



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Walteri Hirvonen

Profibus-väylälaitteen käyttöönotto

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkö- ja automaatiotekniikka

Insinöörityö

30.3.2020

Tekijä Otsikko	Waltteri Hirvonen Profibus-väylälaitteen käyttöönotto
Sivumäärä Aika	23 sivua 30.3.2020
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Sähkö- ja automaatiotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Automaatiotekniikka
Ohjaaja	automaatioinsinööri Sonja Mäkinen lehtori Reijo Leinonen
<p>Opinnäytetyön toimeksiantajana toimii HSY eli Helsingin seudun ympäristöpalvelut. Työn aihe on Profibus-väylälaitteen käyttöönotto Viikinmäen jätevedenpuhdistamolla. Nykyisen käyttöönottoprosessin toimintatavat eivät ole vakiintuneet, minkä seurauksena jotkin käyttöönottovaiheet saattavat jäädä tekemättä. Tähän kuitenkin haluttiin muutos, jotta tulevaisuudessa käyttöönotto on selkeämpi prosessi.</p> <p>Tavoitteena oli selvittää, mitä vaiheita sisältyy Profibus-väylälaitteen käyttöönottoon ja luoda selkeä ohjeistus käyttöönottotavoista. Ohjeistuksen tarkoitus oli tehdä Profibus-väylälaitteen käyttöönotosta selkeä ja hyvin dokumentoitu prosessi. Ohjeistuksen tavoitteena oli uusi malli käyttöönottoprosessille, jota hyödynnetään tulevaisuudessa Profibus-väylälaitteen käyttöönotossa. Opinnäytetyö aloitettiin haastattelemalla eri sidosryhmiä, ja selvitettiin nykyisen käyttöönottoprosessin vaiheet ja ongelmat. Tavoitteena oli haastatteluiden pohjalta työstää mahdollisia ratkaisuja käyttöönoton vaiheisiin ja ongelmiin.</p> <p>Työn lopputuloksena saatiin vaiheittainen selvitys väylälaitteen käyttöönottoprosessin nykytilasta. Työssä on käyty loogisessa järjestyksessä läpi käyttöönoton vaiheet ja ongelmat. Suurimpia ongelmatilanteita löytyy suunnitteluvaiheesta sekä dokumentointiin liittyvistä puutteista. Haastatteluiden pohjalta mietittiin mahdollisia kehitysideoita ja ratkaisuja kyseisiin ongelmatilanteisiin. Työssä on myös esitelty laajasti Profibus-kenttäväylän teoriaosuutta.</p> <p>Opinnäytetyön avulla on mahdollista jatkaa käyttöönottoprosessin parantamista, koska ongelmatilanteet on tiedostettu ja osaan löydetty ratkaisuja. Kehitysaskeleet lähtevät johtopöytästä, jotta sieltä osataan tulevaisuudessa ohjeistaa tarpeeksi hyvin yrityksen työntekijöille yhteiset toimintamallit.</p>	
Avainsanat	HSY, Profibus, väylälaitte, käyttöönotto, ohjeistus

Author Title	Waltteri Hirvonen Deployment of a Profibus Field Device
Number of Pages Date	23 pages 30 March 2020
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical and automation engineering
Specialisation option	Automation engineering
Instructor(s)	Sonja Mäkinen, Automation Engineer Reijo Leinonen, Senior Lecturer
<p>The thesis work was commissioned by HSY, Helsinki Region Environmental Services. The subject of the work is the implementation of a Profibus field device at the Viikinmäki wastewater treatment plant. The operating procedures of the current deployment process were not well established and because of that, some deployment steps were not always performed.</p> <p>The goal was to find out the steps involved in deployment of Profibus field device and to create clear instructions on methods of deployment. The purpose of the instructions is to make deployment of Profibus field device a clear and well documented process. The purpose of the guidance is to create a new model for the deployment process that will be utilized in deployment of Profibus field device in the future. The thesis was started by interviewing different stakeholders and by clarifying the steps and problems of the current deployment process.</p> <p>The result of the work is a step-by-step explanation of the current state of the deployment process. The work has gone through deployment steps and problems in a logical order. The biggest problems can be found in the planning phase and in lack in documentation. Interviews were used to consider possible development ideas and solutions to those problems. The theory of Profibus has also been extensively presented in the work.</p> <p>The thesis will help to improve the deployment process because the problems have been recognized and solutions have been found for some of them. The development steps start from the management level so superiors will be able to instruct the company's employees well enough in common operating models in the future.</p>	
Keywords	HSY, Profibus, field device, deployment, instruction

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Alkutilanne	2
2.1	Lähtökohdat	2
2.2	HSY	2
2.3	Jätevedenpuhdistus	3
3	Kenttäväylät	5
3.1	Yleistä kenttäväylistä	5
3.2	Väylätopologiat	7
3.3	Profibus	8
3.3.1	Profibus DP	9
3.3.2	Profibus PA	11
3.3.3	OSI-malli	12
3.3.4	GSD-tiedostot	14
4	Käytössä olevat järjestelmät	15
5	Suunnittelu ja toteutus	16
5.1	Väylälaitteen käyttöönoton suunnitteluvaiheet	16
5.2	Projektisuunnitelman vaiheita	17
6	Käyttöönottoprosessi	18
6.1	Tilausprosessi ja asennus	18
6.2	Testaus ja kunnossapito	19
7	Yhteenveto	21

Lähteet

Lyhenteet

DP	<i>Decentralized Peripheral</i> . Kenttäväyläratkaisu, mikä on keskittynyt tehdasautomaatiosovelluksiin.
GSD	<i>Generaal station description</i> . Sähköinen tiedosto, jossa kuvattu laitteen sisäiset parametrit.
HSY	Helsingin seudun ympäristöpalvelut.
I/O	<i>Input/Output</i> . Sisääntulo/Ulostulo.
ISO	<i>International Standardization Organization</i> . Kansainvälinen standardisoimisjärjestö.
OSI	<i>Open System Interconnection</i> . ISO:n kehittämä malli tietoliikennejärjestelmien suunnitteluun.
PA	<i>Process Automation</i> . Kenttäväyläratkaisu, mikä on keskittynyt prosessiautomaatiosovelluksiin.
PC	<i>Programmable logic</i> . Logiikka.
PLC	<i>Programmable logic controller</i> . Ohjelmoitava logiikka.
Profibus	<i>Process Field Bus</i> . Maailmanlaajuisesti standardisoitu kenttäväyläjärjestelmä.
Profinet	<i>Process Field Net</i> . Avoin Ethernet-standardi teollisuuden automaatiolle.
RS-485	<i>Recommended standard</i> . Standardi differentiaaliselle sarjaliikenneväylälle.

1 Johdanto

Insinööriyön aiheena on Profibus-väylälaitteen (Process Field Bus) käyttöönotto olemassa olevaan väylään Viikinmäen jätevedenpuhdistamolla. Väylälaitteiden käyttöönotto on monivaiheinen prosessi, johon kuuluu suunnittelu, laitevalinnat, tilaus, asennus, käyttöönotto, testaus ja seuranta.

Tällä hetkellä käyttöönottoprosessi on hieman vaihtuvainen ja vajanainen, joten tarkoituksena on löytää ongelmiin ratkaisuja, jotta käyttöönottoprosessi on mahdollisimman hyvin toteutettu ja dokumentoitu. Tarkoituksena on haastatella eri vaiheissa toimivia asiantuntijoita, kuten laitosinsinööriä ja automaatioinsinööriä. Haastattelujen pohjalta selvitetään nykyiset toimintatavat käyttöönottoprosessista ja sen perusteella pohditaan ratkaisuja ongelmakohtiin. Tavoitteena on selvittää kaikki vaiheet, mitä Profibus -väylälaitteen käyttöönottoon kuuluu, ja luoda selkeä ohjeistus kaikista vaiheista. Ohjeistuksen tarkoitus on tehdä uuden väylälaitteen käyttöönotosta selkeä ja hyvin dokumentoitu prosessi, joka minimoi keskeytykset ja häiriöt jätevedenpuhdistamon prosesseissa.

Insinööriyössä haastatellaan käyttöönottoprosessin vaiheista ja ongelmista eri sidosryhmistä, kuten kone-, sähkö-, automaatio ja tuotantoasiantuntijoita. Käyttöönottoprosessin eri vaiheisiin ja ongelmiin luodaan ratkaisut haastattelujen perusteella. Lopullinen tulos on selkeä malli käyttöönottoprosessille, jota hyödynnetään tulevaisuudessa Profibus-väylälaitteiden käyttöönotossa.

2 Alkutilanne

2.1 Lähtökohdat

Opinnäytetyö tehdään HSY:lle eli Helsingin seudun ympäristöpalveluille tavoitteena parantaa ohjeistusta ja toimintaa väylälaitteiden käyttöönottoprosessissa. Nykyiset käyttöönottoprosessin toimintatavat eivät ole vakiintuneet, minkä seurauksena osa käyttöönottoprosessin vaiheista jää kokonaan tai osittain tekemättä. Työn tarkoituksena on löytää ratkaisut ongelmiin, jotta käyttöönottoprosessi on tulevaisuudessa mahdollisimman sujuvasti toimiva kokonaisuus. Nykyisistä toimintatavoista tehdään selvitystyötä yhdessä eri sidosryhmien asiantuntijoiden, suunnittelijoiden ja asentajien kanssa. Työ pitää sisällään teoriapuolta kenttävylistä ja laitteista sekä sidosryhmien toimintamalleista eri käyttöönoton vaiheissa. Työstä on rajattu pois käyttöönottoon liittyvä ohjelmointityö.

2.2 HSY

HSY:n vastuulla on Helsingin, Espoon, Vantaan sekä Kauniaisten alueen vesi- ja jätehuolto. Suomen suurimmalla ympäristö- ja vesihuollon toimijalla työskentelee noin 750 henkeä. HSY hankkii, puhdistaa sekä toimittaa yli miljoonalle asukkaalle, yritykselle ja palvelulaitokselle korkealaatuista talousvettä. Prosessin tarkoituksena on huolehtia viemäriveriesien keräämisestä, puhdistamisesta ja johtamisesta takaisin mereen samalla noudattaen ympäristövaatimuksia. [1.]

Pääkaupunkiseudulla on kaksi jätevedenpuhdistamo Helsingin Viikinmäessä sekä Espoossa Suomenojalla. Tällä hetkellä rakennetaan uutta jätevedenpuhdistamo Espoon Blominmäkeen, jonka on tarkoitus korvata Suomenojan jätevedenpuhdistamo. [1.]

Viikinmäen jätevedenpuhdistamolla käsitellään Helsingin, Itä- Vantaan, Keravan, Tuusulan, Järvenpään ja Sipoon talousvedet. Asukkaita tällä alueella on yhteensä noin 800 000. Viikinmäen puhdistamon kokonaisvirtaama on vuorokaudessa noin 270 000 kuutiometriä. Jätevettä puolestaan puhdistetaan vuoden aikana yli 100 miljoonaa kuutiometriä. Puhdistetut jätevedet ohjataan viemäreitä pitkin avomereen. Puhdistusprosessi on kolme vaiheinen sisältäen biologisen, kemiallisen ja mekaanisen puhdistusmenetelmän. [1.]

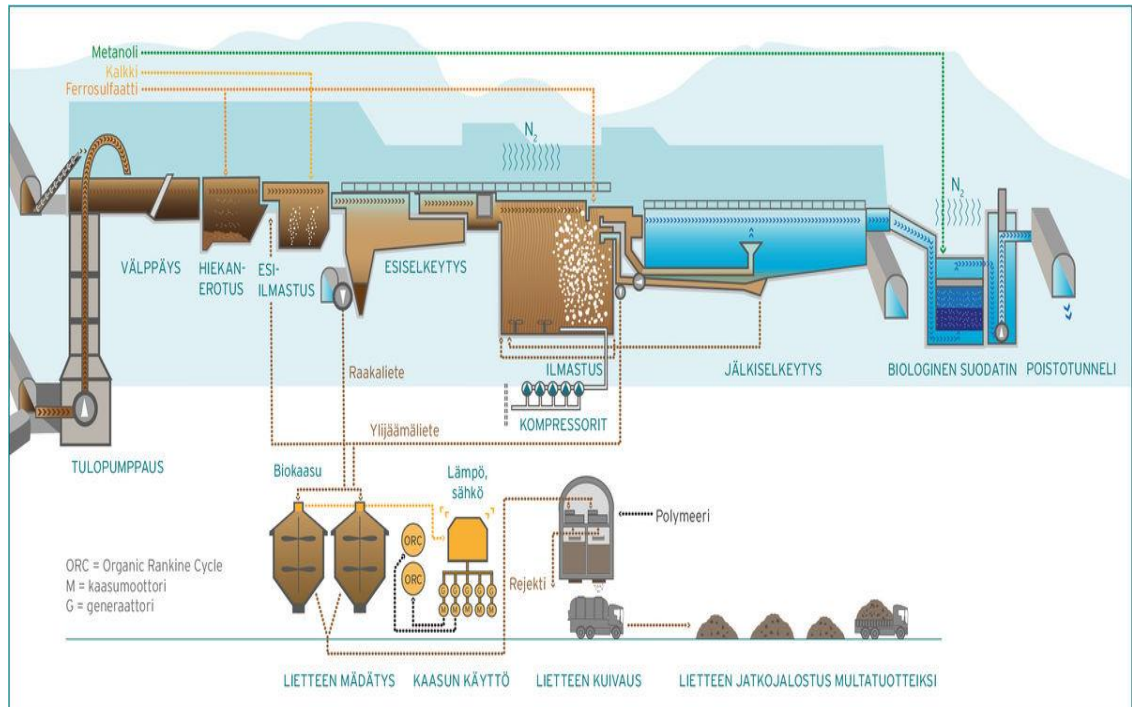
2.3 Jätevedenpuhdistus

Mekaaniseen puhdistusvaiheeseen kuuluu kiintoaineen poistaminen jätevedestä. Kiintoaineisiin lukeutuu hiekka, rasva ja muu sekajäte. Puhdistus tapahtuu välppien avulla, jossa erotellaan kaikki yli 1 cm:n kiinteät aineet. Prosessin alussa on hyvin tärkeää poistaa ylimääräiset aineet jätevedestä, ettei se haittaisi vedenpuhdistusprosessia tai siihen käytettäviä laitteistoja. Mekaaniseen puhdistusvaiheeseen kuuluu myös esi- ja jälkiselkeytys, kuten kuvasta 1 huomataan. Tarkoituksena on poistaa hienojakoisempi kiintoaine nesteestä. [1.]

Kemiallisen käsittelyprosessin on tarkoitus aiheuttaa jäteveden rakenteessa muutoksia. Jätevedessä olevissa pienissä hiukkasissa ja yhdisteissä tapahtuu muutoksia, jotta niistä saadaan tehtyä suurikokoisempia. Tämän seurauksena ylimääräinen aine saadaan poistettua mekaanisesti. Kemiallisessa puhdistusvaiheessa jäteveden sekaan lisätään ferrosulfaattia eli rautasuolaa. Sen tarkoitus on saostaa jätevedessä oleva fosfori ja tiivistää ylijäämäliete. Lopputuloksena pystytään keräämään liete jatkokäsittelyyn. [1; 2, s. 11–12.]

Biologisessa vedenpuhdistuksessa tarkoitus on poistaa jätevedessä oleva typpi. Käsittelyssä hyödynnetään jätevedessä olevia bakteereja, jotta ne alkaisivat kasvamaan ja lisääntymään. Tämä tapahtuu ilmastuksella eli veteen johdetaan ilmaa, jotta syntyy pieniä kuplia. Käsittelyssä muodostuu aktiivilietettä ja lisääntyvät bakteerit alkavat kuluttaa jätevedessä olevia ravinteita. Tuloksena typpi vapautuu ilmaan typpikaasuna. Puhdistusprosessi jatkuu jälkiselkeytyksessä, jossa liete valuu altaan pohjaan jättäen puhtaan veden altaan yläosaan. [1; 2, s. 12.]

Biologisen ja kemiallisen menetelmän seurauksena syntyy lietettä ja biokaasua. Näistä liete jatkojalostetaan mullaksi ja kaasua käytetään energianlähteenä. Puhdistamo on täysin omavarainen lämmön suhteen tuotetun energian seurauksena. Sähkönomavaraisuusaste on puolestaan 97 %. [1.]



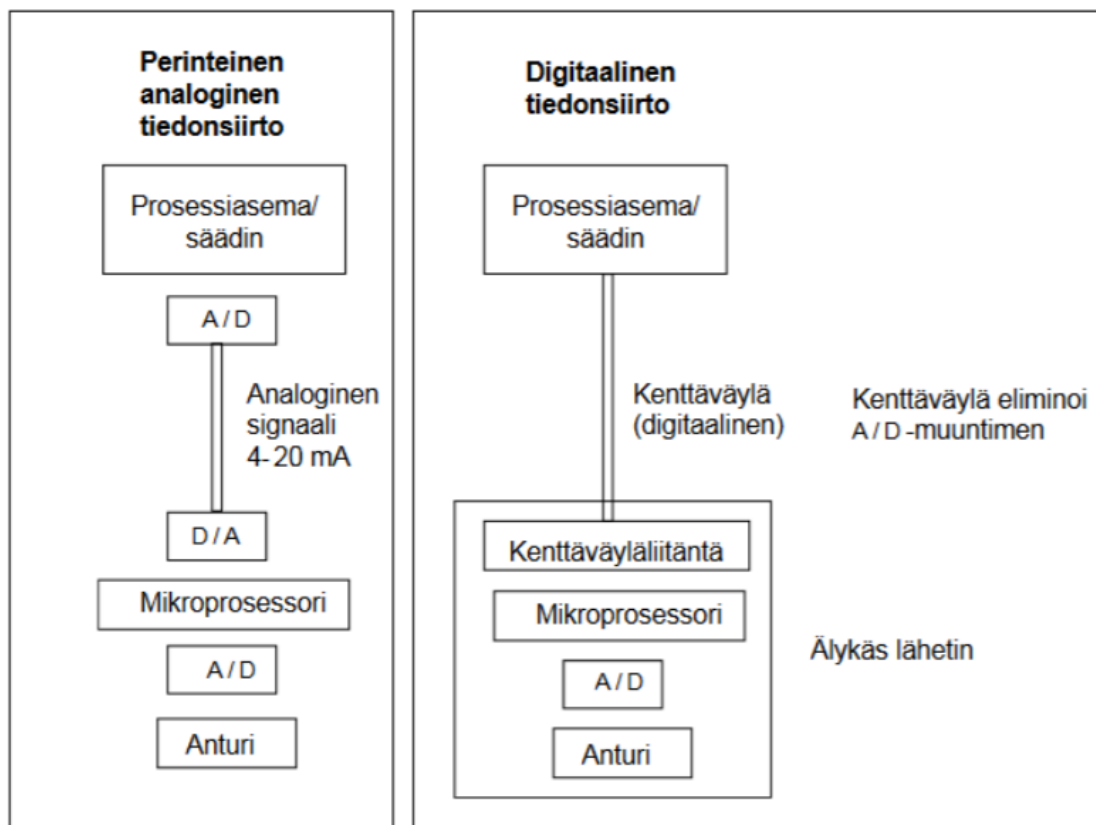
Kuva 1. Kuvaus jätevedenpuhdistuksesta. [1.]

3 Kenttäväylät

3.1 Yleistä kenttäväylistä

Kenttäväylä on automaatiotekniikassa käytetty tiedonsiirtotekniikka, jolla saadaan järjestelmät, laitteistot ja mittalaitteet kommunikoimaan keskenään yksinkertaisemmin. Kenttäväylän yleisenä määritelmänä voidaan kuvata: Kaksisuuntainen, sarjamuotoinen ja digitaalinen tietoliikenneyhteys, jolla voidaan yhdistää kenttälaitteita, toimilaitteita ja moottoriohjauksia lähiverkkoinstrumenteille. Kenttäväylät voidaan jakaa karkeasti kolmeen eri osaan: anturi-, kenttä- ja laiteväylät. Väylään voidaan lisätä kenttälaitteita kuten: Taajuusmuuttajia, kytkimiä, mittalaitteita ja venttiilejä. [3, s. 8–9.]

Perinteisessä automaatiojärjestelmässä käytetään analogista 4–20 mA:n virtasignaalia, kuten kuvasta 2 havaitaan. Tiedonsiirto on yksisuuntaista ja jokainen laitepari tarvitsee oman johtoparin. Tieto kulkee ainoastaan kahden kiinteän pisteen välillä, joka tarkoittaa todella rajallista informaatiota. Perinteisessä automaatiojärjestelmässä on usein ongelmia yhteensovittamisessa laitteiden ja järjestelmien välillä. Automaatiojärjestelmään on haastavaa tehdä muutoksia myöhemmin, koska laitteiden standardit ja protokollat ovat erilaisia keskenään. [4, s. 8; 5, s. 9–12.]

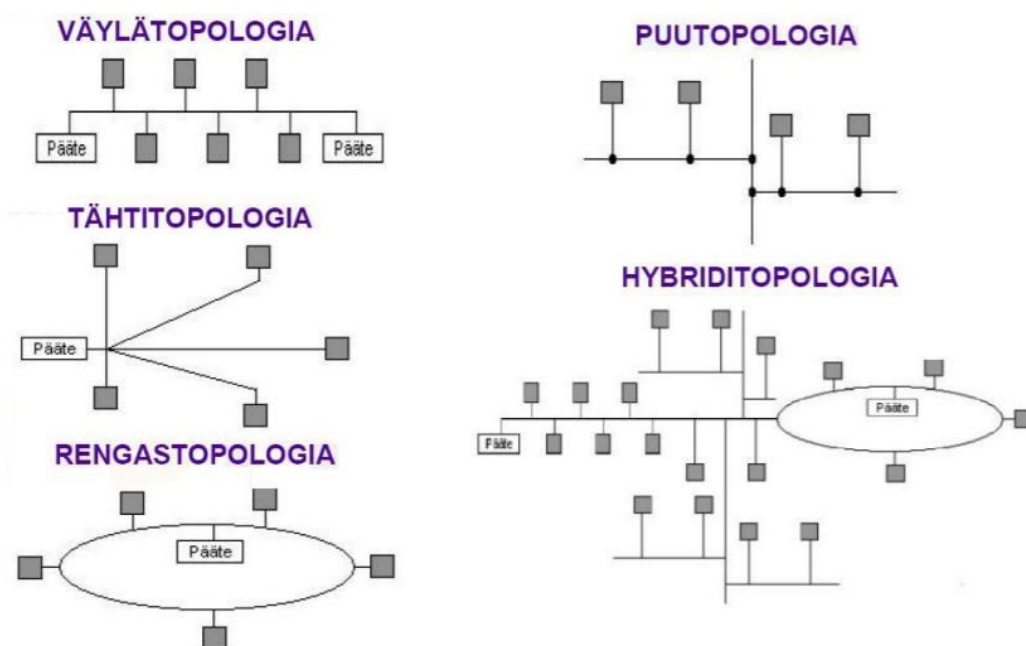


Kuva 2. Kuvaus analogisesta ja digitaalisesta tiedonsiirrosta. [6, s. 13.]

Kenttäväylien etuna perinteiseen automaatiojärjestelmään on kaapeloinnin ja kytkentöjen pienempi määrä sekä kaksisuuntainen tiedonsiirto laitteiden välillä. Pienempi kaapelointi ja kytkentöjen määrä puolestaan vähentää vikadiagnostiikkaa, joka usein johtuu huonosti kiinnitetystä liittimestä. Vähäisemmän kaapeloinnin ja kytkentöjen takia myös asennus- ja rakentamiskustannukset vähenevät. Kenttäväylään on helpompi tehdä tarvittavia muutoksia, joka säästää aikaa ja resursseja. Vikoja pystytään myös tutkimaan helpommin etädiagnostiikan ansiosta suoraan erityiseltä operointiasemalta. Paremman vikadiagnostiikan takia laitteiden elinkaaren hallinta paranee. Kenttäväylätekniiikan huonona puolena on, jos väylä on poikki niin yksikään laite ei toimi väylässä. Kenttäväylän suunnittelussa tulee miettiä väylän jakamista pienempiin väylä kokonaisuuksiin tai useammalle prosessiasemalle. [3, s. 8–9.]

3.2 Väylätopologiat

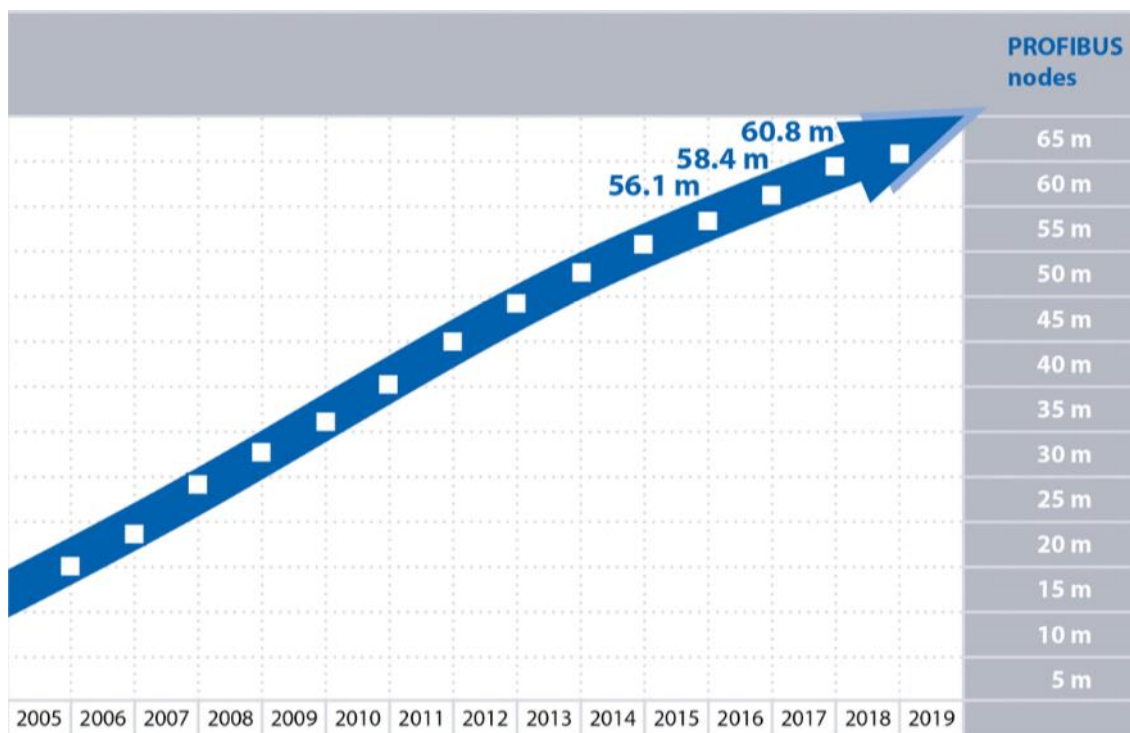
Väylätopologia tarkoittaa kaapeloinnin fyysistä kytkentämuotoa laitteiden välillä. Väylärakenteita ovat väylä-, tähti-, rengas-, puu- ja hybriditopologiat. Hybriditopologia tarkoittaa, että vähintään kaksi erilaista topologiaa yhdistetään, kuten kuvasta 3 huomataan. Päätevästukset täytyy olla haarojen päissä, jotta pystytään muodostamaan väyläsegmentit. Kaikkien laitevalmistajien laitteet eivät pysty keskustelemaan keskenään, joten se täytyy huomioida kytkentätavan suunnitteluvaiheessa. [7, s. 7–8.]



Kuva 3. Kuvaus erilaisista väyläratkaisuksista. [7, s. 8.]

3.3 Profibus

Profibus on maailman johtavia kenttäväyläjärjestelmiä. Se on maailmanlaajuisesti standardisoitu digitaalinen väylämalli. Profibus noudattaa IEC 61158 -standardia, mikä takaa laajan yhteensopivuuden eri laitetuimittajien välillä. Profibus laitteita on asennettu maailmanlaajuisesti yli 60 miljoonaa kappaletta. [8.]



Kuva 4. Kuvaaja Profibus-laitteiden asennetuista määristä. [8.]

Profibus-kenttäväylämallia käytetään teollisuus-, prosessi- ja rakennusautomaatiossa. Väyläratkaisuja on kolme erilaista: Profibus DP (Decentralized Peripheral), Profibus PA (Process Automation) sekä ProfiNet (Process Field Net). Maailmanlaajuisesti yleisin kenttäväylästandardi on Profibus DP. [9.]

Profibus-kenttäväylän toimintaperiaatteena on, että automaatiojärjestelmän ja kenttälaitteiden välillä on vähintään yksi isäntälaitte, joka määrittää väylän sisällä tapahtuvan kommunikaation. Isäntälaitte lähettää kyselyitä kenttälaitteille ja ne puolestaan vastaavat nykyisesti tilastaan. [10, s. 19.]

3.3.1 Profibus DP

Profibus DP on kenttäväyläratkaisu, joka on keskittynyt tehdasautomaatiosovelluksiin, kuten taajuusmuuttajiin. Se mahdollistaa liitynnät useimpien tunnettujen valmistajien loogikkaohjauksiin. Järjestelmä on pääasiassa suunniteltu nopeaan kenttätason tiedonsiirtoon, jossa PC tai PLC kommunikoi hajautettujen kenttälaitteiden kanssa. Profibus DP-tekniikkaa käytetään monesti taajuusmuuttajissa ja säätöventtiileissä Viikinmäen jätevedenpuhdistamolla. [11, s. 9.]

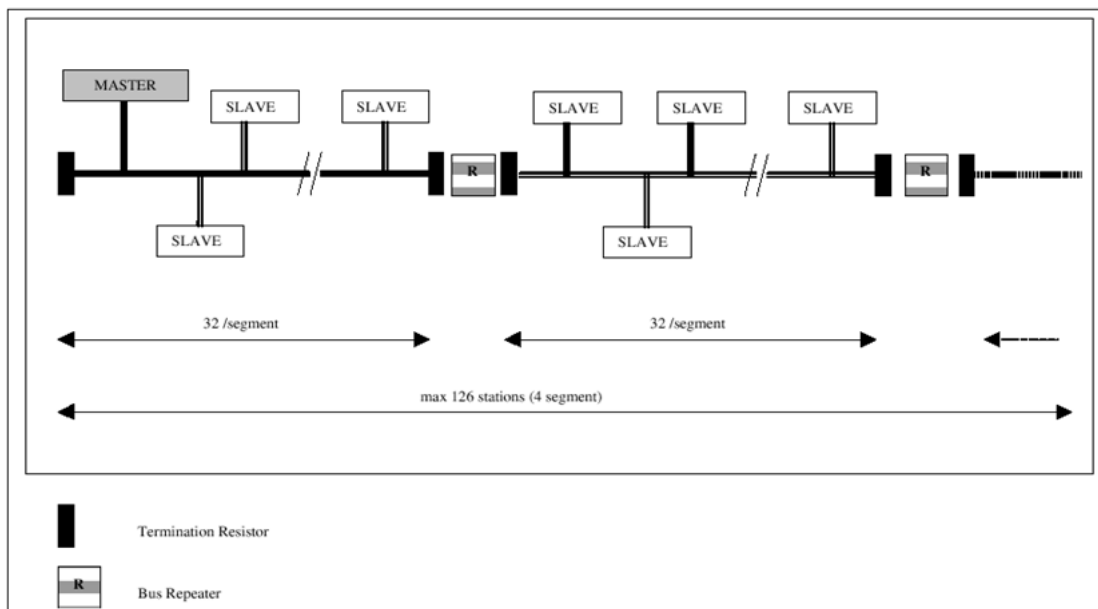
Profibus DP:n kommunikointiprotokollaversioita ovat DP-V0, DP-V1 ja DP-V2. DP-V0 mahdollistaa syklisen tiedonsiirron master-laitteiden ja slave-laitteiden välillä. Tieto liikkuu säännöllisellä syklivälillä, kuten PLC- ohjelman tulot ja lähdöt. DP-V1 ja DP-V2 mahdollistavat asyklisen tiedonsiirron ja kenttälaitteiden välisen kommunikoinnin, eli tieto liikkuu vain tarvittaessa, kuten konfigurointiparametrit. DP-V2 mahdollistaa vielä slave-laitteiden välisen kommunikoinnin keskenään. Profibus DP-tiedonsiirrossa fyysisellä kerroksella käytetään RS-485 kierrettyä parikaapelia, kuten taulukosta 5 huomataan. [11, s. 9.]

Master-yksikkö on usein ohjelmoitava logiikka tai automaatiojärjestelmän prosessinohjausyksikkö. Viikinmäen jätevedenpuhdistamolla Master-yksikkö on prosessiasema. Master-yksikkö on väylän aktiivinen laite ja kontrolloi viestien liikehdintää. Slave-yksikkö on väylälaite, kuten I/O-asema tai lähetin. Slave-yksikkö on väylän passiivinen laite, joka vastaanottaa Master-yksikön viestejä. [12.]

Taulukko 1. Taulukossa esitetty Profibus DP:n perusominaisuudet [12.]

Fyysinen kerros	RS-485
Maksimipituus	Maksimi etäisyys 1200m
Osallistujat	32 laitetta segmentissä. Osoiteavaruus 126
Protokolla	DP-V0; DP-V1; DP-V2
Standardi	IEC 61158
Tiedonsiirtonopeus	9.6 kBit/s -> 12 MBit/s
Tuki	Profibus User Organisation (PNO)
Yhteysmenetelmä	Token passing with master-slave

Profibus DP-väylässä voi olla maksimissaan 32 laitetta yhdessä segmentissä ja 126 laitetta koko väylässä, kuten kuvasta 5 havaitaan. Tällä pyritään vähentämään kaapelissa olevia häiriösignaaleja. Segmentissä voi olla enemmän kuin 32 laitetta, mutta segmentit tulee yhdistää vahvistimella. Oletusosoite on yleisesti 126, joten tätä osoitetta ei tule antaa käyttöönotettavalle laitteelle. Segmentillä tarkoitetaan kenttäväylän osaa, joka on kahden päätevastuksen välissä. Profibus DP:n väylänopeus ja kaapelin pituus ovat verrannollisia keskenään. Pitkällä etäisyydellä tiedonsiirtonopeus heikkenee. [12.]



Kuva 5. Esimerkki väylärakenteesta. [13, s. 5.]

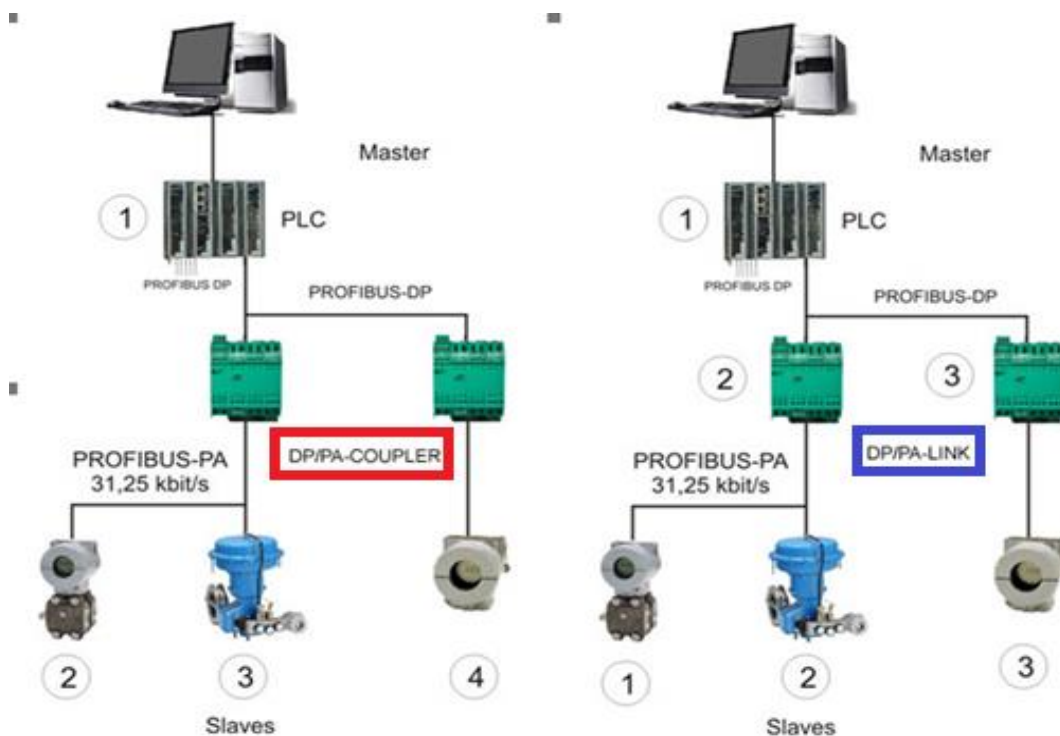
3.3.2 Profibus PA

Profibus PA on kenttäväyläratkaisu, joka keskittynyt prosessiautomaatiosovelluksiin, kuten erilaisiin mittalaitteisiin ja mittausdatan käsittelyyn. Laitteita voi olla muun muassa erilaiset venttiilit, painemittarit ja virtausmittarit. Profibus PA-väylässä voi olla Profibus DP:n tavoin maksimissaan 126 laitetta yhdessä väylässä ja 32 laitetta yhdessä segmentissä. Profibus PA:lla voidaan käyttää pidemmällä tiedonsiirtoyhteyksillä kuin Profibus DP:llä kuten taulukosta 2 havaitaan. [12.]

Taulukko 2. Taulukossa Profibus PA perusominaisuudet. [12.]

Fyysinen kerros	IEC 61158-2
Maksimipituus	Maksimi etäisyys 1900m
Osallistujat	32 laitetta segmentissä
Protokolla	DP-V1
Standardi	IEC 61158
Tiedonsiirtonopeus	31.25 kBit/s
Tuki	<u>Profibus User Organisation (PNO)</u>
Yhteysmenetelmä	Master- slave

Profibus PA-kenttäväylä tarvitsee erillisen muunninlaitteen eri tiedonsiirtonopeuden ja -menetelmän takia. Laitteita ovat Profibus DP/PA-muunnin ja Profibus DP/PA-linkki, kuten kuvasta 6 huomataan. DP/PA-muunninta käytetään yksinkertaisissa verkoissa ja sen tarkoitus on muuntaa fyysiset väyläominaisuudet yhteensopiviksi DP:n ja PA:n välillä. Muunnin ei tarvitse omaa osoitetta. DP/PA-linkkiä käytetään monimutkaisemmissa verkoissa. Linkki on Slave-laite Profibus DP-väylän suhteen ja Masterina PA-väylään nähden. Se tarvitsee myös oman osoitteen ja linkin alla on omat 32 osoitetta. Profibus PA-laitetta ei voi yhdistää suoraan muuntimeen tai linkkilaitteeseen, vaan väliin tarvitaan väylähaaroitin. Haaroittimen tehtävänä on jakaa väylää Profibus PA-laitteille. [14, s. 11.]



Kuva 6. Kuvaus Profibus väylän osoitteista. Vasemmanpuoleinen DP/PA-muunnin. Oikeanpuoleinen DP/PA-linkki. [14, s. 12.]

3.3.3 OSI-malli

OSI-malli (Open System Interconnection) kehitettiin ISO:n (International Standardization Organization) toimesta 1980-luvun alkupuolella seurauksena epävarmoille markkinoille. Laittevalmistajat markkinoivat omia verkkoratkaisujaan ilman minkäänlaista yhteensopiavuutta muiden valmistajien laitteisiin. Selvyyden vuoksi päätettiin kehittää uusi tietoliikenne standardi, jotta eri valmistajien laitteet pystyvät kommunikoimaan toistensa kanssa. [15, s. 11.]

OSI-mallin on 7-kerroksinen, jossa kenttäväylästandardiin kuuluu fyysinen kerros, siirtoyhteys- sekä sovelluskerros. Taulukossa 3 esitetty OSI-mallin kaikki kerrokset.

Taulukko 3. Kuvaus OSI-mallista. [3, s. 10.]

7	Sovelluskerros	Yhteydenpidon osapuolien tunnistus Autorisointi Dialogitavan valinta
6	Esitystapakerros	Syntaksin valinta Syntaksin muuntaminen Tietorakenteen muuntaminen
5	Yhteysjaksokerros	Yhteyksien luominen ja purku Dialogin ohjaus Kokousliitäntöjen synkronointi
4	Kuljetustapakerros	Siirtoliitäntöjen luominen Multipleksit Vian haku ja korjaus
3	Välityskerros	Reititys Verkkoliitäntöjen multipleksointi Virtauksen säätely
2	Siirtoyhteyskerros	Tahdistus Järjestyksen valvonta Virtauksen valvonta
1	Fyysinen kerros	Bittien siirto Koodaus Tahdistus

Fyysinen kerros pitää sisällään kaikki tiedonsiirtoon liittyvät mekaaniset, sähköiset ja loogiset asiat. Kerros on kaksiosainen ja siihen kuuluvat fyysinen siirtotie ja signalointi. Siirtotienä voidaan käyttää kierrettyä parikaapelia, optista valokuitua tai langatonta yhteyttä. Signalointi määrittelee käytännössä tiedonsiirtonopeuden. [3, s. 9; 15, s. 13.]

Siirtoyhteyskerros on toiseksi alin kerros ja huolehtii käytännössä tiedonsiirrosta laitteiden välillä. Kaikilla kommunikoivilla laitteilla on mahdollisuus verkonhallintaan, jotka tapahtuvat kolmen protokollan avulla:

Ensimmäisessä protokollassa jokainen valtuutettu laite voi hallita verkkoa lyhyen ajan, jos laitteella on valtuus. Menetelmä käyttää delegoituja sekä vapaita valtuuksia. Väylän

isäntä (LAS) hallitsee delegoituja valtuuksia. Toisessa protokollassa LAS hallitsee verkkoon pääsyä. Kolmannessa protokollassa on keskitetty master, jossa LAS kiertokyselee kaikki solmupisteet ja lähettää löydetyt viestit loppuosoitteisiin. [3, s. 10; 15, s. 12–13.]

Sovelluskerros on ylin kerros, joka määrittää millaisia toimintoja kenttäväyläsovelluksessa voidaan tehdä. Toimintoja ovat lähetys, lataus ja tapahtumien raportointi. [3, s. 11; 15, s. 12.]

3.3.4 GSD-tiedostot

Jokaiselle Profibus-laitteelle löytyy tyyppikohtainen sähköinen GSD-tiedosto (General station description). Laitteiden konfigurointi onnistuu kyseisen tiedoston avulla, joka sisältää kaikki laitteen sisäiset parametrit. GSD-tiedosto sisältää esimerkiksi valmistajätiedot, tiedonsiirtonopeuden ja diagnostiikkasanomien merkitykset. GSD-tiedoston avulla laite pystytään konfiguroimaan väylään helposti. Tiedostot ladataan isäntälaitteelle tietokantaan, jolloin se tunnistaa väylässä olevat laitteet ja niiden ominaisuudet. Tämän avulla isäntälaitte pystyy keskustelemaan muiden laitteiden kanssa ja kysellä oleellisia tietoja. Uutta konfigurointia ei tarvita, jos laite vaihdetaan myöhemmin. Laitevalmistaja toimittaa useimmiten GSD-tiedostot laitteen mukana. [14, s. 3; 16.]

4 Käytössä olevat järjestelmät

Artturi ja M-files ovat HSY:n kunnossapito- ja tietojenhallintajärjestelmät, jotka ovat suuressa asemassa käyttöönottoprosessissa. Artturissa on työtilaukset sekä ennakkohuoltotyöt ja se on jokaisen työntekijän käytettävissä. Järjestelmän avulla pystytään ohjaamaan kunnossapidon toimintaa. Se sisältää kaikki oleelliset laitekortit jätevedenpuhdistamolle ja niihin liittyviin laitteistoihin. Järjestelmään tulisi kirjata kaikki tapahtumat, muutokset ja tilaustyöt, jotta pystytään tarkastelemaan kunnossapitoa. Järjestelmän avulla pystytään myös seuraamaan kustannuksia.

M-files on myös tärkeä osa hyvin organisoitua käyttöönottoprosessia. Sinne lisätään kaikki tarvittavat dokumentaatiot laitoksella tehdyistä töistä. Dokumentit nimetään samanlaisella tyyllillä ja metatiedoilla, jotta ne ovat helposti löydettävissä myöhemmin. Järjestelmän tietojen etsimisessä on kuitenkin hieman ongelmia, koska järjestelmää käytävillä työntekijöillä on erilaisia nimeämistapoja dokumenteille. Aiemmin M-files oli pelkästään tietokoneilla, mutta nykyään työntekijöillä on puhelinsovellukset, jotta säästetään aikaa ja vaivaa. Dokumenttien tallentaminen ja hakeminen järjestelmään onnistuu nykyään suoraan työmaapisteeltä puhelimen avulla.

HSY:llä on käytössään Valmetin automaatiojärjestelmä, josta valvotaan jätevedenpuhdistamoja. Viikinmäen jätevedenpuhdistamossa on ollut käytössä Valmetin automaatiojärjestelmä 1990-luvulta asti. Valmet toimittaa HSY:lle informaationhallintajärjestelmän, automaatio-sovellus- ja instrumentoinnin kenttäsuunnittelun, kenttälaitteita, tehdas-testausta, automaatiojärjestelmän asennuksen, käyttöönoton ja koulutuksia. [17.]

5 Suunnittelu ja toteutus

5.1 Väylälaitteen käyttöönoton suunnitteluvaiheet

Väylälaitteen suunnitteluvaiheeseen liittyy monia eri tehtäviä. Seuraavaksi on listattuna vaiheittain suunnittelun vaiheita nykyisessä käyttöönottoprosessissa:

1. Aluksi tehdään päätös uuden väylälaitteen tarpeelle, jonka jälkeen tehdään laitevalinnat sähkö- ja automaatioryhmän kesken. Laitehankinnat kilpailutetaan, mutta tilataan myös samoilta laitevalmistajilta tai sopimuskumppaneilta. Päätavoite on tilata laadullisesti sellaisia laitteita, jotka kestävät vaadittavia olosuhteita mieluusti vähintään kymmenen vuotta. [18.]
2. Tehdään suunnitelmat ja toiminnalliset kuvaukset. Tärkeä vaihe on myös sopia aikataulutuksesta kaikkien sidosryhmien kesken, jotta käyttöönottoprosessi sujuu mahdollisimman sujuvasti. Laitteelle tehdään myös putkistosuunnittelut instrumentin sijoitukselle, jotka hoitaa useimmiten putkiurakoitsija. Uudelle laitteelle tulee tehdä laitekortit Artturi- ja M-files-järjestelmiin. Kunnossapito päättää osoitteet laitteille. [18.]
3. Sähkösuunnittelussa tulee ottaa huomioon esimerkiksi sähkönsyöttö sekä tarvittavat suojalaitteet. Sähkönsyötön ja suojalaitteiden osalta otetaan yhteys sähkönsinööriin, joka vastaa suunnittelusta tai sen kilpailuttamisesta. HSY:llä on käytössään Valmet Automation Oy automaatiojärjestelmä jätevesiprosessien hallintaan. [19.]
4. Automaatiosuunnittelusta vastaa automaatioinsinööri, joka suunnittelee järjestelmä- ja väyläkuvat. Tarvittaessa automaatioinsinööri kilpailuttaa ja tilaa tarvittavat kuvat ulkopuoliselta toimittajalta. Valmet Automation Oy tekee laajemmat sovellukset ja avustaa tarvittaessa käyttöönotossa. Tässä vaiheessa katsotaan mihin väylään laite sijoitetaan ja vapaana olevat osoitteet. Automaatioinsinöörin vastuulla on varmistaa, että lisättävistä laitteista on saatu GSD-tiedostot ellei laitteet ole tuttuja entuudestaan. [18.]

5.2 Projektisuunnitelman vaiheita

Hyvin luotu projektisuunnitelma on alustana onnistuneelle projektille. Projektisuunnitelmaan sisältyy seuraavat osiot:

1. Määrittelyt, jossa käydään selkeästi läpi työn tausta ja tavoitteet. Lisäksi tehdään mahdollisia aiheen rajauksia. [20.]
2. Organisaatio, jossa projektiin valitaan projektipäällikkö ja muu henkilöstö. Projektipäällikön vastuulla on toteutus ja tehtävien jakaminen muulle henkilöstölle. [20.]
3. Toteutussuunnitelma, jossa tehdään mahdollisia projektin jakamisia osaprojekteihin. Toteutussuunnitelmaan sisältyy myös aikataulut, resurssisuunnitelmat ja ongelmien tiedostaminen. Toteutussuunnitelman laatimiseen vaikuttaa projektin laajuus. [20.]
4. Budjetti, johon kuuluu toteutussuunnitelmassa tehty kustannusarvio sekä projektibudjetti. [20.]
5. Ohjaussuunnitelma, johon kuuluu pääasiassa tiedottaminen ja kokouskäytäntö. Laajemmissa projekteissa täytyy pitää kokouksia projektiryhmän kesken. Tiedottaminen on tärkeä osa onnistunutta projektia, jotta kaikki sidosryhmät ovat tietoisia projektinkulusta. Ohjaussuunnitelmassa on tärkeää käydä läpi kaikki asiat, jotka tulee dokumentoida. Tämä helpottaa myöhemmin projektin tarkastelua mahdollisten ongelmien takia. [20.]
6. Suunnitteluvaiheeseen kuuluu hyvä dokumentointi, mutta se on osittain ongelma HSY:llä. Työryhmille ei ilmoiteta tarpeeksi selkeästi toimintaohjeita ja tämän seurauksena projekteista saattaa puuttua oleellisia dokumentteja. Suunnitteluvaiheessa tulisi laatia tarkemmat toimintamallit dokumentointiin, jotta kaikki suunnittelukuvat, väyläkuvat, mallit ja fyysisestä työstä olisivat tallessa myöhempää tarkastelua varten. Toisena ongelmana ovat tiukat aikataulut työtehtäville ja usein käyttöönnotot myöhästyvät tämän seurauksena. Aikatauluongelmiin voi myös vaikuttaa suunnitelmien puutteellisuus. [18; 21.]

6 Käyttöönottoprosessi

6.1 Tilausprosessi ja asennus

Tilausprosessi alkaa usein silloin, kun sähkö- ja automaatioasentajat huomaavat jonkin laitteen olevan epäkunnossa tai ennakkohuollon laitteelle, jolle pitäisi tilata uusi tilalle. Tuotantoryhmä tilaa myös uusia laitteita riippuen käynnissä olevasta projektista. Tämä tapahtuu välillä ilman, että tieto kulkeutuu sähkö- ja automaatioryhmälle asti, mikä puolestaan hankaloittaa toteutusta. Heikon tiedonkulun vuoksi joudutaan selvittämään jälkeinpäin asioita, mikä hidastaa projektin etenemistä. Joissakin projekteissa saatetaan myös tarvita kokonaan uusi laite. [18.]

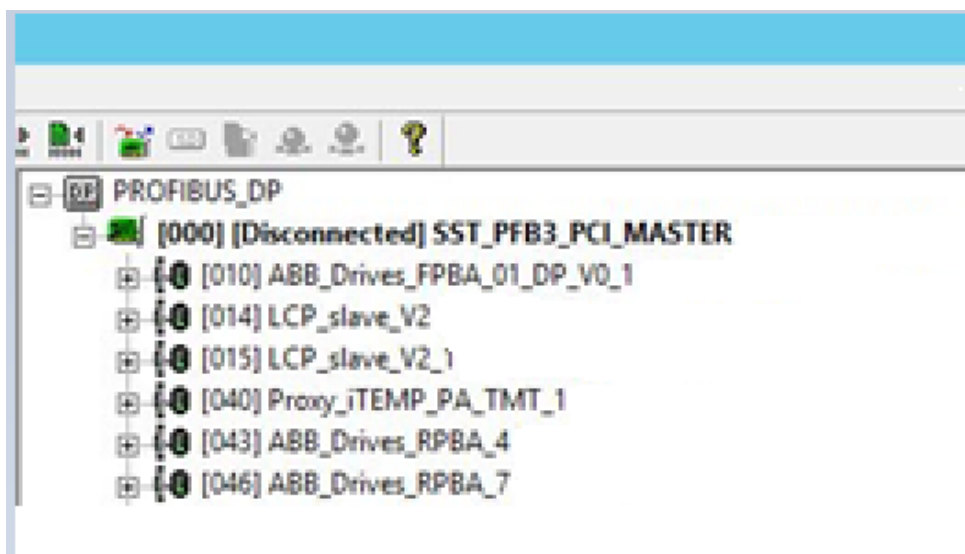
Sähkö- ja automaatioasentajat tekevät huomion tarvittavasta laitteesta työnjohdolle, joka puolestaan tekee päätöksen mahdollisesta tilauksesta ja laitteen tarpeellisuudesta. Sähkö- ja automaatioasentajat tekevät laitevalinnat tiettyjen standardien mukaisesti. Laittevalinnoissa käytetään lähes aina samojen valmistajien laitteita, ellei kilpailutuksessa tule hyvää tarjousta laitteelle. Tavoitteena on löytää mahdollisimman laadukkaita ja kestäviä laitteita, joiden elinkaari on noin kymmenen vuotta. Isommissa projekteissa kilpailutetaan urakoitsija, joka hoitaa mekaanisen asennuksen, putkistosuunnittelut ja asennuksen sekä sähkö- ja automaatiopuolen asiat. [19; 21.]

Pienemmissä projekteissa sähkö- ja automaatioryhmä suorittaa laitteen asennuksen kokonaisuudessaan. Työtehtävä voisi olla esimerkiksi jätevedenpuhdistamolla uusittava taajuusmuuttaja, johon sähkö- ja automaatioryhmä hoitaa kokonaan työn. Asennukseen kuuluu kaapelointi, laitteen mekaaninen asennus, väylän ja sähkön kytkeminen päälle. Teknisistä dokumenteista selvitetään sähkönsyötöt ja kytkennät laitteille. Suurimman osan asennuksista hoitaa 1–2 hengen ryhmä sähkö- ja automaatioryhmän asentajia riippuen projektin kokoluokasta. Monesti isommissa projekteissa kilpailutetaan urakoitsija hoitamaan asennustyöt. Urakoitsijan työtehtäviin kuuluu ennakkoon määritellyt tehtävät. [18; 21.]

6.2 Testaus ja kunnossapito

Testausvaiheessa on runsaasti sidosryhmiä mukana. Koneryhmän vastuulla on putkistolinjausten ja putkistopaineiden tarkastaminen. Sähkö- ja automaatioyryhmän henkilöt tekevät testaus toimenpiteitä. I/O-lähdöt testataan, jotta lähtö- ja tulosignaalit toimivat. Kaapeleiden ja liitosten kunto tarkastetaan. Lisäksi tarkastetaan, että asennettu laite näkyy Valmetin automaatiojärjestelmässä. Valmetilla on tähän sovellus, jolla pystytään tarkistamaan väylän tilanne eli tarkkailla väylällä olevia laitteita reaaliajassa. Valmetin automaatiojärjestelmästä.

Kuvassa 7 on näkymä Valmetin automaatiojärjestelmän näkymästä. Kuvassa näkyy Valmetin konfiguraatiotyökalu, johon tulee jokainen väylään laitettava laite lisätä. Ennen kyseistä toimenpidettä tarkastetaan, että laitteen ja Valmetin välinen tiedonsiirto toimii. Tässä tehdään laitemääritys, jotta järjestelmä tietää laitetyyppien osoitteet. Laitelistalla näkyvät Profibus DP ja PA laitteet. [18.]



Kuva 7. Laitenäkymä Valmetin automaatiojärjestelmässä. [18.]

Jos asennettava laite on ollut esimerkiksi pintamittari niin se testataan lopuksi, että hälytysrajat toimivat ja laite löytyy väylästä. Tällä varmistetaan, että yhteydet toimivat laitteen ja automaatiojärjestelmän välillä. Laitteelle syötetään myös halutut asetusarvot, jotka on aiemmin määritetty suunnitelmissa. Lisäksi laitteelle annetaan osoite, joka on katsottu olevan vapaana Valmetin sovelluksesta. [18.]

Kunnossapito-ohjeet tulee saada laitetoimittajalta tai projektin yhteydessä. Ohjeisiin lu-
keutuu kaikki tekniset dokumentit sisältäen laitemanuaalit. Ohjeet tulee ohjata suoraan
M-filesiin ja kunnossapitojärjestelmä Artturiin, missä ne näkyvät ennakkohuoltoina. Kun-
nossapidolla on tärkeä rooli laitteen elinkaaren kannalta. Toiminta heikkenee tai hajoaa,
jos laitetta ei huolleta. [18.]

7 Yhteenveto

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, mitä vaiheita Profibus-väylälaitteen käyttöönottoon sisältyy ja luoda ohjeistus käyttöönottovaiheista. Lisäksi tavoitteena oli selostaa Profibus-kenttäväylän teoria puolta. Haastattelin eri sidosryhmien edustajia automaatio-, sähkö- ja konepuolelta, mistä sain riittävän hyvän yleiskuvauksen nykyisestä tilanteesta ja käyttöönoton vaiheista. Haastatteluiden pohjalta selvisi, että nykyiset käyttöönottoprosessin vaiheet ovat kohtalaisen hyvällä mallilla. Dokumentointi tuntuu olevan ongelmista suurin, johon tarvitaan tarkempaa ohjeistusta tulevaisuudessa. Johtoryhmältä pitäisi tulla selkeämmät ohjeet dokumentointiin. Tavoitteena on kuitenkin, että yrityksen sisällä kaikki tietäisivät oikeat toimintatavat. Tämä vähentäisi ongelmia ja nopeuttaisi käyttöönottoprosessia.

Opinnäytetyö jäi hieman vajaaksi, koska työssä käsiteltiin pelkästään yleisellä tasolla väylälaitteen käyttöönoton vaiheita. Jos työssä olisi määritetty jokin tietty laite, jonka käyttöönottoprosessia seurataan, olisi lopputulos ollut todennäköisesti parempi. Tämän työn ohjeistuksesta voi olla hyötyä HSY:lle tulevaisuudessa esimerkiksi uusien työntekijöiden perehdytyksessä ja yleisten ohjeiden antamisessa käyttöönottoprosessin eri vaiheissa. Työtä pystyisi jatkamaan haastattelemalla useampia asiantuntijoita ja asentajia, jotta saataisiin lisää olennaista tietoa. Lisäksi voitaisiin määritellä tiettyjä laitteita, joiden käyttöönottoprosessia seurataan, niin saataisiin yksityiskohtaisemmat tiedot eri vaiheista.

Opinnäytetyö oli mielenkiintoinen ja riittävän haastava. Haastatteluiden pohjalta pystyttiin tekemään jonkinlainen ohjeistus tulevaisuuden käyttöönottoja varten. Ohjeistuksesta olisi pystynyt tekemään paremman haastattelemalla useampia asiantuntijoita ja perehtymällä paremmin jokaisen eri sidosryhmän vaiheisiin. Opin kenttäväyliä toiminnasta todella paljon työn aikana ja etenkin Profibus-kenttäväylistä. Kenttäväyläteknikka yleistyy ja kehittyy jatkuvasti, joten opinnäytetyön aiheen ymmärtäminen on varmasti hyvä asia.

Lähteet

- 1 Vesihuolto. 2019. Verkkoaineisto. HSY. <<https://www.hsy.fi/fi/asiantuntijalle/vesihuolto/Sivut/default.aspx>>. Luettu 1.10.2019.
- 2 Kinnunen Jari. 2013. Jätevedenpuhdistus rinnakkaissaostuslaitoksella. Opinnäytetyö. Oulun seudun ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 3 Harjula Mikko. 2005. Profibus DP-kenttäväylän mittaaminen. Tutkintotyö. Tampereen ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 4 Leinonen Jarkko. 2012. Profibus-kenttälaitteiden asennussuunnitelma vesiprossiin. Opinnäytetyö. Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 5 Rönkvist Annina. 2010. Kiinteistöautomaatiosovellukset. Opinnäytetyö. Keskipohjanmaan ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 6 Saarela Mauri. 2017. Mittalaitteiden toiminnallisuuden ja korvattavuuden tarkastelu. Opinnäytetyö. Savonia ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 7 Hänninen Mika. 2016. Automaatioväylien soveltuvuuden tutkiminen rakennusautomaatioon. Opinnäytetyö. Metropolia ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 8 Teknologia. 2019. Verkkoaineisto. Profibus. <<https://www.profibus.com/technology/profibus/>>. Luettu 2.10.2019.
- 9 Organisaatio. 2019. Verkkoaineisto. Profibus. <<https://www.profibus.com/pi-organization/about-pi/>>. Luettu 2.10.2019.
- 10 Nikula Miro. 2019. Kenttäinstrumentoinnin elinkaarisuunnitelma. Opinnäytetyö. Metropolia ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 11 Mustonen Juha-Pekka. 2011. Profibus-kenttäväylien testausympäristö ja mittauksien kehittäminen. Opinnäytetyö. Oulun seudun ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 12 Pirinen Jukka. 2016. Lehtori. Laiteläheinen automaatio. Opintojakso. 22.08.2016 - 14.10.2016. Metropolia ammattikorkeakoulu, Myyrmäki.
- 13 Haapaniemi Juha. Vacon NX Profibus-kenttäväylässä. Automaation erikoistyö. Vaasan ammattikorkeakoulu.
- 14 Alapere, Roppola, Hietanen. 2009. Profibus väyläanalyysi. Tutkielma. Oulun ammattikorkeakoulu.
- 15 Perälä Matti. 2013. Profibus DP -harjoitteluaineiston kehittäminen. Opinnäytetyö. Seinäjoen ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 16 GSD-tiedostot. 2019. Verkkoaineisto. Profibus. <<https://www.profibus.com/products/gsd-files/>>. Luettu 2.10.2019
- 17 Valmet toimittaa automaatiota ja kiintoainemittauksia HSY:n uuteen Blominmäen jätevedenpuhdistamoon Espooseen. 2019. Verkkoaineisto. Valmet.

<<https://www.valmet.com/fi/media/uutiset/lehdistotiedotteet/2019/valmet-toimittaa-automaatiota-ja-kiintoainemittauksia-hsyn-uuteen-blominmaen-jatevedenpuhdistamoon-espooseen/>>. Luettu 15.10.2019.

- 18 Mäkinen Sonja. 2019. Automaatioinsinööri. Helsingin seudun ympäristöpalvelut. Haastattelu 19.3.2019.
- 19 Manninen Juha-Pekka. 2019. Sähkökäytön johtaja ja sähkötöiden johtaja. Helsingin seudun ympäristöpalvelut. Haastattelu 9.4.2019.
- 20 Pirinen Jukka 2017. Lehtori. Tuotantoautomaatio. Opintojakso. 16.1.2017-17.3.2017. Metropolia ammattikorkeakoulu, Myyrmäki.
- 21 Reipsar Oskari. 2019. Laitosinsinööri. Helsingin seudun ympäristöpalvelut. Haastattelu 16.4.2019.