



# Automaatiojärjestelmän automaattinen kunnonvalvonta

Vesa Nieminen

OPINNÄYTETYÖ  
Lokakuu 2021

Automaatioteknologian ylempi tutkinto-ohjelma

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Automaatioteknologian ylempi tutkinto-ohjelma

NIEMINEN VESA

Automaatiojärjestelmän automaattinen kunnonvalvonta

Opinnäytetyö 53 sivua, joista liitteitä 2 sivua  
Lokakuu 2021

---

Tämä tutkimus käsittelee automaatiojärjestelmän automaattista kunnonvalvontajärjestelmän luontia. Automaattinen kunnonvalvonta seuraa tarkasteltavan laitteen tai järjestelmän tilaa, ja raportoi kohteessa havaitsemistaan muutoksista. Tavoitteena on luoda malli, jonka pohjalta voidaan valmistaa tarvittaessa järjestelmä, jolla voi suorittaa automaattista kunnonvalvontaa. Automaattinen kunnonvalvonta auttaa valvottavan järjestelmän operaattoria pitämään järjestelmän erinomaisessa toimintakunnossa. Työn lähtökohtana on automaatiojärjestelmien lisääntynyt valvonnan tarve. Valvontaa halutaan lisätä ja monipuolistaa, jotta automaatiojärjestelmän pienimmätkin poikkeavuudet täydestä valmiustilasta voidaan havaita. Poikkeamat aiheuttavat automaatiojärjestelmän omistajalle kuluja.

Opinnäytetyössä toteutettiin kysely automaation ammattihenkilöille, jotka toimivat asiakasrajapinnassa. Kyselyllä kartoitettiin automaatiojärjestelmien ongelmakohtia automaatioammattilaisen näkökulmasta. Kyselyssä keskityttiin toiminnassa oleviin automaatiojärjestelmiin ja niiden ylläpidollisiin ongelmiin. Ongelmat, sekä seikat, joilla ongelmat voitaisiin ratkaista, haluttiin selvittää. Lisäksi työssä käytettiin tapaustutkimusta, jonka avulla selvitettiin, mitä kaikkea automaatiojärjestelmässä voidaan automatiikan avulla valvoa. Tutkimuksessa keskityttiin työtilaajayrityksen ylläpitämiin automaatiojärjestelmiin. Työ rajattiin työtilaajayrityksen ylläpitämiin laitteisiin ja ohjelmistoihin.

Opinnäytetyössä perehdyttiin myös automaatiojärjestelmiin, laitteisiin joita ne sisältävät sekä kunnonvalvontaan ja kunnossapitoon. Opinnäytetyössä päädyttiin pohtimaan automaatiojärjestelmän automaattisen kunnonvalvontajärjestelmän luontia. Työssä käytiin valvottavan järjestelmän kartoitus ja valvontaohjelmiston rakenne läpi. Tarkastelussa keskityttiin automaattisen kunnonvalvonnan mahdollisiin valvontoihin. Työn avulla saatiin hyvä kokonaiskuva automaatiojärjestelmien laitteiden, toimintojen sekä ohjelmien valvontamahdollisuuksista.

---

Asiasanat: automaatiojärjestelmä, kunnossapito, valvonta

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Master's Degree Programme in Automation Technology

NIEMINEN VESA

Automated condition monitoring of an automation system

Master's thesis 53 pages, appendices 2 pages  
October 2021

---

This study deals with the creation of a automatic condition monitoring system for an automation system. Automatic condition monitoring monitors the status of the device or system under consideration, and reports any the changes it detects. The aim was to create a model on the basis of which a system can be manufactured that can be used for automatic condition monitoring. Automatic condition monitoring helps the operator of the monitored system to keep the system in excellent working order. The starting point of the work was the increased need for control of automation systems. Desired state is to increase the monitoring and the diversity so that even the smallest deviations of the automation system from full standby can be detected. Deviations cause costs for the owner of the automation system.

In the thesis, a survey was conducted for automation professionals who operate in the customer interface. The survey mapped the problem areas of automation systems from the perspective of an automation professional. The survey focused on the automation systems in operation and their maintenance problems. There was a desire to chart out the problems, as well as the ways in which the problems could be solved. In addition, a case study was used in the work to determine areas, that can be controlled in the automation system with the help of automation. The study focused on automation systems maintained by the client company. The work was limited to hardware and software maintained by the client company.

This study also discusses automation systems, the equipment they contain, and condition monitoring and maintenance. In the thesis, we decided to consider the creation of an automatic condition monitoring system for the automation system. The mapping of the monitored system and the structure of the monitoring software were reviewed. The review focused on possible controls for automatic condition monitoring. The work provides a good overview of the possibilities of monitoring the equipment, functions and programs of automation systems.

---

Key words: automation system, maintenance, supervision

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	6
2	AUTOMAATIOJÄRJESTELMÄ .....	8
	2.1 Teollisen automaatiojärjestelmän hierarkia .....	8
	2.2 Teollisen automaatiojärjestelmän laitteita .....	10
3	AUTOMAATIOJÄRJESTELMÄN TOIMITUS, KUNNONVALVONTA JA KUNNOSSAPITO .....	17
4	KYSELYTUTKIMUS    AUTOMAATIOJÄRJESTELMIEN KEHITTÄMISESTÄ,    SEKÄ    JÄRJESTELMISSÄ    ILMENEVISTÄ VIOISTA.....	28
	4.1 Kyselyn tarkoitus ja toteutus .....	28
	4.2 Kyselyn tulokset .....	31
	4.3 Kyselyn yhteenveto .....	36
5	AUTOMAATTINEN KUNNONVALVONTA.....	37
	5.1 Valvottavan järjestelmän kartoitus.....	37
	5.2 Järjestelmän valvonnan läpikäynti ja rajaaminen .....	38
	5.3 Valvontajärjestelmän luonti .....	42
6	YHTEENVETO .....	47
	LÄHTEET .....	49
	LIITTEET .....	51
	Liite 1. Kyselylomake    1(2).....	52
	Liite 1. Kyselylomake    2(2).....	53

**LYHENTEET JA TERMIT**

DCS	Hajautettu ohjausjärjestelmä (Distributed Control System)
ERP	Toiminnanohjausjärjestelmä (Enterprise Resource Planning)
FAT	Tehdashyväksyntätesti (Factory Acceptance Test)
HMI	Ihmisen ja koneen välinen rajapinta (Human Machine Interface)
ICS	Teollisuuden ohjausjärjestelmä (Industrial Control System)
IEC	Kansainvälinen sähköalan standardointiorganisaatio (The International Electrotechnical Commission)
IO	Sisääntulo ja ulosmeno (Input, Output)
IP	Internet-protokolla (Internet Protocol)
MES	Toiminnanohjausjärjestelmä (Manufacturing Execution System)
NAS	Verkkotallennusjärjestelmä (Network Attached Storage)
OPC	Laitteiden välinen kommunikointistandardi (Open Platform Communication)
OPC UA	Laitteiden välinen kommunikointistandardi (OPC Unified Architecture)
PLC	Ohjelmoitava logiikka (Programmable Logic Controller)
PCS	Prosessin ohjausjärjestelmä (Process Control System)
SAT	Käyttöönottohyväksymistesti (Site Acceptance Test)
SCADA	Ohjaus- ja datankeräysjärjestelmä (Supervisory Control and Data Acquisition)

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia automaatiojärjestelmän osien valvontamahdollisuuksia sekä valvontajärjestelmän luontia. Automaatiojärjestelmät koostuvat nykyään useista erilaisista osista aina kenttälaitteista tuotannonhallintajärjestelmiin. Tämä opinnäytetyö pyrkii luomaan kuvauksen siitä, mitä kaikkea nykyisissä automaatiojärjestelmissä on ja miten sitä voidaan tehokkaasti valvoa. Kehittämisessä käytetään apuna kysely- sekä tapaustutkimusta. Työn lähtökohтана on automaatiojärjestelmien lisääntynyt valvonnan tarve. Valvontaa halutaan lisätä ja monipuolistaa, jotta automaatiojärjestelmän pienimmätkin poikkeavuudet täydestä valmiustilasta voidaan havaita. Poikkeamat aiheuttavat automaatiojärjestelmän omistajalle kuluja. Kuluja syntyy silloin, kun järjestelmä ei ole täydessä toimintavalmiudessa. Tällöin saattaa tulla laadullisia poikkeamia tuotteeseen tai prosessiin. Pahimmassa tapauksessa koko järjestelmä pysähtyy kriittisen poikkeaman takia.

Automaatiojärjestelmien monimutkaistuessa niiden valvonta ja ylläpito tulee hankalammaksi. Toimilaitteiden lisääntyessä sekä datan määrän kasvaessa valvonta monimutkaistuu. Jokaisen automaatiojärjestelmässä olevan osan kommunikoinnista ja toiminnasta täytyy saada varmuus, jotta automaatiojärjestelmä voisi toimia suunnitellulla tavalla. Huomattaessa poikkeama järjestelmän valmiudessa, tulisi poikkeamasta ilmoittaa välittömästi käyttäjälle. Tämän jälkeen käyttäjä tekee ratkaisun toimenpiteistä.

Nykyisin automaatiojärjestelmissä on usein jonkinlainen hälytysjärjestelmä, joka lähettää hälytyksen käyttäjälle automaatiojärjestelmässä ilmenevistä ongelmista tai yksinkertaisista yhteyskatkoista automaatiojärjestelmien välillä. Työn tarkoituksena on tutkia, miten automaatiojärjestelmän valvonnasta saataisiin mahdollisimman tehokas sekä kattava.

Kyselytutkimus toteutetaan automaatiojärjestelmien ylläpitäjille. Kyselytutkimuksessa pyritään selvittämään automaatiojärjestelmän tarvitsemat valvonnan kohteet. Kysymyksissä pyritään selvittämään ongelmien aiheuttajat sekä ongelmien synty.

Tapaustutkimuksessa tutkitaan eri mahdollisuuksia automaatiojärjestelmän valvontaan sekä kartoitetaan työntilaaajayrityksen ylläpitämien automaatiojärjestelmien sisältö. Tutkimusten tavoitteena on luoda toimintatapa automaatiojärjestelmää valvovan järjestelmän luomiseksi.

## 2 AUTOMAATIOJÄRJESTELMÄ

Sana automaatio on johdettu kreikkalaisista sanoista auto (itse) ja matos (liikkuva). Siksi kuvausta automaatio voidaan käyttää järjestelmistä, jotka toimivat itsenäisesti. Automaatio on joukko tekniikoita, jotka ohjaavat koneiden ja järjestelmien toimintaa ilman merkittävään ihmisen väliintuloa ja saavuttavat halutun suorituskyvyn ylittäen manuaalisen käytön tehokkuuden. (Sen 2014)

Teollisen prosessin käyttäminen halutulla tavalla vaatii sen toiminnan hallintaa jokaisessa mahdollisessa vaiheessa. Valvonta on joukko käytäntöjä ja tekniikoita, jotka auttavat saavuttamaan halutut toimintaparametrit ja sekvenssit antaen tuotantoyksiköille ja järjestelmien prosesseille tarvittavat tiedot. (Sen 2014)

Minkä tahansa ohjausjärjestelmän päätehtävänä on varmistaa, että lähdön on noudatettava asetuspistettä tai haluttua arvoa. Automaatiojärjestelmät voivat kuitenkin sisältää enemmän toimintoja, kuten ohjausjärjestelmän ohjearvojen laskemisen seurannan, järjestelmän suorituskyvyn seurannan, laitoksen käynnistuksen tai sammutuksen sekä työn ja laitteiden aikataulutuksen. (Sen 2014)

### 2.1 Teollisen automaatiojärjestelmän hierarkia

Nykyaikaisissa teollisuusautomaatiojärjestelmissä on yleensä käytössä viisikerroksinen viestintähierarkiamalli (kuva 1). Siinä kuvataan tarvittavat laitteet, verkkoarkkitehtuuri, laitteiden väliset tiedonsiirtotavat sekä tiedonkulun ja hallinnan luonne. Viisikerroksista hierarkiaa jaotellaan seuraavasti: (Sen 2014)

#### **Kenttätaso**

Kenttätaso käsittää anturit, toimilaitteet, kytkimet, jotka on asennettu valmista-miin säiliöihin, astioihin ja putkistoihin prosessitehtaassa. Anturit antavat tietoa prosessista muuttujien avulla (lämpötila, paine, virtaus, taso) ja välittävät signaalit I/O-tasolle (tulo / lähtö). Nämä signaalit välitetään sitten toimilaitteille, jotka ohjaavat venttiilien avaamista, sulkeutumista tai pumppujen käynnistystä, pysäytystä. (Sen 2014)



### **I/O-taso**

I/O-tason päätarkoitus on yhdistää tulo- ja lähtösignaalit. Anturien signaalit ohjataan ohjaimiin ja ohjaimien signaalit toimilaitteisiin. (Sen 2014)

### **Ohjaustaso**

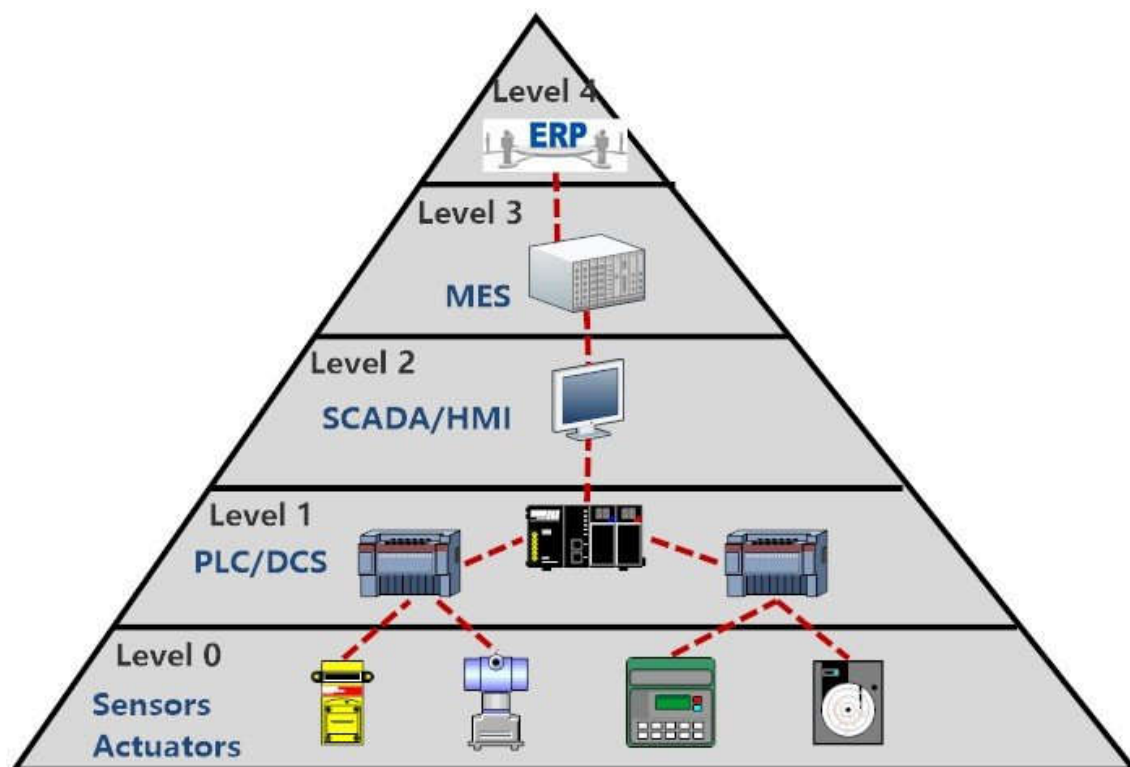
Ohjaustasolla signaalit antureilta (sijaitsevat kentällä) käsitellään ja haluttujen prosessi asetusrvojen mukaan luodaan toimilaitteille lähtöarvot. Yleensä ohjelmoitava logiikka (PLC), hajautettu ohjausjärjestelmä (DCS) ja valvonnan hallinta ja tiedonhankintajärjestelmä (SCADA) kuuluvat tähän kerrokseen. (Sen 2014)

### **Käyttöliittymän taso**

HMI (Human Machine Interface) taso ensisijaisesti huolehtii laitoksen toiminnan organisoidusta ja järjestelmällisestä esittämisestä valvontatasolle. Tiedonkeruu, reseptien hallinta, omaisuudenhallintaa, ylläpitoaikataulutyökaluja käytetään tässä kerroksessa parantamaan prosessinhallintaa. Operaattoreilla on koko laitoksen tiedot käyttöliittymän avulla ja he voivat ohjata prosessia haluamallaan tavalla tai voivat korjata hälytystilanteita. Tällä tasolla ovat myös hälytysten kirjaaminen, historiallisten raporttien luominen, kirjausketju. (Sen 2014)

### **Yritystaso**

Yritystasolla koko tieto kerätään toiminnanohjausjärjestelmään (MES). Tässä yrityksen päätöksenteko kuten tilaaminen, tuotannon aikataulutus, laskutus, lähetys, tulevaisuuden suunnittelu tehdään eri ohjelmistotyökalujen avulla. (Sen 2014)



Kuva 1. Automaatiojärjestelmä pähkinänkuoressa (Wenbin, ym. 2017)

## 2.2 Teollisen automaatiojärjestelmän laitteita

Automaatiojärjestelmät sisältävät useita laitteita, jotka voivat toimia itsenäisenä yksikkönään, tietyinä laitteiden ryhmänä tai kokonaisuena järjestelmänä.

### Ohjelmoitava logiikka

Ohjelmoitava logiikka on mikroprosessoripohjainen laite, joka tarkkailee jatkuvasti tuloporttejaan. Näiden tilan sekä siihen tehdyn ohjelman perusteella ohjelmoitava logiikka ohjaa lähtöporttejaan. (Dey, Sen 2020)

Alkeellisimmassa muodossaan ohjelmoitava logiikka käyttää ainoastaan loogisia tulo- ja lähtöportteja. Nykyään ohjelmoitavat logiikat ohjaavat digitaalisia- sekä analogisignaaleja. Lähes jokaista tuotantolinjaa, koneohjausta tai prosessia voidaan parantaa merkittävästi, mikäli siinä käytetään tämän tyyppistä ohjelmoitavaa logiikkaa. Se on erittäin käyttäjäystävällinen. Käyttäjäystävällisyys tulisi viedä sille tasolle, että tuotantolinjan operaattori ei tarvitse erityisiä taitoja voidakseen operoida järjestelmäänsä. Monipuolisuus, joustavuus, kustannustehokkuus ja

kestävyys ovat ohjelmoitavan logiikan avainsanoja teollisuusautomaatiossa.(Dey, Sen 2020)

### Ohjelmoitavan logiikan rooli teollisuusautomaatiossa

Ohjelmoitavat logiikat (kuva 2) ovat suuressa roolissa prosessiautomaatiossa, aina autoteollisuuden kokoonpanosta ydinvoimatekniikan turvaratkaisuihin. Ne ovat tulleet koko ajan suosituimmiksi niiden mahdollistamien uusien toiminnallisuuksien ansiosta. Kuvassa 2 oleva ohjelmoitava logiikka on Omron-yhtiön valmistava. Kuvassa olevassa logiikassa on sisäänrakennettuna tulo- ja lähtökanaavia. Yleensä ohjelmoitavassa logiikassa on ainoastaan ohjausyksikkö, johon voidaan liittää halutut ominaisuudet.

Mikä tahansa automaatioon perustuva ohjausjärjestelmä lähtee perusajastuksesta, että haluttu toiminta toteutetaan mahdollisimman tehokkaasti ja luotettavasti. Ohjelmoitavat logiikat tarjoavat yksinkertaisen ja kustannustehokkaan ratkaisun moniin automaation tehtäviin esimerkiksi: sekvenssiohjaukseen, PID-säätimeen, ohjattavan prosessin monitorointiin, kommunikointiin toisten laitteiden sekä käyttäjien välillä, turvaratkaisuihin sekä automaattisiin käynnistys- ja pysäytyssekvensseihin. (Dey, Sen 2020)



Kuva 2. Esimerkki ohjelmoitavasta logiikasta (Omron n.d.).

## Ihmisen ja koneen välinen rajapinta

Ihmisen ja koneen välinen rajapinta (HMI) on graafinen käyttöliittymä (kuva 3), joka mahdollistaa ihmisen vuorovaikutuksen koneen kanssa. Kuvassa 3 on esimerkki graafisesta käyttöliittymästä. Ihmisen ja koneen väliset käyttöliittymiä on monenlaisia, esimerkiksi ydinvoimalan käyttöpaneelista älypuhelimien näyttöön.

HMI on käyttöliittymä, millä ohjataan esimerkiksi, valmistuslinjoja, valmistusreseptejä, tapahtumien rekisteröintiä, kameroiden ohjausta sekä tapahtumien ohjausta, niin että käyttäjä voi ohjata prosessia haluamallaan tavalla haluamassaan prosessin vaiheessa.

Jotta HMI voisi toimia kuin sen halutaan toimivan, on sen oltava yhteydessä ohjelmoitavaan logiikkaan. Ohjelmoitava logiikka tuo sensoreiden tiedon ja luo siitä datamuodon, joka voidaan esittää HMI laitteella. (Anaheim Automation n.d.)



Kuva 3. Esimerkki näyttöpäätteestä (Omron n.d.)

## **Ihmisen ja koneen väliset rajapinnan laitteet**

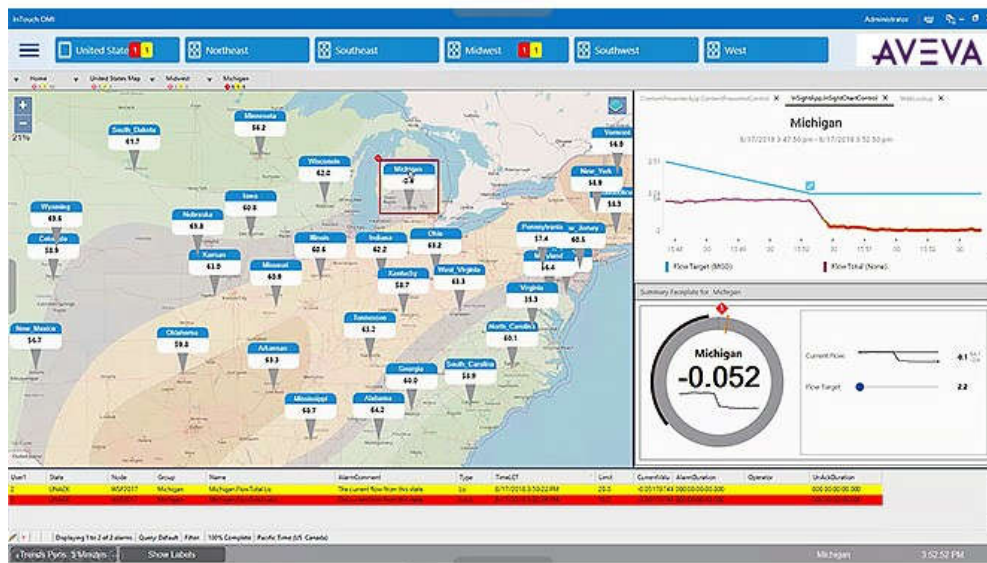
On kolmen tyypin HMI-laitteita: painonappien korvaaja, tiedonkäsittelijä sekä valvoja. Ennen kuin graafisia käyttöliittymiä oli, saattoi prosessin ohjaus sisältää satoja painonappeja sekä merkkivaloja erilaisten toimintojen ohjaamiseen. Painonappien korvaaja HMI teki prosessin ohjauksesta yksinkertaisempaa. Keskittäen kaikki ohjaukseen tarvittavat painonapit yhteen paikkaan (kuva 3). (Anaheim Automation n.d.)

Tiedonkäsittelijä HMI on täydellinen kohteisiin, joissa tarvitaan jatkuvaa tietoa prosessista tai tietoa prosessin kokonaistilasta. Tämän tyyppisessä HMI laitteessa tulee huomioida näytön riittävä koko, sekä graafinen ilme. Tiedonkäsittelijään kuuluvat oleellisesti valmistus reseptiikka, trendit sekä hälytykset. Joka kerta kun järjestelmään kuuluu SCADA tai MES, valvoja on erittäin hyödyllinen. Valvova HMI koostuu tyypillisesti tietokoneesta ja useasta tietoliikenneväylästä. (Anaheim Automation n.d.)

## **Valvonta ja tiedonhankintajärjestelmä**

Pelkistetyn näyttöpaneeliohjauksen toinen varsin yleinen teollisuudessa käytetty ratkaisu on SCADA. SCADA, eli ohjaus- ja datankeräysjärjestelmä, on paljon monipuolisempi käyttöliittymä kuin tietyn osion ohjaukseen ja seurantaan tarkoitettu näyttöpäätte. SCADA on eräänlainen teollisuuden ohjausjärjestelmä (ICS); tämän lisäksi teollisuuden ohjausjärjestelmä kuvaukseen kuuluvat: Ohjausjärjestelmä (DCS) ja ohjelmoitava logiikkaohjain (PLC). SCADA erottaa itsensä kahdesta muusta olemalla valvontaelin ennemmin kuin ohjaukselin. (Sen 2014)

SCADA-pohjainen järjestelmä (kuva 4) tekee normaalisti ohjauksen valvontaa prosessiteollisuudessa suljetun ohjauksen sijasta. Kuvassa 4 on esimerkkikuva Aveva yhtiön Intouch SCADA-järjestelmästä. SCADA-järjestelmä seuraa koneiden toimintakykyä, koneiden ja laitteiden hallinnan toimivuutta ympärivuorokautisesti. Ihmisen tekemänä tämä työ päivittäinen olisi erittäin tylsää ja epätarkkaa. (Sen 2014)



Kuva 4. Kuvakaappaus Wonderware InTouch valvomonäytöstä (Aveva n.d.)

## Automaatioverkko

Automaatioverkolla tarkoitetaan järjestelmää, jossa toisiinsa liitettyjä laitteita käytetään ohjaamaan ja valvomaan fyysisistä prosessia teollisuusympäristössä. Nämä verkot eroavat toiminnallisten erityisvaatimustensa takia merkittävästi perinteisistä yritysverkoista. Toiminnallisista eroista huolimatta automaatioverkkojen ja yritysverkkojen välillä on kasvavaa integraatiota. (B. Galloway & G.P. Hancke 2013, 860)

Digitaaliset ohjausjärjestelmät ovat verkottuneet jokaisella teollisuuden ohjausjärjestelmän tasolla. Ethernet-standardreja hyödyntämällä on saavutettu yritys- ja teollisuusverkkojen integraatioita. Tämä on johtanut verkkoympäristöihin, jotka muistuttavat tavanomaisia yritysverkoja, mutta joilla on huomattavasti erilaiset vaatimukset. (B. Galloway & G.P. Hancke 2013, 860)

Automaatioverkko huolehtii kentälaitteiden, digitaalisten ohjainten, erilaisten ohjelmistopakettien ja ulkoisten järjestelmien kommunikointiprotokollien toteutuksesta. Automaation lisääntyminen teollisuusympäristössä on jatkuvassa kasvussa ja tästä syystä teollisuuden verkkoja integroidaan entistä enemmän perinteisten

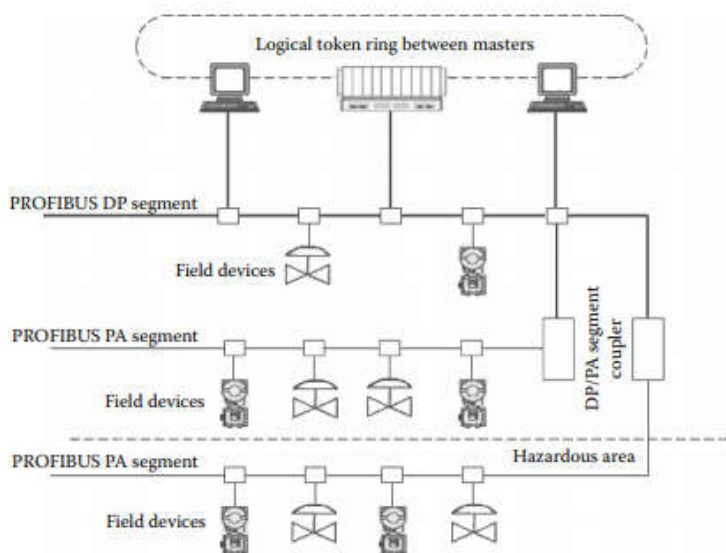
tekniikoiden kanssa. Teollisuusverkkojen kehittäminen, käyttöönotto, käyttö sekä ylläpito vaativat erityisosaamista teollisten verkkojen peruseräiteistä, toiminoista sekä vaatimuksista. (B. Galloway & G.P. Hancke 2013, 860)

## Kenttäväylä

Kenttäväylä (kuva 5) on kaksisuuntainen yhteys ohjaimen tai näytön ja kenttälaitteen välillä. Se on verkko, jota tarvitaan prosessiautomaatiolaitteiden integroimiseksi yhtenäiseen järjestelmään. (Powell, Vandelinde 2013)

Avain kenttäväylän operatiiviseen menestykseen on, että ohjaimen ja kenttälaitteen kommunikointi tapahtuu molempiin suuntiin, ja kenttälaitte pystyy hälyttämään ohjainta tarvittaessa. Tämä digitaalinen vuoropuhelu puolestaan hälyttää käyttäjää, kun verkossa tapahtuu tärkeitä tapahtumia, mikä tarjoaa joukon tietoja, joita tarvitaan prosessin pitämiseen aktiivisena. (Powell, Vandelinde 2013)

Kenttäväylä on keskushermon (ohjain) ja kaikkien osien välinen hermoverkko, joka pitää prosessilaitoksen toiminnassa maksimikapasiteetilla. (Powell, Vandelinde 2013)



Kuva 5. Esimerkki kenttäväylä jaottelusta (Sen 2014)

## Kenttälaite

Jotta jokin prosessi voidaan automatisoida, tarvitaan tehtävään sopivat mitta- ja toimilaitteet. Mittalaitteet koostuvat anturista ja mittalähettimestä (kuva 6), joka muuttaa anturin antaman mittaviestin paremmin siirrettävään ja muun laitteiston kannalta helpommin käsiteltävissä olevaan standardimuotoon. Toimilaitteet vaikuttavat prosessiin halutulla tavalla, esim. venttiili voi muuttaa virtausta jossakin putkessa tai lämmitysvastus voi muuttaa lämpötilaa jossakin säiliössä. Toimilaitteet koostuvat toimimoottorista ja toimielimestä. (Oulun yliopisto, 2021)

Nykyisin sekä mittalaitteet että toimilaitteet sisältävät usein oman erikoistuneen mikroprosessorinsa, joka käsittelee varsin itsenäisesti erilaisia tietoja ja joka kykenee myös keskustelemaan muiden laitteiden prosessoreiden kanssa. Tästä syystä näitä toimilaitteita on kutsuttu älykkäiksi kenttälaitteiksi. Älykkäät kenttälaitteet kommunikoivat sekä keskenään että muiden automaatiolaitteiden ja myös ihmisen kanssa alemman tason tietoverkon eli ns. kenttäväylän kautta. (Oulun yliopisto, 2021)

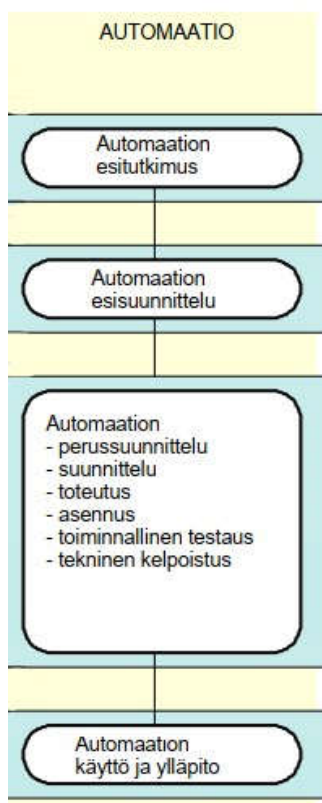


Kuva 6. Siemens Sitrans MAG 6000 virtausmittauslähettin (Siemens 2021)



### 3 AUTOMAATIOJÄRJESTELMÄN TOIMITUS, KUNNONVALVONTA JA KUNNOSSAPITO

Automaatiojärjestelmän toimitusprosessi (kuva 7) on hyvä tuntee, jotta tulee käsitys automaatiojärjestelmän synnystä. Kuvassa 7 on käyty projektitoimituksen kohdat läpi automaation näkökulmasta. Kuvassa olevat kohdat kertovat työvaiheet, joihin automaatio liittyy, aina projektin alkusuunnittelusta valmiiseen toteutukseen asti. Projekteissa on usein monta muutakin osa-aluetta kuin pelkkä automaatio, mutta näissä esimerkeissä katsotaan projektia ainoastaan automaatioitoimittajan näkökulmasta. Varsinkin projektien alussa on vaihteita, jossa automaatiojärjestelmätoimittajaa ei ole vielä valittu. Nämä vaiheet hoitaa automaatiojärjestelmän tilaaja, tai taho, jonka tilaaja on määrittänyt. Kuvassa 7 nämä vaiheet voisivat olla automaation esitutkimus ja automaation esisuunnittelu. Parhaassa tapauksessa automaatiojärjestelmää suunniteltaessa on luotu suunnitelma kunnossapidon ja kunnonvalvonnan varalle. Tämä helpottaa kunnossapitoa järjestelmän siirryttyä tuotantoon, sekä antaa vakaan pohjan kunnossapidon dokumentaatiolle.



Kuva 7. Automaation elinkaari (Suomen automaatioseura 2001, muokattu)

## **Automaatiojärjestelmän toimituksen vaiheet ennen asennusta**

Automaatiojärjestelmän toimitus aloitetaan esitutkimusvaiheella. Esitutkimusvaiheessa luodaan kannattavuuslaskelma, johon perustuen tilaaja hakee organisaatiossaan lupaa projektin asettamiselle (suunnittelupäätös).

(Suomen automaatioseura 2001)

Tämä vaihe on aivan ensimmäinen, jossa haetaan tulevan projektin raamit. Esimerkkinä voidaan käyttää kokoonpanolinjaa. Tässä vaiheessa kokoonpanolinjan suunnittelua on tehty laskelmat kuinka paljon kokoonpanolinja voisi maksaa ja kuinka paljon se voisi tuottaa omistajalleen. Tässä vaiheessa ei yleensä ole vielä päätetty automaatiotoimittajaa.

### **Automaation esisuunnittelu**

Esisuunnitteluvaiheessa tilaaja selvittää järjestelmän vaatimukset, ratkaisumahdollisuudet sekä arvioi kustannukset ja hyödyt investoinnin toteutuspäätöstä varten. Aineistoa tarvitaan myös tarjouspyyntöjen tekoon perussuunnitteluvaiheessa. (Suomen automaatioseura 2001)

Tässä vaiheessa tilaaja voi halutessaan käyttää ulkopuolista konsultaatioapua. Tämä koskee yleensä projektin osa-alueita, joihin tilaajalla ei ole tarvittavaa ammattitaitoa. Konsultaation avulla tilaaja varmistaa projektinsa esisuunnittelun onnistumista projektin osa-alueilla. Konsultaatioapua ei tarvita, mikäli tilaajalla on tarvittavan ammattitaitoiset resurssit projektin jokaisella osa-alueella. Tämän vaiheen jälkeen automaatiotoimittajat saavat tarjouspyynnön halutusta automaatiotoimituksesta.

## **Automaation suunnittelu ja toteutus**

Kun automaatiotoimittajilta on saatu tarjouspyyntöihin vastaukset ja toimittaja valittu, voidaan aloittaa automaatiojärjestelmän toteutuksen seuraava vaihe. Riippuen tarjouspyynnön sisällöstä, alkaa automaatiojärjestelmän tarkempi suunnittelu esisuunnittelun pohjalta. Tähän vaiheeseen kuuluvat laitesuunnittelu sekä ohjelmistosuunnittelu.

Laitesuunnittelussa määritellään automaatiojärjestelmään tulevat automaatio- ja sähkökeskukset, kentälaitteet sekä niiden välinen kaapelointi. Tarjouspyynnön sekä tarjouksen sisältö määrittää laitteistosuunnittelun toteuttajan sekä suunnittelun sisällön.

Tämän lisäksi automaatiojärjestelmän tilaaja pääsääntöisesti toimittaa automaatiojärjestelmän toimintaselostuksen. Tämäkin kohta on voitu tarjouspyynnössä sisällyttää automaatiojärjestelmän toimittajalle. Toimintaselostus on ohjeistus, miten automaatiojärjestelmän tilaaja haluaa järjestelmänsä laitteiston toimivan. Toimintaselostuksen pohjalta automaatiojärjestelmän toimittaja ryhtyy toteuttamaan automaatiosuunnittelua.

Mikäli automaatiojärjestelmän toimintaselostus on määritelty automaatiotoimittajalle, tarvitsee automaatiojärjestelmän toimittajan olla tiiviissä yhteydessä automaatiojärjestelmän tilaajan kanssa. Tämä on edellytys, jotta toimintaselostuksesta saataisiin tilaajan haluaman mukainen. Tämän takia tulisi pitää toimintaselostuspalaveri, jossa ovat läsnä tilaaja, valittu automaatiojärjestelmän toimittaja sekä mahdollisesti tilaajan palkkaama automaatiokonsultti.

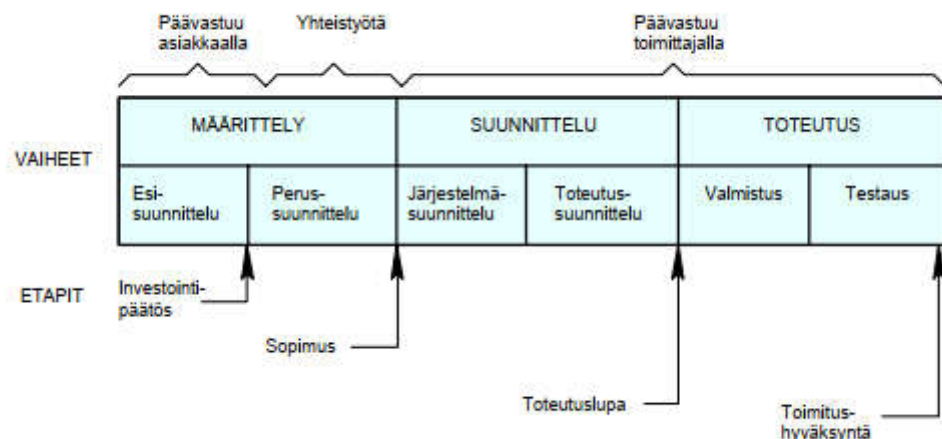
Automaatiokonsultointia tarvitaan silloin, kun tilaajan ydinosaamiseen ei kuulu automaation toteutukset. Konsultaatio apu voi olla tarpeen myös tilanteessa, jossa halutaan varmistus toimintaselostukseen tulevien kohtien oikeellisuudesta.

## FAT-testaus

Ohjelmiston ja automaatiokeskuksen valmistumisen jälkeen voidaan kutsua asiakas FAT-testaukseen. FAT-testaus voi viedä aikaa päivästä useampaan viikkoon, riippuen automaatiojärjestelmän laajuudesta.

Ohjelma testataan yleensä ensin tehtaalla, kun laitetta valmistetaan ja rakennetaan. Sen jälkeen laitetta testataan käyttökohteessa laitteen käyttöönoton yhteydessä. Testissä simuloidaan koneautomaation mittaukset ja ohjaukset asettamalla yksitellen jokainen I/O eli sisään- ja ulostulo ja sen jälkeen tarkistetaan elektroniikan sekä ohjelman toimivuus. Usein joudutaan simuloimaan yhtä aikaa useita mittaus- ja ohjauspiirejä, jotta voidaan testata monimutkaisempien ohjaussysteemien toiminta. Tehdastesti on yleensä rajattu tekniseen toimivuuteen. (Opetushallitus 2021)

FAT-testauksesta on hyvä luoda pöytäkirja, josta tulee ilmi läpikäytyt kohdat sekä mahdolliset muutostarpeet. FAT-testauspöytäkirja tulee hyväksyttävä automaatiojärjestelmän tilaajalla ennen järjestelmän käyttöönottoa.



Kuva 8. Automaatiojärjestelmän vaiheet sekä vastuut ennen toimitusta (Suomen automaatioseura 2001)

## **Automaatiojärjestelmän vaiheet käyttöönotossa**

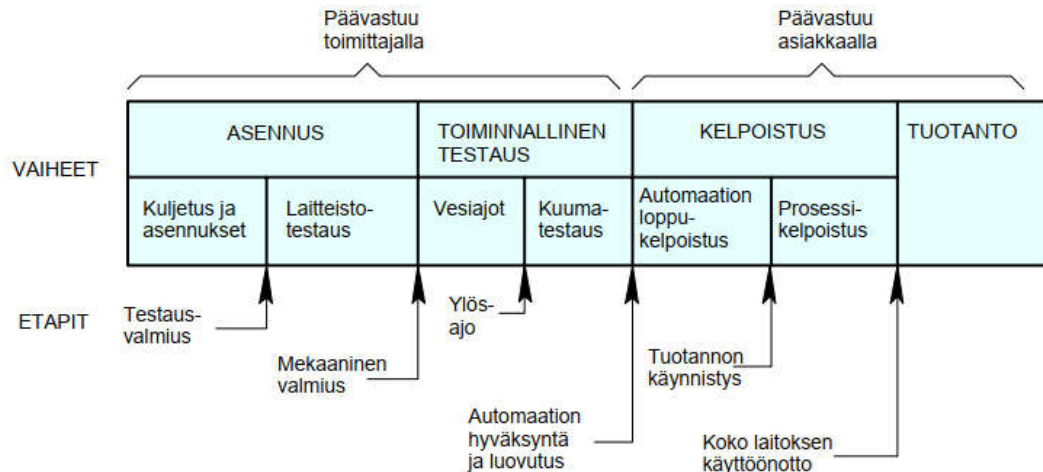
Käyttöönotto tarkoittaa automaatiojärjestelmän toimituksessa vaihetta, jossa asiakkaalle toimitetut laitteet ovat asennettu ja niitä päästään testaamaan sekä saattamaan tuotantovalmiiksi.

Käyttöönotosta tehdään oma suunnitelma ja laitteet tarkistetaan, käyttäjä hyväksyy tarkistuksen ja tarkistukset dokumentoidaan ennen käyttöönottoa. Käyttöönotto tehdään suunnitellusti testaamalla laitteita "kylmänä", "vesillä" tai muilla oikeata käyttöä vastaavilla tavoilla. Käyttöönottestissä on mukana jo enemmistömittaus- ja ohjauspiireistä, ja niiden avulla saadaan aikaan oikeaa tilannetta vastaavat arvot. Näin voidaan testata isoja kokonaisuuksia. (Opetushallitus 2021)

## **Automaation asennus**

Asennusvaiheen tavoite on hoitaa automaatiojärjestelmän toimitus ja asennus asiakkaan tiloihin. Samalla tarkoitus on tarkastuksin ja testein osoittaa, että järjestelmä on toimintakunnossa ja suunnittelukuvausten mukainen (laitteisto-, ohjelmisto- ja verkkokuvaus). Kaikessa asennuksessa noudatetaan suunnittelu- ja toteutusvaiheiden aikana syntynyttä asennussuunnitelmaa sekä vastaavaa testaussuunnitelmaa. (Suomen automaatioseura 2001)

Asennuksessa asennetaan paikalleen automaatio- ja sähkökeskukset, ristikiyt-kentäkaapit, kenttälaitteet sekä niiden välinen kaapelointi. Asennus vaiheen jälkeen suoritetaan laitteistotestaus, jossa todennetaan järjestelmän keskinäisen kommunikaation toiminta. Kaikki toimintavaiheet eivät ole automaatiotoimittajan vastuulla (kuva 8 ja kuva 9). Yleensä automaatiojärjestelmän asennus kuuluu automaatiotoimittajalle.



Kuva 9. Automaatiojärjestelmän vaiheet sekä vastuut toimituksen jälkeen (Suomen automaatioseura 2001)

### Laitteistotestaus

Laitteistotestauksen aikana testataan asennetun automaatiojärjestelmän tietokoneiden, ohjaimien, verkon ja kentälaitteiden mekaaninen ja sähköinen toimivuus esim. tarkistamalla mittausten ja ohjaussignaalien kulku valvomon ja kentän välillä. Sen jälkeen järjestelmä on valmis toiminnallista testausta varten. (Suomen automaatioseura 2001)

Laitteistotestausta varten tulisi luoda dokumentaatio, jossa ovat kaikki järjestelmään kuuluvat laitteet sekä niiden signaalit. Laitteistotestauksen yhteydessä voi dokumentaation merkitä testatut kohteet ja mahdolliset ongelmakohtat. Ongelmakohta voi esimerkiksi olla toimilaitte, jossa ei ole suunnitelman mukaisia signaalilähtöjä. Tämänlainen tilanne voi tulla vastaan, jos kyseisessä prosessissa on monta laitteistotoimittajaa. Automaatiojärjestelmän tilaaja päättää tämän jälkeen toimenpiteistä. Kun testustoiminta on saatu hyväksyttävästi toteutettua, toimitetaan tilaajalle testausta koskevat dokumentaatiot.

## **Kylmätestaus**

Kylmätestauksen eli vesiajojen päätavoite on tarkastaa toimintokokonaisuuksia mahdollisimman todellisissa, mutta turvallisissa olosuhteissa. Siksi ei yleensä vielä käytetä oikeita, mahdollisesti vaarallisia tai kalliita prosessiaineita, vaan korvikeaineita, kuten vettä. Kylmätestauksen aikana käyttöhyödykkeistä ovat saatavilla jo kaikki tarvittavat, esim. sähkö, paineilma ja vesi. Kylmätestaus voidaan suorittaa tarpeen mukaan myös osissa, joissa testataan kerrallaan vain yhtä prosessin osa-aluetta. Osissa testaaminen pystytään keskittymään tarkemmin kyseisen osion ongelmien ratkomiseen ja osion yleiseen optimointiin. (Suomen automaatioseura 2001)

## **Kuumetestaus**

Kuumetestausta tunnetaan myös nimellä SAT-testi. Kuumetestauksen tavoite on todeta prosessin ja automaatiojärjestelmän toimivuus kokonaisuutena suunnitelmien mukaisesti todellisissa olosuhteissa. Prosessiin otetaan todelliset prosessiaineet, ja se ajetaan ylös. Kuumetestauksen aikana voi syntyä jo lopputuotetta, mutta ei välttämättä myyntiin kelpavaa, jos tuotteeseen kohdistuu viranomaisvaatimuksia. (Suomen automaatioseura 2001)

Hyväksytytn kuumetestauksen jälkeen automaatiojärjestelmä voidaan luovuttaa asiakkaalle, mikäli näin on sovittu.

## **Häiriötön koekäyttö**

Tilaaaja saattaa myös vaatia häiriötöntä koekäyttöä tietylle ajalle. Tämä ajanjakso on usein viikosta kuukauteen riippuen kohteesta. Häiriötön koekäyttö tarkoittaa tuotantotilaa, jossa ei esiinny automaatioon liittyviä häiriöitä. Mikäli häiriöitä ilmenee, alkaa häiriötön koekäyttö alusta. Häiriöttömän koekäytön jälkeen tilaaja vastaanottaa automaatiotoimituksen, mahdolliset takuut alkavat ja tilaaja maksaa automaatiotoimittajalle viimeisen maksuosuuden automaatiourakasta.

## **Automaation käyttö ja ylläpito**

Automaatiojärjestelmän siirryttyä tuotantoon, alkaa sen kunnonvalvonta sekä kunnossapito. Kunnossapitosuunnitelma luodaan viimeistään tässä vaiheessa. Kunnossapitoa suunniteltaessa tulee ottaa huomioon useita tekijöitä. Esimerkiksi: valmistajien antamat ohjeet laitteidensa kunnossapidosta, prosessi raaka-aineet, jos ne ovat erityisen kuormittavia laitteistolle, laitteiden käyttöaste sekä ympäristöolosuhteet, jossa järjestelmä sijaitsee.

Jokainen prosessi on kuitenkin yksilöllinen. Kunnossapitosuunnitelma harvoin saadaan niin kattavaksi heti alusta, että kaikki ongelmakohdat on saatu huomioidua. Kunnossapitodokumentaatiota täydennetään huomattaessa tarvetta lisäyksille tai muutoksille.

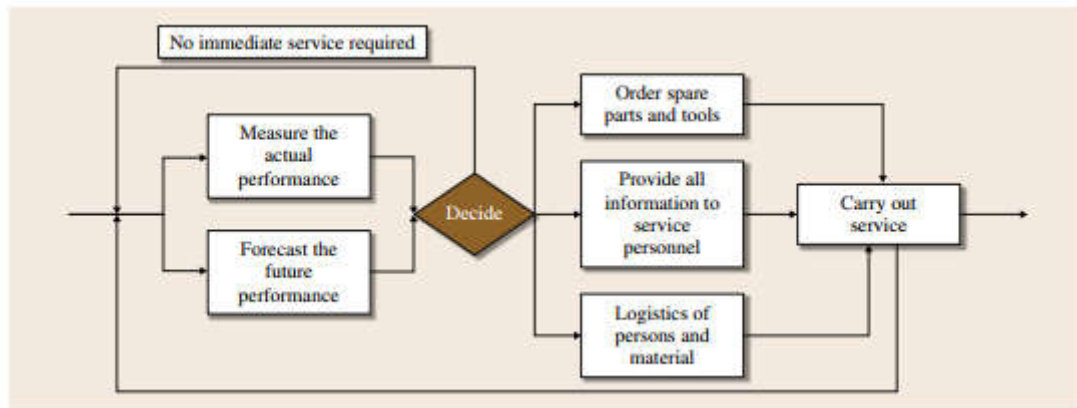
## **Järjestelmän kunnonvalvonta**

Kunnonvalvonta perustuu muutosten seuraamiseen mittaussuureessa eli kyseessä on jatkuva toiminta. Esimerkiksi lämpötilan kasvu tai värinän lisääntyminen on yleensä merkinä koneen kunnon huononemisesta. Kunnonvalvonta sisältää tämän muutoksen havaitsemisen, sen diagnostisoinnin, eli syyn tarkemman selvittämisen sekä lisäksi arvion siitä, kuinka vakava vaurio on eli jäljellä olevan käyttöiän ennustamisen. (ABB 2000)

Automaatiojärjestelmän kuntoa voidaan tarkastella monin eri tavoin. Yksinkertaisimmillaan voidaan järjestelmää tarkastella aistien varaisesti. Näyttääkö automaatiojärjestelmään kuuluva laite vaurioituneelta? Mikäli näyttää. Toteutetaanko huoltotoimi välittömästi vai näyttääkö vaurio niin pieneltä, että huoltotoimi toteutetaan vasta seuraavassa suunnitellussa huollossa.

Yksinkertaisimmillaan automaatiojärjestelmän aistinvarainen tarkastelu on edellä kuvattua. Todellisuudessa prosessi on monimutkaisempi. Huollettavan kohteen hinta, osien saatavuus, prosessin toiminta ja huoltohenkilöiden saatavuus vaikuttavat huoltopäätökseen (kuva 10).





Kuva 10. Huollon tarpeen arviointi (Nof 2009)

### Mekaaninen kunnnonvalvonta

Kunnnonvalvonta perustuu erilaisten fysikaalisten suureiden mittaamiseen laitteesta sen käynnin aikana. Parhaaseen tulokseen päästään, kun kunnnonvalvontamittauksia tehdään säännöllisesti siten, että eri kerroilla mitatut tulokset ovat keskenään vertailukelpoisia. Näin mitatut arvot voidaan asettaa samalle asteikolle ja seurata niiden kehittymistä eli trendiä. Mikäli samasta laitteesta seurataan useita eri suureita, on analyysien luotettavuus yksittäisiin mittauksiin verrattuna parempi. Tällöin käytetään nimitystä moniparametrivalvonta Kunnnonvalvonta voi perustua ainakin seuraavien suureiden mittaukseen: värinä, lämpötila, voiteluöljyn puhtaus ja ominaisuudet, sähkövirta ja paine, virtaus, käyntinopeus. Näistä värinän eli värähtelyn mittaukset ovat selvästi tärkein kunnnonvalvonnan mittausmenetelmä. (ABB 2000)

### Tietoliikenteen kautta suoritettava kunnnonvalvonta

Automaatioverkot ovat yhteydessä fyysisiin laitteisiin ja järjestelmän vikaantumisella on vakavampia seurauksia kuin yrityksen järjestelmän vikaantumisella. Eri-laiset verkon vikaantumisen vaikutukset ovat korostuneet, ne voivat sisältää laiteaurioita, tuotannollisia menetyksiä, ympäristövahinkoja, maineen menetyksen, henkilövahinkoja tai jopa kuolemaan johtavia tapaturmia. (B. Galloway & G.P. Hancke 2013)

Tämän vuoksi on erittäin tärkeää järjestää tietoliikenteelle toimiva kunnnonvalvonta. Tietoliikenteen kunnnonvalvonta perustuu seuraaviin seurattaviin arvoihin.

Laitteella tulee olla yhteys järjestelmän laitteisiin, joiden kanssa sen tulee kommunikoida, sekä sen lähettämät viestit ovat oikeellisia. Kommunikointi vian voi aiheuttaa laitteistovika, kaapeloinnin katkeaminen tai muu kommunikaatiossa tapahtuva katkos. Tämä ongelma on helposti huomattavissa. Vian paikallistamisen jälkeen vikaantunut laite tai kaapeli korvataan uudella. Mikäli kyseessä on tietoliikennekytkin tai laite, jossa on useampi ethernet-portti, jota voidaan käyttää. Voi vikaa koittaa korjata ainoastaan portin vaihdolla. Tässä tapauksessa tulee kuitenkin kunnonvalvonta dokumentaatioon merkitä kyseinen ongelma, ja varata korvaava tietoliikennekytkin valmiiksi vastaavasti ohjelmoituna.

Laitteen lähettämä viesti tulee olla halutun mukainen. Kommunikointiviesti voi häiriöstä johtuen olla liian lyhyt, sisältää häiriöitä tai on pahimmassa tapauksessa täysin virheellinen. Häiriöitä voivat aiheuttaa laitteistoviat sekä ulkoiset häiriöt. Esimerkiksi verkkokaapeloinnin väärä sijoitus kaapelihyllyllä voi aiheuttaa häiriöitä kommunikointiin. Tämän voi aiheuttaa, jos kaapelihyllyllä sijaitsee moottorikaapelointia tai muita isommalla jännitteellä olevia kaapeleita.

Viallinen laite saattaa lähettää viallisia viestejä vain satunnaisesti. Tämänlaiset häiriöt voivat olla erittäin vaikeita havaita ja paikallistaa.

Tietoliikenteen kunnonvalvontaan on saatavilla ohjelmistoja, joiden avulla tietoliikenteen kunnonvalvonta voidaan toteuttaa helposti. Ohjelmistoja ilmaisia avoimen lähdekoodin ohjelmistoja sekä kaupallisia ohjelmistoja. Kaupalliset sovellukset ovat yleensä käyttäjäystävällisempiä ja sisältävät enemmän ominaisuuksia.

### **Laittevalmistajan ohjeistuksen mukainen kunnossapito**

Laitteenvalmistajat merkitsevät laitteidensa tarvitsemat huoltotoimenpiteet käyttöohjeisiinsa. Näitä huoltotoimenpiteitä tulee noudattaa, jotta valmistajan takuu pysyy voimassa sekä laite halutussa toimintakunnossa. Useat laittevalmistajat myös myyvät palvelua, jossa he hoitavat valmistamiensa laitteidensa huoltotoimenpiteet. Mikäli huoltotoimenpiteet päätetään hoitaa itsenäisesti, on ne merkittävä kunnossapitodokumentaatioon.

## **Ennakoiva kunnossapito**

Ennakoivalla kunnossapidolla tarkoitetaan toimenpidettä, joka toteutetaan ennen kuin laitteessa on havaittu ongelmia. Toimenpide voi olla kohteesta riippuen, joko laitteen huoltotoimenpide tai osan uusiminen. Huoltotoimenpide voi olla esimerkiksi mekaanisten osien öljyäminen. Laitteen osan uusimisella voidaan tarkoittaa esimerkiksi ohjelmoitavan logiikan pariston vaihtoa.

Mikäli laitteistosta on kerätty dataa, voidaan ennakoivia huoltotoimenpiteitä tarkentaa, lisätä tai poistaa tarvittaessa. Ennakoiva kunnossapito säästää parhaassa tapauksessa automaatiojärjestelmän pitäjän resursseja, koska laitteiston rikkoontumiset vähenevät sekä laitteistoa voidaan ennakoiden uusia, ettei prosessiin tule ylimääräisiä katkoksia tai ettei tuotteen laatu kärsi.

Ennakoiva kunnossapito säästää automaatiojärjestelmän omistajan ylläpitokustannuksia. Kustannussäästö syntyy, kun järjestelmän toiminnallisuus pysyy korkeana sekä valmistettavan tuotteen laatu haluttuna. Järjestelmän alasajot sekä tuotteen laadun muutokset ovat poikkeuksetta erittäin kalliita järjestelmän omistajalle.

## **4 KYSELYTUTKIMUS AUTOMAATIOJÄRJESTELMIEN KEHITTÄMISESTÄ, SEKÄ JÄRJESTELMISSÄ ILMENEVISTÄ VIOISTA**

Kyselytutkimus toteutettiin, jotta saataisiin laaja-alainen näkemys automaatiojärjestelmissä esiintyvistä puutteista sekä vioista, niiden yleisyydestä, vakavuudesta ja havaitsemista. Kyselyn tuloksia käytettiin tutkittaessa automaattisen kunnonvalvonnan mahdollisuuksia sekä kunnonvalvontaohjelmiston suunnittelussa.

Kyselyssä pyrittiin saamaan asiantuntijoiden näkemyksiä, mitä automaatiojärjestelmässä tulisi valvoa. Tämän lisäksi haluttiin saada tietoon, millaisia ongelmia he olivat kohdanneet työssään automaatiojärjestelmien parissa. Jotta saataisiin vastauksia haluttuihin kysymyksiin, tehtiin kyselylomake (liite 1), joka lähetettiin asiantuntijoille. Ryhmäksi valikoitui asiakasrajapinnassa toimivat henkilöt, joilla tiedettiin olevan paljon kokemusta erilaisista automaatiojärjestelmistä.

### **4.1 Kyselyn tarkoitus ja toteutus**

Kysely lähetettiin 17 henkilölle, joista yli 80% vastasi kyselyyn. Kyselyyn vastanneiden määräästä voidaan tulkita, että kyselyryhmä pitää aiheetta tärkeänä ja siihen vastaamista merkityksellisenä. Kysely toteutettiin kyselylomakkeella (liite 1), joka lähetettiin heille sähköpostilla. Kyselyyn osallistuneet henkilöt toimivat vesihuolto, teatteri-, energia-, ylläpito-, ja elintarvikeyksiköissä. Näin ollen kyselyyn vastanneiden henkilöiden toimialuekirjo on laaja, eivätkä vastaukset keskity näin ollen ainoastaan yhteen toimialaan.

Kyselyllä kartoitettiin asiakasrajapinnassa työskentelevien työntekijöiden kokemuksia ja näkemyksiä automaatiojärjestelmistä ja niiden toiminnasta. Kyselyn vastauksia käsiteltiin anonyymisti.

Kysymyksiä oli kaikkiaan viisi kappaletta. Kysymykset oli jaoteltu, niin että ensimmäisenä kysymyksenä oli helposti vastattava kysymys. Tämän jälkeen kysymyksen tulivat laaja-alaisemmiksi asteittain.

- Mitkä ovat mielestäsi automaatiojärjestelmän tärkeimmät osat, joiden toimintaa tulisi erityisesti tarkkailla?

Ensimmäisellä kysymyksellä on tarkoitus herätellä kohdehenkilö aiheeseen. Kysymyksellä voidaan selvittää, mikä on kohdehenkilön mielestä tärkein osa automaatiojärjestelmää. Vastauksista voi myös tehdä oletuksen, minkä automaatiojärjestelmän osan kanssa kohdehenkilö työskentelee pääsääntöisesti.

- Onko tullut vastaan tilannetta, jossa asiakas on toivonut automaatiojärjestelmän jonkin osan valvontaa jota ei ole voinut nykyisellään toteuttaa? Jos on, niin millainen oli kyseinen pyyntö?

Toisella kysymyksellä selvitetään asiakkaan aktiivisuutta oman järjestelmän valvonnan kehittämiseen. Tulee kuitenkin huomioida, että tähän kysymykseen ei vastaa asiakas vaan asiakkaan kanssa toimiva henkilö. On mahdollista, että asiakas kertoo järjestelmänsä kehittämistoiveet toiselle asiantuntijalle tai tuo ne keskitetysti esiin palavereissa.

- Mitkä ovat yleisimmät viat automaatiojärjestelmissä, joita joudut selvittämään?

Kysymyksen vastaus kertoo, mitkä ovat henkilön mielestä automaatiojärjestelmien yleisimmät viat hänen mielestään. Vastaus perustuu vastaajan omaan näkemykseensä, koska vastaajia on tässä kyselyssä useampia, voidaan heidän vastauksiensa summasta luoda uskottavampi kuva esiintyvistä ongelmista.

- Mikä seuraamuksiltaan ikävin ongelma, jota olet asiakkaan kanssa selvittänyt?

Tämän kysymykseen vastaus kertoo mieleen painuvimmista ongelmista. Ongelmat voivat olla joko taloudellisesti haitallisia tai niiden selvittäminen on kohdehenkilön mielestä ollut erityisen stressaavaa tai haastavaa. Kysymyksen tarkoituksena oli kartoittaa ongelmia, millaisia ne ovat ja minkä takia ne ovat syntyneet, vaikkei tätä suoraan kysytykään.

- Kuinka hyödyntäisit keskitettyä vikadiagnostiikkaa?

Tämän kysymyksen vastauksilla toivottiin saavuttavan uusia näkökulmia tai valvonnan kohteita. Kysymyksen ongelmana on kuitenkin se, että se on hyvinkin laaja. Kuitenkin, mikäli kysymys olisi tehty tarkemmaksi, olisi mahdollisuus ollut, että uusia näkökulmia ei synny. Kysymys myös kertoo kohdehenkilön aidon kiinnostuksen aiheeseen.

## 4.2 Kyselyn tulokset

Ensimmäiseen kysymyksen, mitkä ovat mielestäsi automaatiojärjestelmän tärkeimmät osat, joiden toiminta tulisi erityisesti tarkkailla, lähes jokaisessa vastauksessa oli mainittu PLC sekä järjestelmän eri osien välinen kommunikointi. Vastauksissa useimmin ilmenneet kommunikoinnit olivat: Ohjelmoitavan logiikan ja laitteiden välinen kommunikointi tai ohjelmoitavan logiikan ja valvomon välinen kommunikointi. Kommunikoinnissa saattaa ilmentyä ongelmia, koska tietoliikenneyhteyksillä saattaa olla useampi toimittaja, tai kommunikointi saattaa saada häiriöitä ulkoisista tekijöistä. Esimerkkinä useammasta toimittajasta: Prosessitilassa olevan pääverkon toimittaja on eri kuin automaatiolaitteistoverkon toimittaja. Tästä saattaa tulla ongelmia, koska nykyään teollisuuden verkot on suojattu hyvin tarkasti ja tehtävät muutokset saattavat vaikuttaa jo olemassa oleviin konfiguraatioihin.

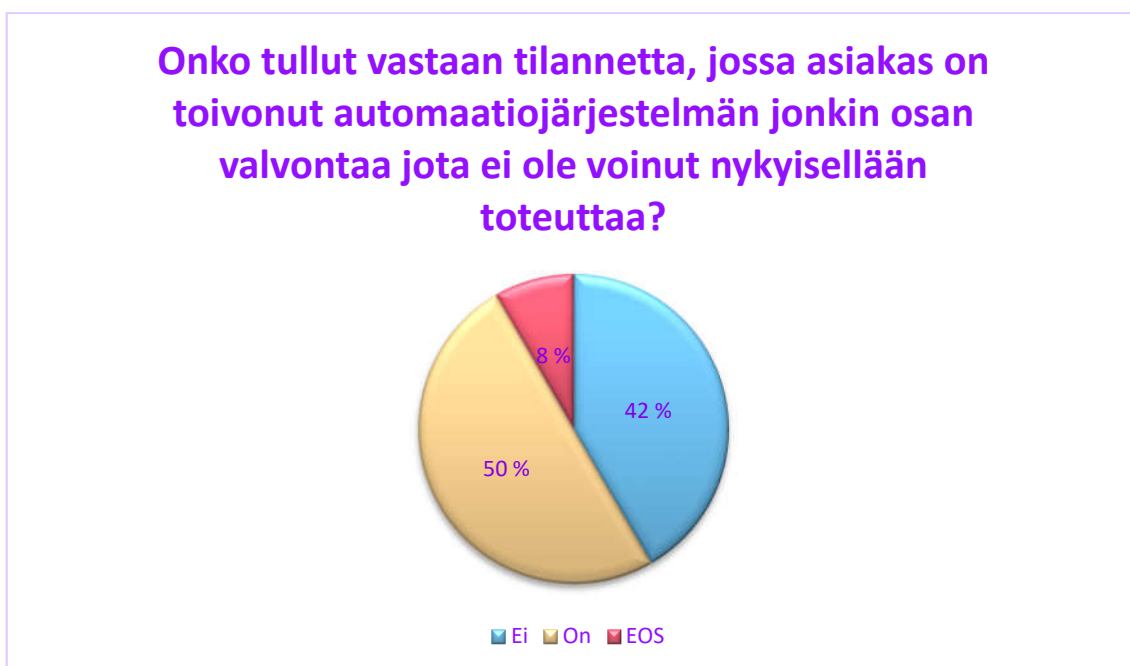
Useassa vastauksessa oli myös tietokantojen toiminta sekä niiden varmuuskopiointi. Varmuuskopiointin vastuut saattavat olla epäselviä, eikä varmuuskopiointia ole aikataulutettu. Vastauksissa oli myös paljon pieniä yksityiskohtia, mitkä eivät soveltuneet yleisimpien kohteiden alle. Nämä erinäiset vastaukset koottiin kohtaan Muut (kuvio 1).



KUVIO 1. Vastausten jakauma kysymykseen.

Toisen kysymyksen, Onko tullut vastaan tilannetta, jossa asiakas on toivonut automaatiojärjestelmän jonkin osan valvontaa jota ei voinut nykyisellään toteuttaa, puolessa vastauksista asiakas oli toivonut järjestelmäänsä lisää valvontaa. Tähän kysymykseen vastaukseen vaikuttavat vastaajan ja asiakkaan keskinäinen suhde, sekä asiakkaan halu kehittää automaatiojärjestelmäänsä. Voidaan pitää erittäin positiivisena, että näin suuri prosentti vastaajista oli saanut toiveita valvonnan kehittämisestä. Tämä kuvaa sitä, että vastaajalla ja asiakkaalla on hyvä keskinäinen suhde ja asiakas luottaa vastaajan kykyyn parantaa hänen järjestelmäänsä. Lisäksi vastauksista voidaan huomioida, että lisävalvonnalle on kysyntää jo nyt. Onnistuneen projektin valvonta projektin jälkeen ja sen esittäminen asiakkaille, jotka eivät aikaisemmin ole omatoimisesta halunneet lisätä valvontaa, voivat aktivoitua ostamaan lisävalvontaa järjestelmiinsä.

Kysymykseen liittyi myös tarkentava kysymys. Kysymyksellä kartoitettiin, millaisia pyyntöjä asiakkaat olivat esittäneet. Pyyntöt olivat järjestelmän pienen osan hyvin tarkkaa valvontaa. Tai vaihtoehtoisesti verkon valvontaa.



KUVIO 2. Vastausten jakauma esitettyyn kysymykseen.



Kolmannen kysymyksen, mitkä ovat yleisimmät viat automaatiojärjestelmissä, joita joudut selvittämään, kaksi yleisintä vian syytä olivat vastausten perusteella yhteyskatkot ja valvomo-ongelmat. Yhteyskatkot koostuvat väyläyhteyskatkoista, Ethernet-yhteyskatkoista ja radioyhteyskatkoista. Ethernet-yhteyksien valvontaan on nykyin käytössä ohjelmia. Kenttäväyliä voidaan monitoroida niitä ohjaavien yksiköiden kautta, joten niidenkin valvontaan on mahdollisuus. Radioyhteyksiä voidaan tarkkailla pääradion kautta, joten kaikki yllä mainitut yhteyskatkot ovat valvottavissa. Valvomoiden valvonta on hankalampaa, koska ne ovat omia ohjelmakokonaisuuksiaan, joiden valvonta rajoittuu niiden tarjoamien mahdollisuuksien hyödyntämiseen sekä mahdolliseen koodiin, jonka niihin voi lisätä.



KUVIO 3. Vastausten jakauma kysymykseen.

Neljännän kysymyksen, mikä on seuraamuksiltaan ikävin ongelma, jota olet asiakkaan kanssa selvittänyt, mitään tiettyä ongelmaa ei vastauksista ollut. Ongelmat, joista kerrottiin, olivat yleisesti virheitä, jotka olisi pitänyt löytyä jo käyttöönottoaiheessa. Toisin sanoen ikävimmät ongelmat tulevat suunnitteluvirheistä tai ohjelmointivirheistä. Näiden ongelmien ehkäisemiseksi tulisi käyttöönotto suunnitella paremmin sekä tehdä siitä tarvittavat testauspöytäkirjat. Toinen tapa, jolla virheitä voitaisiin välttää olisi sähkösuunnitelmien tarkastuttaminen, ohjelmien FAT-testauksen kehittäminen sekä ohjelmien tarkastuttaminen. Laitevika oli kolmanneksi yleisin vastaus. Tähän ongelmaan pystytään puuttumaan automaattisella kunnonvalvonnalla. Laitteiden tilan aktiivisella seurannalla, voidaan estää suurin osa yllättävistä laitevioista. Tämän kysymyksen vastaukset eivät kuitenkaan olleet yhteneväisiä yleisimpien ongelmien vastausten kanssa, joten näitä seuraamuksiltaan ikäviä ongelmia ilmenee harvoin.



KUVIO 4. Vastausten jakauma kysymykseen.

Viimeisen kysymyksen, kuinka hyödyntäisit keskitettyä vikadiagnostiikkaa, vastauksissa toivottiin ennakoivaa ylläpitoa. Valvontaohjelmisto osaisi ennakoida vikaantuvia kohteita ennen kuin ne menevät rikki. Tai jos jotain menee rikki, niin järjestelmä ilmoittaisi ajoissa järjestelmän ylläpitäjälle, ettei mitään isompaa vahinkoa pääse syntymään. Vastauksista haettiin suunta, johon automaattista kunnonvalvontaa tulisi kehittää. Vastauksista voidaan huomata, että laitteet diagnostiikka on asiantuntijoiden mielestä erityisen tärkeää. Seuraavaksi tullut vastaus ennakoiva kunnossapito, jatkaa samoilla linjoilla. Asiantuntijoiden mielestä on siis tärkeää, että laitteissa ilmenevät poikkeamat huomataan ennen kuin ne aiheuttavat ongelmia järjestelmään.



KUVIO 5. Vastausten jakauma kysymykseen: Kuinka hyödyntäisit keskitettyä vikadiagnostiikkaa?

### 4.3 Kyselyn yhteenveto

Kyselyn perusteella tuli selväksi, että automaatiojärjestelmän valvontajärjestelmän rakentaminen tulisi aloittaa ihan sen pääosista; logiikasta, väylistä sekä valvomosta. Vastauksissa täytyy ottaa huomioon, että kyselyyn osallistujat toimivat pääasiassa näiden osien kanssa, joten voidaan olettaa vastausten keskittyvän niihin.

Automaatiojärjestelmien yleisimmät ongelmat liittyivät tietoliikenteeseen ja ohjelmoitavien logiikoiden ongelmiin. Ikävimmät ongelmat liittyivät suunnittelu- ja ohjelmointivirheisiin. Automaattisella kunnonvalvonnalla pyritään siihen, että järjestelmä toimisi koko ajan optimaalisella tavalla, ja poikkeamiin pystyttäisiin vaikuttamaan ennen kuin ne aiheuttavat ongelmia järjestelmän toiminnassa. Oikein toteutettu automaattinen kunnonvalvonta pystyisi havaitsemaan yleisimpien ongelman aiheuttajien syyt, ennen kuin asiantuntijan tarvitsisi ruveta selvittämään ongelman syytä.

Suurella osaa asiakkaista on halua kehittää järjestelmänsä valvontaa pidemmälle kuin heidän nykyiset järjestelmänsä pystyvät. Tämä luo hyvän pohjan automaattisen kunnonvalvontajärjestelmän luonnille. Asiantuntijoiden mielestä laitteiston diagnostiikka ja ennakoiva kunnossapito ovat tärkeässä roolissa uutta automaattista kunnonvalvontajärjestelmää luotaessa.

Kyselyssä oli erittäin hyvä vastausprosentti, yli 80%. Tämä kertoo, että asiantuntijat antavat tukensa järjestelmän valvonnan kehittämiseksi.

## 5 AUTOMAATTINEN KUNNONVALVONTA

Automaattisen kunnonvalvonta valvoo järjestelmää ja huomaa siinä olevat poikkeamat, jotka voivat aiheuttaa häiriöitä järjestelmän toiminnalle. Kunnonvalvonta tukee kunnossapitoa, informoiden kohteista, joiden toiminta on muuttunut.

### 5.1 Valvottavan järjestelmän kartoitus

Automaattisen kunnonvalvonnan suunnittelu tulisi aloittaa valvottavan järjestelmän kartoituksella. Järjestelmää tarkasteltaessa, kannattaa se jaotella aikaisemmissa luvuissa mainitulla automaation tasopyramidilla (kuva 1). Kaikki järjestelmään kuuluvat laitteet tulee luetteloita, sekä määrittää laitteet, jotka sisällytetään automaattiseen kunnonvalvontaan. Järjestelmällä tarkoitetaan tässä tapauksessa tarkasteltavaa automaatiojärjestelmää, ja laitteilla tarkoitetaan kaikkia laitteita, jotka tavalla tai toisella liittyvät tarkasteltavaan automaatiojärjestelmään. Tarkastelusta tulee tehdä kartoitusdokumentaatio, jossa jokaisesta laitteesta on merkitty kaikki kunnonvalvontaan merkityksellinen tieto. Merkityksellisellä tiedolla tarkoitetaan tietoa, jonka perusteella laitteen oikeanlainen toiminta on määritelty kyseisessä automaatiojärjestelmässä. Vaikka laitteita olisi useampia samanlaisia tulee jokainen merkitä, koska samanlaisilla laitteilla voi olla erilainen tärkeys järjestelmässä. Esimerkiksi, ulkolämpötilamittaus ei ole niin tärkeä kuin serverihuoneenlämpötilamittaus, koska serverihuoneessa tulee olla tietty lämpötila laitteiden toiminnan kannalta. Edellä mainittu esimerkki on järjestelmäkohtainen, jossa järjestelmässä ulkolämpötilalla voi olla erittäin suuri merkitys järjestelmän toiminnan kannalta. Myös olosuhteet, joissa laitteet järjestelmässä sijaitsevat, saattaa olla eroavaisuuksia (taulukko 1). Esimerkkeinä erilaisista olosuhteista: vallitsevan ympäristön lämpötila, laitteen kuormitus, laitteen jäähdytys sekä muut huomiot laitteen sijainnista prosessissa.

Kartoitus on hyvä aloittaa yritystasolta, jossa sijaitsee tuotannonohjausjärjestelmä, mikäli sellainen löytyy järjestelmästä ja sen toimintaa halutaan valvoa. Kaikki valvottavat laitteet sekä ohjelmistot tulee merkitä kartoitusdokumentaatioon. Tämän jälkeen tulee tehdä sama dokumentointi toiminnanohjausjärjestel-

män tasolla. Näillä kahdella tasolla on pääsääntöisesti tietokonejärjestelmiä, ohjelmistoja sekä tietoliikennettä. Sama dokumentointi toistetaan käytöhallinta-, ohjaus- ja kenttälaitetasoilla. Näillä tasoilla laitteisto on usein moninaisempi sisältäen edellä mainittujen lisäksi käyttöliittymiä, logiikkakomponentteja sekä kenttälaitteita.

<b>Kohde</b>	Taso 0 Laitteet / Valvomo / Mittaukset
<b>Laite</b>	TI01 Valvomon lämpötilamittaus
<b>Tyyppi</b>	Produal KLH 100
<b>Vallitseva ympäristö</b>	Valvomotila +22 astetta. Pölytön tila.
<b>Laitteen kuormitus</b>	Kevyt. Laite ei sijaitse haastavassa ympäristössä.
<b>Laitteen jäähdytys</b>	Passiivinen. Laite sijaitsee ilmastoidussa tilassa
<b>Huomioitavaa</b>	Mittaviesti 0 – 10 V mitta-alue 0-50 C. Kaapelointi 2x2 Nomak. Kytkeyty logiikkaan PLC1. Mahdollisuus kosteusmittaukseen, jota ei ole nyt kytketty.

Taulukko 1. Esimerkki, miltä laitteen dokumentaatiokortti voisi näyttää.

## 5.2 Järjestelmän valvonnan läpikäynti ja rajaaminen

Jokainen automaatiojärjestelmä on omanlaisensa, ja asiakkaan tarpeet ja resurssit määrittävät valvonnan laajuuden. Kunnonvalvonnan ollessa laaja ja tarkka, antaa se erittäin tarkan ja ajantasaisen kuvan järjestelmän laitteista ja niiden tilasta. Tämä tosin käyttää paljon resursseja, investointi on merkittävä ja käsiteltävän tiedon määrä vaatii enemmän kapasiteettia verkolta ja tiedonkeräyslaitteilta. Asiakkaalle voi riittää yhden automaatiojärjestelmän osan valvonta. Pienempien kokonaisuuksien valvonta toteutetaan, jos valvottavassa prosessissa on osia, joissa automaatiota ei ole, tai asiakas ei halua valvoa osion laitteita.

Aluksi määritellään, mitä osaa automaatiojärjestelmästä valvotaan. Valvonnan määrittäminen tulee tehdä asiakkaan kanssa yhteistyössä. Määrittelyssä asiakas kertoo, mitä laitteita tai kokonaisuuksia tulisi valvoa. Tämän jälkeen toimittaja selvittää, miten näitä laitteita voidaan valvoa. Tämä vaihe toteutetaan, kun automaatiojärjestelmän, tai sen osan, jokainen laite on dokumentoitu tarkasti (taulukko 1).

Tällöin voidaan valita valvottavat laitteet (taulukko 2) ja valvottavat kommunikoinnit. Valvontaan tulee sisällyttää vähintään järjestelmälle tai sen osalle kriittisten laitteiden valvonta.

Kohde	Taso 0 Laitteet / Valvomo / Mittaukset
Laite	TI01 Valvomon lämpötilamittaus
Tyyppi	Produal KLH 100
Lisätäänkö laite valvontaan?	Kyllä
Valvonnan taso	2. Ei kriittinen hälytys
Tiedonkeräys? Aikaväli?	Kyllä. 1h
Huomioitavaa	Tilassa, jossa laite on, sijaitsee myös tietoliikenneserveri.

Taulukko 2. Esimerkki, millainen laitteen valvontamäärityskortti voi olla.

Asiakkaan kanssa käydään läpi valvottavia laitteita ja niiden valvontamahdollisuuksia sekä rajauksia. Laitteella voidaan tarkoittaa valvottavaa kenttälaitetta, ohjelmaa tai tiedonsiirtovälinettä. Laitteen valvontamahdollisuudet ja muuttujat, joita halutaan valvoa, tulee dokumentoida yksilöllisesti. Kunnonvalvonta ohjelmaan voidaan lisätä myös manuaalisesti huomioita, esimerkiksi järjestelmän ylläpitäjän huomaamat poikkeamat ja toimintasuunnitelmat laitteelle. Järjestelmän ylläpitäjän manuaalisesti lisäämät huomiot ovat muutoksia, joita ei voida automaattisesti kyseisessä järjestelmässä havaita. Esimerkki manuaalisesta lisäyksestä; anturin vaihto kunnossapitohuoltoon. Tässä esimerkissä järjestelmäoperaattori käyttää huolimattomasti trukkia, ja törmää lämpötila-anturiin. Törmäyksen takia lämpötila-anturin runko vaurioituu. Mittaus toimii normaalisti, mutta järjestelmäoperaattori kirjaa dokumentaatioon anturin vaihdon seuraavaan kunnossapitohuoltoon.

Jos automaatiojärjestelmässä on ohjelmistoja, joissa on kerätty mittausdataa, voidaan tätä dataa käyttää hyväksi laitteiden automaattisessa kunnonvalvonnassa. Laitteen valvonnan kannalta on oleellista, että tiedetään, mistä laitteen valvottavat tiedot haetaan ja tapa, jolla ne saisi hankittua mahdollisimman kattavasti. Esimerkiksi lämpötilamittauksen arvo haetaan ohjelmoitavalta logiikalta. Ohjelmoitava logiikka on laitteeseen yhteydessä instrumenttikaapeloinnilla, ja valvontajärjestelmä on Ethernetin kautta yhteydessä ohjelmoitavaan logiikkaan.

Valvontajärjestelmän ja logiikan välillä on Ethernet-kytkin. Ethernet-kytkimen vikaantuessa kaikki sen jälkeiset Ethernet-laitteiden valvonnat epäonnistuvat.

Viestiketju laitteelta valvontaa suorittavaan järjestelmään tulee tietää ja merkitä laitteen kartoitusdokumentaatioon. Laitteen vikaantuessa, laitteet ja valvonnat, joihin se vaikuttaa tulee olla merkittynä kartoitusdokumentaatioon, sekä myös laitteet, jotka vaikuttavat vikaantuessaan kyseiseen laitteeseen. Tällöin laitteen vikatilanteessa voidaan mahdolliset muiden laitteiden ilmoitukset selittää johtuvan rikkoontuneesta laitteesta. Esimerkiksi, ohjelmoitavan logiikan vikaantuessa tulee valvontajärjestelmän ilmoittaa logiikan kautta valvottavien laitteiden valvonnan olevan mahdotonta, koska niiden valvontareitti kulkee vikaantuneen ohjelmoitavan logiikan kautta.

Nykyään automaatiojärjestelmissä tietoliikennettä on jokaisella tasolla ja valvonta on tärkeää automaatiojärjestelmän toiminnallisuuden sekä turvallisuuden kannalta. Automaation tietoliikenteellä tarkoitetaan automaatiojärjestelmän kommunikointiin käyttämää Ethernet-pohjaista tietoliikennettä. Tietoliikenteen kuntoa voidaan karkeasti tarkastella muutamasta eri näkökulmasta; yhteyden toiminnallisuus, viestien oikeellisuus sekä yhteyden nopeus.

Yhteyden toiminnallisuuden tarkastelulla varmistutaan, että kyseinen laite kommunikoi muiden automaatiojärjestelmässä olevien laitteiden kanssa. Yhteyden toiminnallisuus voidaan toteuttaa seuraamalla valvontaohjelmistolla laitteiden välistä kommunikointia, jos tämä tapahtuu pitkällä aikavälillä, voidaan kommunikointi lisätä laitteen ja valvontaohjelmiston välillä. Tämä kommunikointi on hyvin yksinkertaista. Sen tarkoitus on vain varmistaa laitteen kommunikoinnin olevan toiminnassa.

Viestien oikeellisuutta valvomalla voidaan varmistua tiedon olevan virheetöntä ja laite toimii halutulla tavalla. Viestien oikeellisuutta voidaan tarkastella automatisoidusti, kun viestin tyyppi, lähetävä ja vastaanottava kohde tiedetään. Mikäli viestissä ilmenee poikkeamia, voidaan olettaa laitteen olevan vikatilassa tai saavan ulkoisia häiriöitä. Ulkoinen häiriö voi esimerkiksi olla suojaamaton moottori-kaapeli, joka on liian lähellä tietoliikennekaapelointia.



Nopeuden valvonnalla tarkkaillaan verkon kuormitusta. Automaatioverkossa olevan laitteen vikaantuminen tai sijainti poikkeuksellisissa olosuhteissa voi hidastaa tietoliikenteen nopeutta. Poikkeava olosuhde voi olla esimerkiksi kuuma- tai kylmätila, jossa laitteeseen kohdistuu yli suositeltujen lämpötilarajojen olevia lämpötiloja. Jos tiedonkeruu on toteutettu niin, että se hakee ainoastaan tiettyinä kellonaikana tietoa, saattaa se kuormittaa huomattavasti tai jopa kaataa tiedonsiirron kokonaan.

Valvottavan laitteen prioriteetti järjestelmässä tulee määrittää. Laitteen vaikutukset muihin laitteisiin, sekä laitteen tärkeys järjestelmän häiriöttömään toimintaan, määrittävät laitteen prioriteetin. Prioriteetin ollessa korkea, tulee laitetta valvoa mahdollisimman tarkasti. Pienen prioriteetin laitteiden poikkeamat voidaan ilmoittaa kohdennetusti halutuun väliajain.

### **Valvonnan tasot valvontajärjestelmässä**

Valvottavan laitteen tärkeys automaatiojärjestelmän häiriöttömän toiminnan kannalta määrittää valvottavan laitteen prioriteettitaso. Prioriteettitasot ovat asiakkaan ja järjestelmätoimittajan yhdessä sopimia. Niiden määrä, jaottelu ja ilmaistapa, on järjestelmäkohtainen. Samanlaisella laitteella voi olla eri prioriteettitaso automaatiojärjestelmässä. Esimerkiksi taulukossa 2 ja 3 on samanlainen mittaus, mutta niillä on eri prioriteetti. Taulukossa 2 oleva mittaus tarkkailee valvomon lämpötilaa ja taulukon 3 laite varaston lämpötilaa. Varastossa oleva tuote pilaantuu lämpötilan noustessa liian korkeaksi.

Valvonnan tärkeys voidaan järjestellä niin moneen luokkaan kuin se on tarpeellista kyseisessä järjestelmässä. Tärkeysjärjestys voi olla yksinkertaisimmillaan kriittinen laite ja ei-kriittinen laite. Tällöin kriittiset laitteet aiheuttavat välittömän hälytyksen järjestelmän valvojalle. Järjestelmänvalvoja voi olla valvontajärjestelmän toimittajan nimeämä henkilö, tai asiakkaan järjestelmäoperaattori. Ei-kriittiset laitteet lähettävät ilmoituksen poikkeamistaan ennalta sovitusti, esimerkiksi kaikkien ei-kriittisten laitteiden hälytykset lähetetään kootusti kerran tunnissa. Eri tasoisten valvontojen tulee erottua selkeästi toisistaan, jotta järjestelmän valvoja erottaa niistä tulleet hälytykset toisistaan helposti.

<b>Kohde</b>	Taso 0 Laitteet / Varasto / Mittaukset
<b>Laite</b>	TI02 Varaston lämpötilamittaus
<b>Tyyppi</b>	Produal KLH 100
<b>Valvotaanko laitetta?</b>	Kyllä
<b>Valvonnan taso</b>	1. Kriittinen hälytys
<b>Tiedonkeräys? Aikaväli?</b>	Kyllä. 5min
<b>Huomioitavaa</b>	Mittaus sijaitsee varastotilassa, jonka lämpötila on oltava välillä 5-10C. Varastoitu tuote pilaantuu, jos lämpötila nousee yli 12C. Mikäli lämpötila muuttuu 2 astetta 10min aikana, Hälytys muuttuu aktiiviseksi.

Taulukko 3. Esimerkki, millainen laitteen tiedonkeräysmääritys voisi olla.

### 5.3 Valvontajärjestelmän luonti

Uusien järjestelmien luominen on haastavaa, ja usein uusia järjestelmiä luodaan asiakkaan kanssa yhteistyössä. Yhteistyö hyödyttää asiakasta sekä toteuttajayritystä. Yhteistyössä toteutettava hanke on toteuttavalle yritykselle pienempi riski kuin alusta asti itsenäisesti kehitettävän järjestelmän luominen. Toteuttavan yrityksen riski on, ettei luodulle järjestelmälle löydy ostajia, tai ettei ohjelmisto vastaa asiakkaiden toiveita. Asiakkaalle edut tulevat siitä, että asiakas pystyy vaikuttamaan enemmän ohjelmistoon, kuin ostaessaan valmiin tuotteen. Tästä kyseisestä kohteesta voidaan myös saada referenssikohde tulevaa markkinointia varten. Asiakasyritys taas saa uutta teknologiaa markkinahintaa edullisemmin.

#### Automaattisen kunnonvalvonnan valvontajärjestelmän runko

Valvontaohjelmisto voidaan luoda usealla eri tavalla. Valvontaohjelmisto on ohjelma tai ohjelmisto, mikä valvoo haluttuja laitteita halutulla tavalla. Järjestelmässä voi olla automaatiotoimittajan verkossa toimiva ulkoinen valvonta tai asiakkaan järjestelmässä oleva valvontaohjelmisto. Automaatiotoimittajan järjestelmässä olevaa valvontaa voidaan kutsua myös ulkopuoliseksi valvonnaksi, automaatiojärjestelmässä olevaa valvontaohjelmistoa voidaan kutsua paikalliseksi valvonnaksi. Valvontaohjelmisto kerää halutun datan tietokantaansa ja tekee hälytykset asetettujen rajojen poikkeamien mukaan. Valvontaohjelmisto voi olla täysin näkymätön järjestelmän käyttäjälle. Ohjelmistolla voi olla myös oma graafinen

käyttöliittymänsä, josta järjestelmän operaattori voi käydä tarkkailemassa valvontaohjelmiston ja järjestelmän tilaa. Valvontajärjestelmän hälytys tai huomautus voi näkyä jo olemassa olevassa hälytysjärjestelmässä. Hälytys voi olla esimerkiksi tekstiviesti järjestelmänoperaattorin matkapuhelimeen.

Ulkopuolinen valvonta tarvitsee toimiakseen aina asiakkaan järjestelmässä olevan tiedonsiirtolaitteen. Tiedonsiirtolaite vain siirtää halutun tiedon ulkopuoliseen valvontaan. Mikäli paikallisessa järjestelmässä on valvonta, voi se jalostaa tiedon kunnonvalvontajärjestelmälle sopivaksi ja lähettää ne edelleen ulkopuoliselle kunnonvalvontajärjestelmälle. Järjestelmien väliseen tietoturvaan tulee kiinnittää erityistä huomiota. Valvontajärjestelmän toimittajan tulee varmistaa, että tietoturva on halutulla tasolla järjestelmää toimitettaessa. Tietoturvan taso riippuu asiakkaan järjestelmän tarvitsemasta tietoturvasotasosta. Kumpikaan järjestelmä ei saa vaarantua tiedonsiirron seurauksena, eikä tiedonsiirto saa päätyä väärin käsiin. Tiedonsiirto tulee myös järjestellä hyvin. Se ei saa aiheuttaa tarpeettoman suurta kuormitusta kumpaankaan järjestelmään. Tiedonsiirron kuormitus tulisi mitata ennen ja jälkeen valvontatiedonsiirtoa. Mittauksen suorittaa yleisesti järjestelmän toimittaja, ellei asiakas ole vaatinut muuta. Jos mittauksissa huomataan suuri muutos, tulee tiedonsiirtoa jaksottaa. Mikäli tällä tavalla ei saavuteta haluttua tulosta, voidaan järjestelmille luoda oma erillinen kommunikointinsa.

Paikallisessa valvonnassa kerätty tieto voidaan käsitellä järjestelmään kuuluvassa laitteessa. Tähän laitteeseen sijoitetaan myös valvontaohjelmisto. Järjestelmän valvonnan sijoitusta valittaessa, tulee huomioida laitteet, joilla on valmiudet keskustella mahdollisimman monen laitteen kanssa. Järjestelmien tietoturvat saattavat aiheuttaa ongelmia kommunikointien kanssa, jos valvontajärjestelmä sijoitetaan väärään laitteeseen.

Riippumatta missä valvonta toteutetaan, tulee siihen luoda graafinen valvomoympäristö. Valvomosta pystytään selkeästi näkemään järjestelmän tila, erityistä tarkkailua vaativat kohteet sekä hälytykset.

Ohjelmiston perusrunko tulisi luoda niin, että siihen on helppoa lisätä uusia valvottavia osioita. Valvottavat osiot lisätään kuitenkin vain paikalliseen valvontaympäristöön, koska siellä valvottavat laitteetkin sijaitsevat. Järjestelmästä riippuen

data joko lähetetään suoraan ulkopuoliseen valvontaan tai muutetaan paikalliseen valvontaan sopivaksi.

### Valvontaohjelmiston moduulin luonti

Moduulilla tarkoitetaan laitekohtaista valvontakokonaisuutta, joka voidaan helposti lisätä ohjelmistoon. Moduuleista koostamalla syntyy modulaarinen rakenne. Ohjelmisto koostuu yhdestä tai useammasta pääohjelmasta, joihin lisätään tarvittavat moduulit. Moduulit voidaan jaotella laitetyyppien mukaan. Esimerkiksi ohjelmoitavan logiikan kautta luettavalla analogisella mittauksella ja Profinet-mittauksella on omat moduulinsa.

Mikäli järjestelmässä on useita samanlaisia moduuleita, tulee moduuli luoda vaativimman valvonnan mukaan. Moduuleista tulee luoda valvontakortti (Taulukko 4).

Valvonnan taso / kohde	Kertoo valvottavan kohteen ja sen tason
<b>Valvottava osa</b>	Kertoo mitä kohdetta tai sen osaa valvotaan.
<b>Miten valvotaan? Valvonnan prioriteetti</b>	Tässä osiossa pyritään kertomaan valvontatapa mahdollisimman yksinkertaisesti.
<b>Edut</b>	Mitkä ovat tämän valvontatavan hyvät puolet. Esimerkiksi: Edullisuus, tarkka ja helppo toteuttaa.
<b>Haitat</b>	Mitkä ovat tämän valvontatavan huonot puolet. Esimerkiksi: kallis, vaatii paljon työtä, epätarkka
<b>Huomioitavaa</b>	Mitä tulee ottaa huomioon tämän valvonnan kanssa tai mitä huomion arvoista tässä valvontatavassa on. Vaikuttaako joku muu osio tai laite tähän valvontaan.
<b>Mitä tiedettävä, jotta voidaan valvoa</b>	Mitä kaikkea tarvitsee tietää, jotta tämä valvontatapa voidaan toteuttaa. Esimerkiksi: IP-osoite, muistialue

Taulukko 4. Esimerkki, miltä moduulin valvontakortti voisi näyttää.

## Tiedon kerääminen valvontajärjestelmään

Riippumatta valvonnan sijainnista, on automaatiojärjestelmään luotava ohjelma, joka kerää halutun tiedon omaan tietokantaansa. Tähän tietokantaan kerätään vain se tieto, jota halutaan valvoa. Ohjelma joko jalostaa tiedon mahdollista valvomo-ohjelmaa varten tai vain lähettää käsittelemättömän tiedon eteenpäin. Esimerkkinä, kentällä oleva mittaus, joka on kentällä 0 - 5 metriä pinnanmittaus, näkyy logiikkaohjelmassa 0 – 8000 arvona, jossa 0 logiikka on kentällä 0 metriä ja arvo 8000 logiikalla on 5 m kentällä. Valvontaohjelmisto tarkkailee esimerkiksi ainoastaan logiikassa olevaa arvoa ja muuttaa tämän arvon niin että valvomossa näkyvä arvo on välillä 0 – 5 metriä.

Järjestelmästä saatu tieto voidaan tallentaa paikallisesti automaatiojärjestelmään, siirtää ulkopuoliseen järjestelmään tai toteuttaa molempiin. Tiedonkeruun ollessa molemmissa järjestelmissä, sen palauttaminen ongelmatilanteessa on nopeampaa ja palautettu tieto on ajantasaista. Kuitenkin järjestelmän sisäistä ja ulkoista tietokantaa tulee vertailla toisiinsa ja mahdollisiin ristiriitoihin reagoida. Esimerkiksi, jos mittauksen arvot eroavat paikallisessa ja ulkopuolisessa järjestelmässä toisistaan. Valvottavista arvoista luodaan siis oma tietokanta paikalliseen sekä ulkopuoliseen järjestelmään.

Mikäli tieto tallennetaan ainoastaan paikallisesti, tulee huolehtia tarvittavasta varmuuskopioinnista. Varmuuskopioinnista tässä tapauksessa vastaa yleensä asiakas, ellei toisin sovita. Tämä vie käytössä olevasta järjestelmästä tallennuskapasiteettia ja lisää järjestelmän ylläpitäjän työtä.

Ulkopuolisessa järjestelmässä tulee myös huolehtia varmuuskopioinnista. Tällöin tieto siirtyy toimittajan ylläpitämään järjestelmään, ja tällöin toimittaja huolehtii varmuuskopioinnista. Valvottavan automaatiojärjestelmän näkökulmasta tämä tapa ei vie tallennuskapasiteettia eikä lisää järjestelmän ylläpitäjän työtä.

Järjestelmässä on hyvin usein erilaisia tiedonkeruujärjestelmiä. Näitä tulisi käyttää, mikäli niistä saatava tieto on tarpeen kunnonvalvonnassa. Valvontajärjestelmän ja tiedonkeruujärjestelmän kommunikaatio tulee olla tehokasta, eikä se saa kuormittaa kumpaakaan järjestelmää liiaksi. Raskas kommunikaatio voi johtua

isosta järjestelmästä ja sen sisältämästä suuresta datamäärästä. Lisäksi huonosti toteutettu kommunikointi saattaa rasittaa automaatiojärjestelmän tietoliikennettä liiaksi. Oikein jaoteltu ja ajoitettu tietojen vaihto pitää tiedonsiirron tehokkaana.

Valvontaohjelmiston havainnoista voidaan luoda automatisoitu kunnossapitodokumentaatio. Kun järjestelmää ja sen sisältämiä laitteita on tarkasteltu pitkällä aikavälillä, tai jos vastaavista laitteista on valmiiksi saatavilla tarvittavaa tietoa, voidaan kunnonvalvonnassa huomatuista ilmiöstä luoda kunnossapitosuunnitelmaa tukevaa dokumentaatiota. Esimerkiksi, jos mitattavan suureen suuruus poikkeaa määritellyistä rajoista ja poikkeamatiheydestä, voidaan todeta laitteen vaativan kunnossapitotoimenpiteitä. Rajoilla tässä yhteydessä tarkoitetaan toleranssia, jossa laitteen tiedetään varmuudella toimivan halutulla tavalla. Laitteen kunnossapitotoimenpiteet riippuvat laitteesta itsestään. Pitääkö laite vaihtaa uuteen vai riittääkö ainoastaan jonkin laitteen osan vaihto.

### **Valvontaohjelmiston hälytykset**

Valvontaohjelmistolla olisi hyvä olla oma hälytysjärjestelmänsä. Hälytyksillä ilmaistaan poikkeamat järjestelmässä, jotka vaikuttavat tai voivat vaikuttaa järjestelmän toimintaan. Hälytysjärjestelmän tärkeys korostuu, jos automaatiojärjestelmän toimittaja toimii automaatiojärjestelmän automatisoidun kunnonvalvonnan ylläpitäjänä. Valvojana toimivan henkilön tulisi saada tieto hälytyksistä viipymättä, jotta hän voisi ryhtyä korjaamaan vikaa tai informoida asiakasta.

Automaatiojärjestelmän omistajan hoitaessa automaattista kunnonvalvontaa tulisi hänellä olla mahdollisuus määrittää kenelle ja missä muodossa hälytykset lähtevät. Erilaisia hälytystapoja voivat olla tekstiviesti, sähköposti, ilmoitus valvomossa, äänimerkki tai merkkivalo kohteessa.

Jos järjestelmässä on jo valmiiksi hälytyssovellus, voidaan sitä halutessa käyttää. Käytettäessä järjestelmän omaa hälytysjärjestelmää, tulee varmistua, että sen kuntoa seurataan järjestelmässä aktiivisesti.

## 6 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia automaatiojärjestelmän osien valvontamahdollisuuksia sekä valvontajärjestelmän luontia. Tutkittiin, mitä automaatiojärjestelmään kuuluu ja miten eri tavoin sitä voidaan valvoa.

Automaatiojärjestelmiä kartoitukseen käytettiin työntilaajayrityksen ylläpitämiä automaatiojärjestelmiä. Kyselytutkimus tehtiin, jotta saatiin laaja-alainen kuva automaatiojärjestelmissä esiintyvistä ongelmista. Kyselytutkimuksen havainnot otettiin huomioon suunniteltaessa automaattisen kunnonvalvonnan ohjelmistoa. Kyselytutkimuksen tulokset olivat rohkaisevia, sillä oikein toteutettuna automaattinen kunnonvalvonta minimoi yleisimpiä ongelmia tehokkaasti.

Tutkimuksessa päädyttiin siihen, että kunnonvalvontaohjelmisto luonti vaatii tarkkaa paneutumista valvottavaan järjestelmään. Tutkimuksen avulla saatiin hyvä kokonaiskuva automaatiojärjestelmien laitteiden, toimintojen sekä ohjelmien valvontamahdollisuuksista. Järjestelmä olisi hyvä luoda modulaarisesti. Tämä helpottaa seuraavien järjestelmien luonnissa, ja toisessa järjestelmässä luotua moduulia voidaan pystyä käyttämään toisessa järjestelmässä. Modulaarinen rakenne helpottaa uusien laitteiden tuomista ohjelmistoon.

Tarkasti luotu automaattinen kunnonvalvonta auttaa automaatiojärjestelmän ylläpitäjää pitämään järjestelmänsä optimaalisessa kunnossa ja antaa tarkan tiedon järjestelmän tilasta. Havaittuihin muutoksiin voidaan puuttua ennen kuin ne aiheuttavat järjestelmälle haittaa. Jotta järjestelmä saadaan toimimaan halutulla tavalla, tarvitsee automaatiojärjestelmän kaikki laitteet, ja niiden toiminta tuntea. Laitteet, ja niiden toimintatavat tulee kirjata kartoitusdokumentaatioon erittäin tarkasti. Myös mitattavia suureita tulee olla riittävästi, jotta ei olla vain osittaisen tiedon varassa.

Luotaessa kunnonvalvontaohjelmistoa tulee varmistua siitä, että tiedon keräys ei kuormita järjestelmän tietoliikenneverkkoja liiaksi. Riippuen järjestelmän rakenteesta myös varmuuskopiointista ja valvontaohjelmiston keräämän tiedon paikkaansa pitävydestä pitää huolehtia.

Automaattista kunnonvalvontaa voidaan kehittää data-analytiikan ja koneoppimisen keinoin. Ilman data-analytiikkaa ja koneoppimistakin automaattisen kunnonvalvonta on oikein toteutettuna erittäin tehokas tapa parantaa automaatiojärjestelmän toimintavarmuutta.



## LÄHTEET

ABB:n TTT-käsikirja 2000-07. 2000.

Anaheim automation 2021 <https://www.anaheimautomation.com/manuals/forms/hmi-guide.php#sthash.2McqS5xo.dpbs>

Aveva Wonderware InTouch 2021 <https://www.aveva.com/en/products/aveva-map-omi-app/>

B. Galloway, G.P. Hancke, Introduction to Industrial Control Networks, IEEE Communications Surveys & Tutorials, 2013, Vol. 15 (2), pp. 860-880.

DEY, C. and SEN, S.K., 2020. Industrial automation technologies. Boca Raton, Florida ;; CRC Press.

Laatu automaatiassa – Parhaat käytännöt. 2001. Suomen Automaatioseura ry.

NOF, S.Y., 2009. Springer Handbook of Automation. 1 edn. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.

Omron teollisuusautomaatio 2021 <https://industrial.omron.fi/fi/products/cp1e>

Omron Käyttöliittymä 2021 <https://industrial.omron.fi/fi/products/ns15ns12ns10ns8>

Opetushallitus 2021 <http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/koneautomaatio/ohjelmistoviat.html>

Oulun yliopisto Prosessitekniiikan perusta. Automaatio. Luettu 11.4.2021 [https://www.oulu.fi/sites/default/files/content/PTperusta\\_automaatio.pdf](https://www.oulu.fi/sites/default/files/content/PTperusta_automaatio.pdf)

POWELL, J. and VANDELINDE, H., 2013. Catching the process fieldbus: an introduction to PROFIBUS for process automation. New York, N.Y: Momentum Press.

SEN, S.K., 2014. Fieldbus and Networking in Process Automation. 1 edn. Ba-ton Rouge: CRC Press.

Siemens 2021. Luettu 11.4.2021

<https://support.industry.siemens.com/cs/document/86264167/edd%3A-sitrans-f-m-mag6000-hart-sitrans-dtm?dti=0&lc=en-SV>

Wenbin Dai, Peng Wang, Weiqi Sun, Xian Wu, Hualiang Zhang, Valeriy Vyatkin, Genke Yang, Semantical Integration of Plug-and-Play Software Components for Industrial Edges based on Microservices, 2017

**LIITTEET**

## Liite 1. Kyselylomake

1(2)

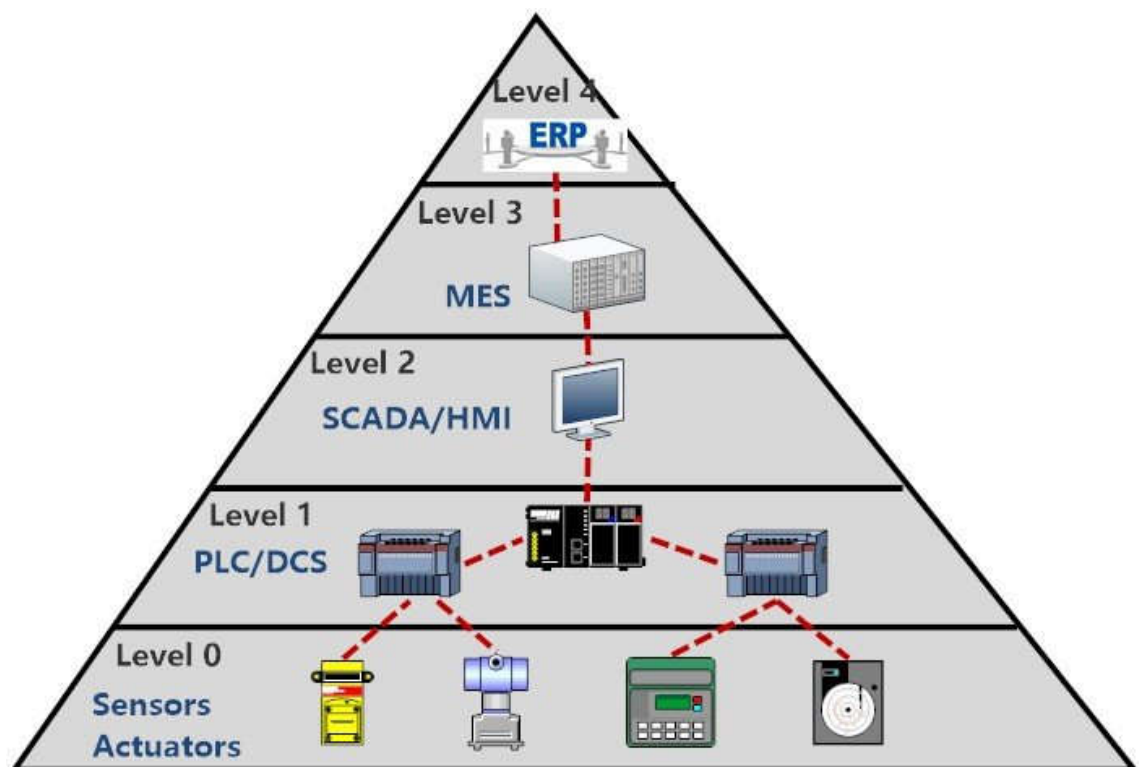
### Kyselylomake

#### Automaatiojärjestelmän automaattinen kunnonvalvonta

Teen opinnäytetyötä automaattisesta automaatiojärjestelmän kunnonvalvonnasta. Tarvitsen sinulta sivulta 2 löytyviin kysymyksiin vastauksen. Tulen haastattelemaan sinua asian tiimoilta, joten voisitko järjestää ½ h aikaa tätä varten. Voit tietenkin lähettää vastaukset sähköpostilla, mutta toivoisin silti myös haastattelu mahdollisuutta.

Automaatio järjestelmän automaattisella kunnonvalvonnalla tarkoitetaan järjestelmää, joka valvoo automaatiojärjestelmän osia ja niiden välistä kommunikaatiota. Valvonnan piiriin kuuluvat kenttälaitteista aina toiminnanohjausjärjestelmään asti.

Tarkoituksena on luoda järjestelmä, joka ilmoittaa viasta / poikkeavuudesta ennen kuin asiakas edes huomaa sitä itse.



Kuva 1. Automaatiojärjestelmä pähkinänkuoressa (Wenbin, Wang, Sun, Wu, Zhang, Vyatkin, Yang, 2017)

**Liite 1. Kyselylomake****2(2)**

## Kysymykset

1. Mitkä ovat mielestäsi automaatiojärjestelmän tärkeimmät osat, joiden toimintaa tulisi erityisesti tarkkailla?
2. Onko tullut vastaan tilannetta, jossa asiakas on toivonut automaatiojärjestelmän jonkin osan valvontaa jota ei ole voinut nykyisellään toteuttaa? Jos on, niin millainen oli kyseinen pyyntö?
3. Mitkä ovat yleisimmät viat automaatiojärjestelmissä, joita joudut selvittämään?
4. Mikä seuraamuksiltaan ikävin ongelma, jota olet asiakkaan kanssa selvittänyt?
5. Kuinka hyödyntäisit keskitettyä vikadiagnostiikkaa?

Kiitos!

Vesa Nieminen