



Oskari Kokkonen

# HMI-käyttöliittymän käytettävyyden parannus

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Automaatiotekniikka

Insinöörityö

30.5.2022

# Tiivistelmä

Tekijä: Oskari Kokkonen  
Otsikko: HMI-käyttöliittymän käytettävyyden parannus  
Sivumäärä: 32 sivua  
Aika: 30.5.2022

Tutkinto: Insinööri (AMK)  
Tutkinto-ohjelma: Sähkö- ja automaatiotekniikka  
Ammatillinen pääaine: Automaatiotekniikka  
Ohjaajat: lehtori, Reijo Leinonen  
sähköinsinööri, Olli Tahvanainen

---

Insinöörityön tavoitteena oli päivittää jo olemassa olevan käyttöliittymän käytettävyyttä niin, että se vastaisi tilaajan vaatimuksia. Tilaajana tälle työlle toimi Pentanova Conveyor System Finland Oy.

Työssä käytiin lävitse HMI-paneelien käyttötarkoitusta, niiden toimintaperiaatetta sekä niiden ohjelmoimiseen käytettävän työkalun ominaisuuksia. Lisäksi työn aikana käytiin läpi, millaisia asioita käyttöliittymien suunnittelussa tulisi ottaa huomioon, jotta käytettävyyttä saataisiin lisättyä.

Työn lopputuloksena saatiin aikaiseksi valmis käyttöliittymä, jonka ominaisuuksien luomisessa on käytetty pohjana käyttäjiltä saatua palautetta sekä käyttöliittymän suunnittelussa sovellettavia sääntöjä.

Avainsanat: Käyttöliittymä, HMI, WinCC, Tia-portal

## Abstract

|                     |  |
|---------------------|--|
| Author:             | Oskari Kokkonen  |
| Title:              | Increasing the Usability of the HMI                                      |
| Number of Pages:    | 32 pages   |
| Date:               | 30 May 2022  |
|                     |  |
| Degree:             | Bachelor of Engineering  |
| Degree Programme:   | Electrical and automation engineering                                    |
| Professional Major: | Automation engineering   |
| Supervisors:        | Reijo Leinonen, Senior Lecturer<br>Olli Tahvanainen, Electrical Engineer |

---

The main objective of this thesis work was to increase the usability of the existing HMI. The work was commissioned by Pentanova Conveyor Systems Finland Oy.

This thesis goes through different HMI technologies, basics of HMI programming and usual environments for HMI usage. Furthermore, this thesis introduces the phases of HMI design process and methods to increase usability of the HMI.

The new HMI was designed from the user's point of view to maximise the usability of the HMI. As a result of this thesis work, the client was provided with updated HMI software that met the client's requirements.

Keywords: User interface, HMI, WinCC, Tia-portal

# Sisällys

## Lyhenteet

|     |   |    |
|-----|---|----|
| 1   | Johdanto  | 1  |
| 2   | HMI-paneeli                                     | 1  |
| 2.1 | HMI   | 1  |
| 2.2 | Siemens SIMATIC HMI -paneelit                   | 2  |
| 2.3 | Kosketusnäyttöteknologiat                       | 3  |
| 2.4 | Kommunikointi                                   | 9  |
| 2.5 | Ohjelmistot                                     | 12 |
| 2.6 | Paneelin valinta                                | 12 |
| 3   | WinCC-visualisointijärjestelmä                  | 13 |
| 3.1 | WinCC-ohjelmistot                               | 13 |
| 3.2 | Visualisointi WinCC-visualisointijärjestelmällä | 14 |
| 4   | Käyttöliittymäsuunnittelu                       | 15 |
| 4.1 | HMI:n käyttötarkoitus                           | 15 |
| 4.2 | Asettelen suunnittelu                           | 16 |
| 4.3 | Toimintojen toteutus                            | 17 |
| 4.4 | Hälytykset                                      | 18 |
| 4.5 | Käyttäjävirheet                                 | 19 |
| 4.6 | Käyttöliittymän värien valinta                  | 20 |
| 5   | Käyttöliittymän päivitys                        | 20 |
| 5.1 | Käyttäjien vaatimukset                          | 20 |
| 5.2 | Asettelen valinta                               | 21 |
| 5.3 | Käyttöliittymän luominen                        | 23 |
| 5.4 | Grafiikka ja värit                              | 28 |
| 5.5 | Asennus ja kytkentä                             | 28 |
| 6   | Käyttöönotto                                    | 29 |
| 7   | Yhteenveto                                      | 30 |
|     | Lähteet   | 31 |

## Lyhenteet

HMI: *Human machine interface*. Käyttöliittymä, jonka kautta voidaan kommunikoida ohjelmoitavan logiikan kanssa.

PLC: *Programmable logic controller*. Ohjelmoitava logiikka.

PC: *Personal Computer*. Tietokone.

I/O: *Input/Output*. Sisääntulo/Ulostulo.

FBD: *Function Block Diagram*. Ohjelmoitavissa logiikoissa käytettävä graafinen ohjelmointikieli.

# 1 Johdanto

Insinööriyön tarkoituksena on kehittää jo olemassa olevaa käyttöliittymää helpompikäyttöiseksi. Työn tilaajana toimii Pentanova Conveyor Systems Finland Oy, joka vastaa logistiikan automaatiolaitteiston kunnossapidosta Sinebrychoffin Keravan panimolla. Työ tullaan suorittamaan osittain Sinebrychoffin tehtaan tiloissa, sillä siihen kuuluu lisäksi uuden isomman HMI-paneelin asennustyöt.

Uudistettavan käyttöliittymän kautta ohjataan kuormalavojen tarkastuslaitteiston automaatti- sekä käsiajotoimintoja. Kuormalavojen tarkastus tapahtuu laitteistossa, jossa lavat kulkevat kuljetinrataa pitkin käyden samalla lävitse erilaisia tarkastuksia. Tarkastettaviin asioihin lukeutuvat mm. tukipalikat sekä pinta- ja pohjalaudat.

Käytettävyyden parantamiseksi HMI-paneelin kokoa tullaan kasvattamaan. Näyttökoon kasvamisen myötä käyttöliittymä joudutaan myös skaalaamaan sopivaksi uuteen näyttöön. Sopivaa paneelimallia sekä näytön kokoa pohditaan yhdessä tilaajan kanssa.

Lopullisena tavoitteena on luoda käyttöliittymä, joka on helposti ymmärrettävissä sekä palvelee operaattoreiden tarpeita. Käyttöliittymän tulisi myös helpottaa kunnossapidon työtä vikatilanteiden selvityksessä.

## 2 HMI-paneeli

### 2.1 HMI

Käyttöliittymää, jonka avulla käyttäjä kommunikoi ohjattavan prosessin kanssa, kutsutaan termillä HMI (Human Machine Interface). HMI toimii siis rajapintana ihmisen sekä ohjattavan laitteiston välillä ja mahdollistaa näin laitteen sekä ihmisen välisen kommunikoinnin. Käyttäjä ei välttämättä ole tietoinen siitä, miten

ohjaus varsinaisesti tapahtuu, sillä laitteiston toiminnot ovat määritelty ohjelmoijan toimesta. HMI:n kautta käyttäjä pystyy seuraamaan tuotantomääriä, tarkastelemaan tulojen ja lähtöjen tiloja, säätämään parametreja, ohjaamaan laitetta automaatti- tai käsiajolla sekä vastaanottamaan hälytyksiä. Ominaisuuksien tarvetta arvioidaan käyttöliittymää suunniteltaessa, jotta valmis käyttöliittymä soveltuisi laitteiston tarpeisiin. [1.]

Nykyisin HMI-paneelit ovat enimmäkseen kosketusnäytöllisiä, mutta saatavilla on edelleen myös painikkeilla toimivia paneeleita. HMI-paneeli koostuu näytön lisäksi prosessorista, muistista sekä kommunikaatioporteista. [1.]

## 2.2 Siemens SIMATIC HMI -paneelit

Heti insinööriyön alussa selvisi, että tilaaja haluaisi uudenkin paneelin olevan Siemensin valmistama. Siemensin tarjoamat kosketusnäytölliset paneelit voidaan jakaa karkeasti kolmeen kategoriaan: Basic-, Comfort- sekä Mobile-paneeleihin. Kuvassa 1 on esillä Siemensin kosketusnäytölliset sekä painiketoimiset paneelit. [1.]



Kuva 1. Siemens SIMATIC HMI-paneelien tarjonta [2].

Basic-paneelit sopivat yksinkertaisempiin sovelluksiin. Mallista riippuen ohjaus tapahtuu näppäimillä, kosketusnäytöllä tai niiden yhdistelmällä. Saatavilla olevien näyttöjen koot 4 tuumasta 12 tuumaan kykenevät toistamaan 64 000 eri väriä. Tarjolla olevista kosketusnäytöllisistä malleista Basic-paneelit ovat malliston edullisimpia. [1.]

Comfort-paneelit sopivat monimutkaisempien sovellusten toteuttamiseen. Toimintojen käyttäminen tapahtuu kosketusnäytön avulla, joita on saatavilla 4 tuumasta aina 22 tuumaan asti. Comfort-paneeli on suuri 170 asteen katselukulman sekä se kykenee toistamaan 16 miljoona eri väriä. Comfort-paneelit ovat kuitenkin huomattavasti Basic-paneeleita kalliimpia. [1; 3.]

Kannettavat Mobile-paneelit taas soveltuvat erinomaisesti sovelluksiin, joissa käyttäjän täytyy päästä liikkumaan ohjattavan järjestelmän ympärillä. Näyttöjen koot ovat 4 tuumasta 9 tuumaan. Toiminnallisuuksiltaan Mobile-paneeli on samankaltainen kuin Comfort-paneeli. [1.]

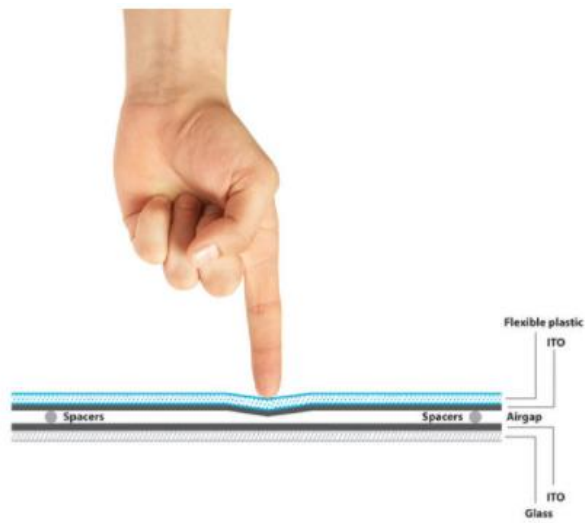
## 2.3 Kosketusnäyttötekniikat

Siemens SIMATIC HMI -paneelien kosketusnäytöllisissä malleissa on käytössä kahta eri kosketusnäyttötekniikkaa. Edullisimmissa malleissa, kuten Basic-paneeleissa, käytössä on resistiivinen kosketusnäyttö. Comfort-paneelien paremmissa malleissa käytössä on sen sijaan kapasitiivinen kosketusnäyttö. Ennen paneelin valintaa on hyvä tutustua molempiin käytössä oleviin teknologioihin, jotta ominaisuudet vastaisivat käyttökohteen vaatimuksia. [3; 4.]

*Resistiivisen* kosketusnäytön toiminta perustuu kahden päällekkäisen sähköä johtavan kerroksen väliseen kosketukseen. Kuvassa 2 näkyy, kuinka päällekkäin asetettujen, usein muovista ja lasista valmistettujen, läpinäkyvien kerrosten sisäpinnoilla on johtavaa materiaalia, jotka koskettavat toisiaan näyttöä painettaessa. Resisttiiviset kosketusnäytöt ovat erittäin kestäviä ja niitä voidaankin käyttää myös työhanskat kädessä, toisin kuin kapasitiivisia kosketusnäyttöjä. Liian terävää esinettä käytettäessä on kuitenkin mahdollista aiheuttaa vahinkoa



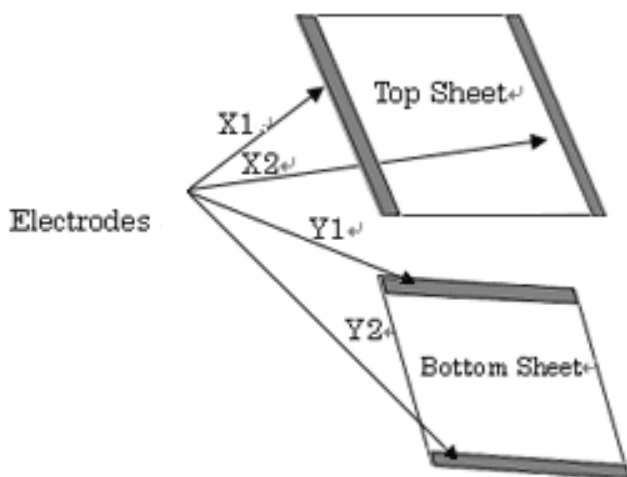
näytön kerroksiin. Resistiiviset kosketusnäytöt on jaettu toimintansa perusteella 4- ja 5-johdin teknologioihin, joiden erot on selitetty seuraavaksi. [5.]



Resistive touchscreen

Kuva 2. Resistiivisen kosketusnäytön rakenne [6].

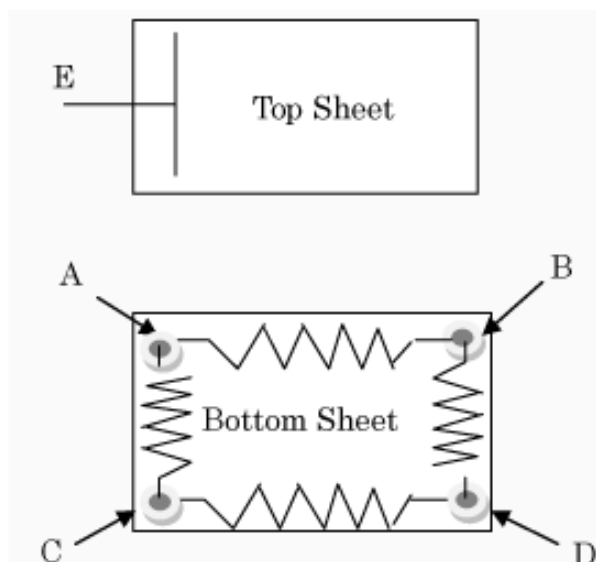
4-johdinteknologia on toiminnaltaan yksinkertaisin, mutta myös halvin valmistaa. 4-johdinteknologiaan käytettäessä näytön molempien kerroksien reunoilla kulkevat virtakiskot, jotka on aseteltu toisessa kerroksista pystysuuntaisesti ja toisessa kerroksista vaakasuuntaisesti. Toiseen kerroksista syötetään tasajännitettä niin, että positiivinen varaus johdetaan toiseen virtakiskoon ja negatiivinen varaus sitä vastapäiseen virtakiskoon. Kuvassa 3 havainnollistetaan resistiivisen kosketusnäytön kerroksien rakennetta sekä virtakiskojen sijoittelua. [7.]



Kuva 3. 4-johdinteknologiaa käyttävän resistiivisen kosketusnäytön kerrokset [5].

Kun näyttöä painetaan, koskettavat kerrokset toisiaan. Jännitteellisen kerroksen jännitelukema saadaan mitattua toisen kerroksen avulla, joka toimii ikään kuin jännitteenkoettimena. Näin saadaan paikannettua kosketus, joko X- tai Y-tasossa. Kosketuksen paikannus toiselta tasolta tapahtuu täsmälleen samalla tavalla, kun ohjainlaite vaihtaa näytön kerrosten roolia. Tavallisesti roolien vaihto tapahtuu yli 100 kertaa sekunnissa, jotta kosketusnäytön toiminta olisi sulavaa. [7.]

5-johdinteknologian avulla pystytään valmistamaan kestävämpiä sekä tarkempia resistiivisiä kosketusnäyttöjä. Toiminnaltaan 4- ja 5-johdinteknologiaa käyttävät resistiiviset kosketusnäytöt eroavat kerroksien rakenteessa. Myös 5-johdinteknologia koostuu kahdesta kerroksesta, mutta vain alemmassa kerroksessa kulkee jännite. Ylempi kerros toimii ainoastaan jännitteenkoettimena, ja alempi kerros muodostaa sekä X- että Y-tason. Kerrosten rakennetta havainnollistettu kuvassa 4. [7.]

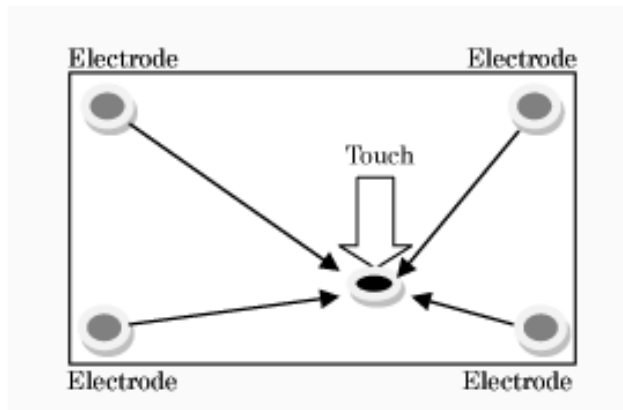


Kuva 4. 5-johdinteknologiaa käyttävän resistiivisen kosketusnäytön kerrokset [5].

X- tai Y-tason pisteen mittaamisen jälkeen vaihtuu jännitteen kulkusuunta, alemmassa kerroksessa, vaakatasosta pystytasoon tai toisinpäin. Kerrosten rakenteen takia vähäiset vauriot päällimmäisellä kerroksella eivät vaikuta kosketusnäytön tarkkuuteen. [7.]

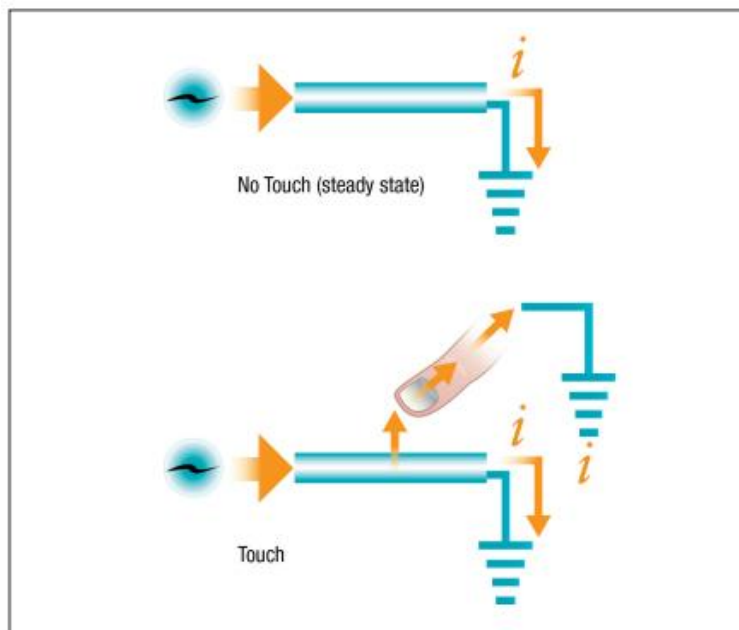
*Kapasitiivinen* kosketusnäyttö on resistiivistä kosketusnäyttöä tarkempi sekä havaitsee kosketuksen helpommin. Kapasitiivisen kosketusnäytön toiminta perustuu lasin päällä olevaan johtavaan pinnoitteeseen sekä näytön sähkömagneettiseen kenttään. Myös kapasitiiviset näytöt on jaettu toiminnan perusteella kahteen teknologiaan. [5.]

Pintakapasitiivisessa kosketusnäytössä saadaan aikaiseksi sähkökenttä johtamalla jännite näyttöön sen jokaisesta kulmasta. Kun näyttöä kosketetaan sähköä johtavalla esineellä, kulkee sitä kautta pieni virta, mikä aiheuttaa näyttöön kapasitanssin muutoksen. Kuvassa 5 on esitetty, kuinka neljästä kulmasta mitatun kapasitanssin muutoksen avulla voidaan paikantaa alue, johon kosketus kohdistuu. [5.]



Kuva 5. Pintakapasitiivisen kosketusnäytön toimintaperiaate [5].

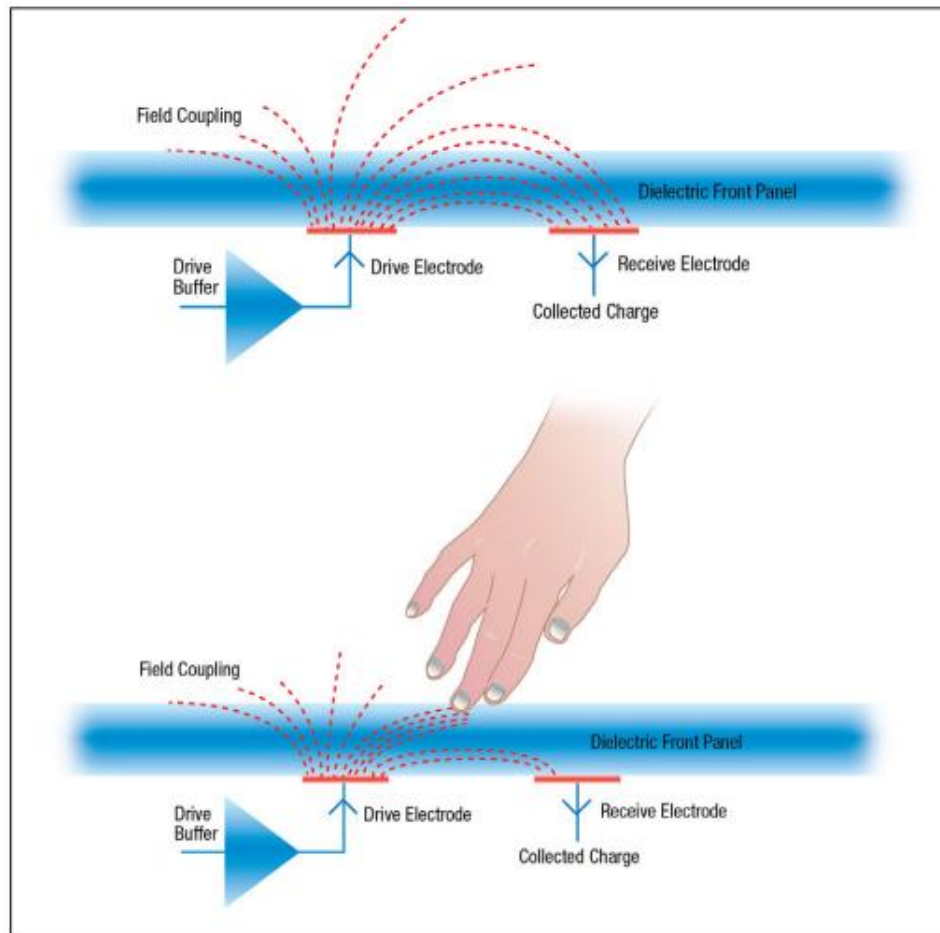
Toinen käytössä oleva teknologia on projisoitu kapasitiivinen kosketusnäyttö, jonka toiminta voidaan toteuttaa kahdella menetelmällä. Ominaiskapasitanssin avulla toimivan näytön kohdalla mitataan elektrodiin ja maapisteen välillä kulkevaa virtaa. Toimintaa on havainnollistettu kuvassa 6. [8.]



Kuva 6. Ominaiskapasitanssin avulla toimiva kapasitiivinen kosketusnäyttö [8].

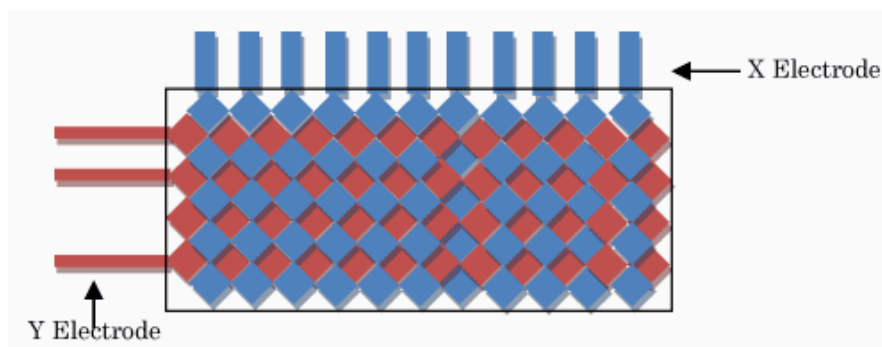
Keskinäiskapasitanssin avulla toimivassa kosketusnäytössä käytetään apuna johdesarakkeita sekä johderivejä, joiden leikkauspisteisiin luodaan keskinäiskapasitanssi. Tämä mahdollistaa jokaisen leikkauspisteen mittaamisen erikseen ja

niin ollen myös usean kosketuksen tunnistamisen samanaikaisesti. Kuvassa 7 on esitetty kuinka kosketus saa aikaan kapasitanssin muutoksen johdinsarakkeen sekä johdinrivin välillä. [8.]



Kuva 7. Keskinäiskapasitanssin avulla toimivan kosketusnäytön toimintaperiaate [8].

Keskinäiskapasitanssia apuna käyttävässä kosketusnäytössä johdinsarakkeet ja johdinrivit on aseteltu kuvassa 8 esitetyllä tavalla [5].



Kuva 8. Johdinsarakkeiden sekä johdinrivien asettelu keskinäiskapasitanssia käyttävässä kosketusnäytössä [5].

## 2.4 Kommunikointi

Siemens SIMATIC -paneelien kommunikointi PLC:n kanssa tapahtuu PRO-FIBUS DP- tai PROFINET-väylän kautta. Paneelin malli täytyy valita sen mukaan, millaista väyläratkaisua aiotaan käyttää. Vaikka tässä projektissa HMI-paneelin kommunikointi tapahtui PROFINET-väylän kautta, perehdyttiin hieman molempien väylien toimintaan.

*PROFIBUS DP* on laajalti teollisuusautomaatiossa käytössä oleva kenttäväylä, jonka toiminta perustuu RS-485 sarjaliikenneväylästandardiin. OSI-mallissa RS-485 sijoittuu fyysiseen kerrokseen, ja se määrittelee siten kommunikointitavan sekä käytettävän kaapelin. Tiedonsiirtoon käytetäänkin suojattua ja kierrettyä parikaapelia. PROFIBUS DP -väylän sovellustasossa on kolme käytössä olevaa protokollaversiota, joita ovat DP-V0, DP-V1 sekä DP-V2. Näistä DP-V0 on yleisin, ja se on tarkoitettu sykliseen tiedonsiirtoon. DP-V1:ssä on lisäksi mahdollisuus asykliseen tiedonsiirtoon, kuten parametrisointiin ja hälytyksiin. DP-V2 protokollaversio sisältää edellä mainittujen lisäksi ohjausprofiilin taajuusmuuttajia varten sekä syklisen synkronoinnin ja aikaleimauksen. Kuvassa 9 on havainnollistettu PROFIBUS-väylää OSI-mallin avulla. [9.]

|                 | User program       |  | Application profiles   |
|-----------------|--------------------|--|--|
| 7               | Application Layer  |  | PROFIBUS DP Protocol<br>(DP-V0, DP-V1, DP-V2)                          |
| 6               | Presentation Layer |  | Not used   |
| 5               | Session Layer      |  |  |
| 4               | Transport Layer    |  |  |
| 3               | Network Layer      |  |  |
| 2               | Data link Layer    |  | Fieldbus Data Link (FDL):<br>Master Slave principle<br>Token principle |
| 1               | Physical Layer     |  | Transmission technology  |
| OSI Layer Model |                    |  | OSI implementation at PROFIBUS   |

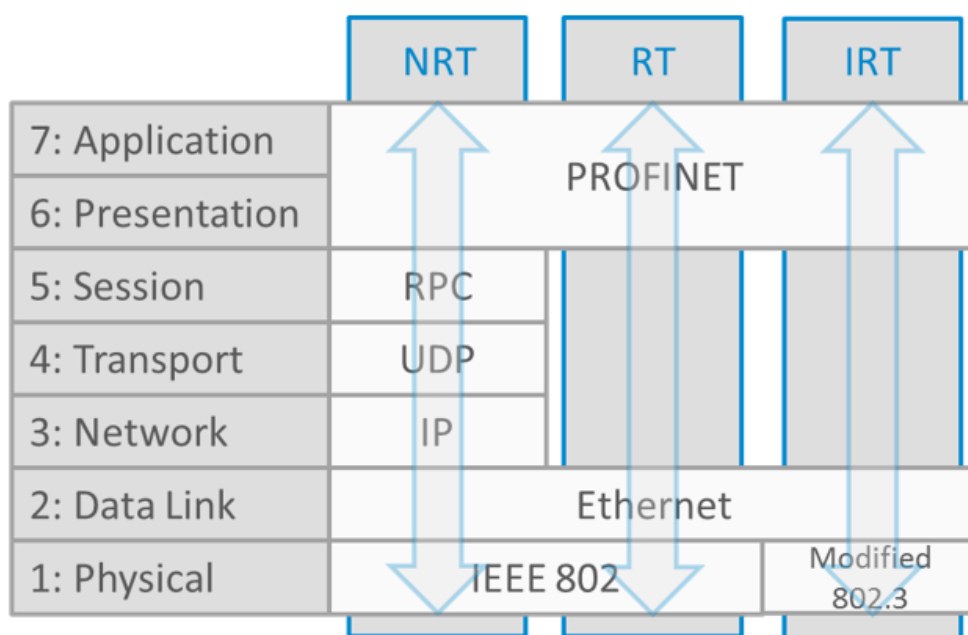
Kuva 9. PROFIBUS-väylä havainnollistettuna OSI-malliin vertaamalla [9, s. 3].

PROFIBUS-väylässä laitteet on jaettu Master- sekä Slave-laitteisiin. Master-laitteet on lisäksi jaettu luokan 1 ja 2 Master-laitteisiin, jotka vuorottelevat väylän käyttöoikeudesta token passing -menetelmän avulla. Tokenin eli ns. viestikapulan omaava laite on sillä hetkellä väylän aktiivinen Master. Luokan 1 Master-laitteena väylässä voi toimia esimerkiksi PLC, joka kommunikoi syklisesti väylässä olevien Slave-laitteiden kanssa. Luokan 2 Master-laitteena voi sen sijaan toimia esimerkiksi HMI-paneeli. Slave-laitteet ovat sen sijaan passiivisia laitteita, jotka vastaavat väylässä olevien Master-laitteiden kyselyihin. Jokaiselle Slave-laitteelle määritellään uniikki osoite, joka tapahtuu usein laitteesta löytyvien DIP-kytkinten avulla. Slave-laitteet koostuvat mm. I/O:sta sekä toimilaitteista. PROFIBUS-väylän osoitteisto kattaa enintään 126 laitetta yhtä väylää kohden. [9; 10.]

*PROFINET* on teollisuudessa käytettävä kenttäväylä, jonka toiminta pohjautuu Ethernetiin. PROFINET-väylä käyttää 100 Mbps Ethernetia eikä siinä ole rajoitettua osoitteistoa, tosin kuin PROFIBUS-väylässä. PROFINET-väylässä käytettävä kaapeli vastaa pitkälti tavallista Cat-5-kaapelia, mutta siinä on parempi

suojaus, ja se soveltuu näin ollen paremmin teollisuuteen. PROFINET NRT eli ei-reaaliaikaisen tiedonsiirron avulla pystytään suorittamaan aikaan liittymättömiä tehtävät, kuten konfigurointi ja parametrisointi. [11; 12.]

PROFINET avulla pystytään kuitenkin myös reaaliaikaiseen kommunikointiin, joka on jaettu kahteen eri luokkaan: PROFINET RT (Real-Time) sekä PROFINET IRT (Isochronous Real-Time). PROFINET RT käyttää kommunikointiin reaaliaikakanavaa sekä viestien priorisointiin VLAN-priorisointia. Reaaliaikakanavan kautta kommunikoidessa jätetään osa OSI-mallin kerroksien mukaisista protokollista pois, jotta vasteajoissa päästäisiin muutamiin millisekunteihin. Reaaliaikakanavassa viestit ohjataan oikeaan paikkaan MAC-osoitteiden avulla. Kuvassa 10 havainnollistettu PROFINET-väylän reaaliaikakanavaa OSI-mallin muodossa. [11; 12.]



Kuva 10. PROFINET-tiedonsiirtoprotokollat esitettynä OSI-mallin avulla [12].

PROFINET IRT -viestinnälle on varattuna oma kanava ns. standardikanavan rinnalle. Käyttämällä IRT-protokollaa voidaan saavuttaa alle millisekunnin vasteaikoja. Toimiakseen kaikki käytettävät laitteet tarvitsevat kuitenkin ERTEC ASIC -reaaliaikapiirin, joka vastaa IRT-tiedonsiirron aikasykronoinnista.



PROFINET IRT tulee tarpeeseen vain todella nopeissa käyttökohteissa, kuten liikkeenhallinnan ohjauksessa. [11.]

## 2.5 Ohjelmistot

Valmistajilla on usein tarjolla useita erilaisia HMI-ohjelmistoratkaisuja. Ohjelmistojen avulla luodaan mm. HMI:n toiminnallisuudet, visualisoinnit sekä hälytykset. Tavanomaisin menetelmä on käyttää valmistajan luomaa ohjelmistoa sekä runtime-ympäristöä yhdessä valmistajan HMI-paneelin kanssa. Esimerkkeinä ovat Phoenix contact:in Visu+ ja Siemensin WinCC. Joidenkin valmistajien HMI-paneelit on myös mahdollista yhdistää suoraan toisen valmistajan ohjauslaitteisiin. Lista yhdistettävissä olevista laitteista löytyy ohjelmiston tietolomakkeesta. Samankaltainen toiminnallisuus on mahdollista toteuttaa myös OPC-palvelimen avulla, joka toimii rajapintana päätelaitteen sekä PLC:n välillä.

HMI-ohjelmistoja on saatavilla myös selainpohjaisena. Selainpohjaisen HMI:n etuna on erityisesti mahdollisuus etäkäyttöön sekä erilaisten päätelaitteiden käyttäminen HMI:nä. Selainpohjaisessa HMI:ssä käyttäjillä on aina käytössään viimeisin HMI-versio eikä sen käyttämiseen tarvita päätelaitteessa selaimen lisäksi erillistä ohjelmistoa. [13.]

## 2.6 Paneelin valinta

Sopivan paneelin valintaa pohdittiin yhdessä Pentanova Conveyor Systemsin sekä Sinebrychoffin edustajien kanssa. Vanha HMI-paneeli oli Siemensin valmistama ja tilaaja halusikin, että uusi paneeli valittaisiin myös Siemensin valikoimasta.

Suurimpana haasteena vanhan paneelin toiminnallisuudessa oli ollut sen pieni koko. Pienen näytön takia osa näytöllä olevista objekteista jäi liian pieniksi ja niiden käyttäminen oli lähes mahdotonta. Tämän takia näyttöä oli käytetty siihen kuulumattomilla esineillä, jolloin näytön kosketustoiminnot alkoivat vähitellen

hajoamaan. Uuden näytön tulisi olla kokonsa puolesta riittävän iso tarpeellisia objekteja varten.

Siemensin valikoimasta käyttötarkoitukseen soveltuvia malleja löytyi Basic- sekä Comfort-paneeleista. Paneelin koon suhteen päädyimme 12 tuumaan, jotta valittavina vaihtoehtoina olisi Basic- sekä Comfort-paneeleita. Paneelien hintoja tiedustelin sähköpostitse PJ Control Oy:ltä, joka toimii Suomessa yhtenä Siemensin tuotteiden jälleenmyyjistä. Hinnaltaan Comfort-paneeli oli melkein puolet kalliimpi kuin Basic-paneeli. Kuormalavojen tarkastuslaitteiston yksinkertaisuuden sekä Comfort-paneelin hinnan takia päädyimme valinnassamme Basic-paneeliin. Suurimman saatavilla olevan 12 tuuman Basic-paneelin koko riittää tässä käyttökohteessa mainiosti tarvittavien objektien sovittamiseen näytölle. [14.]

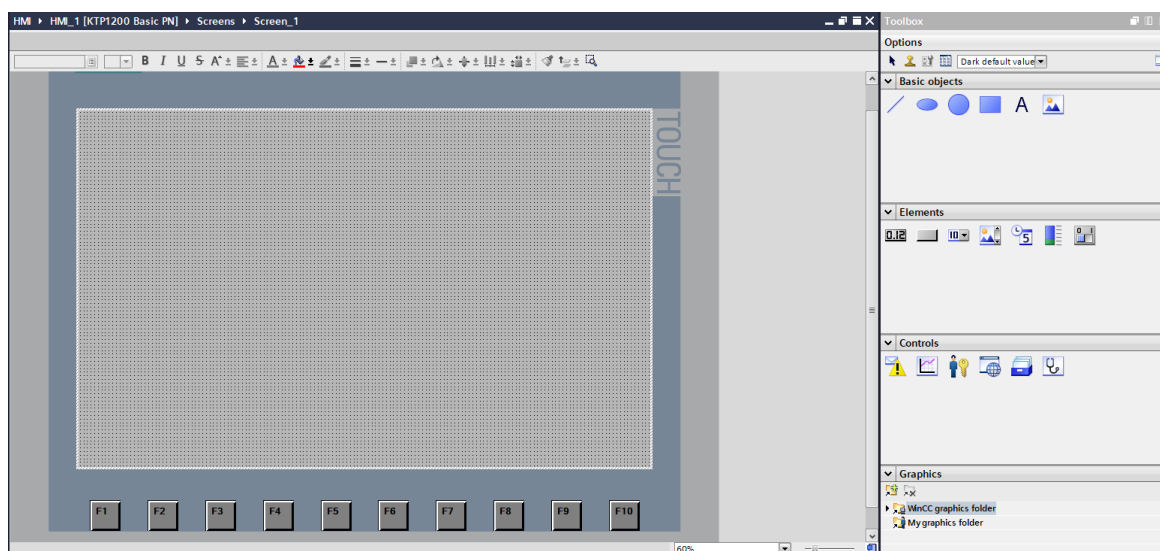
### **3 WinCC-visualisointijärjestelmä**

#### **3.1 WinCC-ohjelmistot**

Siemensin valmistamien HMI-paneelien ohjelmointi tapahtuu WinCC-visualisointijärjestelmän avulla, joka on integroitu osaksi Siemensin kehittämää TIA-portal-ohjelmointiympäristöä. SIMATIC HMI -paneelien ohjelmointiin on saatavilla useampia eri WinCC-ohjelmistoversiota, jotka on jaoteltu niiden ominaisuuksien mukaan. Ohjelmistoversiot ovat jaettu seuraavasti: Basic, Comfort, Advanced ja Professional. Lisäksi saatavilla on myös WinCC Runtime Advanced- sekä WinCC Runtime Professional -ohjelmistot, jotka ovat tarkoitettu PC-pohjaisten HMI-käyttöliittymien suunnitteluun. Tarvittava ohjelmistoversio määräytyy käytettävän paneelin perusteella, mutta enemmän ominaisuuksia omaavalla ohjelmistolla voidaan rakentaa visualisointi myös yksinkertaisemmalle paneelille. Tässä insinööriyössä käytettävän Basic-paneelin ohjelmointiin riittäisi siis WinCC Basic -ohjelmistoversio. [15.]

### 3.2 Visualisointi WinCC-visualisointijärjestelmällä

HMI:n visualisointi tapahtuu WinCC:n sisältämien työkalujen avulla. Saatavilla olevien työkalujen määrä vaihtelee käytettävän paneelin mukaan. Kuvassa 11 perusnäkymä WinCC Basic -visualisointijärjestelmästä, jossa oikealla laidalla nähtävissä käytössä olevat työkalut.



Kuva 11. TIA-portal-ohjelmointiympäristöön integroitu WinCC-visualisointijärjestelmä.

Saatavilla olevien työkalujen avulla pystytään luomaan HMI-käyttöliittymän grafiikka sekä tarvittavat toiminnallisuudet. Seuraavaksi on esitelty Basic-paneelin visualisointiin saatavat työkalut.

Basic objects -valikosta löytyvillä työkaluilla voidaan lisätä näytölle muotoja, tekstiruutuja tai kuvia. Tästä valikosta löytyvillä työkaluilla luodaan siis HMI:n graafinen toteutus.

Elements-valikon työkaluilla luodaan HMI:n tärkeimmät toiminnallisuudet, kuten I/O:n tilojen seuranta ja muokkaaminen sekä prosessin tilan graafinen esittäminen. Muuttujien tilojen muokkaaminen onnistuu painonapeilla, I/O-kentillä sekä symbolisilla I/O-kentillä. Kahdella jälkimmäisellä pystytään lisäksi monitorimaan muuttujien arvoja. Symbolisessa I/O-kentässä tuleva tai lähtevä tieto

muutetaan tekstiksi, joka mahdollistaa esimerkiksi tilatietojen esittämisen käyttäjälle selkeämmässä muodossa. Tilatietojen esittäminen myös graafisessa muodossa on mahdollista graafisen I/O-kentän tai pylväsmallisen esityksen avulla.

Controls-valikon alta löytyvillä työkaluilla voidaan luoda hälytysnäyttöjä, trendikäyriä ja HTML-selaimia. Työkalujen avulla pystytään myös tarkastelemaan käyttäjätietoja, reseptejä sekä diagnosoimaan järjestelmässä olevien laitteiden virheitä.

Ohjaus HMI:n ja PLC:n välillä tapahtuu tagien eli muuttujien avulla. HMI:lle määritellään tarvittavat muuttujat HMI tags -ikkunassa. Määritellyt muuttujat voivat olla HMI:n sisäisiä tai liitettynä PLC:n tageihin. Jos HMI- sekä PLC-tagien välille määritellään yhteys, voidaan HMI:n kautta muuttaa tai tarkastella haluttujen PLC:n muuttujien arvoja. Tämä taas mahdollistaa tarvittavien toimintojen luomisen, joilla ohjataan sekä seurataan järjestelmän tilaa. Kuvassa 12 on esitetty lista, jossa HMI- ja PLC-tagien yhteys määritellään.

| Ajotapa |                                 |                    |                  |                             |                            |         |
|---------|---------------------------------|--------------------|------------------|-----------------------------|----------------------------|---------|
|         | Name ▲                          | Data type          | Connection       | PLC name                    | PLC tag                    | Address |
| ▶       | Ajotavan ohjaus_DB_Käsiäjo_L... | Array [0..31] o... | HMI_Conne...     | 2A1 PLC_Lavantarkistuslinja | "Ajotavan ohjaus_DB"...    |         |
| ▶       | Ajotavan ohjaus_DB_Käsiäjo_L... | Bool               | HMI_Connectio... | 2A1 PLC_Lavantarkistuslinja | "Ajotavan ohjaus_DB".Kä... |         |
| ▶       | Ajotavan ohjaus_DB_Käsiäjo_L... | Bool               | HMI_Connectio... | 2A1 PLC_Lavantarkistuslinja | "Ajotavan ohjaus_DB".Kä... |         |
| ▶       | Ajotavan ohjaus_DB_Käsiäjo_L... | Bool               | HMI_Connectio... | 2A1 PLC_Lavantarkistuslinja | "Ajotavan ohjaus_DB".Kä... |         |
| ▶       | Ajotavan ohjaus_DB_Käsiäjo_L... | Bool               | HMI_Connectio... | 2A1 PLC_Lavantarkistuslinja | "Ajotavan ohjaus_DB".Kä... |         |
| ▶       | Ajotavan ohjaus_DB_Käsiäjo_L... | Bool               | HMI_Connectio... | 2A1 PLC_Lavantarkistuslinja | "Ajotavan ohjaus_DB".Kä... |         |

Kuva 12. HMI-tagien yhdistäminen PLC-tageihin TIA-portal-ohjelmointiympäristössä.

## 4 Käyttöliittymäsuunnittelu

### 4.1 HMI:n käyttötarkoitus

Käyttöliittymää suunniteltaessa täytyy ottaa huomioon, millaista järjestelmää sen kautta ohjataan. Käyttöliittymän ominaisuudet tulisi priorisoida jokaisen järjestelmän kohdalla erikseen, jotta järjestelmälle tärkeät tiedot tulisivat selkeästi

esille. Käyttötarkoitus ei suinkaan ole ainoa asia, jota tulisi pohtia heti suunnittelun alkuvaiheessa. Itse käyttäjillä ja heidän tarpeillaan käyttöliittymän ominaisuuksien suhteen on myös suuri merkitys suunnittelun suunnan kannalta. Käyttäjiin lukeutuu niin operaattorit kuin kunnossapitäjät ja heidän vaatimuksensa käyttöliittymän toimintojen suhteen eroavat toisistaan. Tällaisissa tilanteissa täytyykin pyrkiä miettimään, kumpi on järjestelmän ensisijainen käyttäjä ja rakentamaan käyttöliittymä pääpiirteittäin sen ajatuksen pohjalta. [16, s. 44–48.]

## 4.2 Asettelun suunnittelu

Suunnittelun alkuvaiheilla luodaan jonkinlainen kuva siitä, millaista asettelua käyttöliittymässä halutaan käyttää. Jo tässä vaiheessa tulisi miettiä asettelua käyttäjien sekä pääasiallisen käyttötarkoituksen kannalta. Asettelu voi tulla ja tulla muuttumaan projektin edetessä, mutta selkeän suunnitelman päälle on helpompi lähteä rakentamaan toimivaa käyttöliittymää. [16, s. 62.]

Joitakin käyttöliittymän sisältämiä ominaisuuksia käytetään muita useammin. Tällaisia ominaisuuksia voidaan korostaa käyttöliittymän asettelussa, jotta käyttäjä löytäisi ne vaivattomasti. Hyvänä keinona toimii esimerkiksi valintaobjektien koon suurentaminen sekä järjestäminen käyttöasteen mukaan. Painikkeiden asettelulla voidaan myös nopeuttaa käyttöliittymän omaksuttavuutta. Tiettyjen usein käytössä olevien painikkeiden sijoittamisella samoihin kohtiin, eri ruuduissa, voidaan helpottaa käyttäjien työskentelyä. [16, s. 62, 64.]

Asettelussa täytyy ottaa huomioon myös objektien määrä ruutua kohden. Määrän kasvaessa tulee ruudulla olevista objekteista väistämättä pieniä. Pahimmassa tapauksessa teksteistä ei saa selvää, ja painikkeiden käyttäminen hankaloituu. Tilanteissa, joissa käyttöliittymän ruutu alkaa täyttymään liiaksi, kannattaa miettiä, olisiko jokin toinen keino esittää ruudulta löytyvät asiat. Ruudun funktio voidaan jakaa useammalle välilehdelle, joiden välillä liikkumiseen käytetään selkeästi sijoiteltuja painikkeita. [16, s. 76.]

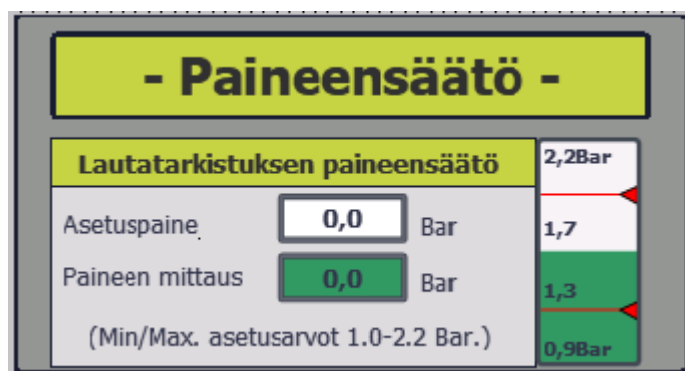
### 4.3 Toimintojen toteutus

Käyttöliittymän toiminnot luodaan kartoitettujen tarpeiden pohjalta. Yleisesti toiminnot koostuvat kuitenkin pääosin ohjauksista, asetusarvoista sekä niiden takaisinkytkennästä. Käyttöliittymän ohjaukset ja asetusarvot ovat yhdistetty logiikan muuttujiin, joita muuttamalla pystytään ohjaamaan laitteistoa tai prosessia. Kuvassa 13 on nähtävillä esimerkki käyttöliittymästä löytyvistä asetusarvoista, joiden avulla voidaan määritellä kuljettimen ajonopeudet. Vierestä löytyvien valintakytkimien avulla voidaan ohjata laitteiston osia päälle/pois-tyyppisesti.



Kuva 13. Esimerkki käyttöliittymän sisältämistä toiminnoista.

Käyttöliittymän suuntaan täytyy saada myös jonkinlaista takaisinkytkentää, jotta käyttäjä voisi varmistua laitteiston tilasta. Käyttöliittymän kautta esitetään laitteiston automaatti- ja manuaalililat sekä laitteistosta saatavat mittaustiedot. Kuvassa 14 on esitetty, kuinka paineensäädön asetusarvon lisäksi, käyttöliittymän kautta saadaan tieto myös mitatusta paineesta. Mitattu arvo voidaan esittää niin numeerisesti, kuin graafisena esityksenä.



Kuva 14. Esimerkki käyttöliittymässä esitetystä mittaustiedosta.



kuten virheen sijainnin ja mahdollisen syyn, tulisi selvittää hälytyksestä. Ilmoitukseen voidaan lisätä myös ohjeita vikatilanteen purkamiseksi tai kehottaa ottamaan yhteyttä kunnossapitoon. Pienillä panostuksilla hälytyksiin saadaan merkittäviä eroja häiriöaikoihin. [16, s. 90.]

Hälytykset voidaan lisäksi jakaa omiin luokkiinsa, riippuen niiden vakavuudesta. Tavanomaisesti hälytykset jaetaan varoituksiin sekä vikailmoituksiin. Varoitukset ovat lähinnä ilmoituksia käyttäjälle, eivätkä ne vaikuta kriittisesti laitteiston toimintaan. Vikailmoitus-tyyppiset hälytykset ovat sen sijaan laitteiston kannalta kriittisiä tapahtumia, johon käyttäjän tulisi reagoida mahdollisimman nopeasti. Käyttäjä voi myös itse määritellä järjestelmään omia hälytysluokkia.

Hälytysluokille määritellään lisäksi haluttu kuittausmenettely. Siemensin WinCC-ohjelmistossa hälytysluokan hälytykset voidaan määritellä kuitattavaksi tai kuitauksen vaatiminen voidaan vaihtoehtoisesti jättää kokonaan pois. Yleisesti kuittaus asetetaan vaadittavaksi vakavimpien hälytysten kohdalla. Jos kuittausmenettely otetaan käyttöön, vaatii järjestelmä operaattorin kuitauksen ennen hälytyksen poistamista. Muissa tapauksissa hälytys poistuu itsestään, laitteiston tilan palautuessa normaaliksi.

#### 4.5 Käyttäjävirheet

Virheet eivät aina aiheudu yksinomaan laitteistosta, sillä käyttäjätkin tekevät joskus virheitä. Virheet voivat olla erehdyksiä tai virheitä, jotka aiheutuvat käyttäjän väärinymmärryksestä. Käyttäjävirheitä pystytään kuitenkin vähentämään opastamalla käyttöliittymän käytössä.

Suunnittelijan näkemys käyttöliittymän ominaisuuksista ei aina kohtaa käyttäjän olettamuksia, jolloin käyttäjä voi luoda itselleen vääränlaisen kuvan käyttöliittymän toiminnasta. Käyttäjän toimiessa omien olettamustensa mukaan, voivat toiminnot johtaa laitteiston virheeseen. Käyttöliittymästä tulisikin karsia pois toiminnot, jotka eivät ole ymmärrettävissä yksiselitteisesti. Toimintojen suunnittelussa voidaan käyttää apuna Jakob Nielsenin lakia, jossa todetaan käyttäjän viettävän



enemmän aikaa muiden suunnittelemissa järjestelmissä. Toisin sanoen liian suuri erottuminen muiden käyttöliittymien toiminnallisuuksista johtaa käytettävyyden heikentymiseen ja samalla käyttäjävirheiden lisääntymiseen. [17.]

#### 4.6 Käyttöliittymän värien valinta

Käyttöliittymän värivalinnoilla voidaan lisätä käyttöliittymän selkeyttä. Selvästi erottuvien painikkeiden ja tekstiruutujen avulla käyttäjän huomio saadaan kiinnitettyä olennaisiin asioihin. Huomion ohjaamista oikeisiin paikkoihin voidaan tehostaa myös käyttämällä värejä, jotka ilmaisevat selkeästi laitteiston tilan. Tällainen väri on mm. punainen, joka viestii usein vaaraa tai virhettä. Liiallista räikeitten värien käyttöä tulisi kuitenkin välttää, koska silloin käyttöliittymästä tulee epäselvä, eikä huomio ei enää kiinnity tärkeisiin asioihin. Väreillä tapahtuvan laitteiston tilan viestimisessä olisi hyvä käyttää enintään 5–7 erilaista väriä. [18, s. 7.]

### 5 Käyttöliittymän päivitys

#### 5.1 Käyttäjien vaatimukset

Työn suorittamisessa lähdettiin liikkeelle selvittämällä pääasiallisien käyttäjien tarpeet käyttöliittymän kannalta. Suurimman osan ajasta käyttäjänä toimii trukinkuljettaja, joka myös syöttää lavat lavantarkastus laitteistoon. Pääosin käyttäjä operoi HMI:n kautta laitteen automaatti- sekä manuaalitiloja ja tarkastaa kuormalavojen hylkäyssyitä. Korjaustilanteissa sekä laitteiston huollon aikana myös kunnossapidon asentajat käyttävät käyttöliittymää apuna laitteiston testauksessa tai vianselvityksessä.

Kysely suoritettiin suullisesti molemmille osapuolille, jolloin pystyin itsekkin käymään läpi kehitysideoita käyttäjien kanssa. Käyttäjien näkemyksistä tuli esille monia samankaltaisia ongelmakohtia. Selvästi suurimpana ongelmana pidettiin näytön pientä kokoa, joka hankaloitti ja hidasti toimintojen käyttämistä. Toisena esille tulleen haasteena käyttäjät mainitsivat käyttöliittymän värivalinnat.

Taustan ja tekstien välisen pienen kontrastin takia eivät tekstit erottuneet taustasta riittävän selkeästi.

Kolmantena haasteena käyttäjät mainitsivat käsiajo-välilehden, joka oli ahdettu liian täyteen numeroituja painikkeita. Käsiajo-välilehdeltä oli hankala tulkita, mitä laitteen osaa ollaan ohjaamassa, ja asia täytyikin aina tarkistaa erilliseltä näyttöltä. Laitteiston jokaista osaa oli lisäksi mahdollista ajaa samanaikaisesti eivätkä valinnat nollaantuneet, vaikka käsiajo-välilehdeltä poistuttiin. Valintojen päällä pysyminen mahdollisti väärin laitteiston osien ohjaamisen lähes huomaamatta.

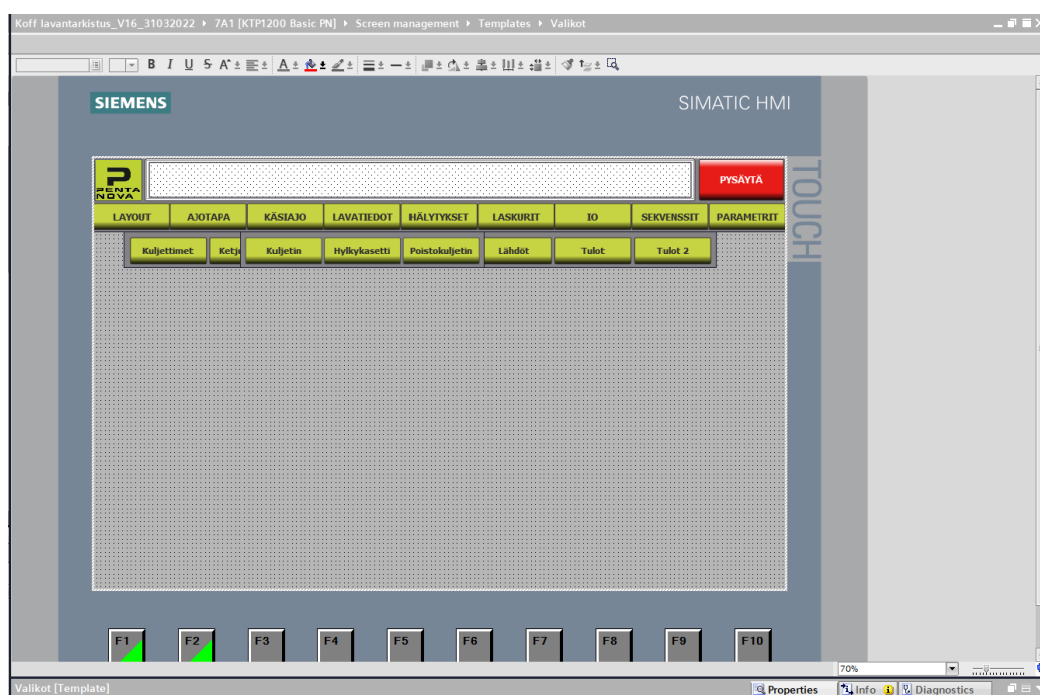
Käyttöliittymän luominen tai päivittäminen ilman minkäänlaista käyttäjän näkemystä on hyvin vaikeaa. Käyttäjien näkemysten ja ohjelmoijan osaamisen avulla käyttöliittymän käytettävyyttä saadaan maksimoitua, eivätkä päivityksen resurssit kohdistu epäolennaisiin asioihin. Kyselyn kautta saatiin selvitettyä käyttöliittymän pääasialliset ongelmakohdat, joita silmällä pitäen päivitystä on hyvä lähteä luomaan.

## 5.2 Asettelun valinta

Käyttöliittymän asettelu tahdottiin pitää pääpiirteittäin samanlaisena, sillä se oli käyttäjien näkemyksen mukaan toimiva. Monimutkaisia valikoita ei haluttu käyttöliittymään lisätä, sillä tavanomaisesti käyttäjä operoi laitteistoa jonkinlaisessa vikatilanteessa. Tällaisien tilanteiden selvityksessä selkeys ja helppokäyttöisyys ovat tärkeitä ominaisuuksia. Joillakin välilehdillä alavalikon luominen toimi kuitenkin hyvänä keinona selkeyttää käyttöliittymää. Luodut alavalikot pyrittiin kuitenkin pitämään mahdollisimman suppeina sekä selkeinä.

Käyttöliittymän välilehdille pystytään luomaan yhteisiä valikoita Template-työkalun avulla. Käytettävä Template-ruutu valitaan erikseen jokaisen välilehden ominaisuusikkunasta. Alavalikoiden luominen pystyttiin toteuttamaan kätevästi juuri Template-työkalulla.

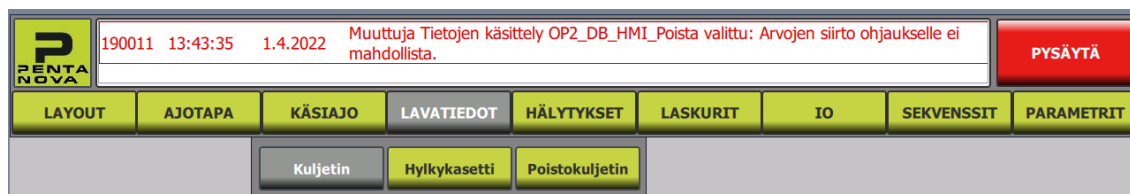
Luotujen valikoiden kaikki painikkeet sijaitsevat samalla Template-ruudulla, mutta niiden näkyvyyttä hallitaan Visible-työkalulla. Käyttöliittymän välilehden vaihtuessa asetettiin HMI:n sisäinen valikko-muuttuja sitä vastaavaan arvoon. Tietyillä muuttujan arvoilla näkyvissä ovat vain määritellyt objektit, jotka poistuvat näkyvistä, kun välilehti sulkeutuu. Tämä mahdollistaa useille eri välilehdille tarkoitettujen alavalikoiden luomisen yhdelle Template-ruudulle. Alavalikoiden luominen samalle Template-ruudulle mahdollistaa tulevaisuudessa tehtävien muutosten tekemisen ainoastaan yhdelle ruudulle. Edellä kuvatussa menetelmässä on myös huonoja puolia. Yhdellä käyttöliittymän välilehdellä ongelmaksi muodostui käytettyjen objektien määrä. Järjestelmä nimittäin laskee näytön objekteiksi myös Template-ruudun objektit. Ongelmasta päästiin kuitenkin eroon karsimalla kyseiseltä välilehdeltä pois turhia objekteja. Suuremmassa projektissa Template-ruudun voisi jakaa usealle erilliselle ruudulle. Kuvassa 14 on esitetty Template-ruudun asettelu.



Kuva 16. Template-ruutu voidaan asettaa näkyviin käyttöliittymän välilehdille.

Valikon painikkeisiin luotiin myös muuttuva ulkoasu, joka muuttuu aktiivisen ruudun perusteella. Ulkoasun muuttuminen viestii käyttäjälle selkeästi, mikä painike on valittuna. Toiminto luotiin Appearance-työkalulla, joka seuraa aikaisemmin

mainitun valikko-muuttujan arvoa. Kuvassa 15 on havainnollistettu painikkeiden valinnasta kertovaa ulkoasun muutosta.



Kuva 17. Valikon painikkeiden muuttuva ulkoasu.

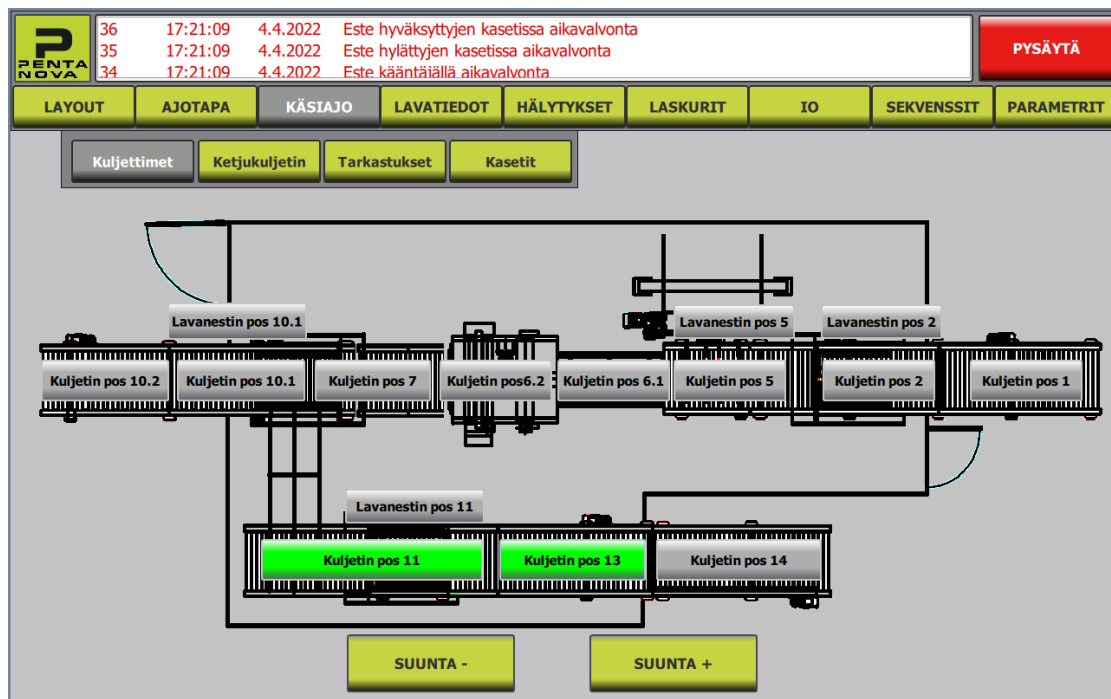
Template-ruudun yläosaan lisättiin myös pieni hälytysnäyttö, jotta käyttäjä pystyi havaitsemaan laitteen olevan vikatilassa. Useamman vian ollessa aktiivisena samanaikaisesti ei kaikkia vikoja pysty havaitsemaan pienestä hälytysruudusta. Hälytysten esittämiseen luotiin tämän takia myös erillinen välilehti, johon pääsee Hälytykset-painikkeella tai vaihtoehtoisesti napauttamalla pientä hälytysruutua. Pienen hälytysruudun kosketus toiminto luotiin käyttämällä apuna läpinäkyvää painiketta, joka aseteltiin hälytysnäytön kohdalle. Ruutujen vaihto toteutettiin ActivateScreen-toiminnolla, joka määriteltiin halutuille painikkeille niiden ominaisuusikkunassa.

### 5.3 Käyttöliittymän luominen

Tässä osiossa esitellään tämän käyttöliittymän tärkeimmät ja eniten käytetyt välilehdet. Kaikkien käyttöliittymästä löytyvien välilehtien luomiseen käytettiin hyvin samankaltaisia menetelmiä. Välilehtien toteutusprosessit erosivat kuitenkin toisistaan määrittelyssä sekä visuaalisessa toteutuksessa.

Uudessa käyttöliittymässä pyrittiin erityisesti ratkaisemaan aikaisemman käyttöliittymän ongelmakohtia, käyttäjiltä saatujen palautteiden avulla. Selvästi suurimpana ongelmana vanhassa käyttöliittymässä ilmeni käsiajovälilehden hankala käytettävyys. Käsiajolla ohjattava laite täytyikin aina tarkistaa erilliseltä sivulta.

Käsiajo-välilehden kohdalla ei ollut heti selvää, riittäisikö suurempi HMI-paneeli kaikkien toimintojen sovittamiseen samalle välilehdelle. Aluksi kaikki toiminnot yritettiin mallintaa samalle välilehdelle, mutta lopputuloksesta tuli liian sotkuinen. Välilehden sisältö päätettiin jakaa neljään osaan, joiden välillä liikutaan alavalikoiden avulla. Kuvassa 16 on esitetty käsiajovälilehden asettelu.



Kuva 18. Käsiajotoiminnot jaettuna neljälle välilehdelle. Välilehtien välillä liikkuminen tapahtuu alavalikon painikkeilla.

Käsiajovälilehden painikkeilla valitaan ne laitteet, joita halutaan ohjata. Valittujen painikkeiden tila indikoidaan niiden ulkoasun muutoksella. Kun halutut laitteet on valittu ja järjestelmä on käsiajotilassa, voidaan laitteita ajaa ruudun alaosassa sijaitsevilla suunta-painikkeilla. Käsiajovälilehden vaihtuessa valinnat nollaantuvat, jotta laitteiden ajaminen yhtäaikaaisesti monella välilehdellä ei olisi mahdollista. Valintojen nollaus toteutettiin ResetBit-toiminnolla, joka suoritetaan kunkin ruudun sulkeutuessa.

Paljon käytössä olevan ajotapavälilehden selkeyttä lisättiin indikoinnin avulla. Ajotavan valintaan käytettävien painikkeiden ympärille lisättiin indikointi

kertomaan siitä, mikä ajotapa on valittuna. Lisäksi painikkeiden yläpuolelle sijoitettiin ilmoitusruutu valitusta ajotavasta. Välilehdelle lisättiin myös nollaustoiminnon käynnissä olemisesta kertova ilmoitus. Aluksi ilmoitus opastaa käyttäjää pitämään nollaus-painiketta pohjassa, mikäli nollaus halutaan suorittaa. Nollauksen päätyttyä ilmoitus kertoo käyttäjälle toiminnon onnistuneesta suorituksesta. Kuvassa 17 on esitetty edellä mainittujen toimintojen visuaalinen toteutus.

| LOG | TIME     | DATE      | EVENT  |
|-----|----------|-----------|--|
| 13  | 21:47:41 | 13.4.2022 | Hätä-seis painike HS6 RX3:lla painettu, tarkasta sijainti layout-sivulta |
| 12  | 21:47:41 | 13.4.2022 | Hätä-seis painike HS5 RX2:lla painettu, tarkasta sijainti layout-sivulta |
| 11  | 21:47:41 | 13.4.2022 | Hätä-seis painike HS4 RX1:llä painettu, tarkasta sijainti layout-sivulta |

**NAVIGATION:** LAYOUT | AJOTAPA | KÄSIAJO | LAVATIEDOT | HÄLYTYKSET | LASKURIT | IO | SEKVENSSIT | PARAMETRIT

**AJOTAPA: NOLLAUS MAHDOLLINEN**

**AUTOMAATTI**

**KÄSIAJO**

**NOLLAUS**

Valitse nollattava laite

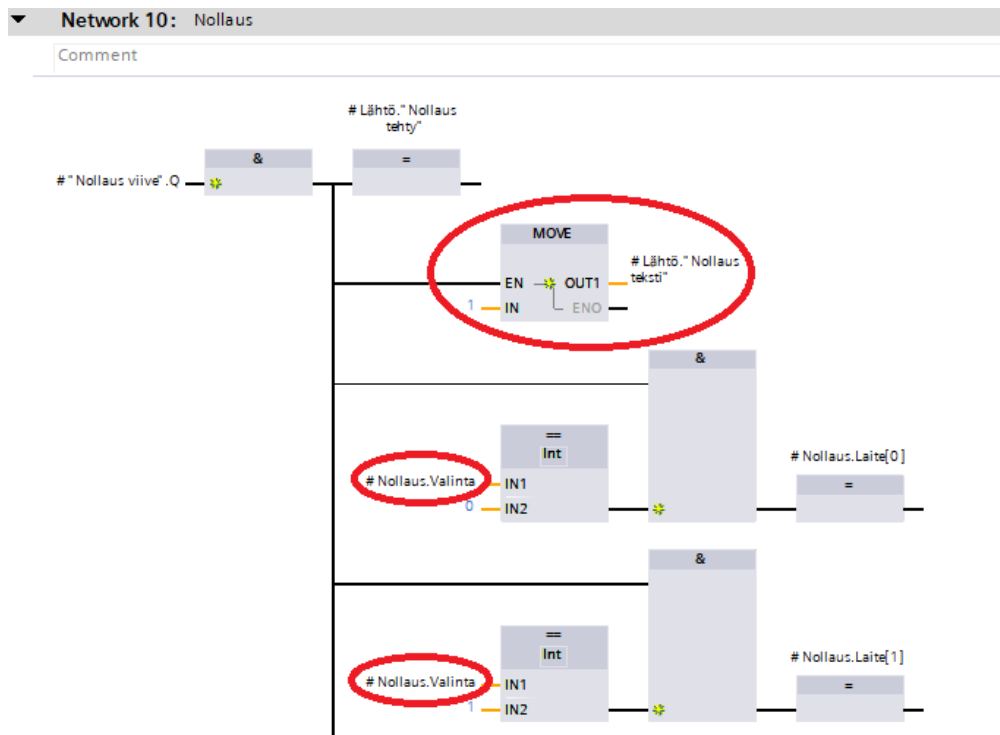
Koko nollaus

Nollataksesi, pidä nollauspainike painettuna.

**NOLLAA**

Kuva 19. Laitteiston ajotavan valitsemiseen käytettävä välilehti.


















Kuvassa 17 esitetyt ilmoitusruudut sekä nollattavien laitteiden -valikko luotiin symbolisten I/O-kenttien avulla, jotka seuraavat ohjelmasta saatuja muuttujien arvoja. Symbolisten I/O-kenttien avulla voidaan muuttaa tai seurata muuttujien arvoja. Kuvasta 17 löytyvä nollattavien laitteiden -valikko on hyvä esimerkki symbolisesta I/O-kentästä, jonka avulla muutetaan ohjelmassa luettavia arvoja. Kuvassa on 18 FBD-ohjelmointikielellä toteutettu ohjelman osa, jossa I/O-kentän avulla muutettavia arvoja luetaan.



Kuva 20. Nollautoiminnon toteutus ohjelmassa.

Kuvassa 18 on esitetty myös, kuinka nollauksen onnistumisesta kertova ilmoitusteksti luotiin. Move-lohkon muuttuessa aktiiviseksi syötetään lohkon lähtöön arvo 1. Nollausruutua esittävässä I/O-kentässä muuttujan arvo 1 vastaa tekstiä "Nollaus suoritettu".

Symbolisten I/O-kenttien valinnat määriteltiin erikseen tekstilistojen avulla, mitkä kääntävät tekstit numeraaliseen muotoon. Kuvassa 19 on esitetty määrittely nollausvalikon tekstejä vastaavista numeerisista arvoista, joita PLC käyttää nollattavan laitteen valintaan.

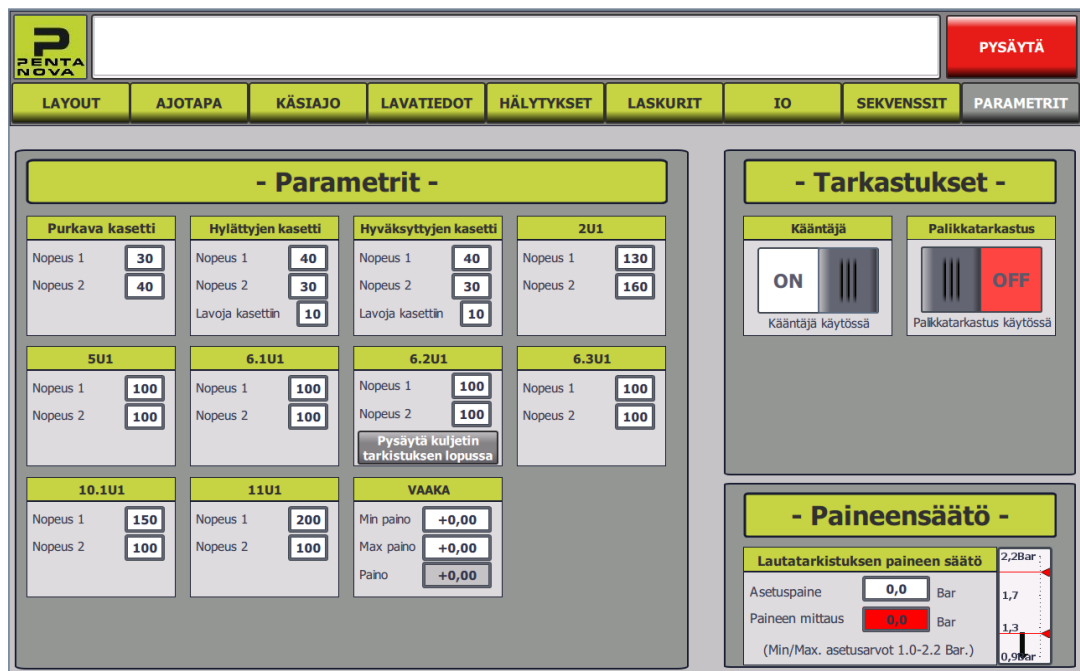
| Text list entries   |                       |           |                                 |
|---|-----------------------|-----------|---------------------------------|
| ...   | Default               | Value ▲   | Text                            |
|  | <input type="radio"/> | 0         | Koko nollaus                    |
|  | <input type="radio"/> | 1         | Pino kasettiin                  |
|  | <input type="radio"/> | 2         | Purkava kasetti                 |
|  | <input type="radio"/> | 3         | Lava kääntäjälle                |
|  | <input type="radio"/> | 4         | Kääntäjä                        |
|  | <input type="radio"/> | 5         | Lavantarkastaja 1               |
|  | <input type="radio"/> | 6         | Lavantarkastaja 2               |
|  | <input type="radio"/> | 7         | Lava tarkastuksesta             |
|  | <input type="radio"/> | 8         | Lava risteykseen                |
|  | <input type="radio"/> | 9         | Hylättyjen kasetti              |
|  | <input type="radio"/> | 10        | Lavapino hylättyjen kasetista   |
|  | <input type="radio"/> | 11        | Lava ketjukuljettimelle         |
|  | <input type="radio"/> | 12        | Lava ketjukuljettimen päähän    |
|  | <input type="radio"/> | 13        | Lava hyväksytyjen kasettiin     |
|  | <input type="radio"/> | 14        | Hyväksytyjen kasetti            |
|  | <input type="radio"/> | 15        | Lavapino hyväksytyjen kasetista |
|  | <input type="radio"/> | 16        | Lavapinot trukkipaikalle        |
|   |                       | <Add new> |                                 |

Kuva 21. Tekstilista, jossa määritelty symbolisen I/O-kentän vaihtoehtoja vastaavat numeeriset arvot.

Pääosin kunnossapidon henkilöstön käytössä olevan parametrit-välilehden sisältö aseteltiin järkevästi yhdelle sivulle sekä jaettiin omiin osioihin. Parametrit-välilehdellä olevien ikkunoiden kautta pystytään muuttamaan kuljettimien ajonopeuksia, tarkastuksissa käytettävän pneumatiikkaa laitteiston painetta sekä määrittelemään tarkastusten käytössä oleminen. Aikaisemmassa käyttöliittymässä vain osa parametreista oli suojattu salasanalla. Tilaajan kanssa tulimme siihen lopputulokseen, että kaikki parametrit voisi ehdottomasti suojata salasanalla.

Uudessa käyttöliittymässä salasana asetettiin kysyttäväksi jo parametrit-välilehdelle pyrkiessä. Salasanan määrittelemisen halutuille toiminnoille onnistuu ominaisuusikkunan kautta. Käyttäjät ja niille määritellyt salasanat täytyy kuitenkin luoda erikseen User administration -työkalun avulla. Samalla työkalulla määritellään myös automaattisen uloskirjautumiset sekä salasanan vanhentuminen, jos sellaista ominaisuutta halutaan käyttää. Automaattinen uloskirjautuminen otettiin käyttöön, mutta tässä laitteistossa salasanan vanhentumiselle ei kuitenkaan ollut tarvetta. Kuvassa 20 on parametriruudun sisältö, johon vain kunnossapidon jäsenillä on käyttöoikeus.





Kuva 22. Parametriruudun sisältö.

## 5.4 Grafiikka ja värit

Värimaailma valittiin tilaajayrityksen tunnusvärien pohjalta. Ruutujen taustat koostuivat harmaan eri sävyistä, joiden päälle vaaleanvihreällä korostetut painikkeet sekä tekstiruudut sopivat hyvin. Vaaleanvihreät painikkeet korostuvat taustasta, mutta eivät silti kiinnitä käyttäjän huomiota liiaksi.

Räikeämpiä värejä, kuten kirkkaanvihreää sekä punaista, käytettiin valikoidusti. Vihreällä värillä korostettiin käynnistyspainikkeita sekä käsiajoruudun valittuja laitteita. Punaista väriä käytettiin pysäyttämiseen tarkoitettujen painikkeiden sekä virheilmoitusten esille tuomiseen.

## 5.5 Asennus ja kytkentä

Uuden HMI-paneeliin asennusta ja kytkentää ei valitettavasti päästy suorittamaan myöhästyneen HMI-paneelin toimituksen takia. Alun perin tarkoituksena

oli asentaa uusi paneelin sekä paneelin viereen tuleva hätä-seis-painike uuteen kytkentäkoteloon. Itse kytkentä pysyy samana, sillä uusi HMI-paneeli käyttää samoja liitäntöjä vanhan HMI-paneelin kanssa. Toimiakseen HMI-paneeli tarvitsee ainoastaan 24 V:n käyttöjännitteen sekä liitännän PROFINET-väylään.

## 6 Käyttöönotto

Paneelin toimitusvaikeuksien takia käyttöliittymän käyttöönottoa ei ehditty suorittamaan uudella HMI-paneelilla. TIA-portal-ohjelmointiympäristön avulla on kuitenkin mahdollista simuloida järjestelmästä puuttuvaa HMI-paneelia. Simuloinnin kautta voidaan käyttää kaikkia HMI-paneelille määriteltyjä toimintoja. Näin ollen testaus suoritettiin operoimalla laitteistoa kannettavan tietokoneen ruudulta.

Testauksen tavoitteena oli varmistaa toimintojen toimivuus sekä saada palautetta laitteiston pääasiallisilta käyttäjiltä. Testaus suoritettiin laitteiston työkuorman puitteissa, jotta uuden käyttöliittymän ominaisuuksin voisi tutusta rauhassa.

Käyttäjät pääsivät tutustumaan käyttöliittymän ominaisuuksiin ja antamaan mielipiteensä päivityksestä. Käyttäjien mielestä toiminnot olivat nyt selkeämmin esillä, mutta käyttöliittymärakenne ei silti eronnut liiaksi vanhasta käyttöliittymästä. Joidenkin toimintojen olemassaoloa käyttäjät eivät olleet huomanneet vanhassa käyttöliittymässä laisinkaan. Uudessa käyttöliittymässä nämä toiminnot tuotiin kuitenkin esille korostetusti, jolloin ne tavoittavat käyttäjän.

Simulointia apuna käyttäen suoritettulla testauksella varmistuttiin päivityksen onnistumisesta ja työ saatiin käyttöliittymän käytettävyyden parannuksen osalta päätökseen. Uuden paneelin saapuessa suoritetaan sen asennus laitteistoon, jonka jälkeen päivitettyä käyttöliittymää päästään testaamaan oikeassa käyttöympäristössä. Käyttöönotto tullaan suorittamaan aikana, jolloin laitteistolla ei ole suurta työkuormaa. Näin voidaan ensin rauhassa varmistua käyttöliittymän toimivuudesta, hidastamatta kuormalavojen tarkastusta.

## 7 Yhteenveto

Tässä insinööriyössä tutustuttiin HMI-paneelien tekniikoihin ja käytiin läpi käyttöliittymä suunnittelussa huomioitavia asioita. Työn aikana käytiin myös läpi, millaisilla parannuksilla voidaan lisätä käyttöliittymän selkeyttä sekä käytettävyyttä.

Käyttöliittymän selkeyden parantamiseksi päätettiin aluksi uuden HMI-paneelin hankinnasta. Uusi paneeli valittiin Siemensin valikoimasta silmällä pitäen järjestelmän vaatimuksia. HMI:n käytettävyyttä parannettiin muokkaamalla käyttöliittymää selkeämmäksi sekä lisäämällä siihen tarvittavia toimintoja. Haasteeksi työn edetessä muodostui kuitenkin HMI-paneelin pitkä toimitusaika. Lopulta toimitus viivästyi niin, ettei uutta paneelia ehditty asentaa. Päivitetty käyttöliittymä saatiin kuitenkin valmiiksi aikataulussa ja sitä päästiin testaamaan simuloinnin avulla. Käyttäjiltä sekä tilaajalta saadun palautteen perusteella päivitystä voidaan pitää onnistuneena.

Työn tavoitteen oli päivittää käyttöliittymä selkeämmäksi sekä valita ja asentaa järjestelmään uusi HMI-paneeli. Tavoitteet täyttivät siltä osin, kun laitteiden viivästynyt toimitus antoi mahdollisuuden. Lopputuloksena tilaaja sai käyttöönsä päivitetyn käyttöliittymän, jonka käyttöönotto vaatii ainoastaan Tia Portal -projektin lataamisen järjestelmään.

## Lähteet

- 1 SIMATIC HMI -paneelit. Verkkoaineisto. <<https://www.unisgroup.fi/simatic-hmi-paneelit/>>. Luettu 14.3.2022.
- 2 SIMATIC HMI operator control and monitoring systems. Verkkoaineisto. <<https://www.triflex.com.au/product-category/our-brands/siemens-products/simatic-hmi-operator-control-and-monitoring-systems/>>. Luettu 19.5.2022.
- 3 SIMATIC HMI Comfort Panels. Verkkoaineisto. <<https://new.siemens.com/global/en/products/automation/simatic-hmi/panels/comfort-panels.html>>. Luettu 14.3.2022.
- 4 SIMATIC HMI Basic Panels. Verkkoaineisto. <<https://new.siemens.com/global/en/products/automation/simatic-hmi/panels/basic-panels.html>>. Luettu 14.3.2022.
- 5 Resistive Technology. Verkkoaineisto. <<https://www.dmccoltd.com/english/museum/touchscreens/technologies/Resistive.asp>>. Luettu 3.4.2022.
- 6 Resistive vs Capacitive Touchscreen. Verkkoaineisto. <<https://techexplainer.wordpress.com/2012/04/02/resistive-vs-capacitive-touchscreen/>>. Luettu 3.4.2022.
- 7 The basic difference between 4-wire and 5-wire resistive touchscreens. Verkkoaineisto. <<https://admetro.com/news/the-basic-difference-between-4-wire-and-5-wire-resistive-touchscreens/>>. Luettu 3.4.2022.
- 8 Touch Technology Brief. Verkkoaineisto. <<https://multimedia.3m.com/mws/media/788463O/tech-brief-projected-capacitive-technology.pdf>>. Luettu 3.4.2022.
- 9 Profibus System Description. Verkkoaineisto. <<https://www.profibus.com/index.php?eID=dumpFile&t=f&f=52380&to-ken=4868812e468cd5e71d2a07c7b3da955b47a8e10d>>. Luettu 28.3.2022.
- 10 Introduction to profibus dp. Verkkoaineisto. <<https://www.automation.com/en-us/articles/2009-1/introduction-to-profibus-dp>>. Luettu 27.3.2022.
- 11 Reijo Leinonen. Lehtori. Henkilökohtainen tiedonanto. 25.11.2019.

- 12 Profinet communication channels. Verkkoaineisto. <<https://profinetuniversity.com/profinet-basics/profinet-communication-channels/>>. Luettu 28.3.2022.
- 13 Using web browsers for HMI, SCADA applications. Verkkoaineisto. <<https://www.controleng.com/articles/using-web-browsers-for-hmi-scada-applications/>>. Luettu 1.5.2022.
- 14 J. Laaksonen. Myynti. Henkilökohtainen tiedonanto. 15.3.2022.
- 15 HMI Visualization with SIMATIC WinCC. Verkkoaineisto. <<https://new.siemens.com/global/en/products/automation/industry-software/automation-software/tia-portal/software/simatic-wincc-tia-portal.html>>. Luettu 25.3.2022.
- 16 Kranert, Felix; Oliver Gerstheimer & Sebastian Frei. 2019. HMI Design Workbook. Saksa. Siemens AG.
- 17 Preventing User Errors: Avoiding Concious Mistakes. Verkkoaineisto. <<https://www.nngroup.com/articles/user-mistakes/>>. Luettu 19.3.2022.
- 18 Mankki, Mari. 2004. Värit ja niiden merkitys käyttöliittymän visuaalisessa suunnittelussa. Verkkoaineisto. <[http://www.soberit.hut.fi/T-121/T-121.200/suomi/syksy2003/essee2003/mari\\_mankki.pdf](http://www.soberit.hut.fi/T-121/T-121.200/suomi/syksy2003/essee2003/mari_mankki.pdf)>. Luettu 20.3.2022.