

**KEMI-TORNION AMMATTIKORKEAKOULU**

**Telavaunujen paikallisohjauksen suunnittelu ja toteutus  
Talvivaaran kaivokselle**

Jari Nykänen

Sähkötekniikan koulutusohjelman opinnäytetyö  
Automaatiotekniikka  
Insinööri(AMK)

KEMI 2011

## TIIVISTELMÄ

Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu, Tekniikan yksikkö	
Koulutusohjelma	Sähkötekniikka
Opinnäytetyön tekijä	Jari Nykänen
Opinnäytetyön nimi	Telavaunujen paikallisohjauksen suunnittelu ja toteutus Talvivaaran kaivokselle
Työn laji	Opinnäytetyö
päiväys	6.5.2011
sivumäärä	55 + 14 liitesivua
Opinnäytetyön ohjaajat	ins. Aila Petäjäjärvi, DI Tuomas Pussila
Yritys	Polar-Automaatio Oy
Yrityksen yhteyshenkilö/valvoja	DI Heikki Tenkku

Opinnäytetyön tavoitteena on suunnitella, toteuttaa ja testata paikallisohjaukseen soveltuva ohjausjärjestelmä, jolla voidaan ohjata Talvivaara Sotkamo Oy:n sekundäärikasalle rakennettavan siltakuljettimen telavaunuja. Sekundäärikasan kasauslaitteisto koostuu ristikkorakenteisesta, kahdeksasta lohkoista kootusta 430 metrin pituisesta sillasta. Siltaa kannattelee yhdeksän tasavälein sijoitettua telavaunua.

Opinnäytetyön toteutuksen päävaiheiksi muodostuivat ohjelman määrittäminen, käyttöliittymän ja langattoman yhteyden suunnittelu sekä toteutus ja testaus. Käyttöliittymä on toteutettu Siemens WinCC Flexible -ohjelmalla ja logiikkaohjelma Siemens Simatic STEP7:lla. WinCC Flexible integroituu muihin Simatic-tuotteisiin, jolloin niiden keskinäinen tiedon välitys on joustavaa.

Paikallisohjaukseen on käytetty Siemens Simatic Mobile Panel 277 IWLAN -operointipäätettä, jonka käyttö perustuu langattomaan WLAN-tekniikkaan. Paneelin pääasiallinen käyttö tulee koskemaan siltakuljettimen yhdeksän telavaunun ohjausta. Vaunuja voidaan ohjata yksitellen tai kaikkia yhdessä.

Käyttöliittymä ja siihen tarvittavat logiikkaohjelmat valmistuivat suunnitelman mukaisesti. Ohjauksen ja langattoman yhteyden testaukset suoritettiin yhtä aikaa ohjelman toteutuksen kanssa sekä järjestelmän käyttöönoton aikana. Laite saatiin toimivaksi ja on hyvin soveltuva sille tarkoitettuun tehtävään. Operointipäätteeseen voidaan helposti lisätä uusia toimintoja tulevaisuudessa ja se on hyvin muunneltavissa käyttötarpeiden mukaan.

Asiasanat: automaatio, testaus, Ethernet

## ABSTRACT

Kemi-Tornio University of Applied Sciences, Technology	
Degree Programme	Electrical Engineering
Name	Jari Nykänen
Title	The Design and Implementation of Local Control of Roller Frames in Talvivaara Mine
Type of Study	Bachelor's Thesis
Date	6 May 2011
Pages	55 + 14 appendices
Instructor	Aila Petäjäjärvi, B.Sc.Eng, Tuomas Pussila, MSc
Company	Polar-Automaatio Oy
Contact Person/Supervisor from Company	Heikki Tenkku, MSc

The aim of this work is to design, implement and test a control system for roller frames. The system should be possible to use when controlling the roller frames of the bridge conveyor, which will be built on the secondary stack in Talvivaara Sotkamo Ltd. The new stacking equipment in the secondary stack consists of eight timbered blocks which build a 430-meter long bridge.

The main phases of this work were to programme definition, user interface design and wireless connectivity planning as well as the implementation and testing. The logic application was created with the Siemens Simatic STEP 7 and user interface was created with the Siemens WinCC flexible. Thanks to the integration into the configuration interface of Simatic STEP 7, WinCC flexible projects can be managed within STEP 7.

Siemens Simatic Mobile Panel 277 IWLAN - operating terminal has been used for local control mode, which is based on the use of wireless LAN technology. Primary use of panel concerns nine roller frame control in the bridge conveyor. Roller frames can be controlled individually or all together.

The user interface and the necessary logic applications were completed according to plan. Steering and wireless connectivity tests were done at the same time with the application creation and during the introduction of the system. The system was operational and it is very suitable in the appropriate task. The mobile panel allows adding new functions easily and it is well modifiable to needs of use.

Keywords: automation, testing, Ethernet

## SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ .....	I
ABSTRACT .....	II
SISÄLLYSLUETTELO.....	III
KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET .....	IV
1. JOHDANTO .....	1
1.1. Polar-Automaatio Oy .....	1
1.2. Talvivaara Sotkamo Oy.....	2
1.3. Yleinen kuvaus tuotantoprosessista .....	3
1.4. Työn tavoitteet .....	4
2. TEORIA .....	6
2.1. Sekundäärikasaus .....	6
2.2. Sekundäärikasan siltakuljetin ja purkausvaunut .....	9
2.3. Telavaunut.....	11
2.4. Ohjauslogiikka .....	13
2.5. Operointipääte .....	15
2.6. WLAN-tekniikka.....	16
2.7. Käyttöliittymä .....	19
3. OHJAUKSEN TOTEUTUS .....	20
3.1. Ohjelman määrittely.....	20
3.2. Käyttöliittymän toteutus.....	21
3.2.1. Telavaunujen ohjaukset.....	21
3.2.2. Ohjausikkuna .....	23
3.2.3. Sillan kallistus .....	29
3.2.4. Voima-anturit .....	32
3.2.5. Lastausrampit .....	32
3.2.6. Hälytykset .....	34
3.2.7. Lukitukset.....	35
3.2.8. Hätä-seis.....	37
3.3. Logiikkaohjelman toteutus.....	37
3.3.1. Valaistut painonapit .....	38
3.3.2. Hälytysten luonti .....	38
3.3.3. Lupa paneelin ohjaukselle.....	39
3.3.4. Nopeusohje.....	39
3.3.5. Purkausvaunun 2 paikkatieto .....	39
3.3.6. Telavaunun ohjaus .....	40
3.4. Langattoman yhteyden toteutus .....	40
3.5. Paneeliohjauksen ja langoitettun ohjauksen vertailua.....	43
4. TESTAUS .....	45
4.1. Testauksen suunnittelu .....	45
4.2. Integrointitestausta .....	46
4.3. Toiminnallisen testauksen toteutus .....	47
4.4. WLAN-yhteyden testaus.....	49
5. KÄYTTÖÖNOTTO JA HUOLTO .....	51
6. YHTEENVETO .....	53
7. LÄHDELUETTELO.....	54
8. LIITELUETTELO .....	55

## KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

AS-I	kenttäväyläjärjestelmä
CPU	suoritin
ET200	hajautettu I/O-yksikkö
GHz	gigahertsi
GPS	maailmanlaajuinen satelliittipaikannusjärjestelmä (USA)
IEEE	tekniikan alan järjestö, määrittää standardeja
I/O	tulo- ja lähtöliitännät
LCD	nestekidenäyttö
Mbps	tiedonsiirtonopeus megabittiä sekunnissa
MPI	Message Passing Interface, ohjelmointirajapinta
PC	tietokone
PLC	ohjelmoitava logiikka
Profinet	teollisuus Ethernet-standarti
PVA	purkausvaunu
RTK	reaaliaikainen kinemaattinen satelliittinavigointi tekniikka
SSID	langattoman lähiverkon verkkotunnus
TCP/IP	tiedonsiirtoprotokolla
TFT	ohutkalvotransistori
TKIP	salausavaimen muodostamisen protokolla WPA-standartille
TVA	telavaunu
UHF	aaltoalue 0,3–3 Ghz
USB	sarjamuotoinen väylä
WEP	salausprotokolla
WLAN	langaton lähiverkko
WPA	tietoturvatekniikka

## 1. JOHDANTO

Talvivaaran kaivoksella Sotkamossa käytössä olevan biokasaliuotusmenetelmän toisessa vaiheessa prosessoitava malmikivi kasataan kerroksittain neljälle liuotuslohkolle. Materiaalin levitys lohkon alueelle tapahtuu automaattisesti toimivalla kasauskoneella.

Polar-Automaatio Oy:n tehtävänä oli suunnitella ja toteuttaa sekundäärikasauksen purkulaitteistojen sähköistyksen ja automaatio. Tarkemmin ottaen siihen kuului projektinhoito, perus- ja hankintasuunnittelu, laite- ja sovellussuunnittelu, asennusvalvonta sekä testaus ja käyttöönotto.

### 1.1. Polar-Automaatio Oy

Polar-Automaatio Oy on teollisuuden sähköistykseen ja automaatioon erikoistunut korkean teknologian palvelutalo. Yritys tekee asiakkailleen automaation ja sähköistyksen kokonaistoimituksia sekä suunnittelua ja järjestelmien sovelluksia esisuunnittelusta käyttöönottoon yli 20 vuoden kokemuksella ja erittäin laajan prosessi- ja järjestelmätuntemuksen pohjalta. Paitsi kokonaistoimituksia, yritys tekee asiakkailleen myös järjestelmien, ohjauspulpettien, ohjauskoteloiden ym. kokoonpanoa, kytkentää ja testausta. /5/

Yrityksen suunnittelu koostuu esi-, instrumentointi-, sähkö- ja sovellussuunnittelusta, sekä asennusvalvonnasta, testauksesta ja käyttöönotosta. Asennus ja valmistus koostuvat järjestelmien kokoonpanosta, asennuksista ja kaapeloinnista. /5/

Polar-Automaatio Oy:n markkina-alueena on kotimaa 70 - 90 % osuudella ja ulkomaat 10 - 30 % osuudella. Liikevaihto yrityksellä on 4 miljoonaa euroa, josta 1,5 miljoonaa euroa koostuu suunnittelusta ja 2,5 miljoonaa euroa kokonaistoimituksista. /4/

Henkilökunta Polar-Automaatio Oy:llä muodostuu 30 henkisestä kokeneesta sekä ammattitaitoisesta ja osaavasta teknikko- ja insinöörikunnasta. Käytössään heillä on ajanmukaiset toimitilat sekä sähköisen dokumentaation suunnittelutyökalut.

## **1.2. Talvivaara Sotkamo Oy**

Talvivaara Sotkamo Oy on kansainvälisesti merkittävä perusmetallien tuottaja, joka keskittyy ensisijaisesti nikkelin ja sinkin tuotantoon. Päätoiminta on kehittää kaivostoimintoja ja hyödyntää Sotkamossa olevia monimetalliesiintymiä käyttäen teknologiaa, joka tunnetaan nimellä biokasaliuotus. Talvivaaran esiintymät, Kuusilampi ja Kolmisoppi, muodostavat yhden Euroopan suurimmista sulfidisen nikkelin varannoista, jonka todetuksi ja todennäköiseksi luokitellut mineraalivarannot ovat yhteensä 642 miljoonaa tonnia. Nämä varannot riittävät ylläpitämään suunniteltua tuotantoa vähintään 46 vuotta. Kaupallinen tuotanto aloitettiin alkuvuodesta 2009, ja vuosittainen nikkelin tuotantomäärä on noin 50.000 tonnia. Lisäksi kaivoksen odotetaan tuottavan prosessin sivutuotteena vuosittain noin 90.000 tonnia sinkkiä, 15.000 tonnia kuparia ja 1.800 tonnia kobolttia. /9/

Talvivaara toimittaa metallipuolituotteita yhtiöille, jotka jalostavat metalleja. Talvivaaran Kaivososakeyhtiö Oyj:n kaivostoimintaa harjoittava tytäryhtiö Talvivaara Sotkamo Oy on allekirjoittanut pitkäaikaisen tuotevirtasopimuksen sinkkituotannostaan Nyrstar NV:n kanssa. Sopimusehtojen mukaisesti Talvivaara toimittaa koko sinkkituotantonsa Nyrstarille kunnes 1,25 miljoonaa tonnia sinkkiä on toimitettu. Konserni on tehnyt myös kymmenvuotisen myyntisopimuksen Norilsk Nickelin kanssa kaivoksen koko nikkeli- ja kobolttituotannon myymisestä sille markkinahintaan. /9/

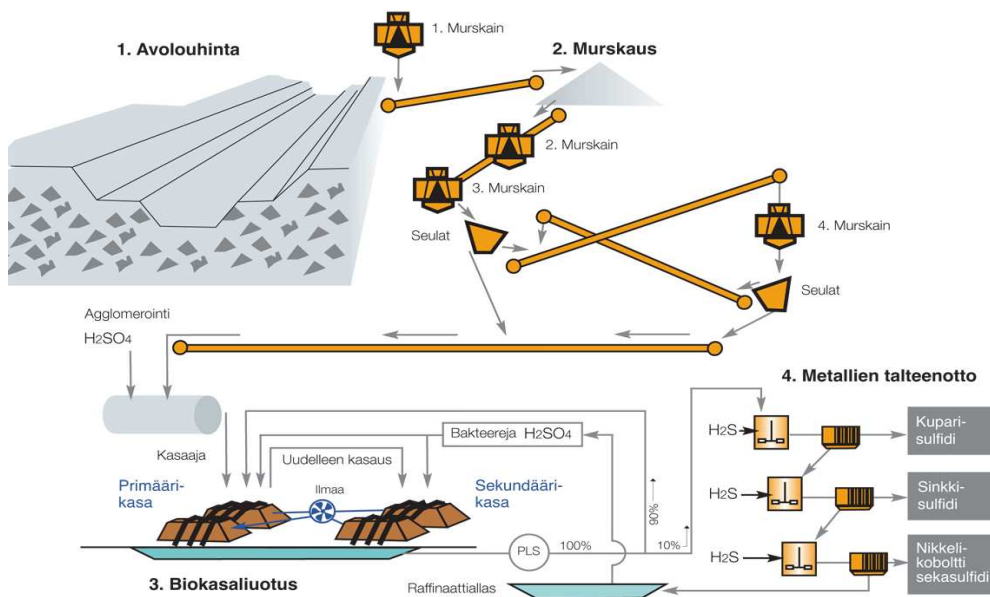
Talvivaaran metallien rikastustekniikka on biokasaliuotus, jota käytetään laajalti muiden metallien, erityisesti kuparin ja kullan, erottamiseksi malmista. Talvivaara on osoittanut biokasaliuotusteknologian käyttökelpoisuuden nikkelin rikastuksessa. Tätä varten kaivosalueella tehtiin mittavia liuotuskokeita, joissa käytettiin Talvivaaran malmia. Nämä

kokeet ovat osoittaneet, että liuotusprosessi tuottaa lämpöä ja soveltuu käytettäväksi Itä-Suomen subarktisissa ilmasto-olosuhteissa. /9/

Talvivaaran malmi sopii hyvin avolouhintaan, koska alueen maapeite on ohut, esiintymien geometria on avolouhinnalle otollinen ja sivukivi-malmi -suhde on alhainen. Malmin metallipitoisuus on suhteellisen alhainen, mutta malmi sopii hyvin bioliuotukseen, koska sen sulfidipitoisuus on korkea. /9/

### 1.3. Yleinen kuvaus tuotantoprosessista

Talvivaaran tuotantoprosessissa on neljä päävaihetta: louhinta, murskaus, biokasaliuotus ja metallien talteenotto. Kuvassa yksi havainnollistetaan kaivoksen prosessi louhinnasta metallien talteenottoon. Talvivaaran louhintamenetelmäksi on valittu avolouhos, jonka louhintamääräksi on suunniteltu 22 miljoonaa tonnia vuodessa. Malmi murskataan neljässä vaiheessa, jonka jälkeen murske kasataan ja agglomeroidaan rikkihapolla, jolloin pienet malmihiukkaset kiinnittyvät karkeampien pinnalle muodostaen tasakokoisia rakeita, joista tehdyt kasat läpäisevät hyvin vettä ja ilmaa. /9/



Kuva 1. Talvivaaran kaivoksen prosessikaavio /9/



Agglomeroinnin jälkeen malmi kasataan kahdeksan metriä korkeaksi kasaksi, jossa sitä liuotetaan bakteerien avulla puolentoista vuoden ajan. Kasan alustaan asennetun putkiston läpi puhalletaan alhaisella paineella ilmaa malmikasaan. Kasaa kastellaan liuoksella, jota kierrätetään kasan läpi, kunnes liuoksen metallipitoisuus on riittävän suuri metallien talteenottoa varten. /9/

Puolentoista vuoden primääriliuotuksen jälkeen kasa siirretään sekundäärialustalle, missä liuotusta jatketaan, jotta metallit saadaan talteen myös huonosti liuenneista kasan osista. Tällaisia kohtia ovat esimerkiksi kasan kaltevat reunat ja mahdolliset saostumat kasan sisällä. Sekundäärikasa on myös liuotetun malmin loppusijoituspaikka. /9/

Metallien talteenotossa nikkeli, kupari, sinkki ja koboltti saostetaan liuotuskasalta saatavasta, metalleja sisältävästä liuoksesta, jolloin saadaan tuotetuksi myytäviä metallisulfideja. Kun arvometallit on erotettu, liuos puhdistetaan, minkä jälkeen se palautetaan takaisin kasan kasteluun. /9/

#### **1.4. Työn tavoitteet**

Työn tavoitteina on suunnitella, toteuttaa ja testata telavaunujen paikallisohjaukseen soveltuva ohjausjärjestelmä Talvivaara Sotkamo Oy:n sekundäärikasalle rakennettavalle uudelle siltakuljettimelle. Työ on osakokonaisuus isommasta sähköistys- ja automatisointiprojektista. Ohjausjärjestelmällä käyttäjä ohjaa yksittäisiä telavaunuja tai koko telavaunuyksikköä kentältä käsin. Lisäksi käyttäjän tulee nähdä telavaunujen tilatietoja ohjausnäytöltä. Paikallisohjaus suoritetaan kannettavalla WLAN- tekniikkaan perustuvalla langattomalla kosketusnäytöllisellä operointipäätteellä.

Työn yhtenä tavoitteena on selvittää WLAN-yhteyden tarvittavat laitteet ja niihin tarvittavien asetusten tekeminen sekä selvittää mitä muuta tulee huomioida tekniikkaa käytettäessä. Lisäksi verrataan kannettavan paneelin etuja johdolliseen ohjaukseen verrattuna ja minkälaisia haittoja voi esiintyä.

Työ rajataan koskemaan siltakuljettimen telavaunujen paikallisohjausta. Työn ulkopuolelle jätetään WinCC valvomo-ohjelmiston teko sekä purkausvaunu ykkösen ja kakkosen ohjaukset. Siemens STEP7 -logiikkaan tehdään kannettavan paneeliin toimintaan tarvittavat lohkot.

Paneelille asetettuihin vaatimuksiin kuuluu ohjauksen toteutus sekä yksittäisille telavaunuille että koko sillalle. Ohjauksen lisäksi tulee käyttäjän nähdä näytöltä jokaiselle telavaunulle määritetyt diagnostiikkatiedot vian etsinnän ja havainnoinnin helpottamiseksi. Tämän lisäksi tehdään ohjaus jokaiselle telavaunulle kallistuksenvakautukseen käsisäädöllä.

## 2. TEORIA

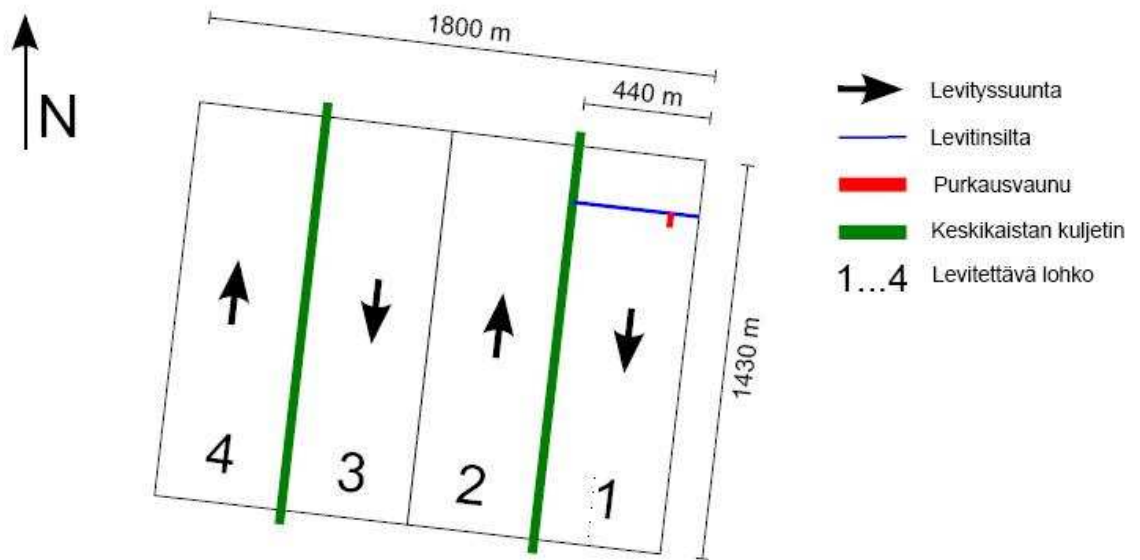
Sekundäärिकासan kasausrakenteisto koostuu ristikkorakenteisesta, kahdeksasta lohkoa kootusta 430 m pitkästä sillasta. Siltaa kannattelee yhdeksän tasavälein sijoitettua telavaunua. Siltarakenteen päällä kulkee kiskotus, joiden päällä purkausvaunu kulkee edestakaisin 360 m:n matkalla. Kiskojen välissä on kuljetin, jolla syötetään materiaalia purkausvaunulle ja sen kuljettimelle.

Kasausrakenteiston ohjaukseen käytetään Siemens Simatic S7 -logiikkaa. Telavaunujen paikallisohjaukseen käytetään WLAN-tekniikkaan perustuvaa kannettavaa operointipäätettä. Operointipäätteen käyttöliittymä toteutetaan Siemens WinCC Flexible -ohjelmistolla. WinCC Flexible integroituu muihin Siemens Simatic -tuotteisiin, jolloin niiden keskinäinen tiedon välitys on joustavaa.

### 2.1. Sekundäärिकासaus

Sekä primääri- että sekundäärिकासan pohjarakenteet ovat samantyyppiset. Pohja tasataan 3 - 5 % viettokaltevuuteen ja tiivistetään vesitiiviiksi muovikalvolla. Pohjan päälle tehdään salaojakerros, jonne asennetaan putket liuoksen talteenottoa varten. Tämän päälle rakennetaan ilmastusputkistot. /1/

Sekundäärिकासaus-alue koostuu neljästä vierekkäisestä lohkoa, kunkin lohkon ollessa 440 m leveitä. Lohkojen, ja samalla koko alueen, pituus on 1430 m. Sekundäärिकासaus-alueen layout on kuvassa 2.



**Kuva 2. Sekundäärikasan layout /1/**

Malmin siirto sekundäärikasalle suunnitellaan tapahtuvan niin ikään hihnakuljettimilla. Kaiken kaikkiaan murskan siirtoon primäärikasalta sekundäärikasalle käytetään seitsemää eri kuljetinta. Sekundäärikasalla levitys tapahtuu samantyyppisellä siltalevittimellä kuin primäärikasalla, tämän levittimen kuitenkin ollessa suurempi niin kooltaan kuin kapasiteetiltaan. Myös levityspeeriaate on hieman erilainen, sillä sekundäärikasan levittimellä voidaan levittää sekä eteen että taakse. Primäärikasan levitin on yksisuuntainen. /1/

Primäärikasan puoleisessa päässä sijaitsee suppilo, johon primäärikasan malmimurskaa ajetaan pyöräkuormaajilla. Suppilosta malmi pudotetaan kuljettimelle. Seitsemästä kuljettimesta ensimmäisten viiden avulla malmi siirtyy sekundäärikentälle niin sanotulle keskikaistakuljettimelle. Keskikaistakuljetin kulkee kasa-alueen pitkittäissuunnassa ja se on noin 1500 m pitkä. Kuljettimen sijainti riippuu siitä, mikä sekundäärikasan lohko on levitysvaiheen alla. Lohkojen 1 ja 2 ollessa levityksessä sijaitsee kuljetin näiden lohkojen välissä. /1/

Keskikaistan kuljettimen linjalla liikkuu kahden perättäisen telavaunun päällä oleva purkausvaunu (purkausvaunu 1). Sen tehtävänä on määrittää paikka, johon keskikaistan kuljettimella siirretään materiaalia. Keskikaistan kuljetin menee purkausvaunun läpi

nostaen malmimurskaa vaunussa olevalle kaksisuuntaiselle poikittaiskuljettimelle, joka taas syöttää murskaa sillan suppiloon ja sitä kautta sillan kuljettimelle. Kaksisuuntaisuuden myötä kuljetin voi esimerkiksi vikatilanteessa levittää malmimurskaa myös keskikaistapenkan toiselle puolelle. Tällainen tilanne on tyypillisesti silloin, kun siltakuljetin ei voi ottaa vastaan materiaalia. /1/

Levitinsilta on kentän levyinen, liikuteltava siltarakenne, jonka päällä kulkee koko pituudelta kuljetin. Sillan päällä liikkuu varsinainen materiaalin kasaamiseen käytettävä laitteisto, eli purkausvaunu 2. Materiaalin syötön periaate on sama kuin purkausvaunu 1:ssä. Purkausvaunu kulkee sillan päällä laidasta laitaan vaihtaen levityssuuntaa keskikaistan vastakkaisella reunalla. Siltaa siirretään eteenpäin jokaisen levityssyklin jälkeen.

Normaalijossa purkausvaunu 1 seuraa levitinsiltaa poikittaiskuljettimen syöttäessä materiaalia sillalle. Tietyn väliajoin vaunu palaa muutamia kymmeniä metrejä taaksepäin täyttäen sekundäärikasan reunan ja keskikaistan kuljettimen penkan väliin jäävää notkelmaa.

Ennen jokaisen lohkon levityksen aloittamista kentälle tehdään malmimurskasta noin 8 m korkea penkka, jonka päälle silta ajetaan. Sillan levittäessä murskaa kulkusuunnassa eteenpäin se jatkaa penkkaa, jonka päällä silta etenee. Vastaavasti sillan levittäessä penkkaa taakse korotetaan kasaa 8 m, näin muodostuu noin 16 m korkea kasa. Levityksen kuluessa kasan päälle asennetaan kasteluputkistot.

Levitys etenee lohkoittain, lohko 1:stä lohko 4:ään. Lohkot 1 ja 3 levitetään kentän pohjoispäästä etelän suuntaan, vastaavasti 2 ja 4 etelästä pohjoiseen päin. Lohkon 4 jälkeen, kun kentällä on neljä 16 m korkeaa kasaa, siirrytään jälleen lohkolle 1. Sekundäärikasan ollessa malmin loppusijoituspaikka ei malmia enää siirretä tästä minnekään vaan levitystä jatketaan entisen kasan päälle. Kaiken kaikkiaan levityskierroksia tulee 4 – 5, kasan loppukorkeuden ollessa noin 60 – 75 m. /1/

Lohkoa vaihdettaessa on seuraavalle lohkolle tehty lähtöpenkka samalle tasolle, mihin levitinsilta on jäänyt edellisellä loholla. Tällöin telavaunuja käännetään 90° eli telastot ovat silloin siltarakenteen suuntaiset. Keskikaistakuljettimen notko täytetään myös materiaalilla, jolloin silta voidaan siirtää hallitusti käsiajolla poikittain seuraavan lohkon lähtöpenkan päälle.

Teoriassa täydellä tuotantovauhdilla yhden lohkon yhden 16 m kerroksen levittämiseen kuluu noin puoli vuotta, jonka jälkeen tehdään aina lohkon vaihto. Kasauslaitteiston käyttöiäksi on määritelty 20 vuotta, jolloin kaikki neljä liuotuskasaa ovat loppukorkeudessaan.

Sekundäärikasan kasauslaitteisto koostuu ristikkorakenteisesta, kahdeksasta lohkoa kootusta 430 m pitkästä sillasta. Siltaa kannattelee yhdeksän tasavälein sijoitettua telavaunua. Siltarakenteen päällä kulkee kiskotus, joiden päällä purkausvaunu kulkee edestakaisin 360 m:n matkalla. Kiskojen välissä on kuljetin, jolla syötetään materiaalia purkausvaunulle ja sen kuljettimelle.

## **2.2. Sekundäärikasan siltakuljetin ja purkausvaunut**

Levitinsillan runko koostuu kahdeksasta, toisiinsa yläpäästään liitetystä lohkoa. Runkorakenteen päissä on hydraulisesti pystysuunnassa säädettävät rampit, joilla kuljetinhihnan pään korkeutta voidaan säätää. Materiaalin syöttö tapahtuu suppiloon, joka sijaitsee sillan keskikaistan kuljettimen puoleisessa päässä. Suppilon paikkaa voidaan vaihtaa sillan päästä toiseen, riippuen levityksessä olevasta lohkoa. Keskikaistan kuljettimen purkausvaunu tiputtaa malmimurskaa sillan suppiloon.



**Kuva 3. Siltakuljetin ja purkausvaunu 2**

Sillan päällä kulkee kuljetinhihna koko sen pituudeltaan. Kuljettimen avulla sillan purkausvaunulle syötetään levitettävää materiaalia. Kuvassa 3 on nähtävillä sillan runkorakenne, sekä sen päällä kulkeva purkausvaunu 2. Kuljetin varustetaan yhteensä 36:lla sivuunajorajalla, 18 rajaa molemmille puolille. Siltalohkojen saumakohtaan asennetaan erikoisvalmisteinen, pulttityyppinen voima-anturi, joka mittaa lohkojen välistä taipumaa. Niiden antaman tiedon perusteella sillan liike voidaan katkaista, mikäli lohkojen saumoihin kohdistuu liian suurta painetta. Näin vältetään sillan vahingoittuminen.

Siltalohkoissa on kaksisuuntaiset asentoanturit, joiden avulla säädetään sillan kallistumaa sekä pystytään mittaamaan sillan lohkojen pystysuuntaisia taipumia.

Siltarakenteen kiskojen päällä kulkee purkausvaunu (purkausvaunu 2). Sen liike hoidetaan kuudella taajuusmuuttajaohjatulla moottorilla. Purkausvaunu on varustettu purkukuljettimella, jota voidaan kääntää joko etukasan tai takakasan puolelle. Vaunun päällä sijaitsee myös valvomo, joka on varustettu kääntömoottorilla. Se kääntyy purkukuljettimen kanssa samansuuntaisesti. Purkausvaunun maksimijonopeus on 20 m/min. Kuvassa 4 purkausvaunun purkukuljettimelta tulee malmia, joka levitetään sillan etupuolelle.



**Kuva 4. Purkausvaunu 2**

### **2.3. Telavaunut**

Toimintatavan perusteella jaettuina telavaunuja on käytössä kolme eri tyyppiä. Sillan päädyissä olevat vaunut (1 ja 9) ottavat vastaan sillan suuntaisia (sillan siirto kentän poikittaissuunnassa), poikittaissuuntaisia (sillan eteen-taakse-ajo) sekä pystysuuntaisia (rakenteen kannattelu) voimia. Tästä syystä ne ovat rakenteeltaan järeitä (kuva 5). Koska vaunut osallistuvat sillan ajoon, ei niillä ole poikittaissuuntaista eli kulkusuuntaan olevaa poikkeamamahdollisuutta (y-suuntainen poikkeama). Näillä vaunuilla on sen sijaan sillan suuntainen poikkeamamahdollisuus, keskikohdasta mitattuna 1500 mm suuntaansa (x-suuntainen poikkeama). Sillan sivuttaissiirtoon osallistuu ainoastaan keskikaistan viereinen vaunu, master-vaunu. Se on levitettävästä lohkosta riippuen joko vaunu 1 tai 9. Jotta tämä sillan suuntainen voima saadaan siirrettyä vaunusta siltaan, lukitaan master-vaunu mekaanisesti tapilla keskiasentoonsa. Näin se on siltaan nähden täysin kiinteä. Vaunuissa on myös sillan kallistuksen korjaamista varten hydraulisylinterit, kaksi sylinteriä sekä etuettä takapuolella.





**Kuva 5. Telavaunu 11**

Keskimmäinen vaunu (5) on hieman heikompi rakenteeltaan verrattuna laitimmaisiiin. Sen tehtävänä on siltarakenteen kannattelun lisäksi myös osallistua sillan ajoon. Tällä vaunulla ei ole ollenkaan y-poikkeamaa. Sen sijaan sillä on mahdollisuus x-poikkeamaan 1500 mm keskikohdan molemmin puolin. Sillan kallistukseen tarvittavia sylintereitä on tässä kaksi kappaletta, yksi etu- ja yksi takapuolella.

Muut vaunut, eli 2 – 4 ja 6 – 8 ovat täysin identtisiä vaunun 5 kanssa, mutta niillä on myös mahdollisuus sillan poikittaissuuntaiseen poikkeamaan eli y-poikkeamaan. Liikkumisvara on 200 mm keskilinjan molemmin puolin. Sekä x- että y-suuntaisesta poikkeamasta johtuen vaunut osallistuvat vain sillan rakenteen kannatteluun. Sillan kallistussylintereitä on kaksi kappaletta, kuten vaunussa 5. Poikkeamia mitataan lineaari- ja absoluuttiantureilla.

Telavaunujen ajo hoidetaan kahdella taajuusmuuttajakäyttöisellä moottorilla. Telavaunujen maksimiajonoisuus on 3 m/min. Vaunujen pääajosuunta on eteenpäin, mutta niillä pystytään myös peruuttamaan.

Telavaunuissa on samantyyppiset kaksisuuntaiset kallistusanturit kuin siltalohkoissakin. Niiden avulla saadaan tieto telavaunun asennosta. Poikittaiskallistus on pelkästään informatiivinen, mutta pitkittäiskallistuksen mittauksella saadaan selville mahdollinen liian jyrkkä vasta- tai myötämäki.

## 2.4. Ohjauslogiikka

Ohjelmoitava logiikka (Programmable Logic Controller, PLC) on yksittäinen, itsenäinen automaatiojärjestelmä, joka hoitaa tiettyä osaprosessia, jonka toiminta tyypillisesti etenee vaiheittaisesti. Ohjelmoitava logiikka hoitaa omaa erityistä tehtäväänsä toimintaohjeidensa eli logiikalle ladatun sovellusohjelman mukaisesti. Ohjelmoitava logiikka liittyy prosessiin prosessiliityntäyksiköiden kautta. /5/

Ohjauskäyttöliittymä toteutetaan PC-valvomon ja ohjauspaneelin avulla. Käyttäjä voi seurata PLC:n toimintojen kulkua ohjauspaneelin kautta ja tarvittaessa vaikuttaa toimintoihin toimintokytkinten kautta. Ohjauspaneeli on tässä tapauksessa interaktiivinen kosketuksen tunnistava TFT-näyttömonitori.

Siemens S7-logiikassa ohjelma koostuu koodi- ja tiedostoyksiköistä (OB:t, FB:t, FC:t, DB:t). Lisäksi S7-ohjelma sisältää järjestelmän konfigurointitiedot. Kaikissa ohjelmissa on oltava organisaatioyksikkö OB. OB:t edustavat korkeinta ohjelmatasoa. Systemiohjelma kutsuu OB:tä käynnistyksessä, sähkökatkoksen jälkeen tai vikatilanteessa. Yleensä organisaatioyksikköön kirjoitetaan ehdollisia tai ehdottomia kutsuja muihin yksiköihin (FB:t, FC:t, OB:t), eli käytetään jaoteltua ohjelmointimallia.

Toimintayksiköt (FB) ovat alemman tason yksiköitä. Niihin kirjoitetaan ohjelmanosat, joita voidaan kutsua useita kertoja ohjelmakierron aikana. Jokaiselle toimintayksikölle on osoitettava oma tiedostoyksikkö (DB), jonne kaikki sen tarvitsemat muuttujat ja data on tallennettuna. Funktiot (FC) eivät tarvitse omaa tiedostoyksikköä.

Koko kuljetinjärjestelmän, purkausvaunujen ja sillan ohjaukseen käytetään yhteensä viittä logiikkaprosessoria. Näistä siltaa ja purkausvaunu 2:sta ohjaa yksi CPU. Siemens S7 CPU 319F-3PN/DP valittiin ohjaamaan siltaa ja purkausvaunu 2:sta. Tässä prosessorissa on myös turvalogiikan toiminnot.

Dataväylänä on teollisuus-Ethernet, eli Profinet. Se on IEEE 802-3- ja 802.3u -standardien kanssa yhteensopiva. Kenttäväyläratkaisuista S7-300 tukee suoraan IEC 61158/EN 50170 -standardien mukaista Profibus-tekniikkaa. Näiden lisäksi löytyy myös suora tuki ASI-anturiväylälle sekä MPI-ohjelmointi- ja tiedonsiirtoväylälle.

Pääväylänä toimii Ethernet-pohjainen Profinet, joka tukee reaaliaikaisia ominaisuuksia. Väylä käyttää kommunikointiin TCP/IP-protokollaa, joten siihen voidaan liittää mitä tahansa samaa protokollaa tukevia Ethernet-laitteita. Samaa kaapelia voidaan käyttää parametrintiin, konfigurointiin, diagnostiikkaan, sekä reaaliaikaiseen käyttäjä- ja prosessitiedon siirtoon.

Prosessin I/O:t hajautetaan Siemensin ET200S-hajautusasemilla. Hajautusasemien avulla saadaan I/O-liitynnät lähemmäksi toimilaitteita ja kaapeloinnin määrä vähenee ratkaisevasti. Asemat liitetään Profinetin avulla CPU:hun. CPU sijaitsee sillan rungossa olevassa sähkötilassa logiikkakaapissa. Täältä väylä jaetaan kytkimen avulla purkausvaunu 2:lle sekä sillalle.

Sillassa on viisi ET200-hajautusasemaa. Näistä asemat 1 ja 5 hoitavat pääasiassa sillan pään nostorampin I/O-liikennettä sekä siltakuljettimen hihnan päädyimmäisiä sivuunajorajoja. Asemat 2, 3 ja 4 vastaavat siltalohkojen välisistä voima-antureista sekä keskimmäisistä sivuunajorajoista. Myös hihnan hätäseis-köysirajojen liitynnät ovat näillä asemilla. Kuljetinhihnan moottorinohjaus ja hihnan kiristysenvalvonta ovat asemalla 2. Purkausvaunun sähkötilassa on hajautusasemat vaunun ajolle sekä kuljettimen ohjaukselle ja käännölle.

Sillan hajautusasemien sähkökaapeissa ovat myös kytkimet, jotka on yhdistetty Profinet-väylällä jokaisen telavaunun omaan sähkökaappiin. Telavaunujen sähkökaapit koostuvat

niin ikään ET200-hajautusasemasta sekä kytkimestä johon vaunujen 1, 5 ja 9 tapauksessa kytketään lisäksi GPS-vastaanottimet.

Taajuusmuuttajat ovat Profibus-väylään kytkettyjä laitteita. Profibus-laitteet voidaan kytkeä saumattomasti Profinetiin IE/PB Link PN IO -muuntimien avulla. Nämä muuntimet löytyvät jokaisesta sähkötilasta, joissa sijaitsee moottorien taajuusmuuttajia.

Kaiken kaikkiaan siltaan ja purkausvaunuun tulee 580 tuloa ja lähtöä. Näistä 525 kappaletta on tavallisia prosessi-I/O:ta ja 55 kappaletta turva- eli F-I/O:ta.

## **2.5. Operointipääte**

Paikallisohjaukseen valittiin Siemens Simatic Mobile Panel 277 IWLAN kannettava operointipääte. Simatic Mobile-paneeli soveltuu hyvin kohteeseen, jossa operaattorin täytyy liikkua laitteen kanssa. Laite on suunniteltu teollisuusympäristöön, joten sen suojausluokka (IP65) ja pudotuskestävyys ovat hyviä.

Paneeli käyttää langattomia sovelluksia WLAN-tekniikalla, joka tukee Profinet protokollaa. Ohjelmointi toteutetaan SIMATIC WinCC Flexible Standartilla tai suuremmalla ohjelmistolla ja lataus paneelille suoritetaan WLAN:in tai USB:n välityksellä.

Paneelissa on analoginen resistiivinen kosketusnäyttö. Tämän lisäksi paneelista 277 IWLAN löytyy, kuten kuvan 6 tuotekuvasta näkyy, 18 funktiopainiketta valoledillä, avainkytkin, kaksi valaistua painiketta sekä pyörökytkin. Paneelissa on värillinen 7,5” TFT-näyttö. Paneelin käyttöä helpottaa ergonominen muoto ja sen keveys.



**Kuva 6. Operointipääte Siemens SIMATIC Mobile Panel 277 IWLAN**

## **2.6. WLAN-tekniikka**

Langatonta tiedonsiirtoa tarvitaan silloin kun osa automaatiota sijaitsee hankalien yhteyksien päässä. Tämän lisäksi yhteyksien välimatkat ovat suurehkoja. WLAN on rajatussa ympäristössä toimiva paikallisverkko, jonka kuuluvuutta voidaan rajata linkkien sijoittelulla ja antennien suuntaamisella. WLAN-verkon nopeus on suuri etu muihin langattomiin väliteknikoihin verrattuna. /3/

Signaalin kantama avoimessa toimintaympäristössä on tyypillisesti noin 150 m. Työssä kantavuuden mitoituksen mittarina on käytetty luvattua 75 metrin minimiarvoa. Paras toimivuus saavutetaan yhdistämällä linkkiasemat ja kiinteät työasemat kaapeliverkolla sekä siirrettävät laitteet langattomalla verkolla. /2/

WLAN-yhteyspisteen antenni muuttaa sähköenergiaa sähkömagneettiseksi säteilyksi. Kun samaa antennia käytetään lähetykseen ja vastaanottoon, muuttaa se myös vastaanotettua säteilyä sähköiseksi signaaliksi. Haluttaessa mahdollisimman suuren pinta-alan peittoa, on työhön valittu vaakatasossa ympärisäteilevä antenni. Tällaisen antennin pystysuuntainen

suuntakuvio on kapea ja epäsymmetrinen. Lähetystehoa ei haluttu tuhjata antennin yläpuolelle, mutta alapuolella oleva katvealue on haitallinen. /6/

Yksi langattomalle verkolle asetettu tavoite on turvallisuus. Yritystason langattomissa lähiverkoissa pitää huolehtia seuraavista tietoturvan perusmäärittelyistä:

- Varmistetaan WLAN-laitteiden fyysinen tietoturva sijoittamalla yhteyspisteet, sillat ja antennit pois ulkopuolisten ja omien käyttäjien silmistä. Näin laitteen konsoliporttiin ei ole helppo kytkeä työasemaa ja muuttaa laitteen asetuksia.
- Poistetaan kaikki oletusmäärittelyt: SSID-tunnukset, käyttäjät ja salasanat. /6/

Langattoman lähiverkon radiosignaalin etenemistä ei voida rajoittaa vain halutulle alueelle, vaan radioaallot ja niiden sisältämä informaatio ovat kuultavissa myös halutun alueen ulkopuolella. Tiedon luottamuksellisuuden takaamiseksi on käytettävä salausta. 802.11-standardin WEP-salaus on heikko ja haavoittuva, mutta kun huomioidaan sen rajoitteet, tarjoaa se kohtuullisen ja yksinkertaisen vaihtoehdon päätelaitteen tunnistusmenetelmänä. /7/

WEB-salaus on symmetrinen, ja kaikille langattomille asemille pitää määritellä sama avain kuin yhteyspisteellä. Salausavaimia on kaksi: 40-bittinen ja 104-bittinen, joihin molempiin lisätään 24 bitin alustusvektori. /6/

WEB-tunnistus perustuu jaetun avaimen menetelmään. Yhteyspisteen ja WLAN-päätelaitteen sanomaliikenne tunnistustilanteessa on seuraavanlainen:

- Työasema lähettää Authentication Request-pyynnön, jossa se ilmoittaa tukevansa jaetun avaimen tunnistusta.
- Yhteyspiste lähettää päätelaitteelle satunnaisen haastetekstin 802.11-hallintakehyksessä, jonka tunnistusalgoritmiksi ilmoitetaan jaetun avaimen tunnistus, tilakoodiksi onnistunut, haastetekstiksi generoidaan satunainen merkkijono.
- Työasema lähettää vasteena saman tunnistusalgoritmin ja haastetekstin, mutta salaa informaatioelementit omalla WEB-avaimellaan.

- Yhteyspiste yrittää purkaa vasteen informaation omalla avaimellaan ja vertaa tulosta lähettämäänsä haasteeseen. Jos tulokset ovat samat, olivat myös salausavaimet samat ja tunnistus hyväksytään kuittaussanomalla. Negatiivisessa tapauksessa lähetetään epäonnistunut syykoodi. /6/

Kun WEB-avainta ei koskaan lähetetä ilmatiellä, on tämä tunnistustapa yhtä vahva kuin käytetty salausmenetelmä. Selvä heikkous on se, että kaikilla työasemilla pitää olla sama avain kuin yhteyspisteessä. WEB-salaus tarjoaa edellisiä tunnistusmenetelmiä paremman turvan, kun langattoman lähiverkon palvelut rajoitetaan muulla tavoin. Käytettäessä WEBiä vain tunnistukseen ei murtautujalle anneta paljota lähtödataa. /6/

Parhaassa mahdollisessa tilanteessa yhteyspiste lähettää kehyksen langattomalle päätelaitteelle heti prosessointinsa ja vuoronvarauksen jälkeen. Vuoronvarauksen ja yhden kehyksen lähettämisen aiheuttama viive on merkityksetön, 385 - 670 us odotusviiveen arvon mukaan. Suuremman datamäärän lähettamisestä johtuva viive voidaan laskea asemakohtaisen käytännön siirtonopeuden ja datamäärän mukaan. /6/

Päätelaitteen siirtyminen solusta toiseen ja kehysten puskurointi aiheuttavat viivettä. Uudelleenliittymisen viive on 100 - 300 ms, jona aikana kehykset puskuroidaan vanhaan yhteyspisteeseen ja siirretään sieltä uuteen yhteyspisteeseen, joka lähettää kehykset päätelaitteelle. Ellei kattavuus ole täydellinen, ei yhteyspiste voi lähettää kehyksiä ja yhteyskatko on pitempi. Tämän vuoksi on pyrittävä löytämään optimaalinen määrä tukiasemia sillan matkalle koko alueen kattamiseksi signaalilla. /6/

Ellei radiotiellä ole häiriöitä, kaikki kehykset vastaanotetaan virheettömästi ja kuitataan saapuneiksi. Häiriöiden kasvaessa tai kentänvoimakkuuden pienentyessä alkaa radiotiellä tapahtua enemmän siirtovirheitä. Suurin osa yksittäisistä bittivirheistä havaitaan WLAN-kehysten tarkistussummalla, jolloin virheellinen kehys hylätään eikä sitä kuitata. Kuittauksen puuttuminen aiheuttaa uudelleenlähetyksen, joten siirtovirhe aiheuttaa viivettä, ei kehysten häviämistä. /6/

Yksi ratkaistavista ongelmista on saada paneeli vaihtamaan yhteyspistettä siirryttäessä sillan suuntaisesti päästä toiseen. Infrastruktuuriverkolla pyritään kattamaan haluttu alue. Tähän tarvitaan useampia yhteyspisteitä. Kun solujen peittoalueet ovat hieman päällekkäin, voidaan liikkuville asemille tarjota mahdollisuus siirtyä tukiasemasta toiseen ilman katkosta. WLAN-tekniikassa tämän palvelun nimi on Roaming eli vaeltaminen. /6/

## **2.7. Käyttöliittymä**

Käyttöliittymällä (Human Machine Interface, HMI) tarkoitetaan tietokoneen ja ihmisen väliseen vuorovaikutukseen tarvittavia ohjelmia ja laitteita. Operaattori tarvitsee käyttöliittymän, jonka kautta hoidetaan prosessin ohjaus. Prosessin ohjaus tapahtuu monitorilla esitettävien näyttötyyppien kautta. Moottoriohjausta varten voidaan näytölle avata ohjausnäyttö, jonka kautta voidaan tehdä ohjaustapa- ja asetusarvomutoksia sekä ajaa ohjauksen lähtöä suoraan käsiohjaustilassa. /2/

Sovellussuunnittelua toteutetaan graafisilla työkaluilla ja tietokantapohjaisesti. Suunnittelun kohteita ovat erilaiset ohjelmistot ja mekaaniset rakenteet. Ohjelmistosuunnittelu tuottaa säätö- ja sekvenssiohjelmat, jotka määräävät prosessin toiminnan. Lisäksi suunnitellaan mitkä tiedot kannattaa kerätä ja tallentaa erilaisiin tiedonkeruu- ja tallennusjärjestelmiin. Diagnostiset ominaisuudet vaativat suunnittelua, jotta suuresta diagnostiikkatietomäärästä osattaisiin heti erottaa merkittävät asiat ja ryhtyä tarpeellisiin toimiin ennakoivasti. /2/

Käyttöliittymät näyttötyypeineen vaativat suunnittelijalta tavallisesti erikoisosaamista, jotta varsinkin isojen ja vaativien prosessien ohjaus olisi ergonomista ja hallittavissa vaikeissakin ajo- ja häiriötilanteissa. /2/



### **3. OHJAUKSEN TOTEUTUS**

Sillan ja levityksen ohjaus on tehty automaattisesti toimivaksi GPS-paikannusta hyväksi käyttäen. Normaaliajossa operaattorin tarvitsee vain valvoa koneen toimintaa. Sekä sillan ajoon että levitykseen on tehty käsiajomahdollisuus, jota tarvitaan vain poikkeustilanteissa. Telavaunujen yksittäisiin ohjauksiin voidaan käyttää joko valvomo-ohjelman käsiohjausta tai sitten voidaan ottaa kannettava paneeli ja tehdä sillä tarvittavat korjaavat ohjaukset. Sillansiirto seuraavalle levitettävälle lohkolle tapahtuu hallitusti paneeliohjelman käsiajolla.

Ohjelman toteutuksessa liitettiin paneelin käyttöön tehdyt logiikkalohkot ja toiminnot yhteen isompaan ohjelmointiprojektiin.

#### **3.1. Ohjelman määrittely**

Sillan paikoitus automaattiajolla perustuu GPS-tekniikkaan. Operaattorin on mahdollista ajaa siltaa myös käsin. Oletuksena käsiajo toimii siten, että päälle kytkettäessä se vaikuttaa vaunujen 1, 5 ja 9 taajuusmuuttajien nopeusohjeeseen. Muut vaunut kelluvat automaattisesti sillan alla x- ja y-poikkeamien mittauksen perusteella kuten automaattiajossakin.

Haluttaessa voidaan ajaa myös yksittäisiä telavaunuja. Valvomonäytöltä voidaan valita tietyn vaunun kohdalta erikseen käsiajon ohjaus ja vaunun ohjausikkunan välityksellä sitä voidaan ajaa mielivaltaisella tavalla. Tämä vaatii kuitenkin operaattorilta tarkkaavaisuutta. Tähän parempi ratkaisu on ohjata vaunua paikallisesti kentältä kannettavalla operointipäätteellä, jolloin näköyhteys vaunuun ja sen ympäristöön säilyy.

Telavaunun ohjaus hoidetaan kahdella taajuusmuuttajakäytöllä ohjattavalla moottorilla. Suoraan ajettaessa molempien telojen taajuusmuuttajille annetaan sama nopeusohje. Käännettäessä vaunua toista telaa nopeutetaan ja toista hidastetaan. Taajuusmuuttajia

varten on logiikkaan saatavilla omat ohjaus- ja hallintalohkonsa. Taajuusmuuttajille annetaan nopeusohjetta etukäteen määritellyillä arvoilla 0 - 100 %. Tätä arvoa voi operaattori halutessaan muuttaa valvomonäytöltä tai paneelilta ajon parametreista.

Sillan poikittaista kallistumaa korjataan automaattisesti säätämällä kahden vastakkaispuolelle asennetun, ristiinkytketyn kaksitoimisen sylinterin painetta. Silta on varustettu kallistusanturilla, jonka antaman tiedon perusteella säädetään sylintereihin kytkettyä proportionaaliventtiiliä, jotta sillan kallistuma saadaan korjattua z-akselin suuntaiseksi. Kallistumaa voidaan korjata tarvittaessa myös käsin. Paneelille tehdään jokaiselle telavaunulle oma sillan kallistuksen säädin.

## **3.2. Käyttöliittymän toteutus**

Sillan käyttö ja valvonta hoidetaan pääasiallisesti Siemens WinCC -valvomo-ohjelmistolla varustetulla valvomo PC:llä. Valvomotila sijaitsee purkausvaunu 2 yhteydessä. Yhteen koko kuljetinjärjestelmän keskeisistä sähkötiloista asennetaan palvelinkone valvomo-ohjaukselle. Kuljetinjärjestelmän sähkötiloihin tulee asiakaskoneet, sillan tapauksessa purkausvaunun valvomoon. Tällä ratkaisulla pystytään hoitamaan koko järjestelmää samanlaisilla näytöillä monesta eri paikasta.

Telavaunujen käsiajoa varten järjestelmään tulee WinCC Flexible -pohjainen kannettava langattoman WLAN-verkon välityksellä toimiva operointipääte. Näin pystytään jättämään kiinteät johdolliset ohjaimet pois telavaunuista, joten paikallisohjaus helpottuu ja onnistuu hieman kauempaakin. Tämä on myös turvallisuuskysymys kun ollaan kauempana teloista, ja nähdään paremmin ympäristössä huomioon otettavat seikat.

### **3.2.1. Telavaunujen ohjaukset**

Paneelin pääasiallinen käyttö tulee koskemaan siltakuljettimen yhdeksän telavaunun ohjausta. Vaunuja voidaan ohjata yksitellen tai kaikkia yhdessä. Yksittäisiä vaunuja

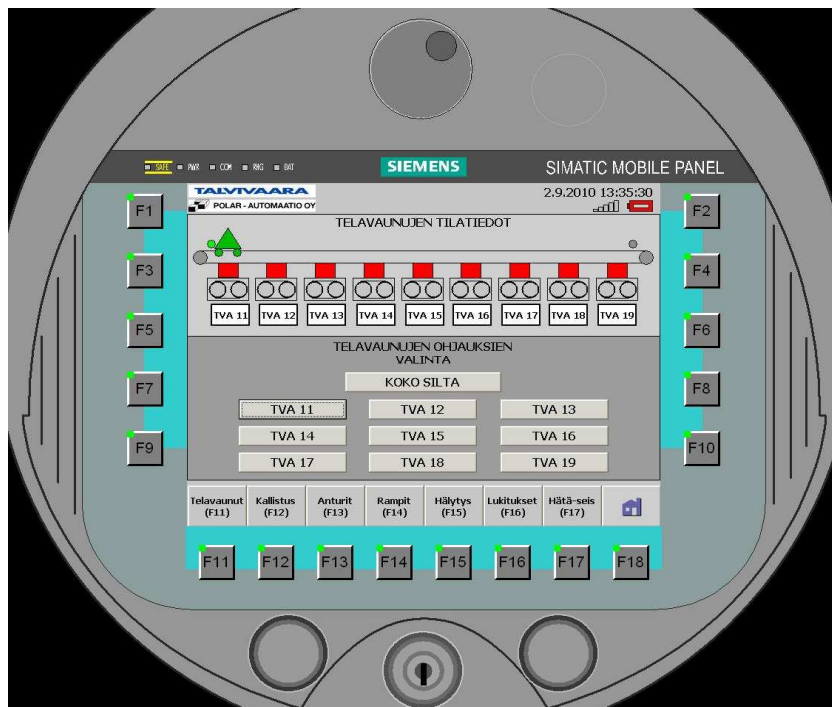
voidaan käännellä paikallaan, ohjata niitä eteenpäin tai taaksepäin. Vaunussa on kaksi telaa ja niiden moottoreiden nopeutta säädellään ABB:n taajuusmuuttajilla. Käyttöliittymä on pyritty saamaan käyttäjälle mahdollisimman helpoksi ja havainnollistavaksi.

Pääsivuna on telavaunujen ohjauksiin liittyvä näyttö. Sivun yläosassa havainnollistetaan vihreällä kolmiolla purkausvaunu 2:n paikkatieto sillalla. Kuvake näyttää PVA2:n todellisen paikkatiedon graafisena. Purkausvaunu liikkuu kiskoilla siltakuljettimen päällä x-suunnassa. Tämän lisäksi näytetään PVA2:n pysäytysraja tieto (länsi/itä) punaisella ympyrällä, jos raja on aktiivisena. Telavaunujen kohdalla vilkkuu punainen ruutu, jos hätäseis-tieto on aktiivisena.

Telavaunujen 11 - 19 sekä koko sillan ohjauksiin pääsee sivun alaosassa olevista napeista, kuten kuvasta 7 on nähtävillä.

Paneelilla tehtyjen ehtojen tulee täytyä, jotta telavaunujen ohjaaminen olisi mahdollista. Tämän mahdollistaa operaattorin valvomosta antama lupa paneelille. Tämän jälkeen sillan automaattiohjaus ei ole enää mahdollista, eikä valvomosta ole mahdollista edes käsiajolla ohjata yksittäisiä telavaunuja. Luvan antaminen ei vaikuta murskan levitykseen, vaan purkausvaunu 2 jatkaa liikettään automaattilla kuten normaalisti.

Paneelilla ohjattaessa yksittäisiä vaunuja on otettava huomioon purkausvaunun sijainti siltakuljettimella. Jos purkausvaunu sijaitsee liikuteltavan telavaunun kohdalla, niin silta ei pääse liukumaan akselia pitkin ja voi päästä syntymään jännitteitä, jotka laukeavat myöhemmin aiheuttaen sillan liian suuren siirtymän telavaunun paikkaan nähden. Tämä voi johtaa induktiivisen raja-anturin aktivoitumiseen, mikä aiheuttaa lukituksen kyseessä olevalle telavaunulle.



Kuva 7. Telavaunujen valinnat

### 3.2.2. Ohjausikkuna

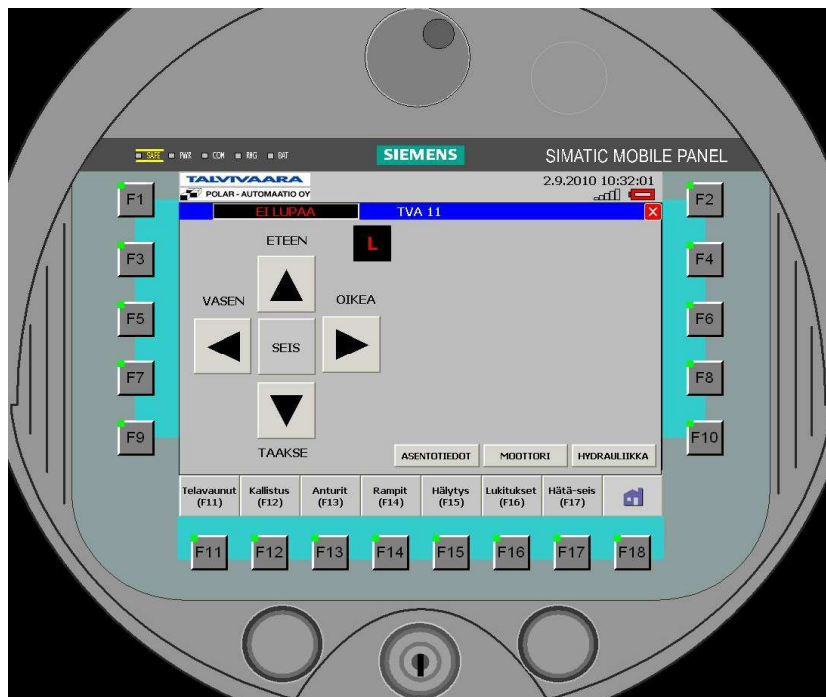
Telavaunujen ohjausikkunaan pääsee pääsivulta painamalla halutun telavaunun painiketta. Napista painettaessa kyseinen telavaunu asetetaan käsiajolle ja kaikki muut vaunut automaatile. Ohjattaessa tarkastellaan nimenomaan käsiajolle valittua vaunua. Ajonappi yhdistetään tähän käsiajobittiin ja näin oikea telavaunu saadaan liikkeelle, kun myös ko. telavaunun suunta on annettuna.

Aina tultaessa tälle telavaunujen ohjauksen valintasivulle asetetaan kaikki telavaunut automaatile ja niiden suuntavalinnat resetoitetaan. Tällä tavalla saadaan esimerkiksi yhteyskatkoksen aiheuttamat ongelmat poistettua, koska väärä bitti voisi muutoin jäädä päälle.

Ohjausikkunan yläreunan palkissa näkyy, onko paneelilla lupa telavaunujen ohjaukseen. Lisäksi palkissa näkyy ohjattavan telavaunun tunnus ja oikeassa reunassa on ohjausikkunan sulkeva X-nappi.

Yläpalkin alapuolella näkyy mustalla pohjalla punainen L-kirjain kuvake, jos ko. telavaunulla on lukitsevia tiloja kuten kuvassa 8. Kuvaketta painamalla pääsee katsomaan tarkemmin telavaunun lukitus- ja häiriötietoja lukitus-ikkunaan, josta on tarkemmin kerrottu kohdassa 3.2.7.

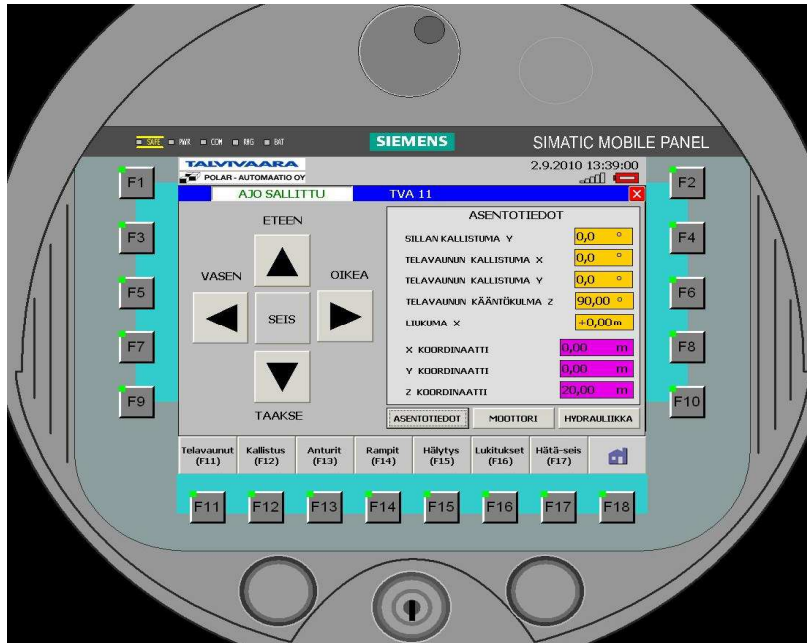
Ohjausikkunan oikeassa alareunassa sijaitsevat napit “ASENTOTIEDOT”, “MOOTTORI” ja “HYDRAULIIKKA”. Nappia painamalla avautuu ikkunan oikeaan laitaan tarkempia tietoja valitusta telavaunusta.



**Kuva 8. Telavaunun ohjausikkuna**

Ohjausikkunan oikeaan reunaan tulee näkyviin ko. telavaunun paikka- ja asentotietoja, kun “ASENTOTIEDOT” on valittuna. Kaikki tiedot tässä ruudussa ovat informatiivisia eikä niitä voi muuttaa. Kuvassa 9 on esimerkkinä telavaunu 11:n asentotiedot.

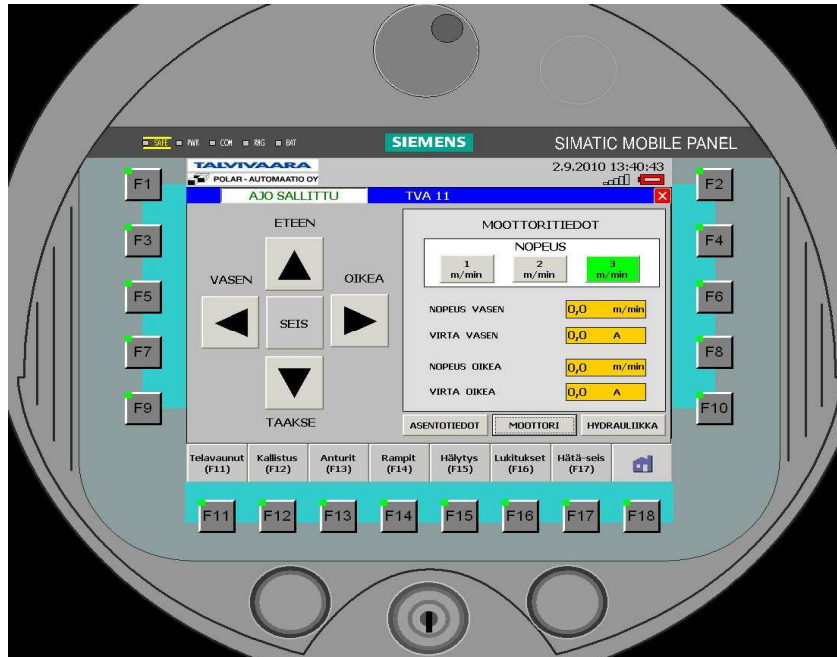
Telavaunuilla 11, 15 ja 19 näkyvät vaunun sijainnin GPS-koordinaatit x, y, ja z. GPS-signaalin ollessa heikko pohjan värinä on violetti. Telavaunuilla 12, 13, 14, 16, 17 ja 18 ei ole GPS-tietoja, mutta niillä näkyy sillan suuntaisen y-liukuman arvo.



**Kuva 9. Ohjausikkuna asentotiedoilla**

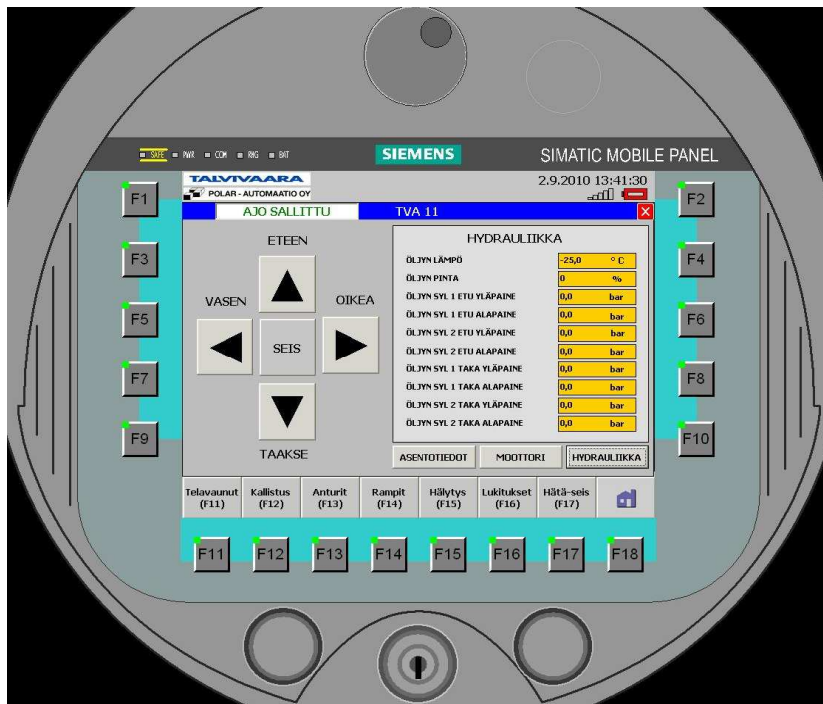
Ohjausikkunan oikeaan reunaan tulee näkyviin ko. telavaunun moottorin tilatietoja, kun "MOOTTORI" on valittuna. Kuvassa 10 on esimerkkinä telavaunun 11 moottoritiedot.

Telavaunulle voidaan antaa nopeusohjeena yksi, kaksi tai kolme metriä minuutissa. Käyttäjän valitsema nopeus näkyy vihreänä. Telavaunua ei voi ohjata ennen kuin jokin nopeuksista on valittuna. Reaaliaikaisina tilatietoina ovat moottorin vasemman ja oikean puolen nopeudet sekä virran kulutukset.



**Kuva 10. Ohjausikkunan moottoritiedot**

Ohjausikkunan oikeaan reunaan tulee näkyviin ko. telavaunun hydrauliiikan tilatietoja, kun “HYDRAULIIKKA” on valittuna. Kaikki tiedot tässä ruudussa ovat informatiivisia eikä niitä voi muuttaa. Hydrauliiikka liittyy telavaunun sillankallistukseen. Kuvassa 11 on esimerkkinä telavaunu 11:n hydrauliikkatiedot.

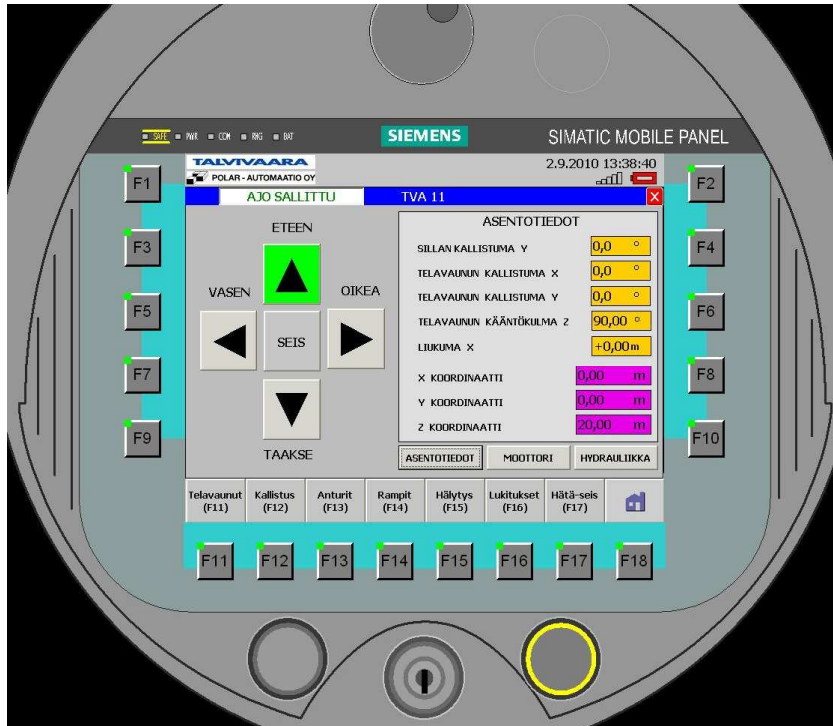


**Kuva 11. Ohjausikkunan hydrauliiikatiedot**

Kuvassa 12 on esimerkkinä kannettavan paneelin näkymä, kun ohjaus on mahdollista. Telavaunun ohjaus on mahdollista luvan ollessa myönnettynä valvomosta. Ohjausikkunan vasemmassa yläreunassa on teksti, joka kertoo milloin paneelille on lupa annettu. Suuntavalintoina ovat “ETEEN”, “TAAKSE”, “VASEN” ja “OIKEA”. “SEIS”-napista telavaunun moottorit sammutetaan heti niiden liikkeen pysähtyttyä. Muutoin on viiden sekunnin viive ennen kuin taajuusmuuttajat sammutetaan.

Ajo tapahtuu paneelin alalaidassa I-merkinnällä olevasta vihreästä valaistusta painonapista pitämällä sitä pohjassa niin pitkään kuin liikettä halutaan. Napissa palaa valo kun ajo on mahdollista ja valo vilkkuu kun ajo on meneillään. Nappi löysäämällä telavaunu aloittaa pysähtymisen taajuusmuuttajan rampin mukaisesti.





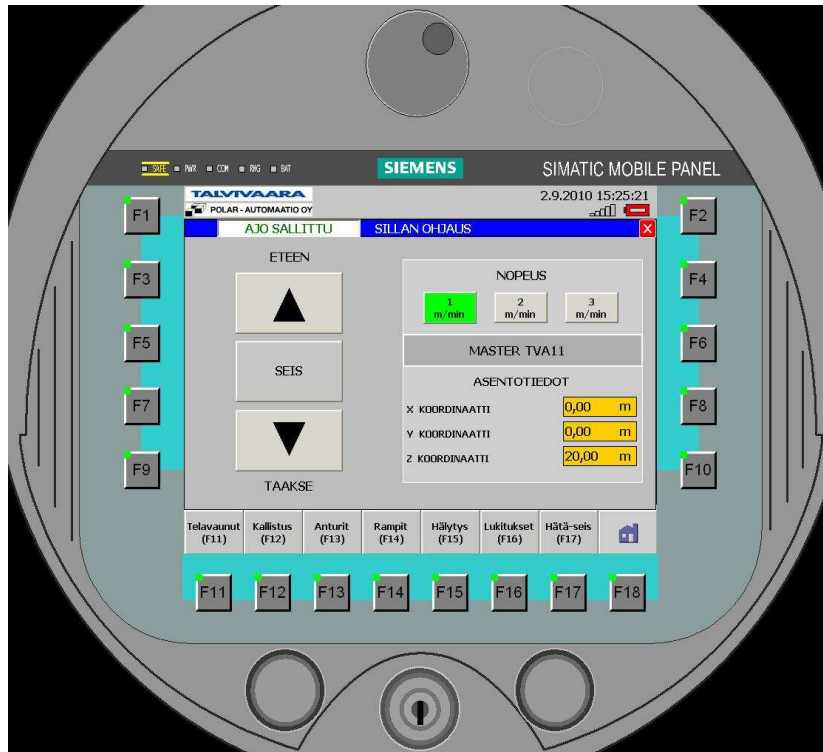
**Kuva 12. Telavaunun ohjausikkunan näkymä ohjattaessa**

Nopeusohjeina “MOOTTORI”-ruudusta voi valita joko yksi, kaksi tai kolme metriä minuutissa. Oletusarvona on metri minuutissa, jota käytetään nopeutena myös automaattiajolla.

Koko sillanohjaus on mahdollista luvan ollessa myönnettynä valvomosta. Suuntavalintoina ovat “ETEEN” ja “TAAKSE”. Painettaessa suuntaa valmistellaan telavaunut siirtoon. “SEIS”-napista telavaunujen taajuusmuuttajat sammutetaan. Kuvassa 13 on näkymä sillan ohjausikkunasta.

Ajo tapahtuu paneelin alalaidassa I-merkinnällä olevasta vihreästä napista pitämällä sitä pohjassa ajon ajan. Napissa palaa valo ajon ollessa mahdollista ja valo vilkkuu ajon ollessa käynnissä. Nappi löysäämällä telavaunut aloittavat pysähtymisen.

Nopeusohjeina voi valita joko yksi, kaksi tai kolme metriä minuutissa. Ohjausikkunassa näkyy kumpi telavaunuista, 11 vai 19, on mastervaunu, sekä kyseisen telavaunun paikkatiedot.

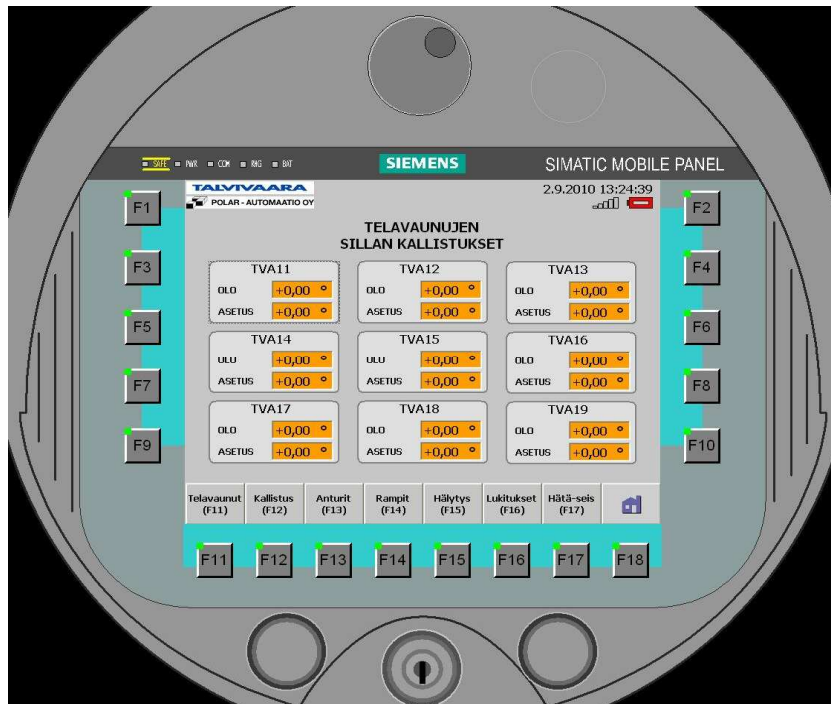


Kuva 13. Sillan ohjausikkuna

### 3.2.3. Sillan kallistus

Telavaunujen ja siltarakenteen välistä kallistusta hallitaan hydraulisyylintereillä. Sylintereitä ohjataan logiikasta proportionaaliventtiilin avulla. Kulma säädetään siltarakenteeseen asennettujen kallistusanturien perusteella siten, että silta on aina pystysuorassa riippumatta alustan kaltevuudesta. Kallistuksen säätimeen asetetaan pieni ikkuna (kuollut alue), jolla sallitaan mittauksen ja asetusarvon pieni poikkeama. Näin estetään säädön jatkuva korjausliike oltaessa kallistuksessa sallitulla alueella.

Telavaunujen 11 - 19 sillan kallistus arvot löytyvät paneelin sivulta kallistus (kuva 14). Sivulla on olo- ja asetusarvot jokaiselle yksittäiselle sillan telavaunulle. Telavaunun ruutua painamalla pääsee halutun telavaunun säätöikkunaan.



Kuva 14. Telavaunujen sillan kallistumat



Kuva 15. Sillan kallistuksen säädin (automaatti)

Poikkeustilanteissa siltaa voidaan kallistaa poikkeamaan oletusarvoisesta nolla-asteesta. Asetusarvojen muutokset paneelilta ovat mahdollisia vain luvan ollessa valvomosta

myönnettynä. Toinen kallistuksen mahdollistava tekijä on hydraulikkapumppu, jonka on oltava päällä säädön ajan.

Automaatilla sillan kallistusta säädetään muuttamalla asetusarvoa. Silta kallistuu logiikkaan syötetyn ohjearvon mukaisella nopeudella (20 %) uuteen asetusarvoon. Kallistuksessa on referenssi-ikkuna (0,05°), joten säätö ei saavuta täysin uutta asetusarvoa. Kuvassa 15 on esimerkkinä telavaunun 11 sillan kallistuksen säätöikkuna automaattisäädöllä.



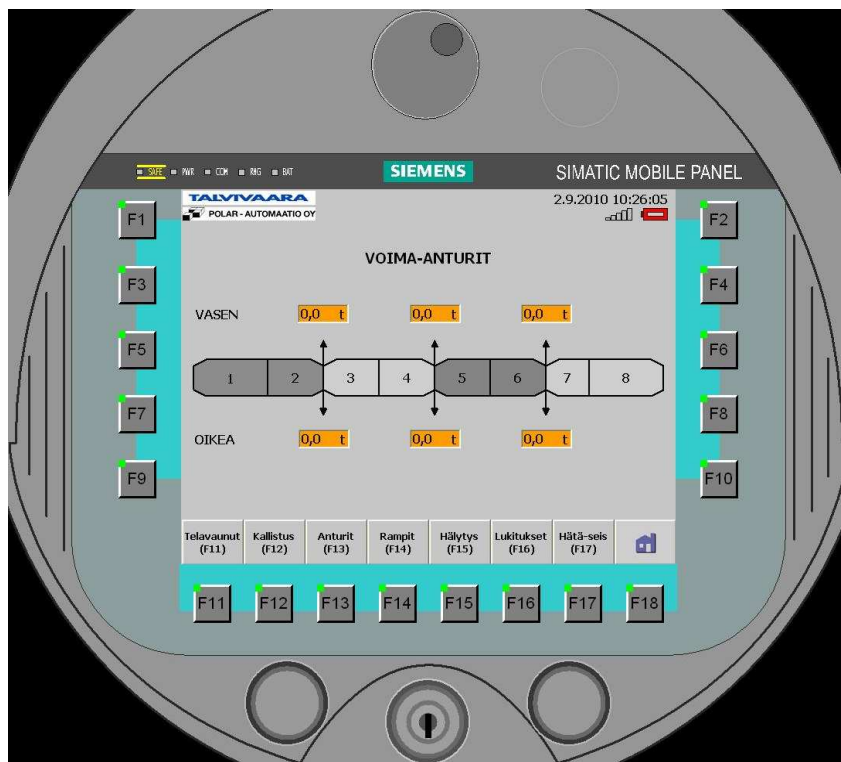
**Kuva 16. Sillan kallistuksen säädin (käsiohjaus)**

Käsiohjauksella nopeusohje kentässä voidaan muuttaa säätöventtiilin auki kulmaa (0 - 100 %). Oletusarvona on 20 %. Kallistus eteen/taakse tapahtuu nopeusohjeen mukaisella vauhdilla pidettäessä nappia 'kallistus eteen' tai 'kallistus taakse' pohjassa. Kuvassa 16 on näkymä sillan kallistuksen säätimen käsiohjauksesta.

### 3.2.4. Voima-anturit

Siltakuljetin koostuu kahdeksasta toisissaan kiinni olevasta lohkoista. Lohkot on saranoitu kiinnityskohdistaan, joka mahdollistaa tietyn liikkumavaran. Lohko yksi on sillan telavaunu 11:n päässä ja lohko kahdeksan sijaitsee telavaunun 19 päässä.

Voima-anturit mittaavat siltalohkojen välistä vääntömomenttia lohkojen 2-3, 4-5 ja 6-7 väleillä. Mitta-alue on 0 - 300 tonnia. Lukitsevana arvona on 200 tonnia. Kuvassa 17 on näkymä voima-antureiden sijoittelusta.



Kuva 17. Anturit-sivu

### 3.2.5. Lastausrampit

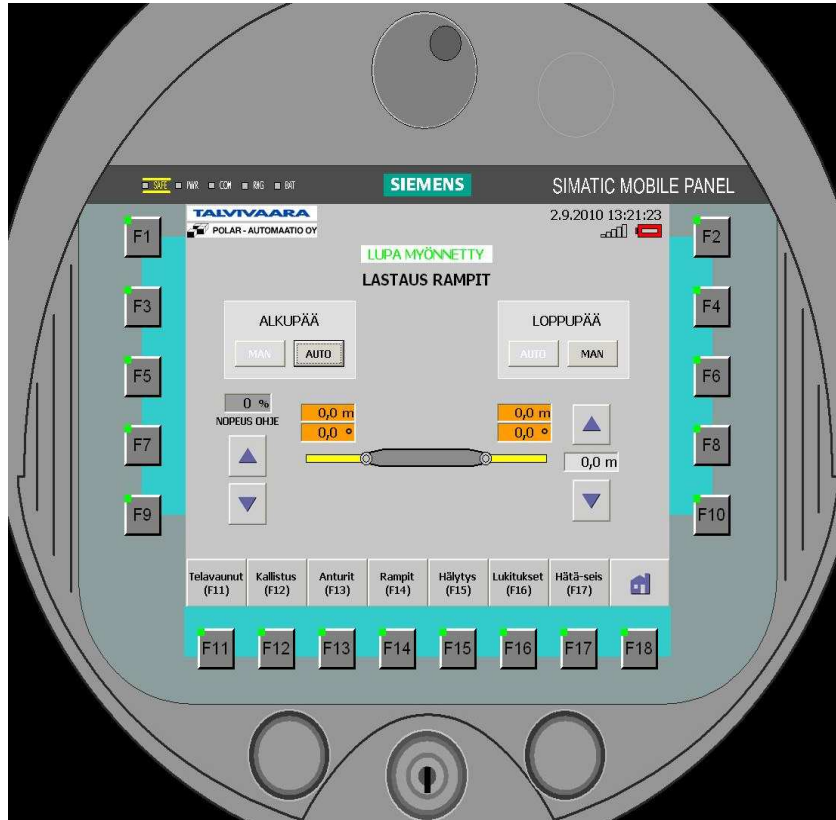
Alku- ja loppupään lastausramppien ohjaukseen tarkoitettu sivu on nimeltään rampit. Ramppien ohjaus paneelilla on mahdollista vain luvan ollessa valvomosta myönnettynä.

Ilman lupaa sivulta voi tarkastella ramppikulmien astelukuja ja kuljettimen etäisyyttä suppiloon.

Ramppien oloarvot näkyvät sivulla oranssilla pohjalla. Kulma esitetään asteina (0 - 10°) sekä kuljettimen 4 etäisyytenä (m) suppiloihin 370SUP0004A/370SUP0004B. Näytössä ramppien kulman oloarvo havainnollistetaan graafisesti.

Ohjausta voidaan suorittaa automaattilla tai käsiajolla. Automaatilla ohjearvoa, jonka mukaan ramppi säätää itsensä, voidaan muuttaa painamalla nuolinäppäimiä. Yksi painallus lisää/vähentää 0,1 m ohjearvosta. Oletusarvona 1,5 m.

Käsiäjolla nopeusohje kentässä voidaan muuttaa säätöventtiilin auki kulmaa (0 - 100 %). Oletusarvona 20 %. Ramppi liikkuu ylös/alas nopeusohjeen mukaisella vauhdilla pidettäessä nappia pohjassa. Kuvassa 18 on havainnollistettuna alkupään rampin käsiohjaus ja loppupään rampin automaattiohjaus.



**Kuva 18. Näkymä Rampit-sivulta**

### 3.2.6. Hälytykset

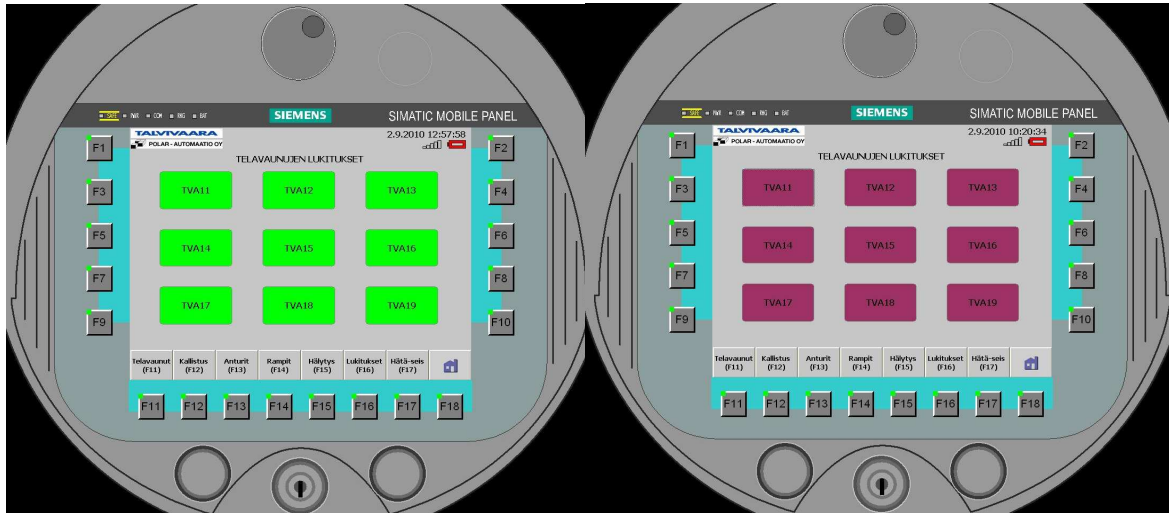
Hälytykset sivulla on hälytyslista, josta näkee luettelomaisesti listattuna kaikki aktiiviset hälytykset. Hälytys tulee telavaunujen aktiivisista lukituksista ja hätä-seis-tiedoista. Muita hälytyksiä ei ole vielä otettu mukaan, vaan niitä lisätään myöhemmin, jos se katsotaan tarpeelliseksi.

Listassa on hälytyksen synnyn kellonaika, päivämäärä ja positio/kuvaus. Esimerkkinä kuvassa 19 kaikilla telavaunuilla on aktiivisena jokin lukitus. Hälytys katoaa listasta sen poistuttua. Vasemmassa yläkulmassa oleva kolmiokuvake ilmaisee hälytysten määrän ja olemassaolon. Tämä hälytyksiä indikoiva kuvake näkyy jokaisella sivulla vasemmassa yläreunassa.



Kuva 19. Hälytys sivu

### 3.2.7. Lukitukset

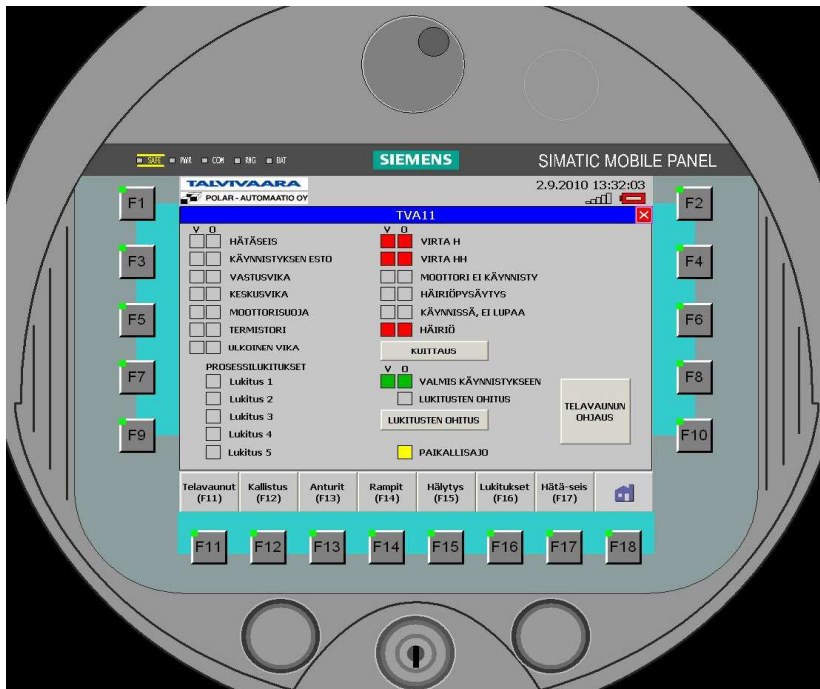


**Kuva 20. Lukitussivun päänäyttö**

Telavaunuille on oma sivu lukituksille. Sivulla on jokaiselle telavaunulle oma ruutu jonka värillä indikoidaan onko vaunussa aktiivista lukitusta vai ei. Jos ruudun väri on vihreä (kuvan 20 vasemmalla puolen), niin telavaunussa ei ole lukituksia tai häiriöitä aktiivisina. Jos taas ruudun väri on purppura (kuvan 17 oikealla puolen), niin telavaunulla on jokin lukitus tai häiriö aktiivisena.

Telavaunun ruutua painamalla pääsee katsomaan ko. telavaunun lukitusikkunaa. Toinen vaihtoehto lukitusikkunan avaamiseen on käyttää paneelin laidassa olevia funktionäppäimiä. Kuvassa 21 on esimerkkinä telavaunun 11 lukitusikkuna.





**Kuva 21. Telavaunun 11 lukitusikkuna**

Lukitusikkunassa nähdään telavaunun ohjaukseen liittyvät tilatiedot. Tilatiedot näytetään molemmille teloille erikseen. Punainen ruutu osoittaa aktiivisen lukituksen/häiriön. Häiriön poistuttua suoritetaan häiriön kuittaus painikkeesta, jonka jälkeen telavaunun ohjaus on mahdollista.

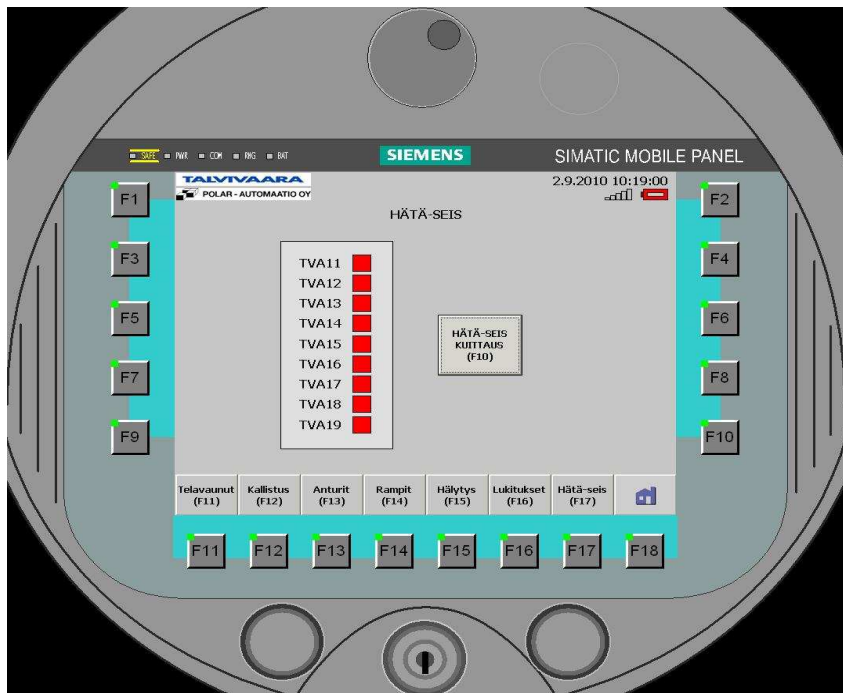
Molempien telojen ollessa valmiita käynnistykseen 'valmis käynnistykseen' kohtaan tulee vihreät ruudut ja tämän jälkeen voidaan telavaunua ohjata ohjausikkunasta. Jos telavaunu on esim. kääntynyt äärirajalle ja lukitus on koko ajan aktiivisena, niin ohjaus ei onnistu. Tämän vuoksi ikkunaan on tehty kohta 'lukitusten ohitus', jolla saadaan ohitettua joitain lukitsevia tiloja, että telavaunu saadaan ohjattua pois lukitsevalta rajalta.

Ikkunasta on myös mahdollista siirtyä suoraan ko. telavaunun ohjaukseen. Tämä nopeuttaa ja helpottaa siirtymistä ohjausikkunaan, kun on käyty katsomassa ja kuittaamassa tarvittavat tiedot. Ikkunan sulkeminen tapahtuu oikean yläkulman X-kuvakkeesta.

### 3.2.8. Hätä-seis

Hätä-seis sivulla on nähtävillä telavaunujen 11 - 19 hätä-seis-tilatiedot. Punaisella ruudulla kuvataan kuittaamatonta tilatietoa. Puna-mustana vilkkuva hätä-seis kuvaa aktiivista ei-kuitattua tilaa ja harmaa ruutu kuvaa normaalitilaa. Kuvassa 22 on kaikkien telavaunujen hätä-seis-tilat aktiivisina.

Sivulla on kuittauspainike, jolla kuitataan aktiivisena olevat hätä-seis-tilat, jolloin niiden fyysinen painike ei ole painettuna. Samalla napilla voidaan kuitata jokaisen telavaunun hätä-seis-tila.



Kuva 22. Hätä-seis sivu

### 3.3. Logiikkaohjelman toteutus

Logiikkaohjelmaan tehtiin paneelisovellusta varten oma tiedostoyksikkö (DB), mihin tehtiin kaikki paneelia koskevat muuttujat joita ohjelmassa tarvitaan. Muuttujat ovat

esiteltynä liitteessä 1. DB liitettiin Siemens S7 managerissa yhteiseen SK10-projektiin. Muuttujia käytettiin telavaunujen ohjausfunktioissa suorittamaan haluttuja toimintoja.

### **3.3.1. Valaistut painonapit**

Paneelin alalaidassa olevat kaksi painonappia saadaan valaistua käyttötarkoituksen mukaan. Tähän sovellukseen käytettiin valoja indikoimaan, millainen on nappien tila. Molemmille valoille erikseen on mahdollista neljä eri tilaa: ei valoa, valo vilkkuu hitaasti, valo vilkkuu nopeasti tai valo palaa tasaisesti.

Tiloista käytettiin kolmea. Jos ei ole mahdollista ohjata, niin silloin ei ole valoa. Jos valo palaa tasaisesti, on ohjaus sallittu ja suunta valittu. Tällöin on ohjaus napista mahdollista. Kolmas tila on valon vilkkuminen nopeasti. Tätä käytetään indikoimaan ohjauksen suorittamista eli telavaunu on silloin liikkeellä.

Logiikkaan tehtiin FC lohkon networkit, joissa tarkastellaan ja kirjoitetaan oikeaa valon tilaa. Liitteessä 2 on nähtävillä valon muodostamisesta esimerkki. Napeille on omat sanamuuttujansa, joiden arvoa muuttamalla tilat vaihtuvat.

### **3.3.2. Hälytysten luonti**

Logiikkaohjelmaan tehtiin hälytyksille oma tiedostoyksikkö DB 271. Hälytykset paneelille tuodaan sanoissa. Tätä varten varattiin DB-taulukkoon runsaasti sanoja taulukkomuodossa. Liitteessä 3 on kuvaukset DB:stä 271 sekä FC lohkoista 271, jossa hälytystiedot siirretään bitteihin, joita käytetään paneelisovelluksessa.

Hälytysbittiä käytetään paneelissa näyttämään aktiiviset hälytykset. Jokaiselle hälytykselle on annettava osoitetieto, joka laukaisee hälytyksen, kuvaus hälytyksestä ja tieto mihin luokkaan se kuuluu.

### **3.3.3. Lupa paneelin ohjaukselle**

Valvomosta tulee antaa lupa käyttää paneelia. Tällä estetään väärinkäytökset ja päällekkäin ohjaukset. Kun operaattori antaa luvan valvomosta paneelille, ei valvomo-ohjelmistosta telavaunujen ohjaus ole enää mahdollista. Paneelilla ohjauksen toinen salliva tekijä on WLAN-yhteyden kunnossa olo.

Liitteessä 4 on ohjelmaa koko sillan ohjauksesta. Siinä paneelilta on valittuna sillan ohjauksen käsiajo ja toinen ehto on WLAN-yhteyden olemassaolo. Tällöin sillan automaattiajo poistetaan. Ohjauslupa paneelilta poistetaan myös valvomosta.

### **3.3.4. Nopeusohje**

Telavaunun ohjaukseen tarvitaan luvan ja suuntavalinnan lisäksi kolmas ehto. Tämä on nopeusohje teloille. Paneelilla on mahdollisuus valita kolmesta esiasetetusta nopeudesta. Nämä ovat 1, 2 tai 3 metriä minuutissa.

Luvan ollessa paneelilla nopeuden vaihto on mahdollista. Sama nopeusohje asetetaan kaikille telavaunuille. Liitteessä 5 on esimerkkinä logiikkaan toteutettu 1m/min nopeusohjeen anto.

### **3.3.5. Purkausvaunun 2 paikkatieto**

Paneelin pääsivulla näytetään purkausvaunu 2:n paikka suhteessa siltaan. Liitteessä 6 on näytetty, miten REAL-muotoinen arvo muutetaan INT-arvoksi, jotta se voidaan esittää paneelissa animointina.

### **3.3.6. Telavaunun ohjaus**

Telavaunun ohjaukseen paneelilla tarvitaan useampi voimassaoleva ehto. Paneeliohjaus on käsiohjausta, joten ohjattava telavaunu on laitettava ensin käsiohjaustilaan. Liitteen 7 esimerkissä telavaunu 12 saa manuaaliarvon, kun paneelilla on lupa ja paneelilta on valittuna kyseisen telavaunun ohjausikkuna, joka asettaa vaunun käsiajolle.

Telavaunun ohjaukskäsky paneelilta moottoreille toteutuu, kun suuntavalinta ja ajolupa ovat kunnossa sekä valaistua painonappia painetaan. Liitteessä 8 on kuvattuna ohjaus-eteen käskyn mahdollistavat ehdot. Telavaunun liike aloitetaan ääni- ja valohälytyksen jälkeen kasvavalla, rampin mukaisella ohjeella, nopeusohjeen nopeuteen. Nappi löysättäessä liike pysähtyy hidastusrampin mukaisesti.

Jos yhteys katkeaa, niin ohjausbitti jää päälle, jolloin telavaunu jatkaa matkaa ilman, että se saa pysäytys käskyä. Tämän vuoksi tarkkaillaan koko ajan WLAN-yhteyttä. Sen katketessa niin ohjaus menee pois päältä ja vaunu pysähtyy.

### **3.4. Langattoman yhteyden toteutus**

Laitteiston valinnassa tuli ottaa huomioon haastavat olosuhteet jotka Talvivaarassa vallitsevat. Ensinnäkin ilmasto, eli laitteiden tulee kestää kuumuutta kesällä ja kylmyyttä talvella. Toiseksi laitteiden tulee kestää likaa, pölyä ja happamia nesteitä, joita malmikasan liuotus tulee aiheuttamaan toimintaympäristössä.

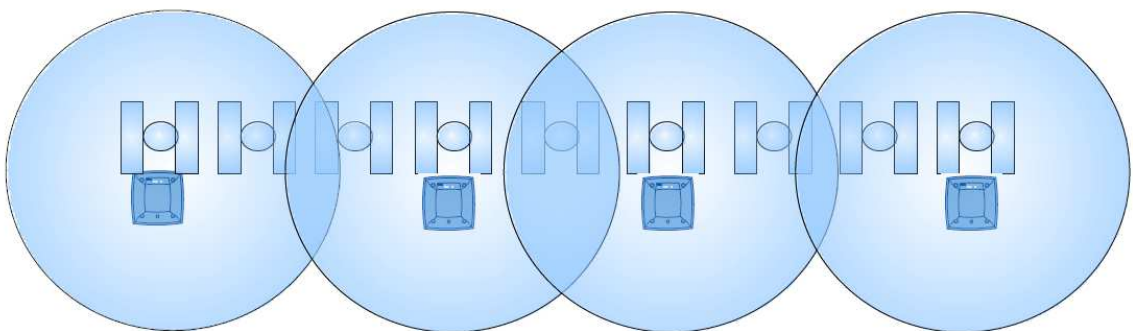
Tukiasemaksi valittiin Siemensin Scalance W786-1PRO, jonka toiminta lämpötiloiksi luvattiin -40 - +50 °C ja sen IP-luokitus on 65. Näin se kestää kosteutta ja sadetta. Tukiasemassa itsessään on lähetin, mutta sen teho ei riitä saamaan signaalin kantamaa tarpeeksi kauas, joten lisäksi tilattiin ulkoiset antennit ja niihin sopivaa antennikaapelia kaksi metriä. Antenneiksi valittiin 5 GHz:n taajuutta käyttävä malli. Toinen vaihtoehto olisi ollut yleisempää 2,4 GHz:n taajuutta käyttämä antenni. 5 Ghz:n taajuudella ei ole

muita häiritseviä radiosignaaleja, joita 2,4 GHz:n taajuudella saattaisi ilmaantua myöhemmin.

Yksi suurimmista ongelmista oli WLAN-yhteyksien lähetysteho (maksimissaan 100mW), jonka takia kantama ei riitä kovinkaan pitkälle, jos näköyhteyden tiellä on esteitä. Antennit asennettiin sillan etupuolelle ja tämä rajoittaa signaalin pääsemistä sillan takapuolelle, sillä sillan runko on metallia, jota radiosignaalit eivät läpäise. Ainoastaan heijastumisista johtuen signaali voi tavoittaa suoraan antennin sijoituspaikan toiselle puolelle. Säällä on myös vaikutus kantamaan, sillä rankkasateella ja kovissa lumipyryissä saattaa syntyä ongelmia tiedonsiirtonopeuksien kanssa.

WLAN-tukiasemat tarvitsevat toimiakseen sekä verkkovirtakaapelin että verkkokaapelin (Ethernet). Tukiasemien sijaintia suunniteltaessa otettiin huomioon jo valmiina olevat kaapeloinnit, sillä mikäli valmista kaapelointia WLAN-verkkoa varten ei ole olemassa, joudutaan kaapelointi suorittamaan. Tämä aiheuttaa lisäkustannuksia sekä huomattavan määrän työtä. Tällä tavoin voitiin säästää rahaa sekä aikaa.

Sillan matkalle päätettiin sijoittaa WLAN-tukiasemia yhteensä neljä kappaletta, joista kaksi päätyvaunuihin 11 ja 19, sekä kaksi sopivin välimatkoin vaunuihin 14 ja 16 (kuva 23). Näin kahden tukiaseman suurimmaksi välimatkaksi tuli n.150 m eli paneelin ja tukiaseman suurin etäisyys ei kasvaisi yli 80 metriä. Siemens lupaa tukiaseman kantamaksi vähintään 100 m, joten huonollakin säällä tiedonsiirron tulisi onnistua sijoitetuilla laitteilla.



**Kuva 23. WLAN-tukiasemien sijoittelu telavaunuihin**

WLAN-verkoissa on myös omat riskinsä ja suurimmat näistä liittyvät tietoturvaan, koska tieto liikkuu ilmassa, josta se on huomattavasti helpompi kaapata kuin normaalista kaapelista. Periaatteessa kuka tahansa pystyy vastaanottamaan signaalia, jos vain on WLAN-verkon kantaman sisällä. Tämän vuoksi paneelin ja tukiaseman yhteys tuli salata jollain tavalla. Päätettiin käyttää viimeisintä salausteknologiaa, joka operointipäätteelle oli saatavilla. Paras suojaus oli WPA2-salaus, mutta käytössä ollut päätte ei tukenut näin vahvalla salauksella roaming-ominaisuutta. Jouduttiin käyttämään salauksena vanhempaa WEB-salausmenetelmää, sillä päätteen toimivuuden kannalta on tärkeää, että verkkoyhteys säilyy liikuttaessa sillan pituudella eri yhteyspisteiden taajuusalueilla.

WLAN-verkkojen arkkitehtuurissa käytetään GSM-verkosta tuttua solurakennetta. Siinä jokaisella solulla on oma taajuusalueensa, jolla kommunikoidaan tietyn solun vaikutusalueen sisällä. WLAN-verkossa solun liikennettä hallitsee WLAN-tukiasema. Tukiasemat pitävät keskenään yhteyttä runkoverkon välityksellä. Päätelaitteet, kuten kannettavat tietokoneet WLAN-verkossa, ovat yhteydessä tukiasemiin radiorajapinnan välityksellä. Jotta solut eivät häiritsisi toistensa toimintaa, on tärkeää, etteivät vierekkäiset solut käytä samaa taajuusaluetta. Mikäli samaan soluun kuuluu samalla kanavalla lähetettävää keskustelua toisen tukiaseman kanssa, häiriintyy kummankin tukiaseman liikenne. Näin ollen käytettiin vierekkäisissä tukiasemissa mahdollisimman kaukana toisistaan olevia kanavia, että solun vaihto verkossa toimisi parhaalla mahdollisella tavalla.  
/8/

Tiedonsiirtonopeus rajoitettiin 12Mbps:ään toimintavarmuuden saavuttamiseksi. Tämä nopeus riittää hyvin paneelin lähettämiin ja vastaanottamiin tiedostokokoihin. Maksiminopeus olisi ollut 56Mbs, mutta tässä työssä tärkeämpää on lähetysten onnistuminen kuin sen nopeus, jolla ei tässä tapauksessa saavutettaisikaan merkittävää etua.

Kuuluvuuden heikentyessä tukiasemaan alkaa päätelaitteen langaton verkkokortti etsiä paremmin kuuluvaa tukiasemaa. Mikäli tällainen löytyy, lähetetään yhteydenmuodostuspyyntö löydetylle tukiasemalle. Jos pyyntö hyväksytään, siirretään

liikenne kulkemaan voimakkaammin kuuluvan tukiaseman kautta. Tästä muutoksesta ilmoitetaan kiinteälle verkolle, joka purkaa vanhan yhteyden aiempaan tukiasemaan. Roaming-ominaisuutta käytettäessä tarvitaan kaapeliverkkoa. Tukiasemien välinen yhteys on toteutettu kiinteän verkon välityksellä, eikä ole WLAN-standardien piirissä. Standardit määrittelevät osittain roamingia koskevia säännöksiä, jotka kaapeliverkon täytyy toteuttaa.

Paneelissa käytettävänä WLAN-standardina olisi ollut IEEE:n 802.h, mutta Siemensin kokemusten perusteella järkevintä on käyttää tämän tyyppisissä ratkaisuissa vanhempaa 802.11a standardia, jotta verkkoyhteys toimisi halutulla tavalla.

Mikäli etäisyys on lyhyt vastaanottimen ja lähettimen välillä, kohtaa signaali vain vähän interferenssiä ja vääristymiä ympäristöstä. Näin virheetarkastuksen tarve pienenee. Käyttäjät voivat olla paikallaan tai liikkua kävelyvauhtia. Paneelia tullaan käyttämään lähinnä paikaltaan. Jos sitä käytettäisiin liikuttaessa, auttaisi toisen antennin lisääminen jokaiseen tukiasemaan. Tämä poistaisi vääristymiä ja signaalin taso pysyisi hyvänä.

### **3.5. Paneeliohjauksen ja langoitetun ohjauksen vertailua**

Paneeliohjelmalla toteutetulla käyttöliittymällä on monia etuja perinteiseen langoitettuun ohjaukseen verrattuna. Paneeliohjelman käyttöliittymä havainnollistaa, kun taas langoitetuilla ohjaimilla ollaan pelkkien silmämääräisten näköhavaintojen varassa. Käyttöliittymä on helppo muuttaa ja sen avulla on mahdollista räätälöidä käyttöliittymä asiakkaan tarpeita vastaaviksi.

Kannettavaa paneelia on helppo siirtää paikasta toiseen eikä se ole paikkasidonnainen niin kuin langoitettu ohjaus. Langattomuuden suurin etu käyttäjälle onkin mahdollisuus liikkua. Paneeli on helppo liittää järjestelmään ja kerätä reaaliaikaista tietoa järjestelmän toiminnasta.



Paneelin heikkouksina toistaiseksi voidaan pitää sääolosuhteiden huomioonottamista, tietoturvaan liittyviä asioita, viiveitä tiedonsiirrossa sekä akun kestoja pidempiaikaisessa käytössä.

## **4. TESTAUS**

Testauksen tarkoituksena on löytää mahdollisimman suuri osa laitteistoissa ja ohjelmissa olevista virheistä mahdollisimman aikaisessa kehitysvaiheessa. Testausprosessi on vähitellen, sen tärkeyden ymmärtämisen myötä, laajentunut koskemaan jokaista tuotteen kehitysprosessin vaihetta, jolloin virheen löytämistä voidaan aikaistaa.

Ohjelman tekijöillä tulisi olla kirjallinen ohjeisto, jossa testausprosessi olisi määriteltyä. Testausprosessi toimii rinnakkaisena ohjelmiston kehitysprosessin kanssa alusta asti, jotta virheet saadaan mahdollisimman aikaisessa vaiheessa kitkettyä pois. Mitä aikaisemmassa vaiheessa tehty virhe on jäänyt prosessiin, sitä vaikeampaa ja työläämpää sen jäljittäminen ja korjaaminen on.

### **4.1. Testauksen suunnittelu**

Ohjelmointiin sisältyi läpi työn alustavaa rakenteellista testausta. Sovellusohjelma WinCC Flexible sisältää itsessään kääntäjän, jolla pystyy ohjelmaa testaamaan samalla sen valmistuessa. Alustavaa testausta ei dokumentoitu. Varsinainen dokumentoitu, testaussuunnitelmien mukainen testaus alkoi, kun oli todennäköistä, että ohjelma operointipäätteessä toimi.

Järjestelmän kokoonpanon valmistuttua ja kaikkien moduulien tultua testatuiksi siirryttiin toteutuksen toiseen vaiheeseen, järjestelmän testaukseen. Testauksesta tehtiin testaussuunnitelma, jota ei liitetty mukaan tähän työhön. Testauksessa käytettiin esitäytettyjä lomakkeita. Lomakkeen pohja löytyy liitteestä 9. Kaikki testaukset suoritettiin testaussuunnitelman mukaan automaatiojärjestelmän toimittajan tiloissa Keminmaassa sekä loppusijoituspaikassa Talvivaarassa.

## 4.2. Integroititestaus

Integroititestaus on järjestyksessä etenevää testausta, jossa yhdistetään ohjelmisto- ja laitteistoelementtejä tai molempia ja testataan, kunnes koko järjestelmä on tullut testatuksi. Toimittaja varmistuu integroititestauksella, että järjestelmän jokainen komponentti ja ohjelmamoduuli vuorollaan ja lopulta koko järjestelmä toimivat määrittelyjensä mukaan.  
/8/

Integroititestaus tapahtuu suunnitteluvaiheessa laaditun testaussuunnitelman mukaan. Testaus voi alkaa heti, kun ensimmäiset komponentit ja ohjelmat on yhdistetty eli jo kokoonpanon aikana. Mahdollisuuksien mukaan kaikki järjestelmän ohjelmistot, käyttöliittymät, laitteisto ja signaalit järjestelmän rajapinnalle testataan toimittajan tiloissa.  
/8/

Laitteiston testaus suoritettiin projektin omilla laitteilla, koska se oli mahdollista. Testausta varten laitteisto koottiin mahdollisimman täydellisenä testauksilaan. Laajaa järjestelmää ei pystytty kokonaisuudessaan testaamaan, koska siitä puuttui osia, kuten esimerkiksi kenttälaitteet, liittymät muihin järjestelmiin ja hyödykkeisiin sekä asiakkaan ympäristön muut vaikutukset. Demoympäristöön kasattiin logiikka, kytkin ja WLAN-tukiasema antennineen sekä paneeli, jonka ominaisuuksia oli tarkoitus tutkia ja testata.

Integroitivaiheessa ohjelman erilliset osat, eli PLC sekä valvomo- ja paneeliohjelmat, liitettiin yhteen STEP7:n SK10-projektiin. Projektia oli tekemässä useita henkilöitä, joiden tekemät ohjelman osat oli saatava yhteiseen projektiin. Integroititestauksen tarkoituksena oli varmistaa osien oikea toiminta keskenään. Laitteiden yhteydet luotiin S7 Managerin NetPro-ominaisuudella.

### 4.3. Toiminnallisen testauksen toteutus

Toiminnallisella testauksella varmistetaan lopulliseen käyttöympäristöönsä asennettujen järjestelmien, ohjelmistojen, instrumenttien ja laitteiden toimivuus sekä yksittäin että kokonaisuutena. Sen tuloksena on järjestelmä, joka on toimittajan puolesta valmis tuotannolliseen käyttöön. Toiminnallisen testauksen tärkeimmät vaiheet ovat kylmä- ja kuumetestaus. /8/

#### Kylmätestaus

Kylmätestauksen lopputuloksena yksikköoperaatio ja sitä ohjaava automaatiojärjestelmä ovat valmiita ylösajoon. Silloin on testattu hälytykset, lukitukset, suojaukset ja muut turvallisuustekijät sekä normaalitilan yksittäiset toiminnot käyttäen mahdollisimman vaarattomia ohjauksia. /8/

Kylmätestauksen aikana käyttöhyödykkeistä ovat saatavilla jo kaikki tarvittavat kuten sähkö. Turvallisuuden varmistamiseksi kylmätestauksen ensimmäinen vaihe sisältää hälytys- ja lukitusrajojen tarkastukset sekä lukitusten ja suojausten kuten hätäpysäytyssekvenssien testauksen. /8/

Toiminnallinen testaus aloitettiin Talvivaaran kaivoksella suorittamalla I/O-testaus. Testauksessa pyrittiin löytämään asennusvaiheessa syntyneitä virheitä sekä varmistamaan, että tulo- ja lähtötiedot menevät ja tulevat logiikassa sekä ohjelmissa perille oikeisiin paikkoihin. Läpi käytiin kaikki anturit, hätä-seis-painikkeet, moottorit ja merkkihälytykset, jotta varmistuttiin, että kun todellinen ohjaus alkaisi, olisivat kaikki turva- ja lukitustilat oikein toiminnassa, eikä vaaratilanteita pääsisi syntymään.

Testauksessa asennuksista ja laitteista löydettiin virheitä ja nämä pyrittiin korjaamaan mahdollisuuksiemme mukaan. Osasta löydetyistä virheistä tieto kerrottiin eteenpäin asennusvalvojalle, joka palautti tehtävät sähköasentajille uudelleen korjattaviksi. Kun kaikki I/O:t oli käyty läpi ja virheet oli korjattu, niin siirryttiin seuraavaan vaiheeseen eli kuumetestaukseen.

## **Kuumatestausta**

Kuumatestausta tehdään kylmätestauksen jälkeen mahdollisuuksien mukaan todellisilla ohjauksilla. Kuumatestausta aikana testataan laajempia kokonaisuuksina kaikki sovellusohjelmat (sekvenssit ja ylemmän tason ohjelmat). /8/

Kuumatestausta tavoite on todeta prosessin ja automaatiojärjestelmän toimivuus kokonaisuutena suunnitelmien mukaisesti todellisissa olosuhteissa. Testauksen aikana jokaisen prosessin osan sovellusohjelmat testataan sekä tarvittaessa yksittäin että laajempina kokonaisuuksina. /8/

Paneelisovelluksen kuumatestausta aloitettiin sillan kallistuksen säätimellä. Operointipaneelilla käytiin yksitellen läpi kaikkien telavaunujen automaatti- sekä käsisäätöjen toiminnot ja toimivuus. Sillassa oli vielä paikoillaan apu- ja varatuet siltä varalta, että jokin menisi vikaan ja silta kallistuisikin liikaa. Sillan kallistukset toimivat moitteettomasti niin automaattilla kuin käsiajollakin.

Tämän jälkeen vuorossa oli telavaunujen moottoreiden ohjauksien testaaminen. Testaaminen aloitettiin, kun moottoreiden akselit olivat vielä kiinnittämättä toisiinsa eli moottoreita pystyttiin ohjaamaan tyhjinä ja näin varmistamaan turvallisesti niiden oikein toimivuus. Telavaunujen ohjaus vapaana onnistui hyvin sekä yksittäin että koko sillan siirrossa yksitellen.

Ainoa korjattava toiminnallinen asia telavaunun ohjauksessa oli suunnan vaihdon estäminen moottoreiden ollessa vielä liikkeessä. Telavaunujen moottoreiden pitäisi pyöriä aina yhtä aikaa. Esimerkiksi jos kesken liikkeen eteenpäin ajosta vaihdetaan suuntatietoa vasemmalle, niin oikea tela jatkaa nopeusohjeen mukaisella nopeudella vasemman telan pysähtyessä ja sitten suuntaa taakse kääntämällä. Tämä toiminto oli estettävä ohjelmasta.

Telavaunujen ohjausten jälkeen tarkastettiin, että paneelin muihin tilatietoihin tulee arvot oikeista paikoista oikealla skaalauksella. Joitain kenttiä jouduttiin korjaamaan, koska niiden muuttujat olivat vaihtuneet toisiin tai ne oli laitettu vahingossa väärin.

Kun kaikki tyhjä-testaukset oli suoritettu ja virheet korjattu, niin moottorit kytkettiin kiinni ja telavaunuja liikuteltiin oikeasti. Nopeudet ja siirrot pidettiin alussa pieninä. Telavaunuja ajettiin eteen ja taaksepäin, että saatiin lineaariantureilla mitatut liukumat sillan runkoon nähden keskelle. Tämän jälkeen kokeiltiin kokosillan siirtoa paneelin käsiajolla. Siirto tapahtui hyvin ja telavaunut sekä silta pysyivät linjassa. Mikään vaunu ei karannut tai jäänyt jälkeen toisista.

#### **4.4. WLAN-yhteyden testaus**

Langattoman yhteyden testaaminen aloitettiin jo testiympäristöstä Keminmaassa. Kokeiltiin erilaisia tilanteita ja toimintoja. Paikan päällä Talvivaarassa, kun oli saatu tukiasemat ja antennit asennettua sekä konfiguroitua siltakuljettimen neljään telavaunuun, aloitettiin testaaminen oikealla kokoonpanolla.

Ensimmäinen testaustapahtuma oli tietoliikenneyhteyksien toiminta. Testattiin, että paneeli saisi yhteyden tukiasemaan ja sitä kautta logiikkaan. Tärkein asia onnistumisessa oli, että laitteiden IP-osoitteet ovat samassa osoitevaruudessa.

Tietoliikenneyhteyksien toimimisen jälkeen testattiin, kuinka pitkälle tukiaseman signaali kantaa. Signaali kantoi sillan alkupäästä lähes puoleen väliin siltakuljetinta. Näin ollen saatiin matkaksi lähes 200 m esteettömällä näkyvyydellä ennen kuin yhteys katkesi. Tosin ääripäässä liikkeellä ollessa signaaliin syntyi hetkellisiä katkoksia johtuen signaalin heikkoudesta. Peittoaluetta testattiin siltakuljettimen ympäriltä. Kokeiltiin niin etu- kuin takapuoleltakin. Antennit sijaitsevat sillan etupuolella telavaunujen sähkötilojen katolla. Etupuolelle siltaa signaali pysyi hyvänä joka paikasta, mutta takapuolelle signaaliin syntyi muutamia katvepaikkoja. Tämä johtuu siitä, kun signaalin eteen sattui paljon rautarakennetta, eikä radiosignaali läpäise tätä ja heijastumisen teho ei ole riittävää.

Jos haluttaisiin täysin kattava peittoalue, niin täytyisi myös sillan taakse asentaa WLAN-antenneja. Tähän ei ole tällä hetkellä tarvetta, sillä katvealueet olivat vähäisiä ja sellaisissa paikoissa, joista ohjausta ei todennäköisesti tulla suorittamaan.

Tukiasemien maksiminopeus pudotettiin 12Mbps:n nopeudella toimivaan yhteyteen. Kannettavalla tietokoneella testattiin, että viiveajat ja nopeudet pysyisivät hyvinä nopeuden laskusta huolimatta. Nopeuden laskulla ei ollut merkitystä, sillä nopeus toimi muutenkin vain 6Mbps:n nopeudella, mikä riittää paneelin ja logiikan välisen tietoliikenteen hoitamiseen.

Turvallisuus testattiin kannettavalla tietokoneella. Tukiasemien asetuksista oli poistettu SSID:n näkyminen ja langattomalla yhteydellä tukiaseman asetuksiin kirjautuminen. Tällä estetään se, että tukiasemiin ei päästäisi muuttamaan asetuksia langattomilla laitteilla. Tukiasemat sijaitsevat fyysisesti lukollisissa sähkötiloissa.

Verkkoon liittymiseen tehtiin salasanasuojaukset. Tällä estettäisiin ulkopuolisten pääseminen langattomaan järjestelmään ja verkkoon. Aluksi tehtiin suojaukset uusimmalla WPA2-salauksella. Tästä salauksesta jouduttiin kuitenkin luopumaan ja vaihtamaan vanhaan WEP-salaukseen, koska Siemensin operointipäätte ei tukenut tätä tukiaseman automaattisessa vaihdossa. Paneelin poistuttua signaalikentästä se ei enää aloittanut uuden tukiaseman etsintää. Vanhemmalla salauksella roaming-ominaisuus toimii hyvin ja signaalikatkokset tukiaseman vaihdossa jäävät maksimissaankin alle kymmenen sekunnin.

## 5. KÄYTTÖÖNOTTO JA HUOLTO

Kiireisin vaihe oli käyttöönotto, sillä laitteen käynnistymiselle oli asetettu tarkka ajankohta. Kun mekaniikan toteutus on vienyt kauemmin aikaa kuin oli suunniteltu, niin ohjelman käyttöönottoon ja testaamiseen oli käytettävissä vähemmän aikaa kuin oli suunniteltu.

Järjestelmää oli ottamassa käyttöön logiikkaohjelman laatijat ja mekaniikasta vastaavat henkilöt. Tärkeää käyttöönoton onnistumiselle oli, että käyttöönottoon liittyvät ihmiset tunsivat tarkalleen projektissa käytettyjen laitteiden toiminnan ja koko laitteiston tavoitellun toiminnan.

Käyttöönoton ensimmäinen vaihe kytkentöjen ja mekaniikan valmistumisen jälkeen oli antureilta ja ohjauskytkimiltä tulevien signaalien tarkistaminen. Se tehtiin vaikuttamalla yksitellen antureiden tilaan ja tarkastamalla, tuliko signaali ohjelmointilaitteelle. Tärkeää oli, että signaalin tarkastus tehtiin myös ohjelmointilaitteelta eikä pelkästään tuloliitännästä. Tämä varmisti sen, että viesti oli saapunut logiikalle prosessorin ymmärtämässä muodossa. Samalla tuli tarkistettua tuloliitäntäkorttien toimivuus.

Toisessa vaiheessa tarkastettiin lähtökytkentöjen toimivuus. Ohjelmointilaitteella pakotettiin vuorotellen kaikki lähdöt päälle ja pois päältä. Lähdön ollessa päällä tarkistettiin, että viesti on tullut toimilaitteelle.

Kolmannessa vaiheessa alettiin ohjelmaa ottaa käyttöön vaiheittain. Yhdestä ohjelma palasesta kerrallaan otettiin toimintoja käyttöön. Samalla seurattiin järjestelmän käyttäytymistä. Kun koko järjestelmä oli logiikan ohjaamana, aloitettiin kaikkien toimintojen testaaminen ohjaamalla käyttökytkimistä eri toimintatiloihin.

Kun koeajot ja kelpoistukset oli suoritettu onnistuneesti ja laitteisto sekä ohjelmisto täyttivät sille asetetut vaatimukset, alkoi varsinainen tuotanto. Automaatiojärjestelmän elinkaari jatkuu tästä eteenpäin normaalin ylläpidon ja muutosten myötä.



Järjestelmän huollosta, korjauksista ja muutoksista tulee huolehtia siten, että järjestelmä pysyy laadullisesti suunnitelmien mukaisena koko elinkaarensa ajan. Järjestelmän sovellusohjelmistoista ja mahdollisista tietokannoista tulee ottaa varmuuskopioita määrävälein. /8/

Tuotannon alusta muutaman kuukauden ajan tullaan vielä tekemään parannuksia sekä korjauksia paneelisovellukseen Talvivaaran kaivoksella. Näin saamme varmuuden siitä, että ohjelma täyttää kaikki sille asetetut vaatimukset ja huomaamatta jääneet virheet saadaan korjattua.

Tuotantovaiheessa käyttö- ja ylläpitohenkilöstöllä on käytössään kaikki projektissa syntyneet dokumentit. Uusien tuotannon aikaisten dokumenttien lisäksi ylläpidetään toimittajien aikaisemmissa elinkaarivaiheissa laatimia lopullisia dokumentteja. Kaikki työstä syntyneet dokumentit testituloksineen tulevat olemaan Talvivaaran sekä Polar-Automaation käytössä. /8/

Verkon ylläpidon yleisenä tavoitteena on varmistaa tietoverkon ja tietoteknisten palvelujen käytettävyys. Käytettävyys sisältää tässä yhteydessä riittävän luotettavuuden, suorituskyvyn ja tietoturvan. Loppukäyttäjän kannalta merkittävintä on sovelluksen vasteaika, eli näppäimen tai painikkeen painamisesta kyseisen tehtävän suorittamiseen.

Tehokkaimpia käytettävyyden parannustoimenpiteitä ovat vikatilanteiden estäminen ja niihin varautuminen ennakolta. Verkon luotettavuuteen voidaan vaikuttaa suunnittelulla käyttämällä vikasietoista verkkotopologiaa, valitsemalla luotettavia laitteita ja varmistamalla niiden toimintaympäristö. /6/

Langattomaan verkkoon on hankittu varalaitteita varaosiksi, että mahdollisen laiterikon jälkeen ei tulisi tilannetta, jossa paneelia ei voitaisi käyttää, vaan rikkoontunut laite saadaan korvattua heti uudella vastaavalla. Työhön liittyviksi varalaitteiksi on hankittu yksi paneeli, yksi WLAN-tukiasema, antenni ja antennikaapeleita useampi kappale.

## 6. YHTEENVETO

Työn tavoite saavutettiin telavaunujen ohjauksen suunnittelussa ja toteutuksessa. Paneeliin lisättiin projektin aikana myös muita asioita, joita kaikkia ei oltu alussa määrittelyyn laitettuna. Paneelisovelluksen suunnittelun ja toteutuksen tekemisen aloitin tyhjästä määrittelyt sekä tavoitteet huomioiden.

Toteutuksen aikainen testaus onnistui hyvin, sillä paneeliohjelman virheiden ja korjaamisen tarve oli vähäistä toiminnallisen testauksen aikana. Suurimmat korjaukset liittyivät käyttöliittymän värikontrasteihin ja langattoman verkon asetuksiin.

Projektissa sain paljon kokemusta WinCC Flexible -sovelluksesta ja sillä ohjauksen toteuttamisesta. Opin uusia tekniikoita, kuten ikkunoinnin toteuttamisen valvomo-ohjelmaan. Tämän lisäksi kokemusta kertyi Siemens S7-logiikkaohjelman toteuttamisesta. Suurin hyöty itselleni oli saada olla mukana automaatioprojektin kaikissa vaiheissa suunnittelusta, toteutuksesta aina testaukseen ja käyttöönottoon saakka.

Projekti sai myöhemmin jatkoa, kun Talvivaara Sotkamo Oy:n kaivokselle tarvittiin myös primäärikasan purkamiseen samantyyppinen siltakuljetinratkaisu kuin sekundäärikasaukseenkin. Myös tähän Polar-Automaatio Oy sai suunniteltavakseen ohjausjärjestelmän. Pääasiallinen ohjaus on tarkoitus toteuttaa kannettavilla operointipäätteillä langattomalla yhteydellä. Pohjana on tarkoitus käyttää tekemääni ohjaussovellusta ja lisätä sekä tehdä siihen tarvittavia muutoksia. Talvivaaran ainutlaatuinen projekti on herättänyt suurta kiinnostusta maailmalla ja järjestelmälle on kansainvälistä kysyntää.

## 7. LÄHDELUETTELO

- /1/ Keränen, Ville, Bioliuotuscentän kasauslaitteiston ohjaus, diplomityö, Oulun yliopisto, sähkö- ja tietotekniikan osasto, Oulu, 2010
- /2/ Kippo, Asko, Tikka, Aimo, Automaatiotekniikan perusteet, 1. painos, Edita Prima Oy, 2008.
- /3/ Oraskari, Jyrki, Katveet peittoon. Tietokone 5/2003 s.62-64.
- /4/ Polar-Automaatio Oy, Yritysesittely, PowerPoint-esitys, 2009
- /5/ Polar-Automaatio, [WWW-dokumentti], [<http://www.polar-automaatio.fi>] 13.7.2010.
- /6/ Puska, Matti, Langattomat lähiverkot, 1. painos, Talentum Media Oy, 2005.
- /7/ Seppänen, Lasse, Langaton lähiverkko: Wireless Local Area Network (WLAN) IEEE 802.11, [WWW-dokumentti], [<http://trade.hamk.fi/~lseppane/courses/wlan/doc/Materiaali.pdf>] 12.7.2010.
- /8/ Suomen Automaatioseura ry, Laatu automaatiossa, 1. painos, 2001.
- /9/ Talvivaara Mining Company Plc, [WWW-dokumentti], [<http://www.talvivaara.com>] 13.7.2010.

## 8. LIITELUETTELO

Liite 1	Paneelin DB-tilukko logiikkaohjelmassa
Liite 2	Painonappien toteutuksen esimerkit logiikkaohjelmassa
Liite 3	Hälytysten luonti logiikkaohjelmasta paneelille
Liite 4	Lupa paneelilla -ohjelmointi
Liite 5	Nopeusohjeen valinta paneelilta
Liite 6	Purkausvaunun paikkatieto paneelille
Liite 7	Telavaunun ohjaus manuaalille
Liite 8	Telavaunun ohjaus eteen
Liite 9	Lomakepohja testaukseen

## TIEDOSTOYKSIKÖN MUUTTUJAT

### DB270:n valinta

Object name	Symbolic name	Created in language	Size in the work me...	Type	Version (Header)	Name (Header)	Unlinked	Author
DB229	PVA2_KAANTO	DB	118	Instance data block ...	0.0			
DB230	PVA2_MAN_ARV	DB	164	Instance data block ...	0.0			
DB231	PVA2_AUT_ARV	DB	942	Instance data block ...	0.0			VKe
DB250	TVA11_MAN_MASTER	DB	228	Instance data block ...	0.0			
DB251	TVA11_MAN	DB	246	Instance data block ...	0.0			
DB252	TVA12_MAN	DB	246	Instance data block ...	0.0			
DB253	TVA13_MAN	DB	246	Instance data block ...	0.0			
DB254	TVA14_MAN	DB	246	Instance data block ...	0.0			
DB255	TVA15_MAN	DB	246	Instance data block ...	0.0			
DB256	TVA16_MAN	DB	246	Instance data block ...	0.0			
DB257	TVA17_MAN	DB	246	Instance data block ...	0.0			
DB258	TVA18_MAN	DB	246	Instance data block ...	0.0			
DB259	TVA19_MAN	DB	246	Instance data block ...	0.0			
DB260	TVA19_MAN_MASTER	DB	228	Instance data block ...	0.0			
DB270	MOBIILIPANEELI	DB	126	Data Block	0.1			
DB271	PANEELI_HALYTYKSET	DB	164	Data Block	0.1			
DB280	PVA2_SEK_2P_ARV	DB	4008	Instance data block ...	0.0			
DB281	PVA2_SEK_ETU_ARV	DB	1440	Instance data block ...	0.0			
DB282	PVA2_SEK_TAKA_ARV	DB	1440	Instance data block ...	0.0			
DB300	370KUL0006-M21	DB	424	Instance data block ...	0.0			
DB301	370HYK0011_M1	DB	328	Instance data block ...	0.0			
DB302	370HYK0012_M1	DB	328	Instance data block ...	0.0			
DB303	370HYK0013_M1	DB	328	Instance data block ...	0.0			
DB304	370HYK0014_M1	DB	328	Instance data block ...	0.0			
DB305	370HYK0015_M1	DB	328	Instance data block ...	0.0			
DB306	370HYK0016_M1	DB	328	Instance data block ...	0.0			
DB307	370HYK0017_M1	DB	328	Instance data block ...	0.0			
DB308	370HYK0018_M1	DB	328	Instance data block ...	0.0			

### DB270 – Muuttujat telavaunujen ohjaukseen operointipäätteellä

Address	Name	Type	Initial	Comment
0.0		STRUCT		
+0.0	TVA11_eteen	BOOL	FALSE	Telavaunu 11 suuntavalinta eteen
+0.1	TVA11_taksee	BOOL	FALSE	Telavaunu 11 suuntavalinta taksee
+0.2	TVA11_vasen	BOOL	FALSE	Telavaunu 11 suuntavalinta vasemmalle
+0.3	TVA11_oikea	BOOL	FALSE	Telavaunu 11 suuntavalinta oikealle
+0.4	TVA11_seis	BOOL	FALSE	Telavaunu 11 seis
+0.5	TVA11_autolle	BOOL	FALSE	Telavaunu 11 ohjaus automaatile
+0.6	TVA11_kasiajolle	BOOL	FALSE	Telavaunu 11 ohjaus kasiajolle
+0.7	TVA11_kaynnissa	BOOL	FALSE	Telavaunu 11 käynnissä
+1.0	TVA12_eteen	BOOL	FALSE	Telavaunu 12 suuntavalinta eteen
+1.1	TVA12_taksee	BOOL	FALSE	Telavaunu 12 suuntavalinta taksee
+1.2	TVA12_vasen	BOOL	FALSE	Telavaunu 12 suuntavalinta vasemmalle
+1.3	TVA12_oikea	BOOL	FALSE	Telavaunu 12 suuntavalinta oikealle
+1.4	TVA12_seis	BOOL	FALSE	Telavaunu 12 seis
+1.5	TVA12_autolle	BOOL	FALSE	Telavaunu 12 ohjaus automaatile
+1.6	TVA12_kasiajolle	BOOL	FALSE	Telavaunu 12 ohjaus kasiajolle
+1.7	TVA12_kaynnissa	BOOL	FALSE	Telavaunu 12 käynnissä
+2.0	TVA13_eteen	BOOL	FALSE	Telavaunu 13 suuntavalinta eteen
+2.1	TVA13_taksee	BOOL	FALSE	Telavaunu 13 suuntavalinta taksee
+2.2	TVA13_vasen	BOOL	FALSE	Telavaunu 13 suuntavalinta vasemmalle
+2.3	TVA13_oikea	BOOL	FALSE	Telavaunu 13 suuntavalinta oikealle
+2.4	TVA13_seis	BOOL	FALSE	Telavaunu 13 seis
+2.5	TVA13_autolle	BOOL	FALSE	Telavaunu 13 ohjaus automaatile
+2.6	TVA13_kasiajolle	BOOL	FALSE	Telavaunu 13 ohjaus kasiajolle
+2.7	TVA13_kaynnissa	BOOL	FALSE	Telavaunu 13 käynnissä
+3.0	TVA14_eteen	BOOL	FALSE	Telavaunu 14 suuntavalinta eteen
+3.1	TVA14_taksee	BOOL	FALSE	Telavaunu 14 suuntavalinta taksee
+3.2	TVA14_vasen	BOOL	FALSE	Telavaunu 14 suuntavalinta vasemmalle
+3.3	TVA14_oikea	BOOL	FALSE	Telavaunu 14 suuntavalinta oikealle
+3.4	TVA14_seis	BOOL	FALSE	Telavaunu 14 seis
+3.5	TVA14_autolle	BOOL	FALSE	Telavaunu 14 ohjaus automaatile
+3.6	TVA14_kasiajolle	BOOL	FALSE	Telavaunu 14 ohjaus kasiajolle
+3.7	TVA14_kaynnissa	BOOL	FALSE	Telavaunu 14 käynnissä
+4.0	TVA15_eteen	BOOL	FALSE	Telavaunu 15 suuntavalinta eteen
+4.1	TVA15_taksee	BOOL	FALSE	Telavaunu 15 suuntavalinta taksee
+4.2	TVA15_vasen	BOOL	FALSE	Telavaunu 15 suuntavalinta vasemmalle
+4.3	TVA15_oikea	BOOL	FALSE	Telavaunu 15 suuntavalinta oikealle
+4.4	TVA15_seis	BOOL	FALSE	Telavaunu 15 seis
+4.5	TVA15_autolle	BOOL	FALSE	Telavaunu 15 ohjaus automaatile
+4.6	TVA15_kasiajolle	BOOL	FALSE	Telavaunu 15 ohjaus kasiajolle

LAD/STL/FBD - [DB270 -- "MOBIILIPANEELI" -- SK10VPLC5VCPU 319F-3 PN/DPL...ADB270]				
File Edit Insert PLC Debug View Options Window Help				
+9.6	Napin_tila_vas	BOOL	FALSE	Telavaunun ajobitti vasen
+9.7	Napin_tila_oik	BOOL	FALSE	Telavaunun ajobitti oikea
+10.0	Nappi_tilasana	WORD	W#16#0	Ajonappien LED-valot
+12.0	SILTA_eteen	BOOL	FALSE	Koko sillan ohjaus suuntavalinta eteen
+12.1	SILTA_takse	BOOL	FALSE	Koko sillan ohjaus suuntavalinta takse
+12.2	SILTA_seis	BOOL	FALSE	Koko sillan ohjaus seis
+12.3	KOKOSILTA_MAN_PANEL	BOOL	FALSE	Koko sillan ohjaus käsikäytöllä
+12.4	KOKOSILTA_AUTO_PANEL	BOOL	FALSE	Koko sillan ohjaus automaattilla
+14.0	Master_GPS_x_koord	REAL	0.000000	Master vaunun x-koordinaattitieto
+18.0	Master_GPS_y_koord	REAL	0.000000	Master vaunun y-koordinaattitieto
+22.0	Master_GPS_z_koord	REAL	0.000000	Master vaunun z-koordinaattitieto
+26.0	Paneeli_paikka	INT	0	PVA2:sen paikka paneelille
+28.0	TVA11_LUK_OHIT	BOOL	FALSE	TVA11 lukitusten ohitus
+28.1	TVA12_LUK_OHIT	BOOL	FALSE	TVA12 lukitusten ohitus
+28.2	TVA13_LUK_OHIT	BOOL	FALSE	TVA13 lukitusten ohitus
+28.3	TVA14_LUK_OHIT	BOOL	FALSE	TVA14 lukitusten ohitus
+28.4	TVA15_LUK_OHIT	BOOL	FALSE	TVA15 lukitusten ohitus
+28.5	TVA16_LUK_OHIT	BOOL	FALSE	TVA16 lukitusten ohitus
+28.6	TVA17_LUK_OHIT	BOOL	FALSE	TVA17 lukitusten ohitus
+28.7	TVA18_LUK_OHIT	BOOL	FALSE	TVA18 lukitusten ohitus
+29.0	TVA19_LUK_OHIT	BOOL	FALSE	TVA19 lukitusten ohitus
+30.0	F_ala_napit	INT	0	F11-F18 LED-valot
+32.0	F_vasen_napit	INT	0	LED-valot funktion napit vasen
+34.0	F_oikea_napit	INT	0	LED-valot funktion napit oikea
+36.0	Ramppi_alku	INT	0	Alkupään lastausrampin oloarvo
+38.0	Ramppi_loppu	INT	0	Loppupään lastausrampin oloarvo
+40.0	Silta_GAIN_TVA11	REAL	0.000000	Sillan kallistuksen lähtö
+44.0	Silta_GAIN_TVA12	REAL	0.000000	Sillan kallistuksen lähtö
+48.0	Silta_GAIN_TVA13	REAL	0.000000	Sillan kallistuksen lähtö
+52.0	Silta_GAIN_TVA14	REAL	0.000000	Sillan kallistuksen lähtö
+56.0	Silta_GAIN_TVA15	REAL	0.000000	Sillan kallistuksen lähtö
+60.0	Silta_GAIN_TVA16	REAL	0.000000	Sillan kallistuksen lähtö
+64.0	Silta_GAIN_TVA17	REAL	0.000000	Sillan kallistuksen lähtö
+68.0	Silta_GAIN_TVA18	REAL	0.000000	Sillan kallistuksen lähtö
+72.0	Silta_GAIN_TVA19	REAL	0.000000	Sillan kallistuksen lähtö
+76.0	RAMPPI_ALKU_GAIN	REAL	0.000000	Rampin kallistuksen lähtö
+80.0	RAMPPI_LOPPU_GAIN	REAL	0.000000	Rampin kallistuksen lähtö
+84.0	TVA11_POSIT	BOOL	FALSE	Bitti todentaa sillan kallistuksen
+84.1	TVA11_NEGAT	BOOL	FALSE	Bitti todentaa sillan kallistuksen
+84.2	TVA12_POSIT	BOOL	FALSE	Bitti todentaa sillan kallistuksen
+84.3	TVA12_NEGAT	BOOL	FALSE	Bitti todentaa sillan kallistuksen

Press F1 to get Help.      offline      Abs < 5.2      Insert

Address	Variable Name	Data Type	Value	Description
+29.0	TVA19_LUK_OHIT	BOOL	FALSE	TVA19 lukitusten ohitus
+30.0	F_ala_napit	INT	0	F11-F18 LED-valot
+32.0	F_vasen_napit	INT	0	LED-valot funktionit vasen
+34.0	F_oikea_napit	INT	0	LED-valot funktionit oikea
+36.0	Ramppi_alku	INT	0	Alkupään lastausrampin oloarvo
+38.0	Ramppi_loppu	INT	0	Loppupään lastausrampin oloarvo
+40.0	Silta_GAIN_TVA11	REAL	0.000000	Sillan kallistuksen lähtö
+44.0	Silta_GAIN_TVA12	REAL	0.000000	Sillan kallistuksen lähtö
+48.0	Silta_GAIN_TVA13	REAL	0.000000	Sillan kallistuksen lähtö
+52.0	Silta_GAIN_TVA14	REAL	0.000000	Sillan kallistuksen lähtö
+56.0	Silta_GAIN_TVA15	REAL	0.000000	Sillan kallistuksen lähtö
+60.0	Silta_GAIN_TVA16	REAL	0.000000	Sillan kallistuksen lähtö
+64.0	Silta_GAIN_TVA17	REAL	0.000000	Sillan kallistuksen lähtö
+68.0	Silta_GAIN_TVA18	REAL	0.000000	Sillan kallistuksen lähtö
+72.0	Silta_GAIN_TVA19	REAL	0.000000	Sillan kallistuksen lähtö
+76.0	RAMPPI_ALKU_GAIN	REAL	0.000000	Rampin kallistuksen lähtö
+80.0	RAMPPI_LOPPU_GAIN	REAL	0.000000	Rampin kallistuksen lähtö
+84.0	TVA11_POSIT	BOOL	FALSE	Bitti todentaa sillan kallistuksen
+84.1	TVA11_NEGAT	BOOL	FALSE	Bitti todentaa sillan kallistuksen
+84.2	TVA12_POSIT	BOOL	FALSE	Bitti todentaa sillan kallistuksen
+84.3	TVA12_NEGAT	BOOL	FALSE	Bitti todentaa sillan kallistuksen
+84.4	TVA13_POSIT	BOOL	FALSE	Bitti todentaa sillan kallistuksen
+84.5	TVA13_NEGAT	BOOL	FALSE	Bitti todentaa sillan kallistuksen
+84.6	TVA14_POSIT	BOOL	FALSE	Bitti todentaa sillan kallistuksen
+84.7	TVA14_NEGAT	BOOL	FALSE	Bitti todentaa sillan kallistuksen
+85.0	TVA15_POSIT	BOOL	FALSE	Bitti todentaa sillan kallistuksen
+85.1	TVA15_NEGAT	BOOL	FALSE	Bitti todentaa sillan kallistuksen
+85.2	TVA16_POSIT	BOOL	FALSE	Bitti todentaa sillan kallistuksen
+85.3	TVA16_NEGAT	BOOL	FALSE	Bitti todentaa sillan kallistuksen
+85.4	TVA17_POSIT	BOOL	FALSE	Bitti todentaa sillan kallistuksen
+85.5	TVA17_NEGAT	BOOL	FALSE	Bitti todentaa sillan kallistuksen
+85.6	TVA18_POSIT	BOOL	FALSE	Bitti todentaa sillan kallistuksen
+85.7	TVA18_NEGAT	BOOL	FALSE	Bitti todentaa sillan kallistuksen
+86.0	TVA19_POSIT	BOOL	FALSE	Bitti todentaa sillan kallistuksen
+86.1	TVA19_NEGAT	BOOL	FALSE	Bitti todentaa sillan kallistuksen
+86.2	RAMPPI_A_POSIT	BOOL	FALSE	Bitti todentaa sillan kallistuksen
+86.3	RAMPPI_A_NEGAT	BOOL	FALSE	Bitti todentaa sillan kallistuksen
+86.4	RAMPPI_L_POSIT	BOOL	FALSE	Bitti todentaa sillan kallistuksen
+86.5	RAMPPI_L_NEGAT	BOOL	FALSE	Bitti todentaa sillan kallistuksen
+88.0	YHTEYS_TILA	WORD	W#16#0	PLCn ja paneelin välinen yhteys on ok jos bit2 vaihtuu
=90.0		END_STRUCT		

Press F1 to get help.

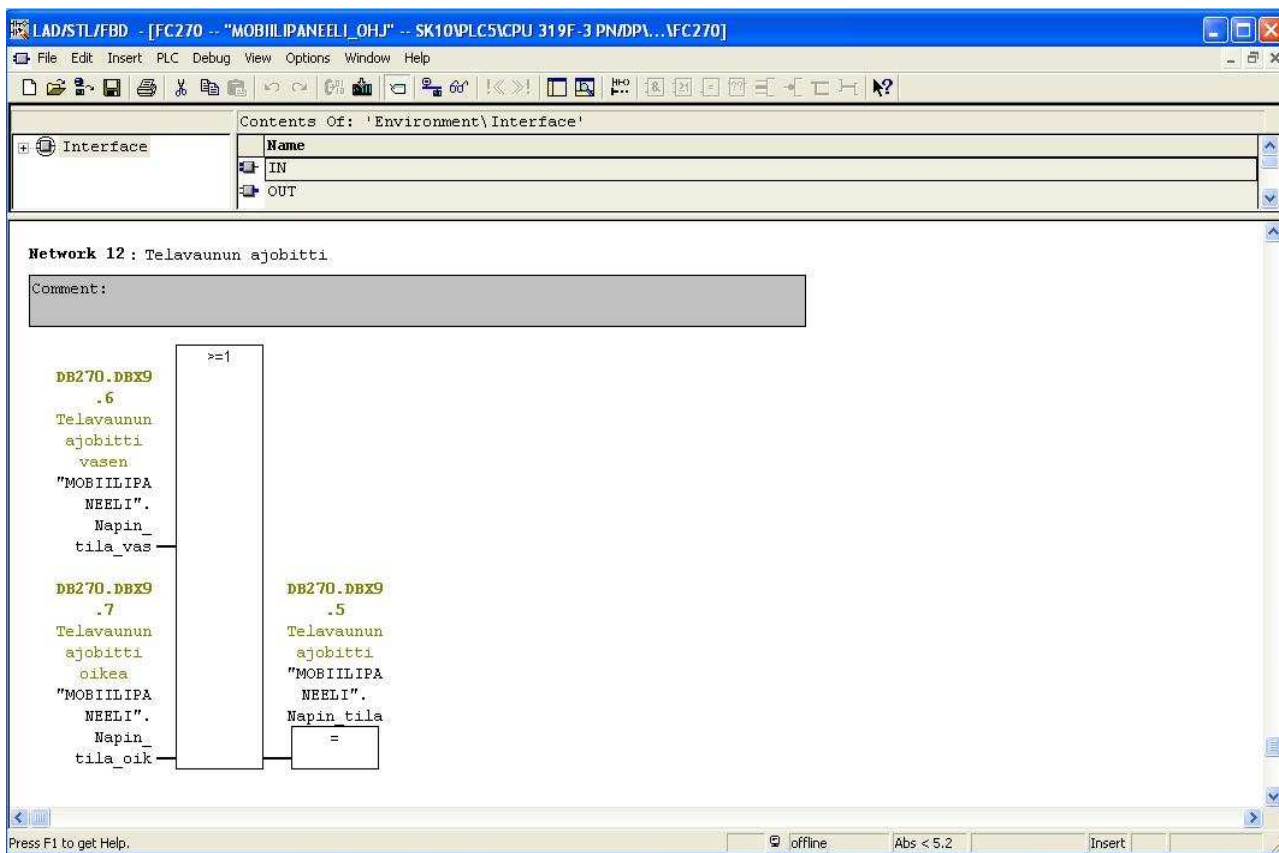
offline

Abs < 5.2

Insert

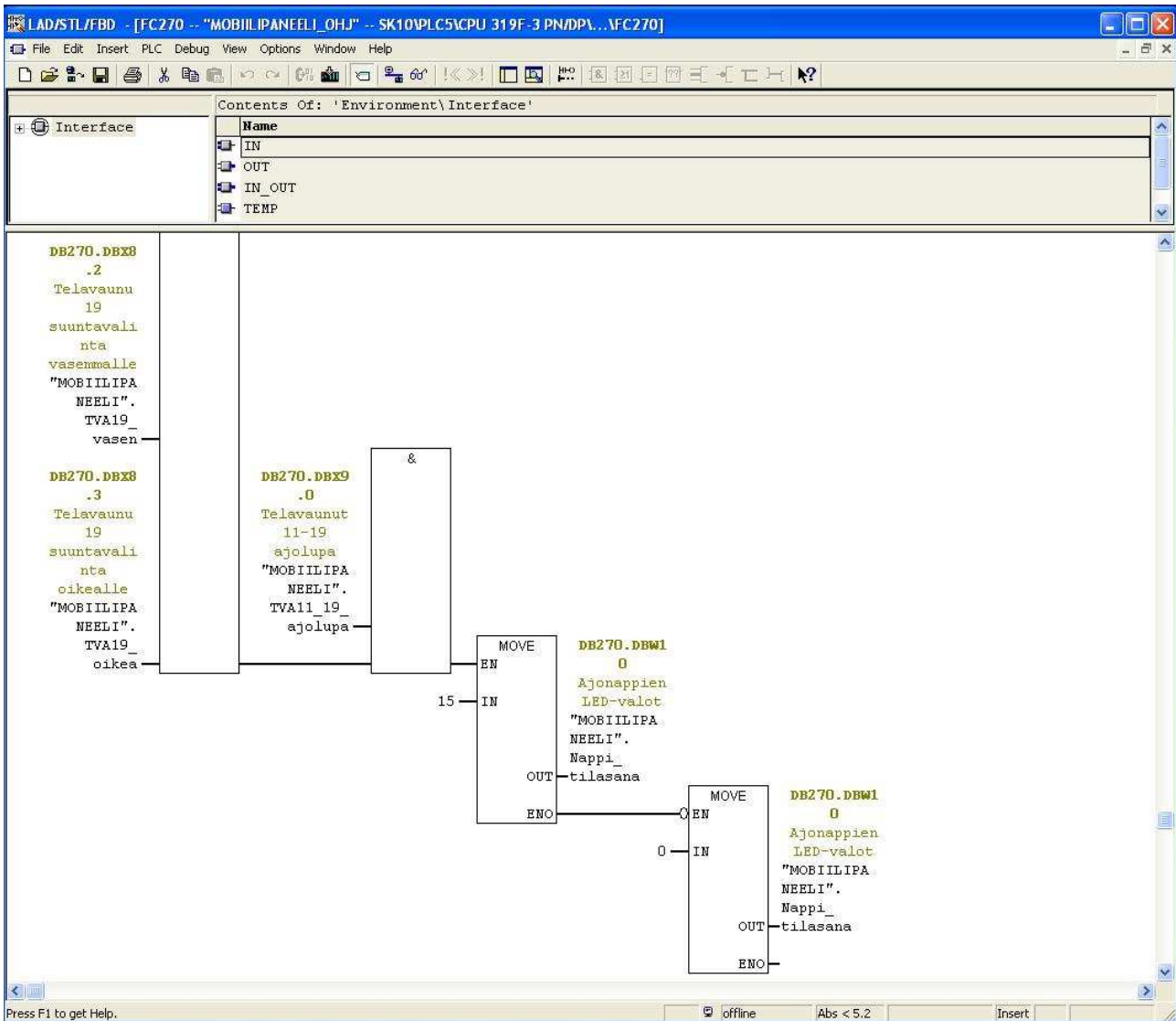
# VALAISTUJEN PAINONAPPIEN VALOJEN INDIKOINNIN TOTEUTUS

## Painonappien tarkkailu

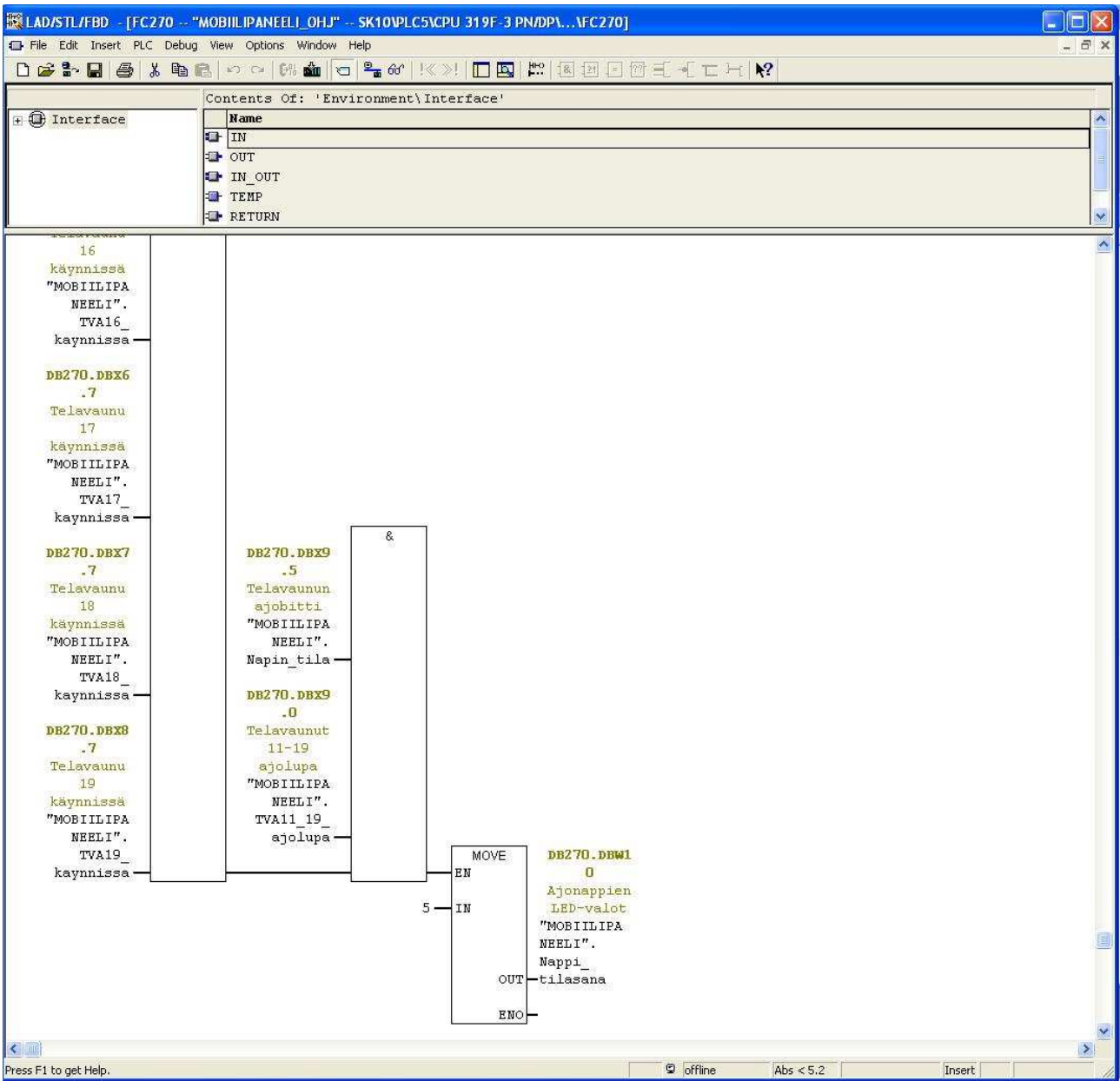




Valaistusten painonappien valot päällä/pois



# Valaistuksen painonappien vilkut



## DB271 – Hälytys muuttujien määrittely

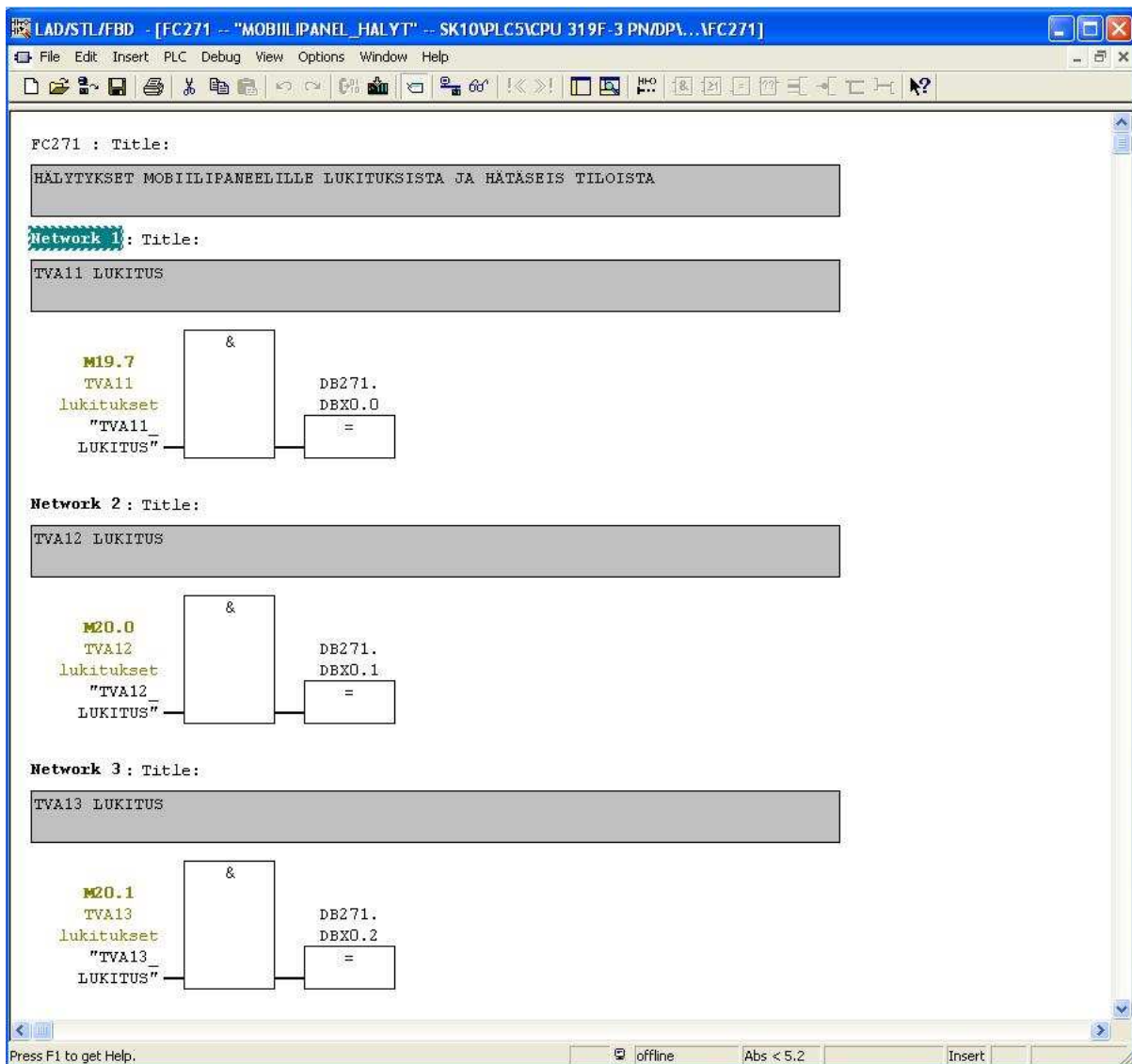
The screenshot displays the Siemens SIMATIC Manager interface. The top window shows the project tree on the left and a table of data blocks on the right. The table lists various data blocks (DB) with their symbolic names, creation language, size, type, and version. DB271, named 'PANEELI\_HALYTYKSET', is highlighted as a 'Data Block' of size 164.

Object name	Symbolic name	Created in language	Size in the work me...	Type	Version (Heade
DB257	TVA17_MAN	DB	246	Instance data block ...	0.0
DB258	TVA18_MAN	DB	246	Instance data block ...	0.0
DB259	TVA19_MAN	DB	246	Instance data block ...	0.0
DB260	TVA19_MAN_MASTER	DB	228	Instance data block ...	0.0
DB270	MOBIILIPANEELI	DB	126	Data Block	0.1
DB271	PANEELI_HALYTYKSET	DB	164	Data Block	0.1
DB280	PVA2_SEK_2P_ARV	DB	4008	Instance data block ...	0.0
DB281	PVA2_SEK_ETU_ARV	DB	1440	Instance data block ...	0.0
DB282	PVA2_SEK_TAKA_ARV	DB	1440	Instance data block ...	0.0
DB300	370KUL0006-M21	DB	424	Instance data block ...	0.0
DB301	370HYK0011_M1	DB	328	Instance data block ...	0.0
DB302	370HYK0012_M1	DB	328	Instance data block ...	0.0
DB303	370HYK0013_M1	DB	328	Instance data block ...	0.0
DB304	370HYK0014_M1	DB	328	Instance data block ...	0.0
DB305	370HYK0015_M1	DB	328	Instance data block ...	0.0

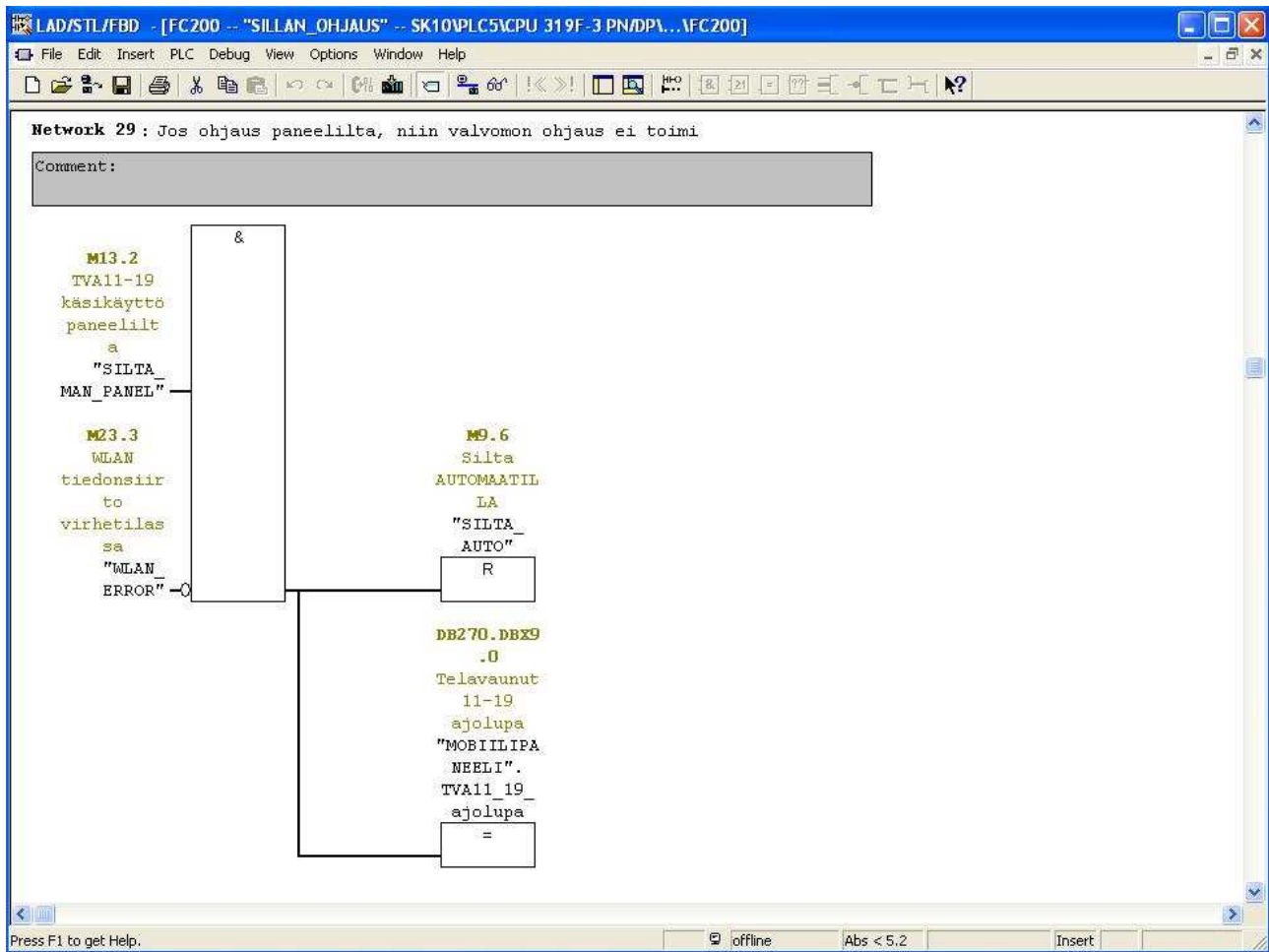
The bottom window shows the variable declaration for 'PANEELI\_HALYTYKSET' in the LAD/STL/FBD editor. The declaration is as follows:

Address	Name	Type	Initial	Comment
0.0		STRUCT		
+0.0	HALYTYS	ARRAY[0..63]		HÄLYTYKSET PANEELIIN
+2.0		WORD		
=128.0		END_STRUCT		

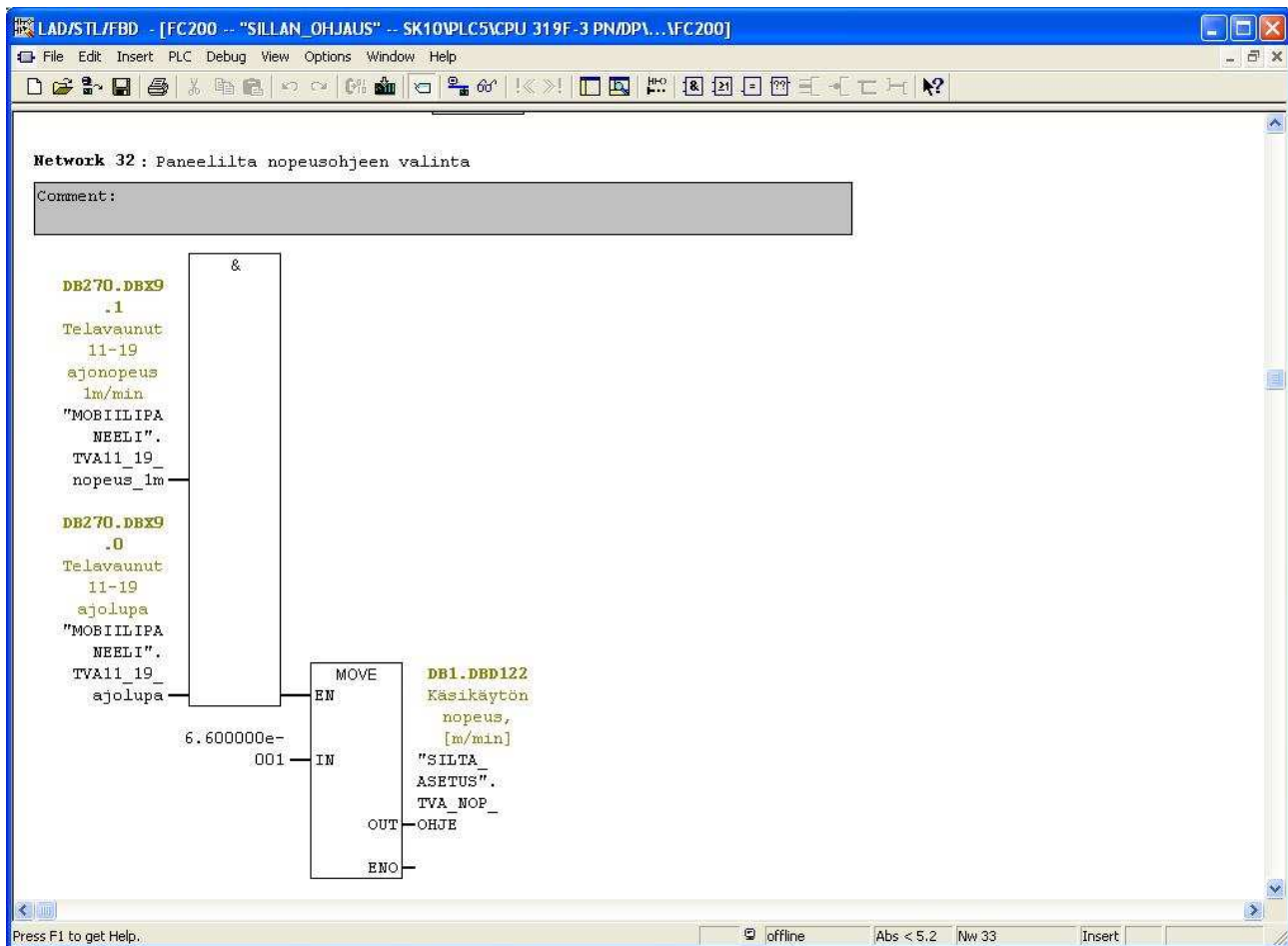
## FC271 – Hälytysten kirjoitus muuttujiin



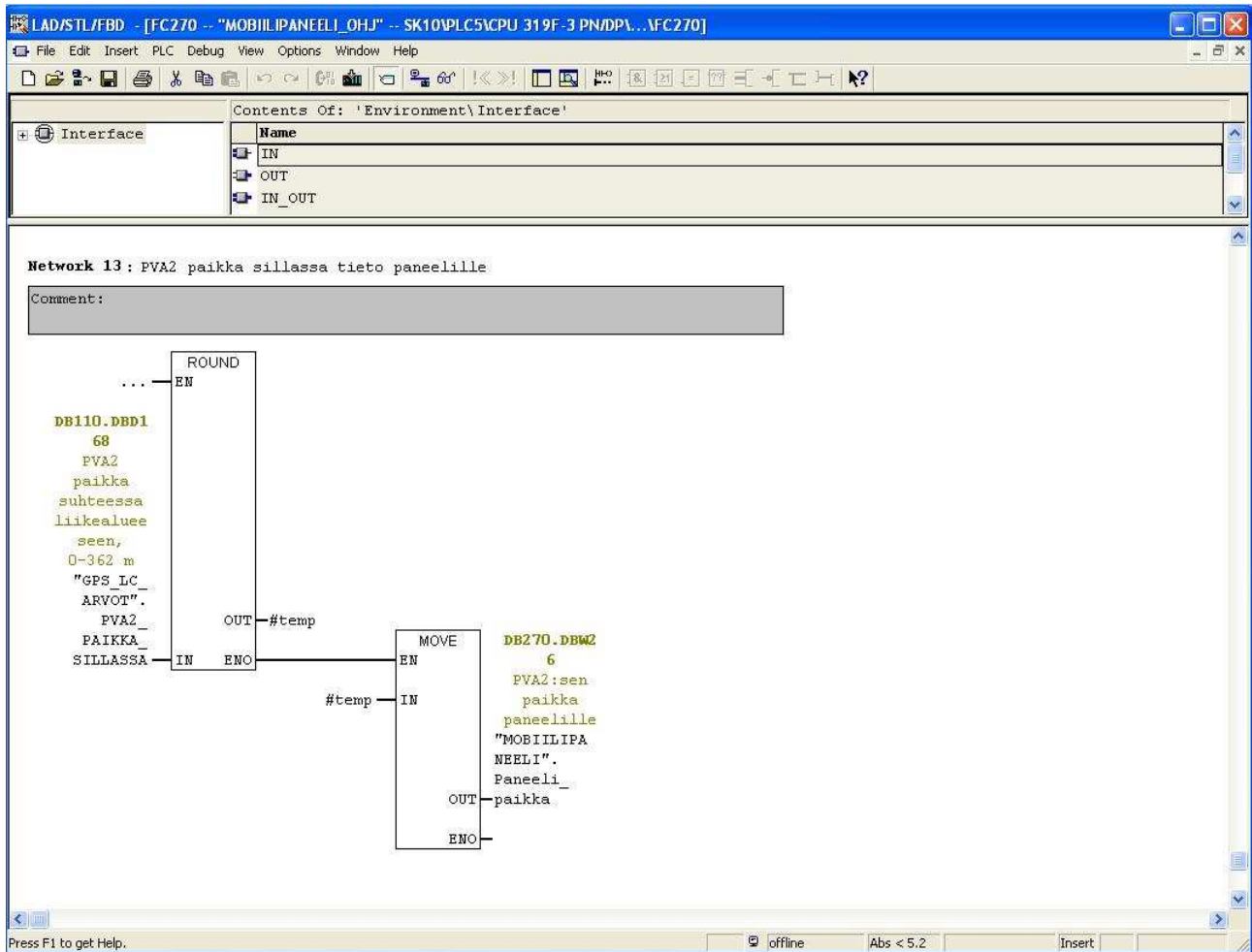
## FC200 – Ohjaus paneelilla



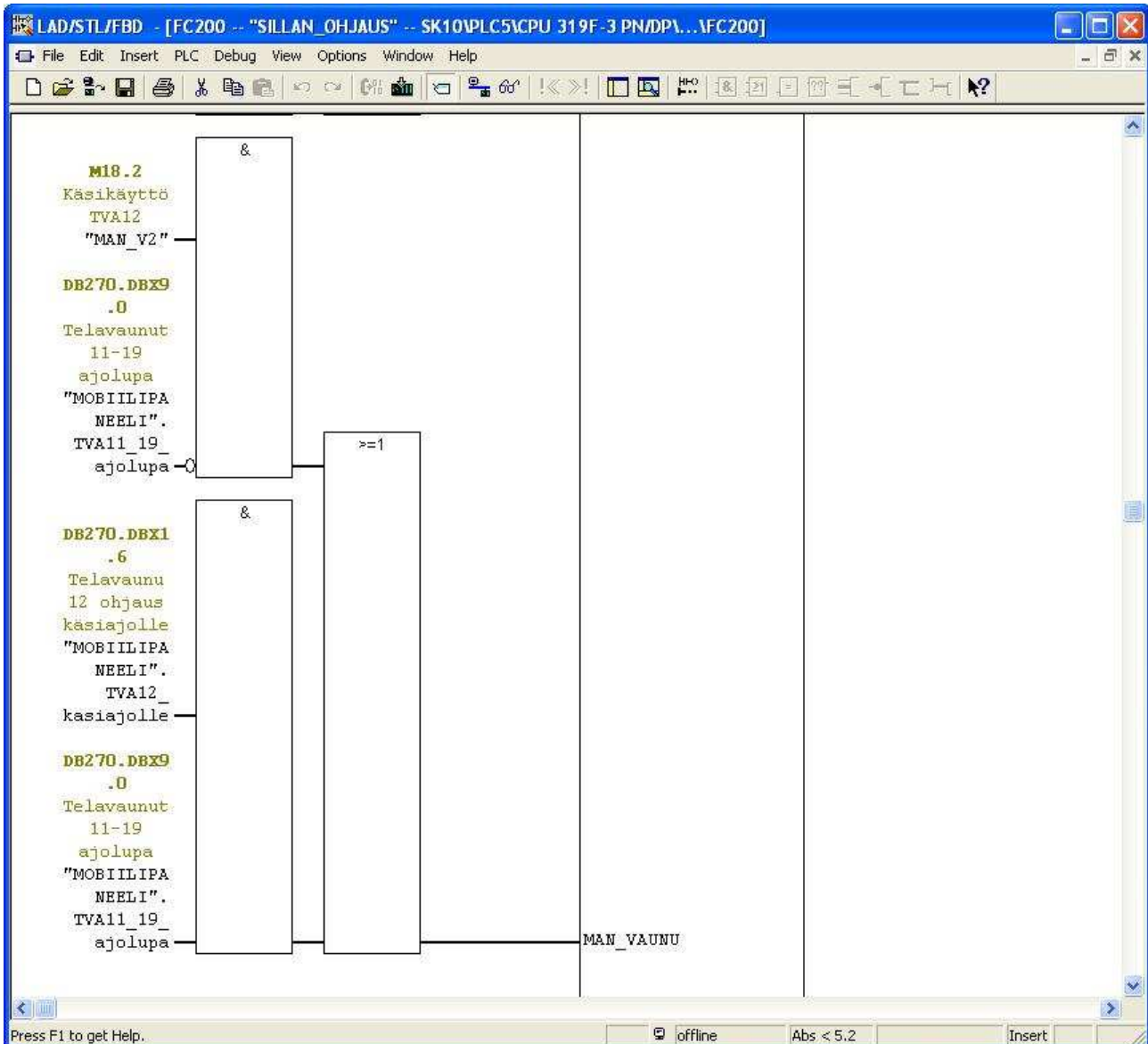
## FC200- Nopeusohjeen valinta telavaunulle



FC270 – PVA2:n paikkatieto paneelille



## FC200 – TVA12 käsiohjaukselle





FC200 – Telavaunun ohjaus eteen



## Testaustapahtumalomake

<b>Testin tunnus:</b>
<b>Päiväys:</b>
<b>Testaaja:</b>
<b>Oliko testitulos odotetun kaltainen (K/E):</b>
<b>Saatu testitulos:</b> (saatu tuloste, tai vastaava)
<b>Testiolosuhteet:</b>
<b>Käytetty testimateriaali:</b>
<b>Jatkotoimenpiteet:</b> (jos sellaisia tarvitaan)