

Ville Romppainen

**PAB-KONEEN AUTOMAATION MODERNISOINTI**

# **PAB-KONEEN AUTOMAATION MODERNISOINTI**

Ville Romppainen  
Opinnäytetyö  
Kevät 2021  
Konetekniikan tutkinto-ohjelma  
Oulun ammattikorkeakoulu

# TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu

Konetekniikan tutkinto-ohjelma, koneautomaation suuntautumisvaihtoehto

---

Tekijä: Ville Romppainen

Opinnäytetyön nimi suomeksi: PAB-koneen automaation modernisointi

Opinnäytetyön nimi englanniksi: Modernization of Automation at Cold Mix Asphalt Plant

Työn ohjaaja: Juha Junntila

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2021

Sivumäärä: 36 + 1 liite

---

PAB-koneessa sähkölaitteet ja automaatiojärjestelmä toimivat saumattomasti yhdessä. Toimiva automaatiojärjestelmä lisää tehokkuutta ja vähentää kustannuksia. Työn tilaajana toimiva Peab Industri Oy käyttää pehmeän asfalttibetonin valmistukseen PAB-koneita. PAB-koneen automaatio on vanhaa, joten varaosien löytymisessä on jo ongelmia. Työssä perehdyttiin PAB-koneen toimintaan ja suunniteltiin toteutustapa PAB-koneen automaation modernisointiin.

Modernisoinnin tavoitteena oli löytää PAB-koneella sijaitsevalle automaatiojärjestelmälle korvaavat komponentit Phoenix Contactin tarjoamista älykkäistä automaatiojärjestelmiin tarkoitetuista komponenteista. Korvattaviin automaatiojärjestelmän komponentteihin kuuluivat anturit, logiikkamoduulit ja valvomon tietokoneet sekä valvomon graafiset käyttöliittymät.

Insinöörityön ensimmäisessä vaiheessa perehdyttiin PAB-koneen toimintaan ja sen automaatiojärjestelmään. Lisäksi PAB-koneen käyttäjiltä kyseltiin käyttökokemuksia sekä ideoita sen toiminnan parantamiseksi. Vanha automaatiojärjestelmä koettiin toimintavarmaksi ja sen yksinkertaisuus haluttiin säilyttää modernisoinnissa. Seuraavassa vaiheessa tutustuttiin PLCnext kehitysympäristöön ja Axioline-laitteistoon. Sekoittajan käynnistysohjelman ja käyttöliittymän ohjelmoinnin jälkeen logiikan toimivuutta kokeiltiin testilaitteiston avulla.

Lopputuloksena todettiin, että PAB-koneen automaatiojärjestelmän modernisointi voidaan toteuttaa valitun toimittajan laitteistolla, koska Phoenix Contactin tuoteperheen laitteistosta löytyy lähes kaikki tarvittavat komponentit. Käyttöliittymän tekoon PLCnextissä oleva työkalu ei sen sijaan vielä riitä. Insinöörityölle asetetut tavoitteet saavutettiin ja siitä saatiin hyvä pohja asfalttiasemien modernisaatioille tulevaisuudessa.

---

Asiasanat: automaatio, PAB-kone, ohjelmoitava logiikka

## ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences  
Mechanical Engineering, Machine Automation Engineering

---

Author: Ville Romppainen

Title of thesis: Modernization of Automation at Cold Mix Asphalt Plant

Supervisor: Juha Junntila

Term and year when the thesis was submitted: Spring 2021

Pages: 36 + 1 appendices

---

In an automation system, electrical equipment and an automation system work seamlessly together. A functioning automation system increases efficiency and reduces costs. The thesis is commissioned by Peab Industri Oy.

The work introduced a cold mix of asphalt plant operation and the old automation system. The next step was to design an implementation of a cold mix asphalt station for automation modernization.

The goal of the modernization was to find replacement components for the old automation system. The components used were selected from the Phoenix Contact product family. Users of the cold asphalt plant were interviewed for user experiences and ideas for improving its operation. Users felt that the old automation system was perceived as reliable and that its simplicity should be maintained in modernization.

As a result, it was concluded that the modernization of the automation system of the cold asphalt station can be carried out with the equipment of the selected supplier, as the equipment of the Phoenix Contact product family contains almost all the necessary components. The goals set for the engineering work were achieved and it provided a good basis for the modernization of asphalt plants in the future.

---

Keywords: automation, PAB machine, programmable logic

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
SISÄLLYS	5
SANASTO	6
1 JOHDANTO	7
2 PAB-KONEEN TOIMINTA	9
3 VANHAN JÄRJESTELMÄN KARTOITUS	14
3.1 Käyttökokemuksia	14
3.2 I/O	14
3.3 Anturit	16
4 AUTOMAATION MODERNISOINTI	17
4.1 PLCnext	17
4.2 Ohjain	18
4.3 Logiikkamoduulit	18
4.4 Käyttöliittymä	20
5 OHJELMOINTI PLCNEXTILLÄ	21
5.1 PAB-koneen sekoittimen käynnistys	21
5.2 Käyttöliittymän tekeminen sekoittimen käynnistykseen	24
5.3 Laitteiston testaaminen	25
5.4 Valvomolaitteisto	26
5.5 Etäyhteys	27
5.6 Anturit	27
6 KUSTANNUKSET	29
7 YHTEENVETO	31
LÄHTEET	33
LIITTEET	
Liite 1 I/O-listaus	

## **SANASTO**

HMI	Human-Machine Interface eli käyttöliittymän käyttö ihmisen ja tietokoneen välillä
PAB	pehmeä asfalttibetoni
PAB-kone	pehmeän asfalttibetonin valmistukseen tarkoitettu kone

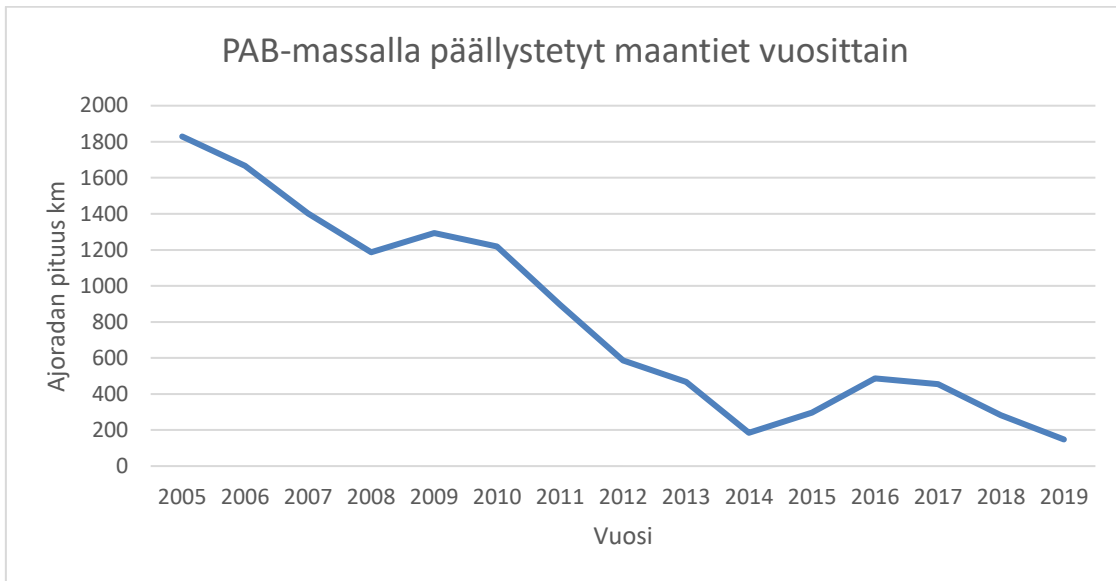
# 1 JOHDANTO

Opinnäytetyössä selvitetään toteutusmalli, jolla pehmeää asfalttibetonia valmistavan PAB-koneen automaatiojärjestelmän modernisointi on järkevä toteuttaa niin taloudellisesti kuin tulevaisuuden modernisointejakin silmällä pitäen. PAB-koneen automaatiojärjestelmä on rakennettu 1990-luvulla, joten se on elinkaarensa lopussa. PAB-koneen olemassa olevaan automaatiojärjestelmään on hankala löytää varaosia, mikä aiheuttaa esimerkiksi kalliita tuotantokatkoksia käytössä olevien laitteiden vikaantuessa.

Modernisoinnin kohteena ovat PAB-koneen logiikkamoduulit, kenttäväylät, anturit ja graafiset käyttöliittymät. Suomessa Peab Industrin asfalttiasemilla automaatiojärjestelmäohjaimina käytetään pääosin Phoenix Contactin RFC 400 -sarjan ohjaimia. Kyseisten ohjaimien valmistus kuitenkin loppuu, joten opinnäytetyö toimii myös tunnusteluna asiakkaan asfalttiasemien tulevaisuuden modernisaation tarpeita silmällä pitäen.

Peab Oy on pohjoismainen yhteiskuntarakentaja, joka on perustettu vuonna 1959. Kaikkiaan yrityksen palveluksessa on 17 000 henkilöä. Suomessa Peab Oy työllistää yli 2 000 henkilöä. Sen liiketoiminta-alueina ovat kiinteistöväilytys, rakentaminen, teollisuus ja infrarakentaminen. (1.) Peabilla on Suomessa yli 20 asfalttiasemaa. Kesä kautena 2020 Peabilla oli tuotantokäytössä yksi pehmeää asfalttibetonia valmistava PAB-kone. PAB-koneita käytetään pääasiassa vain Väyläviraston asfaltointiurakoissa.

Suomessa on PAB-massalla päällystettyjä teitä yhteensä 27 887 kilometriä. Kuvassa 1 esitetään vuotuiset PAB-massalla päällystetyt tiekilometrit. (2.) Siitä nähdään, että PAB-massan käyttö päällystysmateriaalina on vähentynyt kymmenesosaan viimeisen 15 vuoden aikana.



*KUVA 1. Pehmeällä asfalttimassalla päällystettyjen ajoratojen pituus (2)*

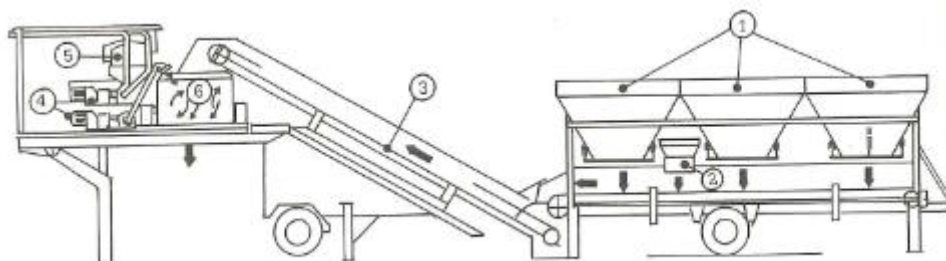


## 2 PAB-KONEEN TOIMINTA

PAB-koneella valmistetaan pehmeää asfalttibetonia, jota yleisimmin käytetään kulutuskerroksena alemman tieverkoston päällysteenä. Suomessa PAB-massan suurimittainen valmistus aloitettiin vuonna 1960. (3, s. 50.) Tuolloin PAB-koneita kutsuttiin öljysorakoneiksi, koska käytössä sideaineena oli öljybitumi. Nykyään PAB-massat luokitellaan käytetyn sideaineen mukaan alatyyppeihin PAB-B ja PAB-V. PAB-B:n sideaineena käytetään pehmeää tiebitumia ja PAB-V:n sideaineena bitumia, jonka viskositeetti on V1500 tai V3000. (4, s. 16.)

### PAB-koneen rakenne

PAB-koneet muistuttavat pitkälti asfalttiasemia. Niiden erona on vain se, että PAB-koneet ovat riisutumpia malleja asfalttiasemista. Peab Industrin PAB-koneet valmistavat noin 200 t/h valmista asfalttibetonia teiden päällystykseen. Massanvalmistuksen tuntitehot vaihtelevat eri koneilla sekoittajan kapasiteetin mukaan. (5.) Kuvassa 2 esitetään Peabilla käytössä olevien PAB-koneiden rakennekaavio.



*KUVA 2. PAB-koneen rakennekaavio: 1=syöttösiilo, 2=lokerosyötin, 3=vino- hihna, 4=sideainepumppu, 5=sideainevaaka, 6=sekoitin (3, s. 278)*

Asema muodostuu kahdesta erikseen kuljetettavasta yksiköstä, joita ovat syöttö- ja sekoitusyksikkö. Tämän lisäksi PAB-kone tarvitsee toimiakseen turboyksikön, jolla tuotetaan höyryä kiven lämmitykseen, bitumisäiliön, ohjaamon, josta prosessia valvotaan, aggregaatin sähköntuotantoon, dieselsäiliön ja vesisäiliön. Yksiköt on varustettu kumipyörillä. Tämän ansiosta aseman komponentit ovat helposti hinattavissa kuorma-auton perässä, kun PAB-kone siirretään päällystysurakan

läheisyyteen. Päälystysurakat kestävät yleensä 1 - 2 viikkoa. PAB-koneen saattamisessa toimintakuntoon kuluu yksi työpäivä, samoin koneen saattamisessa kuljetusvalmiiksi.

Syöttöyksikössä on neljä erillistä siloa eri kivilaaduille. Siilojen pohjalla on luukut, jotka annostelevat kivet vaakahihnalle. Vaakahihna on vaaka-antureiden varassa, eikä se liiku punnituksen aikana. (Kuva 3.)



*KUVA 3. Syöttöyksikkö talvisäilössä Peabin Oulun korjaamolla*

PAB-koneen sekoitusyksikköön kuuluu vinokuljetin, sekoitin voimansiirtolaitteinen, sideaineen punnituslaitteet ja sähkökeskus. Sähkökeskus sijaitsee sekoitusyksikössä ylhäällä sekoitustasanteella. Sekoitinyksikössä on mekaaniset nostojalat, joilla yksikkö saadaan nostettua ylös. Noston tarkoituksena on, että valmista asfalttibetonia voidaan pudottaa suoraan sekoittajasta kuorma-auton lavalle. Sekoittajassa asfalttibetonia sekoitetaan tietyn aikaa. Annoksen valmistuttua sekoittajan luukut aukeavat. Asfalttibetonin pudotessa sen lämpötila mitataan ja se rekisteröidään valvomo-ohjelmaan. (Kuva 4.)

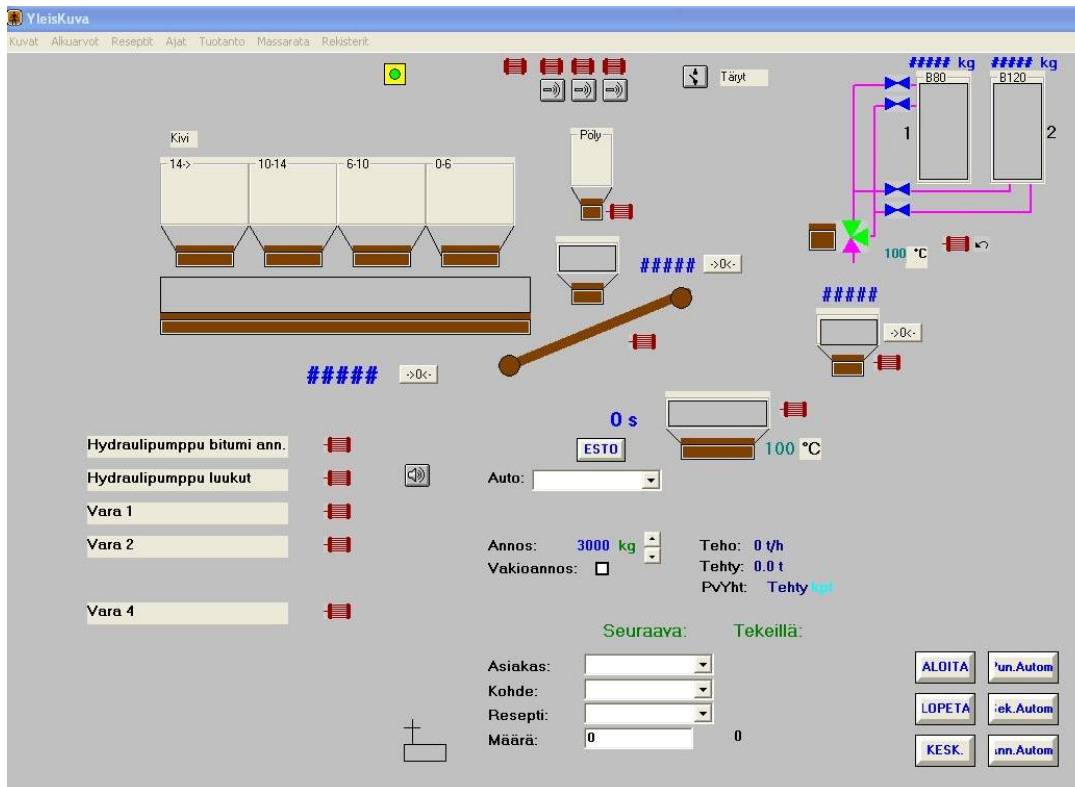


*KUVA 4. PAB-koneen sekoitinyksikkö talvisäilössä Peabin Oulun korjaamolla*

### **Toiminnankuvaus**

PAB-koneen toimintaa ohjataan ja valvotaan erillisestä yksiköstä. Tämä valvomoyksikkö sijoitetaan sekoitinyksikön viereen, mikä helpottaa asfalttibetonin valmistusprosessin seuraamista. Yksiköiden välinen tiedonsiirto ja sähköistys hoidetaan kumikaapeleilla, jotka kytketään yksiköiden seinissä oleviin pistokkeisiin.

Valmistettavan asfalttibetonin tulee noudattaa tiettyä asfalttinormia valmistettavan asfalttityypin mukaisesti. Jotta asfalttibetoni täyttää sille asetetut laatuvaatimukset, se valmistetaan laboratoriokokein varmistetun reseptin mukaisesti. Laadun varmistamiseksi valmiista asfalttibetonista otetaan massanäytteitä, jotka toimitetaan laboratorioon analysoitaviksi. Varsinainen massan teko tapahtuu automaattisesti valvomo-ohjelmasta valitun reseptin mukaan. Massan valmistuksen aikana tietokoneella käynnissä olevasta valvomo-ohjelmasta asemanhoitaja voi seurata PAB-koneen toimintaa. Kuvassa 5 on kuvakaappaus PAB-koneen punnituskuvasta.



KUVA 5. Kuvakaappaus graafisesta käyttöliittymästä

PAB-koneen toiminta käynnistetään valvomo-ohjelmasta, josta käynnistetään ensin moottorit napsauttamalla hiirellä moottorikuvaketta. Moottorin käydessä symboli muuttuu vihreäksi. Mikäli lämpösuoja laukeaa, muuttuu symboli punaiseksi. Seuraavaksi valvomo-ohjelmasta valitaan valmistettavan asfalttiasosan resepti. Reseptit on kirjoitettu valvomo-ohjelmassa olevaan erilliseen välilehden laboratoriosta saadun reseptin mukaan.

Reseptin mukainen kiviaines syötetään kauhakuormaajalla PAB-koneen kiviainesiloihin, joissa se lämmitetään vesihöyryllä 60 - 120 celsiusasteen lämpötilaan. Vesihöyry tuotetaan niin sanotussa turboyksikössä, jossa vesi höyrytetään noin 300 celsiusasteen lämpötilaan. Kiviainesiloista, joita tässä PAB-koneessa on neljä, lämmitetty kiviaines tiputetaan vaakahihnalle annoskoon ja suhteutuksen reseptin mukaisesti.

Punnitustapahtuman jälkeen kivet siirtyvät hihnaa pitkin sekoitusyksikköön. Sekoitussyksikön vinohippina toimittaa punnitun kiviaineksen sekoittajaan, jossa kivi-

neksen joukkoon lisätään reseptin mukainen määrä sideainetta. Sideaine punnitaan sekoitinyksiossä olevaan vaakaan. Punnitukset näkyvät valvomo-ohjelmassa. Tämän jälkeen kivimurske ja sideaine sekoitetaan sekoittimessa yhden annoksen koon ollessa 3 000 kg. Sekoitin sekoittaa annosta normaalisti 45 sekuntia ja pudottaa valmiin annoksen auton lavalle tai pyöräkoneen kauhaan. Modernisoitavalle PAB-koneelle normaali annoskoko on kolme tonnia, mutta pienempiäkin annoksia voidaan tehdä.

Valvomo-ohjelma rekisteröi ohjelmaan talteen kaikki valmistetut annokset, jotta tiedetään raaka-aineiden kulutukset esimerkiksi massalaadun tarkkailua varten. Lisäksi voidaan tilaajan niin vaatiessa raportoida valmistettuun massaan käytetyt raaka-aineet. Rekisteriin taltioituu valmistettuun annokseen käytettyjen materiaalien paino kiloina, sekoitusaika, materiaalien laadut, aikaleima sekä valmiin annoksen lämpötila.

### **3 VANHAN JÄRJESTELMÄN KARTOITUS**

Tarkasteltavana olevan PAB-koneen alkuperäinen valmistaja on Vähäsilta Oy. Se on malliltaan ÖS-ARA 300/81-6044 ja valmistettu vuonna 1981. PAB-konetta on vuosien saatossa modifioitu pidemmällä vinohihnalla sekä pidemmillä nostojaloilla. Automaatiojärjestelmä on toiminut hyvin, eikä koneen toiminnassa ole esiintynyt merkittäviä vikoja. Järjestelmä on kuitenkin iäkäs, joten varaosien saamisessa on ongelmia.

#### **3.1 Käyttökokemuksia**

Modernisointia varten haastateltiin Peabilla 25 vuotta toiminutta asemanhoitajaa ja 20 vuotta toiminutta sähköasentajaa (6; 7). Molemmat haastateltavat kehuivat koneen yksinkertaisuutta ja sen toimintavarmuutta. Ongelmakohtia ei peruskoneessa asemanhoitajan mielestä ole ollut. Ongelmia on ollut ainoastaan turboyksikön kanssa. Turboyksikön ongelmat aiheutuivat yleensä höyryn valmistuksessa käytettävän veden huonolaatuisuudesta, eikä automaatiojärjestelmästä. Turboyksikköä ohjataan erillisestä ohjausjärjestelmästä.

Kehitysideana asemanhoitaja toivoi, että emulsioventtiilit saataisiin toimimaan valvomo-ohjelmasta. Lisäksi hän toivoi, että valvomo-ohjelma pidetään yhtä yksinkertaisena kuin se tällä hetkellä on. (6.) Sähköasentajalla ei ollut toiveita PAB-koneen modernisoinnista. Sähköasentajaa on tarvittu PAB-koneen häiriötilanteissa vain muutaman kerran. Automaatioon liittyvissä ongelmissa sähköasentajaa ei sen sijaan muistettu tarvittavan kertaakaan. (7.)

#### **3.2 I/O**

I/O lyhenne juontuu automaatiojärjestelmässä tulo- ja lähtösignaalin mukaan, input/output. Tulosignaalin kautta saadaan tietä esimerkiksi kytkimen tilasta. Lähtösignaalilla voidaan esimerkiksi ohjata releen välityksellä moottoria. PAB-koneen logiikka koostuu seuraavista Klockner Moeller -moduuleista:

- päälogiikka PS4-201-MM1
- analogitulo EM4-101-AA2
- digitaalinen laajennusmoduuli LE4-501-BS1

- kolme digitaalista laajennusmoduulia LE4-116-DD1.

PAB-koneen sähkökeskus sijaitsee sekoitusyksikössä. Sähkökeskuksesta on varattu yksi kaappi logiikkamoduuleille ja virtalähteille (kuva 6). Moduulit on sijoitettu sekoitusyksikön sähkökaappiin DIN-kiskoon kiinnitettynä. Logiikkamoduuleihin on kytketty PAB-koneen digitaalilähdöt, digitaalitulot ja analogiatulot. Liitteessä 1 esitetään moduuleihin kytkettyjen digitaalilähtöjen, digitaalitulojen ja analogitulojen osoitteet ja selitteet.



*KUVA 6. PAB-koneen logiikkamoduuleille varattu sähkökaappi*

### 3.3 Anturit

PAB-koneessa käytetään kolmea eri anturityyppiä. Eniten käytetään induktiivisia antureita tunnistamaan esimerkiksi sekoittajan luukkujen tilatietoa. Sekoitinyksikössä olevan sekoittimen vaihdelaatikossa on painekeytkin. Kun sekoittajan öljynpaine on kunnossa, paineanturista saadaan logiikkaohjaimelle 1-tieto.

Vaaka-anturit on johdotettu sekoitinyksikössä sijaitsevaan sähkökaappiin. Sähkökaapissa antureilta tuleva jänniteviesti muutetaan virtaviestiksi ja siitä johdoteetaan analogiatulomoduuliin. Taulukossa 1 esitetään antureiden tekniset tiedot.

*TAULUKKO 1. Antureiden tyypit (8)*

<b>Merkki/malli</b>	<b>Signaalityyppi</b>	<b>Selite</b>
Wagezelle Typ C2/5	5 000 kg mV/V	Kivivaaka 4 kpl
Wagezelle Typ U2	500 kg mV/V	Bitumivaaka
Balluff	10 - 30 V	Induktiivinen anturi 5 kpl
Raytek-infra	0 - 10 V	Lämpötila-anturi, sekoittajan alla
Suco	Vaihtokosketin	Sekoittajan vaihdelaatikon öljynpaine

Vaaka-antureita koneessa on yhteensä viisi. Toimintatavaltaan anturit ovat venymäliuska-antureita. Neljä vaaka-anturia sijaitsee syöttöyksikössä ja yksi emulsiova'assa. Vaaka-antureiden näyttämä testataan jokaisen PAB-koneen siirron jälkeen. Testaaminen tapahtuu vetolaitteistolla tai erillisiä painoja hyödyntäen.



## 4 AUTOMAATION MODERNISOINTI

Automaatiojärjestelmän tarkoituksena on kerätä mittaustietoja prosessista ja näin ollen kyetä ohjaamaan prosessia ilman ihmisen välitöntä ohjausta. Automaatiojärjestelmän tehtäviin kuuluu lisäksi mittausautomaatio, ohjausautomaatio, valvonta sekä mittaustulosten tallennus ja raportointi. (9.)

Suurimmassa osassa Peabin Suomen asfalttiasemia on käytössä Phoenix Contactin komponentit automaatiojärjestelmissä. Näin ollen luontevin vaihtoehto modernisointiin ovat Phoenix Contactin tarjoamat vaihtoehdot. Phoenix Contactin automaatiojärjestelmän kehitysympäristönä on PLCnext.

### 4.1 PLCnext

PLCnext Engineer on kehitysympäristö, jossa on konfiguroinnin, visualisoinnin ja diagnostiikan perustoiminnot. PLCnext käyttää avointa lähdekoodia. Ohjelmointikielenä PLCnext tukee IEC- 61131-3 -standardin ohjelmointikielistä seuraavia: function block diagram (FBD), ladder diagram (LD), structured text (ST) ja symbolic flowchart (SFC). Ohjaimina voidaan käyttää Phoenix Contactin valmistamia ohjaimia AXC F 1152, AXC F 2152, AXC F 3152 tai RFC 4072S.

PLCnextissä on oma pilvipalvelu Proficloud, joka on suunniteltu avoimeksi IoT-alustaksi. Pilvipalvelulla voidaan laajentaa valvomo-ohjelmaa esimerkiksi hyödyntämällä sitä tuotantoraporttien jakamisessa.

PLCnextissä on vakiona OPC UA, joka varmistaa yhteensopivuuden kolmannen osapuolen järjestelmien kanssa. OPC UA-rajapinta mahdollistaa tehokkaan integroinnin muihin järjestelmiin. Graafisen valvomo-ohjelman voi näin ollen toteuttaa muulla kuin PLCnext kehitysympäristössä.

Phoenix Contact ylläpitää PLCnext Storea, jossa on saatavilla valmiita sovellusohjelmia, joista suurin osa on ilmaisia. Storessa on myös ajankohtaista tietoa kehitysympäristöstä. PLCnext Communityssa on mahdollisuus kysyä ongelmatilanteissa apua muilta PLCnextin käyttäjiltä. (10.)

## 4.2 Ohjain

PAB-koneen logiikan ohjaimeksi valikoitiin AXC F 3152, joka yhdistää parhaan suorituskyvyn Axioline-järjestelmässä. Kyseiseen ohjaimeseen voidaan liittää 63 eri Axioline-moduulia. Siihen voidaan yhdistää myös vanhoja Inline-moduuleita. Tällöin ohjaimeseen on kuitenkin liitettävä lisämoduuli, jolla Inline-moduulit saadaan kytkettyä siihen. Tämä on hyvä ominaisuus, koska tulevaisuudessa Phoenix Contactin 400 -sarjan ohjaimien loppumisen jälkeen vanhoja jo olemassa olevia Inline-moduuleita ei tarvitse välttämättä vaihtaa. Näissä tapauksissa riittää ohjaimen vaihto, jos valvomo-ohjelma on OPC UA yhteensopiva.

Kentälaitteiden liittämisessä laajennusmoduuleilla voidaan käyttää muun muassa, Interbusia tai Profibusia. Kaapelin liitännästyppi on RJ 45. Taulukossa 2 on esitetty ohjaimen AXC F 3152 tekniset tiedot. (11.)

*TAULUKKO 2. Phoenix Contactin AXC F 3152 -ohjaimen tekniset tiedot*

Käyttöjärjestelmä	Linux
Prosessori	2x1.3GHz
Suojausluokka	IP20
Käyttölämpötila	-25°C...+60°C
Ohjelmointi	PLC NEXT, Eclipse
Pilvitallennus	Proficloud
Ohjelmointimuisti	16 MB
Syöttöjännite	24 V DC
Liitäntä	Ethernet RJ45

## 4.3 Logiikkamoduulit

PAB-koneella olevat anturit, kytkimet ja koskettimet lähettävät logiikkamoduuleille digitaalista tai analogista tietoa. Kytkimet ja koskettimet lähettävät 1- tai 0- eli päällä- tai pois-tietoa moduuleille. Anturit kuten vaaka-anturit lähettävät moduuleille analogista viestiä.

Työn yhtenä tarkoituksena oli löytää tulevaisuuden kokoonpano logiikoihin, joten Axioline-moduulit olivat selkeä valinta PAB-koneen logiikkamoduuleiksi. Inline-moduulitkin ovat väistyvä malli ja sille korvaava tuote on Axioline.

Logiikkamoduulit ja ohjain on tarkoitettu asennettavaksi DIN-kiskoon. DIN-kiskoon asennetaan ensimmäisenä logiikkamoduulien mukana tulevat pohjat. Pohjat painetaan DIN-kiskoon ja työnnetään toiseen pohjaan kiinni. Seuraavaksi moduulit painetaan pohjiin kiinni. Kuvassa 7 on AXL F DO 16/3 F2 -moduulista kuva.



*KUVA 7. Kuvassa etualalla moduuleja liittävä pohja (12)*

Pohja hoitaa yhteydenpidon kokoonpanossa olevien moduulien kesken. Pohjien tarkoituksena on myös pitää moduulit yhdessä tiiviisti, koska esimerkiksi Inline-moduulien yhtenä heikkoutena on taipumus päästä irtoamaan toisistaan lämpötilan vaikutuksesta. Tietenkin moduulien huolellinen toisiinsa liittäminen ja päätytopparien asentaminen ehkäisee kyseistä ongelmaa. Axioline-moduuleissa ei pitäisi samanlaista ongelmaa esiintyä.

### **AXL F DO16/3 2F**

AXL F DO16/3 2F on Axioline F -sarjaan kuuluva I/O-lähtömoduuli. Kyseisessä digitaalimoduulissa on digitaalisia lähtöjä 16 kappaletta (24 V DC), tiedonsiirtonopeus on 100 Mbps ja suojausluokka IP20. (12.) AXL F DO 16/3 2F -moduulilla ohjataan muun muassa magneettiventileitä sekä välireleiden kautta moottoreita. PAB-koneessa sitä käytetään esimerkiksi sekoittajan moottorin käynnistämiseen välireleen välityksellä.

### **AXL F DI16/4 2F**

AXL F DI16/4 2F on Axioline F -sarjaan kuuluva I/O-tulomoduuli. Kyseisessä digitaalimoduulissa on digitaalisia tuloja 16 kappaletta (24 V DC), tiedonsiirtono-

peus on 100 Mbps ja suojausluokka IP20. (13.) AXL F DI16/4 2F -moduulia käytetään muun muassa tilatietojen lukemiseen kytkimiltä. PAB-koneessa sitä käytetään esimerkiksi sekoittajan vaihdelaatikon paineen tarkkailussa.

#### **AXL F AI8 1F**

AXL F AI8 1F on Axioline F -sarjaan kuuluva I/O-analoginen tulomoduuli. Kyseisessä digitaalimoduulissa on digitaalisia tuloja kahdeksan kappaletta. Virtatulot 0 - 20 mA tai 4 - 20 mA ja jännitetulo 0 V - 5 V, -5 V - 5 V, 0 V - 10 V, -10 V - 10 V, tiedonsiirtonopeus on 100 Mbps ja suojausluokka IP20. (14.) AXL F AI8 1F -moduulia käytetään muun muassa virtaviestien ja jännitetulon mittaamiseen. PAB-koneessa sitä käytetään muun muassa emulsiosäiliön pinnankorkeuden mittaamiseen. Tulot ovat erikseen konfiguroitavissa PLCnext-ohjelmasta.

#### **AXL F UTH4 1H**

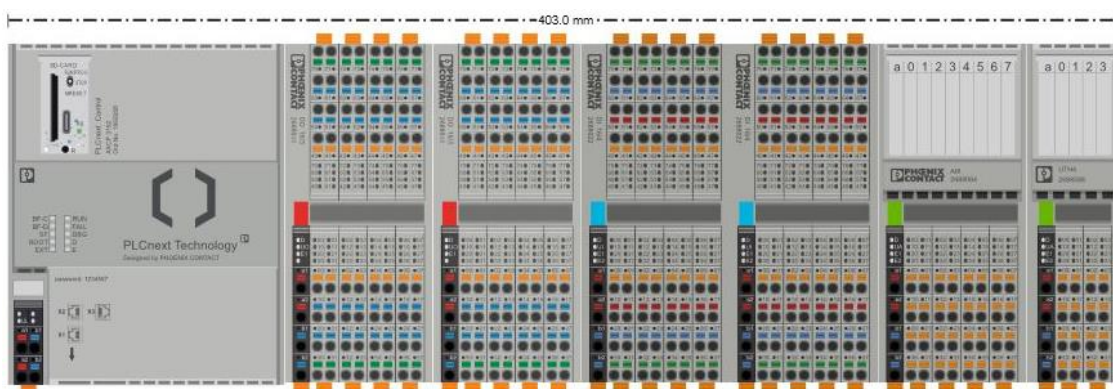
AXL F UTH4 1H on Axioline F -sarjaan kuuluva lämpötilan tallennusmoduuli. Kyseisessä digitaalimoduulissa on analogisia tuloja neljä kappaletta sekä neljä tuloa lämpöparille tai lineaariselle jännitteelle sekä yksi tulo -5 V - +5 V. Tiedonsiirtonopeus on 100 Mbps ja suojausluokka IP20. (15.) AXL F UTH4 1H -moduulia käytetään muun muassa lämpötilojen mittaukseen. PAB-koneessa sitä käytetään sense-jännitteen mittaukseen vaaka-antureilta. Analogiset tulot ovat erikseen konfiguroitavissa PLCnext-ohjelmasta.

### **4.4 Käyttöliittymä**

PAB-koneessa käyttöliittymä hoitaa käyttäjän ja ohjausjärjestelmän välistä kommunikaatiota. Siitä käytetään myös usein lyhennettä HMI, joka on lyhenne englannin kielestä Human-Machine Interface. PAB-konetta käyttävälle koneenhoitajalle se on näkyvin osa automaatiojärjestelmää. Tämän vuoksi HMI tulee olla käyttäjäystävällinen ja visuaalisesti PAB-koneen kaltainen. Käyttöliittymä voi olla myös graafinen. Graafisia käyttöliittymiä voidaan luoda PLCnext ohjelmalla tai Visu+:lla.

## 5 OHJELMOINTI PLCNEXTILLÄ

Ohjelman ohjelmointi aloitettiin PLCnext Engineerin versiolla 2020.6.2, joka ladattiin ilmaiseksi Phoenix Contactin sivuilta. Ensimmäisenä luotiin uusi tyhjä projekti, jolle valittiin ohjaimeksi AXC F 3152. Vanhan I/O-listauksen perusteella voitiin määrittää alustavasti tarvittavien moduulien määrä. Kaikkien muuttujien kirjoittamisen jälkeen PLCnextiin päädyttiin kuvan 8 mukaiseen kokoonpanoon.

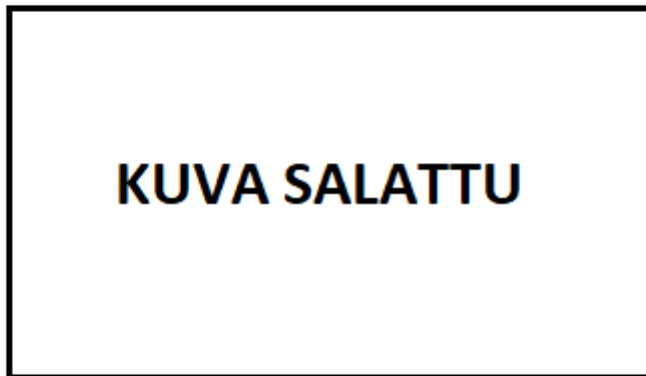


*KUVA 8. PAB- koneen logiikkakokoonpano Project+*

Phoenix Contactilta löytyy suunnittelutyökalu Project+. Ohjelmalla voidaan suunnitella kokoonpanoja Axioline- ja Inline-moduuleilla. (16.) Project+ on ladattavissa ilmaiseksi Phoenix Contactin internetsivuilta. Ohjelmasta näkee myös kokoonpanon leveyden. Kokoonpano sopii hyvin PAB-koneessa olemassa olevaan sähkökaappiin, jonka leveys on 600 mm.

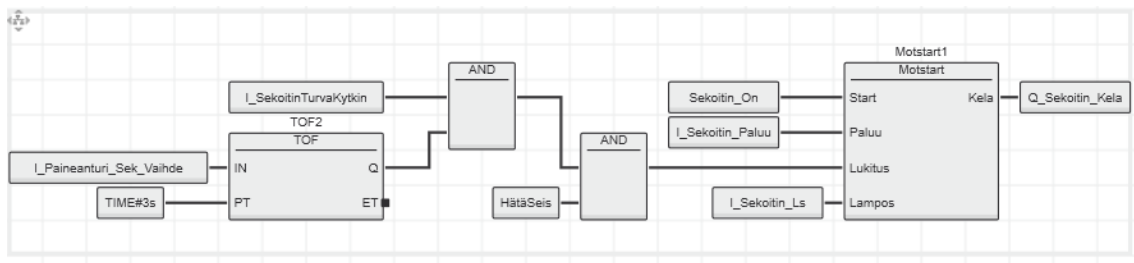
### 5.1 PAB-koneen sekoittimen käynnistys

PAB-koneen sekoitin käsittää sähkömoottorin, vaihdelaatikon ja kaksi vastakkain pyörivää pitkittäisakselia. Akseliin on kiinnitetty lapoja, jotka sekoittavat asfaltti-betonin homogeeniseksi massaksi. (17, s. 26.) Ohjelmassa luotiin sekoittimen moottorin käynnistykselle oma toimilohko eli FB-lohko (Function Block) Motstart. FB-lohkoa voi käyttää myös muiden moottoreiden turvallisessa käynnistyksessä. Kuvassa 9 on moottorikäynnistyksen toteutus toimilohko-ohjelmoinnilla.



*KUVA 9. Sisältö salattu toimeksiantajan pyynnöstä*

Kuvan mukaisella moottorin käynnistystavalla varmistetaan sekoittimen turvallinen käyttö sähkökatkostilanteessa. Sähköjen palautuessa sekoitin ei lähde käyntiin ennen kuin asemanhoitaja käynnistää sen valvomo-ohjelmasta. (Kuva 10).



*KUVA 10. Moottorin käynnistys*

Sekoittimen käynnistykseen tarvittavat muuttujat, kytkennät ja HMI-tunniste on esitetty taulukossa 3.

TAULUKKO 3. Sekoittimen käynnistyksessä tarvittavat muuttujat

Muuttuja	Tyyppi	Laite/portti	HMI-tunniste
Sekoitin_On	BOOL		Sekoitin_On
_Sekoitin_Paluu	BOOL	di-1/IN01	I_Sekoitin_Paluu
I_SekoitinTurvaKytkin	BOOL	di-1/IN13	
I_Sekoitin_Ls	BOOL	di-1/IN00	I_Sekoitin_Ls
I_Paineanturi_Sek_Vaihde	BOOL	di-2/IN02	I_Paineanturi_Sek_Vaihde
Q_Sekoitin_Kela	BOOL	do-1/OUT00	Q_Sekoitin_Kela

Sekoittimen Start-komento annetaan manuaalisesti graafisesta käyttöliittymästä napauttamalla On/Off-painiketta. Motstart-pitopiiri toteutuu, jos sekoittimen lämpösuoja ei ole lauennut, turvakytkin ei ole auki ja sekoittimen kontaktorin paluutieto on saatu. Hätä-seis-painike painettuna sekoitin lopettaa sekoituksen tai ei käynnisty.

Sekoittimen vaihdelaatikon paineanturi valvoo öljyn painetta. Paineanturin tietoa on viivästetty päästöhidastuksella eli TOF-ajastimella 3 sekuntia. Näin ollen muuttunut tieto ei lopeta sekoitusta hetkellisen paineen muutoksen aikana.

Sekoittimen pysäytys tapahtuu valvomo-ohjelmasta manuaalisesti, kun napautetaan hiirellä On/Off-painiketta uudelleen. Ajastinlohkolla pulssia on pidennetty yhteen sekuntiin, millä varmistetaan käskyn perillemeno.

Ohjelma suorittaa ohjelmoidun ohjelman halutuun aikaväleihin. Sekoitinohjelman ohjelma suoritetaan syklisesti 60 ms:n välein. Aikaa voidaan säätää pidemmäksi tai lyhemmäksi tarpeen mukaan.

PLCnext-ohjelman ollessa yhdistettynä ohjaimen Logic Analyzerissa voidaan seurata muuttujien arvoja reaaliajassa graafisina käyriä. Arvoja voidaan myös tallentaa myöhempää analysointia varten. Itse ohjaimen pääsee internetse-laimella kirjoittamalla osoitekenttään ohjaimen IP-osoitteen. Sieltä nähdään muun muassa ohjaimen yleiset tiedot, palomuuriasetukset ja diagnostiikka.

## **5.2 Käyttöliittymän tekeminen sekoittimen käynnistykseen**

Suomen väestössä esiintyy 8 %:lla miehistä ja 0,5 % naisista värinäön heikkouksia. Tavallisemmat värinäön heikkoudet ovat puna-viher- ja viher-punaheikkoudet. (18.) Monet ihmiset, jotka kärsivät värisokeudesta kertovat erottavan paremmin kirkkaat värit, paksut ääriviivat ja tekstuurit. (19.) Tämän vuoksi uuden käyttöliittymän suunnittelussa on syytä huomioida värinäön heikkouksien aiheuttamat rajoitteet.

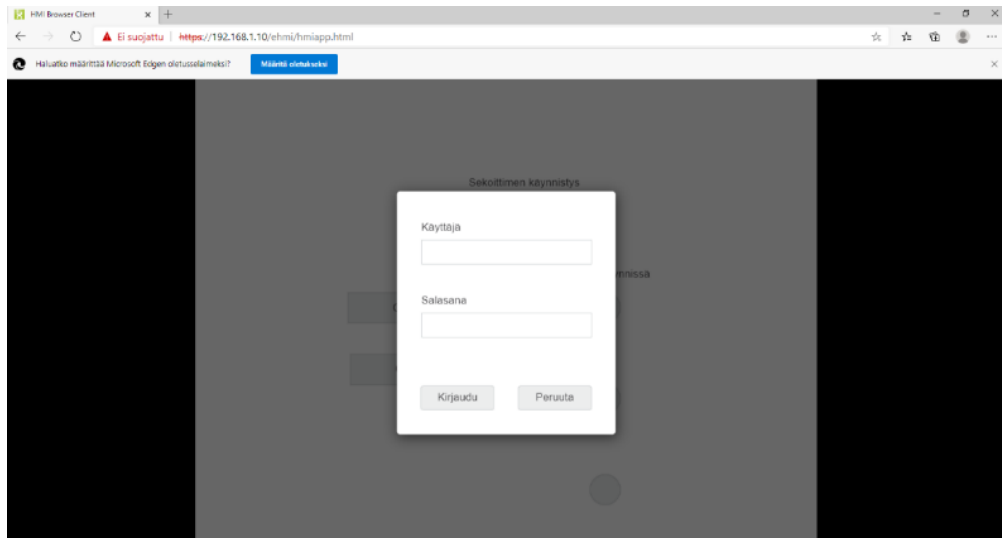
PLCnext-ohjelmalla voidaan tehdä yksinkertaisia graafisia Web-käyttöliittymiä. Web-liittymä on selainpohjainen käyttöliittymä. Valmiina olevasta kirjastosta voidaan lisätä valmiita objekteja ja symboleja HMI-sivuille. Käyttöliittymäsivuja voidaan tehdä useita. Eri sivuille voidaan tehdä esimerkiksi punnitustapahtumasta tarkempi sivu toteutuneesta punnituksesta. Navigointieditorilla voidaan sivujen järjestystä muokata halutun mukaiseksi.

Graafisten objektien animoimiseksi Web-liittymän sivuilla sekä ohjaimen ohjaimiseksi Web-liittymän kautta tarvitaan HMI-tunniste. HMI-tunnisteen tekeminen on helppoa. Muuttuja etsitään ohjaimen alta löytyvästä datalistasta ja lisätään HMI-sarakkeeseen HMI-tunniste. HMI-tunniste voidaan nimetä eri nimiseksi kuin itse varsinainen muuttuja.

Käyttöliittymään tehtiin esimerkiksi sekoittajan käynnistykseen On/Off-painike sekä sen tilan indikointi. Sekoittajan käydessä järjestelmän tila indikoitiin vihreänä valona ja tekstinä ”Sekoitin käynnissä”. Vastaavasti lämpösuojan lauettessa tai hätä-seis-nappia painamalla indikointi näkyi punaisena valona ja tekstinä ”Lämpösuoja lauennut” ja ”Hätäseis lauennut”. Indikointivärin kirkkautta ja taustaväriä voidaan vaihtaa. Tekstin ja ääriviivojen koko on myös valittavissa.



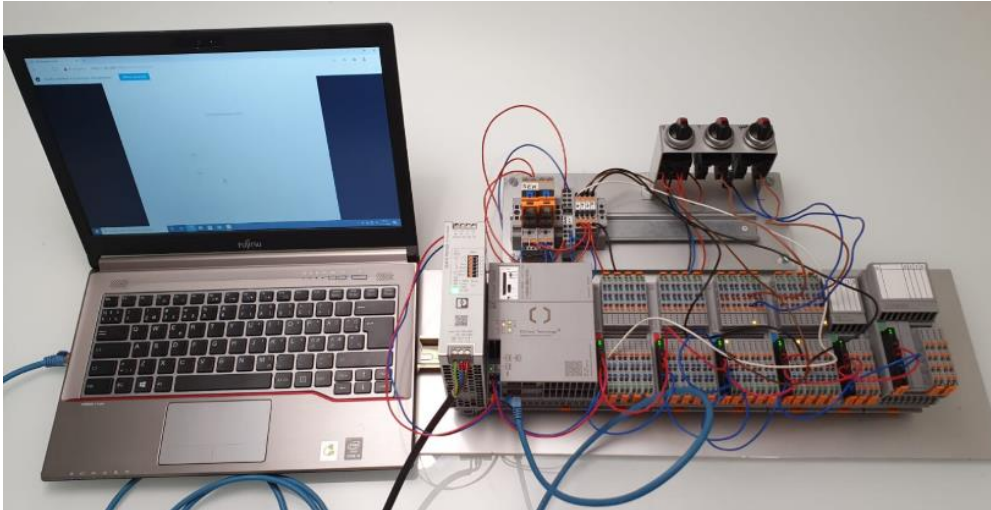
Webserveriin pääsee, kun Ethernet-kaapeli on kytketty ohjaimen, yhteys on muodostettu ja ohjelma on ladattu ohjaimen. Internetselaimen osoitekenttään kirjoitetaan ohjaimen IP-osoite. Valvomo-ohjelmaan pääsyä voidaan rajoittaa sisäänkirjautumissivulla. Kuvassa 11 on valvomo-ohjelman kirjautumissivu, jossa kysytään käyttäjää ja salasanaa.



*KUVA 11. Valvomo-ohjelman kirjautumissivu*

### **5.3 Laitteiston testaaminen**

Kun sekoittajan ohjelmointi ja käyttöliittymä saatiin valmiiksi, sen toimivuutta keikeltiin kotona itsekasatulla kokoonpanolla. Vaaka-antureita ei testattu tämän opinnäytetyön aikana. Ohjelmaa ei voida koekäyttää ilman ohjainta ja ohjelmaan kuuluvia logiikkamoduuleita. Kuvassa 12 on logiikkakokoonpano ja ohjelmointitietokone.



*KUVA 12. Testilogiikkakokoonpano*

Kuvassa olevilla kytkimillä emuloitiin hätä-seis-painiketta, lämpösuojaaja sekä sekoittajan vaihdelaatikon anturia. Releeltä saatiin sekoittajan paluutiedon emulointi. Ohjain AXC F 3152 tarvitsee toimiakseen 24 V DC sekä muistikortin. Phoenix Contactilta löytyy tähän tarkoitukseen virtalähde QUINT POWER. Virtalähteestä löytyy ulostulo: 24V DC / 5 A. (20.) Ohjain käyttää muistikorttia sovellusohjelmien ja muiden tiedostojen tallentamiseen. Muistikortin muistikapasiteetti on 8 GB ja se on erikseen tilattava Phoenix Contactilta. (21.)

#### **5.4 Valvomolaitteisto**

PAB-koneen valvontaan tarvitaan pääte, josta asemanhoitaja voi seurata ja säätää asfalttikon valmistusprosessia. Pääte voi toimia tietokone, jonka käyttöjärjestelmän minimivaatimuksena on Windows 10 64-bittinen, jos PLCnext-ohjelmaa halutaan myös käyttää valvomotietokoneelta. Tietokoneelta vaaditaan myös Ethernet-liitäntä yhteyden saamiseksi ohjaimen.

Vaatumuksiin sopivia tietokoneita löytyy monelta eri valmistajalta. Esimerkiksi Elkomeelta löytyy vaatimuksiin sopiva teollisuuskäyttöön tehty tietokone Elkome eRex-IoT-E1b, joka on passiivijäähdytteinen. Passiivijäähdytys on hyvä ominaisuus pölyisiin kohteisiin. Tietokoneella on viiden vuoden takuu sekä pitkä saatavuus. Mallisarjan Entry-malli on varustettu Core i5-7600U -prosessorilla sekä nopealla 240 Gb SSD-muistikortilla. (22.) Phoenix Contactilta löytyy passiivijäähdytteinen Valueline-teollisuustietokone, joka on konfiguroitava. (23.)

PAB-koneen valvomo-ohjelman käyttö olisi mahdollista toteuttaa myös kosketusnäytöllä. PCAP- eli Projected capacitive touch -teknologialla valmistettu kosketusnäyttö mahdollistaa kosketusnäytön käytön myös hanskat kädessä ja se paikallistaa koordinaatit erittäin tarkasti. (24.) Kosketusnäytön hyvänä puolena olisi sen yksinkertaisuus ja asennustapa.

Valvomoyksikkö, josta PAB-koneen toimintaa valvotaan ja ohjataan, on kompakti ja pölyinen ympäristö. Lika ja pöly löytävät tiensä näppäimistön ja hiiren kosketuspinoille. Tätä ongelmaa ei olisi, jos käyttöliittymää käytettäisiin kosketusnäytöltä. Phoenix Contactilta löytyy kattava valikoima kosketuspaneeleita tähän tarpeeseen. VL2 PPC 7000 on paneelitietokone, joka on myös passiivijäähdytteinen. Tietokoneessa tulee mukana erillinen kosketusnäyttöpaneeli. Lisäksi tietokone on myös konfiguroitava (25.)

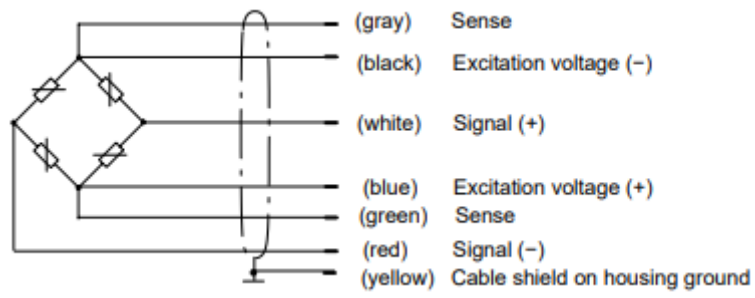
## **5.5 Etäyhteys**

Phoenix Contactilta löytyy turvalliseen etäyhteyden muodostamiseen tarkoitettu mGuard-tuoteperheen laitteisto. Etäyhteyden avulla päästään ongelmatilanteessa ohjaimeen ja valvomo-ohjelmatietokoneelle. Näin voidaan säästyä ongelmatilanteesta matkustamiselta PAB-koneelle.

Mobiiliverkon 4G-reitittimellä saadaan tarpeeksi nopea yhteys esimerkiksi uuden logiikkaohjelman lataukseen etänä. Huonon kuuluvuuden parantamiseksi mGuard RS4000 on varustettu kahdella ulkoisella antenniliitännällä. (26).

## **5.6 Anturit**

PAB-koneessa olevat anturit ovat kytkettävissä uuteen järjestelmään, joten toimivia antureita ei kannata turhaan vaihtaa. Vaaka-anturit kytketään niin, että sense-jännite johdotetaan AI-moduulille ja signaalijohdot kytketään UTH-moduulille. Vaaka-antureiden johtojen värien merkitykset on esitetty kuvassa 12.



KUVA 12. C2:n vaaka-anturin kytkentä (27)

## 6 KUSTANNUKSET

PAB-koneen automaation modernisoinnista syntyvät suorat kustannukset on taulukoitu luettelo- ja nettohinnoin. Vaakojen virtalähteenä voidaan käyttää esimerkiksi PULS MiniLine -virtalähdettä, joka tuottaa tasaista säädettävissä olevaa 10 V - 12 V jännitettä. Vaihteleva jännite vaikuttaa punnitustulokseen. Taulukossa 4 esitetään logiikkakokoonpanon toimittajat ja tuotteiden luettelohinta yhteensä.

TAULUKKO 4. PAB-koneen logiikkaosien hinta

Tuote	Toimittaja	Tyyppi	Kuvaus	Luettelo-hinta €
1069208	Phoenix Contact	AXC F 3152	Controller	
1061701	Phoenix Contact	SD FLASH 8GB PLCNEXT MEMORY	Program / configuration memory	
2688022	Phoenix Contact	AXL F DI16/4 2F (2 kpl)	I/O module	
2688048	Phoenix Contact	AXL F DO16/3 2F (2 kpl)	I/O module	
2688598	Phoenix Contact	AXL F UTH4 1H	I/O module	
2688064	Phoenix Contact	AXL F AI8 1F	I/O module	
2904600	Phoenix Contact	QUINT4- PS/1AC/24DC/5	Power supply unit	
ML30.102	CALCO	PULS MiniLine	Power supply unit	
			Yht:	3 500 €

PAB-koneen valvomolaitteisto voidaan toteuttaa monen eri toimittajan tietokoneilla, joista muutamia on lueteltu esimerkkeinä taulukossa 5. Esimerkkiin valittuihin tietokoneisiin on konfiguroitu PLCnextin tarvitsemat ohjelmistovaatimukset, ja niiden hinnat vaihtelivat 1 000€ - 6 000€.

TAULUKKO 5. PAB-koneen valvomolaitteisto

Tuote	Toimittaja	Tyyppi	Kuvaus
2400346	Phoenix Contact	VL2 PPC 7000	Touch panel PC
2400183	Phoenix Contact	VL BPC 3000	PC
	Elkome Oy	eREX eRex-IoT-E1b	PC

Valvomolaitteistossa ei ole otettu huomioon tietokoneen tarvitsemia näyttöä, hiirtä eikä näppäimistöä. Valvomoon tarvitaan myös tulostin raporttien tulostamiseksi. Tulostimen voi kytkeä sekä tietokoneeseen että kosketusnäyttöön USB-portin kautta.

Vanhoja jo paikoillaan olevia antureita ja sähköjohtoja voidaan käyttää uuden lojiikkakokoonpanon kanssa. Ainoastaan valvomon ja ohjaimen välille täytyy johdottaa uusi Ethernet-kaapeli.

PAB-koneen valvomoon olisi hyvä lisätä varavirtalähde. Varavirtalähteellä saataisiin tasalaatuinen ja katkoton sähkönsyöttö valvomolaitteisiin. Tämä kannattaa ottaa huomioon budjetoidessa PAB-koneen modernisoinnin kustannuksia.

## 7 YHTEENVETO

Tässä insinööriyössä selvitettiin toteutusmalli, jolla PAB-koneen modernisointi on järkevä toteuttaa, niin taloudellisesti kuin tulevaisuuden modernisointejakin silmällä pitäen. Projektin eteneminen on esitetty tässä raportissa pääpiirteittäin kronologisessa järjestyksessä.

Työn alkupuolella perehdyttiin PAB-koneen toimintaan ja automaatiojärjestelmään. Haasteena oli löytää kirjallista tietoa PAB-koneesta ja sen toiminnasta. Aiheeseen perehtymisen jälkeen valittiin käytettävät logiikkamoduulit ja ohjain. Sopivan logiikkamoduulin kokoonpanon löydyttyä alkoi ohjelmointiohjelmaan tutustuminen.

Työn yhtenä tarkoituksena oli myös löytää parannuskeinoja koneen toimintaan. Haastattelin PAB-koneella työskennellyttä asemanhoitajaa ja sähköasentajaa. Otin huomioon asemanhoitajan esittämät parannustoiveet varaamalla moduuleista tarvittavat paikat emulsioventtiilien ohjaukseen.

Suurin haaste oli PLCnextin käyttäminen. Siihen kului suurin osa ajasta, sillä PLCnextin käytöstä ei ollut lainkaan aiempaa kokemusta. PLCnextiin tutustumisen aloitin lyhyellä Phoenix Contactin ilmaiskurssilla. Lisäksi tilaajan puolelta löytyi hyvin apuja ohjelmoinnissa syntyneisiin ongelmiin. Hyvänä apuna toimi myös PLCnext communityn foorumi, jossa käyttäjät voivat kysellä ongelmiin ratkaisuja toisilta käyttäjiltä ja Phoenix Contactin henkilökunnalta. Ongelmia tuli itsellä heti kokoonpanovaiheessa, koska en saanut yhteyttä ohjaimeen. Lopulta ongelman syyksi selvisi väärä muistikortti.

PLCnext soveltuu asfalttiasemien automaatiojärjestelmien ohjelmointiohjelmaksi. Ainoastaan vaativien graafisten käyttöliittymien tekoon PLCnext ei sovellu. PLCnextiä päivitetään kaksi kertaa vuodessa, mikä edistää myös HMI-käyttöliittymien kehittämistä.

Projektin valmistui sovitussa aikataulussa. Valitettavasti ennen projektin käynnistämistä en päässyt näkemään PAB-konetta toiminnassa työmaalla, koska kaikki PAB-koneet oli jo laitettu talvisäilytykseen korjaamojen pihalle. Maanlaajuisesti

vaikuttava koronaepidemia ei vaikuttanut paljoa työn etenemiseen eikä lopputulokseen.

Tämä opinnäytetyö toimi todella hyvänä pintaraapisuna ja tulevaisuuden pohjana, kun ajatellaan mahdollisia työtehtäviä. Toivottavasti pääsen viemään loppuun tämän projektin, jossa PAB-koneen vanha automaatio vaihdetaan Phoenix Contactin komponentteihin. Tämä vaatii lisäksi valvomo-ohjelman tekemisen ja ohjelman kirjoittamisen PLCnext-ohjelmalla.



## LÄHTEET

1. PEAB - Pohjoismainen yhteiskuntarakentaja. Peab. Saatavissa: <https://peab.fi/peab/> Hakupäivä 30.9.2020.
2. Väyläviraston YHA-järjestelmä 2020. Re: PAB-massalla päällystetyt maantiet. Sähköpostiviesti. Vastaanottaja: Ville Romppainen. 8.12.2020.
3. Hiekka, Lauri S. 1989. Asfaltti ja liikenne: Eilen – tänään – huomenna. Jyväskylä: Gummerus kirjapaino Oy.
4. Asfaltit, niiden suunnittelu, valmistus ja 1. Laatuvaatimukset. PANK Oppimateriaali C3. Saatavissa: <http://www.pank.fi/file/1117/c3-asfaltit-suunnittelu-valmistus-laatuvaatim.asd.pdf>. Hakupäivä 12.10.2020.
5. Lehtipuu, Eero 1983. Asfalttipäällysteet. Helsinki: Rakentajain Kustannus Oy.
6. Asemanhoitaja, Peab Industri Oy, Päällystys Suomi. Keskustelut lokakuu 2020 - syyskuu 2020 aikana.
7. Sähköasentaja, Peab Industri Oy, Päällystys Suomi. Keskustelut lokakuu 2020 - syyskuu 2020 aikana.
8. ÖS-ARA 300/81-6044. Antureiden tyyppikilvet.
9. Hietanen, Tero 2009. TL121105 Automaatiotekniikka I 5op. Opintoluento materiaali. Oulun seudun ammattikorkeakoulu. Saatavissa: [http://www.tekniikka.oamk.fi/~terohi/auto1\\_s2006u.htm](http://www.tekniikka.oamk.fi/~terohi/auto1_s2006u.htm). Hakupäivä 13.11.2020.
10. PLCnext - PLCnext Engineer - 1046008. 2020. Phoenix Contact. Saatavissa: <https://www.phoenixcontact.com/online/portal/fi/?uri=pxc-oc-itemdetail:pid=1046008&library=fifi&pcck=P-19-05-01&tab=1&selectedCategory=ALL>. Hakupäivä 29.10.2020.

11. Controller - AXC F 3152 - 1069208. 2020. Phoenix Contact. Saatavissa: <https://www.phoenixcontact.com/online/portal/fi/?uri=pxc-oc-itemdetail:pid=1069208&library=fifi&pcck=P-21-14-01&tab=2&selectedCategory=ALL>. Hakupäivä 29.10.2020.
12. I/O module - AXL F DO16/3 2F - 2688048. 2020. Phoenix Contact. Saatavissa: <https://www.phoenixcontact.com/online/portal/fi/?uri=pxc-oc-itemdetail:pid=2688048&library=fifi&pcck=P-21-13&tab=1&selectedCategory=ALL>. Hakupäivä 30.10.2020.
13. I/O module - AXL F DI16/4 2F - 2688022. 2020. Phoenix Contact. Saatavissa: <https://www.phoenixcontact.com/online/portal/fi/?uri=pxc-oc-itemdetail:pid=2688022&library=fifi&pcck=P-21-13&tab=1&selectedCategory=ALL>. Hakupäivä 30.10.2020.
14. I/O module - AXL F AI8 1F - 2688064. 2020. Phoenix Contact. Saatavissa: <https://www.phoenixcontact.com/online/portal/fi/?uri=pxc-oc-itemdetail:pid=2688064&library=fifi&pcck=P-21-13&tab=1&selectedCategory=ALL>. Hakupäivä 30.10.2020.
15. I/O module - AXL F UTH4 1H - 2688598. 2020. Phoenix Contact. Saatavissa: <https://www.phoenixcontact.com/online/portal/fi/?uri=pxc-oc-itemdetail:pid=2688598&library=fifi&pcck=P-21-13&tab=1&selectedCategory=ALL>. Hakupäivä 30.10.2020.
16. Software - PROJECT+ - 2988667. 2020. Phoenix Contact. Saatavissa: <https://www.phoenixcontact.com/online/portal/fi?uri=pxc-oc-itemdetail:pid=2988667&library=fifi&tab=1>. Hakupäivä 30.10.2020.
17. Environmental guidelines on best available techniques (BAT) for the production of asphalt mixes. 1994. Netherland. European Asphalt Pavement Association.
18. Värisokeus ja poikkeava värinäkö. Kustannus Oy Duodecim. 2021. Saatavissa: [https://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p\\_artikkeli=dlk00347](https://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p_artikkeli=dlk00347). Hakupäivä 19.1.2021.

19. Why all designers need to understand color blindness. 2021. 99desing. Saatavissa: <https://99designs.com/blog/tips/designers-need-to-understand-color-blindness/>. Hakupäivä 19.1.2021.
20. Power supply unit - QUINT4-PS/1AC/24DC/5 - 2904600. 2020. Phoenix Contact. Saatavissa: <https://www.phoenixcontact.com/online/portal/fi/?uri=pxc-oc-itemdetail:pid=2904600&library=fifi&pcck=P-22-03-01-01&tab=1&selectedCategory=ALL>. Hakupäivä 21.12.2020.
21. Program / configuration memory - SD FLASH 8GB PLCNEXT MEMORY - 1061701. 2020. Phoenix Contact. Saatavissa: <https://www.phoenixcontact.com/online/portal/fi/?uri=pxc-oc-itemdetail:pid=1061701&library=fifi&pcck=P-21-14-01&tab=1&selectedCategory=ALL>. Hakupäivä 21.12.2020.
22. Industrial PC - VL BPC 3000 - 2400183. 2020. Phoenix Contact. Saatavissa: <https://www.phoenixcontact.com/online/portal/fi/?uri=pxc-oc-itemdetail:pid=2400183&library=fifi&pcck=P-07-01-01-01&tab=1&selectedCategory=ALL>. Hakupäivä 21.12.2020.
23. eREX eRex-IoT-E1b Sulautettu teollisuustietokone. 2020. Elkome Oy. Saatavissa: [https://shop.elkome.com/fi/erex-iot-e1b-embedded-computer?utm\\_source=creamailer&utm\\_medium=email&utm\\_campaign=51%2F2020-TeollisuusPC&utm\\_content=%5Bemail%5D](https://shop.elkome.com/fi/erex-iot-e1b-embedded-computer?utm_source=creamailer&utm_medium=email&utm_campaign=51%2F2020-TeollisuusPC&utm_content=%5Bemail%5D). Hakupäivä 21.12.2020.
24. Kosketusnäyttötekniikka lyhyesti. 2020. Phoenix Contact. Saatavissa: [https://www.phoenixcontact.com/online/portal/fi?1dmy&urile=wcm%3apath%3a/fifi/web/main/products/subcategory\\_pages/Industrial\\_PCs\\_and\\_HMI\\_P-07/c8a58584-7933-47d0-8d4e-faddf7fa08c7/c8a58584-7933-47d0-8d4e-faddf7fa08c7](https://www.phoenixcontact.com/online/portal/fi?1dmy&urile=wcm%3apath%3a/fifi/web/main/products/subcategory_pages/Industrial_PCs_and_HMI_P-07/c8a58584-7933-47d0-8d4e-faddf7fa08c7/c8a58584-7933-47d0-8d4e-faddf7fa08c7). Hakupäivä 21.12.2020.

25. Panel PC - VL2 PPC 7000 - 2400346. 2020. Phoenix Contact. Saatavissa: <https://www.phoenixcontact.com/online/portal/fi/?uri=pxc-oc-itemdetail:pid=2400346&library=fifi&pcck=P-07-01-03-07&tab=1&selectedCategory=ALL>. Hakupäivä 23.12.2020.
26. Security Appliance - TC MGUARD RS 4000 4G VPN - 2903586. 2020. Phoenix Contact. Saatavissa: <https://www.phoenixcontact.com/online/portal/fi/?uri=pxc-oc-itemdetail:pid=2903586&library=fifi&pcck=P-08-01-01-01&tab=1&selectedCategory=ALL>. Hakupäivä 21.12.2020.
27. C2... Load cells. 2020. Hottinger Baldwin Messtechnik GmbH. Saatavissa: [https://storage.by.prom.st/39449\\_21877c2eng.pdf](https://storage.by.prom.st/39449_21877c2eng.pdf). Hakupäivä 23.12.2020.

		Digitaalitulot		
1	IF-SEK	I	0	Johtosuoja, sekoitin
2	IK-SEK	I	0,1	Kontaktori paluu, sekoitin
3	IF-BITKP	I	0,2	Johtosuoja, Bitumi kiertopumppu
4	IK-BITKE	I	0,3	Kontaktori paluu, bitumin kiertopumppu
5	IK-BITKT	I	0,4	Kontaktori paluu, bitumi kierto taakse
6	IF-BITRP	I	0,5	Johtosuoja, bitumin ruiskutuspumppu
7	IK-BITRP	I	0,6	Kontaktori paluu, bitumi ruisk.pumppu
8	IF-VINOH	I	0,7	Johdonsuoja, vinohihna
9	IK-VINOH	I	0.0.2.0.0	Kontaktori paluu, vinohihna
10	IF-VARA1	I	0.0.2.0.	Johdonsuoja, vara 1
11	IK-VARA1	I	0.0.2.0.2	Kontaktori paluu, vara 1
12	IF-HPUVH	I	0.0.2.0.3	Johdonsuoja, hydr.p vaakahihna
13	IK-HPUVH	I	0.0.2.0.4	Kontaktori paluu, hydrp. vaakahihna
14	IF-HPULU	I	0.0.2.0.5	Johdonsuoja, hydr.pumppu luukut
15	IK-HPULU	I	0.0.2.0.6	Kontaktori paluu, hydr.pumppu luukut
16	IF-KTARY	I	0.0.2.0.7	Johtosuoja, kaukalon tary
17	IK-KTTARY	I	0.0.3.0.0	Kontaktori paluu, kaukalon tary
18	IF-VARA2	I	0.0.3.0.1	Vara 2
19	IK-VARA2	I	0.0.3.0.2	Kontaktori paluu, vara 2
20	IB-SVOP	I	0.0.3.0.4	Paineanturi, sek,vaiht. Oljynpaine
21	IB-BVYTR	I	0.0.3.0.5	Raja, bitumivaakan, ylitaytto
22	IS-VTKYT	I	0.0.3.0.6	Turvakytkin, vinohihna
23	IS-VVKYT	I	0.0.3.0.7	Vaijerikytkin, vinohihna
24	IS-VHVKY	I	0.0.4.0.0	Vaijerikytkin, KSL-vaakahihna
25	IB-RVPKR	I	0.0.4.0.1	Raja, bitumivaaka pohjaluukku kiinni
26	IB-VVPAR	I	0.0.4.0.2	Raja, bitumivaakan pohjaluukku auki
27	IB-SP1KR	I	0.0.4.0.3	Raja, sekoittimen pohjaluukku 1 kiinni
28	IB_SP2KR	I	0.0.4.0.4	Raja, sekoittimen pohjaluukku 2 kiinni

		Digitaalilähdöt		
	Symbol		Osoite	Selite
1	QK-SEK	Q	0	Kontaktori, sekoitin
2	QK-BITKE	Q	0,1	Kontaktori, bit.kiertopumppu eteen
3	QK-BITKT	Q	0,2	Kontaktori, bit.kiertopumppu taakse
4	QK-BITRP	Q	0,3	Kontaktori, bitumin ruiskutuspumppu
5	QK-VINOH	Q	0,4	Kontaktori, vinohihna
6	QK-VARA1	Q	0,5	Kontaktori, vara1
7	QK-HPULU	Q	0.0.2.0.1	Kontaktori, hydr.pumppu luukut
8	QK-KTARY	Q	0.0.2.0.2	Kontaktori, kaukalon tary
9	QK-VARA2	Q	0.0.2.0.3	Kontaktori, vara2
10	QK-SY2TA	Q	0.0.2.0.4	Kontaktori, syotin 1 tary
11	QK-SY3TA	Q	0.0.2.0.5	Kontaktori, syotin 2 tary
12	QK-SY1TA	Q	0.0.2.0.6	Kontaktori, syotin 3 tary
13	QK-SY4TA	Q	0.0.2.0.7	Kontaktori, syotin 4 tary
14	Q-KS1AN	Q	0.0.3.0.0	Lahto, KSL-siilo 1 annostus
15	Q-KS2AN	Q	0.0.3.0.1	Lahto, KSL-siilo 2 annostus
16	Q-KS3AN	Q	0.0.3.0.2	Lahto, KSL-siilo 3 annostus
17	Q-KS4AN	Q	0.0.3.0.3	Lahto, KSL-siilo 4 annostus
18	Q-BITAN	Q	0.0.3.0.4	Lahto, bitumi annostus
19	Q-KIVTY	Q	0.0.3.0.5	Lahto, kivivaaka tyhjennys
20	Q-BIVTY	Q	0.0.3.0.6	Lahto, bitumivaaka tyhjennys
21	Q-SEKTY	Q	0.0.3.0.7	Lahto, sekoitintyhjennys
22	Q-LHVKV	Q	0.0.4.0.0	Lahto, luukkuhydr.vapaakiertoventtiili
23	QK-AMERK	Q	0.0.4.0.1	Kontaktori, aanimerkki
		Analogiatulot		
1	IAW-KIVT	IAW	2.1.0.8	Anturi, kivivaaka 0-10V
2	IAW-BIVT	IAW	2.1.0.10	Anturi, bitumivaaka 0-10V
3	IAW-MASL	IAW	2.1.0.12	Anturi, lämpötila sekottajan alla 0-10V