



OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO  
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

# NC-TUNNUSLISTAN KEHITYS

Normet Group Oy:lle

TEKIJÄ: Juho Ratas

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma Sähkötekniikan tutkinto-ohjelma	
Työn tekijä(t) Juho Ratas	
Työn nimi NC-tunnuslistan kehitys	
Päiväys	17.5.2019
Sivumäärä	33
Ohjaajat Pasi Lepistö, lehtori ja Jari Ijäs lehtori	
Toimeksiantaja Normet Group Oy	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyö tehtiin Iisalmelaiselle Normet Group Oy:lle, joka toimii maailmanlaajuisesti valmistaen ja kehittämällä ajoneuvoja ja ratkaisuja maanalaisten kaivosten ja maanalaisen rakentamisen tarpeisiin. Normetin kaivoslaitteita käytetään muun muassa kalliolujitusten robotisoituun ruiskubetonointiin, automatisoituun räjähdysaineiden panostuksiin ja maanalaisiin kuljetuksiin. Normet on yli viidenkymmenen vuoden toimintansa aikana toimittanut noin 12 000 laitetta ympäri maailman, tehden itsestään yhden globaaleista markkinajohtajista.</p> <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli päivittää automaatio suunnittelun työkaluna toimiva NC-tunnuslista uuden ohjausjärjestelmän NorSmart3 mukaiseksi liittämällä komponenteille uudet signaalitunnukset, sekä yhtenäistämällä listaa hydraulikkapuolen kanssa.</p> <p>Listalle suoritettiin duplikaattien poistoa, sekä yleistä siistimistä. Nc-tunnuslista on Excel-pohjainen sijaintiluettelo, joka mm. listaa ja liittää sähkökomponenttien ID-koodit automaation signaalitunnuksille. Opinnäytetyössä perehdytään Normetin ohjausjärjestelmäperheen uusimpaan tuotteeseen NorSmart3, sekä opiskellaan yleisistä CAN-väylätekniikoista ja ajoneuvojen automaatiosta. Tilaajan esittelyn tueksi tietoa haettiin yleisestä kaivosteollisuuden toiminnasta ja vaatimuksista laitteiston automaation kannalta. Tiettyihin listan komponenttien teorioihin perehdyttiin myös selkeämmän työosuuden kokonaiskuvan aikaansaamiseksi.</p> <p>Opinnäytetyön tuloksena aikaansaatii uuden ohjausjärjestelmän ja sen tulevaisuuden kehittämiseen päivitetty lista, joka liittää komponenteille kaikki nykyiset olemassa olevat automaatio signaalit. Tavoite kehittää automaatio suunnittelun tueksi helppokäyttöinen työkalu, josta vanhentunut tieto on korvattu uuden ohjausjärjestelmän tarpeita varten, saavutettiin.</p>	
Avainsanat ID-lista, NC-tunnuslista, CAN-väylä, NorSmart, Normet, kaivos	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Electrical Engineering			
Author(s) Juho Ratas			
Title of Thesis Development of NC-ID List			
Date	17 May 2019	Pages	33
Supervisor(s) Mr. Pasi Lepistö Senior Lecturer, Mr Jari Ijäs Senior Lecturer			
Client Organization Normet Group Oy			
<p><b>Abstract</b></p> <p>The bachelor's thesis was commissioned by Normet Group Oy that operates worldwide manufacturing and developing vehicles and solutions for the needs of underground mining and construction. Normet vehicles are being used e.g. in robotized concrete spraying, automate explosive charging and underground transportation. For over 50 years of operation, Normet has delivered approx. 20 000 units worldwide establishing a position as one of the world's market leaders.</p> <p>The purpose of the thesis was to make the necessary updates to the NC-id list that works as a tool for automation designing. Updating the list for the new NorSmart3 control system included signal identification for certain components and uniting the NC-list with hydraulics.</p> <p>The list was trimmed and cleaned from duplicates. The main purpose of the Excel based NC-id list is to list and assign the automation signal for its electrical component. The theory part orientates to the newest product of Normet's control systems, NorSmart3, by studying Can Bus technology and vehicle automation. Beside the background of Normet Group, the overall mining operation and its requirements were also studied from automation perspective. Theory about some of the components in the list was studied to form a better picture of the subject.</p> <p>As a result of the thesis, the list became updated for the needs of the new control system and its future development. The list presents all the current automation signals attached to the components for the needs of automation designing. The goal was met to create a user-friendly designing tool, cleaned from unnecessary and outdated information.</p>			
<p><b>Keywords</b> ID-list, NC-list, CAN-Bus, NorSmart, Normet, mining</p>			

## SISÄLTÖ

KÄYTETYT TERMIT JA LYHENTEET .....	5
1 JOHDANTO.....	6
1.1 Normet Group Oy.....	6
1.2 Opinnäytetyön aihe ja sen tavoitteet .....	7
2 KAIVOSTEN TOIMINTA .....	8
2.1 Taustaa kaivosteollisuudesta.....	8
2.2 Kaivoshankkeen elinkaari.....	9
2.3 Normetin työkonet .....	11
3 TYÖKONEIDEN AUTOMAATIOJÄRJESTELMÄ .....	13
3.1 NorSmart .....	14
3.2 CAN-väylä .....	16
4 NC-TUNNUSLISTA.....	20
4.1 Sisältö, ulkoasu ja jaottelu.....	20
4.2 Sähkökomponenttien teoriaa .....	22
4.2.1 MG-venttiilit .....	23
4.2.2 Anturit.....	27
4.2.3 Releet .....	29
4.3 Työn toteutus .....	31
4.3.1 Lopputulos ja merkitys tilaajalle .....	32
5 YHTEENVETO & POHDINTA.....	32
LÄHDELUETTELO .....	33

## KÄYTETYT TERMIT JA LYHENTEET

AC-DC	Alternating Current – Direct Current vaihtovirta - tasavirta
ANFO	Ammonium Nitrate-Fuel Oil explosive räjähdysaine rakeistetun ammoniumnitraatin ja polttoöljyn seoksesta
CAN	Controller Area Network automaatioväylä
CAN_H	CAN_High
CAN_L	CAN_Low
CPU	Central Processing Unit suoritin tai prosessori
ECU	Engine Control Unit moottorinohjausyksikkö
ERP	Enterprise Resource Planning yrityksen toiminnanohjaustietojärjestelmä
ID	Identifier tietojenkäsittelyssä annettava yksilöllinen tunniste
IO	Input/Output joukko rajapintoja, joita tietojenkäsittelyjärjestelmät käyttävät keskinäiseen tiedonvälitykseen
ISO	International Organization for Standardization kansainvälinen standardisoimisjärjestö
NC	Numeric control numeerinen ohjaus
NC	Normally Closed aktivoituessaan avautuva kytkin
NO	Normally Open aktivoituessaan sulkeutuva kytkin
PID	Proportional-Integral-Derivative säätötekniikan säädin; suhde, integroiva ja derivoiva
PLC	Programmable Logic Controller ohjelmoitava logiikkaohjain
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition PC-valvomo-ohjelmisto
SAE	Society of Automotive Engineers yhdyshenkilöautoalan standardisointijärjestö
WLAN	wireless local area network langaton lähiverkko

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Normet Group Oy

Normet Group (alun perin Peltosalmen Konepaja) on iisalmelainen vuonna 1962 perustettu kaivostoiminnassa ja tunnelinrakentamisessa tarvittavia laitteita valmistava yritysryhmä. Veljekset Jaakko ja Jussi Sarvela perustivat maatilalleen Peltosalmen Konepajan, jonka menestystuote oli New Yorkin kansainvälisillä patenttimessuilla palkittu traktorikuormain, joka valloitti yli puolet Suomen kuormainmarkkinoista. Konepajan alkuajat keskittyivät metsäkoneiden valmistukseen, joista mainintana juontovinssi ja Suomen ensimmäinen kolmiakselinen metsätraktori. Vuonna 1972 Orionille myyty konepaja työllisti 180 henkilöä. Vuonna 1999 Orion myi Normetin Sitran Fenno Managementin hallinnoimalle pääomarahasto Fenno Programille. Normetin pääomistajana on vuodesta 2005 ollut Aaro Cantell.

Nykypäivän Normet on erikoistunut kalliolouhinnassa käytettävien laitteiden ja kemikaalien kehittämiseen, valmistamiseen, myyntiin ja huoltoon. Yhtiön laitteita käytetään muun muassa kalliolujitusten robotisoiduissa ruiskubetonoinneissa, automatisoiduissa räjähdysaineiden panostuksissa ja maanalaisissa kuljetuksissa. (Wikipedia, 2018). Normet Oy on Normet Group -konserniin kuuluva tuotantolaitos, jossa valmistetaan raskaita ajoneuvoja edellä mainittujen osaamisalueiden asiakasprosesseihin. Normetin liikevaihto viime vuosien aikana on luokkaa 300M EUR vuodessa. (Lindahl. Normet CEO, 2018). Nykyisin Normet Group työllistää globaalisti yli 1100 ammattilaista operoiden yli 30 maassa.



Kuva 1. Normetin Iisalmen tehdas. (Savon sanomat, 2013).

## 1.2 Opinnäytetyön aihe ja sen tavoitteet

Opinnäytetyön työosuuden aiheena on kehittää ja päivittää automaatio suunnittelun työkaluna toimivaa NC-tunnuslistaa vastaamaan uutta ohjausjärjestelmää NorSmart3. Työn tavoitteena on saada aikaiseksi helppokäyttöinen ja kattava sähkökomponentit listaava tiedosto, jonka pohjalta suunnittelu on yhtenäistä ja helppoa. Työosuuteen kuuluu komponenttien läpikäynti ja niiden ID-koodien tarkastaminen, sekä oikean automaatio signaalin liittäminen oikealle komponentille. Lisätyönä suoritetaan listan duplikaattien poisto, sekä tunnuslistan ja hydraulikkapuolen yhtenäistäminen liittämällä hydraulikkatunnuksille oikeiden venttiilinohjauskomponenttien ID-koodit.

Opinnäytetyön työosuuden läpikäynnin lisäksi tutustutaan Normetin ohjausjärjestelmäperheen uusimpaan tuotteeseen NorSmart3, sekä yleisiin Can-väylätekniikan perusteisiin ajoneuvotekniikassa. Lisäksi haluan tuoda opinnäytetyössä esiin myös kaivosteollisuuden yleistä toimintaperiaatetta ja sen pääpiirteistä elinkaarta, selkeyttäakseni eri työvaiheiden asettamia laitevaatimuksia laitteiden toiminnalle ja automaatiolle. Työosuuden yhteydessä esittelen NC-listan sähkökomponenttien teoriaa ja toimintaa.

## 2 KAIVOSTEN TOIMINTA

### 2.1 Taustaa kaivosteollisuudesta

Kaivannaisteollisuus voidaan jakaa kolmeen päätoimialaan, joita ovat kaivosteollisuus, kiviaineteollisuus ja luonnonkiviteollisuus. Näistä kaivosteollisuus kattaa malmin louhinnan ja jalostuksen, sekä teollisuusmineraalituotannon. Kaivos on tuotantolaitos, joka louhii mineraaleja maankuoresta ja erottelee niistä hyödyntämiskelvottomat kiviaineet.

Suomeen ensimmäinen rautaa tuottanut kaivos avattiin Lohjan Ojamolle jo ennen vuotta 1530. Kaikista suomessa toimineista noin tuhannesta kaivoksesta on viime vuosina ollut tuotannossa noin viisikymmentä. (Karlsson, 2018). Kaivostoiminnan historian aikana kokoluokaltaan maailmanluokkaa olevia esiintymiä ovat Suomessa olleet Siilinjärven apatiittimalmi ja kuvassa 2 esiintyvän kaivoksen Kemins kromimalmi. Euroopan laajuisesti suuria malmiesiintymiä ovat olleet Outokummun ja Vuonoksen kupari-kobolttimalmit, Pyhäsalmen ja Vihannin sinkkikuparimalmit, Lahnaslammen talkkiesiintymä sekä Ihalaisten kalkkikivi-wollastoniittiesiintymä (Heikkinen & Noras, Kaivoksen sulkemisen käsikirja, 2005). Maailmalla mineraalien kysyntä on kasvussa, mutta poliittinen ilmapiiri kaivosten ympärillä käy keskustelua myös ympäristökysymysten varjossa.



Kuva 2. Kemins kromikaivos ja rikastamo. Kuva: Outokumpu Chrome Oy.



## 2.2 Kaivoshankkeen elinkaari

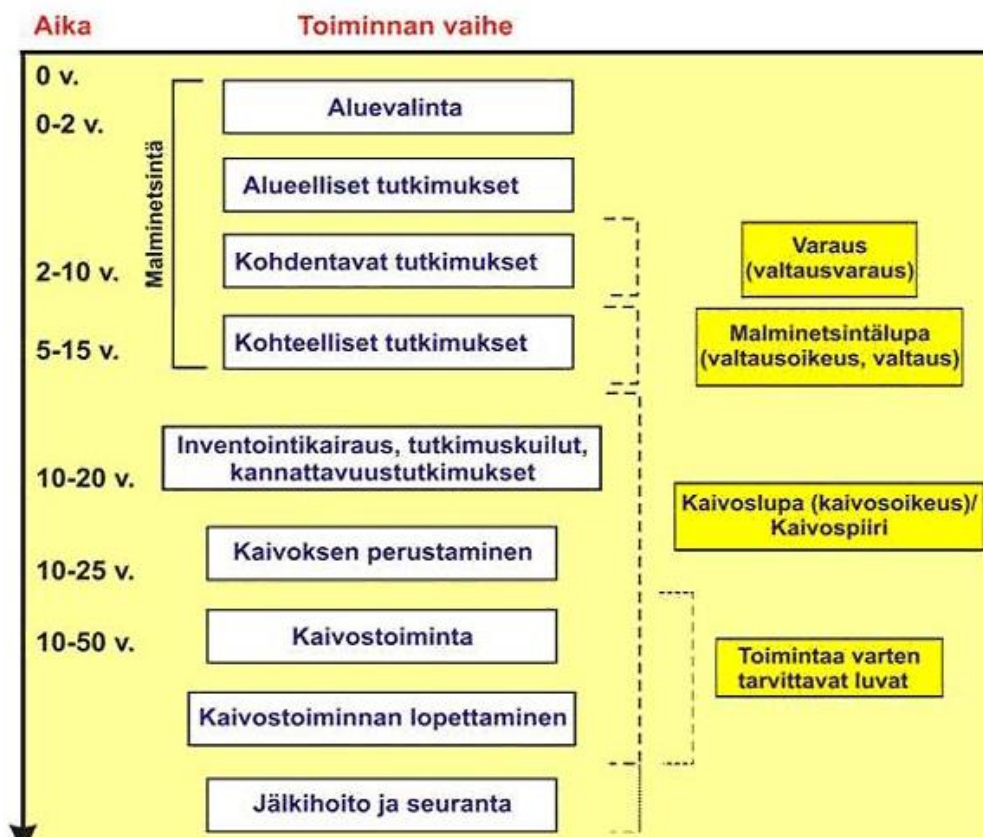
Kaivoksen sulkemisen käsikirjan mukaan (kuva 3) kaivoksen elinkaari koostuu karkeasti malminetsinnästä, kaivoksen rakentamisesta, tuotannosta ja jälkihoidosta. Malminetsintään kuuluvat suorat maastohavainnot, sekä erilaisten menetelmien avulla kerättyjen aineistojen tutkiminen. Mineraaliesiintymän päätyminen taloudellisesti hyödynnettäväksi malmiksi on vahvasti riippuvaista taloudellisista suhdanteista. Tekniikan kehitys ja mineraalien kysyntä saattavatkin tehdä tulevaisuudessa yhä pienemmät aiemmin hylätyt mineraaliesiintymät kannattaviksi.

Kaivoksen rakentamiseen kuuluu suunnittelu, mahdollinen rikastamo, infrastruktuuri, työtilarakennukset, sekä jätteiden varastointialueet. Jos kyseessä on avolouhos, malmin pinta paljastetaan poistamalla alueelta pintamaata ja sivukiveä. Maanalaisen kaivoksen rakentamiseen kuuluu yleensä vinotunnelin, nostokuilun ja maanalaisten huolto- ja varastotilojen louhinta. Näissä vaiheissa ajoneuvot suorittavat esimerkiksi räjäytystoimenpiteiden panostusta, sekä kivimassan kuljetusta. Rakentamisen muissa vaiheissa pyritään käyttämään hyödyksi alkuvalmisteluissa syntyneitä materiaaleja, kuten kivimateriaalin käyttö tiestön ja patojen rakennuksessa. Tässä kappaleessa ei syvennyttä tarkemmin lukuisiin eri louhintamenetelmiin, vaan esitellään näistä pilarilouhinta ja sen tuotannon työkonoiden työvaiheet.

Tuotantovaiheessa malmikivi louhitaan kalliosta. Avolouhoksen syventyessä on louhoksen yläosaa levennettävä turvallisten kaltevuuksien kannalta. Maanalaiset kaivokset taas ylettävät usein pohjavesien alapuolelle, joten ne vaativat toimenpiteitä kuivana pitämiseksi. Lisähuomiota vaativia seikkoja on maanalaisissa kaivoksissa mm. tuuletus ja jäähditys, sillä lämpötilat saattavat nousta korkeiksi. Kun malmi on louhittu, se hienonnetaan murskaamalla jatkojalostusta eli rikastusta ja asiakkaalle toimitusta varten.

Pilarilouhinta valitaan louhintamenetelmäksi esimerkiksi vaaka-asentoisille esiintymille. Katto tuetaan jättämällä louhokseen pilariverkosto. Pilarilouhinnassa kattokiven tulee olla suhteellisen lujaa ja se usein myös ruiskubetonoidaan tai tarvittaessa verkotetaan. Poraus ja räjäytysmenetelmän toiminnassa ensin räjäytettävälle kohteelle suoritetaan mittaukset, jonka jälkeen työkonoiden suorittaa suunnitellut poraukset räjähteitä varten. Seuraavaksi poratut reiät panostetaan ja räjäytetään, ja lopuksi tunneli tuuletetaan. Lopuksi suoritetaan kiviaineen talteenotto tai siirto ja räjäytyksessä paljastunut katto rusnataan ja tuetaan esimerkiksi ruiskubetonoimalla. Louhimisen kiertokulkuun tarvitaan siis monia erityyppisiä laitteita ja menetelmiä, jotka hyödyntävät runsaasti automaatiota ja tekniikkaa louhimisen vaiheiden laadukkaaseen ja turvalliseen suorittamiseen.

Malmin ehtyessä kaivos suljetaan ja aloitetaan jälkihoito. Sulkemistoimenpiteissä kaivokselle tehdään tarvittavat puhdistustoimenpiteet. Kaivosalue tulee pyrkiä maisemoimaan mahdollisen luonnonmukaiseen tilaan ja estää vaarallisille alueille pääsy ja varoittaa niistä erilaisin merkein. Sulkemistoimenpiteiden suunnittelu on aloitettu jo kaivoksen aloittamisen aikaan ja se keskittyy ympäristön turvallisuuden varmistamiseen. (Heikkinen & Noras, Kaivoksen sulkemisen käsikirja, 2005).



Kuva 3. Kaivostoiminnan elinkaari. (Heikkinen & Noras, Kaivoksen sulkemisen käsikirja, 2005)

## 2.3 Normetin työkoneet

Normet tarjoaa kaivosten toiminnan vaiheisiin valtavan määrän erilaisia räätälöitävissä olevia työajoneuvoja. Kallion tukemisen toimenpiteet suoritetaan ruiskubetonointina. Normetin Spraymec-mallit ovat suunniteltuja tähän toimenpiteeseen. Esimerkkinä laitteiston teknisimpään kärkeen kuuluva Spraymec 8100 VC, joka on sähköhydraulinen itsekulkeva ruiskubetonointilaitte. Konetta siirtämättä voidaan ruiskuttaa 10,3 metriä korkeita ja 16 metriä leveitä tunneleita, suurimman ruiskutuskorkeuden ollessa 14 metriä. Neliveto ja nelipyöräohjauksella varustetut laitteet on suunniteltu ahtaisiin tiloihin. (Normet, 2019). Spraymecissä NorSmart ohjausjärjestelmä ohjaa ja diagnosoi mm. ruiskupuomia, betonipumppua, kiihdyttimen annostelua, kuljetintoimintoja, turvalaitteistoa, vikadiagnostiikkaa, sekä datan keruuta. (Spraymec 8100 VC Technical data sheet, 2016).



Kuva 4. Spraymec ruiskubetonointikone. (Normet, 2019)

Maanalaisen louhinnan tekee turvalliseksi irtoräjähdyksaineiden robotisoidut panostusjärjestelmät. Nämä laitteet kulkevat nimellä Charmec. Nykypäivänä kaikessa maanalaisessa louhinnassa käytetään irtoräjähdyksaineita: ANFOa, emulsioita tai vesigeeljä. Jotta irtoräjähdyksaineiden käytöstä saadaan kaikki hyöty irti, pitää panostusprosessin olla oikein mekanisoitu. Nykyaikaisessa emulsio- ja vesigeelipanostuksessa räjähdysaine herkistetään vasta panostuslaitteessa.

Kaikki ajoneuvot sisältävät suuren määrän tekniikkaa ja sen välistä keskustelua automaation keinoin. Esimerkiksi henkilön nostoon ja asennustöihin suunnitellussa Utilift-saksilavamallistossa tyypillisiä standardilisävarusteita ovat mm. nostolavan sivuttaissiirto ja kallistus, nosturin ja nostolavan käyttö, kompressorit, sekä esimerkiksi varusteet viihtyisään ja ergonomiseen umpiohjaamoon.

Rusnauksessa tilan katosta ja seiniltä poistetaan irtokiviä ja lohkareita. Rusnaukseen suunnitellut Scamecit voidaan varustaa esimerkiksi kovan kiven rusnaukseen vaadittavalla hydraulisella iskuvasaralla tai liuskeisen kiven rusnauksen kynsirusnausyksiköllä. Työkoneiden tuotannossa korostuu räätälöitävyys. Esimerkiksi kuljetuksen tarpeisiin valmistetut Utimedit voidaan räätälöidä voiteluaineiden kuljetuksesta- liikkuvaksi

työpajaksi. Lisäksi Normet tarjoaa mm. pinnanlujitukseen, sekä vesieristykseen käytettäviä pienlaitteita. (Normet, 2019).

### 3 TYÖKONEIDEN AUTOMAATIOJÄRJESTELMÄ

Nykyaikaiset työkonet sisältävät toimintoja ja elektroniikkaa, joiden ohjaamiseen ja hallintaan liittyy paljon automaatiota. Pääasiassa hydraulijärjestelmätoimisten traktorikaivureiden, nostureiden ja esimerkiksi Normetin kaivoskoneiden toiminta vaatii rinnalleen paljon ohjauselektroniikkaa. Nykyaikaiset ohjausjärjestelmät sisältävät siis varsinaisen hydraulijärjestelmän ja siihen liittyvän ohjausjärjestelmän, joka esimerkiksi traktorikaivurikäytössä voisi yksinkertaisimmilta pääkomponenteiltaan sisältää ajohydrauliikan pumpun ja hydraulimoottorin, ajoelektroniikan ohjaimen, näytön, dieselmoottorin, ajo-ohjaimia, sekä sähköisen kaasupolkimen. Näiden keskinäinen kommunikointi tapahtuisi mm. Can-väylää käyttäen, jota käsitellään tässä työssä luvussa 3.2.

Yleisten termien kuten automaatiojärjestelmä, ohjausjärjestelmä ja säätöjärjestelmän käyttö saattaa vaihdella esittäjän mukaan. Ohjausjärjestelmä on yleisnimitys automaattisesti toimivien laitteiden eri ohjausmenetelmille, joiden tehtävä on ohjata koneiden toimintoja laitteiden tilatietojen ja käyttäjän antamien komentojen mukaisesti. Usein ohjausjärjestelmällä viitataan yksittäisen koneen tai toiminnon käytettävään ohjaukseen, esimerkiksi ohjelmoitava logiikka (PLC), PID säädin tai NC ohjaus.

Yleisesti tuotannon ohjausjärjestelmiä kuvatessa puhutaan automaation eri tasoista. Tähän tarkoitukseen on rakennettu hierarkiatasot esittävä tasokolmio. Kolmion huippu, josta ohjausjärjestelmän automaatio alkaa, on yrityksen johto ja toiminnanohjaus. Tähän sisältyy mm. taloushallintoa, markkinointia, ostotoimintaa, sekä varaston hallintaa. Alaspäin mentäessä seuraava taso (ERP) koostuu tehtaan tai tuotantolinjan tuotannosuunnittelusta. Kolmas osio koostuu tuotannonohjausjärjestelmästä eli automaatiojärjestelmästä (SCADA), joka luetaan logiikalla tehtäväksi korkeamman tason ohjaukseksi. Tämä automaatiojärjestelmä ei usein itse ohjaa suoraan yksittäisen koneiden toimintoja vaan antaa toimintakäskyt koneita ohjaaville yksittäisen tason logiikoille. Yksittäiset logiikat ja liikeohjaimet sijaisevat toisiksi alimmalla tasolla, sisältäen koneiden ja laitteiden yksittäiset ohjausjärjestelmät. Alimmalla tasolla ovat kaikki toimilaitteet ja anturit, jotka on liitetty ohjausjärjestelmiin esimerkiksi suoraan IO:lla tai kenttäväylällä. Usein kolmio luetaan ja numeroidaan kuitenkin alhaalta ylöspäin.

Avoimessa ohjausjärjestelmässä toimilaitteiden ohjauksessa niiden todellisesta tilasta ei ole tietoa. Tämä tarkoittaa, ettei järjestelmä käskyn annettuaan valvo toimilaitteen suoritusta. Suljetussa ohjausjärjestelmässä ohjausjärjestelmä seuraa takaisinkytkennän avulla esimerkiksi antureiden antamien tietojen perusteella onko kyseinen komento suoritettu käskyn mukaisesti ja tarvittaessa korjaa komentoa.

Ohjausjärjestelmä on mahdollista rakentaa myös relelogiikalla, mutta suuremmissa järjestelmissä sitä ei enää käytetä sen tilavaatimusten ja taloudellisuuden vuoksi (kts. 6.2.4). Nykyään on parempi toteuttaa ohjaus PLC:tä eli ohjelmoitavaa logiikkaa hyväksikäyttäen. Nykyinen PLC korvaa jopa tuhat aiemmin käytettyä relettä ja ajastinta. Se on pieni mikroprosessorilla varustettu tietokone, jota käytetään esim. reaaliaikaisten prosessien ohjaukseen. Alkujaan PLC otettiin käyttöön nimenomaan ajoneuvoteollisuuden tarpeisiin helppojen toiminnallisten muutosten ja ohjelmapäivitysten vuoksi. Lisäksi ohjelmoitavien logiikoiden vikadiagnostiikkaominaisuudet ovat selkeä etu vanhoihin releohjauksiin verraten.



Kuva 5. Mitsubishi MELSEC iQ-F-sarjan PLC-logiikkaohjain

PLC:n rakenne koostuu anturisignaalit vastaanottavasta tulomodulistista (Input), toimilaitteita ohjaavasta lähtömodulistista (Output), sekä näiden välillä vaikuttavista ohjelmamuistista ja mikroprosessorista. (Keinänen;Kärkkäinen;Lähetkangas;& Sumujärvi, Automaatiojärjestelmien logiikat ja ohjaustekniikat, 2007, ss. 209-214) . Kuvan 5 Mitsubishin logiikkaohjain sisältää CPU-moduulin, IO-moduulin, analogisen ohjausmoduulin, viestintämoduulin, laskentamoduulin, sekä muita optiomahdollisuuksia. Nykyisellään logiikat ovatkin modulaarisia tehokkaita, jokseenkin räätälöitävissä olevia laitteita teollisuuden eri tarpeisiin. Tunnettuihin PLC-tekniikoiden valmistajiin maailmanlaajuisesti kuuluu mm. Siemens, Rockwell, Schneider, Mitsubishi, sekä Omron. Useat valmistajat tarjoavat ohjelmoinnin työkaluna omaa ohjelmistoaan.

### 3.1 NorSmart

Norsmart3 on Exertuksen Normetille kehittämä ohjausjärjestelmä, joka on rakennettu sen työkoneiden vaativien ja monipuolisten käyttäjien mahdollistamiseen, sekä uusimpien tekniikoiden hyödyntämiseen näissä tarkoituksissa. Sen lienee tarkoitus tulevaisuudessa korvata vanha NorSmart2 järjestelmä. NorSmart3:lla saavutetaan kehittyneempi ohjaus ja sen uusi väyläarkkitehtuuri mahdollistaa suuremman laajennettavuuden. Sen on tarkoitus mahdollistaa rakenteeltaan uusimman moottorinohjausyksikkö ECU:n käyttö, sekä mahdollisesti vähentää io-moduulien määrää. Lisäksi se tuo parannusta valvontaan ja diagnostiikan keruuseen. Ohjausjärjestelmän päivitys mahdollistaa myös uuden nykyaikaisen käyttöliittymän kehittämisen kosketusnäyttöineen, sekä kehittynein valikkoineen. Samalla vastataan datan jatkuvaan kasvuun, sekä modernisoidaan käyttöhallintaa. Käyttöön saadaan paljon uutta elektroniikkaa ja toimintoja mm. suurempien ja kehittynein prosessorein sisältävien kosketusnäyttöjen kannalta. Esimerkiksi Spraymecissä ohjausjärjestelmä muodostaa ohjauksen lisäksi lokit kaikesta ruiskutusjärjestelmän, sekä muiden prosessien tiedoista ruiskutuksesta pumppausnopeuteen, sekä moottorin ja kompressorin käytöstä. Lisäksi järjestelmä tarjoaa täyden vikadiagnostiikan. Kerätty data voidaan siirtää valvontaan käyttäen USB-porttia tai ulkoisen serverin kautta WLAN ja GPRS yhteyksin. (Tunnelbuilder, -).

NorSmart sisältää kolme Can-väylää, joiden käyttö on jaoteltu alla lueteltujen prosessien periaatteiden mukaisesti. Esimerkkinä prosessista on käytetty Spraymec betoniruiskutinta. Can1 keskittyy ajoon ja Can2 prosesseihin. Kolmas väylä toiminee varaväylänä.

Can1 (alusta & ajo):

- diesel moottori
- hydrostaattinen ja hydrodynaaminen voimansiirto
- RDS (Radio Data System)
- Max speed & rpm limitation
- PDS (Personal Detection System)
- CAS (Collision avoidance System)
- Driver identification
- IoT Drive data
- rengaspaine kontrolli
- EMS
- käyttöjarru ja turvajarru
- ajovalot, vilkut & työvalot
- hälytykset
- öljynpaine ja säiliö
- renkaiden täyttö kompressori
- majakoiden ohjaus...

Can2 (Spraymec prosessit):

- Betonipumppu
- Kiihdyttimen pumppu
- ruiskutuksen kompressori
- ruiskutusraportit
- seinän pesu
- korkeapainepesuri
- betonipumpun automaattipesu...

(Normet Oy)

### 3.2 CAN-väylä

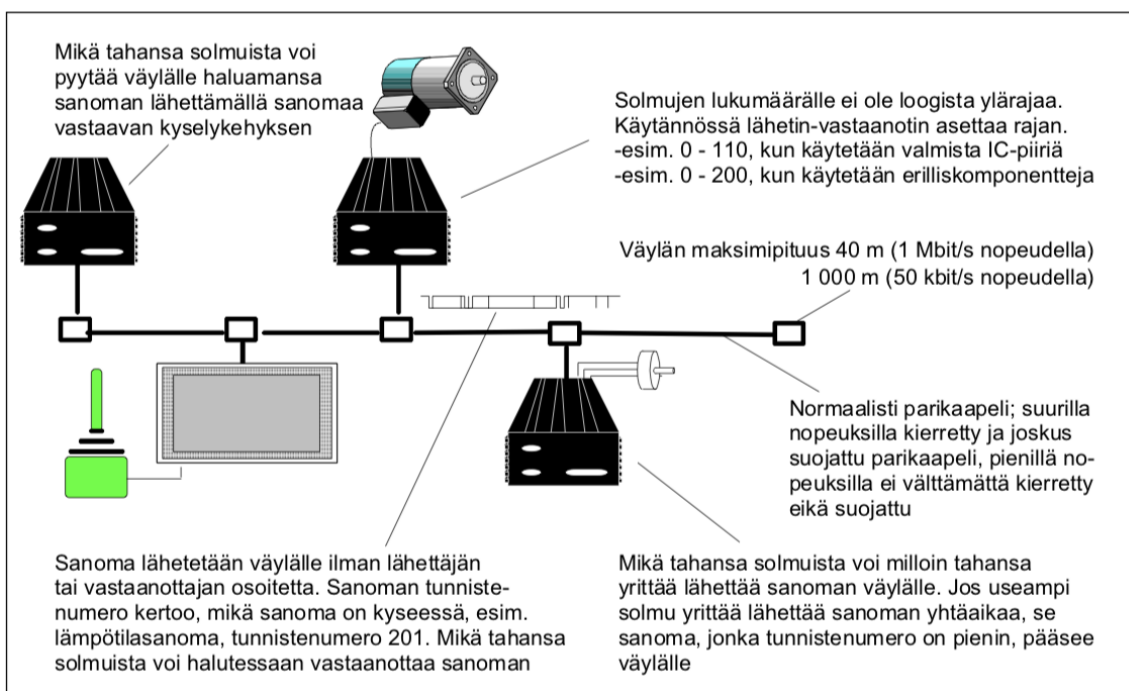
CAN-väylä suunniteltiin alun perin ajoneuvojen hajautettujen ohjausjärjestelmien reaaliaikaiseen tiedonsiirtoon. CAN on siis luonteeltaan viestipohjaisena protokollana "ajoneuvoväylä", jota nykypäivänä sovelletaan henkilöautojen lisäksi mm. busseissa, lääketieteen laitteissa, työkoneissa, maatalouskoneissa, hisseissä, sekä roboteissa. Käyttö on yleistynyt laitteisiin, joissa vaaditaan korkeaa turvallisuutta ja luotettavuutta. Se on periaatteessa yhteensopiva kaikkien laitteiden kanssa, jotka omaavat lyhyet tiedonsiirtoetäisyydet ja lyhytsanomaiset reaaliaikaiset prosessien väliset kommunikoinnit.

CAN ei periaatteeltaan ole kenttäväylä, vaan paremminkin laitteen tai koneen sisäinen prosessoriverkko, jonka tehtävänä on tehdä eri solmujen tilamuuttujat toisilleen näkyväksi, mahdollistaen järjestelmän rinnakkaisen ohjauksen. CAN-väylää käytetään kuitenkin usein kenttäväylän tapaan. Varsinkin kappaletavara-automaatiassa CAN-väylän käyttö on vuosien saatossa lisääntynyt anturi- ja toimilaitteväylänä. Lisääntyvä elektroniikka on kasvattanut johdotuksen kokonaismäärää aiheuttaen kustannus-, paino-, tila- ja asennusongelmia.

Can-moduulit viestivät niihin liitettyjen toimilaitteiden ja kytkimien välillä. Esimerkki kuvitellun ajoneuvon ikkunan ohjauksesta: Kun kuljettaja käyttää ikkunan ohjauksen kytkintä, viestii kuljettajan puoleisen oven Can-moduuli tämän muuttuneen sanoman Can-väylää pitkin toiselle moduulille, joka antaa moottorille käskyn nostaa ikkunaa. Väylän sanoman muutos välittää siis käskyn kytkinmoduulilta moottorin ohjausmoduulille. (VTT).

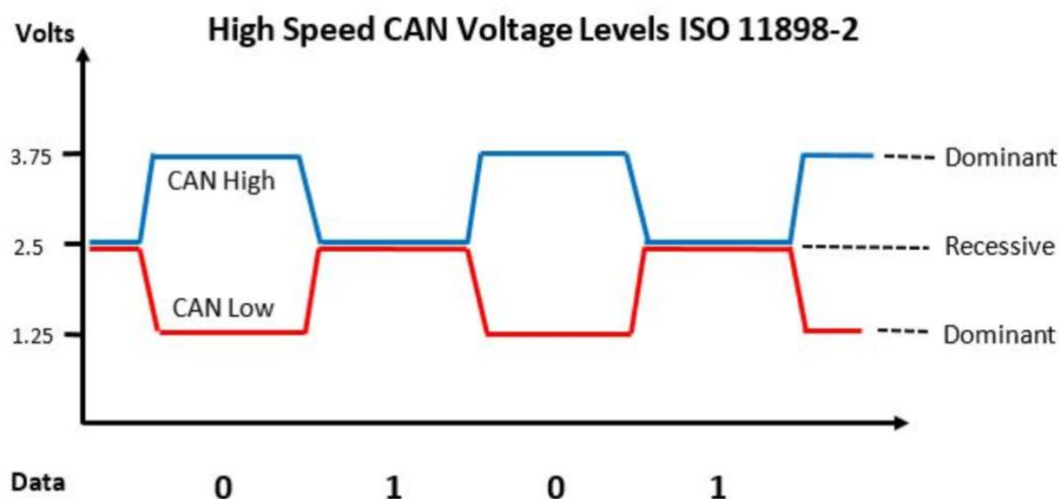
Yksi merkittävä CAN-väylän tekijä onkin johdotuksen tarpeen väheneminen, joka tuo suoria säästöjä tilantarpeeseen ja kustannuksiin. Fyysiseltä kerrokseltaan väylän topologia on bus-tyyppinen, joka koostuu siis kahdesta kaapelista, jotka on nimetty CAN\_H ja CAN\_L. Yleisesti käytetty kaapeli on kierrettyä parikaapelia, joissa molempiin päihin on asetettu  $120\Omega$  päätevastukset vähentämään heijastuksia. CAN-väylään liitettäviä toimilaitteita kutsutaan solmuiksi, joilla kaikilla on tasapuolinen oikeus lähettää viestinsä väylälle kaikkien tarkasteltavaksi. Viestin tunnusteen perusteella solmu päättää, kuuluuko kyseinen viesti sille vai ei. Tämä tekijä luo CAN-tekniikasta modulaarisen kokonaisuuden, johon voidaan jälkikäteen tehdä helposti muutoksia solmujen suhteen. (Copperhilltech, 2019).





Kuva 6. CAN-väylän perusominaisuudet (Alanen, 2000).

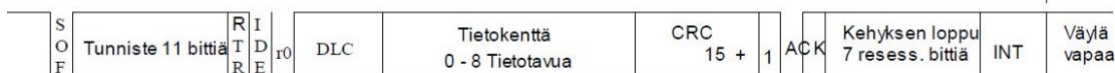
Viestien maksimipituus on 8 tavua (64 bittiä). Väylällä kulkevat bitit voivat olla resessiivisiä (1) tai dominanteja (0). Kaapeleiden CAN\_H ja CAN\_L välillä oleva jännite-ero määrää, kumpi looginen tila on. Dominantissa tilassa nolla kumoaa ykkösbitin, jolloin CAN\_H jännite on 3,5V ja CAN\_L 1,5V, kaapelin jännite-eron ollessa 2V. Resessiivisessä tilassa molemmat johtimet omaavat 2,5V jännitteen, jolloin jännitteen ero on 0V. Kun väylän liikennettä tarkastellaan oskilloskoopilla, se näyttäytyy jokseenkin kanttiaaltoisena. (Alanen, 2000). Väylän kautta diagnostiikka on helpompaa, koska kaikki anturitiedot ovat luettavissa. Lisäksi uusien laitteiden lisääminen sähköjärjestelmään on helpompaa Can-väyliä käytettäessä.



Kuva 7. Loogisten tilojen jännitetasot. (Bradbury).

## STANDARDI FORMAATTI

Pit. 47 - 111 bittiä + stuff-bitit



Kuva 8. Standard CAN 2.0A tietokehys (VTT).

Standardi CAN2.0A 11 bittisen tunnisteiden tietokehys koostuu kuvan 8. mukaan seuraavista osioista:

- SOF = kehyksen alku
- 11 bittinen tunniste
- RTR = bitti, joka ilmaisee onko kyseessä tietokehys (dominantti) vai kyselykehys (resessiivi)
- IDE = bitti, joka ilmaisee onko kyseessä standardimuotoinen (dominantti) vai laajennettu (resessiivi) kehys.
- r0 / r1 = varattu / käytössä
- DLC = 4 bittiä, jotka kertovat tietokentän pituuden
- 0-8 tietotavun tietokenttä
- CRC = tarkistussumma, 15 bittiä. Päätetään yhdellä resessiivisellä bitillä.
- ACK = kuittauskenttä
- Kehyksen loppu
- INT = kehyksien välinen odotusaika, 3 resessiivistä bittiä
- Väylä vapaa

Kehyksestä määräytyy tunnisteiden perusteella joko; sanomakehys, kyselykehys, virhekehys, tai ylikuormituskehys. Kyselykehykselle voidaan haluttua sanomaa pyytää lähetettäväksi. Virhekehys sen sijaan syöttää 6 dominanttia bittiä ja 8 resessiivista bittiä, aiheuttaen sanoman uudelleenlähetyksen. Virhetilassa oleva solmu lähettää vain resessiivisiä bittejä. Ylikuormituskehys on nykyään harvinaista, sillä se syötetään vastaanottavan solmun tarvittaessa lisäaika kehyksen käsittelyyn. Kehyksien kanssa on olemassa bit.stuffing sääntö, joka tarkoittaa viiden saman bitin jälkeen lisättävää vastakkaista bittiä.

ISO OSI, eli tiedonsiirtoprotokollien yhteysmalli, sisältää 7 eri kerrosta, jotka on jaoteltu ylempiin ja alempiin kerroksiin. Ylemmiksi kerroksiksi lasketaan kerrokset 5-7 ja alemmiksi kerrokset 1-4.

OSI-mallin kerrosjako:

7. Sovelluskerros
6. Esitystapakerros
5. Yhteysjaksokerros
4. Kuljetuskerros
3. Verkkokerros
2. Siirtoyhteyskerros
1. Fyysinen kerros

Yhdyskäytäviä (Gateway) käytetään Can-verkossa erilaisten väylien yhteenliittämiseen. Eri väylät voivat erota protokollaltaan, siirtonopeuksiltaan tai valmistajaltaan. Yhdyskäytävät suodattavat ja pakkaavat sanomat protokollapinojen välillä, joista tieto liikkuu väyläliitännöille. Silta (Bridge) yhdistää kaksi samanlaista väylää toisiinsa. Se operoi siirtoyhteyksillä (kerros 2.), eikä tunne ylempien kerrosten protokollia. Lisäksi verkot sisältävät toistimia (repeater), jotka operoivat fyysisellä kerroksella (1.) vahvistaen väylän signaaleja.

SAE:n mukaan ajoneuvoväylät voidaan jakaa viiteen luokkaan:

- A-luokka on hidas ja halpa väylä, lähinnä kytkintietojen välittämiseen.
- B-luokka on keskinkertaisella nopeudella mittausta ja diagnostiikkatietoja siirtävä väylä.
- C-luokka on nopean reaaliaikaisen tiedonsiirron väylä.
- Turvallisuuskriittiset reaali järjestelmät
- Viihdelaiteet

(VTT)

CAN-väylälle on määritelty sovellusaluekohtaisia standardeja, jotta eri valmistajien laitteet toimisivat yhteen. SAE (Society of Automotive Engineers) on autoalan standardisointijärjestö, joka on kehittänyt raskaiden laitteiden standardin J1939. Standardi ottaa kantaa pääasiassa ohjainlaitteiden väliseen tiedonsiirtoon, luoden edellytykset yhteensopivuuksien luomiseksi eri valmistajien välillä. (Copperhilltech, 2019). Lisäksi ISO (International Organization for Standardization) on standardoinut CAN-väylän kahdella perusstandardilla, joista ISO/DIS 11519-2, on matalien siirtonopeuksien standardi (ISO Low Speed) ja ISO 11898, on korkeiden siirtonopeuksien standardi (ISO High Speed). Motiivina Low Speed -standardiin on ollut mahdollisuus toteuttaa kustannuksiltaan alhaisempia kaapelointiratkaisuja, lähinnä henkilöautoissa. High Speed -standardia käytetään kuitenkin laajemmin, myös alhaisilla siirtonopeuksilla. (Alanen, 2000).

Yleisesti Can-väylistä puhuttaessa voidaan todeta niiden etuina valmistajien määrän, helpon ja kevyen toteutuksen, standardoidun tekniikan, komponenttitarjonnan, sekä niiden nopeuden. Ongelmia Can käytössä on, että sen väylän pituutta rajoittaa siirtonopeus, parametrien optimointi voi olla hankalaa, protokollien määrä, eikä se ole deterministinen. (VTT).

## 4 NC-TUNNUSLISTA

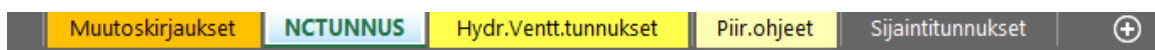
### 4.1 Sisältö, ulkoasu ja jaottelu

Normetin Nc-tunnuslista on sijaintitunnuslista sähkökomponenteille. Se toimii automaatio suunnittelun tukena yhdistäen sähkökomponenttien ja hydraulikkapuolen listauksen. NC-tunnuslista on ollut jo aiemmin käytössä, mutta ohjausjärjestelmän muuttuessa vanhasta NorSmart2:sta uuteen 3.versioon, ilmeni tarve päivittää listauksen komponenttien NorSmart-viitteet uusiin signaalitunnuksiin. Samalla lista tarvitsi yleistä päivitystä, järjestelyä ja kehitystyötä.

A	B	C	D	E	F	G	H
<b>SÄHKÖSYMBOLIEN TUNNUKSET</b>							
ID	Kohde/Laite (FI)			Nimitys (FI)	Device (EN)	Name (EN)	(NorSmart3 muuttujanimi/name)
<i>Esimerkki listauksesta</i>							
Y1				MG-Venttiili	Sisältö piilotettu	MG-Valve	Sisältö piilotettu Can1_KohdeVaikutusOhjaus_DO
Y2				MG-Venttiili	Sisältö piilotettu	MG-Valve	Sisältö piilotettu Can1_KohdeVaikutusOhjaus_DO
Y3				MG-Venttiili	Sisältö piilotettu	MG-Valve	Sisältö piilotettu Can1_KohdeVaikutusOhjaus_DO
Y4				MG-Venttiili	Sisältö piilotettu	MG-Valve	Sisältö piilotettu Can1_KohdeVaikutusOhjaus_DO
Y5				MG-Venttiili	Sisältö piilotettu	MG-Valve	Sisältö piilotettu Can1_KohdeVaikutusOhjaus_DO
Y6				MG-Venttiili	Sisältö piilotettu	MG-Valve	Sisältö piilotettu Can1_KohdeVaikutusOhjaus_DO
Y7				MG-Venttiili	Sisältö piilotettu	MG-Valve	Sisältö piilotettu Can1_KohdeVaikutusOhjaus_DO
Y8				MG-Venttiili	Sisältö piilotettu	MG-Valve	Sisältö piilotettu Can1_KohdeVaikutusOhjaus_DO
Y9				MG-Venttiili	Sisältö piilotettu	MG-Valve	Sisältö piilotettu Can1_KohdeVaikutusOhjaus_DO
Y10				MG-Venttiili	Sisältö piilotettu	MG-Valve	Sisältö piilotettu Can1_KohdeVaikutusOhjaus_DO
Y11				MG-Venttiili	Sisältö piilotettu	MG-Valve	Sisältö piilotettu Can1_KohdeVaikutusOhjaus_DO
Y12				MG-Venttiili	Sisältö piilotettu	MG-Valve	Sisältö piilotettu Can1_KohdeVaikutusOhjaus_DO
Y13				MG-Venttiili	Sisältö piilotettu	MG-Valve	Sisältö piilotettu Can1_KohdeVaikutusOhjaus_DO
Y14				MG-Venttiili	Sisältö piilotettu	MG-Valve	Sisältö piilotettu Can1_KohdeVaikutusOhjaus_DO
Y15				MG-Venttiili	Sisältö piilotettu	MG-Valve	Sisältö piilotettu Can1_KohdeVaikutusOhjaus_DO
Y16				MG-Venttiili	Sisältö piilotettu	MG-Valve	Sisältö piilotettu Can1_KohdeVaikutusOhjaus_DO
Y17				MG-Venttiili	Sisältö piilotettu	MG-Valve	Sisältö piilotettu Can1_KohdeVaikutusOhjaus_DO
Y18				MG-Venttiili	Sisältö piilotettu	MG-Valve	Sisältö piilotettu Can1_KohdeVaikutusOhjaus_DO
Y19				MG-Venttiili	Sisältö piilotettu	MG-Valve	Sisältö piilotettu Can1_KohdeVaikutusOhjaus_DO
Y20				MG-Venttiili	Sisältö piilotettu	MG-Valve	Sisältö piilotettu Can1_KohdeVaikutusOhjaus_DO

Kuva 9. Havainnollistava esimerkki NC-tunnuslistan taulukoinnista.

Tiedosto on luotu excelillä. Tunnuslistan sisältävän tiedoston välilehtiin kuuluu muutoskirjausten listaaminen, sähkökomponenttien NC-tunnuslista, hydraulikkapuolen venttiilitunnuslista, sekä ohjeistusta antavat välilehdet.



Kuva 10. Tiedoston välilehdet.

Valmista listasta ei tule. Uusia komponentteja ja muutoksia tulee tuotannon edetessä ja ajoneuvojen kehittyessä, joten listaukseen on järkevä toteuttaa "muutoskirjaukset" välilehti. Tämä listaa toteutuneet komponenttilisäykset ja poistot, sekä tekijän nimen ja päivämäärän. Näin pysytään selvillä listan muutoksista, sekä niiden taustoitus ja selvittely helpottuu.

Sähkökomponenttien tunnusten osio välisivulla "NCTUNNUS" on jaoteltu käytännössä kuuteen sarakkeeseen. Kohteen ID-koodi on yksilöity komponentille laitteen perusteella. Esimerkkinä vaikka suuttimen käynnön mg-

venttiilin ID-koodi; Y35. "Kohde" sarake kertoo mahdollisen tiedon komponenttia käyttävästä laitteesta. Nimitys ilmoitetaan suomeksi ja englanniksi ("Name"), kuten tehdään myös "laitteen" kohdalla (eng. "Device"). Viimeisessä sarakkeessa "NorSmart" ilmoitetaan komponentin signaalin muuttujanimi. Signaalitunnuksen muodostamista käsitellään kohdassa 4.3. Yläsarake on toteutettu pysymään aina päällimmäisenä listan rivimäärän ja selkeyden vuoksi helpottamaan luenta.

NORMET SÄHKÖSYMBOLIEN TUNNUKSET				
ID	Kohd.Laite (FI)	Nimitys (FI)	Device (EN)	Name (EN) (NorSmart3 muuttujanimi/name)

Kuva 11. Sähkökomponenttien sarakejaottelu.

Hydrauliikan venttiilitunnukset -välilehden periaate on käytännössä sama kuin sähkökomponenteilla. Se listaa venttiilien tunnuksen, nimen, kuvauksen, sekä sähköpuolen kaavioihin liittyvän Y-tunnuksen. Venttiilit on siis sähköpuolella ilmoitettu koodilla Y-nro.

NORMET OY		PÄIVITETTY: 26.2.2019		
HYDR.VENTTIILIEN TUNNUKSET				
TUNNUS	NIMI SUOMI	NIMI ENGLANTI	KUVAUS	Y-TUNNUS

Kuva 12. Hydrauliikan sarakejaottelu.

Piirrosohjeet ja sijaintitunnukset -välilehdet esittelevät niiden luonti- ja sijaintiperiaatteita. Sijaintitunnuksissa esitetään esimerkiksi hytissä sijaitseva sähkökeskus ilmoitettavaksi koodille "TB7" ja moottoripään pääkeskus koodilla "TB1". Täten piirikaavioiden luokittelu ja luenta pohjautuu sijainnin tunnuksiin.

## 4.2 Sähkökomponenttien teoriaa

Vakioitujen ID-koodien perusteella komponenttien tunnistus ja sijaintitiedot esim. piirrustuksissa ovat helposti identifioitavissa. Komponenteille on vakioidut koodit, jotka koostuvat kirjainosasta ja numerokoodista. Sähkökomponenttien sijaintitunnuslista sisältää yli 1500 rivitiedostoa komponenttiryhmittäin jaoteltuna, joista tässä työssä perehdytään venttiileihin, antureihin, sekä releisiin. Lisäksi listaus sisältää muuntajia, kytkimiä, merkkivaloja, moottoreita, suojia, riviliittimiä, pistokkeita, diodeita, inverttereitä, sekä ohjausyksikön ja radiojärjestelmän komponentteja. Komponenttien ID-koodien tunnusten kirjainosa määräytyy alla olevan listan mukaisesti. "X" osa kirjainosan perässä kuvaa numeroa, joka jokaiselle komponentille on yksilöity.

- Ryhmään AX kuuluvat komponentit: ohjauslogiikka, radiojärjestelmä, invertterit, sekä muut yksiköt
- Ryhmä BX: Anturikomponentit
- Ryhmä CX: Kondensaattorit
- Ryhmä EX: Valot ja vilkut
- Ryhmä FX: Sulakkeet
- Ryhmä GX: Akkupaketti ja laturit
- Ryhmä HX: Merkkivalot
- Ryhmä KX: Releet
- Ryhmä MX: Moottorit
- Ryhmä PX: Mittarit
- Ryhmä RX: Vastukset
- Ryhmä SX: Katkaisijat ja kytkimet
- Ryhmä SHX: Katkaisija/merkkivalo yhdistelmät
- Ryhmä TX: Muuntimet
- Ryhmä VX: Diodit
- Ryhmä XX: Riviliittimet ja pistokkeet
- Ryhmä YX: MG-Venttiilit

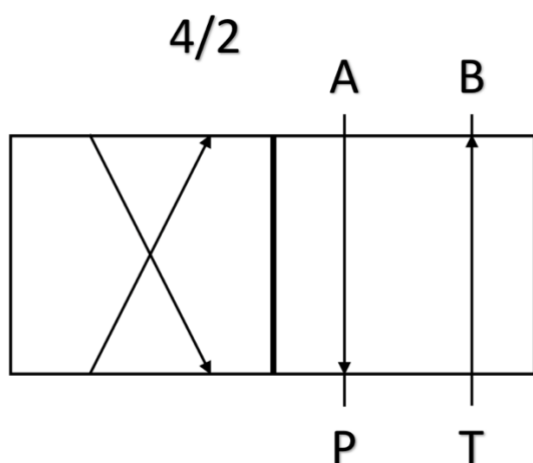
#### 4.2.1 MG-venttiilit

Yleisesti toimivaan paineilmajärjestelmään kuuluu yleensä kompressori, jälkikäsittelylaitteet, säiliö, verkosto, venttiilit sekä toimilaitteet, kuten sylinterit. Venttiilikomponentit ohjaavat ja säätelevät pneumaattisia toimintoja päästämällä virtauksia lävitseen. Painetta säättämällä vaikutetaan saataviin voimiin ja momentteihin. Tilavuusvirran säädöllä voidaan vaikuttaa liikenopeuksiin ja liikesuuntiin. Venttiitit voidaan jakaa niiden hydraulisen toiminnan perusteella esimerkiksi seuraavasti:

1. Suuntaventtiilit
2. Paineilmaventtiilit
3. Vastaventtiilit
4. Virtaventtiilit

Venttiileillä on oma nimitysjärjestelmä, joka koostuu kahdesta numerosta ja ne jakavasta jakoviivasta. Esimerkiksi 2/2, 4/3, 5/2-venttiilinimitysten ensimmäinen numero kertoo liityntöjen määrän ja toinen kytkentäasentojen määrän. Alla on kuva 4/2 toimisen venttiilin piirroksesta, jossa nuolella ilmaistaan venttiilin tavallinen virtaussuunta ja kirjaimilla toimiasennot. Nuolet on tässä tapauksessa piirretty ristikkoppiin. Kirjaimet A ja B ovat toimilaiteliitäntöjä, P on paineliitäntä ja T tarkoittaa säiliöliitäntää. Kuvan 13 venttiilillä on siis neljä liityntää ja kaksi toimiasentoa. Kyseisellä venttiilillä pystyttäisiin ohjaamaan kaksitoimista sylinteriä ääriasennosta toiseen ja vaihtamaan esimerkiksi kaksitoimisen hydraulimoottorin pyörimissuuntaa.

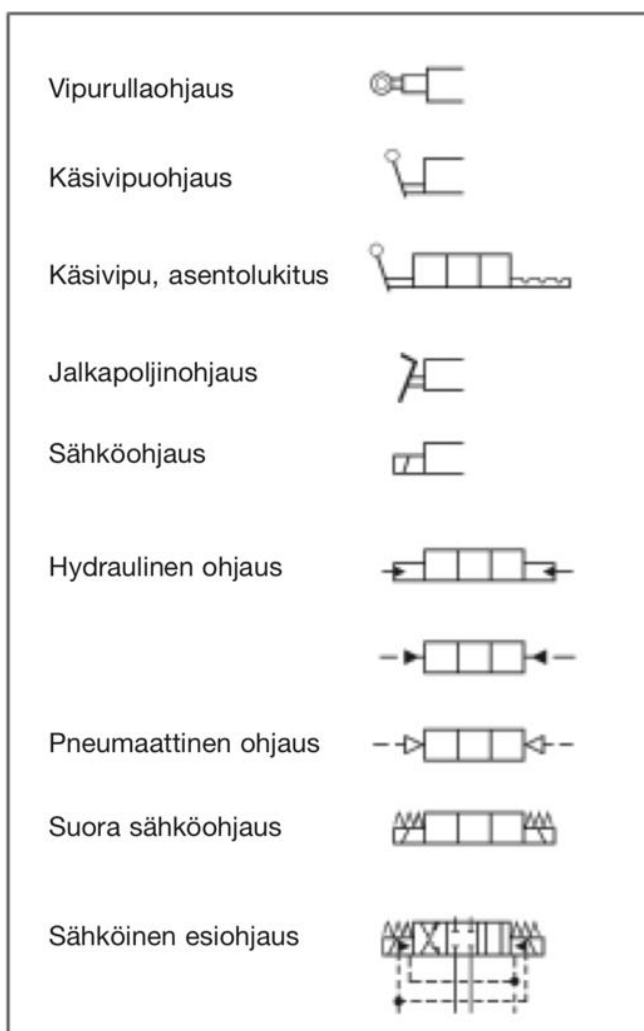
Työkonehydrauliikassa yleisimmin käytetty suuntaventtiili on 4/3-suuntaventtiili. ON/OFF-venttiileitä voidaan käyttää vain tilavuusvirran suunnan ohjaamiseen, sillä niissä ei ole mahdollista säätää tilavuusvirran suuruutta, vaan valittavissa on vain tietyt kytkentä-asennot. Tällaisia venttiileitä käytetään paljon esimerkiksi työkoneiden tukijalkojen ohjaukseen. (FLUID Finland, 2003).



Kuva 13. 4/2 suuntaventtiilin piirrosmerkki.



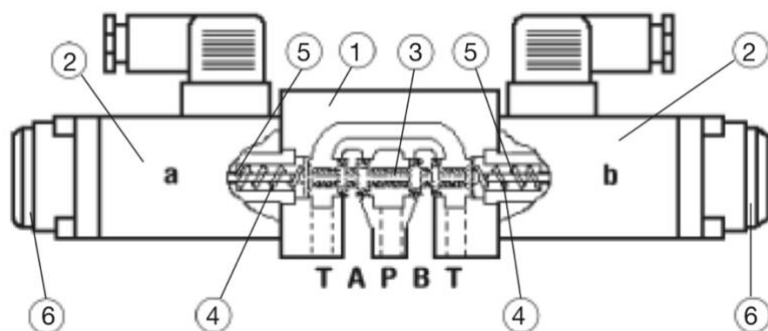
Kuva 14. Sähköohjattu 4/2 suuntaventtiili. (Pippo Hydraulic)



Kuva 15. Suuntaventtiilin ohjausmerkinnät. (FLUID Finland, 2003)



Suuntaventtiilejä voidaan ohjata manuaalisesti, mekaanisesti, hydraulisesti, pneumaattisesti tai sähköisesti. Yllä kuvassa 15. on esitetty eri ohjaustavat ja niiden piirrosmerkinnät. Mg-venttiili eli magneettiventtiili on sähköisesti luodun magneettikentän avulla ohjattava venttiili. Yleisessä kielessä sähköventtiilejä nimitetäänkin joko magneettiventtiiliksi tai solenoidiventtiiliksi. Sähköhydraulisten ohjausten etuina ovat kevyt ohjattavuus, venttiilin helppo sijoittaminen ja pienempi putkitustarve. Tavanomaisesti ohjaustapoja voi olla suora sähköohjaus tai esiohjattu versio, joita molempia esiintyy ns. servo- ja proportionaalitekniikassa.



1. Venttiilin runko
2. Solenoidi (magneetti)
3. Luisti
4. Keskitysjouset
5. Työntöpinna
6. Käsinohjaus

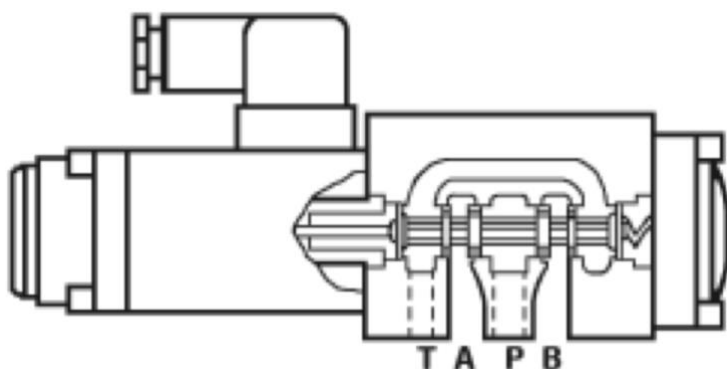
Kuva 16. Venttiilin rakenne (FLUID Finland, 2003).

Venttiilin toiminta: Kelan a saadessa ohjausvirtaa työntää työntöpinna 5 luistia 3 oikealle keskitysjousta 4 vasten. Tällöin avautuu virtaus P-aukosta B-aukkoon, ja vastaavasti paluuvirtaus A-aukosta T-aukon kautta takaisin säiliöön. Kun ohjausvirta poistetaan keskittävät jouset 4 luistin keskiasentoonsa. Ohjausvirran muodostuessa b-kelalle saadaan peilikuva edellä kerrotusta toiminnasta. Magneetin ohjatessa luistia suoraan, puhutaan suoraohjauksesta. (FLUID Finland, 2003).

Mikäli suoraohjattujen venttiilien minuuttituotto ylitetään, alkaa virtauksesta johtuvien häiriöiden vaikutus magneettikenttään olla niin suuri, että on järjevä siirtyä esiohjaukseen. Pääperiaatteeltaan esiohjaus tarkoittaa hydraulisesti ohjatun suuntaventtiilin ohjaamista suoraohjatulla magneettiventtiilillä ts. pilottiventtiilillä. Sähköohjatuissa suuntaventtiileissä luistien ohjaamiseen käytettäviä magneetteja voidaan kutsua myös keloiksi. Ne ovat solenoideja, joita on saatavissa kaikille standardijännitteille. Teollisuuden yleisimmät mallit ovat 220 VAC kelat ja 24VDC kelat. Vaihtovirtakelan toiminnan kannalta tärkeää on kelan sisällä olevan magneettiankkurin liikkumavara virran kytkeytyessä kelalle. Kun kelalle muodostuu jännite, magneettiankkuri liikkuu kelan sisään muodostaen sähkövirtaa kasvattavan vetovirran. Virran putoaminen noin 6 kertaa vetovirtaa pienempään pitovirtaan tapahtuu magneettiankkurin saavuttaessa liikkeensä lopun. Esimerkiksi 220 voltin 50 herzin vaihtovirtakelat ovat hyvin ikääntyviä ja niiden magneetin voimakkuus on suuri, mutta magneettiankkurin jumittuessa kesken liikkeensä, tulee vetovirta kuitenkin kasvamaan, kunnes kela vaurioituu. Tasavirtakeloilla toiminnan vikaantumista ei edellä kuvattujen vaihtovirtakelojen tapaan ilmene. Magneettiankkurin jumittuessa virta kasvaa vain tiettyyn rajaan saakka. Mikäli virta kuitenkin katkeaa magneetilta, voi tuloksena olla monikymmenkertainen jännitepiikki vastakkaiseen suuntaan. Ilman sopivaa diodisuojausta olisivat kelan tuhoutumisen sijaan vaarassa muut sähkölaitteet. (FLUID Finland, 2003).

Sähköinen ohjaus osa voidaan toteuttaa muutamalla eri tavalla. Analogiatekniikalla toteutetut järjestelmät ovat poistumassa. Niiden tilalle on tullut digitaali- ja tietotekniikkaa soveltavia järjestelmiä. Kenttäväylien osuus tiedonsiirrossa kasvaa myös voimakkaasti, koska sen avulla johdotustarve vähenee huomattavasti. Radio-ohjauksen käyttö on järkevää, kun etäisyys venttiin ja käyttäjän välillä on pitkä ja käyttäjän liikkuvuus halutaan sallia.

Tyypillisessä analogisessa ohjauksessa ohjausvivulla aikaansaadaan säätövastuksen avulla ohjausjännite, joka vietään vahvistin/säätöyksikölle. Siellä ohjausjännite vahvistetaan ohjausvirraksi, joka vietään esiohjausventtiin kelalle. Venttiili saa aikaan ohjausvirtaan verrannollisen ohjauspaineen. Täysin digitaalisissa ohjauksissa tiedonsiirto tapahtuu kenttäväylän välityksellä ja kaikki komponentit anturit mukaan lukien voidaan kytkeä väylään. Käytännössä esiintyy kuitenkin runsaasti osittain kenttäväylää käyttäviä järjestelmiä. Niiden yhteydessä käytetään lisämoduuleja, jotka muuttavat analogisen viestin digitaaliseksi. Usein ainakin erilaiset analogiset anturit liitetään järjestelmään tällaisten muuntimien välityksellä. Myös suuntaventtiili voi olla perinteistä tekniikkaa ja liitetään analogisesti vahvistimeen (Paavilainen, 2008).



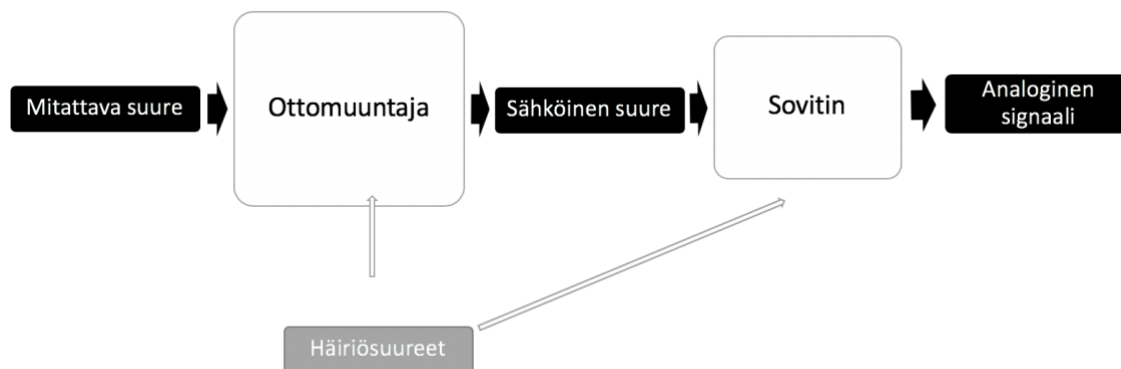
Kuva 17. Suoraohjatun 4/2 sähköventtiilin rakenne (FLUID Finland, 2003).

#### 4.2.2 Anturit

Anturit toimivat eräänlaisina aisteina, jotka toimittavat ja havaitsevat tietoa prosessin eri toiminnoista ja tiloista. Esimerkiksi jonkinlaisessa linjastoautomaatikassa anturi voisi mitata linjastolla kulkevien kappaleiden määrää. Kun kappale ilmestyisi anturin havaintoalueelle hetkellisesti estäen anturin lähettämän valoviestin takaisinheijastumisen, aiheuttaisi se anturin tilan muutoksen ja tästä seuraavan viestin prosessilogiikalle. Tällaista anturia kutsutaan kaksitila-anturiksi, sillä se välittää on/off kytkintietoa. Anturi on siis laite, joka mittaa ja muuntaa mitattavan prosessisuureen arvon siihen verrannolliseksi viestiksi. Prosessien mitattavia tilasuureita voivat olla esim. lämpötila, paikka, paine, voima, pituus, kiertokulma, materiaali, ja nestepinnan korkeus. Koneautomaation tavanomaisessa anturikäsitteen tulkinnassa muunnetaan instrumentoinnissa käytettävän analogia-anturin suure standardiviestiksi lähettimessä. Useimmiten anturi ja lähetin on jopa rakennettu kiinteästi yhteen.

Antureita on paljon eri tyyppisiä ja eri tarkoituksiin sidottuja. Teknisiltä ominaisuuksiltaan anturilta odotetaan luotettavaa mittaamista, sisältäen mm. tarkkuuden ja herkkyyden, hyvää reaktionopeutta, sekä ohjauskykyä. Tavalliset anturit ovatkin alttiita häiriöille ja esimerkiksi lämpötilan vaihtelu saattaa aiheuttaa aisteihin epälinearisuutta.

Anturi-tyypeistä mainittakoon mm. optinen lähestymiskytkin, mekaaninen rajakytkin, induktiivinen lähestymiskytkin, kapasitiivinen anturi, Hall-anturi, sekä ultraäänikytkin. Näiden erilaisten antureiden käyttöön ja valintaan voivat vaikuttaa mm. kytkennän etäisyydet, kohteiden materiaalit ja muodot, mahdollisuudet magneettikiinnityksiin, tai vaikka aineen nestemäinen olomuoto.



Kuva 18. Analogisen anturin toiminta.

Kuva 18 esittelee perinteisen analogisen anturin toimintaa. Mitattava suure saapuu ottomuuntajalle, joka toimittaa siitä sähköisen version sovittimelle, jossa analoginen signaali syntyy. Häiriösuureet vaikuttavat huonossa toimintaympäristössä koko anturin toimintaan. Älykäs anturi, joka parantaa signaalin laatua esimerkiksi vahvistamalla tai suodattamalla sitä aktiivikomponenteilla, sisältävät itsediagnostiikan ja niihin voidaan ajaa digitaalista tietoa. Älykkään anturin käyttö mahdollistaa mittausvirheiden esiintymisen karsimisen, niiden mittausalueen ohjelmallisen asettelun, sekä toimintamoodin valinnan. Älykkään anturin muodostama digitaalinen suure keskustelee siis prosessorin kautta muistille ja sovittimelle.

Esimerkkinä mekaaniset rajakytkimet tai asentokytkimet, ovat fyysisiä kosketustoimintoisia antureita, joilla on yleensä sekä avautuvat että sulkeutuvat koskettimet. Rajakytkimet ovat edullisia ja ne kestävät suurta virtaa. Niiden haittoja ovat suuri koko, hitaus, sekä yleinen epätarkkuus.



Kuva 19. Siemensin valmistamat 3SE5, 3SE2, sekä 3SE3 rajakytkimet. (Siemens AG, 2008)

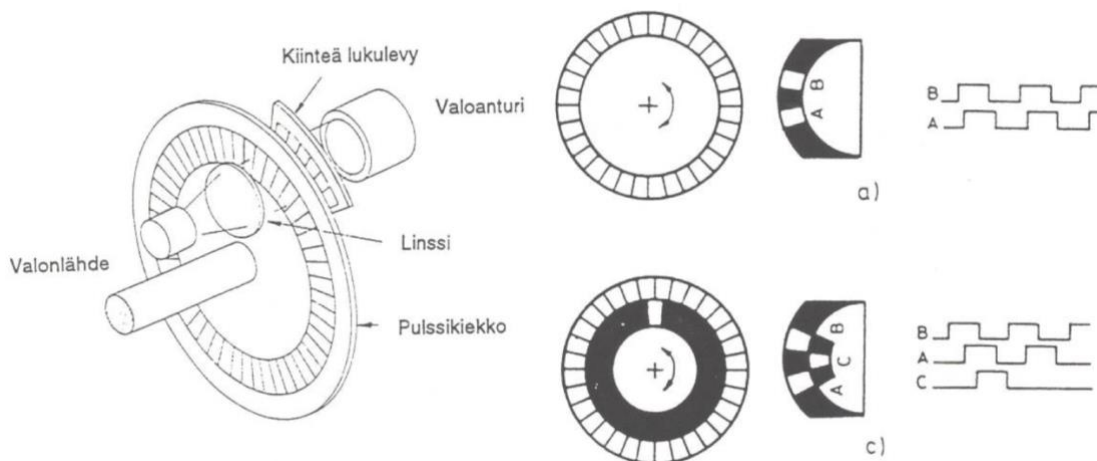
Lähestymiskytkimet ovat puolestaan elektronisia antureita, jotka kytkevät kosketuksesta jo lähestyessä, toimien elektronisesti ilman kosketinta. Yleisenä komponenttina induktiiviset lähestymiskytkimet luovat oskillaattorilla vaihtuvan magneettikentän, jonka häiriintyminen kappaleen lähestyessä tunnistetaan. Esimerkiksi sähköä johtavan materiaalin tuominen induktiivisen kytkimen magneettikenttään synnyttäisi induktiopyörrejännitettä, jolloin pyörrevirta ottaisi energiaa LC-värähtelypiiristä aiheuttaen oskillaattorin vaimenemisen. Kytkimen perään kytketty elektroniikka muuntaisi amplitudin pienenemisen sähkösignaaliksi, jolla lähestymiskytkimen kytkentätilan muutos saataisiin aikaan (0 tai 1). Näiden kytkinten elinikä on hyvin korkea, sillä ne eivät sisällä nopeasti kuluvia mekaanisia osia, kuten vaikka edellä mainitut rajakytkimet. Kuitenkin lika, kosteus, sekä lämpötila voivat aiheuttaa ongelmia myös näihin kytkimiin. Lisäksi esimerkiksi kapasitiivisten ja optisten lähestymisanturikytkinten käytön yhteydessä on huomioitava pölyntymisen ja likaantumisen vaikutus kytkentäetäisyyksiin ja toimintavarmuuteen.



Kuva 20. Omron E2EH-sarjan induktiivinen lähestymisanturi. (Omron)

Viimeisen maininnan anturitekniikoista saa siirtymän ja kiertymiskulman mittaukseen tarkoitetut anturit, joita tarvitaan esimerkiksi monissa kappaletavara-automaation sovelluksissa tai teollisuusrobottien ja

työstökoneiden asemoinneissa. Näissä tapauksissa kaksitilaisen anturin antama informaatio ei yleensä riitä, vaan tarvitaan jatkuvaa mittausta tukevia lineaarisia tai pyöriviä antureita. Esimerkkinä käsitellään pulssiantureita, jotka soveltuvat kiertymän ja nopeuden mittauksiin. Pulssianturi vaatii rinnalleen absoluuttiaseman määrittystä varten myös elektronisen laskurin, ohjelmoitavan logiikan tai mikrotietokoneen laskemaan anturin pulsseja. Alla on kuvattu optisen pulssianturin toimintaperiaate. Hila- tai pulssikiekkon pyöriessä anturit keräävät tietoa kiekon viivojen tai reikien antamien pulssien perusteella ja yhdistetty logiikka laskee näiden pulssien avulla toiminnan halutut arvot, joiden avulla informaatiosta saadaan luettavaa. (Keinänen;Kärkkäinen;Lähetkangas;& Sumujärvi, Automaatiojärjestelmien logiikat ja ohjaustekniikat, 2007).



Kuva 21. Valosähköisen anturin toimintaperiaate (Aalto-yliopisto, 2008).

#### 4.2.3 Releet

Releet ovat sähkömekaanisia kytkentälaitteita, joiden avulla voidaan mm. vahvistaa esimerkiksi kontaktoreille tai mg-venttiileille meneviä heikkoja ohjauksignaaleja, tehdä galvaaninen erotus kytkettävän piirin ja ohjauselektronikan välille, sovittaa jännite esimerkiksi AC-DC käyttönä, suodattaa ja käsitellä häiriöitä, tai parantaa koneturvallisuutta turvareilaita hyödyntäen. Yleinen releiden käyttötarve syntyy, kun järjestelmässä käytetään PNP- ja NPN-tyyppisiä antureita, joiden ohjauksignaalit kulkevat eri suuntiin, ja joiden suunta voidaan releellä kääntää.

Releen toiminta perustuu kosketinkärkiä ohjaavaan sähkömagneettiin. Yleensä rele on rakennettu aktivoituvaksi releen käämin virtakytkennän synnyttäessä magneettikentän, joka joko sulkee tai avaa kontaktin, riippuen releen kosketintyyppistä. Pienellä ohjausvirralla saadaan ohjattua kärkien toimintaa siis eri tavoin, riippuen onko kyseessä sulkeva rele vai avaava rele. Niiden lähtö- ja toiminta-asennot ovat vastakkaiset, mahdollistaen erilaisia piiritoimintoja ohjausvirtaa annettaessa. Ohjausjännitteen katketessa releen kärki palautuu jousivoimalla takaisin alkuasentoonsa. Näin pienellä ohjausvirralla voidaan kytkeä suuriakin virtoja (esimerkiksi autojen valoja ohjataan releillä). Suuria päävirtapiirin ohjaukseen tarkoitettuja releitä kutsutaan usein kontaktoreiksi. (Tieteentermipankki, 2019).

Halutuista toiminnoista riippuen voidaan ohjauksiin valita erityyppisiä releitä. Askelrele (ts.pulssirele) vaihtaa tilaa ohjausvirran kytkeytyessä, mutta pitää tilansa vaikka virta katkeaa. Askelreleitä voidaan käyttää

esimerkiksi valaistuksen ohjauksessa painikemallisilla kytkimillä. Aikareleillä voidaan säätää toiminnan kestoa esimerkiksi käytävävalaistuskäytöissä. Kontaktoreja, eli suuria jännitteitä ohjaavia releitä, voidaan käyttää esimerkiksi sähkömoottorien ohjaukseen. Sähkömoottorien ylivirtasuojana taas toimivat hyvin lämpöreleet, jotka on suunniteltu katkaisemaan yhteys ylikuormitustilanteissa. Puolijohderele ei sisällä liikkuvia osia, joten se on paljon nopeampi ja kestää useampia kytkentäkertoja kuin mekaaninen rele. Sen kärjet on korvattu transistoreilla tai muilla puolijohdekytkimillä. Reed-rele on nopea toiminen, ilmatiivis ja pitkäikäinen kielirele, jonka käyttö on mahdollista esimerkiksi pienen vuotovirran sovelluksissa, kuten valonvahvistimissa, tai radio ja mikroaaltojen kytkentäsovelluksissa.

Releen kosketintyyppiä:

- Sulkeutuva kosketin NO (Normally Open), joka sulkeutuu releen vetäessä
- Avautuva kosketin NC (Normally Closed), joka avautuu releen vetäessä
- Vaihtokosketin CO (Change Over), joka sisältää molemmat toiminnot

Ohjausjärjestelmissä releiden ohjaukseen käyttö on periaatteessa mahdollista, mutta niiden käyttöä ei enää suositella. Nykyään kokonaistaloudellisempaa on hankkia tarkoitukseen sopivat ohjelmoitavat logiikat. Releiden käyttö suuremmissa ohjauksissa tulisi kalliiksi ja vaatisi paljon tilaa. Releohjaukset eivät ole helposti muunneltavia, koska niitä ei voida ohjelmoida. Vaikka releiden etuna pidetäänkin asentamisen ja vianhaun helppoutta, sekä mekaanisen toiminnan varmuutta, tekee releiden huono elinikä niillä ohjatuista järjestelmistä vanhetessaan epäluotettavia. (Keinänen;Kärkkäinen;Lähetkangas;& Sumujärvi, Automaatiojärjestelmien logiikat ja ohjaustekniikat, 2007).

### 4.3 Työn toteutus

Työn aloitus tapahtui luomalla tuotetietohallintajärjestelmään (Sovelia) uusi nimike kehitettävälle listalle. Pohjana käytettiin vanhaa NorSmart2 tunnuslistaa, joka sisälsi vanhoja komponenttietoja ja aiemman ohjausjärjestelmän signaaleja. Aluksi listaan perehtymiseen kuului komponenttien tarkastelu ja listan yleinen läpikäynti. Tämän jälkeen perehdyin yleisesti laitteiden IO-listojen asuun ja esityksiperiaatteisiin. Työn tueksi sain lukuisia Excel-pohjaisia automaatiolistauksia, joiden avulla selvittely alkoi. Käytössäni oli myös Sovelian tuotehallintajärjestelmä taustatukena tarvittavien dokumenttien tarkastelua ja itseopiskelua varten.

Listan läpikäynti alkoi duplikaattien poistolla. Tähän tarkoitukseen Excel tarjoaa automaattista työkalua, joka rajaa tietyltä alueelta valitut rivit ja hälyttää jos samankaltaisuuksia esiintyy. Excelin tarjoaman automaattisen työkalun toiminta ei kuitenkaan osoittautunut työssä toimivaksi ratkaisuksi, sillä listaus sisälsi komponentin nimikkeen lisäksi myös laitteen nimikkeen, joka toistui kaikilla samankaltaisilla komponenteilla, hälyttäen tällöin kaikista sarakkeista. Työkalun pystyi ohjaamaan tarkastelemaan vain rajattuja sarakkeita, mutta tämä osoittautui työlääksi, eikä varmuutta komponenttien todellisista kopioista kuitenkaan tällä toiminnalla saanut selvitettyä. Lisäksi toiminto tarjosi automaattista poistamista, jolloin koko lista olisi saattanut sekoittua. Varmemmaksi toimintatavaksi osoittautui työkalun pelkkää hälytystoimintoa hyväksi käyttäen käydä lista läpi käsin rivi kerrallaan.

Uuden signaalin liittäminen tunnuslistaan tapahtui jo rakennettujen IO-listojen pohjalta. Signaalitieto muodostuu käytettävän väylän, kohteen, toiminnon ja signaalityypin tiedoista. Esimerkkinä Can1-väylää käyttävä betonipumpun ohjausventtiilin signaalitunnus voisi NorSmart3 tilanteessa muodostua: Can1\_ConcretepumpOn\_DO. Työssä käytettiin valmiita signaaleja, jotka olivat määritelty jo rakennettuihin IO-listoihin. Listojen läpikäynti ja niiden poimiminen tunnuslistaan oli pääasiassa sujuvaa, kun IO-listojen signaalitiedolle oli ilmoitettu myös sen komponenttikoodi, jolla sen sai linkitettyä tunnuslistaan. Kuitenkaan jokainen signaalitieto ei tätä tunnusta sisältänyt, vaan se tuli erinäisin tavoin selvittää tai päätellä tunnuslistan sisältämien saraketietojen perusteella.

Uusi NC-tunnuslista muutettiin väriteemaltaan poikkeamaan edeltäjästään, jotta käytön erottaminen olisi selkeää. Lisäksi listalle suoritettiin muutamia sarakkeiden kiinnityksiä, jotta mm. sarakkeiden otsikot saatiin pysymään aina päällimmäisenä. Lopuksi valmis lista revisioitiin Soveliaan palautusta ja lopputarkastusta varten.

Tarkastuksessa ilmeni, että listan rivijärjestys oli "hypännyt" sarakkeiden ja Id-koodien välillä, eivätkä ne vastanneet oikeita tietoja. Tämä "hyppy" ilmeni jo sarakkeiden läpikäynnin aikana aloittaessani työtä, mutta korjausten jälkeen sarakkeiden tuli olla jo paikallaan. Tämä lopullinen hyppy johtunee joko Excelin duplikaattityökalusta tai inhimillisestä hiiren raahausvirheestä. Lopulta lista käytiin vielä läpi rivi kerrallaan ja kohdennettiin komponentit täsmäämään tunnuksiaan.

Työn aikainen seuranta ja raportointi toteutettiin pääasiassa tuntikirjauskalenterien kautta. Projektille pystyi luomaan välietappeja ja tavoitteita, joiden asettaminen ja saavuttaminen oli omassa käsissä. Välietappien luominen jäi lopulta hyvin vähäiseksi. Koko työ tuli valmistua yhden kuukauden aikana.

#### 4.3.1 Lopputulos ja merkitys tilaajalle

Ymmärryksen mukaan uusi ohjausjärjestelmä on vasta tullut tai on tulossa osaksi tuotantoa, joten listan kannalta kehitystarve jatkuu, kun uusia signaaleja muodostetaan uusille laiteosastoille. Nykyisellään se sisältää muutaman koneen täydelliset ohjaussignaalit, joiden IO-listat sisältyvät saamiini materiaaleihin. Hydraulikkapuolen kanssa yhtenäistäminen jäi työssä jonnekin kesken. Hydrauliiikan venttiililista on lisätty NC-tunnuslistaan omalle välisivulleen ja venttiilitiedot pitäisi yhdistää NC-puolen koodituksiin. Tämä osuus jäi työssä hieman huomioitta, eikä täyttä ymmärrystä merkintätavoista koskaan syntynyt. Kyseinen yhtenäistäminen onkin listan seuraava tulevaisuuden kehityskohta. Tilaajalle valmistuneen projektin tuotos on tärkeä suunnittelun käyttöön päivitetty työkalu sijaintitunnusten listaamiseen ja tietojaotteluun. Sisältäessään oikeat tiedot, listan tulisi nopeuttaa suunnittelua, sekä lähentää automaation, sähkön ja hydrauliiikan suunnittelun rajapintoja.

## 5 YHTEENVETO & POHDINTA

Projektille asetetut tavoitteet listan yleisestä päivityksestä saavutettiin. Hydrauliiikan yhtenäistämisen kannalta työ jäi hieman kesken ja tämä onkin yksi listan seuraavista kehityskohdista. Lista on nykyisellään tilaajan käytössä ja päivittyy jatkuvasti uusien laiteosastojen ja komponenttien tullessa osaksi tuotantoa.

Työprojekti yhdisteli mekaanista työtä ja itseopettelua, joten se sopi mielestäni opinnäytetyöksi mainiosti. Teorian rajaaminen työosuuden ympärille osoittautui haastavaksi, sillä vaihtoehtoja ja työn vientisuuntia olisi ollut monia. Lista ei itsessään vaadi suurta suunnittelua, mutta se sisältää komponentteja ja informaatiota, joiden rajaaminen työhön oli perusteltua. Työstä haastavan teki se, ettei varsinaista vakaata tietämystä koulupohjalta ajoneuvolaitealalta ollut, vaan itseopettelu ja materiaalin keruu korostui työn suorittamisessa. Paljon aikaa meni myös yrityksen sisäisten järjestelmien yleiseen opetteluun.

Työssä pääsin perehtymään kaivoslaitteisiin ja niiden moniulotteiseen suunnitteluun. Projektin lisäksi avautui tehtaan yleisiä toimintaperiaatteita ja sen eri toimintojen yhteensovitusta mm. erialaisen suunnittelun, kokoonpanon, sekä taloushallinnon näkökulmista. Pääsin seuraamaan tuotannon eri vaiheiden, varastonhallinnan, sekä suunnittelun kokonaistoimintaa. Projektin aikana sain kuvaa myös yritysten erilaisten hallintojärjestelmien ja tuotetietorekisterien, sekä ohjelmien käytöstä ja toimintojen suhteista. Työn aikana syveni yleinen komponenttietämys, sekä joitain hydrauliiikan periaatteita. Lisäksi sain harjoitusta suunnitteluohjelmistojen käyttöön, sekä tuoterakenteiden ja erinäisten kaavioiden luentaan.



## LÄHDELUETTELO

- (2013). Noudettu osoitteesta Savon sanomat: <https://www.savonsanomat.fi/talous/436467>
- Aalto-yliopisto, A.-j. L. (2008). *www.automation.TKK.fi*. Noudettu osoitteesta [www.tkk.fi](http://www.tkk.fi):  
[http://automation.tkk.fi/attach/AS-0-2230/Labratyo4\\_2008.pdf](http://automation.tkk.fi/attach/AS-0-2230/Labratyo4_2008.pdf)
- Alanen, J. (2000). *CAN- ajoneuvojen ja koneiden sisäinen paikallisväylä*. Noudettu osoitteesta [www.oamk.fi](http://www.oamk.fi):  
[http://www.oamk.fi/~eeroko/Opetus/Ohjausjarjestelmat/CAN/CAN-perusteet\\_AlasenMateriaalia.pdf](http://www.oamk.fi/~eeroko/Opetus/Ohjausjarjestelmat/CAN/CAN-perusteet_AlasenMateriaalia.pdf)
- Bradbury, C. (ei pvm). *www.picotech.com*. Noudettu osoitteesta  
<https://www.picotech.com/library/oscilloscopes/can-bus-serial-protocol-decoding>
- Copperhilltech. (2019). *www.copperhilltech.com*. Noudettu osoitteesta <https://copperhilltech.com/a-brief-introduction-to-controller-area-network/>
- FLUID Finland. (2003). *Salhydro*. Noudettu osoitteesta <https://www.salhydro.fi/files/PDF/10.suuntaventtiilit.pdf>
- Heikkinen, P.;& Noras, P. (2005). *Kaivoksen sulkemisen käsikirja*. Vammalan Kirjapaino Oy.
- Heikkinen, P.;& Noras, P. (2005). *Kaivoksen sulkemisen käsikirja*. Vammalan Kirjapaino Oy.
- Karlsson, T. (2018). Noudettu osoitteesta [Geologia.fi](http://www.geologia.fi):  
<http://www.geologia.fi/index.php/2018/07/03/kaivostoiminta-ja-kaivoksen-elinkaari/>
- Keinänen, T.;Kärkkäinen, P.;Lähetkangas, M.;& Sumujärvi, M. (2007). *Automaatiojärjestelmien logiikat ja ohjaustekniikat*. Helsinki: WSOY Oppimateriaalit Oy.
- Keinänen, T.;Kärkkäinen, P.;Lähetkangas, M.;& Sumujärvi, M. (2007). *Automaatiojärjestelmien logiikat ja ohjaustekniikat*. Helsinki: WSOY Oppimateriaalit Oy.
- Lindahl. Normet CEO. (2018). *Normet Group Half Year Financial Statement 2018*. Noudettu osoitteesta  
<https://normet.wp.aucor.fi/wp-content/uploads/2018/08/Normet-Group-Half-Year-Financial-Statement-2018.pdf>
- Normet. (2019). Noudettu osoitteesta Normet: [www.normet.com](http://www.normet.com)
- Normet Oy. (ei pvm). Sisäverkko.
- Omron. (ei pvm). Noudettu osoitteesta Elfa Distrelec:  
<https://www.elfadistrelec.fi/Web/Downloads/73/09/03757309.pdf>
- Paavilainen, H. (2008). *Mobiletekniikka/hydrauliikka*. Noudettu osoitteesta [www.metropolia.fi](http://www.metropolia.fi):  
<https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=5&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjg0cmQpevhAhWkyKYKHS9mD9MQFjAEegQIBRAC&url=https%3A%2F%2Fwiki.metropolia.fi%2Fdownload%2Fattachments%2F11637680%2Fmobilehydrauliikka.pdf&usq=AOvVaw2IZK8Prr8yC3y0LRUU>
- Piippo Hydraulic. (ei pvm). *Piippo hydraulic*. Noudettu osoitteesta  
<https://www.piipphydraulic.com/shop/suuntaventtiilit-fi/sahkoohjattu-42-suuntaventtiili-r12-r34-m22x15-m27x20-2/>
- Siemens AG. (2008). Noudettu osoitteesta [Auser.fi](http://www.auser.fi): [https://www.auser.fi/wp-content/uploads/LV1\\_section\\_8\\_rajakytkimet.pdf](https://www.auser.fi/wp-content/uploads/LV1_section_8_rajakytkimet.pdf)
- Spraymec 8100 VC Technical data sheet*. (2016). Noudettu osoitteesta Normet : <https://www.normet.com/wp-content/uploads/2016/09/Spraymec-8100-VC-100085094.pdf>
- Tieteentermipankki. (2019). *www.tieteentermipankki.fi*. Noudettu osoitteesta  
<http://tieteentermipankki.fi/wiki/Sähkötekniikka:rele>

Tunnelbuilder. (-). *Product promotion*. Noudettu osoitteesta [www.tunnelbuilder.com](http://www.tunnelbuilder.com):

<https://tunnelbuilder.com/Products/Normet.aspx>

Wikipedia. (2018). *Normet*. Noudettu osoitteesta <https://fi.wikipedia.org/wiki/Normet>

VTT. (ei pvm). Mittaukset CAN-väylästä. *VTT Can koulutus*.