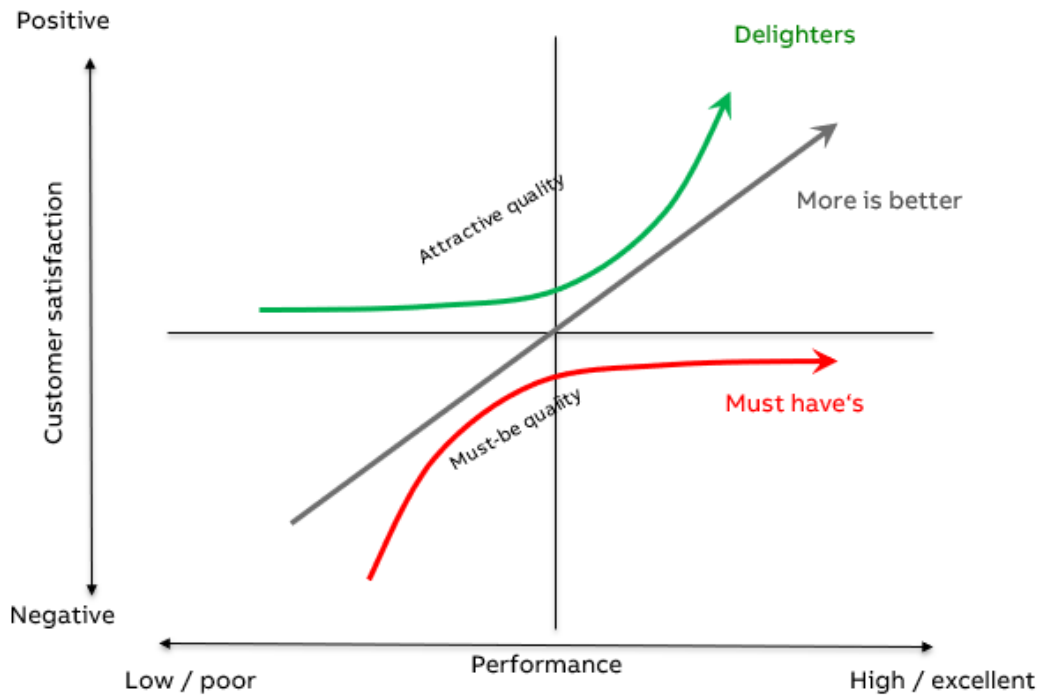
On tärkeää asettaa Kaizenille tavoite ja viestittää se myös osallistujille. Kun osallistujat tietävät tavoitteet, on heidän helpompi motivoitua ja sitoutua tulokselliseen toimintaan. Onkin ensiarvoisen tärkeää, että kaikki Kaizeniin osallistuvat ovat sitoutuneita asetettujen tavoitteiden saavuttamiseen ja näkevät oman roolinsa tavoitteen saavuttamisessa. [8.]

Kaizenin aihe, tai teema, valitaan hyvissä ajoin ennen työpajaa. Teemaa voidaan lähteä hakemaan useammista eri näkökulmista, esimerkiksi arvovirran kehittämistä yksi hukan laji kerrallaan. Useimmissa tapauksissa teema kuitenkin valikoituu silmällä pitäen organisaation toiminnan ja taloudellisesti tulkiten merkittäviä alueita. Kaizenin toteuttamisesta vastaa fasilitaattori, joka kerää tarvittavat taustatiedot, jotta itse työpajassa voidaan pureutua suoraan ongelmakohtien analysointiin. [8.]

Kaizen pohjautuu systemaattiseen 14 kohdan toimintamalliin. Kaizenia organisoii fasilitaattori, joka valmistelee työpajan ja kutsuu käsiteltävään ongelmaan liittyvät avainasemassa olevat henkilöt koolle. Työpaja alkaa aiheen esittelyllä, jonka jälkeen tehdään KANO-analyysi (kuva 5). Se on laadunmittauksen työkalu, jota käytetään määrittämään prosessille lisäarvoa tuovat toiminnot asiakkaan näkökulmasta. Analyysiä käytetään määrittämään, kuinka hyvin tai huonosti suoriudumme tällä hetkellä aiemmassa vaiheessa määritettyjen lisäarvojen toteutuksessa (performance), ja kuinka toiminta vaikuttaa asiakastytyväisyyteen (customer satisfaction). Toisin sanoen mietitään, mitä meidän pitää tehdä toisin, jotta voimme toimia paremmin. Etenkin monialaisilla yrityksillä KANO-analyysiä voidaan käyttää apuna määrittämään asiakkaille yhteiset tärkeimmät vaatimukset. Analyysi perustuu kolmeen asiakkaan tarvetta tai kokemusta kuvaavaan toimintoon:

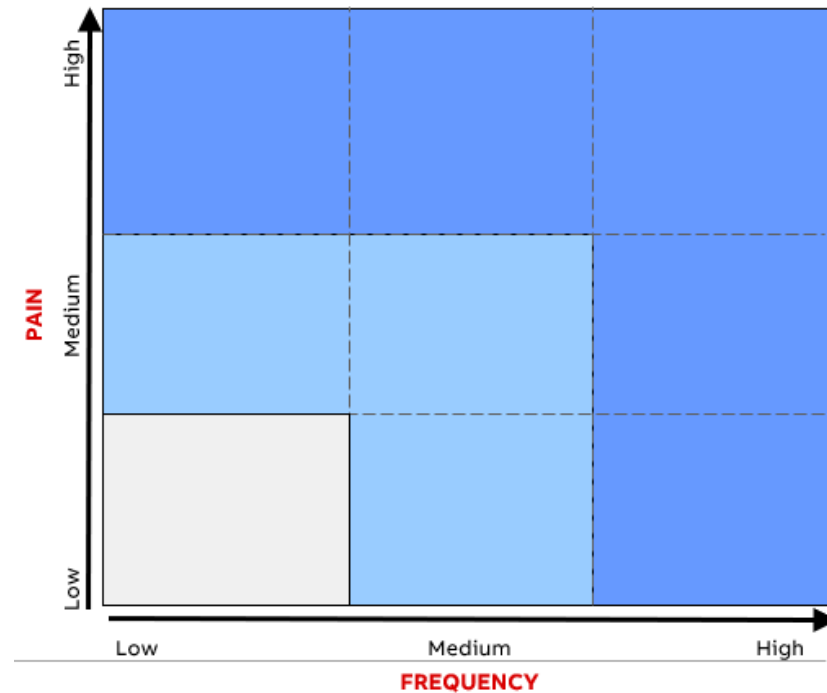
1. Delighters – tekevät tuotteesta muiden toimijoiden vastaavista erottuvan
2. More is better – tehdään paremmin kuin muut
3. Must be – toimintoja, joita ilman tuotetta ei ole.





Kuva 5. KANO-analyysissä käytettävä xy-akselisto.

KANO-analyysin jälkeen tehdään SIPOC-kaaviota apuna käyttäen nykytila-analyysi. SIPOC on lyhenne englannin kielen sanoista supplier (toimittaja), input (syöte), process (prosessi), output (tuotos) ja customer (asiakas). Nykytila-analyysissä kuvataan kehitettävä prosessi tai toiminto mahdollisimman tarkasti sekä tunnistetaan prosessista kehitettävä ongelmakohta. Nykytila-analyysin pohjalta lähdetään miettimään kokemusten ja tiedon pohjalta prosessissa olevia mahdollisia vähennettäviä hukkia sekä näiden juurisyitä, jotka asetetaan hukka-analyysissä käytettävälle matriisille (kuva 6). Sen avulla voidaan mitata, kuinka usein asiakas kokee jonkin hukan (frequency) ja kuinka vahvana se on koettu (pain). Suurimmat ja useimmiten toistuvat ongelmat listataan tärkeimmiksi korjauskohteiksi.



Kuva 6. Hukka-analyysissä käytettävä matriisi.

Matriisin oikeaan yläkulmaan asetetaan nopealla aikataululla ratkaisua vaativat, usein prosessissa esiintyvät ongelmat. Näihin löytyy ratkaisu asiakkaalle arvokkaista ja mahdollisesti yllättävistäkin toiminnoista. Ylävasemmalle asettuvia ongelmia kutsutaan ”ärskykeiksi”. Ärskykeissä ongelma ei ole suuri, mutta se esiintyy prosessissa usein. Ratkaisemiseksi on kehitetty tapoja kiertää tilanne. Alaoikealle asettuvat pienet ongelmat, joita esiintyy prosessissa usein. Tällaisten ongelmien ratkaisut löytyvät niin sanotuista ”nice to have”-toiminnoista, eli mukavista lisätoiminnoista. Etenkin näiden ongelmien kohdalla on pohdittava, mihin toimintoa tarvitaan, mitä lisäarvoa se tuo prosessille sekä hyödyttääkö toiminto oikeasti asiakasta. Alavasemmalle sijoittuvat ongelmat eivät asiakkaan näkökulmasta prosessille tarpeellisia, jolloin ne asettuvat prioriteeteissa alimmiksi.

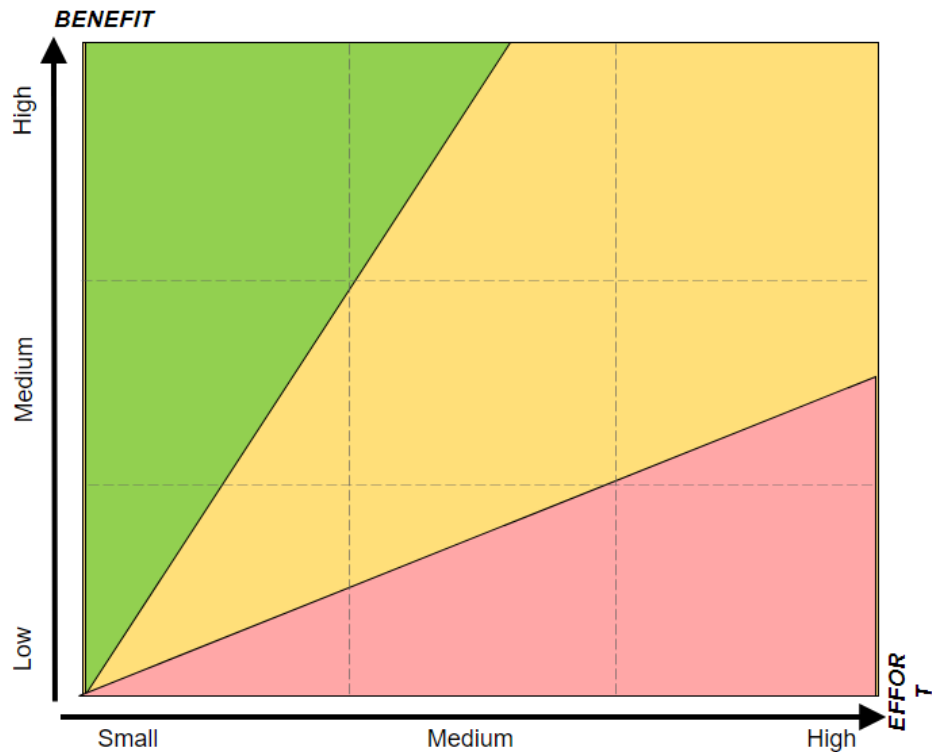
Seuraavaksi aiemmassa vaiheessa tunnistetuille, korkeimmalle priorisoiduille ongelmille tehdään juurisyyanalyysi käyttäen Five Whys -menetelmää. Menetelmä perustuu kysymykseen miksi. Kysymyskierto lähtee liikkeelle määritetystä ongelmasta, jonka alle kirjataan, miksi tämä ongelma esiintyy prosessissa. Tämän jälkeen kysytään samaan tapaan neljä kertaa, miksi jokin asia tapahtuu, ja päästä tällä tavoin syvemmälle ongelman

juurille. Viides miksi on samalla ongelman juurisyy. Esimerkiksi voidaan ottaa kuvitteellinen tilanne, jossa henkilö on ajanut päin punaisia valoja.

1. Miksi henkilö ajoi päin punaisia valoja? Hän oli myöhässä töistä.
2. Miksi hän oli myöhässä töistä? Heräsi myöhään.
3. Miksi heräsi myöhään? Herätyskello oli rikki.
4. Miksi kello oli rikki? Ei tarkastanut toimintaa.
5. Miksi ei tarkastanut toimintaa? Unohti tehdä tarkastuksen edellisellä iltana.

Five Whys -menetelmä on hyvin yksinkertainen ja tehokas väline juurisyyden selvittämiseen, joiden avulla prosessia voidaan alkaa kehittää paremmaksi.

Kahdeksas vaihe Kaizenissa on rakentaa SIPOC-kaaviota hyväksi käyttäen malli tulevasta prosessista. Kuvauksen ei tarvitse olla täydellinen, mutta siitä on löydettävä kohta tai kohdat, joissa on tapahtunut jokin merkittävä muutos. Kuvataan hyödyt, jotka uuden prosessin myötä saavutetaan, ja hyväksytään merkittävät muutokset. Määritetään prosessin parantamiseksi tehtäville toimenpiteille vastuuhenkilöt ja aikataulutetaan toimenpiteet viikon, kuukauden ja puolen vuoden ajanjaksoille. Optimaalisen prosessin toteutustapoja arvioidaan hyötysuhdeanalyysillä (kuva 7), jonka avulla työryhmä voi arvioida implementoitavien toimenpiteiden toteutuksen vaadittavaa panosta (effort) samanaikaisesti niiden vaikutuksia (benefit) arvioiden.



Kuva 7. Hyötysuhdeanalyysissä käytettävä matriisi.

Lopuksi tehdään vielä implementointisuunnitelmat, sekä informoidaan tilaisuutta sponsoroinutta tahoja tuloksista, ja hyväksytään seuraavaksi tehtävät toimenpiteet.

### 3 Prosessin nykytila

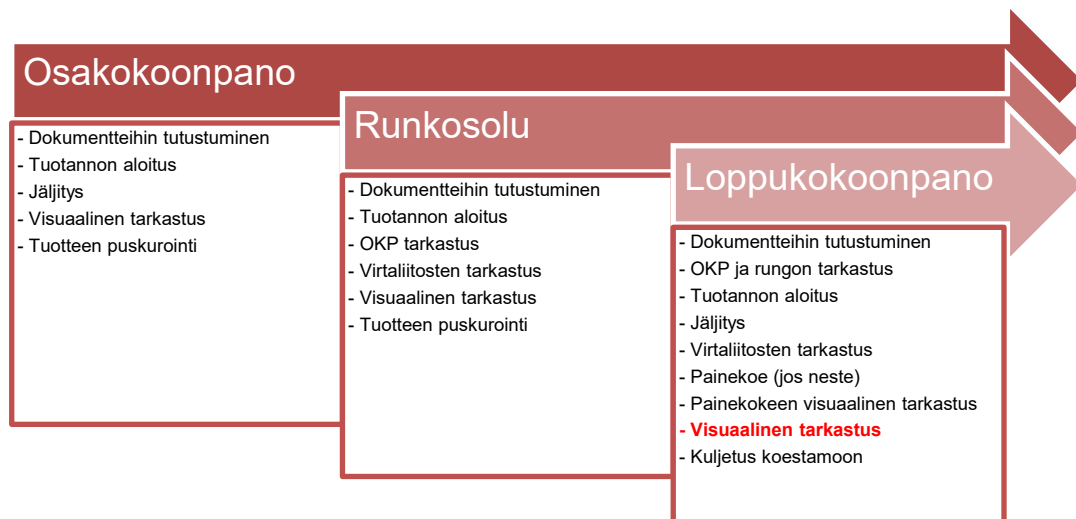
#### 3.1 Prosessin yleiskuvaus

Visuaalisen tarkastuksen prosessi pohjautuu tällä hetkellä valmistettavien kuljetuspituuksien mukana tuotannon läpi kiertävään visuaaliseen tarkastuslistaan. Kuvassa 8 on karkeasti kuvattu visuaalisen tarkastuksen prosessin vaiheet ja tehtävät, jotka on kerätty prosessin nykytilan kuvantamisessa käytetyn liitteen 1 SIPOC-kaavion pohjalta.

Tuotantoprosessi on jaettu kolmeen päävaiheeseen: osakokoonpanoon, runkosoluun ja loppukokoonpanoon. Osakokoonpano jakautuu runkosoluun ja loppukokoonpanoon meneviin osakokoonpanoihin. Runkosoluun menevät osakokoonpanot käsittävät vaiheet 10

ja 11. Vaiheissa valmistetaan lisäohjausyksikön asennuslevyt, vaihtosuuntaajyksiköiden mekaniikkaosia, kuten pikaliittimiä ja ferriittipaketteja sekä asennetaan katkaisijoihin apukoskettimet. Asennuslevyt johdotetaan osakokoonpanossa sisäisten johdotusten osalta. Loppukokoonpanoon meneviin osakokoonpanoihin vaiheessa 21 valmistetaan vaihtosuuntaajyksikön ohjauskentän asennuslevyt, puhaltimet ja mahdolliset lämmittimet ja valaisimet. Runkosolu on tuotannossa vaihe 15. Vaihe käsittää kuljetuspituuden rungon kasaamisen, PE-, AC- ja DC-kiskojen asennuksen, sekä osakokoonpanossa valmistettujen suurimpien asennuslevyjen ja mekaniikkaosien asennuksen paikoilleen. Loppukokoonpano on jaettu yhteensä neljään osaan vaiheisiin 24, 29, 39 ja 40. Vaiheessa 24 asennetaan loput sähköiset osakokoonpanossa tehdyt kokoonpanot ja johdotetaan kenttien väliset johdotukset sekä asennetaan vaihtosuuntaajakenttiin moduulit. Vaiheessa 29 asennetaan kuljetuspituuteen ovet, vaiheessa 39 tehdään verhoilu, eli asennetaan sivuseinät ja katot. Lopuksi vaiheessa 40 asennetaan takaseinät.

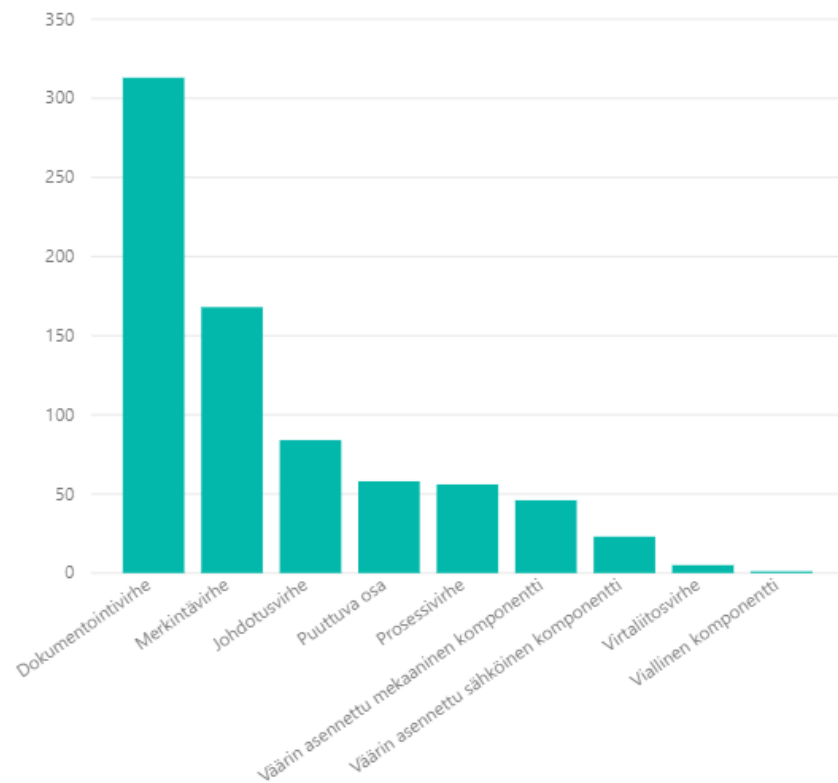
Runkosoluun menevät osakokoonpanot tarkastetaan ensin osakokoonpanossa sekä toistamiseen runkosolussa, kun kokoonpanot kiinnitetään kuljetuspituuteen. Loppukokoonpanoon asentajat tarkastavat runkosolussa tehdyt asennukset ja osakokoonpanosta tulleet kokoonpanot ennen töiden aloittamista. Lisäksi loppukokoonpanolle on oma osionsa, jonka asentajat täyttävät ennen kuin kuljetuspituus siirtyy koestamoon koestettavaksi.



Kuva 8. Visuaalisen tarkastuksen prosessi tällä hetkellä taajuusmuuttajalinjalla.

Visuaalinen tarkastuslista sisältää kohtia, jotka käsittelevät mm. erikoisvaatimusten toteutumista, tuotantodokumenttien ajantasaisuutta, kojeiden ja kojetunnusten oikeanlaisista asennustapaa, sekä virtaliitoksien tarkastamiseen ja niiden oikeanlaiseen merkaustapaan liittyviä asioita. On ensiarvoisen tärkeää, että tarvittavat komponentit on asennettu oikeaan aikaan. Esimerkiksi katkaisijoiden apukoskettimien puuttumisen huomaaminen koestamossa aiheuttaa laajoja purkutoimenpiteitä. Apukoskettimien puuttuminen tai mahdolliset toimintahäiriöt pyritään paikantamaan tarkastamalla apukoskettimien toiminta runkosolussa. Tarkastusta varten on tehty oma työpiste, johon katkaisijan saa tukevasti kiinni. Apukoskettimien toiminta tarkastetaan yleismittarilla. Tarkastamatta jääneet kokoonpanot tai runko voivat olennaisesti vaikuttaa tuotteen läpimenoaikaan mitä pidemmälle kuljetuspituus tuotannossa ehtii. Asennusvirheet ovat tehokkaasti esitettävissä visuaalisen tarkastuksen avulla. Tällä hetkellä tarkastuslistan käyttöä kuitenkin laiminlyödään, ja aika-ajoin tuotannossa esiintyy vältettävissä olevia laatupoikkeamia.

Taajuusmuuttajalinjalla tuotannon aikana havaitut viat raportoidaan SAP:iin ZTESTREP-vikaraportointityökalulla. Työkalussa on oma raportointiväylä myös visuaalisessa tarkastuksessa havaituille poikkeamille. Visuaalisen tarkastuksen yhteydessä havaittuja poikkeamia aikavälillä 1.1.2019–30.6.2020 (kuva 9) selkeästi eniten on raportoitu dokumentointivirheitä, jotka jakautuvat osaluettelo-, piirikaavio- ja kokoonpanokuvavirheiksi. Tämän jälkeen eniten on havaittu merkintävirheitä, jotka liittyvät puuttuviin kilpiin, kojetunnuksiin ja tarroihin.



Kuva 9. Ilmoitetut laatupoikkeamat taajuusmuuttajalinjan tuotannossa 1/19–6/20.

Vakavampia, laitteiden käyttöturvallisuuteen liittyviä laatupoikkeamia, kuten väärin asennettuja komponentteja ja virtaliitosvirheitä on myös raportoitu jonkin verran. Etenkin turvallisuuteen liittyvien laatupoikkeamien huomaaminen ajoissa on tärkeää.

### 3.2 Osakokoonpano

Tuotanto- ja samalla visuaalisen tarkastuksen prosessi aloitetaan osakokoonpanossa dokumentteihin tutustumalla. Seuraavaksi tehtävä työ katsotaan työnosta ja käydään hakemassa tuotantodokumentit niille varatusta hyllystä. Tuotantodokumenteista löytyvät tapauskohtaiset työohjeet, joista selviävät osakokoonpanoja tehtäessä huomioitavat mahdolliset erikoisvaatimukset, käytettävät johdintyypit, johtimien merkintäluokat, UL/CSA/IEC-vaatimukset, asiakaserikoisuudet, laitetta syöttävän verkon tiedot sekä tiedot hätäseispiirin tyypistä. Visuaalisen tarkastuslistan täyttäessään asentaja vahvistaa lukeneensa ja ymmärtäneensä työohjeet.

Osakokoonpanot on jaettu kolmeen vaiheeseen, joista ensin tehdään vaiheiden 10 ja 11 osakokoonpanot, jotka sisältävät runkosoluun meneviä sähköisiä ja mekaanisia kokoonpanoja, kuten vaihtosuuntaajyksiköissä käytettäviä pikaliittimiä ja lisäohjausyksikön asennuslevyjä. Kun runkoon menevät osakokoonpanot on saatu valmiiksi, siirrytään loppukokoonpanoon meneviin osakokoonpanoihin (vaihe 21), joihin kuuluvat katkaisijakenttien latauspiirit, puhaltimet sekä mahdolliset lämmittimet ja valaisimet.

Kokoonpanojen edetessä asentajat täyttävät visuaalista tarkastuslistaa, tarkastaen oman työnsä. Koska kuljetuspituutta tekee useampi asentaja, jokainen asentaja liimaa oman henkilönumeronsa sille varattuun kohtaan, ja tarkastuslistaan merkitään kaupanumero sekä positio. Kun kaikki runkosoluun tai loppukokoonpanoon menevät kokoonpanot on visuaalisesti tarkastettu ja listan asiat käyty huolellisesti läpi, laitetaan tarkastuslista kokoonpanojen mukana eteenpäin. Osakokoonpanossa visuaalisen tarkastuksen listassa käydään läpi seuraavat asiat:

- Tuotantodokumentit ovat viimeisintä versiota.
- Erikoisvaatimukset on huomioitu.
- Johtimien merkintäluokka on huomioitu.
- UL/CSA/IEC-vaatimukset on huomioitu.
- Asiakaserikoisuudet huomioitu.
- Kojeet on asennettu asennus-, sovellus- ja valokuvien mukaisesti.
- Virtaliitokset on tarkastettu.
- Sovelluksien ilmavälit toteutuvat.
- Vaihetunnukset ovat paikoillaan.
- Latausvastukset on mitattu ja johdotus tarkastettu.
- Sulakkeet ovat oikeat ja oikein asennettu.
- Kojetunnukset ovat paikoillaan.
- Jännitetasot on eroteltu Marine-riviliittimissä (24V, 230V, 690V).
- Välilevyt ja päätypuristimet ovat paikallaan.
- Riviliittimien oikosulkuyhdyssillat on tarkastettu, eristys kunnossa.
- Jäljitettävät on komponentit jäljitetty.
- Tekijänumerot on asetettu osakokoonpanoihin.



- Kaikki säikeet ovat liittimissä.
- Eriste ei ole liitoksen välissä.
- Johtimille on tehty nykäisytesti.
- Osakokoonpanot on visuaalisesti tarkastettu.
- Puutelistasta on täytetty tarpeen mukaan.
- Piirikaaviot on palautettu dokumenttikansioon.
- Ylimääräiset osat on tarkastettu ja raportoitu.
- Havaitut virheet on kirjattu ZTESTREPiin.
- Oikeat liittimet.

Kokoonpanoissa on komponentteja, jotka tulee jäljittää SAP-toiminnanohjausjärjestelmään. Jäljitettäviä komponentteja ovat mm. kontaktorit, virtalähteet ja muutamat kytkintyypit, jotka selviävät jäljitettävien komponenttien listasta. Usein osakokoonpanossa asennettavat komponentit on jäljitettävä mahdollisimman aikaisessa vaiheessa, sillä asennuslevyjen ollessa kiinnitettynä kaapeissa jäljitys voi jälkikäteen olla hyvin hankalaa. Kaikki jäljitettävät komponentit on kuitenkin jäljitettävä ennen tuotteen toimitusta asiakkaalle.

### 3.3 Runkosolu

Runkosolussa (vaihe 15) asentajat aloittavat työnsä tutustumalla dokumentteihin ja työohjeisiin. Työohjeessa runkosolun tulee kiinnittää huomiota DC-kiskojen määrään ja materiaaliin, IP- ja EMC-luokkiin, moottori- ja signaalikaapelointiin sekä kaapeliläpivientteihin, Marine-vaatimuksiin, mahdolliseen sokkelin kiinnitykseen, erikoismekaniikkaan ja muihin mahdollisiin erikoisuuksiin. Dokumentteihin tutustumisen jälkeen aloitetaan rungon kehikon kasaus. Kun rungon kehikko on valmis, se nostetaan nosturilla kuljetusalustojen päälle. Runko kiinnitetään kahdella runkokiinnikkeellä kuljetusalustaan. Runkokiinnikkeillä estetään rungon kaatuminen alustalta.

Pääsääntöisesti runko kasataan alhaalta ylös ja takaa eteen. Kun pohjalevyt, välitolpat, sivuseinät, PE-kiskot sekä DC- ja AC-kiskojen kannakkeet on kiinnitetty, voidaan tapauskohtaisesti asentaa myös kiskot paikalleen. Osakokoonpanot haetaan niille varatulta vastaanottoalueelta. Kokoonpanoista tarkastetaan ennen asennusta visuaalisen

tarkastuslistan mukaisesti mekaanisten kokoonpanojen virtaliitokset, kytkimien apukokettimien toiminta ja kojeiden dokumenttien mukainen asennus

Yksi tärkeimmistä tarkastettavista kohteista ovat rungon rakennuksen yhteydessä tehdyt virtaliitokset. Sääntönä tarkastukseen on, että asentaja, joka itse on kiristänyt liitoksen ei saa tarkastaa sitä, vaan tarkastajana toimii työpari tai esimerkiksi viereisellä työpisteellä työskentelevä asentaja. Näin vähennetään inhimillisten virheiden syntymistä, ja mahdolliset löysät virtaliitokset huomataan ajoissa. Kiristetty virtaliitos merkataan valkoisella, ja tarkastuksen jälkeen tarkastaja merkkää liitoksen mustalla tussilla. Virtaliitosten tarkastuksen jälkeen täytetään ja allekirjoitetaan kuljetuspituuden mukana kulkeva virtaliitospöytäkirja, johon merkataan myös asennetut osakokoonpanot sekä niiden tekijöiden henkilönumerot. Lopuksi rungot imuroidaan, jotta lattialle ei jää esimerkiksi metallipölyä tai -lastuja.

Virtaliitosten tarkastamisen jälkeen kuljetuspituus on useimmiten valmis perusteellista visuaalista tarkastusta varten. Rungossa visuaaliseen tarkastukseen osakokoonpanojen lisäksi kuuluu tarkastaa, että

- Tuotantodokumentit ovat viimeisintä versiota.
- Kuljetusalustat ovat ehjät ja oikein kiinnitetyt.
- Erikoisvaatimukset on huomioitu.
- UL/CSA/IEC-vaatimukset on huomioitu.
- Asiakaserikoisuudet on huomioitu.
- Sovelluksien ilmavälit toteutuvat.
- Tiivistys on työohjeen mukainen.
- Kaapeliläpiviennit ovat oikeat.
- Virtakiskot ovat oikeat ja eristeet ehjät.
- Virtaliitokset on merkitty ja tarkastettu, pöytäkirja täytetty ja allekirjoitettu.
- Sulakkeet ovat oikeat.
- Kiskotunnukset on ohjeen mukaan asennettu.
- Kierreniitit/reiät on asennettu liitoskenttiin.
- Puutelista on täytetty tarpeen mukaan.
- Ylimääräiset osat on tarkastettu ja raportoitu.

- Havaitut virheet on kirjattu SAP:iin.

Kun rungon visuaalinen tarkastus on tehty ja virtaliitospöytäkirja täytetty runko on valmis loppukokoonpanoa varten.

### 3.4 Loppukokoonpano

Kuten osakokoonpano ja runkosolu, myös loppukokoonpano aloittaa työn tutustumalla dokumentteihin ja ohjeisiin. Tämän jälkeen tarkastetaan, mihin vaiheeseen runkosolu on saanut rungon kasattua. Runkosoluun tilatuista materiaaleista osa voi jäädä puuttumaan, mikä vuorostaan voi vaikuttaa loppukokoonpanon työjärjestykseen. Mikäli kaikki on rungon osalta kunnossa, voidaan tuotanto aloittaa. Loppukokoonpano käsittää vaiheet 24 (sähköiset osat), 29 (ovet), 39 (verhoilu) ja 40 (takaseinät).

Loppukokoonpanossa johdotetaan loppuun vaihtosuuntaajayksikön ohjauskentät ja syöttöyksikön lisäohjauskenttä. Katkaisijakentän päävirtapiiri kytketään kiskostoon ja kojeisiin, sekä johdotetaan ja reititetään ohjauskaapelointi, ilmatkaisijoiden asennukset. Lopuksi asennetaan kourujen kannet paikalleen. Moduulikenttiin asennetaan DC-sulakkeet, johdotetaan latauspiiri ja puhaltimet sekä asennetaan moduulit paikalleen. ISU-kenttään myös LCL-filtterin asennus ja kiskotus. Loppuasennukseen kuuluvat yläkourujen ja jakoriviliittimien asennus jänniteketjuja varten sekä mahdolliset lämmittimet. Johdotustyön jälkeen runko tiivistetään työohjeen mukaisesti huomioiden IP- ja EMC-luokat, asennetaan katot, taka- ja päätyseinät, nostopalkit, ovet ja ovikojeet, sekä verkot ja suojat. Lopuksi kuljetuspituudet imuroidaan ja tarkastetaan visuaalista tarkastuslistaa käyttäen. Loppukokoonpanossa visuaaliseen tarkastuslistaan kuuluvat seuraavat kohdat:

- Tuotantodokumentit ovat uusinta versiota.
- Kojeet on asennettu asennus-, sovellus- ja valokuvien mukaisesti.
- UL/CSA/IEC-vaatimukset on huomioitu.
- Erikoisvaatimukset on huomioitu.
- Muuntajien jännitetasot ovat oikein kaikissa muuntajissa.
- Riviliittimien oikosulkuyhdyssillat on tarkastettu, eristys kunnossa.

- Riviliittimien välilevyt ja päätypuristimet ovat paikallaan.
- Jännitetasot on eroteltu Marine-riviliittimissä (24V, 230V, 690V).
- Kojetunnukset ovat paikallaan.
- Jäljitettävät kojeet on jäljitetty.
- Sulakkeet ovat oikeat ja oikein asennettu.
- Johtimien merkintäluokka on huomioitu.
- Riviliittimet ovat oikeat.
- Kaikki säikeet ovat liittimissä.
- Eriste ei ole liitoksen välissä.
- Sovelluksien ilmavälien toteutuminen.
- Johdoille on tehty nykäisytesti.
- Valokuidut eivät ole teräviä reunoja vasten, taivutussäde on ohjeen mukainen.
- Puhaltimet on kosketussuojattu.
- Seinät ja katot on asennettu.
- Takaseinät ovat kiinni kaikilla ruuveilla.
- Kuljetuspituus on imuroitu.
- Pinnoilla ei ole naarmuja tai kolhuja.
- Ovien ja lukkojen toiminta on tarkastettu ja korjattu.
- Katkaisijat ja kytkimet ovat käytettävissä.
- Suojaverkot ovat kiinni verkkoruuveilla.
- Ovet eivät aukea kahvan ollessa ON-asennossa.
- Maadoituskytkin on maadoitusasennossa.
- Varoitustarrat/kilvet on asennettu ohjeen mukaisesti.
- Kuljetuspituuksien liitososat ovat mukana kaapissa.
- Yläsyöttökaapin kaapeliläpiviennit on tarkastettu.
- Asiakaspultit ovat mukana.
- Puutelista on täytetty tarpeen mukaan.
- Ylimääräiset osat on tarkastettu ja raportoitu.
- Havaitut virheet on kirjattu ZTESTREPiin.
- Virtaliitospöytäkirja on oikein täytettynä päämapissa.
- Moduulipöytäkirjat ovat pääkansiossa.
- Pääkansio on mukana kaapissa.

Tällä hetkellä kuljetuspituuksilla tulee kiire valmistua koestamoa varten, jolloin visuaalinen tarkastus tuotannossa kärsii. Usein koestajat tekevät visuaalisen tarkastuksen ennen koestuksen aloittamista, toisinaan myös silloin, kun tarkastuslomakkeet on täytetty. Tästä aiheutuu koestajille lisätyötä, jälkimmäisessä taas tuplatyötä.

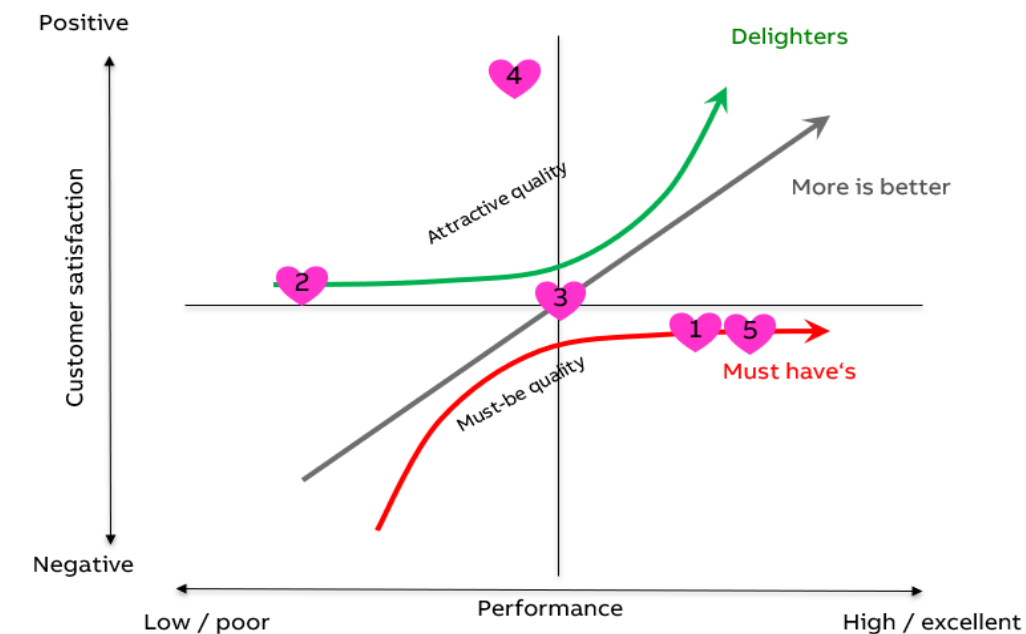
## 4 Kehitysprojekti

### 4.1 Kaizen-työpaja

Ennen projektin aloittamista pidettiin Kaizen-tilaisuus, jossa käsiteltiin visuaalista tarkastusta taajuusmuuttajalinjalla. Tilaisuuteen osallistuivat taajuusmuuttajalinjan laatuinsinööri sekä tämän insinööriyön ohjannut tuotannonkehitysinsinööri. Tilaisuus aloitettiin Kaizenille tyypilliseen tapaan tekemällä KANO-analyysi. Analyysissä määriteltiin viisi arvoa, joita prosessi tuottaa asiakkaalle, visuaalisen tarkastuksen yhteydessä puhuttaessa koestamolle ja loppuasiakkaalle. Arvoiksi määritettiin

1. virheetön tuote
2. koestamon tehokkuus ja toimitusaika
3. kiireettömyys tuotannossa
4. visuaalisuus ja yhtenäisyys tuotteissa
5. tuotedokumenttien ajantasaisuus.

Määritetyt arvoja analysoitiin kuvassa 10 olevan xy-kuvaajan avulla, jolla prosessin tuotokset voidaan asettaa tärkeysjärjestykseen. Kuvaajasta voidaan tulkita, että eniten parannettavaa on koestamon tehokkuuden ja toimitusvarmuuden kanssa. Visuaalisen tarkastuksen prosessin toimivuus vaikuttaa etenkin koestajiin. Tällä hetkellä koestajat eivät luota täysin asentajien toimintaan, mikä johtaa siihen, että koestajat tekevät ylimääräistä työtä visuaalisen tarkastuksen parissa. Tuotteiden visuaalisuus ja yhtenäisyys ovat asiakkaille tärkeitä. Prosessia täytyy kuitenkin kehittää, että tuotteet olisivat yhteneväisiä asentajista riippumatta.



Kuva 10. KANO-analyysissä käytetty akselisto.

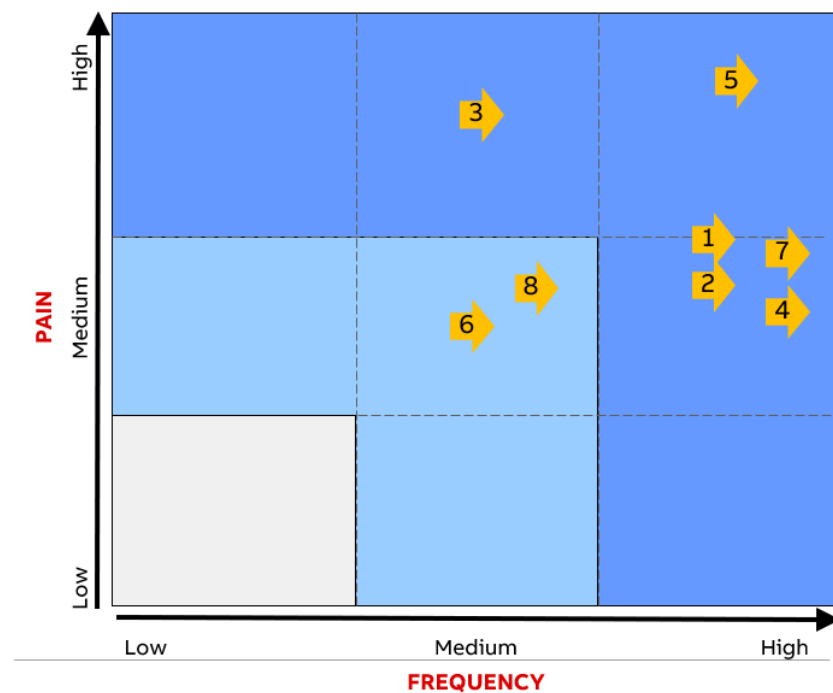
Työpajassa laadittiin arvovirtakuvaus SIPOC-kaavion avulla prosessin nykytilasta (liite 1) ja tunnistettiin prosessin kannalta merkittävimmät sekä eniten aikaa vievät vaiheet. Kaavion täyttö aloitettiin prosessin toimittajajien määrittämisellä: suunnittelijat ja tuotannon suunnittelu. Suunnittelijat tuottavat prosessille tarvittavat tuotantodokumentit ja tuotannon suunnittelu vastaa niiden kokoamisesta kansioihin. Syötteinä toimivat tuotantodokumentit ja visuaalinen tarkastuslista. Prosessin tuotoksena on virheetön tuote, joka toimitetaan prosessin asiakkaille: koestamolle ja loppuasiakkaalle. Prosessia kuvaava kaavio on avattu nykyisen prosessin kuvauksen yhteydessä luvussa 3. Pullonkaulaksi prosessissa määritettiin loppukokoonpanossa tehtävä visuaalinen tarkastus ennen kuljetuspituuden siirtymistä koestamoon.

SIPOC-kaavion luomisen jälkeen prosessista tunnistettiin kahdeksan prosessin toimivuuteen vaikuttavaa hukkaa ja tutkittiin niiden juurisyitä. Kahdeksan prosessista löydettyä hukkaa on nimetty seuraavasti:

1. Käytettävissä olevan ajan vähäisyys.
2. Resursoinnin ongelmallisuus.
3. Ajan puute prosessissa.
4. Prosessivaiheen määrittelemättömyys.

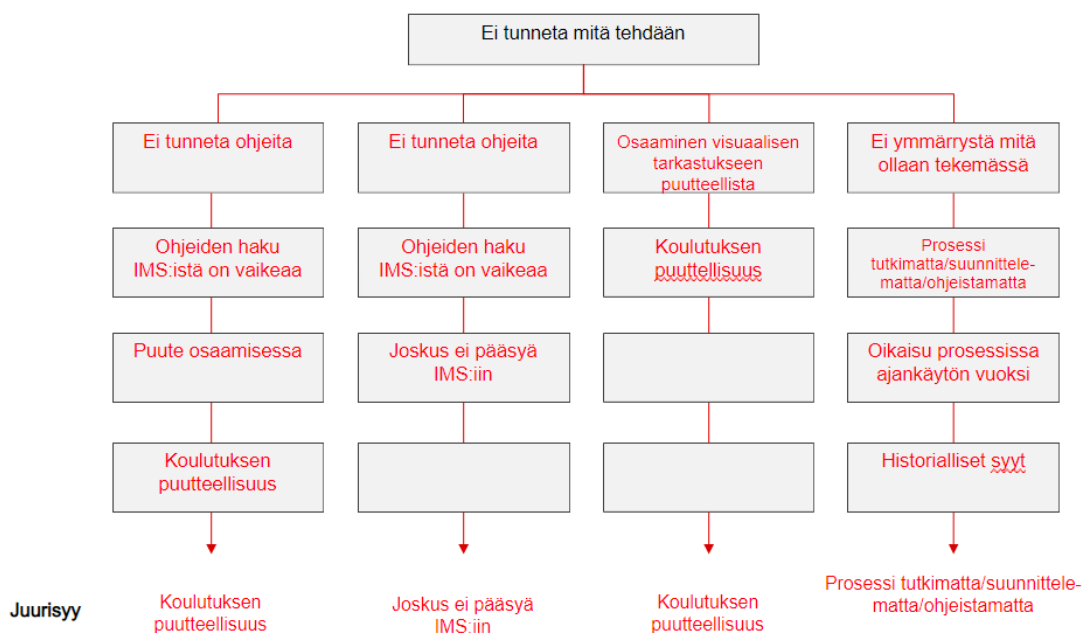
5. Ei tunneta, mitä tehdään.
6. Visuaalisen tarkastuksen tehtävien tuntemattomuus.
7. Puutteet prosessin ylläpitämisessä (päivitykset).
8. Muutosvastarinta.

Tunnistettuja ongelmia pohdittiin hukka-analyysin avulla (kuva 11). X-akselilla mitataan hukan toistuvuutta prosessissa (frequency) ja y-akselilla kuinka suuri vaikutus hukalla on asiakkaan kokemiin kokemuksiin (pain). Matriisista voidaan tulkita kahdeksi suurimmaksi ongelmaksi, että ei tiedetä, mitä tehdään ja aikaa on yksinkertaisesti liian vähän. Toimiva prosessi on erityisesti koestamon ja loppuasiakkaan näkökulmasta erityisen tärkeä. Nykyisellä prosessilla suurin haaste toimivuuden kannalta on kiire, jonka takia loppukoonpanolla ei ole tarpeeksi aikaa tehdä visuaalista tarkastusta, ja koestajat tekevät enemmän työtä visuaalisen tarkastuksen parissa kuin on tarkoitus.



Kuva 11. Kaizenissa tehty hukka-analyysi.

Hukka-analyysin pohjalta suurimmiksi ja useimmin toistuville hukille tehdään juuri-syyanalyysi Five Whys–menetelmän avulla. Ensimmäiseksi hukista otettiin tarkasteluun ”ei tunneta, mitä tehdään” (kuva 12).



Kuva 12. Juurisyyanalyysi hukalle ”ei tiedetä, mitä tehdään”.

Kaaviota lähdetään täyttämään kysymällä ”miksi ei tunneta, mitä tehdään”. Ilmeni, että tuotannossa ei tunneta ohjeita. Tähän johtaa se, että ohjeiden haku IMS:istä on vaikeaa, sillä henkilöstö ei osaa käyttää järjestelmää tai siihen ei aina ole pääsyä. IMS tulee englannin kielen sanoista Integrated Management System, joka on verkkopohjainen toimintajärjestelmän alusta laadunhallinnan perustaksi. Juurisyyksi näille löytyvät koulutuksen puutteesta sekä IMS:iin pääsemisessä. Esiin nousi myös osaamisen puute visuaalisen tarkastuksen tekemiseen, joka johtaa juuret koulutuksen puutteellisuuteen. Viimeimpänä todetaan, että ”ei ymmärrystä mitä ollaan tekemässä”. Tähän johtaa nykyisen prosessin vajavainen suunnittelu ja ohjeistus. Koska varsinaista ohjeistusta ei ole, prosessissa usein oikaistaan ajankäytön vuoksi erinäisten historiallisten syiden vuoksi. Juurisyyinä neljännelle haaralle on prosessin määrittelemättömyys.

Toisena ja kolmantena käsitellyt ongelmat liittyivät ajan puutteeseen. Ensin otettiin käsitelyyn käytettävissä olevan ajan rajallisuus. Ajankäyttöä on käsitelty kahdesta eri näkökulmasta, tuotannon ja koestamon. Tuotannossa ilmaantuu aika-ajoin tuotteen valmistuksen aikana ongelmia esimerkiksi suunnittelun virheiden tai materiaalipuutteiden takia. Taajuusmuuttajalinjan tuotteilla ei ole vakiomalleja, vaan jokainen valmistettava kuljetuspituus on hieman erilainen kuin edellinen tai tulevat projektit. Suunnittelu ei ole täydellistä, ja virheitä korjataan esimerkiksi ZTESTREP:in ja punakynäprosessin kautta.



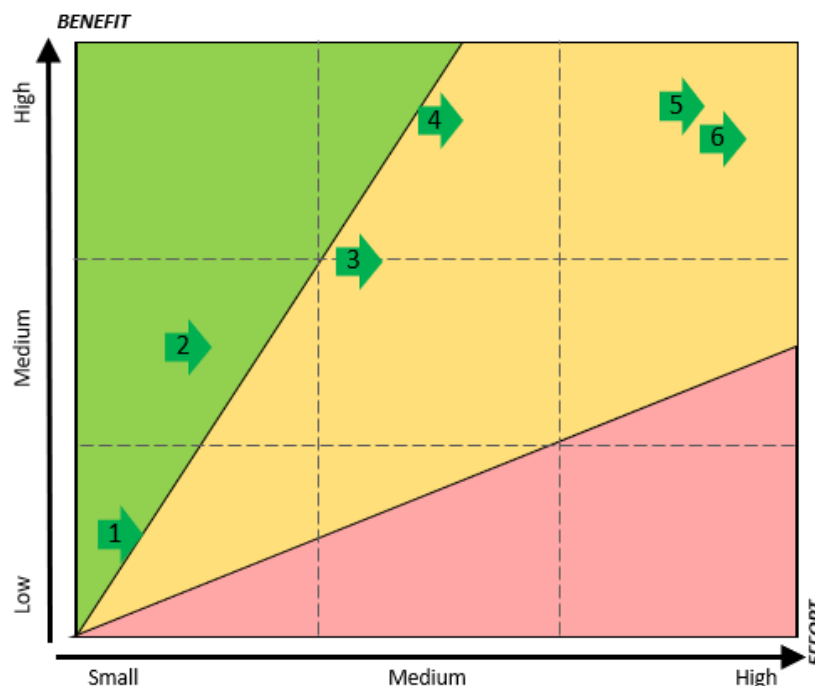
Tuotannon aikana voi tulla asiakasmuutoksia, joita on vaikea ennakoida. Tuotteen alkuperäisessä määrittelyssä voi olla puutteita, tai asiakas ei mahdollisesti ole tiennyt mitä valmiilta tuotteelta haluaa. Ajankäytön suhteen tuotannossa on paljonkin parannettavaa. Ajankäyttöä voidaan tehostaa, ja mahdollinen ”ylimääräinen” aika käyttää hyväksi visuaaliseen tarkastukseen. Koska ajankäyttö toisinaan on tuotannossa melko tehotonta, tulee laitteille kiire koestamoon. Koestajat tarvitsevat tietyn ajan saadakseen kuljetuspituu-  
det testattua ja lähtemään ajallaan eteenpäin asiakkaalle.

Kolmantena käsitelty ongelma oli ajan puutteeseen prosessissa. Tämä johtaa siihen, että koestajat tekevät tuplatyötä tarkastaessaan myös tuotannon osuuden. Ajan saatossa tämä on johtanut siihen, että koestajat eivät täysin luota tuotannon toimintaan, mikä juontaa juurensa nykyisen prosessin määrittelemättömyyteen. Lisäksi ajan puutetta tuottavat erinäiset tuotannon aikaiset haasteet. Juurisyninä näille ovat taajuusmuuttajalinjan tuotantoprosessin ominaispiirteet. Tulevaisuudessa on huomioitava, että visuaalisesta tarkastuksesta ei jousteta, vaan se tulee tehdyksi tilanteessa kuin tilanteessa.

Juurisyyanalyysien jälkeen luonnosteltiin uuden prosessin arvovirtakuvaus SIPOC-kaaviota hyödyntäen (liite 2). Uusi prosessi pohjautuu suurilta osin Kaizenissa laadittuun luonnokseen, mutta siihen tehtiin joitakin muutoksia. Prosessi on kuvattu tarkemmin luvussa 5, jossa käsitellään kehitysprojektin tuloksia. Tavoitteena oli saada visuaalinen tarkastus osaksi tuotantoprosessia niin, ettei sitä sivuuteta missään tilanteissa. Merkittävimmät muutokset tulevat olemaan uusi tarkastustapa osakokoonpanossa ja runkosolussa sekä tuotantolinjan loppupäähän tuleva visuaalisen tarkastuksen alue.

Juurisyyden ratkaisemiseksi pohdittiin erilaisia keinoja, jolla uutta prosessia voidaan parantaa. Ratkaisuja analysoitiin tarkemmin hyötysuhdeanalyysin avulla (kuva 13). Ratkaisuiksi nimettiin seuraavat keinot:

1. IMS:iin pääsyn hankkiminen.
2. IMS-koulutuksen järjestäminen.
3. Tulevan visuaalisen tarkastuksen koulutuksen järjestäminen.
4. Visuaalisen tarkastuksen prosessin uudelleen määrittäminen.
5. Tarkka kuvaus uudesta visuaalisen tarkastuksen prosessista.
6. Resursointi.



Kuva 13. Hyötysuhdeanalyysin tulokset.

Helpoimmin ja vähiten työtä tarvitaan tuotannon työntekijöiden pääsyn varmistamiseksi IMS-järjestelmään sekä järjestelmän käytön koulutuksiin. Koulutuksia on järjestetty henkilöstölle jo aiemminkin, joten materiaalit kaipaavat mahdollisten päivitysten jäljiltä tarkastusta, mutta materiaalit ovat jo pääosin olemassa. Puolivälin tienoille asettuvat visuaalisen tarkastuksen koulutus sekä uuden prosessin määrittäminen. Eniten hyötyä, mutta samalla eniten työtä vaativat uuden prosessin tarkka analysointi sekä resursointi.

#### 4.2 Visuaalisen tarkastuksen prosessien vertaisarviointi

Taajuusmuuttajalinjan visuaalisen tarkastuksen prosessin kehittämissuunnitelmassa tutustuttiin toisessa taajuusmuuttajia valmistavassa yksikössä sekä alihankkijalla käyttöönotettuihin visuaalisen tarkastusprosesseihin. Tuotantoprosessien rakenteissa on jonkin verran eroavaisuuksia, eikä visuaalisen tarkastuksen prosesseja voitu sellaisenaan käyttää Multidrivella. Vertaisarvioinnin tavoitteena oli vertailla eri toimijoiden toimintatapoja, ja soveltaa niitä käytettäväksi taajuusmuuttajalinjalla.

Toisessa vertailluista toimijoista visuaalisen tarkastuksen prosessi on jaettu useampaan pienempään kokonaisuuteen. Työt on helpompi tarkastaa pienemmissä osissa kuin yhtenä suurena kokonaisuutena. Kaikkiaan tarkastusalueita tuotantoprosessin aikana on viisi

1. Rungon piiloon jäävä kiskotus.
2. Runko.
3. Johdotus ja verhoilu.
4. Lopputarkastus.
5. Jännite- ja eristysvastuskoe sekä toiminnallinen koestus.

Rungon piiloon jäävän kiskotuksen, rungon sekä johdotuksen ja verhoilun visuaalinen tarkastus tekevät ristiintarkastuksena työnjohtajan määrittämät tarkastusparit. Asentajat arvostavat työstään saamaa palautetta. Palautteen avulla asentajat saavat arvokasta tietoa itsensä kehittämistä varten. Olennainen osa visuaalisen tarkastuksen prosessia onkin sen yhteyteen integroitu palauteprosessi, jossa työn tehnyt asentaja saa palautteen mahdollisista virheistä. Palautteen saatuaan asentaja korjaa virheet itse. Tällä tavoin asentajien osaamista ja tietoisuutta pystytään kasvattamaan, ja samalla tuotteiden laatu paranee. Lopputarkastus tehdään erillisellä visuaalisen tarkastuksen alueella. Alueella työskentelevät pääosin tietyt henkilöt, mutta osaamisen kasvattamiseksi lopputarkastuksia tekevät myös muut linjan asentajat. Kun tuotannonaikainen visuaalinen tarkastus on jaettu pienempiin osiin ja asentajat mieltävät tarkastusprosessin tärkeäksi, mahdollistetaan koestajille rauha tehdä laitteille jännite- ja eristysvastuskokeet sekä toiminnallinen koestus.

Ajallisesti tuotannon alkupäässä tehtävien ristiintarkastusten tekemiseen kuluu laitteen rakenteen mukaan yhdestä kahteen tuntia, ja lopputarkastuksen tekemiseen kolmesta kuuteen tuntia. Prosessia käyttöönotettaessa tarkastuksiin kulunut aika oli kaksinkertainen. Asentajien toimintatapojen rutinoituessa ja omaksuessa uuden prosessin toimintamallin on tarkastuksiin käytettävä aika kuitenkin pienentynyt jatkuvasti.

Alihankkija on keskittänyt visuaalisen tarkastuksen tehtäväksi tuotannon viimeisenä vaiheena. Tarkastuksia tekevät täyspäiväisesti tarkastustyöhön luonteenpiirteiltään ja

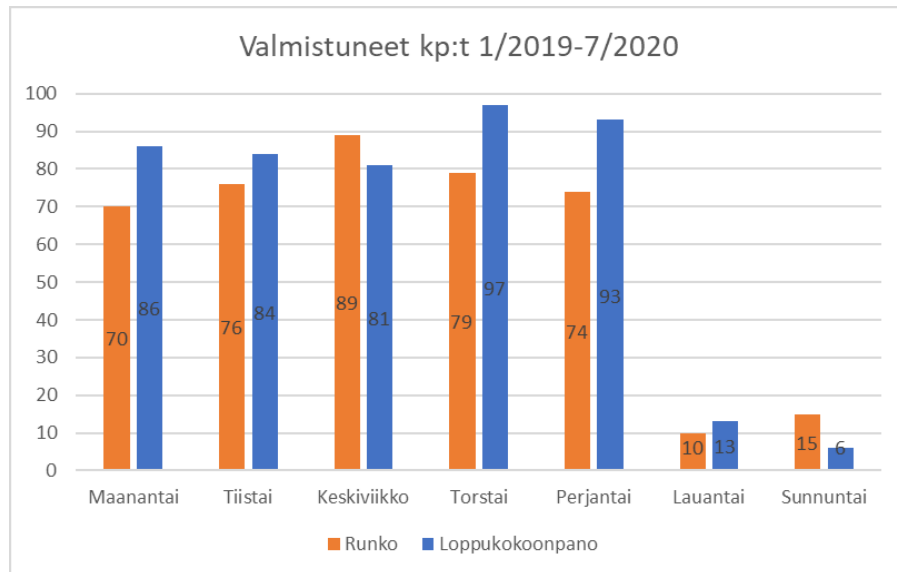
työskentelytavoiltaan sopivat henkilöt. Asentajat saavat palautetta työstään. Tarkastukseen käytetään laitteen rakenteen mukaan viidestä kolmeenkymmeneenviiteen tuntia.

Taajuusmuuttajalinjan visuaalisen tarkastuksen prosessin kehitysprojektin kannalta hyviä toimintatapoja ovat prosessin aikana tehtävien tarkastusten hajauttaminen sekä palautteen antaminen asentajille. Ominaisuudet pyritään sisällyttämään osaksi uutta visuaalisen tarkastuksen prosessia.

#### 4.3 Tuotannon rytmitys

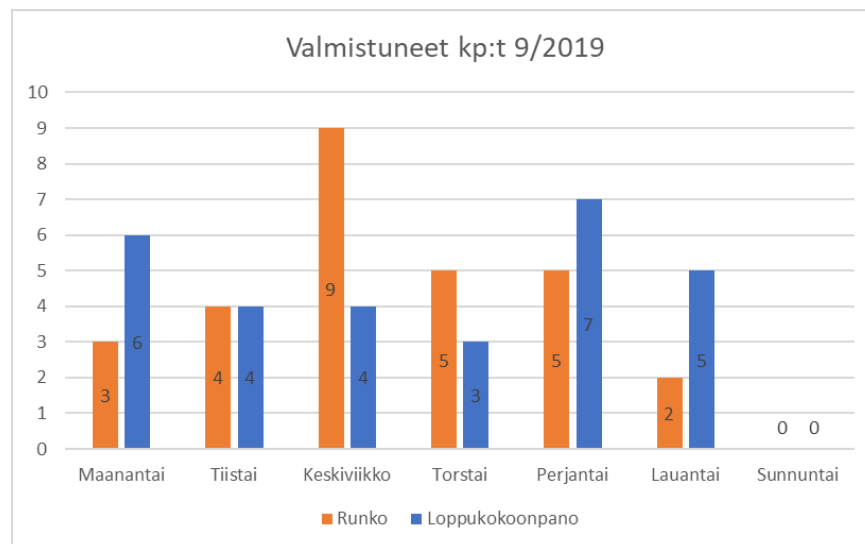
Uudessa prosessissa visuaalinen tarkastus ajateltiin tiettyjen henkilöiden tekemäksi. Kaizenissa luodun tulevan prosessin luonnoksessa oli prosessiin sisällytetty kaksi tarkastusaluetta: yksi rungon ja yksi lopputarkastusta varten. Taajuusmuuttajalinjan tuotantoprosessista ja tuoterakenteesta johtuen haluttiin tutkia tuotannon rytmitystä runkosolun ja loppukokoonpanon osalta. Tuotannon rytmitystä tutkimalla pystytään arvioimaan todellista resursointitarvetta, kun saadaan selville, onko valmistuvien kuljetuspituuksien määrissä eroa viikonpäivien mukaan. Tutkimuksen avulla arvioitiin työn jatkuvuutta sekä resursointitarvetta ja selvitettiin, miten tuleva tarkastusprosessi olisi hyvä jaksottaa osaksi tuotantoprosessia.

Kuvan 14 kaaviossa on kuvattuna runkosolusta ja loppukokoonpanosta valmistuneet kuljetuspituudet tammikuun 2019 ja heinäkuun 2020 välillä. Ajanjaksolla runkosolusta valmistuneiden kuljetuspituuksien keskiarvo oli 1,0 ja loppukokoonpanon 1,11 viikonpäivää kohden. Keskiarvojen laskennasta on otettu huomioon vain työpäivinä valmistuneet kuljetuspituudet. Pitkällä aikavälillä tarkasteltaessa valmistuneiden kuljetuspituuksien määrien vaihtelu on viikonpäivästä riippumatta melko vähäistä.



Kuva 14. Valmistuneet kuljetuspituudet (kp:t) runkosolusta ja loppukokoonpanosta tammikuusta 2019 heinäkuuhun 2020.

Lyhyempää aikaväliä tutkittaessa (kuva 15) on otettu tarkasteltavaksi syyskuu 2019. Valmistuneiden kuljetuspituuksien keskiarvo runkosolussa oli 1,24 ja loppukokoonpanossa 1,14 viikonpäivää kohden. Huomattiin, että niin pitkällä kuin lyhyelläkin aikavälillä tarkasteltaessa kuljetuspituuksia valmistui sekä runkosolusta, että loppukokoonpanosta tasaisesti viikonpäivästä riippumatta.



Kuva 15. Valmistuneet kuljetuspituudet (kpl) runkosolusta ja loppukokoonpanosta syyskuussa 2019.

#### 4.4 Kyselyn tulokset

Prosessin kehittämisen kannalta on tärkeää kuulla myös tuotannon työntekijöitä. Kyselyt toteutettiin syyskuussa 2020. Kysymykset muotoiltiin ratkaisukeskeisyyttä silmällä pitäen, jolloin työntekijöiden näkökulmat saadaan paremmin kuuluville, ja heitä saadaan osallistettua kehitysprojektiin. Kysely tehtiin nimettömänä, joka myös osaltaan kannusti työntekijöitä vastaamaan todenmukaisesti. Kyselylomakkeilla kartoitettiin tuotannon työntekijöiden sekä koestajien osaamista, mielipiteitä ja kehitysehdotuksia visuaalisen tarkastuksen prosessiin liittyen. Kyselyn vastausprosentti tuotannon osalta oli 65 % (yhteensä 40 vastaajaa), ja koestamon 30 % (yhteensä 15 vastaajaa).

Kysymykset tuotannolle olivat seuraavat

1. Käyn läpi, ja täytän visuaalisen tarkastuslistan, kun saan työni valmiiksi.
2. Jos vastasit edelliseen usein, harvoin tai en koskaan, mitkä ovat syitä siihen, että et täytä lomaketta?
3. Valintakysymyksiä liittyen visuaaliseen tarkastukseen.
4. Mitkä asiat koet nykyisessä prosessissa toimivaksi?
5. Mitä haasteita koet nykyisessä prosessissa olevan?
6. Kuinka nämä haasteet saataisi mielestäsi ratkaistua?
7. Vapaat kommentit prosessiin liittyen.

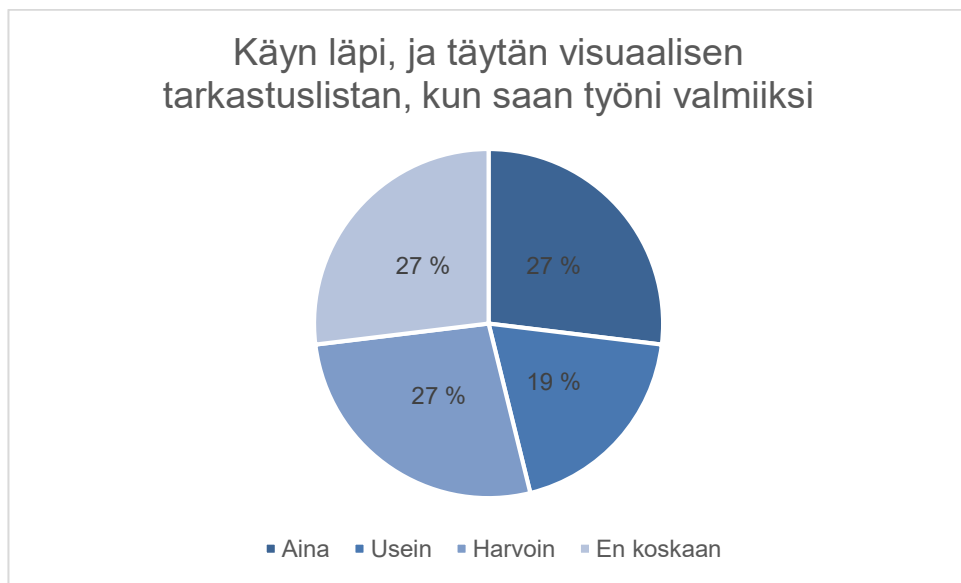
Koestamolle kysymykset olivat valintatehtävän kohtia lukuun ottamatta samat kuin tuotannolle. Tuotannon kysely toteutettiin koestamon kyselyä aikaisemmin, josta oppineena kysymykset muotoiltiin uudelleen, ettei kyselyyn vastaajalle jää epäselväksi, että kaikki kysymykset koskevat visuaalisen tarkastuksen prosessia, eivät esimerkiksi palkkatasoa tai taukomenettelyjä.

##### 4.4.1 Tuotanto

Kaksi ensimmäistä kysymystä käsittelivät visuaalisen tarkastuksen listaa ja sen käyttötottumuksia (kuva 16). Vastaajista 27 % vastasi täyttävänsä tarkastuslistan aina. Ensimmäiseen kysymykseen ”usein”, ”harvoin” tai ”en koskaan” vastanneita pyydettiin toisessa kysymyksessä avaamaan syitä, minkä takia lomake jää täyttämättä. Vastaustulokset edellä mainittujen vaihtoehtojen osalta ovat seuraavat

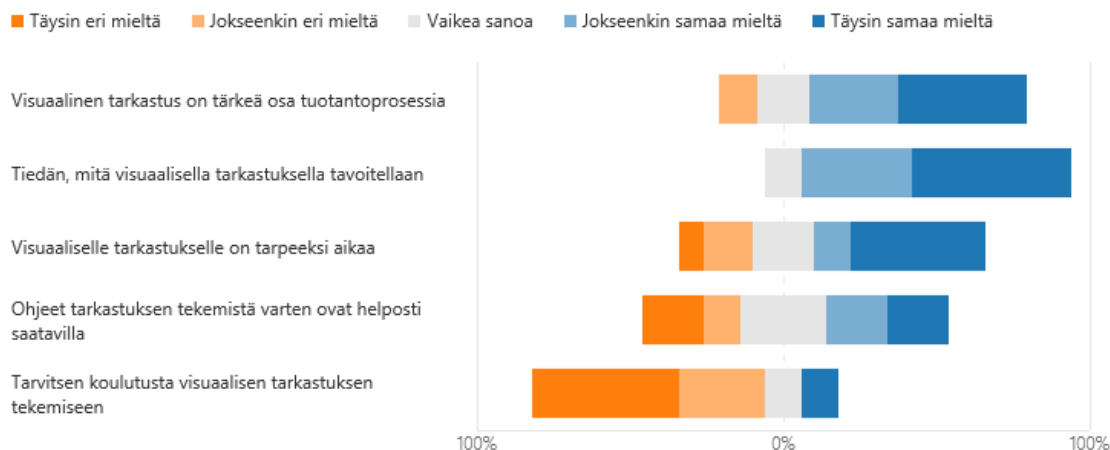
- usein 19 %,
- harvoin 27 % ja
- en koskaan 27 %.

Lomake jää täyttämättä usein sen takia, että visuaalisen tarkastuksen lomaketta ei ole tullut osakokoonpanosta kokoonpanojen mukana. Kaizenissa pullonkaulaksi määritettiin visuaalinen tarkastus loppukokoonpanossa, mutta kyselyn tuloksista päätellen toinen pullonkaula löytyy osakokoonpanosta. Lisäksi tarkastuslistassa olevat kohdat koetaan epämääräisiksi ja tarkastusjärjestys oudoksi.



Kuva 16. Kysymys 1 vastausten yhteenveto.

Myös ”harvoin” vastanneista osa vastasi, että lomake puuttuu usein. Esiin nousivat myös kiire, tarkastuslista koetaan turhaksi ja omat työt voi tarkastaa jo tehdessä. Ongelmaksi jälkimmäisessä muodostuu se, että omille virheille on helppo tulla sokeaksi. Tämän takia on tärkeää, että työt tarkastetaan ennen kokoonpanojen siirtymistä tuotannossa eteenpäin. Työntekijät, jotka vastasivat ”en koskaan” ovat osittain samaa mieltä, kuin ”harvoin” vastanneet. Vastauksista löytyi kuitenkin tuotteiden laadun kannalta huolestuttavia vastauksia, kuten ”tarkastan vain oman työni”, ”lomake on täysin turha” ja ”täytetään itseä varten, epäilen eikö luoteta siihen mitä olen tehnyt”. Visuaalisen tarkastuksen tarkoituksena ei ole saada työntekijöitä epäilemään ammattitaitoaan, vaan sen avulla varmistetaan tuotteiden tasalaatuisuus ja käyttöturvallisuus.



Kuva 17. Vastauksien jakautuminen kysymykseen 3.

Kysymyksessä kolme (tulokset kuvan 17 kuvaajassa) kartoitettiin työntekijöiden mielipiteitä visuaaliseen tarkastukseen liittyen. Kuvaajassa x-akselilla on prosentuaalisesti kuvattuna kysymyksen vastaukset, joista vasemmanpuoleinen 100% kuvaa väittämää ”täysin eri mieltä”, keskellä 0% ”vaikea sanoa” ja oikeanpuoleinen 100% ”täysin eri mieltä”. Yhteensä 70,9 % vastanneista täysin tai jokseenkin samaa mieltä, että visuaalinen tarkastus on tärkeä osa tuotantoprosessia, 16,7 % ei osaa sanoa ja 12,5 % on jokseenkin erimielistä.

Vastaajista valtaosa tietää, mitä visuaalisella tarkastuksella tavoitellaan. Vain 12 % vastaajista vastasi ”en osaa sanoa”. Vastaukset ovat linjassa työntekijöiden kokemaan koulutustarpeen kanssa, jossa 76 % vastaajista on täysin tai jokseenkin eri mieltä koulutuksen tarpeellisuudesta. Kaizenissa määritettiin yhdeksi prosessin ongelmakohtaksi kiire. Työntekijöiden vastaukset eivät tue tätä, sillä 56 % vastaajista kokee, että aikaa on tarpeeksi. 20 % vastaajista ei osaa sanoa, ja 24 % kokee, että aikaa ei ole riittävästi.

Seuraavat kysymykset käsittelevät nykyisen prosessin toimiviksi koettuja asioita, prosessin haasteita ja kuinka ne ratkaistaan. Nykyisessä prosessissa haasteiksi nousivat tarkastuslistan epäselvyys sekä se, että tarkastuslista ei ole sähköisessä muodossa. Tarkastuslista koetaan ”raskaaksi pötköksi”, jota ei aina jaksaa käydä ajatuksen kanssa läpi. Tarkastuslistaa voisi selkeyttää jakamalla se selkeämmin eri osiin, viitata olemassa oleviin ohjeisiin sekä ottaa asiantajat mukaan listan päivitykseen. Vastausten perusteella



asentajat olisivat valmiita siirtymään sähköiseen dokumentointiin. Tällä hetkellä tämä ei ole mahdollista, mutta todennäköisesti tulevaisuudessa on.

#### 4.4.2 Koestamo

Koestajilta kysyttiin pääsääntöisesti samat kysymykset kuin tuotannon työntekijöiltä. Koestajat kokevat, että visuaalisen tarkastuksen prosessi on kehittynyt vuosien aikana parempaan suuntaan. Tällä hetkellä käytössä olevat pöytäkirjat ovat hyvät, mutta visuaalisen tarkastuksen lista kaipaisi selkeytystä.

Kuten tuotannon kyselyn tuloksista tuli ilmi, on nykyinen lista rakenteeltaan raskas ja hieman vaikeasti lähestyttävä. Myös koestajilla on yhtenevä mielipide asiasta, ja ratkaisuehdotukset myötäilivät samaa linjaa; selkeytys, osiin jakaminen ja ohjeisiin viittaus. Lisäksi haasteeksi koettiin nykyisessä prosessissa se, että työparit tarkastavat itse tekemänsä työn, jolloin kuljetuspituuksista tulee todennäköisemmin erilaisia. Myös mahdolliset henkilöstövaihdokset vaikuttavat tuotteiden laatuun, uuden työntekijän perehdytys ei tapahdu hetkessä, eikä ole täysin aukoton.

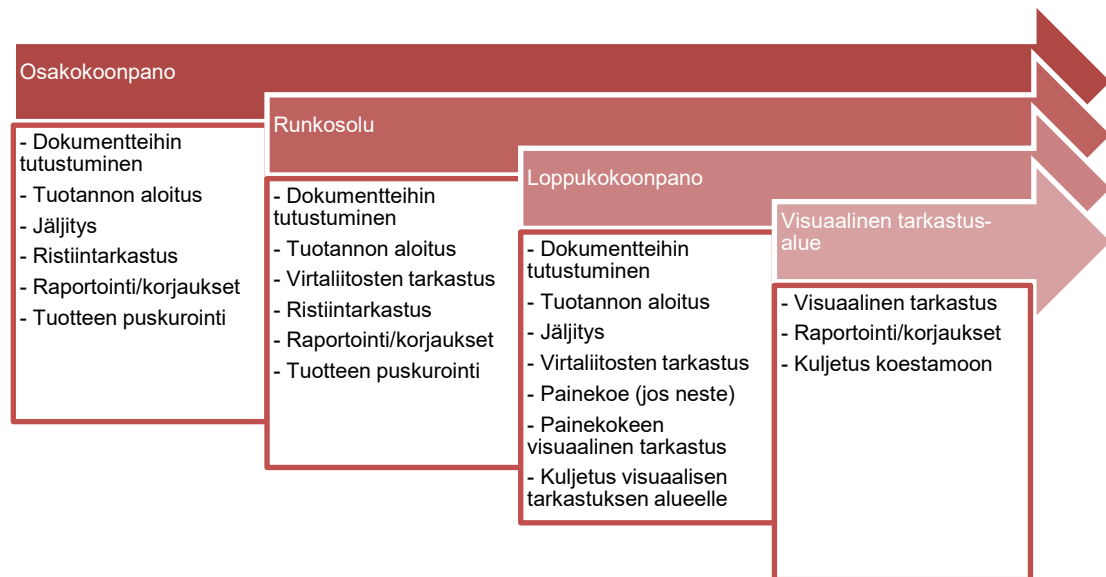
Kuljetuspituudet olisivat yhteneväisempiä, kun ne tarkastettaisiin visuaalisen tarkastuksen alueella ennen koestamoa. Tarkastusalueella tarkastuksia tekisivät tietyt henkilöt, jolloin tämän hetken tilanteen mukaan koestajien ei tarvitsisi tehdä visuaalista tarkastusta, vaan pääsisivät koestamaan laitteita suoraan. Tämä vaikuttaa kuljetuspituuksien läpimenoaikaan positiivisesti.

## 5 Kehitysprojektin tulokset

Taajuusmuuttajalinjan uusi visuaalisen tarkastuksen prosessi pohjautuu Kaizenissa laadittuun tuotannon kulkua kuvaavaan prosessikaavioon (liite 5). Visuaalinen tarkastus on suunniteltu osaksi tuotantoprosessia ja jaettu useampaan osaan, jotta virhemarginaali olisi mahdollisimman pieni.

Kuten aikaisemminkin, pohjautuu tuotantoprosessi tuotannosuunnittelun tuottamiin tuotantodokumentteihin ja työjonoon. Visuaalinen tarkastus on uudessa tavassa sisällytetty

tuotantoprosessia tukevaksi toiminnoksi läpi tuotantoprosessin. Tarkastusta tukee ja ohjaa visuaalisen tarkastuksen lista.



Kuva 18. Uuden visuaalisen tarkastuksen prosessin toiminnot.

Kuvaan 18 on kiteytetty uuden prosessin pääpiirteet. Merkittävin muutos on osaksi prosessia lisätty visuaalinen tarkastusalue. Aiemmistä vaiheista on poistunut toimintoja, runkosolussa ei enää tehdä tarkastusta osakokoonpanoille eikä loppukokoonpanossa tehdä visuaalista tarkastusta paitsi nestejäähdytteisten tuotteiden painekokeiden osalta. Runkosolussa ja loppukokoonpanossa on kuitenkin ensiarvoisen tärkeää tarkastaa piiloon jäävät virtaliitokset niin nopeasti kuin mahdollista.

Tuotantoprosessi alkaa, kun työnjohtajan tilaamat osat työlle saapuvat osakokoonpanon vastaanottoalueelle ja asentajat ovat tutustuneet dokumentteihin. Ensin valmistetaan runkosoluun menevät mekaniikkaosat sekä lisäohjauskentän asennuslevyt. Mekaniikkaosien mahdolliset virtaliitokset tarkastetaan runkosolussa, koska useimmissa kokoonpanoissa on liitoksia, joita ei voi kiristää momenttiin ennen kuin niihin on liitetty muita osia. Aikaisemmin osakokoonpanossa visuaalinen tarkastus tehtiin niin, että asentaja tarkasti itse oman työnsä. Omille virheille tulee helposti sokeaksi, ja mahdolliset virheet saattavat pahimmassa tapauksessa käydä ilmi vasta koestamossa, jolloin virheiden korjaaminen voi olla todella työlästä. Osakokoonpanolla ei ole ollut käytössä varsinaista palauteprosessia, kuten esimerkiksi loppukokoonpanolla ”mappiprosessin” muodossa. Prosessissa

loppukokoonpanon työnjohtaja käy läpi koestamossa raportoidut asennusvirheet asentajien kanssa, kun kuljetuspituus on koestettu.

Uudessa visuaalisen tarkastuksen prosessissa työnjohtaja määrittää ennen työn aloitusta kyseiseen työhön tarkastusparit, jotka tekevät työn edistyessä ristiintarkastukset osakokoonpanoille. Palauteprosessin puuttuminen osakokoonpanossa on aikaisemmin tuottanut haasteita vastaanottaa palautetta omasta työstä, ja palaute on tullut esimerkiksi loppukokoonpanon asentajilta. Useimmissa tapauksista palaute ei ole rakentavaa; tehtyä virhettä ei kuvailla tarpeeksi ja kuitataan ohimennen sillä, että virhe korjattiin jo.

Omasta työstä on tärkeää saada palautetta. Uutta visuaalisen tarkastuksen prosessia luonnostellessa pohdittiin, kuinka myös palauteprosessi osakokoonpanossa saadaan toimimaan. Palaute on helpompi ottaa vastaan, kun osakokoonpanojen visuaalisen tarkastuksen on suorittanut etukäteen määritelty tarkastuspari. Tarkastus tehdään ristiintarkastuksena liitteen 5 visuaalisen tarkastuksen lomakkeen mukaisesti. Koska yhden kuljetuspituuden kokoonpanoja rakentaa usein useampi henkilö, tarkastetut osakokoonpanot kirjataan sille varattuun kohtaan, jotta myöhemmin voidaan varmistaa, että kaikki osakokoonpanot on tarkastettu.

Mahdolliset kokoonpanoista löydetyt virheet kootaan yhteen, ja tarkastaja antaa palautteen työn tehneelle asentajalle. Toinen merkittävä muutos prosessissa on, että työn tehnyt asentaja korjaa havaitut virheet. Tällä tavoin pystymme kasvattamaan henkilöstön osaamista ja ajan saatossa uusi toimintatapa johtaa tuotteiden laadun tasaantumiseen sekä virheiden määrän pienenemiseen. Tarkastaja kirjaa vikailmoitukset ZTESTREP:iin, jolloin myös laatulukemat tulevat olemaan jatkossa luotettavampia. Kun korjaukset on kuitattu tarkastuslomakkeeseen tai mikäli kokoonpanoista ei löydetä virheitä, voidaan kokoonpanot viedä niille varatuille puskurialueille, sen mukaan onko kokoonpano menossa runkosoluun vai loppukokoonpanoon.

Muutokset prosessissa osakokoonpanon osalta ovat seuraavat:

1. Työnjohtaja määrittää tarkastusparit.
2. Työt tarkastetaan ristiintarkastuksena.
3. Mahdollisista virheistä kasataan kooste ja ne korjataan työn tehneen asentajan toimesta.

#### 4. Tarkastaja raportoi mahdolliset puutteet ja virheet ZTESTREP:iin.

Runkosolun tarkastukset uudessa prosessissa tekee työnjohtajan etukäteen määrittämä tarkastuspari. Runkosolun tarkastukset on jaettu kahteen vaiheeseen: piiloon jäävien virtaliitosten ja yleiseen rungon visuaaliseen tarkastukseen. Erityisen tärkeitä tarkastuskohteita ovat piiloon jäävät virta- ja PE-liitokset sekä niiden oikeanlainen merkitseminen. Pahimmassa tapauksessa löysää liitosta ei huomata tuotannossa koestuksen aikana, ja viallinen tuote päätyy loppuasiakkaalle. Käytössä löysä liitos lämpenee, ja kun on kyse suurivirtaisista laitteista, ennemmin tai myöhemmin löysä liitos aiheuttaa räjähdysen. Piiloon jäävät liitokset tarkastetaan mahdollisimman aikaisessa vaiheessa, jolloin löysät virtaliitokset voidaan paikantaa ajoissa.

Kun runko on kasattu valmiiksi, kuljetuspituus tarkastetaan ennen puskuriin vientiä huolellisesti visuaalisen tarkastuslistan mukaisesti. Tarkastuksessa varmistetaan, että kaikki dokumentit ovat kunnossa ja etenkin, että virtaliitospöytäkirja on täytetty ja allekirjoitettu. Visuaalisen tarkastuksen listaan merkitään mahdolliset korjauksiin käytetyt tunnit sille varattuun kohtaan. Tarkastaja raportoi mahdolliset viat ZTESTREP:iin, ja kuljetuspituus on valmis loppukokoonpanoa varten.

Runkosolun oleelliset muutokset visuaalisen tarkastuksen kehitysprojektin myötä ovat seuraavat:

1. Osakokoonpanoja ei tarkasteta visuaalisesti.
2. Visuaalinen tarkastus tehdään ristiintarkastuksena työnjohtajan määrittämien tarkastusparien mukaan (myös virtaliitosten tarkastus).
3. Tarkastaja tekee yhteenvedon mahdollisista virheistä ja työn tehnyt asentaja korjaa ne.
4. Tarkastaja raportoi mahdolliset puutteet ja virheet ZTESTREP:iin.

Loppukokoonpanossa tarkastetaan erityisesti katkaisija- ja invertterienttien piiloon jäävät virtaliitokset. Piiloon jäävät liitokset ovat suurimpia riskitekijöitä tuoterakenteessa, eikä näitä pystytä tarkastamaan enää myöhemmässä vaiheessa visuaalisen tarkastuksen alueella. Aiemmin visuaalinen tarkastus jäi useimmiten tekemättä loppukokoonpanossa, jolloin koestajat joutuivat aloittamaan työnsä korjaamalla mahdolliset tuotannossa tehdyt virheet. Loppukokoonpanossa tarkastetaan jatkossa piiloon jäävät liitokset. Kun kuljetuspituus on valmis, se kuljetetaan lopputarkastukseen visuaalisen tarkastuksen

alueelle. Visuaalisen tarkastuksen listaan lisättiin kohta, jossa loppukokoonpanon asentajat merkitsevät, oliko kyseisessä kuljetuspituudessa kiristettäviä virtaliitoksia. Koestajien ei tarvitse tämän jälkeen miettiä, varsinkaan piiloon jäävien liitosten osalta, onko niitä kiristetty vai ei.

Loppukokoonpanon osalta merkittävimmät muutokset ovat:

1. Visuaalisen tarkastuksen osuus supistuu.
2. Piiloon jäävät liitokset tarkastetaan ja merkitään virtaliitospöytäkirjaan.

Projektin merkittävimpinä tuloksina ovat käyttöönottovalmiudessa oleva loppukokoonpanon ja koestamon väliin tuleva visuaalisen tarkastuksen alue, sekä selkeytetty tarkastuslista (liite 5). Visuaalisen tarkastuksen alueella kuljetuspituuksille tehdään lopputarkastus silmämääräisesti tarkastuslistan mukaisesti.

Erillisellä tarkastusalueella saadaan epämieliekästä työtä siirrettyä pois loppukokoonpanon asentajilta. Visuaalisen tarkastuksen alueella kuljetuspituuksille tehdään lopputarkastus, jossa tuote käydään huolellisesti läpi visuaalisen tarkastuksen listaa apuna käyttäen. Siinä missä tuotannon alkupäässä osakokoonpanossa ja runkosolussa korjaukset tehdään omilla työpisteillä, mahdolliset visuaalisessa tarkastuksessa ilmenevät korjaustarpeet tullaan tekemään visuaalisen tarkastuksen alueella, jolle on paikoitettu työkaluseinä korjauksia varten. Tarkastuksia tekevä henkilö raportoi mahdolliset virheet ja puutteet ZTESTREP:iin, jota varten alueelle hankittiin työpöytä sekä tietokone.

Kaizenissa määritettiin pullonkaulaksi visuaalinen tarkastus loppukokoonpanossa, jossa koettiin visuaalinen tarkastus voimakkaimmin negatiivisena. Visuaalista tarkastusta tulee alkuun tekemään yksi henkilö. Mikäli tilanne vaatii, on linjalta helppo ottaa toinen asentaja perehtymään tehtäviin. Vaikka tilastoja tutkimalla todettiin, että kuljetuspituuksia valmistuu tasaiseen tahtiin, tällaisen tilanteen voi aiheuttaa esimerkiksi äkillinen suuri työkuorma. Tarkastajan tulisi olla motivoitunut tehtäväänsä ja mieltää tarkastustyö tärkeäksi osaksi tuotantoprosessia. Ihannetapauksessa tarkastajalla on kokemusta taajuusmuuttajalinjan asennustöistä ja urahaaveissa olisi edetä koestajaksi. Kun tarkastusta tekee yksi tai kaksi henkilöä, pitkällä aikavälillä se alkaa näkymään tuotteissa tasalaatuisuutena ja yhtenäisyytenä. Linjan laatuinsinööri perehdyttää tarkastajan tehtävään. Myös

linjan asentajille pidetään koulutus visuaalisen tarkastuksen tekemisestä ja sen tuomista hyödyistä.

Asentajien palautteen pohjalta visuaalisen tarkastuksen listaa selkeytettiin. Sisältöä ei muutettu, sillä kaikki listalla olevat asiat ovat taajuusmuuttajalinjalla merkittävässä roolissa tuotteiden laadun ja turvallisuuden kannalta. Aiempi lista oli rakenteeltaan raskas, joten tarkastettavat kohteet jaettiin kolmeen pääryhmään:

1. Kokoonpanojen visuaalinen tarkastus.
2. Dokumentit.
3. Raportointi ja viimeistely.

Selkeytetty lista helpottaa tarkastuksen tekemistä. Tarkastettavat asiat on helpompi löytää aluerajausten myötä. Selkeän rakenteen ansiosta visuaalisen tarkastuksen alueella työskentelevän henkilön on helpompi hahmottaa, mikäli joitain kohtia on jätetty tarkastamatta. Lopputarkastuksen liittyvän mahdollisen raportoinnin ja korjausten jälkeen kuljetuspituus on valmis koestettavaksi.

## 6 Yhteenveto

Visuaalisen tarkastuksen prosessin kehitysprojektissa selvitettiin visuaalisen tarkastuksen merkitystä osana tuotantoprosessia. Tavoitteena oli resursoida ja määrittää tarkastusprosessi uudelleen sekä kuvata se mahdollisimman tarkasti, jotta prosessi voidaan sopivan tarkastajan löytyttyä ja henkilökunnalle pidettävien koulutuksien myötä ottaa käyttöön.

Uuden prosessin määrittäminen ja resursointi onnistuivat hyvin. Asentajia osallistettiin kehitysprosessiin kyselyn ja aktiivisen keskustelun muodossa. Kun asentajien ääni on saatu kuuluviin, muutosvastarinta ei ole yhtä voimakasta kuin sellaisissa tilanteissa, joissa asentajia ei kuunnella.

Kun uuden prosessin mukaisesti on toimittu jonkin aikaa, työskentelytavat alkavat vakiintua asentajien keskuudessa. Kehitysprojektin sivutuotteena osakokoonpanolle ja runkosolulle saadaan käyttöön toimiva palauteprosessi, joka omalta osaltaan alkaa pitkällä

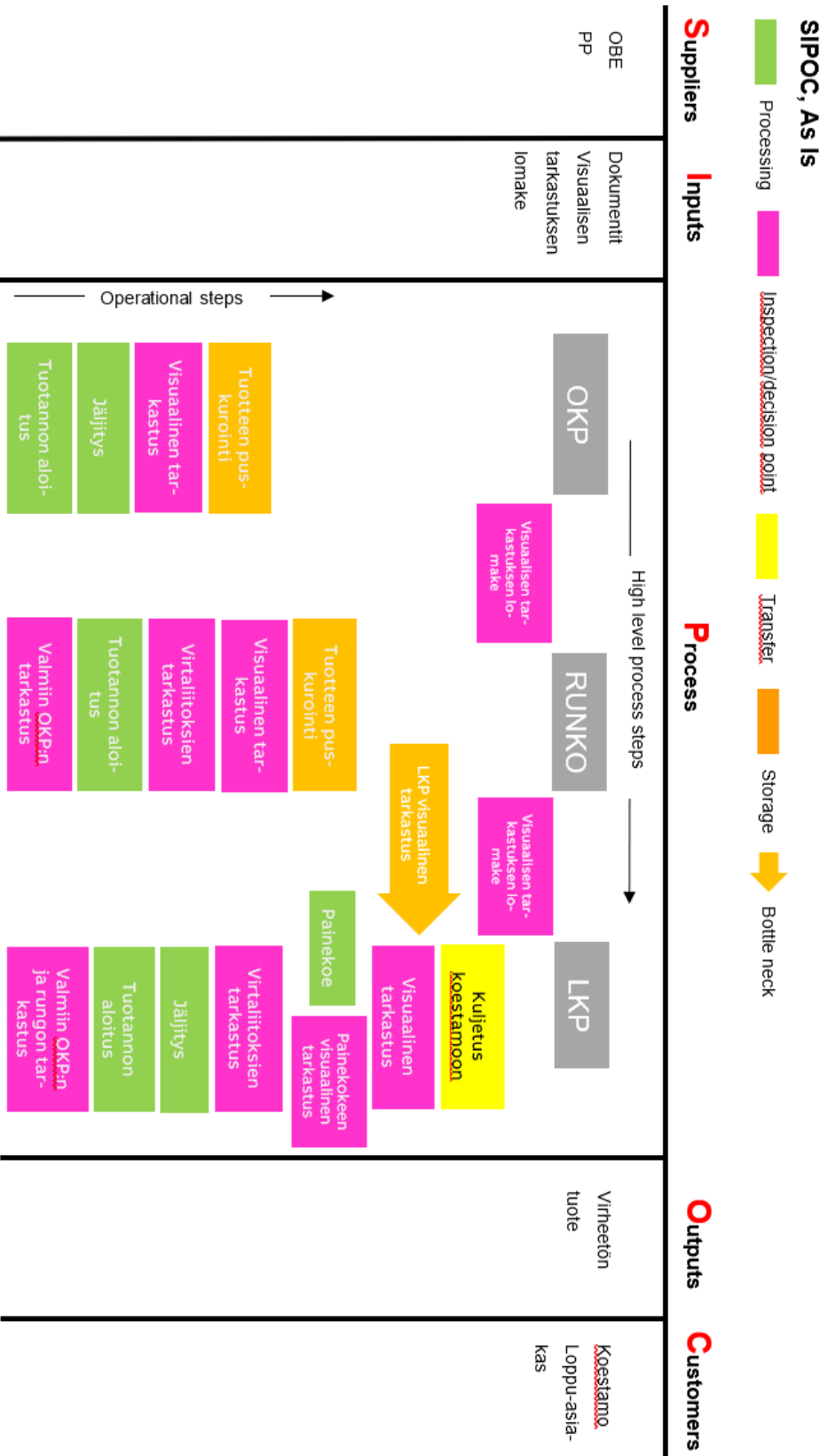
aikavälillä vaikuttaa laatulukuihin ja tuotteiden tasalaatuisuuteen. Useampaan osaan hajautetulla tarkastusprosessilla voidaan havaita tuotteissa olevat poikkeamat nopeammin, mikä vaikuttaa tuotteiden läpimenoaikaan. Varsinkin tuotantolinjan alkupäässä havaitut poikkeamat ovat läpimenoajan sekä laitteiden turvallisuuden kannalta erityisen tärkeitä. Koestamon testit läpäissyt löysä virtaliitos on yksi kalleimmista poikkeamista, joita uudella prosessilla pyritään minimoimaan entisestään.

Projektissa määritettiin ja kuvattiin uusi visuaalisen tarkastuksen prosessi, jonka avulla taajuusmuuttajalinjan tuotelaatua pystytään parantamaan. Prosessin rakennetta muutettiin hieman, työvaiheita on jonkin verran vähemmän ja tehdyt muutokset alkavat ajan myötä vaikuttaa positiivisesti tuotteiden läpimenoaikaan ja tasalaatuisuuteen.

## Lähteet

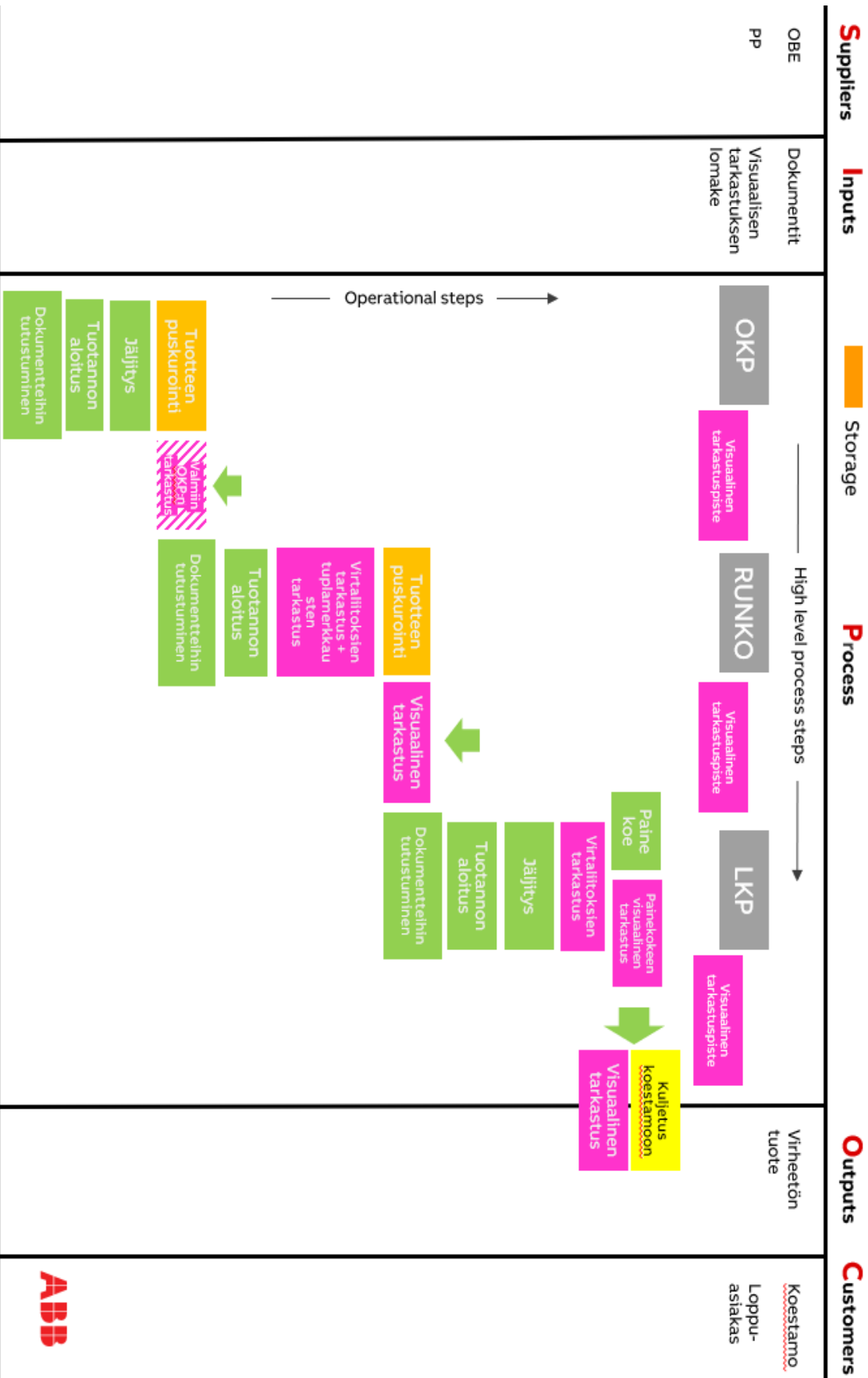
- 1 Farin, Juho. 2009. Taajuusmuuttajien rakenne, mitoitus ja säätö generaattori-käytöissä. Verkkoaineisto. VTT. <https://www.vttresearch.com/sites/default/files/julkaisut/muut/2009/TAMU-loppuraportti.pdf>. Luettu 1.11.2020.
- 2 Taajuusmuuttajat. 2020. Verkkoaineisto. SähköNet. <https://blogit.gra-dia.fi/sahkonet/sahko-ja-automaatioasennukset/oppimistehtavat/teollisuuden-sahkoasennukset/moottori-kaytot/taajuusmuuttajat/>. Luettu 1.11.2020.
- 3 ACS880. 2020. Dokumentti. ABB. Luettu 1.11.2020.
- 4 Overview of Inspection. 2020. Verkkoaineisto. Inspectioneering. <<https://inspectioneering.com/tag/inspection>> Luettu 8.10.2020.
- 5 Overview of Visual Inspection. 2020. Verkkoaineisto. Inspectioneering. <https://inspectioneering.com/tag/visual+inspection>. Luettu 8.10.2020.
- 6 Melo, Sandra. 2020. How to create an inspection checklist? Verkkoaineisto. My Data Scope. <https://mydatascope.com/blog/en/how-to-create-an-inspection-checklist/>. Luettu 8.10.2020.
- 7 Mitä on Lean? 2020. Verkkoaineisto. QL Partners. <https://www.ql.fi/mis-siomme/mita+on+lean/>. Luettu 26.10.2020.
- 8 Doanh, Do. 2017. The Five Principles of Lean. Verkkoaineisto. The Lean Way. <https://theleanway.net/The-Five-Principles-of-Lean>. Luettu 26.10.2020.
- 9 Kinney, Hayley. 2018. What's Lean? Verkkoaineisto. <<https://www.codot.gov/business/process-improvement/self-service/books/what-is-lean>>. Luettu 26.10.2020.
- 10 Kaizen vauhdittaa kehittämistä. 2020. Verkkoaineisto. Management Consulting Services <https://mcs.fi/kaizen-vauhdittaa-kehittamista/>. Luettu 27.10.2020.





# SIPOC, To Be

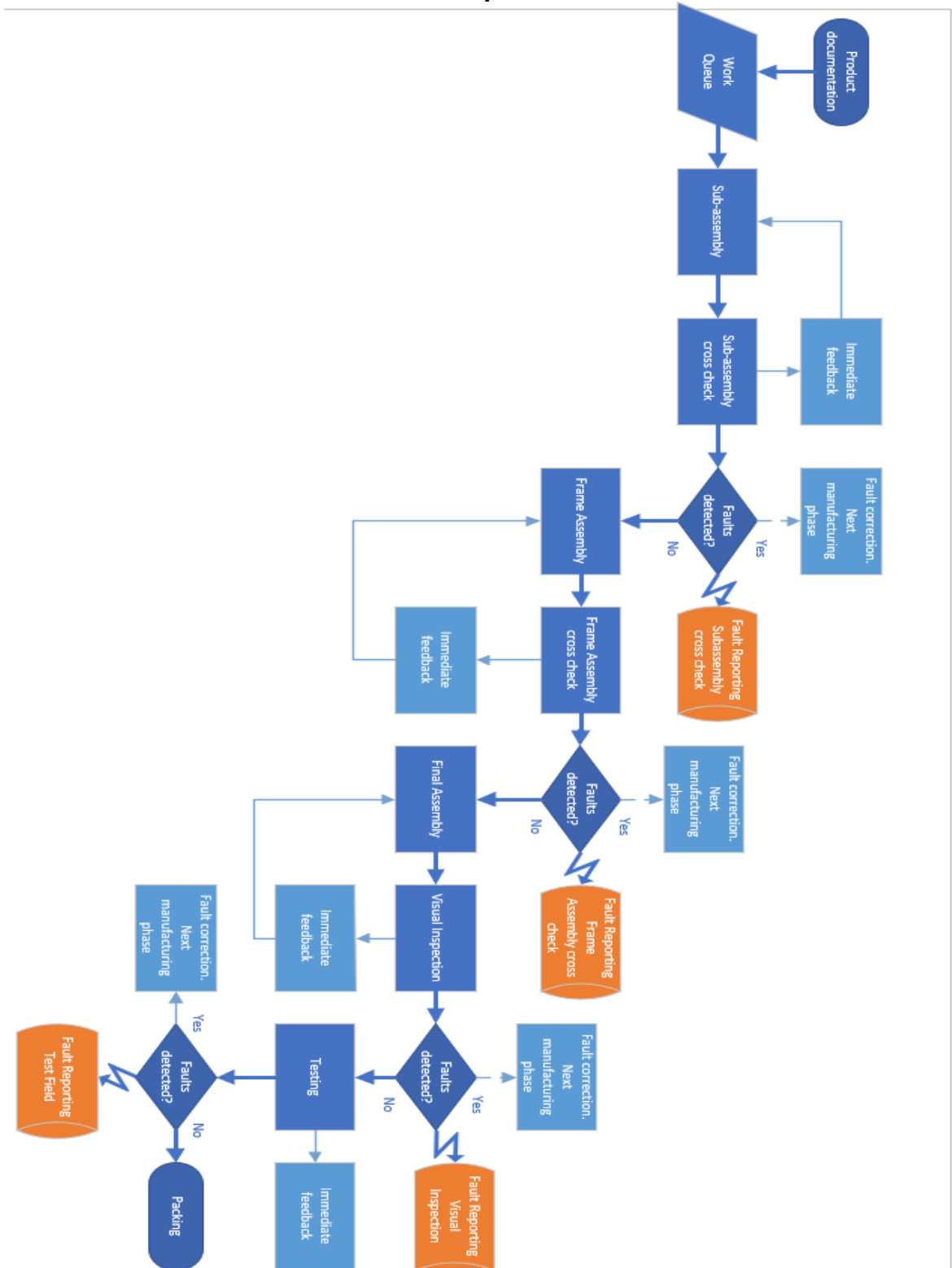
Processing  
Inspection/ decision point  
Transfer  
Storage  
Key change



**Palaverit**

<b>Osallistujat</b>	<b>Aihe</b>	<b>Pvm</b>	<b>Kesto</b>
MD laatuinsinööri, opinnäytetyön ohjaajat	Aloituspalaveri	17.6.2020	60 min
MD laatuinsinööri, työpaikkaohjaaja	Työn edistyminen ja käytännönosuus	1.9.2020	20 min
CD laatuinsinööri, työpaikkaohjaaja	CD:n visuaalisen tarkastuksen prosessi	24.9.2020	30 min
MD laatuinsinööri	Uuden prosessin läpikäynti	2.10.2020	20 min
MD tuotantolinjapäällikkö, OKP/runko työnjohtaja, LKP työnjohtaja	Uuden prosessin läpikäynti ja ongelmakohtiin ratkaisujen etsiminen	5.10.2020	30 min

### Multidrive visuaalisen tarkastuksen prosessikaavio









Multidrive kokoonanon visuaalinen tarkastuslista

4

#### JOHDOTUS JA VERHOILU RISTIINTARKASTUS

Tekijä  Tarkastaja

Tarkastettavia virtaliitoksia:                      kyllä                      ei

Kaikki piiloon jäävät virta- ja PE-liitokset/kaapeloinnit on erikseen tarkastettu ja merkattu valkoisella tussilla. Tarkastuksen jälkeen merkintä mustalla tussilla.

Virtaliitospöytäkirja täytetty ja allekirjoitettu

Palaute annettu asentajalle ja mahdolliset havaitut virheet kirjattu ZTESTREPiin

Varmistettu, että tuotantodokumentit ovat uusinta versiota

OK	Virhe	Korjattu
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Korjaukseen käytetyt tunnit: \_\_\_\_\_



Multidrive kokoonanon visuaalinen tarkastuslista

5

**LOPPUTARKASTUS, VISUAALISEN TARKASTUKSEN PISTEELLÄ**

Tekijä  Tarkastaja

**Kuljetuspituuden visuaalinen tarkastus**

- Sovelluksissa ilmaväli vähintään 12,7mm
- Yläsyöttökaapin "reppujen" jäpiviennit ja tarkastus
- Muuntajien jännitetasot oikein kaikissa muuntajissa
- Sulakkeet osaluettelon mukaiset ja oikein asennettu
- Riviliittimien jumpperoinnit tarkastettu, merkattu piirikaavioon,
- Välilevyt ja päätypuristimet osaluettelon mukaiset ja paikallaan
- Jännitetasot eroteltu Marine-riviliittimissä (24V, 230V, 690V)
- Liittimet osaluettelon mukaiset
- Kaikki säikeet liittimissä
- Eriste ei liitoksen välissä
- Johtimien nykäisyttesti (pistokokeena)
- Valokuidut ei teräviä reunoja vasten, taivutussäde max. 35 mm
- Puhaltimet ovat kosketussuojatut
- Suojaverkot kiinni verkkoruuveilla, plexit combeilla
- Kuljetuspituuksien väliset johtimet merkattu ohjeen mukaisesti (3AFE004485)
- Takaseinät kiinni kaikilla ruuveilla, paitsi R8i ilman OPUa, ACU, ICU
- Seinät ja katot asennettu
- Kilvet, varoitus-, kojetunnus-, johdin- ja sarjanumerotarrat on

**Toiminnalliset ominaisuudet**

- Ovet aukeavat ja sulkeutuvat helposti, lukko toimii
- Ovet ei aukea kahva ON-asennossa
- Ovi ei aukea maadoituskytkin OFF-asennossa
- Maadoituskytkin maadoitusasennossa (kahva pystyasennossa)
- Katkaisijat ja kytkimet käytettävissä (ON/OFF)

**Siisteys**

- Kuljetuspituus imuroitu
- Ei naarmuja, kolhuja yms.

**Irto-osat**

- Asiakaspultit mukana
- KP-liitososat mukana

**Dokumentit**

- Erikoisvaatimukset työohjeesta huomioitu
- Merkintäluokka huomioitu (A1, A2, A3, B1, C1)
- UL/CSA/IEC vaatimukset huomioitu
- Asiakaserikoisuudet huomioitu
- Jäljitettävät kojeet jäljitetty
- Painekeopöytäkirja oikein täytettyä päämapissa
- Virtaliitospöytäkirja oikein täytettyä päämapissa
- Moduulipöytäkirjat laitettu päämappiin
- Päämappi mukana kaapissa
- Visuaalisen tarkastuksen lomakkeet nidottu yhteen

	OK	Virhe	Korjattu
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Multidrive kokoonanon visuaalinen tarkastuslista

6

**Raportointi ja viimeistely**

Palautte annettu asentajalle ja mahdolliset havaitut virheet kirjattu ZTESTREPiin  
Ylimääräiset osat tarkastettu ja raportoitu ZTESTREPiin  
Puutelistasta täytetty tarpeen mukaan: Koodi, tilattu, milloin tulee

OK	Virhe	Korjattu
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Korjaukseen käytetyt tunnit: \_\_\_\_\_

Visuaalisen tarkastuksen aikana tehtyjen tuntien määrä yhteensä: \_\_\_\_\_