

samk



Satakunnan ammattikorkeakoulu
Satakunta University of Applied Sciences

OTTO HÄMÄLÄINEN

Käsiventtiilin automatisoinnin suunnittelu

SÄHKÖ- JA AUTOMAATIOTEKNIIKAN
TUTKINTO-OHJELMA
2026

TIIVISTELMÄ

Hämäläinen, Otto: Käsiventtiin automatisoinnin suunnittelu
Opinnäytetyö, AMK
Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma
Huhtikuu 2026
Sivumäärä: 39

Tässä opinnäytetyössä suunniteltiin ratkaisu, jolla prosessissa käytössä oleva käsikäyttöinen palloventtiili voidaan automatisoida Metsä Fibre Oy:n Rauman sellutehtaalla. Työn tavoitteena oli määrittää venttiin automaatiomuutoksen toteutustapa suunnittelutasolla siten, että venttiin ohjaus ja tilatieto voidaan liittää tehtaan Valmet DNA -automaatiojärjestelmään, ja että asennusta varten tarvittava dokumentaatio on valmiina.

Työssä kartoitettiin lähtötilanne prosessitilassa ja määritettiin automatisoinnin toiminnalliset vaatimukset (on/off-ohjaus, auki/kiinni-tilatieto, lukittavuus sekä paineilmaohjauksen hyödyntäminen). Tämän perusteella valittiin venttiilille pneumaattinen toimilaite, joka sisältää rajakytkimet sekä ohjauksen toteutukseen tarvittavat kenttäkomponentit. Lisäksi suunniteltiin kaapelointi ja signaalien kytkentäreitti kenttäkotelolta automaatiokaapin ristikytkentöjen kautta I/O-korteille.

Suunnittelutyön tuloksena luotiin ProElinassa uusi toimintopaikka, varattiin tarvittavat kaapeliparit ja paineilmaportti sekä tuotettiin asennuksen ja kytkentöjen toteuttamista varten piirikaavio ja päivitetty kenttäkotelon johdotuspiirustus. Työ rajattiin suunnitteluun ja dokumentointiin: mekaaninen asennus, käyttöönototyöt sekä automaatio-ohjelman toteutus jäivät työn ulkopuolelle.

Avainsanat: teollisuusautomaatio, suunnittelu, pneumaattinen toimilaite, Valmet DNA, ProElina, AutoCAD, ristikytkentä.

ABSTRACT

Hämäläinen, Otto: Engineering of a manual valve automation
Bachelor's thesis
Electrical and Automation Engineering
April 2026
Number of pages: 39

This bachelor's thesis planned the automation of an existing manually operated ball valve at Metsä Fibre Oy's Rauma pulp mill. The objective was to design an on/off automation solution that enables remote control and reliable open/closed position feedback through the plant's Valmet DNA distributed control system, and to produce installation-ready documentation.

The work started with an on-site review of the current state and the operational need for easier wash operations. Based on the requirements, a pneumatic actuator solution was selected and complemented with the necessary field components, including a directional solenoid valve for air control and limit switches for position indication. The signal routing and cross-connection from a nearby field junction box to the automation cabinet I/O were planned, including cable pair reservations and I/O channel selection.

As a result, a new functional location was created in ProElina, required signal and air connections were reserved, and the key deliverables, circuit diagrams and an updated junction box wiring drawing were produced to support installation. The thesis was limited to engineering design and documentation: mechanical installation, commissioning activities, and control application programming were excluded.

Keywords: industrial automation, design, pneumatic actuator, Valmet DNA, ProElina, AutoCAD, cross-connection.

ALKUSANAT

Tämä opinnäytetyö toteutettiin Metsä Fibre Oy:n Rauman sellutehtaalle toimeksiantona. Työ antoi mahdollisuuden perehtyä teollisuusympäristön instrumentointisuunnitteluun sekä Valmet DNA -automaatiojärjestelmään käytännön suunnittelutehtävän kautta.

Haluan kiittää Metsä Fibren henkilöstöstä Juha-Pekka Salomaata opinnäytetyön mahdollistamisesta sekä Eerik Uusitaloa avusta lähtötietojen kartoituksessa. Kiitän myös muuta Metsä Fibren henkilöstöä tuesta ja ohjauksesta työn aikana.

Satakunnan ammattikorkeakoulusta haluan kiittää opinnäytetyöni ohjaajaa Tommi Lehtistä rakentavista kommentteista ja kehitysehdotuksista sekä lisäohjaajaa Mirka Leinoa avusta opinnäytetyön viimeistelyssä. Lisäksi kiitän kaikkia, jotka osallistuivat ja tukivat tämän työn tekemisessä.

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	8
2 TYÖN TOIMEKSIANTAJA	9
2.1 Metsä Group / Metsäliitto Osuuskunta.....	9
2.2 Metsä Fibre Oy ja Rauman sellutehdas.....	10
3 VALMET DNA -AUTOMAATIOJÄRJESTELMÄ	12
3.1 Yleistä.....	12
3.2 I/O-arkkitehtuuri (M80, IBC, IPS ja I/O-kortit)	13
4 KOMPONENTIT VENTTIILIN OHJAUKSEEN	15
4.1 Venttiilit.....	15
4.2 Toimilaitteet	15
4.3 Magneettiventtiilit.....	16
4.4 Induktiivinen rajakytkin	17
5 PIIRIKAAVIO JA SUUNNITTELUTYÖKALUT.....	18
5.1 Piiirikaavio	18
5.2 ProElina-suunnittelutyökalu	18
5.3 AutoCAD	19
6 MENETELMÄT	20
6.1 Luotettavuus ja eettiset periaatteet.....	20
7 LÄHTÖTILANNE SUUNNITTELUTYÖHÖN.....	22
8 KOMPONENTTIEN VALINTA.....	23
8.1 Venttiilin automatisointi.....	23
8.2 Venttiili ja toimilaite	23
8.3 Magneettiventtiili, rajakytkimet ja kaapelointi	24
9 AUTOMATISOINNIN SUUNNITTELU	25
9.1 Suunnittelutyön aloitus	25
9.2 Toimintopaikan luominen.....	25
9.3 Kenttäkotelo	26
9.4 Runkokaapeli.....	27
10 RISTIKYTKENTÄ OHJAUSJÄRJESTELMÄÄN	29
10.1 Yleistä.....	29
10.2 XC-kytkentärima.....	29
10.3 AXJ-liityntälevy	30
10.4 CMC-adapterit	31
10.5 I/O-yksiköt	32
11 TOIMINTOPAIKAN JA KENTTÄKOTELON PIIRIKAAVIO.....	33

12 JOHTOPÄÄTÖKSET	34
12.1 Työn lopputulos	34
12.2 Jatkotoimenpiteet	34
12.3 Oma oppiminen ja kehittyminen	35
LÄHTEET	36
LIITE 1: TOIMINTOPAIKAN PIIRIKAAVIO	38
LIITE 2: KENTTÄKOTELON JOHDOTUSPIIRUSTUS	39

SYMBOLI- JA LYHENNELUETTELO

DNA	Dynaaminen sovellusverkko (Dynamic Network of Applications)
ACN	Sovelluksen ohjausyksikkö (Application and Control Node)
DI	Digitaalitulo (Digital Input)
DO	Digitaalilähtö (Digital Output)
DCS	Hajautettu automaatiojärjestelmä (Distributed Control System)
IBC	Prosessiväyläohjain (I/O Bus Controller)
I/O	Tulo-/lähtösignaalit (Input/Output)
IPS	Tehonsyöttöyksikkö (I/O Power Supply)
JAMAK	Instrumentointikaapelityyppi
M-Files	Dokumentinhallintajärjestelmä
NO	Normaalisti auki (Normally Open)
PCS	Prosessiasema (Process Control Station)
SAP	Toiminnanohjausjärjestelmä
VS	Jännitesyöttö (Voltage Supply)
PI-kaavio	Putkitus- ja instrumentointikaavio (Piping and Instrumentation Diagram)

1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö on toteutettu toimeksiantona Metsä Fibre Oy:n Rauman sellutehtaalle. Työn tavoitteena on suunnitella ratkaisu, jonka avulla prosessissa käytössä oleva käsikäyttöinen venttiili voidaan automatisoida. Käytännössä tämä tarkoittaa venttiilin varustamista sopivalla toimilaitteella ja sen liittämistä osaksi tehtaan automaatiojärjestelmää. Työssä laaditaan myös tarvittava dokumentaatio, kuten piirikaaviot, jotta toimilaite voidaan asentaa ja kytkennät toteuttaa.

Automaatio on keskeinen osa nykyaikaista prosessiteollisuutta, koska sen avulla voidaan parantaa turvallisuutta, käytettävyyttä ja toimintavarmuutta. Venttiilin automatisointi mahdollistaa venttiilin ohjauksen ja tilatiedon seurannan suoraan valvomosta. Tämä vähentää manuaalisia toimenpiteitä prosessitilassa, pienentää inhimillisen virheen riskiä ja parantaa työturvallisuutta sekä tuotannon tehokkuutta.

Työssä keskitytään instrumentointisuunnitteluun, toimilaitteen ja ohjauskomponenttien valintaan, ohjauksen suunnitteluun sekä tarvittavan dokumentaation tuottamiseen. Suunnittelussa huomioidaan prosessin turvallisuus ja käytettävyyksvaatimukset.

Opinnäytetyö on rajattu venttiilin automaatiomuutosprojektin suunnitteluvaiheeseen ja toteutuksen dokumentointiin, mutta asennustyöt, käyttöönototyöt ja venttiilin ohjauksen ohjelman tekeminen jäävät työn ulkopuolelle. Toisin sanoen suunnittelutyön lopputuloksena tilataan toimilaite ja laaditaan siihen liittyvät piirikaaviot, joiden perusteella voidaan toteuttaa kytkennät.

Työssä esitellään ensin työn toimeksiantaja ja venttiilin automatisointiin liittyvä teoreettinen tausta. Tämän jälkeen kuvataan suunnitteluprosessin eteneminen, esitetään työn tulokset ja tarkastellaan niistä tehtäviä johtopäätöksiä.

2 TYÖN TOIMEKSIANTAJA

2.1 Metsä Group / Metsäliitto Osuuskunta

Metsä Group on suomalainen metsäteollisuuskonserni, jonka emoyhtiö on Metsäliitto Osuuskunta. Metsäliitto Osuuskunta on metsänomistajien osuuskunta, joka on perustettu 1947. Metsä Groupin pääkonttori sijaitsee Espoossa. (Metsä Group, n.d.-a.)

Metsäliitto Osuuskunta omistetaan yli 90 000 suomalaisen metsänomistajan toimesta. Metsäliitto Osuuskunnan jäsenet omistavat yli puolet Suomen yksityisistä metsistä, mikä antaa konsernille vahvan aseman puuraaka-aineen vastuullisessa hankinnassa. (Metsä Group, n.d.-b.)

Metsä Groupin liiketoimintarakenne kattaa koko puun arvoketjun metsäpalveluista pitkälle jalostettuihin biotuotteisiin. Konserni koostuu viidestä pääliiketoiminta-alueesta. Toiminta-alueet ovat puunhankinta ja metsäpalvelut (Metsä Forest), puutuotteet (Metsä Wood), sellu- ja sahateollisuus (Metsä Fibre), kartonki (Metsä Board) ja pehmo- tiivispaperit (Metsä Tissue). Lisäksi konserniin kuuluu innovaatioyhtiö Metsä Spring, joka kehittää uusia biopohjaisia ratkaisuja, kuten tekstiilikuituja ja pakkausratkaisuja. Jokaista liiketoiminta-aluetta yhdistää pohjoisen havupuun käyttö, jolla pyritään korvaamaan fossiilisia raakaaineita. (Metsä Group, n.d.-c.)

Taloudellisesti Metsä Group on yksi Suomen suurimmista metsä- ja biotuoteollisuuden toimijoista. Konsernin liikevaihto oli vuonna 2024 5,7 miljardia euroa, henkilöstömäärä 9600 työntekijää ja toimintamaita 27. (Metsä Group, n.d.-a.) Kuvio 1:sta käy ilmi liikevaihdon jakautuminen eri liiketoiminta-alueiden välillä, henkilöstön määrät sekä omistajuudet.

METSÄ GROUP

LIKEVAIHTO
5,7 MRD. EUROA

HENKILÖSTÖÄ
9 600

METSÄLIITTO OSUUSKUNTA

OMISTAJINA YLI 90 000 SUOMALAISTA METSÄNOMISTAJAA

PUUNHANKINTA JA METSÄPALVELUT	METSÄ WOOD PUUTUOTTEET	METSÄ FIBRE SELLU- JA SAHATEOLLISUUS	METSÄ BOARD KARTONKI	METSÄ TISSUE PEHMO- JA TIIVIPAPERIT
<p>LIKEVAIHTO 2,4 MRD. EUROA</p> <p>HENKILÖSTÖ 700</p> <p>METSÄLIITTO OSUUSKUNTA OMISTAA 100 %</p>	<p>LIKEVAIHTO 0,6 MRD. EUROA</p> <p>HENKILÖSTÖ 1 700</p> <p>METSÄLIITTO OSUUSKUNTA OMISTAA 100 %</p>	<p>LIKEVAIHTO 2,3 MRD. EUROA</p> <p>HENKILÖSTÖ 1 500</p> <p>METSÄLIITTO OSUUSKUNTA OMISTAA 50,1 %. METSÄ BOARD 24,9 %, ITOCHU 25,0 %</p>	<p>LIKEVAIHTO 1,9 MRD. EUROA</p> <p>HENKILÖSTÖ 2 300</p> <p>METSÄLIITTO OSUUSKUNTA OMISTAA 52 % (OSUUS ÄÄNIMÄÄRISTÄ 69 %)</p>	<p>LIKEVAIHTO 1,2 MRD. EUROA</p> <p>HENKILÖSTÖ 2 500</p> <p>METSÄLIITTO OSUUSKUNTA OMISTAA 100 %</p>

METSÄ SPRING | INNOVAATIOYHTIÖ

Kuvio 1. Metsä Groupin yritys rakenne ja liiketoiminta-alueet (Metsä Group, n.d.-a).

2.2 Metsä Fibre Oy ja Rauman sellutehdas

Metsä Fibre Oy on Metsä Groupin liiketoiminta-alue, joka keskittyy havu- ja lehtipuuselluun, sahatavaraan sekä muihin biotuotteisiin esimerkiksi biokemikaaleihin ja bioenergiaan. Metsä Fibre on yksi johtavista puupohjaisten biotuotteiden tuottajista maailmassa. Metsä Fibrellä on neljä bio- ja sellutehdasta (Äänekoski, Kemi, Joutseno ja Rauma) sekä neljä sahaa (Rauma, Renko, Vilppula, Lappeenranta), joilla työskentelee yhteensä noin 1500 työntekijää. Metsä Fibren omistaa Metsäliitto osuuskunta (50,1%), Metsä Board (24,9%) ja ITOCHU Corporation (25,0%). Toiminnan ytimessä on puuraaka-aineen hyödyntäminen niin, että jokainen rungon osa ja sivuvirta päätyy jalostetuksi tuotteeksi. (Metsä Group, n.d.-d.)

Rauman sellutehdas (kuva 1) käynnistyi vuonna 1996 ja sen päätuote on havusellu, jota käytetään raaka-aineena kartongissa, pehmo- ja painopapereissa sekä erikoistuotteissa. Rauman tehtaan erikoisuus on Metsä Strong -sellu, joka on vahvaa valkaistua havusellua. Sitä käytetään muun muassa aikakauslehtipapereissa, elintarvike-, rakennus- ja pakkauspapereissa sekä lääketeollisuuden papereissa. Tehtaan vuotuinen kapasiteetti on noin 650 000 tonnia havupuusellua. Raaka-aineena käytetään pohjoista mäntyä ja kuusta sekä

sahahaketta, jotka on hankittu vastuullisesti hoidetuista metsistä. Käytetyn puun alkuperä on jäljitettävissä. Sellutehtaan sähköenergian omavaraisuusaste on 180 % eli laitos tuottaa bioenergiaa yli oman tarpeen. Ylijäämä sähkö syötetään valtakunnan sähköverkkoon ja lämpö kaukolämpönä paikallisyhteisöille. Rauman sellutehdas on osana tehdasintegraattia, johon kuuluu myös samalla tehdasalueella oleva Rauman saha. Tehdasintegraatti mahdollistaa tulevaisuudessa sellutehtaan ja sahan toiminnan ilman fossiilisia polttoaineita. (Metsä Group, n.d.-e.)



Kuva 1. Rauman sellutehdas (Metsä Group, n.d.).

3 VALMET DNA -AUTOMAATIOJÄRJESTELMÄ

3.1 Yleistä

Rauman sellutehtaan automaatiojärjestelmänä toimii Valmet DNA. Se on Valmet Oyj:n kehittämä hajautettu automaatiojärjestelmä (Distributed Control System, DCS), joka on suunniteltu prosessin ohjaukseen, koneenohjaukseen, käyttöjen ohjaukseen, laadunvalvontaan ja kunnonvalvontaan. Järjestelmä on suunniteltu täyttämään tarpeet eri toimialoilla muun muassa sellutehtailla, kartonki-, paperi- ja pehmopaperikoneilla, energia- ja vedyntuotannossa sekä meri- ja prosessiteollisuudessa, joissa sillä on johtava DCS-käyttäjäkokemus. (Valmet, n.d.-a.)

Valmet DNA -järjestelmäarkkitehtuuri mahdollistaa saman alustan käytön erityyppisille ohjauksille, kuten prosessi-, kone-, laatu- ja käyttöohjauksille sekä optimoinneille. Arkkitehtuuri on skaalautuva muutaman kymmenen I/O:n järjestelmistä kymmenien tuhansien I/O:iden järjestelmiin. Se on suunniteltu täyttämään korkean luotettavuuden, joustavan käytön, kehittyneiden analysointi-, raportointitarpeiden, edistyneiden ohjaustehtävien- ja algoritmien vaatimukset. Valmet DNA koostuu kolmesta toiminnosta. (Valmet, n.d.-a.)

Käyttäjätyökalut kokoavat yhteen intuitiivisia työkaluja käyttäjille ja yhteisöille. Tätä kautta esimerkiksi valvomosta voidaan olla vuorovaikutuksessa tuotantoprosessin kanssa. (Valmet, n.d.-b.)

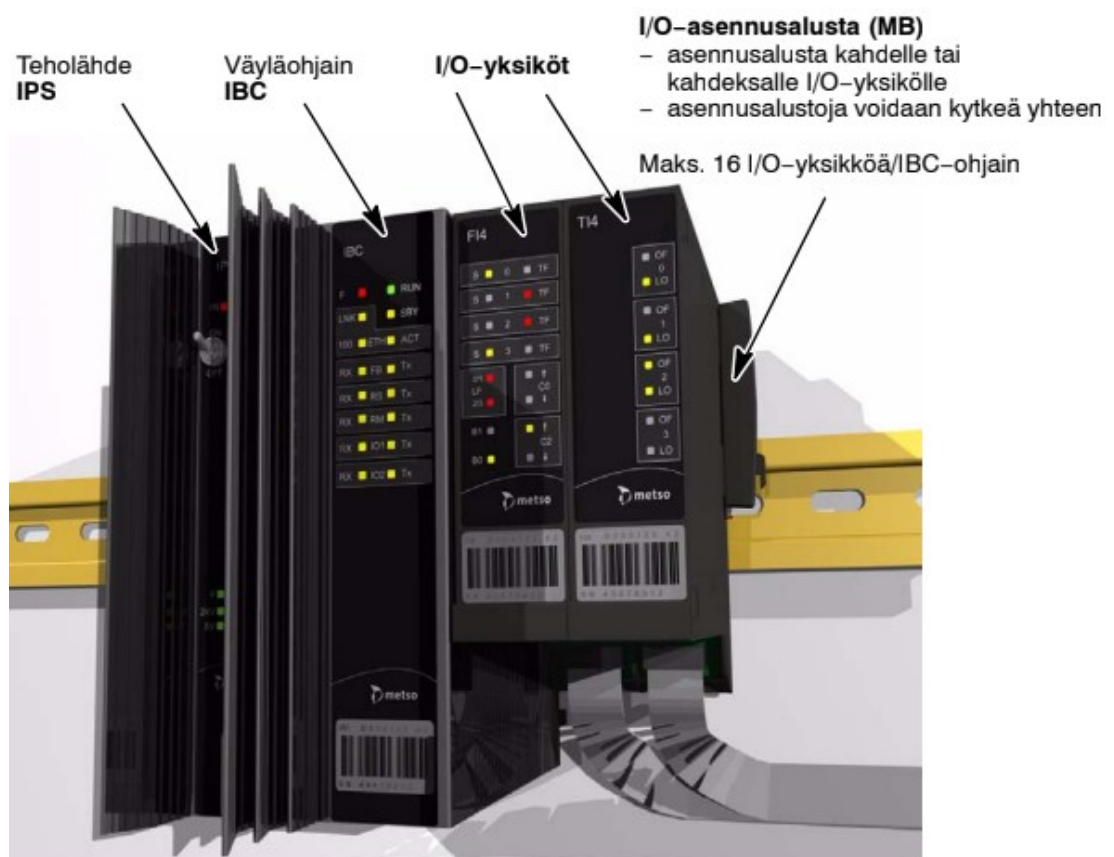
Ohjaimet, I/O ja rajapinnat sisältävät kaiken automaattisesti toimivan. Ne on rakennettu luotettavaa reaaliaikaista toimintaa varten varmistuen sujuvan suorituskyvyn. Se tukee sekä hajautettuja että keskitettyjä ratkaisuja ja yhteyksiä kolmannen osapuolen järjestelmiin. (Valmet, n.d.-c.)

Valmet DNA Engineering -ympäristö sisältää työkalut laitosautomaation suunnitteluun ja ylläpitoon. Kyseessä on skaalautuva ympäristö, joka kykenee monen käyttäjän samanaikaiseen suunnitteluun. Tämä mahdollistaa

ohjaussovellusten, kenttäväylien ja laitteiden elinkaaren hallinnan sekä verk-
kodokumenttien hallinnan. (Valmet, n.d.-d.)

3.2 I/O-arkkitehtuuri (M80, IBC, IPS ja I/O-kortit)

Valmetin monikanavainen I/O-ratkaisu M80 on osa teollisen prosessiohjauksen järjestelmää, joka tarjoaa analogiset ja digitaaliset liitännät kenttälaitteista ohjausjärjestelmään yhdistäen keskitetyn ja hajautetun I/O-arkkitehtuurin kompaktissa muodossa. Se on suunniteltu mataliin jännite- ja virtatasoihin. I/O-ryhmä koostuu tehollähteestä (IPS), väyläohjaimesta (IBC) ja I/O-korteista (kuva 2). Yhtein väyläohjaimen voidaan kytkeä enintään 16 I/O yksikköä. (Valmet, 2015a.)



Kuva 2. M80-sarjan ACN I/O-ryhmä kahdella I/O-yksiköllä (Valmet, 2015a).

IBC-prosessiväyläohjain toimii linkkinä prosessinohjauspalvelimen (PCS) ja I/O-yksiköiden välillä. IBC yhdistyy prosessinohjauspalvelimen kenttäväyläohjaimen 10/100 Mbit/s Ethernet-yhteydellä. I/O-yksiköihin yhteys muodostetaan asynkronisen 1,5 Mbit/s sarjaväylän kautta. Yksi IBC pystyy ohjaamaan enintään 16 I/O-yksikköä. Lisäksi IBC voidaan liittää muiden IBC-yksiköiden kanssa synkroniseen kaappikenttäväylään (3 Mbit/s), johon voi kuulua enintään 16 yksikköä. (Valmet, 2015b.)

IPS-teholähdeyksikkö on ACN I/O:ssa käytettävä DC-teholähdeyksikkö. Sen tehtävänä on tuottaa I/O-yksiköiden tarvitsema käyttöjännite. Se valvoo asennusalueen kautta kulkevaa kenttäjännitteen tasoa. Mikäli kenttäjännite putoaa alle 15 VDC, niin yksikkö antaa hälytyksen prosessiväyläohjaimelle. (Valmet, 2015c.)

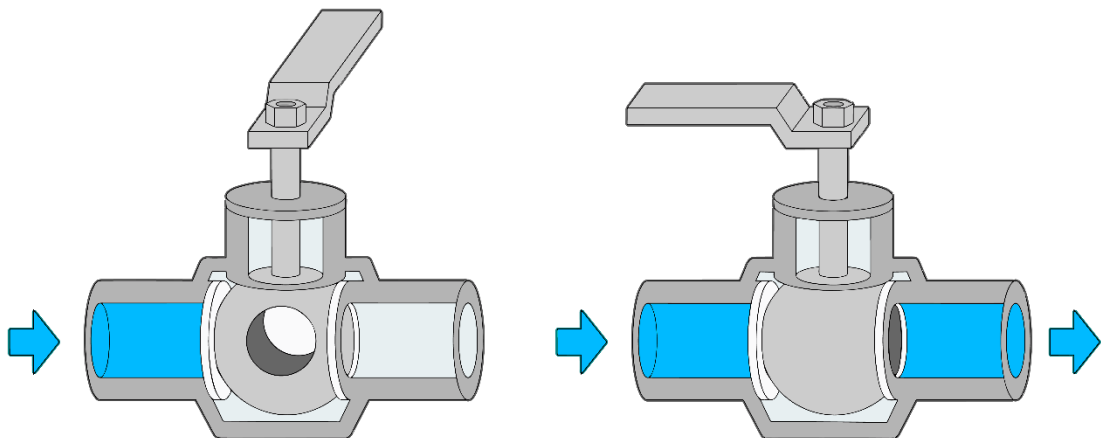
ACN I/O -digitaalilähtökortti DO8P on kahdeksankanavainen digitaalilähtöyksikkö, joka sisältää kanavakohtaisen virtarajoitetun jännitesyötön. Yksikön jokaisella kanavalla on mekaanisella releellä toteutettu normaalisti auki oleva kytkin. Yksikkö ohjaa PNP-lähdöllä esimerkiksi magneettiventtiileitä. (Valmet, 2015d.) ACN I/O -digitaalitulokortti DI8P on kahdeksankanavainen digitaalituloyksikkö, jota käytetään kosketintietojen, kaksijohdinkytkentäisten lähestymiskytkimien tai PNP-tyyppisten kytkinten lukemiseen (Valmet, 2015e).

4 KOMPONENTIT VENTTIILIN OHJAUKSEEN

4.1 Venttiilit

Venttiili on mekaaninen laite, joka säätelee tai ohjaa nesteen, kaasun tai höyryn virtausta putkistossa tai säiliössä. Venttiilejä käytetään laajasti eri teollisuudenaloilla. (Finkova, n.d.)

Venttiilin perustoiminto on avata, sulkea tai rajoittaa virtausta. Tämä saavutetaan liikuttamalla venttiilin osia, kuten läppää, luistia tai palloa, jotka estävät tai sallivat virtausta (kuva 3). Venttiilit voivat olla manuaalisesti ohjattavia tai automaattisia, ja ne voivat toimia erilaisilla käyttömekanismeilla, kuten sähköisillä, pneumaattisilla tai hydraulisilla toimilaitteilla. (Finkova, n.d.)



Kuva 3. Palloventtiilin auki- ja kiinniasento (Convalve, 2023).

4.2 Toimilaitteet

Toimilaitteet ovat automaattilaitteita, jotka muuntavat ohjauksesta saadun signaalin mekaaniseksi liikkeeksi venttiilien ja muiden prosessilaitteiden ohjaamiseksi. Teollisuudessa toimilaitteita käytetään venttiilien automaatiassa mahdollistamaan etäkäyttö, tarkka säätö ja turvalliset hätäsulut. Toimilaitteet ovat välttämättömiä komponentteja prosessiautomaatiossa, sillä ne varmistavat teollisuusprosessien luotettavan ja tehokkaan toiminnan. (Klinger, 2025.)

4.3 Magneettiventtiilit

Magneettiventtiili on venttiili, jossa sähkövirta johdetaan kelan läpi ja syntyvä sähkömagneettinen kenttä muuntaa sähköenergian mekaaniseksi liikkeeksi, jolloin venttiili avaa tai sulkee virtauksen ilman käsikäyttöä. Tämän vuoksi magneettiventtiileillä voidaan ohjata nesteiden ja kaasujen (esim. vesi, ilma, öljy, höyry, kylmäaineet) virtausta etänä ja automaattisesti ohjausjärjestelmän kautta, mikä parantaa järjestelmien tehokkuutta ja turvallisuutta. Suoratoimisessa rakenteessa kelan sisällä oleva ankkuri ja siihen liittyvä mäntä liikkuu magneettikentän vaikutuksesta. Normaalisti suljetussa (NC = Normally Closed) venttiilissä jousi pitää männän istukkaa vasten ja virtaus pysyy kiinni, mutta kelan jännitteellistäminen vetää männän ylöspäin jousivoimaa vastaan ja avaa virtauksen; kun virta katkaistaan, magneettikenttä häviää ja jousi palauttaa männän takaisin sulkien venttiilin. Venttiilirakenne perustuu siihen, että magneettikenttä on voimakkain kelan keskellä, joten liikkuva osa sijoitetaan kentän keskialueelle toimintavarmuuden varmistamiseksi. (The Engineering Mindset, 2019.)

Pneumatiikassa magneettiventtiilejä käytetään yleisesti sähköohjattuina suuntaventtiileinä, joilla ohjataan paineilman virtaussuuntaa. Suuntaventtiilit merkitään usein muodossa x/y, jossa ensimmäinen luku kertoo liitännöiden (porttien) määrän ja toinen kytkentäasentojen määrän. 3/2-magneettiventtiilissä on siis kolme porttia ja kaksi asentoa. Portit ovat tyypillisesti syöttö (1), työliitäntä (2) ja poisto (3). Koska käytössä on vain yksi työliitäntä, 3/2-venttiili soveltuu tavallisesti yksitoimisen sylinterin ohjaukseen, jossa paluuliike tehdään mekaanisesti (esim. jousella). 5/2-magneettiventtiilissä on viisi porttia ja kaksi asentoa. Yksi syöttö, kaksi työliitäntää (A ja B) sekä kaksi poistoliitäntää, jolloin venttiili voi vuorotellen paineistaa ja poistaa ilmaa sylinterin molemmista kammiosta. Tämän vuoksi 5/2-venttiiliä käytetään tyypillisesti kaksitoimisten sylinterien suunnanohjaukseen. (Festo, 2022.)

4.4 Induktiivinen rajakytkin

Induktiivinen rajakytkin on kosketukseton anturi, joka tuottaa lähtösignaalin metallin tai muun hyvin sähköä johtavan materiaalin lähestyessä tuntopintaa, ja sen toiminta perustuu oskillaattorista, tunnistinpiiristä ja vahvistimesta muodostuvaan värähtelypiiriin, jossa mittakelan induktanssi ja värähtelytaajuus muuttuvat tunnistettavan kappaleen aiheuttaman permeabiliteetin muutoksen seurauksena. Tunnistusetäisyyteen vaikuttavat erityisesti tuntopään halkaisija, anturin mittauspään pinta-ala, kappaleen sijainti, sekä materiaalin sähkönjohtavuus ja magneettiset ominaisuudet, minkä vuoksi esimerkiksi teräs ja alumiini käyttäytyvät eri tavoin, vaikka saatavilla on myös kaikkien metallien kanssa samalla tavalla toimivia, mutta kalliimpia antureita.

Induktiivisten kytkinten kytkentätaajuus voi olla jopa 5000 Hz ja niiden mekaanisessa asennuksessa on vältettävä ylimääräisten metallien sijoittamista anturin läheisyyteen sekä varmistettava tukeva kiinnitys häiriöiden ja mittausrvirheiden estämiseksi. Sähköinen kytkentä vaatii yleensä kolme johdinta (käyttöjännite, maa ja ulostulo) tyyppillisen syöttöjännitteen ollessa 10–40 V, ja antureita on saatavilla sekä PNP- että NPN-tyyppisinä sekä eri kosketinratkaisuilla. Induktiivisia rajakytkimiä käytetään laajasti liikkuvien työkappaleiden ja koneenosien valvonnassa ja paikannuksessa, kappaleiden laskennassa impulssilähteenä sekä pyörimisnopeuden valvonnassa. (Metropolia, 2010.)

5 PIIRIKAAVIO JA SUUNNITTELUTYÖKALUT

5.1 Piirikaavio

Piirikaavioilla kuvataan laitteen toimintaa. Se on yksityiskohtainen sähköpiirustus ja siitä ilmenee komponenttien keskinäinen vaikutus ja liitännät. Piirikaaviosta tulee ilmi käytetyt riviliittimet, johdotukset, laitetunnukset ja komponentit. Piirikaavioissa on myös merkinnät laitteiden sijainneista. (MSg Works, n.d.)

Piirikaavioiden luettavuus ja yhdenmukaisuus paranevat, kun ne laaditaan vaikiintuneiden esityssääntöjen mukaisesti. Sähkötekniisten dokumenttien esittämistä ohjaavat standardit määrittelevät muun muassa kaavioiden esitystapaa, tietojen esittämisen periaatteita sekä sen, miten komponentit, liitännät ja tunnukset merkitään niin, että kaavio on yksiselitteinen eri käyttäjille ja eri elinkaaren vaiheissa (suunnittelu, asennus, käyttöönotto ja huolto). Lisäksi standardoidut graafiset symbolit tukevat sitä, että kaavioiden merkinnät ovat yleisesti tunnistettavia ja tulkittavissa ilman organisaatiokohtaisia käytäntöjä. Näin piirikaaviosta muodostuu tekninen dokumentti, jota voidaan hyödyntää luotettavasti myös vianhaussa ja muutostöiden suunnittelussa. (IEC, 2014.)

5.2 ProElina-suunnittelutyökalu

ProElina-suunnittelutyökalu on käytössä Metsä Fibren Rauman sellutehtaalla ja sitä käytetään dokumenttien tuottamiseen prosessi-, sähkö- ja instrumentoitu suunnittelussa. ProElina on alunperin kehitetty Pöyry-nimisessä yrityksessä (nykyinen AFRY Finland Oy) ja se ei ole kaupallistettu ohjelmisto. (Lahti, S, 2020, s. 12.)

ProElina-suunnittelutyökalua voidaan hyödyntää erityisesti piirikaavioiden generoinnissa. Kun lähtötiedot (laitteet, I/O:t, signaalit, kaapelityypit, syötöt ja suojaustiedot) on mallinnettu työkaluun, se voi muodostaa kaaviopohjien mukaisia piirikaavioita automaattisesti ja yhdenmukaisesti. Tämä tarkoittaa, että esimerkiksi toistuvat moottorilähdöt, venttiilien ohjaukset, mittauspiirit ja

hälytyssignaalit saadaan tuotettua vakiorakenteilla ilman käsin piirtämistä. Samalla nimikkeet, ristiinviittaukset, potentiaalimerkinnät, napalistat ja laitetunnukset pysyvät synkronissa, koska ne tulevat samasta tietomallista.

ProElinassa ei muokata suoraan piirikaaviota vaan dataa. Jos esimerkiksi I/O-kanava, laitetunnus tai kaapelointi muuttuu, päivitys voidaan viedä tietokantaan ja generoida kaaviot sekä luettelot uudelleen niin, että dokumentaatio pysyy ajan tasalla. Käytännön hyötynä on tasalaatuinen dokumenttipaketti (piirikaaviot, kaapeliluettelot, I/O-listat, riviliitin- ja kytkentälistat) ja pienempi inhimillisten piirustus- ja numerointivirheiden riski, etenkin isoissa sähkö- ja instrumentointikokonaisuuksissa.

5.3 AutoCAD

AutoCAD on tietokoneavusteinen suunnitteluohjelmisto, jonka on kehittänyt Autodesk. Ohjelmisto antaa käyttäjälle mahdollisuuden luoda, muokata ja työstää sekä 2D- että 3D-suunnitelmia, mikä tekee siitä monipuolisen työkalun eri alojen ammattilaisille. AutoCAD on laajasti käytetty arkkitehtien, insinöörien, sisustusarkkitehtien ja rakennusalan ammattilaisten keskuudessa, koska se tukee yksityiskohtaisten teknisten piirustusten ja geometrisesti tarkkojen mallien tuottamista erittäin tarkasti ja tehokkaasti. (ONLC, 2024.)

AutoCAD-ohjelmistossa on sekä peruspiirtotyökaluja, kuten viivojen, kaarien ja perusmuotojen luominen, että kehittyneempiä ominaisuuksia. Esimerkiksi kerrosten hallinta helpottaa monimutkaisten suunnitelmien järjestämistä erillisiin osiin, mikä parantaa käytettävyyttä ja yhteistyötä. Lisäksi AutoCAD tukee 3D-mallinnusta ja visualisointia, jolloin 2D-suunnitelmat voidaan muuttaa realistisiksi kolmiulotteisiksi esityksiksi. Ohjelmiston automaatiotoiminnot, kuten makrot ja AutoLISP-ohjelmointikieli, tehostavat toistuvien tehtävien suorittamista ja virtaviivaistavat suunnitteluprosessia. Monipuoliset työkalut ja toiminnot tekevät AutoCADista keskeisen ohjelmiston nykyaikaisessa suunnittelussa ja teknisessä dokumentoinnissa, sillä se tarjoaa tarkkuutta, joustavuutta ja tehokkuutta monenlaisiin suunnittelutarpeisiin. (ONLC, 2024.)

6 MENETELMÄT

Tämä opinnäytetyö toteutettiin suunnittelupainotteisena kehittämistyönä, jonka tavoitteena oli tuottaa toteutuskelpoinen instrumentointi- ja liityntäsuunnitelma pesulipeälinjan palloventtiilin automatisointiin Metsä Fibre Oy:n Rauman sellutehtaalla Valmet DNA -ympäristössä. Menetelmäksi valittiin vaiheittain etenevä suunnitteluprosessi, koska työn lopputuotos on tekninen toteutussuunnitelma ja asennusta palveleva dokumentaatio. Lähtötiedot koottiin kohteen lähtötilanteesta sekä tehtaan olemassa olevasta dokumentaatiosta ja suunnittelujärjestelmistä (mm. ProElina, piirikaaviot, ristikytkentätiedot, kenttäkoteloiden johdotuspiirustukset) ja laiteteknisistä tiedoista.

Suunnittelu eteni vaiheittain: (1) määritettiin ohjauksen toiminnalliset vaatimukset (auki/kiinni-ohjaus, ääriasentotiedot ja lukittavuus), (2) valittiin kohteeseen soveltuvat komponentit (pneumaattinen toimilaite, 5/2-magneettiventtiili ja rajakytkimet), (3) määritettiin tarvittavat I/O-signaalit sekä kaapelointi ja liityntä ristikytkennän kautta, ja (4) tuotettiin dokumentaatio (toimintopaikan tiedot ProElinaan, generoitu piirikaavio sekä päivitetty kenttäkotelon johdotuspiirustus). Toteutuskelpoisuus ja oikeellisuus varmistettiin tarkistamalla varaukset ja kytkentäketju kenttäkotelolta automaatiokaapille (vapaat parit, paineilmaportti, I/O-kanavien saatavuus, riviliittimet ja dokumenttien ristiriidattomuus), minkä jälkeen ne varattiin toimintopaikalle. Työ rajattiin suunnitteluun ja dokumentointiin, joten asennus, käyttöönotto ja Valmet DNA -ohjelmointi eivät sisälly työn toteutukseen.

6.1 Luotettavuus ja eettiset periaatteet

Luotettavuuteen vaikutti erityisesti se, että suunnitellut varaukset ja kytkennät ovat toteutettavissa tehdasympäristössä. Tässä työssä luotettavuus varmistettiin tarkistamalla kytkentäketju kenttäkotelolta automaatiokaapille asti. Tämä tapahtui varmistamalla vapaat parikaapeliparit ja paineilmaportti kenttäkotelossa, tunnistamalla runkokaapelin kytkeytyminen automaatiokaapin XC-riimaan sekä varmistamalla I/O-korttien vapaiden kanavien saatavuus ja liityntä

ristikytkennän kautta. Lisäksi dokumentaation oikeellisuutta tuettiin sillä, että toimintopaikan tiedot syötettiin ProElinaan ja piirikaavio generoitiin tietokantapohjaisesti, jolloin tunnukset ja kytkentätiedot pysyvät yhdenmukaisina dokumenteissa ja niitä ei voida käyttää muissa toimintopaikoissa, sillä ProElina varaa ne käytetyiksi.

Eettisten periaatteiden osalta työssä noudatettiin hyvää tieteellistä käytäntöä. Lähteet merkittiin ja ulkopuolista aineistoa käytettiin asianmukaisesti, eikä työssä sisällä henkilötietoja. Tehdasympäristön sisäisiä järjestelmä- ja manuaalitteja käsiteltiin siten, että työssä esitetään vain työn kannalta välttämätön sisältö eikä luottamuksellisia yksityiskohtia julkaista tarpeettomasti. Mahdolliset valokuvat ovat työn tekijän ottamia tai niiden käyttöön on varmistettu lupa ja kuviin lisättiin selkeät kuvatekstit sekä lähdemerkinnät.

7 LÄHTÖTILANNE SUUNNITTELU TYÖHÖN

Talteenoton ja voimalaitoksen osastoinsinööriltä tuli toive, että haihduttamalla pesulipeälinjalla oleva käsitoiminen venttiili (kuva 4) automatisoitaisiin pesujen helpottamiseksi osana vuosittaisia muutosparannustöitä. Toiveena oli, että venttiilille suunniteltaisiin "on/off"-toimilaite, jolla olisi rajakytkimet. Ehdotuksessa oli myös, että toimilaite olisi kaksitoiminen tai jousipalautteinen, jossa jousi sulkee venttiilin. Lisäksi venttiili olisi myös tarpeen tullen lukittavissa.



Kuva 4. Haihduttamon käsikäyttöinen palloventtiili ennen automatisointia.

Tämän pohjalta lähdettiin kartoittamaan sopivaa ratkaisua venttiilin automatisointiin ja selvittämään, millä komponenteilla saavutetaan haluttu lopputulos. Lisäksi lähdettiin kartoittamaan tilannetta prosessi- ja laitetilasta kytkentöjen piirikaavioiden toteuttamiseksi.

8 KOMPONENTTIEN VALINTA

8.1 Venttiilin automatisointi

Venttiilin automatisoinnin tavoitteena on mahdollistaa venttiilin etäkäyttö ja asennon luotettava valvonta ilman, että venttiiliä tarvitsee käyttää käsin prosessitilassa. Tässä kohteessa lähtökohtana oli säilyttää olemassa oleva palloventtiili, koska prosessin käyttötarkoitus (auki/kiinni-ohjaus) ei muutu, vaan muutos kohdistuu ohjaustapaan ja käytettävyyteen. Automatisoinnin toiminnalliset vaatimukset määritettiin siten, että venttiiliä voidaan ohjata on/off-periaatteella, ja että ohjausjärjestelmä saa erilliset tilatiedot venttiilin ääriasennoista (auki ja kiinni). Lisäksi huomioitiin lukittavuuden tarve sekä toteutettavuus olemassa oleviin liityntöihin (paineilma ja kaapelointi).

Ohjaus päätettiin toteuttaa paineilmalla, koska kohteen lähettyvillä on käytävissä paineilmasyöttö ja pneumaattinen ratkaisu on teollisuudessa yleinen ja käytännössä toimintavarma neljänneskierrosventtiilien automaatioissa. Venttiilin asennonvalvonta toteutetaan toimilaitteen rajakytkimillä, jolloin järjestelmä kykenee varmistamaan, että ohjauskomento on toteutunut ja venttiili on saavuttanut halutun asennon. Tämän opinnäytetyön laajuus rajattiin suunnitteluun ja dokumentointiin. Mekaaninen asennus, käyttöönotto ja automaatio-ohjelmointi toteutetaan myöhemmin erillisinä työvaiheina.

8.2 Venttiili ja toimilaite

Kohteessa automatisoinnin kohteena on Starline Valvesin 216 SGG/BW -mallinen palloventtiili. Palloventtiili sopii kohteeseen hyvin, sillä venttiiliä on tarkoitus ohjata auki ja kiinni. Toisin sanoen venttiilin käyttö ei muutu, vain ohjaus.

Kohteeseen valikoitui pneumaattinen toimilaite, koska kenttäkotelosta on helposti saatavilla paineilmaohjaus. Tämä on yleinen toteutustapa vastaavilla kohteilla. Kohteeseen pyydettiin Starline Valvesilta tarjous toimilaitteesta, joka olisi kaksitoiminen, tarvittaessa lukittava, pneumaattisesti toimiva, sisältäisi

induktiiviset rajakytkimet sekä sopii kyseiseen palloventtiiliin. Toimilaitteeksi valittiin Air Torquen AT401U D B F02+F10-N-27DS.

8.3 Magneettiventtiili, rajakytkimet ja kaapelointi

Kenttäkoteloon asennetaan paineilmasyöttöön 5/2 magneettiventtiili. Kyseinen magneettiventtiili valittiin, koska se on varmatoiminen ja yleisesti käytössä vastaavissa kohteissa. Normaalissa asennossa magneettiventtiilin läpi pääsee paineilma ohjausilmaletkua pitkin toimilaitteelle, joka pitää venttiilin kiinniasennossa. Magneettiventtiilin saadessa ohjauksen se vaihtaa tilaa ja ohjaa venttiilin auki asentoon.

Toimilaitteen sisällä on kaksi induktiivista NBB3-V3-Z4-mallin rajakytkintä, jotka antavat tiedon järjestelmään venttiilin tilasta eli onko venttiili auki vai kiinni. Toimilaitteessa on kaksi metallista tunnistuskappaletta, jotka kohtaavat rajakytkimien kanssa ääriasennoissa. Rajakytkimen havaitessa vastakappaleen NO-lähtö sulkeutuu ja automaatiojärjestelmä saa binäärisen tilatiedon rajakytkimen aktivoitumisesta.

Kohteeseen tulee yhdistelmäkaapeli, joka sisältää kaksi ohjausilmaletkua ja instrumentointikaapelin. Yhdistelmäkaapeli helpottaa kaapelointityötä, sillä toimilaitteen ohjaukseen tarvittavat ohjausilmaletkut ja instrumentointikaapeli tulevat yhdellä kaapelivedolla.

9 AUTOMATISOINNIN SUUNNITTELU

9.1 Suunnittelutyön aloitus

Suunnittelutyö aloitettiin käymällä läpi, mitä ohjauksen toteutus vaatii. Toimilaitteen ohjaus toteutetaan paineilmaohjauksella, sillä sen voi toteuttaa prosessitilan kenttäkotelosta. Lisäksi tarvitaan kolme parikaapeliparia, joista yhdellä parilla ohjataan paineilmasyöttöä ja kaksi paria tarvitaan toimilaitteen rajakytkimille.

Kenttäkoteloksi valikoitui lähellä oleva +41CS30-ohjauskotelo. Kenttäkotelosta oli mahdollista saada paineilmasyöttö ja tarvittava määrä vapaita parikaapelipareja. Parikaapeliparit kulkevat runkokaapelia pitkin laitetilaan automaatiokaapin ristikytkennän kautta I/O-korteille.

9.2 Toimintopaikan luominen

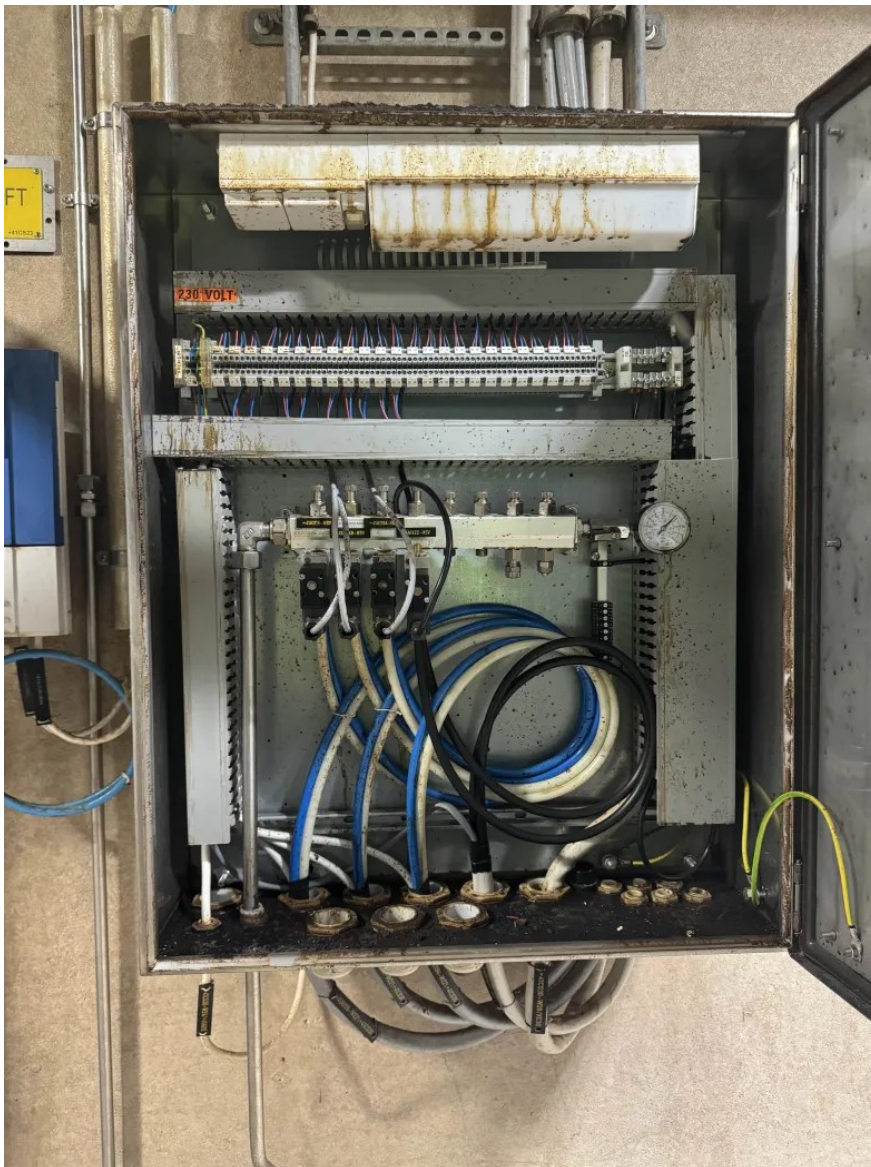
Projekti aloitettiin luomalla toimintopaikka ProElinaan. Aluksi käytiin prosessitilassa tarkastelemassa läheltä löytyviä positioita, jotta toimintopaikan numerointi vastaisi lähellä olevia positioita. Toimintopaikan nimeksi muodostui 41A2029. Alun 41 tarkoittaa aluetta, tässä tapauksessa haihduttamoa. 2029 on juokseva numerointi, joka vastaa lähetyviltä löytyviä positioita.

Toimintopaikalle valitaan ProElinassa "Task" sen jälkeen, kun toimintopaikka on luotu. Sen mukana toimintopaikalle tulee tarvittavat grafiikat piirikaavion generointia varten, "Tag" magneettiventtiilille, toimilaitteelle, venttiilille ja rajapaikalle. Toimintopaikalle valitaan signaali-osioon kenttäkotelon +41CS30 käytetyt parikaapeliparit ja paineilmaportti. Sen lisäksi valitaan myös, mitä I/O:ita käytetään ohjaukseen. Samalla täytetään myös sijaintitiedot ja toimintopaikan kuvaukset. Täytetyt tiedot linkittyvät siten piirikaavion grafiikkaan, kun piirikaavio generoidaan.

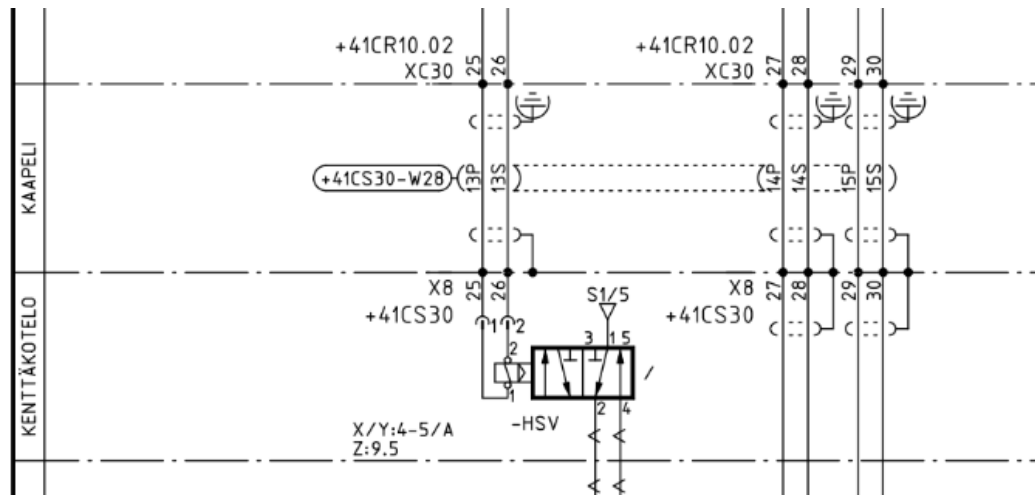
9.3 Kenttäkotelo

Kenttäkotelolla tarkoitetaan koteloa, johon kenttälaite kytketään. Kotelolle tulevan 24-parisen JAMAK-kaapelin toinen pää on kytketty kenttäkotelon X8-riviliittimiin ja toinen pää laitetilän automaatiokaapin XC30-liittimiin.

Kenttäkoteloksi valikoitui venttiilin lähettyviltä löytyvä kenttäkotelo +41CS30 (kuva 5). Kenttäkotelossa oli useampi vapaa kaapelipari ja paineilmasyöttö. Kaapista varattiin runkokaapelin parit 13,14 ja 15, jotka on kytketty riviliittimiin 25-30 sekä paineilmalle varattiin ilmasyöttö S1/5 (kuva 6). Kaapeliparit ja paineilmasyöttö varattiin järjestelmästä ProElinaan luotuun toimintopaikkaan.



Kuva 5. Kenttäkotelo +41CS30.



Kuva 6. Toimintopaikan kytkennät kenttäkotelosta automaatiokaapin XC-ri-maliittimeen.

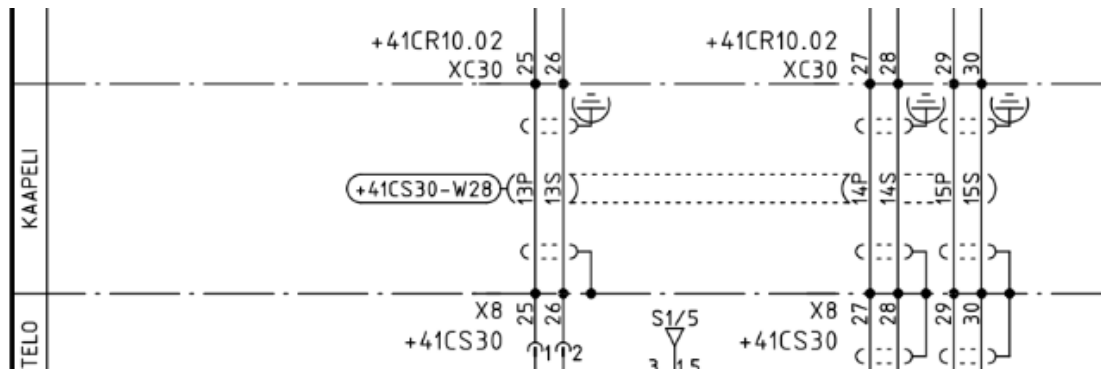
9.4 Runkokaapeli

Runkokaapeli (kuva 7) on laittilan automaatiokaapin ja kenttäkotelon välinen kaapeli. Laittilassa runkokaapelin johtimet kytkeytyvät XC-liitinkiskoon, josta johtimet kytkeytyvät ohjausjärjestelmään. Kenttäkotelossa runkokaapeli on kytkettynä X8 riviliittimiin.



Kuva 7. Runkokaapeli +41CS30-W28/XC30 automaatiokaapissa.

Runkokaapelina käytetään JAMAK 24*(2+1)*0.5 mm² -parikaapelia. Runkokaapelin tunnus on +41CS30-W28 (kuva 8). Tunnuksen alkuosa +41CS30 viittaa kenttäkoteloon ja loppuosa W28 on kaapelin yksilöivä tunnus. Kaapelikilvessä on lisäksi merkintä XC30-rimaliittimestä automaatiokaapin päässä.



Kuva 8. Runkokaapeli +41CS30-W28 piirikaaviossa.

10 RISTIKYTKENTÄ OHJAUSJÄRJESTELMÄÄN

10.1 Yleistä

Automaatiokaapissa on tyypillisesti kolme aluetta. Riviliittimet, joihin runkokaapeli kytketään, ristikytkenlevyt ja I/O-kortit. Ristikytkenä mahdollistaa helposti muutosten tekemisen pitäen automaatiokaapin siistinä, kun ylimääräisiä kaapelointeja ei tarvitse tehdä kaappiin.

Toimilaitteet ja muut kenttälaitteet saattavat sijaita kaukana laitetilasta, jossa automaatiokaappi sijaitsee. Ristikytkenät ja runkokaapelointi vähentävät täten kaapelointityötä.

10.2 XC-kytkentärima

Kenttäkotelolta tuleva runkokaapeli on kytketty automaatiojärjestelmä kaapin XC-kytkentäriman jousivoimaliittimiin (kuva 9). Kytkentärimassa on 48 jousivoimaliittintä, johon saadaan kytkettyä kaikki 24 johdinparia. Vasemmalla puolella liittintä on juokseva numerointi, josta selviää oikea rima.



Kuva 9. XC-kytkentärima.

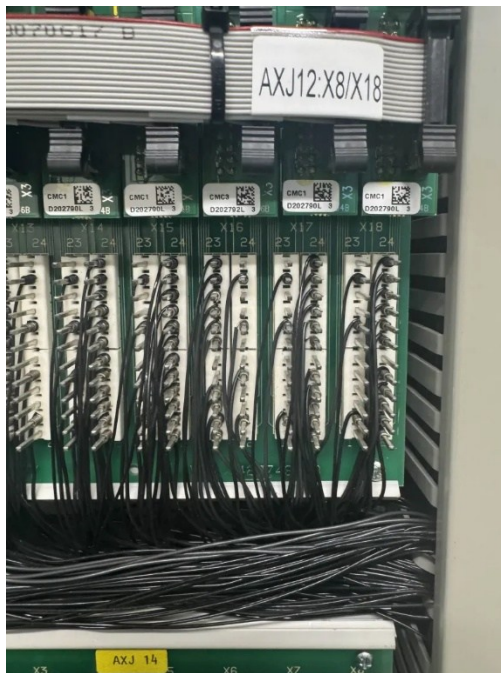
Kytkentäriman toisella puolella on XC-liittimen kiertoliitintapit (kuva 10), joista ns. räppäämällä käyttäen räppilankaa kytketään kiertoliitoksella AXJ-liityntälevyn kiertoliitosliittimeen.



Kuva 10. XC-liittimien toinen puoli, kiertoliitintäpät ja räppäykset.

10.3 AXJ-liityntälevy

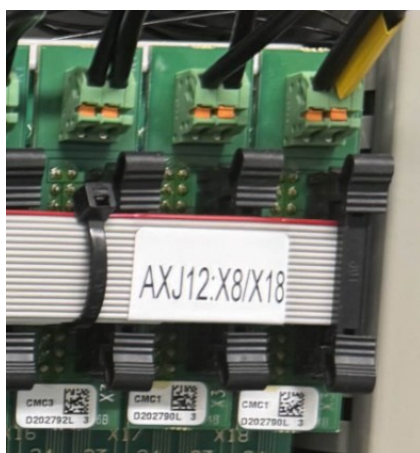
AXJ-liityntälevy (kuva 11) mahdollistaa I/O korttien kytkemisen järjestelmän ja kenttäkotelon välille. AXJ-levyssä on 24 kiertoliitintä ja se sisältää 8 kanavaa. Jokaisella kanavalla on kolme pinniä, joista kaksi valitaan riippuen kytkennästä. Jokaisella kanavalla on VS-, IN- ja COM-liittimet. Kytkentä vaihtelee sen perusteella, käytetäänkö jännitesyöttöä.



Kuva 11. AXJ-liityntälevyt X16, X17 ja X18.

10.4 CMC-adapterit

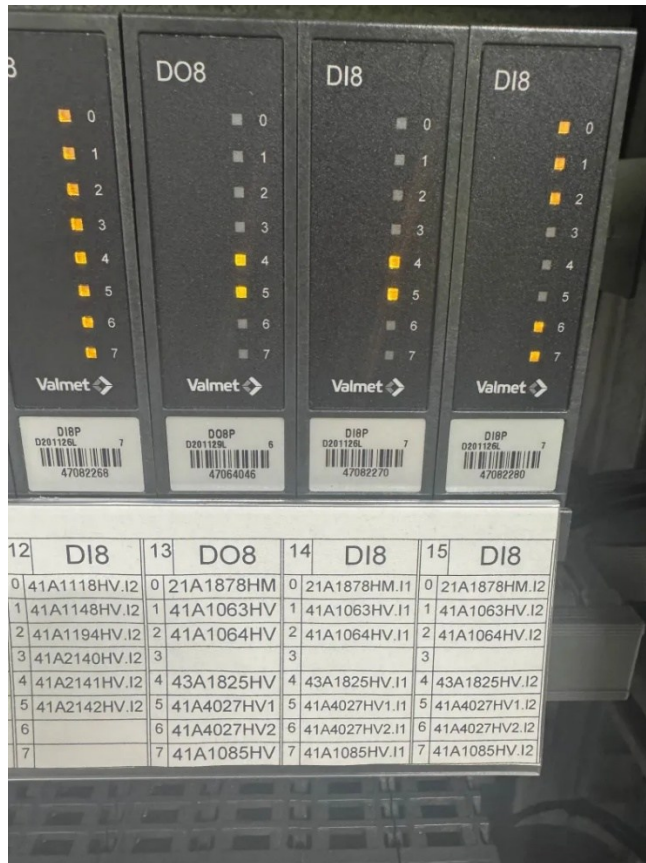
AXJ-liittimen CMC-adapterit (kuva 12) ovat käytössä, jotta I/O-korttien elinkaarivaihdon myötä voitiin hyödyntää olemassa olevia AXJ-levyjä. Vanhat I/O-kortit sisälsivät 24 liityntää ja nykyiset ACN-tekniikan I/O-kortit sisältävät vain 16 liityntää. CMC-adapterit ovat AXJ-levyn ja I/O-korttien välissä. CMC-adapteri korvaa puuttuvan liitynnän. Riippuen korttityypistä adapteri korvaa joko jännitesyötön VS tai GND-liitynnän.



Kuva 12. AXJ-liittimissä olevat CMC-adapterit.

10.5 I/O-yksiköt

Ohjauksen toteutukseen tarvittiin yksi lähtötieto ja kaksi tulotietoa. Päädyttiin käyttämään yhden DO8P-kortin ja kahden DI8P-kortin kanavaa 3, jotka olivat vapaana kussakin kortissa (kuva 13).



Kuva 13. Ohjauksessa käytetyt I/O-kortit (13,14,15, kanavat 3).

Digitaalilähtöyksikkö DO8P on kytketty lattakaapelilla CMC-adapteriin. Yksiköllä ohjataan magneettiventtiiliä, jotta saadaan ohjattua toimilaitetta. Yksiköstä otettiin käyttöön vapaana oleva kanava 3, joista käytetään ON- ja COM-liityntöjä.

Digitaalituloyksikkö DI8P on kytketty lattakaapelilla CMC-adapteriin. Yksiköllä saadaan induktiivisten rajakytkinten tilatiedot järjestelmään. Käytössä on kahden yksikön kanavat 3, joista käytetään VS- ja IN-liityntöjä.

11 TOIMINTOPAIKAN JA KENTTÄKOTELON PIIRIKAAVIO

ProElina kykenee generoimaan toimintopaikan piirikaavion automaattisesti, kun toimintopaikalle on syötetty tarvittavat grafiikat, tunnuksat, kaapelivaraukset, riviliittintiedot sekä I/O-kanavatiedot (liite 1). Tietokantapohjainen toimintatapa vähentää manuaalisen piirtämisen tarvetta ja parantaa yhdenmukaisuutta, kun sama tieto on yhdessä paikassa, se siirtyy piirikaavioon otsikkokenttiin ja kytkentämerkintöihin johdonmukaisesti. Generoitu piirikaavio toimii asennuksen ja vianhaun keskeisenä dokumenttina, koska siitä selviävät käytetyt laitetunnukset, johdotukset, riviliittimet, kaapeliparit sekä liityntä ohjausjärjestelmän I/O:hon.

Kenttäkotelon johdotuspiirustus (liite 2) täydentää toimintopaikan piirikaaviota esittämällä yksityiskohtaisesti kenttäkotelon sisäiset kytkennät, vapaat parit ja paineilmayhteydet. Ajantasainen johdotuspiirustus on tärkeä myös tulevia muutoksia varten, koska se auttaa välttämään päällekkäisiä varauksia ja nopeuttaa kunnossapidon vianhakua. Tässä työssä kenttäkotelon piirustus päivitettiin vastaamaan uusia varauksia ja dokumentit tallennettiin siten, että ne ovat tehtaan dokumentointijärjestelmässä kaikkien tarvittavien osapuolten saatavilla.

12 JOHTOPÄÄTÖKSET

12.1 Työn lopputulos

Työn lopputuloksena luotiin venttiilin automatisointia varten piirikaavio, jonka perusteella asentaja pystyy toteuttamaan toimilaitteen asennuksen ja ohjauksen kytkemisen. ProElinasta varattiin kytkentään tarvittavat parikaapeliparit ja paineilmaportti sekä päivitettiin kenttäkotelopiirustus. Tehtaalle tilattiin 2-toiminen pneumaattinen toimilaite, joka sopii kyseiseen käyttötarkoitukseen ja muut tarvittavat komponentit (magneettiventtiili ja kaapelit) löytyvät tehtaalta valmiiksi. Toimilaitteasennus ja kytkentä voidaan toteuttaa, kun yritys haluaa sen tehdä.

Lopputuloksena voidaan todeta, että opinnäytetyöprojekti saavutti tavoitteensa. Projekti oli loistava tapa päästä tutustumaan Valmet DNA -automaatiojärjestelmään. Työssä pääsi perehtymään laajasti automaatiokaapin komponentteihin ja ristikytkennän toteutukseen. Yritys sai tarkat piirustukset kytkentöjen toteuttamiseen ja opinnäytetyöntekijä arvokasta osaamista instrumentointisuunnittelusta.

12.2 Jatkotoimenpiteet

Toimilaitteen käyttöönotto edellyttää automaatio-ohjelman toteutusta Valmet DNA -järjestelmään sekä asennuksen jälkeisiä testauksia. Ohjelmoinnissa määritetään venttiilin ohjauslogiikka (auki/kiinni-komento) sekä rajatietojen käsittely siten, että järjestelmä tunnistaa venttiilin ääriasetnot luotettavasti ja mahdolliset vikatilanteet (esim. venttiili ei saavuta asentoa asetetussa ajassa) voidaan hälyttää. Käyttöönotossa suositellaan suorittamaan I/O-testaus ennen paineilman kytkentää (tulojen ja lähtöjen toiminta, kanavien oikeellisuus), minkä jälkeen tehdään toimilaitteen liikkeen testaus paineilmalla ja varmistetaan rajakytkinten toiminta molemmissa ääriasetnoissa.

Asennuksen jälkeen tulee päivittää PI-kaavion käsikäyttöisen venttiilin symboli toimilaitteohjatun venttiilin symboliksi sekä varmistaa, että positiokylyt on asennettu toimilaitteelle ja magneettiventtiilille piirikaavion mukaisesti. SAP tulee myös päivittää uuden toimilaitteen osalta rakenteeseen. Lisäksi suositellaan, että kohteen dokumentaatioon lisätään tarvittaessa lyhyt käyttöohje tai huoltohuomio kunnossapitoa varten, esim. lukituksen käyttö.

12.3 Oma oppiminen ja kehittyminen

Työn aikana oma osaamiseni kehittyi erityisesti instrumentointisuunnittelun käytännöissä ja ohjausjärjestelmäliityntöjen hahmottamisessa. Suurin oppimiskokonaisuus liittyi siihen, miten kenttälaitteen signaalit viedään järjestelmään hallitusti ristikytkennän kautta, ja miten dokumentoinnin laatu vaikuttaa suoraan toteutuksen onnistumiseen ja vianhaun sujuvuuteen. Haastavinta oli varmistaa kytkentäketjun yksityiskohdat (kenttäkotelon varaukset, runkokaa-pelin parit ja automaatiokaapin liityntä) niin, että kokonaisuus on ristiriidaton kaikissa dokumenteissa. Kokonaisuutena työ vahvisti valmiuksiani toimia työelämän suunnittelutehtävissä ja tuottaa dokumentaatiota, jota voidaan hyödyntää sekä asennuksessa että kunnossapidossa.

LÄHTEET

Festo. (2022). Everything you need to know about pneumatic valves! Haettu 13.12.2025 osoitteesta https://www.festo.com/gb/en/e/about-festo/blog/in-practice/pneumatic-valves-id_1517691/

Finkova. (n.d.). Mikä on venttiili ja miten ne toimivat? Haettu 27.10.2025 osoitteesta <https://finkova.fi/mika-on-venttiili-ja-miten-ne-toimivat/>

IEC. (2014). IEC 61082-1:2014 Preparation of documents used in electro-technology - Part 1: Rules. Haettu 16.02.2026 osoitteesta https://www.vde-verlag.de/iec-normen/preview-pdf/info_iec61082-1%7Bed3.0.RLV%7Den.pdf

Klinger. (2025). Mikä on toimilaite ja mihin se soveltuu. Haettu 12.11.2025 osoitteesta <https://klinger.fi/sisallot-ja-uutiset/mika-on-toimilaite-ja-mihin-se-soveltuu/>

Lahti, S. (2020.). Sähkö- ja instrumentointisuunnittelutyökalun kehitys [AMK-opinnäytetyö, Tampereen ammattikorkeakoulu]. Theseus. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-202004044488>

Metropolia. (2010). Induktiivinen rajakytkin. Haettu 30.12.2025 osoitteesta <https://wiki2.metropolia.fi/spaces/koneautomaatio/pages/19511833/Induktiivinen%2Brajakytkin>

Metsä Group. (n.d.-a.). Metsä Group historia. Haettu 28.10.2025 osoitteesta <https://www.metsagroup.com/fi/tietoa-metsa-groupista/tietoa-meista/historia/>

Metsä Group. (n.d.-b.). Metsä Group puun alkuperä. Haettu 28.10.2025 osoitteesta <https://www.metsagroup.com/fi/vastuullisuus/metsat-ja-puu-raaka-aine/puun-alkupera/>

Metsä Group. (n.d.-c.). Metsä Group yritys rakenne. Haettu 28.10.2025 osoitteesta <https://www.metsagroup.com/fi/tietoa-metsa-groupista/tietoa-meista/yritysrakenne/>

Metsä Group. (n.d.-d.). Me olemme Metsä Fibre. Haettu 28.10.2025 osoitteesta <https://www.metsagroup.com/fi/metsafibre/metsafibre/>

Metsä Group. (n.d.-e.) Rauman sellutehdas. Haettu 29.10.2025 osoitteesta <https://www.metsagroup.com/fi/metsafibre/metsafibre/sellun-tuotanto/rauman-sellutehdas/>

MSg Works. (n.d.). Piirikaaviot. Haettu 2.11.2025 osoitteesta <https://msgworks.fi/piirikaaviot/>

ONLC. (2024). What is AutoCad? Features, tools, and benefits. Haettu 2.1.2026 osoitteesta <https://www.onlc.com/blog/what-is-autocad/>

The Engineering Mindset. (2019). How Solenoid Valves Work. Haettu 18.12.2025 osoitteesta <https://theengineeringmindset.com/how-solenoid-valves-work/>

Valmet. (2015a). ACN I/O:n yleiskuvaus. [julkaisematon]

Valmet. (2015b). IBC (Process Interface Controller), D201138. [julkaisematon]

Valmet. (2015c). IPS (MIO Power Supply) D201139. [julkaisematon]

Valmet. (2015d). DO8P (Digital Output Unit, PNP) D201129. [julkaisematon]

Valmet. (2015e). DI8P (Digital Input Unit, PNP) D201126. [julkaisematon]

Valmet. (n.d.-a.). Valmet DNA Distributed Control System. Haettu 23.10.2025 osoitteesta <https://www.valmet.com/automation/control-systems/dna/>

Valmet. (n.d.-b.). Valmet DNA System architecture, Valmet DNA Automation System. Haettu 23.10.2025 osoitteesta <https://www.valmet.com/automation/control-systems/dna/architecture/>

Valmet. (n.d.-c.). Valmet DNA Controller and I/O. Haettu 23.10.2025 osoitteesta <https://www.valmet.com/automation/control-systems/hardware/>

Valmet. (n.d.-d.). Valmet DNA Engineering and maintenance tools. Haettu 23.10.2025 osoitteesta <https://www.valmet.com/automation/control-systems/dna/configuration/>

