



Satakunnan ammattikorkeakoulu
Satakunta University of Applied Sciences

LEO RIIHILUOMA

M100-JUNAN AJOPÖYDÄN MODERNISOINTI

SÄHKÖ- JA AUTOMAATIOTEKNIIKAN
KOULUTUSOHJELMA

2021

| | | |
|---|-------------------------------------|------------------------------|
| Tekijä Riihiluoma, Leo | Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK | Päivämäärä Marraskuu 2021 |
| | Sivumäärä 52 + 26 | Julkaisun kieli Suomi |
| Julkaisun nimi M100-junan ajopöydän modernisointi | | |
| Tutkinto-ohjelma Sähkö- ja automaatiotekniikan koulutusohjelma | | |
| <p>Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella Promeco Oy:lle M100-junan ajopöydän modernisaatio. Promeco Oy oli saanut modernisaatiota koskevan tilauksen asiakaltaan.</p> <p>Työssä perehdyttiin alkuperäisen ajopöydän rakenteeseen ja sähköpiirustuksiin. Alkuperäinen ajopöytä purettiin ja dokumentoitiin huolellisesti. Sen tilalle suunniteltiin uusi ajopöytä.</p> <p>Suunnittelu piti sisällään ajopöydän päälliosan mekaanisen rakenteen, toimilaitteiden sijoittelun ja sähköisen suunnittelun. Uudelle ajopöydälle kehitettiin myös tarkastuksen avuksi pöytäkirja ja tutkittiin ohjelmoitavan logiikan hyödyntämistä toiminnallisen testauksen apuna. Suunnittelussa käytettiin apuna SolidWorks ja CADMATIC Electrical suunnitteluohjelmistoja.</p> <p>Lopputulokset soveltuivat Promeco Oy:n tuotantoon ja täyttivät asiakkaan sille asettamat vaatimukset onnistuneesti.</p> | | |
| Asiasanat: metro, raideliikenne, ohjaamo, modernisointi, suunnittelu | | |

| | | |
|--|--|-------------------------------------|
| Author Riihiluoma, Leo | Type of Publication Bachelor's thesis | Date November 2021 |
| | Number of pages 52 + 26 | Language of publication: Finnish |
| Modernization of the M100 train dashboard | | |
| Degree programme Electrical and automation engineering | | |
| <p>The purpose of this thesis was to design the modernization of the dashboard of the M100 train for Promeco Oy. Promeco Oy had received a modernization order from a customer.</p> <p>The structure and electrical drawings of the original driving table were examined. The original dashboard was disassembled and documented carefully, and new dashboard was designed to replace it.</p> <p>The design included mechanical structure of the dashboard top, layout of the actuators, and electrical design. Inspection report was also developed for the new dashboard to help inspection. The use of programmable logic controller as a help to functional testing was investigated. SolidWorks and CADMATIC Electrical design softwares were used in the design.</p> <p>The result was suitable for Promeco Oy's production line and successfully met the customer's requirements.</p> | | |
| Key words: metro, rail traffic, cockpit, modernization, design | | |

SISÄLLYS

| | |
|--|----|
| 1 JOHDANTO | 7 |
| 2 YRITYSTEN ESITTELYT | 8 |
| 2.1 Promeco Oy | 8 |
| 2.2 VR FleetCare (VR Kunnossapito Oy)..... | 8 |
| 2.3 Helsingin kaupungin liikennelaitos (HKL) | 8 |
| 3 PROJEKTIN LÄHTÖKOHDAT | 9 |
| 3.1 Metrot Suomessa | 9 |
| 3.2 M100-junien peruskorjauksen hankesuunnitelma..... | 9 |
| 3.3 Tehtävät ja tavoitteet | 10 |
| 3.4 Aikataulu, eteneminen ja resurssit..... | 10 |
| 4 M100-JUNAN OHJAAMO | 11 |
| 4.1 Tutustuminen M100-junan ohjaamoon | 11 |
| 4.2 Maketti..... | 12 |
| 4.3 Referenssimalli | 13 |
| 5 AJOPÖYDÄN PURKAMINEN | 14 |
| 5.1 Protojunien purku | 14 |
| 5.2 Purkulistan ja tarkastuspöytäkirjan luominen aputyökaluksi | 17 |
| 6 AJOPÖYDÄN SUUNNITTELU | 19 |
| 6.1 Suunnitteluun käytetyt ohjelmat..... | 20 |
| 6.1.1 SolidWorks | 20 |
| 6.1.2 CADMATIC Electrical | 20 |
| 6.2 Layoutin ja mekaniikan suunnittelu | 20 |
| 6.2.1 Komposiitti | 21 |
| 6.2.2 Ajopöydän paneelit | 25 |
| 6.3 Sähkösuunnittelu | 35 |
| 6.3.1 Ajopöydän paneelit | 36 |
| 6.3.2 Riviliitinrajapinta | 36 |
| 6.3.3 Ajopöydän runko | 37 |
| 6.3.4 Jarru- ja sifapoljin | 38 |
| 6.3.5 Piirikaavion suunnittelu | 38 |
| 7 TESTAUKSEN JA TARKASTUKSEN KEHITTÄMINEN | 41 |
| 7.1 Sähköisen testauksen ja tarkastuksen nykytila | 41 |
| 7.2 Visuaalisen ja mekaanisen tarkastuksen nykytila | 42 |
| 7.3 Logiikan valinta..... | 42 |

| | |
|--|----|
| 7.3.1 Weidmüller u-control 2000..... | 43 |
| 7.4 Logiikan hyödyntämisen periaate | 44 |
| 7.5 Tarkastuspöytäkirjan luominen | 46 |
| 8 PROJEKTIN TULOKSET | 47 |
| 8.1 Valmis ajopöytä..... | 47 |
| 8.2 Lopputulosten summaus ja pohdinta..... | 49 |

LÄHTEET

LIITTEET

LYHENNE- JA TERMILUETTELO

| | |
|-----------------|--|
| M100 | Sähkömoottorijuna, ensimmäisen sukupolven metro |
| Layout | Asettelu, sommittelu |
| HKL | Helsingin kaupungin liikennelaitos |
| Virve | Viranomaisradioverkko |
| Maketti | Mallikappale, mallinne |
| STEP | 3D-tiedosto |
| Sifa | turvakytkin, kuolleen miehen kytkin |
| CAD | Compute aided design, tietokoneavusteinen suunnittelu |
| DXF | Drawing Exchange Format, CAD-tiedostomuoto, joka mahdollistaa tietojen siirtoa eri ohjelmien välillä |
| Plug-in | Helposti irrotettava ja kiinnitettävä liitin |
| Referenssimalli | Malli vertailua varten |
| Prototyyppi | Tuotteen ensimmäinen versio |
| IOT | Internet of Things, esineiden internet |
| SER | Sähkö- ja elektroniikkaromu |

1 JOHDANTO

Työn toimeksiantajana toimii Promeco Oy niminen yritys. Promecolla on pitkä historia raideliikenneteollisuuden parissa ja yritys sai asiakkaaltaan VR FleetCarelta tilauksen M100 junan ohjaamon uudistustyön suunnittelusta ja toteutuksesta. VR FleetCare voitti metronjunien peruskorjauksen kilpailutuksen ja sai toimeksiannon Helsingin kaupungin liikennelaitokselta (VR Group www-sivut 2019).

Peruskorjauksen tarkoituksena on parantaa matkustusviihtyvyyttä, uudistaa matkustajainformaatiojärjestelmää sekä parantaa kuljettajan ajoergonomiaa metrokuljettajien tarpeiden ja toiveiden pohjalta. Peruskorjauksessa metrojunan kori pintakäsittelään ja sisustaa uudistetaan. Tällä varmistetaan, että kalusto pysyy käyttökunnossa suunnitellun elinkaarensa loppuun asti. (VR FleetCare www-sivut 2020.)

Työhistoriani puolesta minun tiedettiin olevan soveltuva tähän ajankohtaiseen projektiin ja minut valittiin työnantajani toimesta toteuttamaan ajopöytää koskeva osuus. Projektin ajankohtaisuuden vuoksi se valikoitui myös opinnäytetyökseni.

Opinnäytetyöni tehtävänä on tutustua alkuperäiseen ohjaamossa olevaan ajopöytään, dokumentoida ja toteuttaa sen purkaminen. Tästä kerätyn tiedon ja asiakkaalta saadun materiaalin pohjalta suunnitella uuden ajopöydän sähköistys, päälliosan mekaaninen rakenne ja layout, sekä kehittää tarkastusta tukeva pöytäkirja ja tutkia mahdollisuutta logiikan hyödyntämiseen toiminnallisen testauksen apuna.

Tavoitteena on saada aikaan toimiva kokonaisuus, jonka valmistaminen soveltuu Promeco Oy:n tuotantolinjalle, palvelee loppuasiakasta toivotulla tavalla ja kehittää kuljettajan ergonomiamia asiakkaan haluamaan suuntaan.

2 YRITYSTEN ESITTELYT

2.1 Promeco Oy

Promeco Oy on toiminut teollisuuden eri aloilla jo 1970-luvulta alkaen, pääpainona aluksi metallintyöstö ja 1980-luvun yrityskauppojen jälkeen myös sähkökeskusten ja erilaisten laitteistojen valmistus. Kyseessä on perheyritys, jonka on perustanut Mikko Ojala 1978. Yritys on kasvanut vuosien aikana suureksi toimijaksi, joka tänä päivänä palvelee alansa suuria johtavia yrityksiä, kuten ABB, Alstom, Maillefer, Siemens, Transtech ja Senop.

Yritys on keskittynyt lähinnä neljään suureen toimialaan, jotka ovat meriteollisuus & offshore, raideliikenneteollisuus, voimalaitokset ja valmistavan teollisuuden laitteistot. Työntekijöitä Promecolla on noin 500 henkilöä ja tuotantoyksiköitä on viisi, joista Suomessa sijaitsee kolme, yksi Puolassa ja yksi Kiinassa. Liikevaihto on noin 58 miljoonaa euroa. (Promecon [www-sivut](#) 2021.)

2.2 VR FleetCare (VR Kunnossapito Oy)

Raidekaluston monimerkkihuoltamo VR FleetCare on suomalaisen rautatieoperaattori VR Groupin tytäryhtiö. VR FleetCare tarjoaa asiakkailleen raideliikenteen kaluston viankorjaus-, huolto- ja elinkaaripalveluita sekä kalustotekniikkaan liittyviä asiantuntijapalveluita Pohjoismaissa sekä Baltian alueella. VR FleetCare työllistää yli 1000 työntekijää ja vuosittainen liikevaihto on noin 200 miljoonaa euroa. (VR Group [www-sivut](#) 2021.)

2.3 Helsingin kaupungin liikennelaitos (HKL)

Helsingin kaupungin liikennelaitos eli tuttavallisemmin HKL on toimija, joka omistaa Helsingin raitiotiet, metroradat ja metroasemat sekä raitiovaunut ja metrojunat. HKL vastaa joukkoliikenteen perusrakenteen kunnossapidosta ja kehittämisestä. Yksi HKL:n tärkeimmistä yhteistyökumppaneista on Helsingin seudun liikenne eli HSL. HKL operoi HSL:n tilaamaa liikennettä. HKL:n kaluston kyydissä kulkee vuodessa

noin 152 miljoonaa matkustajaa. HKL ylläpitää myös kaupunkipyöräpalvelua ja operoi Suomenlinnan lauttaliikennettä. HKL työllisti vuonna 2018 noin 1200 henkilöä, liikevaihdon ollessa noin 200 miljoonaa euroa. (Helsingin kaupungin www-sivut 2021.)

3 PROJEKTIN LÄHTÖKOHDAT

3.1 Metrot Suomessa

Helsingissä liikennöi kolme erilaista metrojunatyyppeä: M100-, M200- ja M300-sarjan junayksiköitä. M100 ja M200 yksiköt koostuvat kahdesta kiinteästi yhteen liitetystä moottorivaunusta ja M300-sarja neljästä yhteen kytketystä vaunusta. Vanhin M100-sarja on kotimaista tuotantoa ja se suunniteltiin, rakennettiin ja testattiin yhtä aikaa metroradan kanssa. Tämän sarjan junat valmistettiin vuosien 1977–1984 aikana ja ne ovat osoittautuneet käytössä luotettaviksi ja kestäviksi, minkä johdosta ne on peruskorjattu jo kertaalleen vuosina 2004–2009. M200-sarja otettiin käyttöön vuosina 2000–2001 ja ne on valmistanut saksalainen Bombardier. M300-sarjan on valmistanut espanjalainen CAF vuosina 2014–2016. (Helsingin kaupungin www-sivut 2021.)

3.2 M100-junien peruskorjauksen hankesuunnitelma

M100-sarjan hankinnan yhteydessä tavoitteellinen käyttöikä oli 40 vuotta, ja se täyttyy lähivuosina. Peruskorjauksen tavoitteena on varmistaa, että junien käyttöä voidaan jatkaa vielä 2020-luvun loppuun saakka, jolloin junat saavuttaisivat keskimäärin lähes 50 vuoden käyttöiän. M100-junien peruskorjauksen hankesuunnitelmassa kartoitetaan junien nykyistä kuntoa, peruskorjauksen tavoitteita matkustaja-, kuljettaja- ja kunnossapidonnäkökulmista. Lisäksi hankesuunnitelmassa käsitellään hankintojen laajuutta, tarvittavia toimenpiteitä, kannattavuutta, kustannuksia, vastuita ja rooleja. HKL julkaisi hankesuunnitelman M100-junien peruskorjauksesta 19.4.2017. (HKL 2017.) Li-

kennelaitoksen johtokunta esitti 27.4.2017 Helsingin kaupunginvaltuustolle hanke-suunnitelman hyväksymistä, ja Helsingin kaupunki hyväksyi sen 30.8.2017 (Helsingin kaupungin päätökset 30.08.2017).

3.3 Tehtävät ja tavoitteet

Promecon tehtäviksi muodostuivat lähinnä ohjaamossa tehtävät uudistustyöt, kuten takaseinän siirtäminen, ajopöydän uudistaminen kuljettajan ergonomiaa silmällä pitäen ja sähkökomponenttien vaihto uusiin niin ohjaamossa, kuin takaosan keskuksessa. Tavoitteena on saada toteutettua VR FleetCare:n ja HKL:n tarpeita ja toiveita vastaava kokonaisuus. Näistä omaksi tehtäväkseni muodostui ajopöydän sähköinen suunnittelu, päälliosan mekaaninen suunnittelu, sekä testauksen kehittäminen uudelle kokonaisuudelle. Projektin tavoitteet perustuivat hankintasopimuksen määrittelyihin.

Jo alusta alkaen tiedostin alkuperäisen laitteiston iän tuomat haasteet, aikaisemmin toteutetun peruskorjauksen yhteydessä tehdyt muutokset ja mahdolliset vuosien aikana tehdyt korjaus- ja lisäystyöt, joita ei ole merkitty virallisiin sähköpiirustuksiin.

3.4 Aikataulu, eteneminen ja resurssit

Ensimmäisen M100-metrojunayksikön peruskorjauksen aloitus sijoittui syyskuulle 2019 ja toisen marraskuulle 2019. Metrojunayksiköiden alkuperäinen aikataulu nähtävillä taulukossa 1. Näistä kahdesta junasta puhun tästä lähtien protoina 1 ja 2. Sarjan puhutaan alkavan numerosta 3. Protojunien luovutus kuitenkin viivästyi reilusti alun perin suunnittelusta viikosta 23 vuonna 2020, johtuen Promecosta riippumattomista tekijöistä ja yllättävästi alkaneesta COVID-19 pandemiasta.

Taulukko 1. Alkuperäisen aikataulun kymmen ensimmäistä metrojunayksikköä (Helsingin kaupungin liikennelaitos 12.12.2019)

| Metrojunayksikön järjestysluku | Luovutus myyjälle peruskorjattavaksi [viikko/vuosi] | Alustava vastaanotto (PAC) [viikko/vuosi] | Lopullinen vastaanotto (FAC) [viikko/vuosi] |
|--------------------------------|---|---|---|
| 1 | 36/2019 | 23/2020 | 27/2022 |
| 2 | 48/2019 | 23/2020 | 27/2022 |
| 3 | 32/2020 | 39/2020 | 43/2022 |
| 4 | 34/2020 | 41/2020 | 45/2022 |
| 5 | 36/2020 | 43/2020 | 47/2022 |
| 6 | 40/2020 | 47/2020 | 51/2022 |
| 7 | 42/2020 | 49/2020 | 52/2022 |
| 8 | 44/2020 | 51/2020 | 3/2023 |
| 9 | 48/2020 | 4/2021 | 8/2023 |
| 10 | 2/2021 | 9/2021 | 13/2023 |

Suunnitteluun oli varattu aikaa rajallisesti, osien testaaminen ja uudet valmistustekniikat aiheuttivat pieniä haasteita komponenttien toimittajille, muun muassa komposiittirakenteen vääntyily ensimmäisissä yksilöissä. Alkuperäisen suunnitelman mukaan minun piti olla mukana protojenjunien 1 ja 2 purkamisen lisäksi, myös näiden kokoonpanovaiheessa ja testauksessa, mutta aikataulun muuttumisesta johtuen en ehtinyt olla protojen kokoonpanovaiheessa loppuun asti mukana ja testaamisen suorittaminen jäi opastamisen tasolle.

4 M100-JUNAN OHJAAMO

4.1 Tutustuminen M100-junan ohjaamoon

Ensimmäiset koeajojunat suunniteltiin automaattisiksi 1974, mutta tästä luovuttiin kulunvalvontahankinnan lykkäämisen vuoksi (Hietaranta 2013, 12) ja junat päädyttiin tekemään täysin manuaalisiksi. Tämä on heijastunut M100-junan ohjaamoon, jossa kuljettajan ergonomia ei ole ollut selkeästi ykkösprioriteetti (Simpanen 2009, 39).

Ohjaamo on kokonaisuudessa alkuperäisen näköinen (kuva 1), mutta ajopöytään on selkeästi jälkepäin lisätty laitteistoa, kuten virve, kuulutuslaitteisto ja cato-informaationäyttö. Ajopöydän alaosassa on irrotettavat suojakannet, joiden alle sähköiset komponentit on sijoitettu.



Kuva 1. Yleisnäkymä ohjaamosta

4.2 Maketti

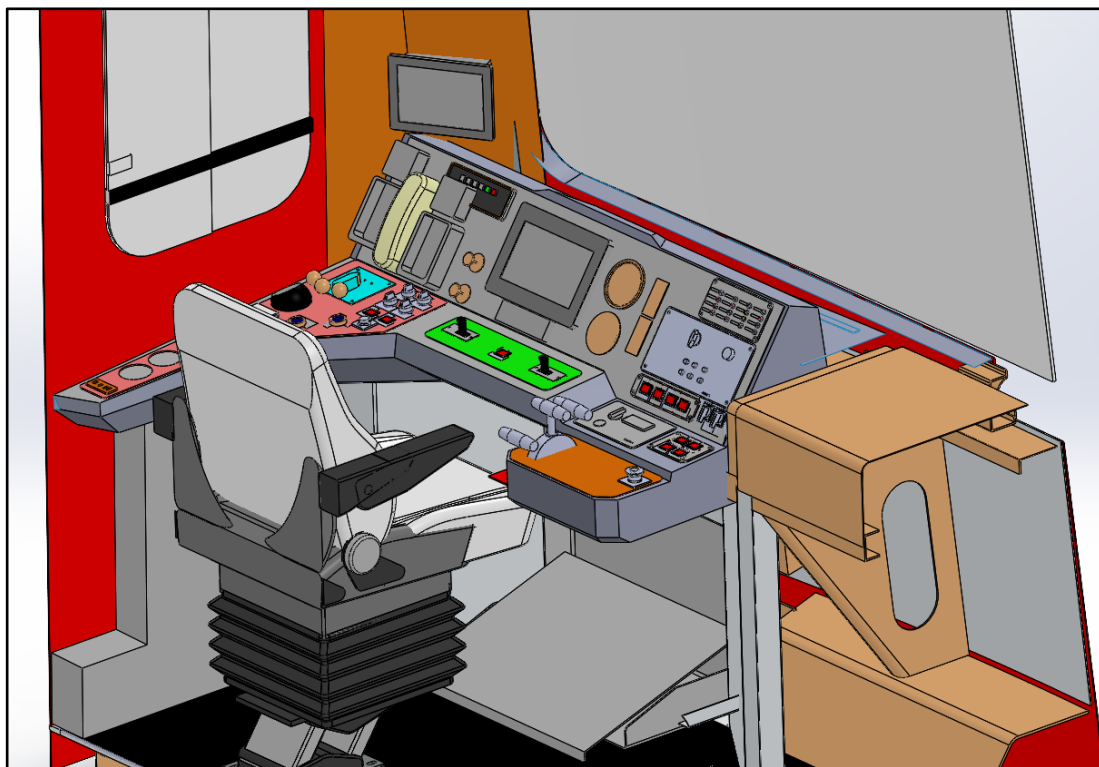
Projektin käytännön työ alkoi siitä, kun Promeco kävi tutustumassa ajopöydästä tehtyyn makettiin kesällä 2019. Ajopöydän uudistuksesta oli valmistettu maketti, jonka avulla oli tutkittu kuljettajan ergonomiaa hallintalaitteiden sijoitteluun nähden (kuva 2). Tästä saimme tarkemman käsityksen vaatimuksista ja dokumentin tärkeistä mi-toista, jota hyödynsimme myöhemmin suunnittelun pohjana.



Kuva 2. Yleiskuva maketista

4.3 Referenssimalli

Promecolle toimitettiin ohjaamosta esisuunnittelun referenssimalli STEP-tiedostona, joka oli luotu maketin pohjalta (kuva 3). Tätä mallia hyödynnettiin suuntaa antavana ajopöydän rakenteen suunnittelussa.



Kuva 3. Esisuunnittelun referenssimalli, kuvankaappaus

5 AJOPÖYDÄN PURKAMINEN

5.1 Protojunien purku

Kahden ensimmäisen prototyypin purkaminen ajoittui loppuvuodelle 2019. Valmistauduimme ajopöydän purkamiseen keräämällä työkalut, joita ohjaamoon tutustumisen yhteydessä olimme arvioineet tarvittavan. Tämän lisäksi mukana oli muistiinpanovälineet, johdinten merkintä- ja teippaustarvikkeet.

Ajopöydän purkaminen aloitettiin tarkastelemalla lähemmin sen rakennetta ja selvittämällä eri komponenttien sijainnit. Osa vanhoista komponenteista oli määrä siirtää uuteen ajopöytään, joten niitä tuli käsitellä erityisellä varovaisuudella, koska komponenttien valmistus oli lopetettu, tai niitä ei ollut enää riittävästi saatavilla varaosina. Komponentit, jotka eivät siirry uuteen ajopöytään ja joilla ei ole uutta käyttökohdetta, kierrätetään SER-jätteenä. Tässä vaiheessa tehtiin ensimmäiset huomiot jälkepäin

tehdystä lisäyksistä, joita ei oltu dokumentoitu virallisiin piirustuksiin edellisen peruskorjauksen aikana tai sen jälkeen. Osien irrottaminen aloitettiin alkuperäisen ajopöydän asennuslevyistä, niistä komponenteista, jotka siirretään uuteen ajopöytään. Jokainen komponentti ja liitos valokuvattiin ennen johtimien irrottamista komponentista. Irrotuksen yhteydessä johtimet merkittiin teipillä ja muistiinpanoihin kirjattiin komponentin nimi, positio, käytössä olevat liittimet, liittämiin tulevat johdinten numerot ja mahdolliset lisähuomiot. Tämän jälkeen johtimet niputettiin teipillä komponentteittain.

Oman haasteensa toivat osat ja komponentit, joita ei oltu merkitty virallisiin piirustuksiin, joten näille ei ollut olemassa ennalta tiedettyjä positioita. Nämä valokuvattiin ja merkittiin huolella myöhempää selvitystä ja käyttöä varten. Jotkin toimilaitteista kuten jarru- ja sifapoljin oli kytketty suoraan kaapelilla ja nämä kaksi toimilaitetta oli sovittu siirrettäväksi sellaisenaan uuden ajopöydän jalkatasoon, joten niiden kaapelit päätettiin katkaista ja merkitä hyvin. Kyseiset kaapelit tullaan liittämään takaisin yhteen kestävillä liittimillä, helpottaen jatkossa tulevan jalkatason asennusta ja mahdollista huoltoa. Ajopöydässä olevalle ajonopeudensäätöyksikölle ja 220V muuntajalle tulevat kaapelit merkittiin ja ne tultaisiin kytkemään takaisin alkuperäisen mukaisesti. Ajopöydän purkamisen yhteydessä havaittiin aikaisemmin käytöstä poistettuja johtimia ja komponentteja. Käytöstä poistetuista johtimista suurin osa oli suojattu ja merkitty asianmukaisesti, mutta joukossa oli myös johtimia, jotka oli vain katkaistu ja jätetty sellaisenaan ajopöydän sisälle.

Protojen ajopöytien purkamisen yhteydessä havaittiin pieniä eroavaisuuksia eri ajopöytien välillä. Eroavaisuudet koostuivat lähinnä erilaista apujännitemuuntajista, niiden sijoittelusta ja muuntajan ensiöpuolen johdotuksesta (kuva 4). Myös eri komponenteilla olevia johtimien ketjutuksia oli tehty hieman eri tavalla, kuin alkuperäisistä piirikaavioista pystyi päättelemään.



Kuva 4. Apujännitemuuntaja. Kuvassa vasemmalla proton 1 ja oikealla proton 2.

Ajopöytään oli asennettu myös paineilmatoimisia komponentteja, kuten jarrupainemittari sekä kaksi painiketta, joilla ohjattiin viheltimien isoa ja pientä äänimerkkiä. Näiden lisäksi myös tuulilasinpyyhin oli paineilmatoiminen, mutta se tullaan korvaamaan uudistetussa ohjaamossa sähkötoimisella tuulilasinpyyhkimellä. Kaikkien laitteiden pneumaattikaletkut irrotettiin, merkittiin huolellisesti ja käytöstä poistuviin asennettiin tulpat.

Sähkökomponenttien, niiden kytkentöjen ja paineilmalaitteiston purkamisen jälkeen ajopöydän mekaniikka purettiin kokonaisuudessaan pois (kuva 5). Ainoastaan oikeanpuoleisen alakehyksen komponentit jätettiin vanhaan kehykseen kiinni ja nämä tullaan siirtämään kokoonpanovaiheessa uuteen kehykseen, ilman että johtimia irrotetaan liittimistä. Purkaminen ei sinänsä ollut hankala työ, mutta ensimmäisen ajopöydän kohdalla kiinnityspisteiden paikantaminen otti oman aikansa. Mekaniikkaa irrottaessa tuli kiinnittää huomioita myös siihen, etteivät johtimet tai komponentit vaurioidu.



Kuva 5. Purettu ohjaamo. (Myös lattia purettu uusittavilta osin.)

5.2 Purkulistan ja tarkastuspöytäkirjan luominen aputyökaluksi

Purkamisesta saatua tietoa hyödynnettiin sähköisessä suunnittelussa ja purkulistan kehittämässä. Purkulista luotiin aputyökaluksi, jolla purkamista voidaan nopeuttaa ja seurata kytkentöjen yhdenmukaisuutta eri junayksilöiden välillä. Mikäli eroavaisuuksia löytyy, ne merkitään junalle yksilöityyn purkulistaan ja selvitetään mistä eroavaisuudet johtuvat. Sarjan valmistamiseen siirryttäessä purkulista kehittyi samalla myös tarkastuspöytäkirjaksi, jolla voitiin purun yhteydessä tarkistaa kytkennän oikeellisuus uudesta rajapinnasta alkuperäiseen liitokseen nähden. Tämänhetkessä pöytäkirjassa on selkeästi omat kohtansa kaikille tarvittaville tiedolle eri liitoksista, joiden mukaisesti johtimet voidaan irrottaa alkuperäisistä komponenteista, merkitä ja kytkeä uuteen rajapintaan (kuva 6). Ideana on, että purkua tekevällä henkilöllä on listassa vain työssä tarvittavat tiedot, joiden mukaan hän työnsä toteuttaa. Tämä selkeyttää ja helpottaa työn tekemistä, samalla vähennetään virheiden mahdollisuutta. Purkulistaa voitaisiin vielä edelleen kehittää merkitsemällä siihen tarvittavat työkalut, johdinpäätteholkit ja

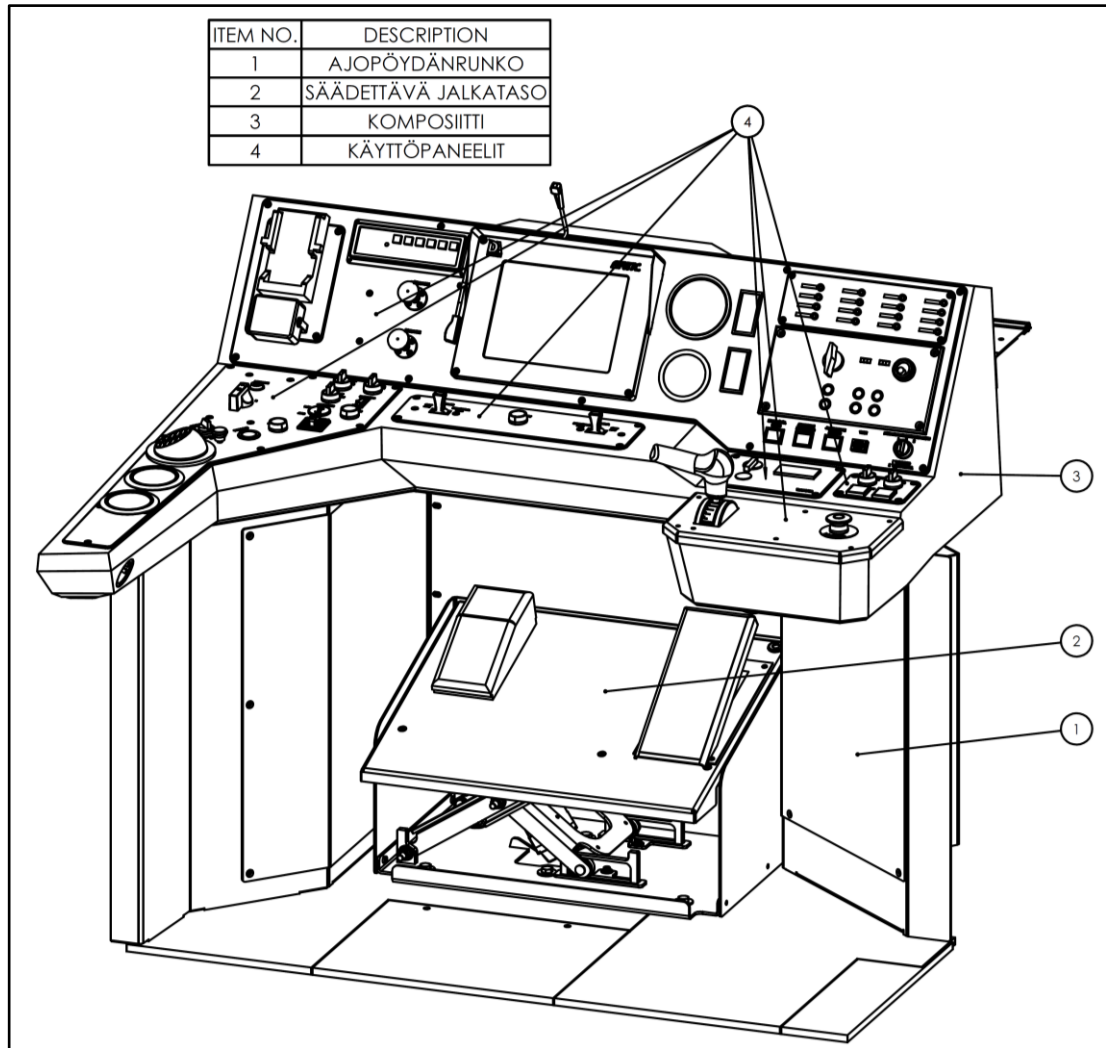
koostaa kansio valokuvista, joissa olisi selkeät kuvat komponenteista ja niiden alkuperäisistä johdotuksista. Tällä olisi se etu, että vertailu ja mahdollisten eroavaisuuksien havaitseminen helpottuisi.

| Date: 12.12.2020 Confidentiality: Internal Status: Draft Author: Leo Riihiluoma | | Promeco | | | | Page: 1(9) Document ID: Juna 2 Tarkastuspöytäkirja riviliittirajapinta.xlsx Revision: A | | | | |
|--|----------------------|------------------|------------------------|-----------------------------|------------------|---|---------------------|--------|------------|----------------|
| Tarkastuspöytäkirja riviliittirajapinta A-vaunu | | | | | | | | | | |
| Vaunun numero: | 153 | Tekijä: | Henkilö 1 | Tarkastaja: | Henkilö 2 | | | | | |
| | | Päivämäärä: | 6-8.1.2021 | Päivämäärä: | 31.1.2021 | | | | | |
| Kytkentäpiirustus (nro + revisio): | 982580 rev D | | | | | | | | | |
| Vanhat kytkimet | | | | Rajapinta | | Kuittaus | | | | |
| Nimi | Alkuperäinen positio | Liittimen numero | Johtimen numero | Vaihtoehtoinen johdinnumero | Johtimen koko | Rivilitin | Alkuperäinen liitos | Tekijä | Tarkastaja | Huomiot |
| Suunnanvaihtokytkin (pääkytkin) | S1 | 1:1 (-) | 9 | | 1mm ² | CX1.1:24 | C1:9 | ok | ok | |
| Suunnanvaihtokytkin (pääkytkin) | S1 | 1:1 (-) | Virve signaali (rusk.) | | 1mm ² | CX1.1:24 | S1.1:1 (-) | ok | ok | PANEELIN |
| Suunnanvaihtokytkin (pääkytkin) | S1 | 1:2 (+) | Virve signaali (vih.) | | 1mm ² | CX1.1:25 | S1.1:2 (+) | ok | ok | MUKANA |
| Suunnanvaihtokytkin (pääkytkin) | S1 | 2:1 (-) | 5 | | 1mm ² | CX1.1:26 | C1:5 | ok | ok | |
| Suunnanvaihtokytkin (pääkytkin) | S1 | 2:1 (-) | 0106 | | 1mm ² | CX1.1:26 | 0106 | ok | ok | |
| Suunnanvaihtokytkin (pääkytkin) | S1 | 2:2 (+) | 0105 | | 1mm ² | CX1.1:27 | 0105 | ok | ok | Hyppy CX1.5:12 |
| Suunnanvaihtokytkin (pääkytkin) | S1 | 3:1 (-) | 6 | | 1mm ² | CX1.1:28 | C1:6 | ok | ok | |

Kuva 6. Purkulista

6 AJOPÖYDÄN SUUNNITTELU

Ajopöydän suunnittelun pohjana käytettiin esisuunnittelun referenssimallia (kuva 3), maketista tehtyä ergonomia- ja käytettävyysarviointia sekä hankintasopimuksessa olutta peruskorjauksen teknistä määrittelyä. Ajopöytä koostuu neljästä pääosasta: ajopöydän runko, säädettävä jalkataso, komposiitti ja käyttöpaneelit (kuva 7).



Kuva 7. Ajopöydän kokoonpano

Minun vastuullani ajopöydän suunnittelussa olivat lähinnä komposiitin ja käyttöpaneelien ratkaisujen suunnittelu, sekä näihin liittyvä sijoittelu- ja sähkösuunnittelu.

6.1 Suunnitteluun käytetyt ohjelmat

6.1.1 SolidWorks

SolidWorks on alun perin SolidWorks Corporationin valmistama ohjelmisto. SolidWorks Corporation on perustettu 1993 Yhdysvalloissa ja yrityksen osti vuonna 1997 ranskalainen Dassault Systèmes S.A. Nykyisin Dassault Systèmes ylläpitää ja kehittää monipuolisia 3D-työkaluja. Näiden avulla voi suunnitella, kehittää, simuloida ja hallita tietoja tuotteista ja tuotteiden osista. Yli 2 miljoonaa suunnittelijaa käyttää Dassault Systèmesin tuotteita. Isona etuna on, että ohjelmistot soveltuvat niin suurten, kuin pientenkin tuotteiden suunnitteluun ja kehittämiseen. SolidWorks 3D CAD ohjelmistosta on kolme eri versiota Premium, Professional ja Standard. (SolidWorks [www-sivut](http://www.solidworks.com) 2021.) Ajopöydän layoutin ja mekaniikan suunnittelussa hyödynsin SolidWorks 3D CAD ohjelmistoa.

6.1.2 CADMATIC Electrical

CADMATIC Electrical on alun perin Kymdata OY:n kehittämä CADS-niminen suunnitteluohjelmisto. Yrityskaupan myötä ohjelmisto siirtyi CAMATIC-konsernille vuonna 2019. CADMATIC Electrical pitää sisällään laajan valikoiman ominaisuuksia teollisuuden erilaisiin tarpeisiin, jolla onnistuu piiri- ja johdotuskaavioiden, pääkaavioiden, keskuslayouttien, monenlaisten taulukoiden ja luetteloiden tuottaminen. Suunnitteluohjelmisto tukee laajasti erilaisia tiedostoformaatteja, kuten DRW, DWG, DXF ja IFC-tietomallit. Ohjelmisto hyödyntää tietokantoja ja se voidaan integroida tarvittaessa myös muihin tietojärjestelmiin. (CADMATIC [www-sivut](http://www.cadmatic.com).)

6.2 Layoutin ja mekaniikan suunnittelu

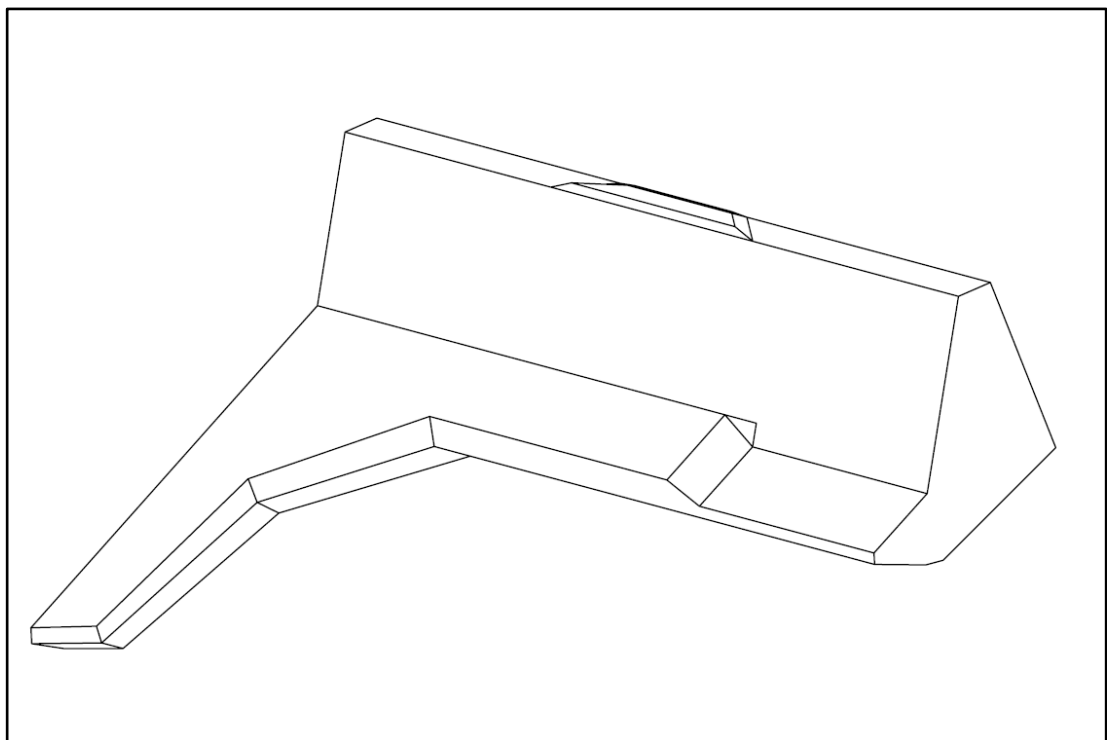
Suunnittelulle on määritelty esisuunnittelussa periaatteet ohjaamon komponenttien sijoittelusta. Paneeleihin ja muualle ajopöytää tulevat komponentit, kuten ajopöydän sisälle tulevat riviliittimet ja alaosaan asennettavat muuntajat, on sijoitettava niin, että ne ovat helposti huollettavissa ja tarvittaessa ne voidaan helposti irrottaa vaihtoa varten. (Hankintasopimus 2018.)

Seuraavassa esittelin ajopöydän osien eli komposiitin ja paneelien suunnittelun työvaiheet.

6.2.1 Komposiitti

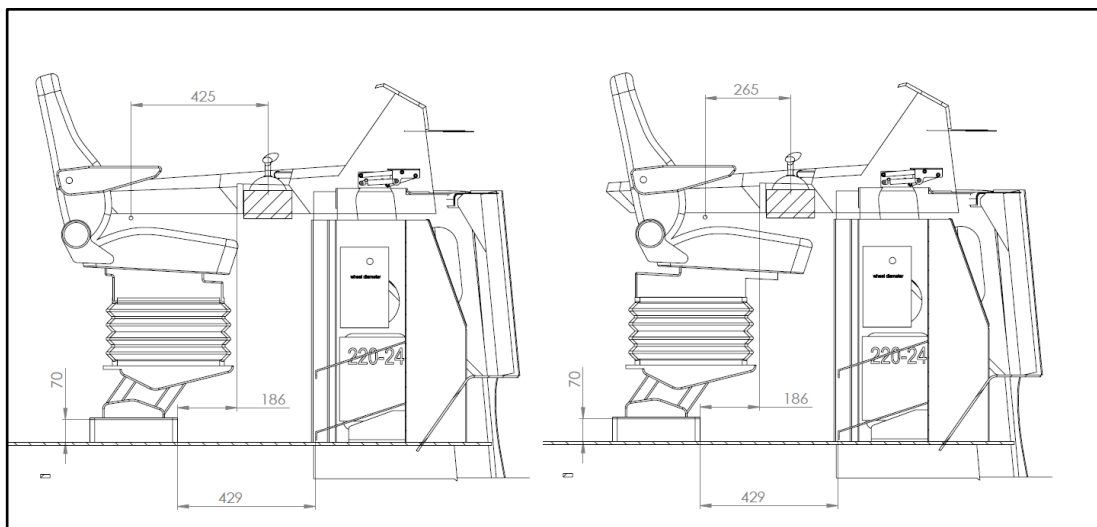
Komposiitti on ajopöydän suurin yhtenäinen kappale, joka toimii asennusrunkona paneeleille ja toimilaitteille. Materiaaliksi tähän on määritelty palosuojattu lasikuituvahvistettu polyesteri metallivahvikkeilla ja pintakäsittelynä maalaus mattavärillä RAL7021. (Hankintasopimus 2018.) Mattavärin tarkoituksena on vähentää ajopöydästä syntyviä heijastuksia, jotka voivat häikäistä kuljettajaa.

Komposiitin suunnittelu aloitettiin tutustumalla suunnittelun referenssimalliin ja mallintamalla ajopöydän muotoinen kappale sen pohjalta (kuva 8). Ensimmäisestä versiosta puuttuu vielä ajokahvan kotelon osuus, sillä se oli referenssimallissa hieman tulkinnan varainen ja tämän johdosta siitä käytiin enemmän keskustelua asiakkaan kanssa. Muutoin malli vastasi ulkomitoiltaan lopullista.

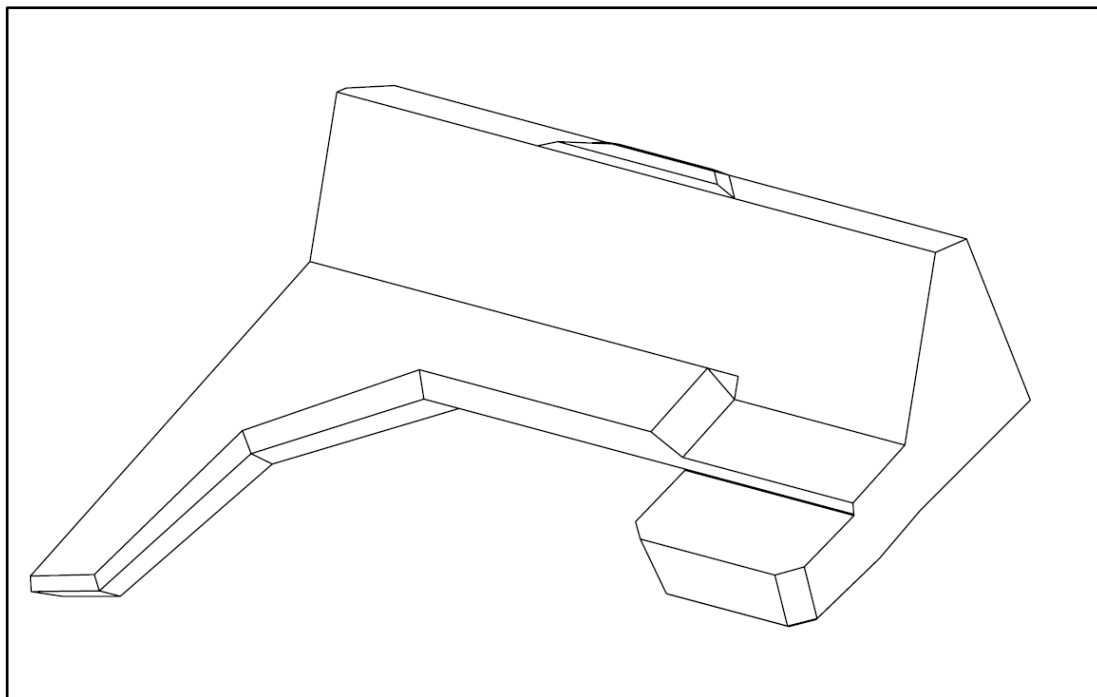


Kuva 8. Komposiitin ensimmäinen muotoiluversio

Ajokahvan sijoittelussa vertailtiin kolmea erilaista versiota, ensimmäinen oli erikseen komposiittiin kiinnitettävä kappale, toinen oli korkeussäädettävä ja kolmas oli kiinteästi sijoitettu komposiitti rakenteeseen. Vertailun pohjalta päädyimme kiinteään versioon, jolloin sijoittelu pysyy aina samana, tätä ratkaisua tukee myös maketin ergonomia- ja käytettävyyssarvioinnin tulokset (kuva 9). Ajokahvan tarkemman mitoituksen ja sijoittelun selvittyä, lisättiin kotelon osuus myös malliin (kuva 10).

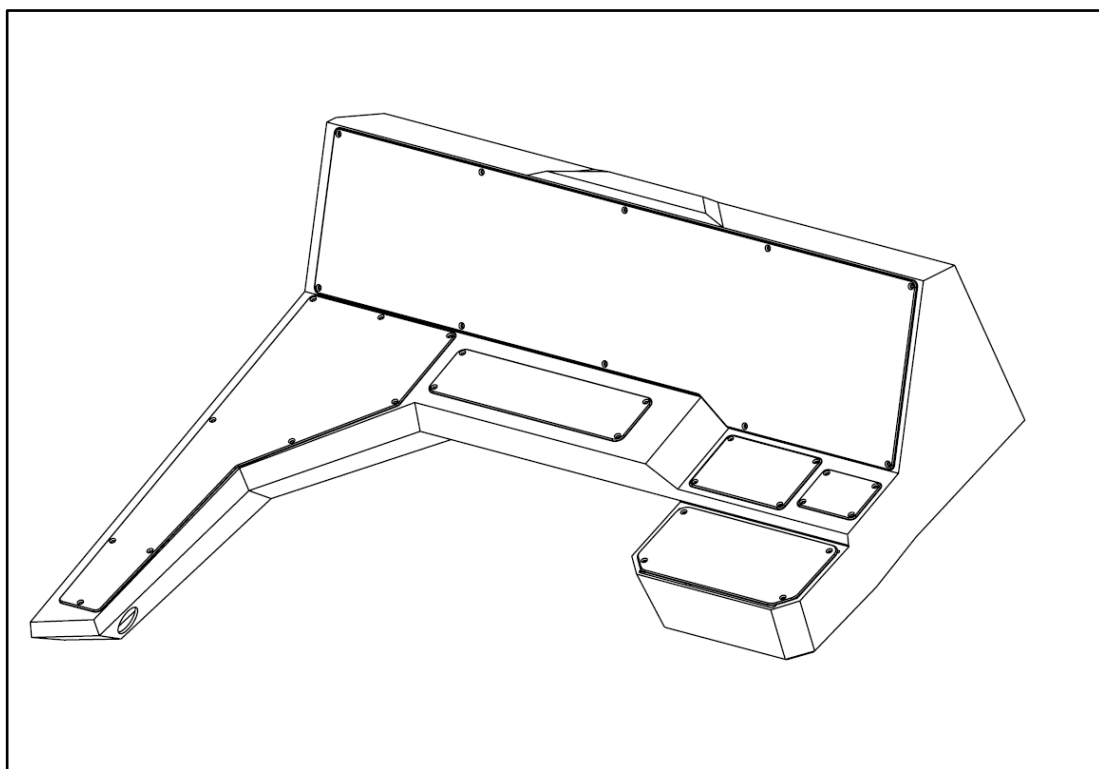


Kuva 9. MAKETTIKATSELMUS, Ergonomia- ja käytettävyyssarvioinnin tulokset (Winqvist P. 2018, 3)



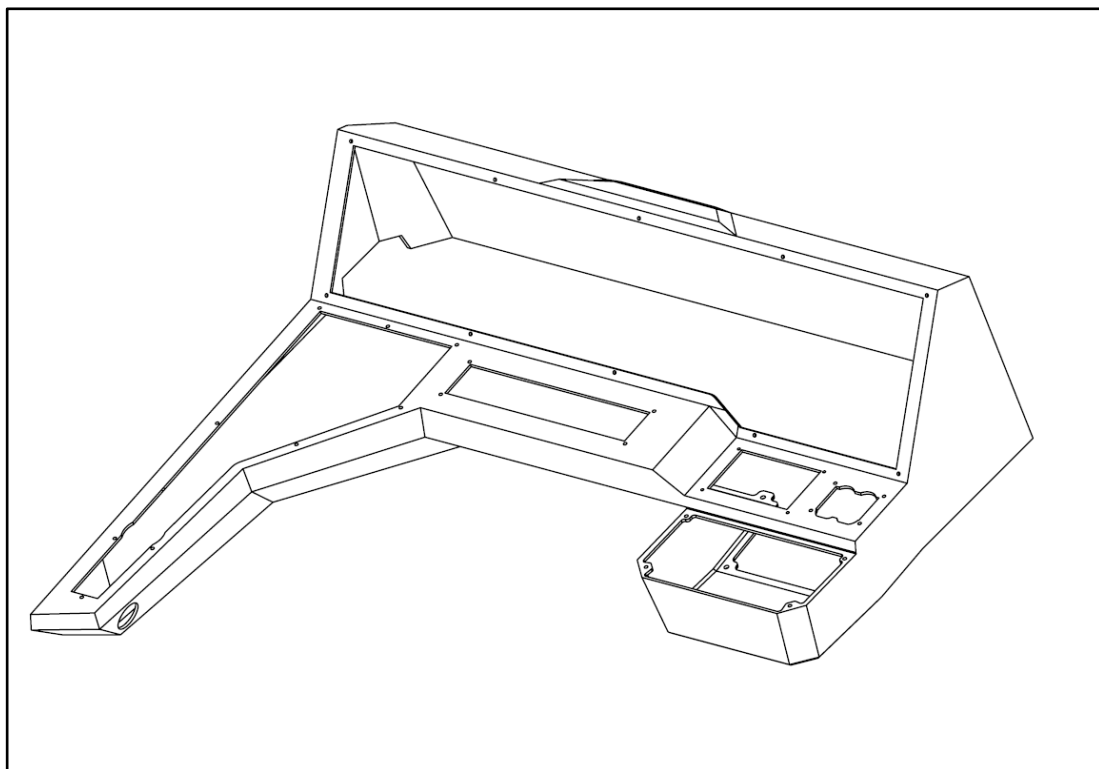
Kuva 10. Ajokahvakotelon kiinteä versio sijoitettuna komposiittiin

Tämän jälkeen kappale muutettiin sisältä ontoksi Shell-työkälulla, ainevahvuudeksi määriteltiin 5 mm. Seuraavaksi siirryttiin suunnittelemaan ajopöytään tulevia paneeleita, jotta niille voitiin toteuttaa leikkaukset ja kiinnitykset komposiitin rakenteeseen. Paneelien suunnittelusta lisää kohdassa 6.2.3. Paneelien umpinaiset mallit sovitettiin komposiitin päälle (kuva 11), kiinnityspisteille tehtiin reiät ja paneeleille leikattiin 15 mm paneelia pienemmät aukot komposiittiin. Vasemmanpuoleiseen sisäsiivuun tehtiin aukko pyöreää uppopistorasiaa varten.



Kuva 11. Komposiitti umpinaisilla paneeleilla

Komposiitin pohjaan suunniteltiin asennuslevy yhteistyössä toisen suunnittelijan kanssa ja toteutettiin pohjan aukotus ja kiinnityspisteet tukevuutta silmällä pitäen. Takasivuun tehtiin väistö, jolla helpotetaan komponenttien asennusta ja samalla saatiin tilaa tuulilasinyyhkijän moottorille ja kaapeloinnille. Oikeaan päättyyn tehtiin pieni lovi kaapeleita varten. Puretun ohjaamon rakenteesta suoritettiin laserkeilaus, jonka avulla tutkittiin todellisen ohjaamon rakenteen, suunnittelun referenssimallin ja uuden suunnitelman välisiä eroavaisuuksia. Tarkastelussa havaittiin, että komposiittiin vasempaan päättyyn tulee tehdä väistö ohjaamon tukirakenteista johtuen (kuva 12).



Kuva 12. Valmis komposiitin malli

Komposiitti valmistetaan kahdessa osassa, ylä- ja alaosa erikseen, tämän jälkeen puoliskot liimataan yhteen ja niihin koneistetaan tarvittavat aukot. Valmistaja teki molempia puoliskoita varten omat muottinsa ja tämä valmistustekninen asia toi omat rajoituksensa osan muotoiluun. Tarvittaviin kohtiin tehtiin päästöt ja pyöritykset, jotka helpottavat komposiitin irrottamista muotista. Myös ajokahvan kotelon osuutta madallettiin 10 mm, jotta se saadaan valmistettua yhdellä muotilla. Tämä madallus kompensoitiin suunnittelemalla alumiinista erillinen korotuslevy ajokahvan kytkimen alle (kuva 13). Peruskorjauksen teknisessä määrittelyssä mainitut metallivahvikkeet suunniteltiin toteutettavaksi riittävän jäykillä paneelirakenteilla, ajopöydän sisään tulevilla asennuskehysillä ja takasivun vahvikkeilla. Valmistaja jäykisti komposiitin rakennetta lisäämällä materiaalipaksuutta sopiviin kohtiin.



Kuva 13. Valmiita komposiitteja kalustuksessa ja alumiinisen korotuskehysten sovit-
tus.

6.2.2 Ajopöydän paneelit

Ajopöydän paneelit ovat metallista tehtyjä asennuslevyjä, joihin on kiinnitetty kaikki junan ohjaukseen ja hallintaan liittyvät painikkeet, ohjainlaitteet ja mittarit. Paneeleita ajopöydässä on yhteensä seitsemän, joista kuusi on kiinnitetty suoraan ajopöydän komposiitti runkoon. Yksi paneeli siirretään vanhasta ajopöydästä, joten suunniteltavien paneelien kokonaismäärä oli kuusi (taulukko 2).

Paneeleiden suunnittelun alkuvaiheessa tutkittiin läheisemmin esisuunnittelun aikana tehtyjä raportteja, 3D-malleja ja piirustuksia. Nämä toimivat pohjana toteutettavalla suunnittelulle. Peruskorjauksen teknisessä määrittelyssä paneelien materiaaliksi on määritelty alumiini (Hankintasopimus 2018). Ainoastaan ajokahvan asennuspaneeli on tehty teräksestä, sillä se joutuu jatkuvan käytön aikana suuremmalle rasitukselle. Vanhasta ajopöydästä siirrettiin taulukon 3 mukaiset komponentit uuden ajopöydän paneeleihin.

Taulukko 2. Suunniteltavat paneelit

| Nimi | Komponenttien määrä | Materiaali | Erytishuomiot |
|--------------------|---------------------------|-------------------------|--------------------------------------|
| Vasen asennuslevy | 15 kpl (myöhemmin 13 kpl) | Al 3,0 mm | Ilmastoinnin venttiili, mukitelineet |
| Keskiasennuslevy | 3 kpl | Al 3,0 mm | - |
| Yläasennuslevy | 17 kpl | Al 5,0 mm | |
| Varapainikepaneeli | 4 kpl | Al 3,0 mm | Yksi painike varalla |
| Virvepaneeli | 3 kpl | Al 3,0 mm | Kiinnitetään yläasennuslevyyn |
| Ajokahvapaneeli | 2 kpl | Teräs 3 mm + Al 10,0 mm | |

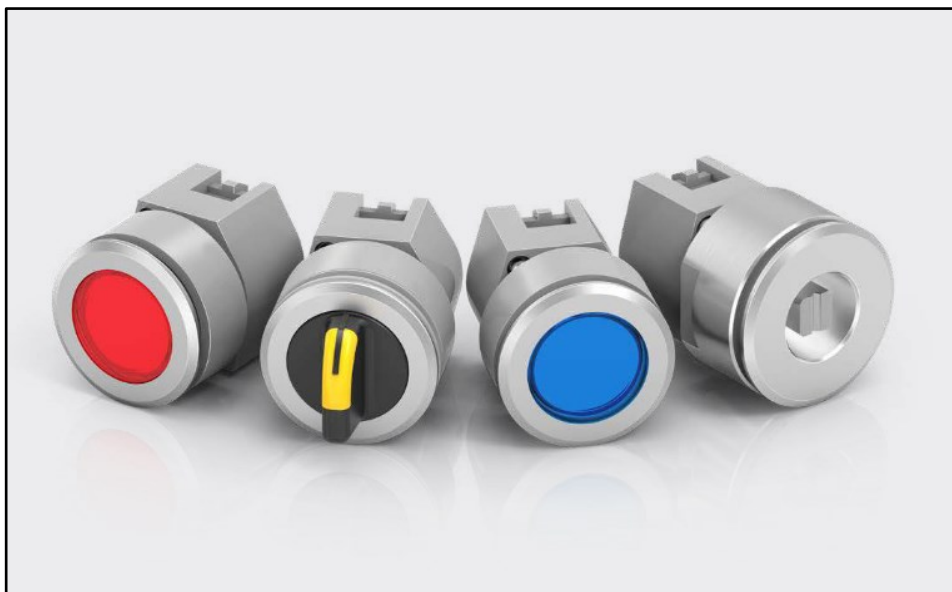
Taulukko 3. Siirrettävät komponentit

| Positio | Nimi | Asennuspaikka |
|---------|--|---------------------------------------|
| S101 | Peilien säädön suuntauskytkin | vasen asennuslevy |
| G1 | Nopeus- ja matkamittari ohjausyksikkö | ajopöydän runko |
| G2 | Viheltimen painin - pieni äänimerkki | yläasennuslevy |
| G2 | Viheltimen painin - iso äänimerkki | yläasennuslevy |
| P1 | Ajojännitemittari 0-1000V | yläasennuslevy |
| P2 | Akuston jännitemittari 0-500V | yläasennuslevy |
| P3 | Nopeusmittari | yläasennuslevy |
| T1 | Jännitemuuntaja 220V / 24V / 42V | ajopöydän runko |
| B17 | Jarrupainemittari | yläasennuslevy |
| A2 | Pakkopysäytyslaite | yläasennuslevy |
| - | Virven kokonaisuus: kaiutin, teline, käyttöpaneeli, summeri ja joutsenkaulamikrofoni | yläasennuslevy |
| - | Ohjaamon lämmityksen paneeli | komposiitin keskelle, oikeaan reunaan |

Ohjainlaitteiden sijoittelu perustuu esisuunnittelussa tuotettuun komponenttien sijoittelun referenssimalliin ja maketin ergonomia- ja käytettävyyssarvioinnin tuloksiin (Winqvist P. 2018). Tietyille usein käytetyille hallintalaitteille, kuten ajokahvalle ja oven avaus kytkimille, oli määritelty tarkemmat sijoittelut. Muiden sijoittelu oli suuntaa antavaa ja salli tarpeen vaatiessa pienet muutokset.

Aloitin paneelien suunnittelun mitoittamalla niiden ulkomitat ja sovittamalla niitä komposiitin 3D-malliin. Kun mitat olivat sopivat ja paneelit sopivat tarkoituksen mukaisesti kohdilleen, lisäsin niiden kulmiin R10 pyöristykset ja näkyviin jäävistä reunoista poistettiin terävät kohdat lisäämällä 2x45 viiste. Kiinnitystä varten paneelien kulmiin ja sivulle lisättiin sopivin välimatkoin reiät, joihin tehtiin myös senkkaus ruuvien upottamista varten. Tein näistä piirustukset, joiden pohjalta tilattiin ensimmäiset aukottomat prototyypipaneelit komposiittiin sovittamista varten. Käytin näitä malleja apuna komposiitin kiinnityspisteiden ja aukotusten suunnitteluun, näin saimme myös ensimmäisen komposiitin prototyypin tilaukseen.

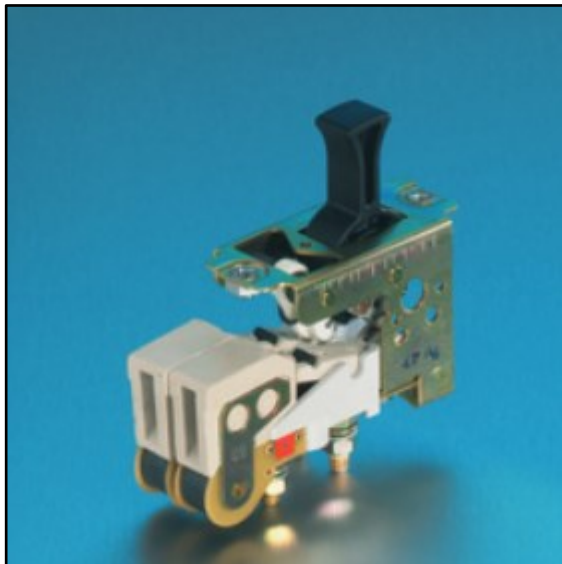
Ennen komponenttien sijoittelua paneelien päälle, tuli valita käytettävät komponentit. Enemmistö komponenteista olikin jo määritelty esisuunnittelussa joitakin poikkeuksia lukuun ottamatta. Kytkimet, merkkivalot ja painonapit oli valittu monipuolisesti muunneltavasta ja luotettavasta EAO:n valmistamasta Series 04 -tuoteperheestä (kuva 14). Yksi kierrettävä kytkin valikoitui kestävästä Kraus & Naimer:in tuoteperheestä (kuva 15). Ovien avauksen kytkimiksi, joita käytetään usein, oli määritelty Schaltbau:n L-sarja, joka on suunnattu erityisesti kuljettajan ohjauspöytiin (kuva 16). Suunnanvaihtokytkin ja ajokahva valmistettiin mittatilaustyönä Saksalaisella Gessmann yhtiöllä. Vain oleellisiin painikkeisiin valittiin valolla varustetut mallit, sillä ohjaamossa pyritään välttämään häikäisyä aiheuttavia valonlähteitä. Kirkkaalla säällä ja tunnelissa ajettaessa tällä on merkitystä myös turvallisuuden näkökulmasta.



Kuva 14. EAO Series 04 kytkimiä (EAO katalogi 2019)



Kuva 15. Kraus & Naimer:in valmistama kytkin (Kraus & Naimer www-sivut 2021)



Kuva 16. Schaltbau L-series (Schaltbau katalogi 2012)

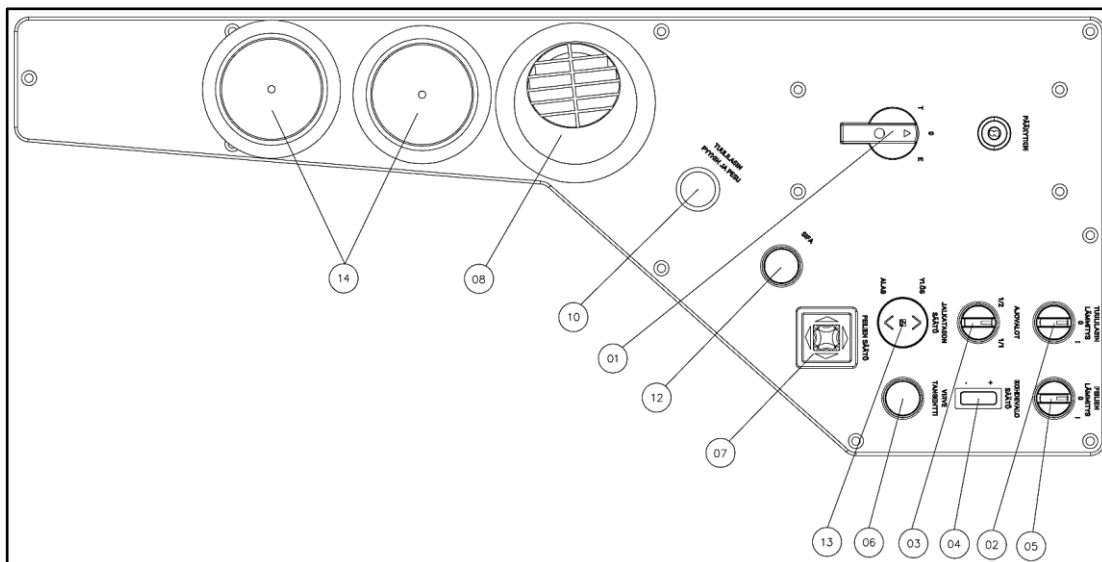
Paneelien väriksi tuli sama kuin komposiitissa käytetty RAL 7021 matta. Alkuperäisessä ajopöydässä olevan tekstin fontti on ollut puolilihavoitu Haas-Helvetica. Määrittelyssä oli, että uuden ajopöydän merkinnöissä tuli päästä uusien paneelien merkintöjen osalta mahdollisimman lähelle vanhaa kirjaisinjajia. Tämä varmistettiin tulostamalla painikkeen tekstistä mallikappaleet, joita vertailtiin alkuperäisiin painatuksiin. Uusien asennuslevyjen painatuksen väriksi sovittiin asiakkaan kanssa RAL 9003 signal white, sillä painatusten tuli näkyä mahdollisimman selkeästi myös hämärässä ohjaamossa.

Paneeleita ja asennuslevyjä suunnitellessa tuli ottaa huomioon tilavaraus ajopöydän sisällä. Joidenkin kytkinten kärkipakat olivat pitkiä ja vaativat tilaa. Esimerkiksi ajokahvan rakenne otti suuren tilan kahvan kotelon sisältä, mutta ajopöydän ulkomitat tuli kuitenkin säilyttää mahdollisimman matalana ergonomian syistä. Osasta komponentteja ei ollut saatavilla 3D malleja, joten ne mallinnettiin itse.

Vasempaan asennuslevyyn sijoittuivat useimmat ajamisen aikana käytettävät ja ajoergonomiaan vaikuttavat kytkimet (kuva 17). Alun perin vasemmassa paneelissa oli erikseen painikkeet tuulilasin pesulle, pyyhkimien nopeuden säädölle ja tihkun aika- viiveelle. Nämä kuitenkin korvattiin myöhemmin sarjan edetessä yhdellä monitoimikytkimellä (taulukko 4). Vasemman asennuslevyn kohdalla täytyi ottaa huomioon myös mukitelineiden ja ilmaventtiilin asennus. Mukitelineiden pohjasta johdettiin valumaputket ajopöydän läpi, jolla voidaan estää nesteen kertyminen mukitelineeseen. Ilmaventtiilin asennus puolestaan vaati tilansa lämpöeristettyä ilmastointiputkea varten.

Taulukko 4. Vasemman asennuslevyn positio- ja toimintalista

| Numero | Positio | Nimitys | Valmistaja |
|--------|-----------------------|--------------------------------|----------------|
| 01 | S1 | Suunnanvaihtokytkin, pääkytkin | Gessmann |
| 02 | S89 | Tuulilasin lämmitys | EAO |
| 03 | S8 | Ajovalot | EAO |
| 04 | S92 | Kohdevalo säätö | ROCKER |
| 05 | S120 | Peilin lämmitys | EAO |
| 06 | S94 | Virve tangenti | EAO |
| 07 | S101 | Peilien säätö | Hella |
| 09 | S48 (korvattu A47) | Pyyhin / pesu | EAO |
| 10 | S47 (korvattu A47) | Tihkukytkimien säätö | Hella |
| 11 | S44 (korvattu A47) | Tuulilasin pyyhin | Kraus & Naimer |
| 12 | S11 | SIFA | EAO |
| 13 | S93 | Jalkatason säätö | Dirak |
| 08 | | Ilmaventtiili | Webasto |
| 14 | | Mukiteline | Velcron |
| 10 | A47 | Tuulilasin pyyhin ja pesu | Littelfuse |

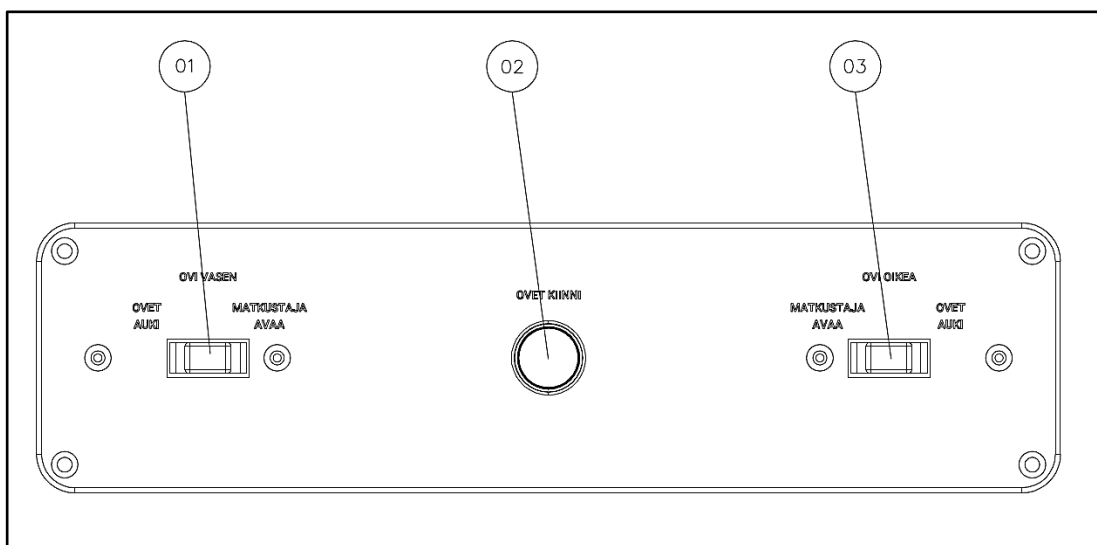


Kuva 17. Vasen asennuslevy, layout

Keskiasennuslevyyn sijoittuivat ovien käyttöön liittyvät toiminnot (taulukko 5). Nämä ovat usein käytettyjä kytkimiä, joten niiden sijoittelu oli otettu huomioon ergonomia silmällä pitäen ja sijoitettu sopivalle etäisyydelle kuljettajaan nähden (kuva 18).

Taulukko 5. Keskiasennuslevyn positio- ja toimintalista

| Numero | Positio | Nimitys | Valmistaja |
|--------|---------|--------------------|------------|
| 01 | S12 | Oven aukaisu vasen | Schaltbau |
| 02 | S13 | Ovet kiinni | EAO |
| 03 | S14 | Oven aukaisu oikea | Schaltbau |

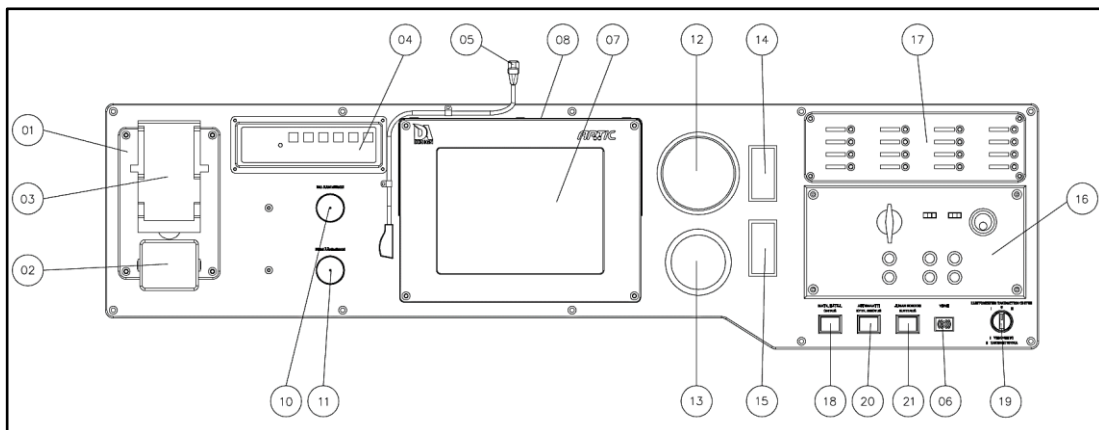


Kuva 18. Keskiasennuslevy, layout

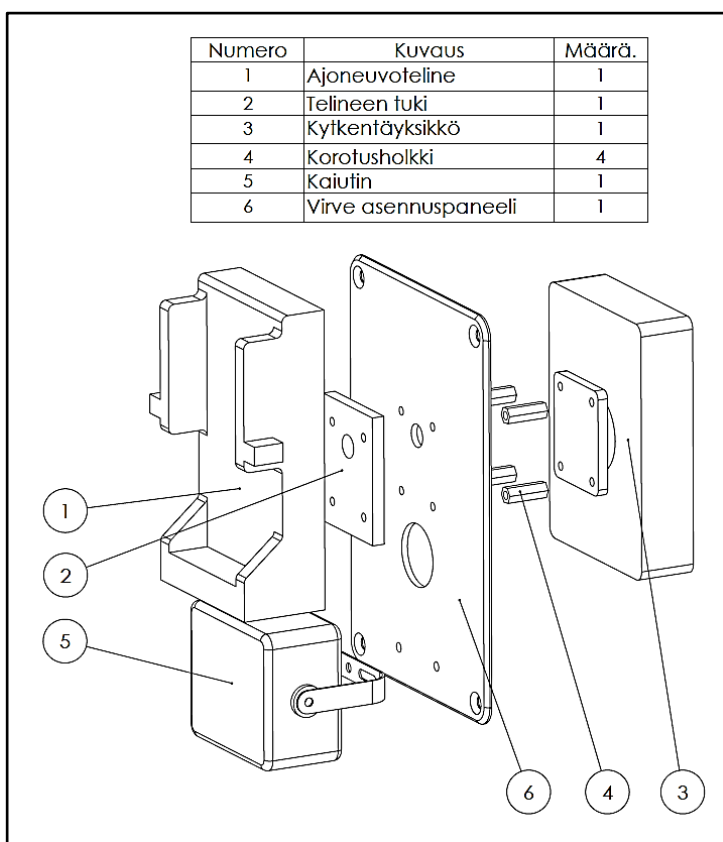
Yläasennuslevyyn sijoittui olennaista tietoa tarjoavat komponentit, kuten nopeus-, jännite- ja jarrupainemittarit, hälytyspaneeli ja uusi informaationäyttö (taulukko 6). Asennuslevyn haasteena olivat tilavarauksen kannalta vanhasta siirretty pakkopysäytyslaite ja paineilmatoimiset viheltimen äänimerkkipainikkeet (kuva 19). Virvelle suunniteltiin oma asennuspaneelinsa helpottamaan kokoamista ja mahdollisia huoltotoimenpiteitä (kuva 20). Informaationäytölle suunniteltiin häikäisysuoja, joka helpottaa näytön lukemista kirkkaalla säällä.

Taulukko 6. Yläasennuslevyn positio- ja toimintalista

| Numero | Positio | Nimitys | Valmistaja |
|--------|-------------|--------------------------------------|--------------------|
| 15 | P1 | Volttimittari 0-1000V | Siirretty vanhasta |
| 14 | P2 | Volttimittari 0-500V | Siirretty vanhasta |
| 12 | P3 | Nopeusmittari | Siirretty vanhasta |
| 13 | B17 | Jarrupainemittari | Siirretty vanhasta |
| 17 | A1 | Hälytyspaneeli | Sortec |
| 16 | A2 | Pakkopysäytyslaite | Siirretty vanhasta |
| 20 | S7 | Automaattikytkimen irrotus | EAO |
| 18 | S19 | Matkustamon hätäjarrun ohitus | EAO |
| 19 | S21 | Luiston takometrin ohitus | EAO |
| 21 | S22 | Junan kokoonkuittaus | EAO |
| 10 | G2 | Viheltimen painin - pieni äänimerkki | Siirretty vanhasta |
| 11 | G2 | Viheltimen painin - iso äänimerkki | Siirretty vanhasta |
| 01 | Asennuslevy | Virve kokonaisuus | Promeco |
| 04 | | Virve hallintapaneeli | Siirretty vanhasta |
| 05 | | Virve joutsenkaulamikrofoni | Siirretty vanhasta |
| 07 | | Informaationäyttö (PIS) | DA-Design |
| 08 | | Informaationäytön häikäisysuoja | Promeco |



Kuva 19. Yläasennuslevy, layout

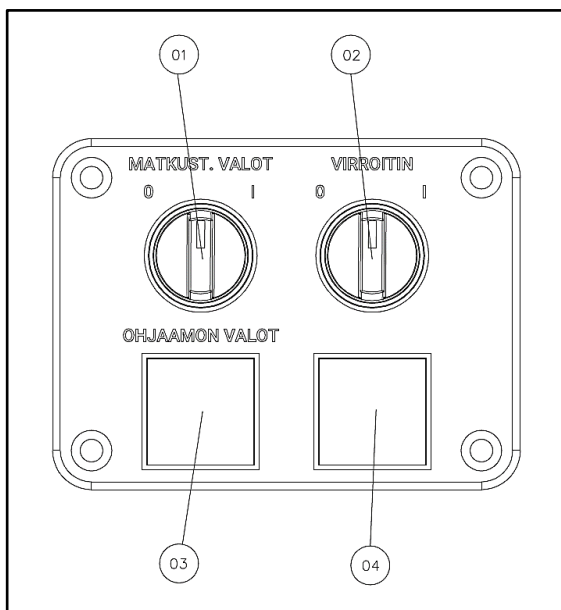


Kuva 20. Virepaneelin kokoonpanokuva

Varapainikepaneelilla ohjataan virroitinta, ohjaamon ja matkustamon valoja (taulukko 7). Tähän paneelin jätettiin tilaa yhdelle lisäpainikkeelle, mahdollista tulevaa tarvetta varten (kuva 21).

Taulukko 7. Varapainikepaneelin positio- ja toimintalista

| Numero | Positio | Nimitys | Valmistaja |
|--------|-----------|-------------------|------------|
| 03 | S9 | Ohjaamon valot | EAO |
| 02 | S10 | Virroittin | EAO |
| 01 | S23 | Matkustamon valot | EAO |
| 04 | Peitelevy | Varalla | EAO |

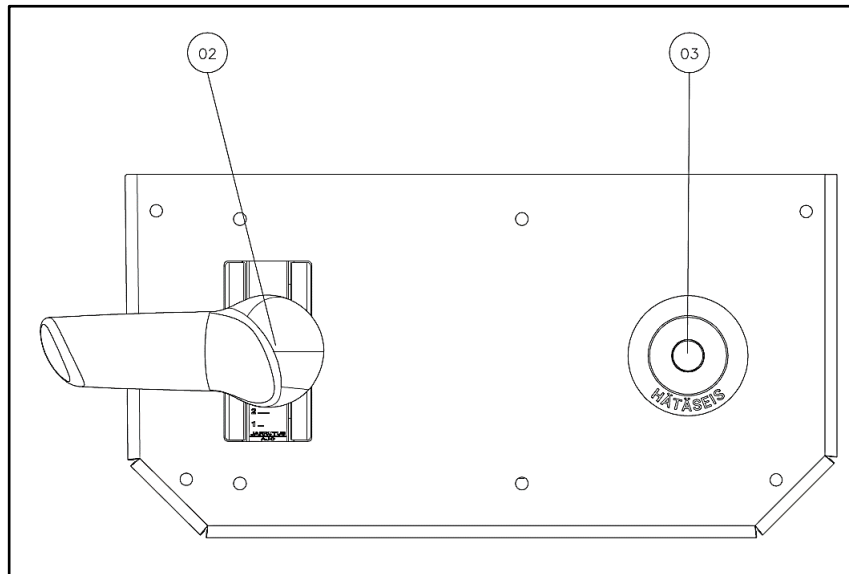


Kuva 21. Varapainikepaneeli, layout

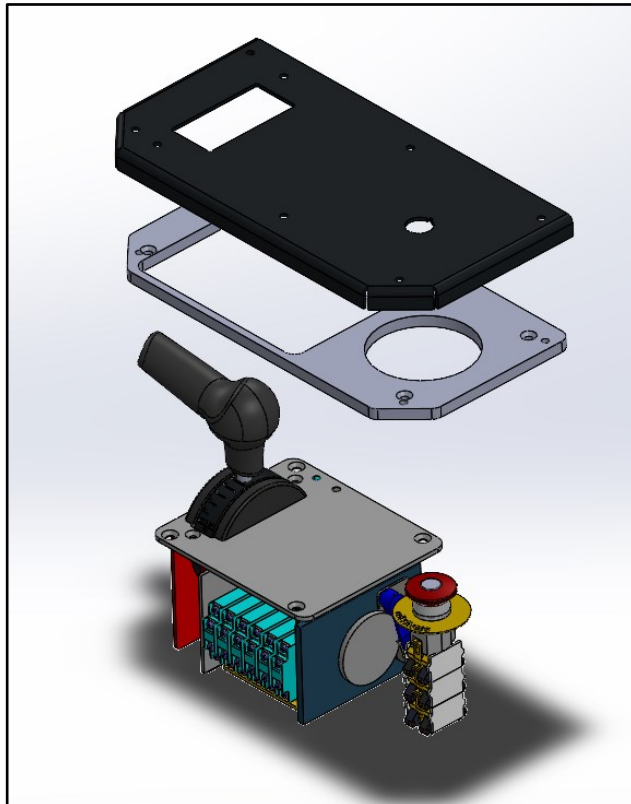
Ajokahvapaneeli on ajopöydän eniten käytetty osio, sillä se sisältää käsinajokytkimen, jolla junaa kiihdytetään ja jarrutetaan (kuva 22). Tähän paneelin on myös sijoitettu hätäpysäytyspainike erityistilanteita varten (taulukko 8). Käsinajokytkimen sijoittelu oli tarkoin määritelty ergonomia- ja käytettävyyssarvioinnin tuloksissa (Winqvist P. 2018, 3). Siinä oli otettu huomioon eri pituiset, eri ruumiinrakenteiset ja sukupuoliset kuljettajat, joiden pohjalta oli määritetty käsinajokytkimen liikerata, jäykkyys ja etäisyys lattiaan ja kuljettajan istuimeen nähden (kuva 24). Eri kuljettajille säätö toteutetaan jalkatason korkeuden säädöllä ja istuimen säädöillä. Käsinajokytkimen kahva oli muotoiltu kahdelle erilaiselle otteelle ja kytkimen juureen liimattiin jarrutuksen ja vedon astetta ilmaiseva tarra. Ajokahvapaneeli on käytön aikana suuremmalla rasitukseella kuin muut paneelit, joten se valmistettiin 3 mm teräksestä, jonka alla oli korkeutta ja jäykkyyttä lisäävä 10 mm paksuinen alumiinista valmistettu korotuslevy (kuva 23). Näillä varmistettiin käsinajokytkimen oikea asemointi ja rakenteen kulutuskestävyys.

Taulukko 8. Ajokahvaneelin positio- ja toimintalista

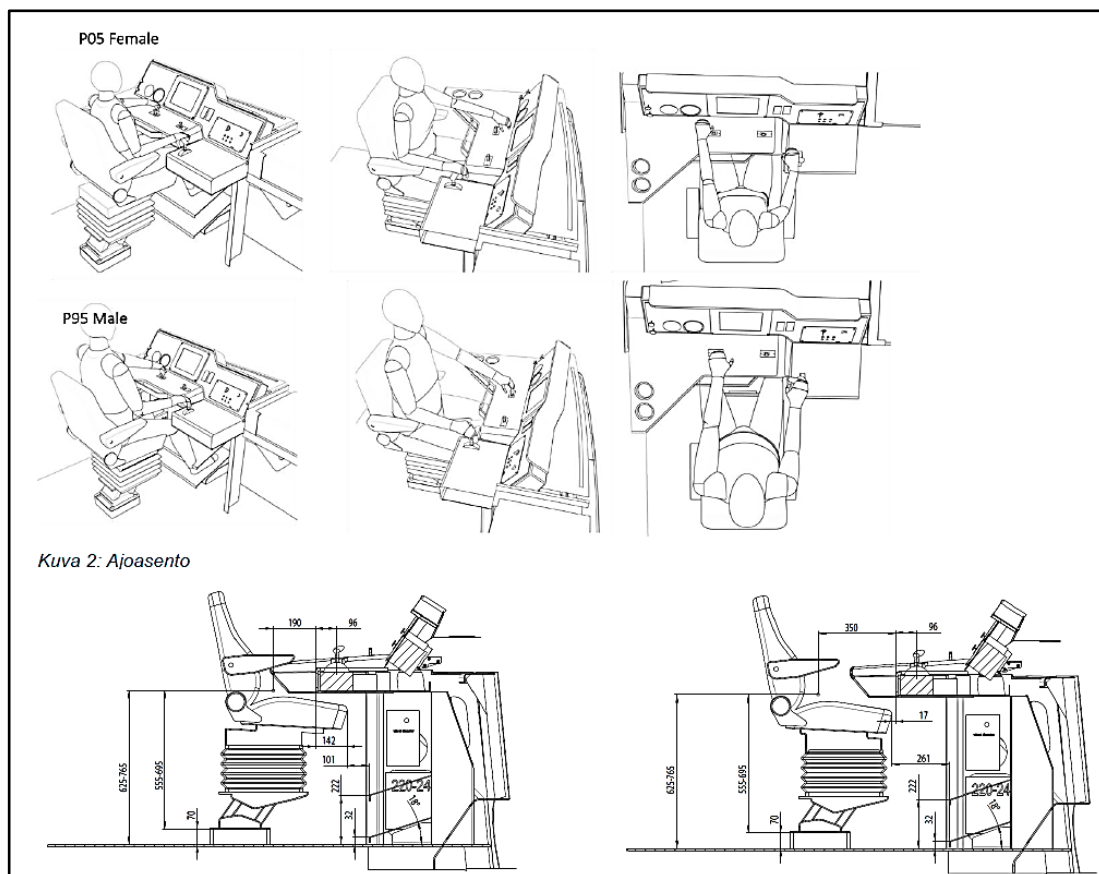
| Numero | Positio | Nimitys | Valmistaja |
|--------|---------|----------------|--------------------|
| 02 | S2 | Käsinajokytkin | Gessmann |
| 03 | S18 | Hätäpysäytys | Schneider Electric |



Kuva 22. Ajokahvaneeli, layout



Kuva 23. Ajokahvaneelin rakennekuva



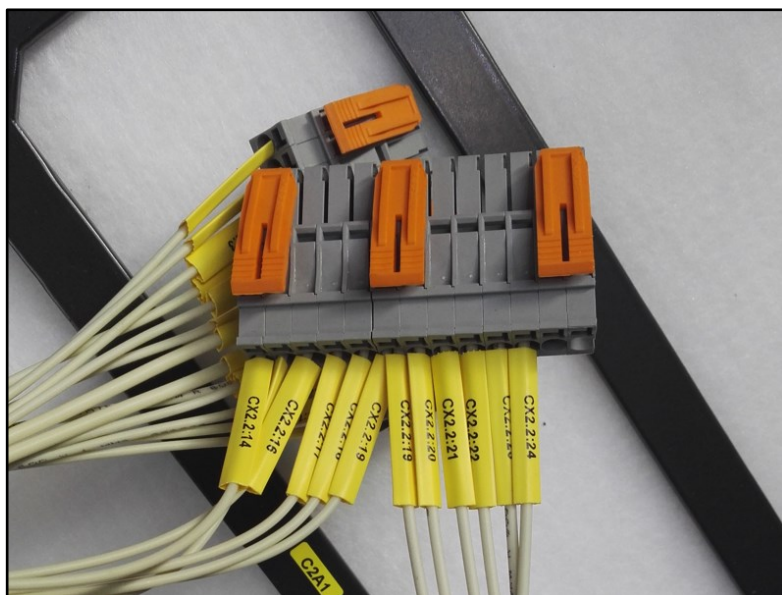
Kuva 24. Ergonomia ja ajoasento (Winqvist P. 2018, 3)

6.3 Sähkösuunnittelu

Sähkösuunnittelu aloitettiin tutustumalla alkuperäisiin piirikaavioihin, johdotustaulukoihin ja edellisen peruskorjauksen aikana päivitettyihin piirikaavioihin. Näitä verrattiin protojunien purkamisen aikana tehtyihin muistiinpanoihin, valokuvaan ja purkulistaukseen. Ristiriitaisuudet selvitettiin toiminnallisuuden tarkastelun, mallikomponenttien ja asiakkaan kanssa tehdyn yhteistyön avulla. Puutteelliset tiedot kirjattiin ylös, nämä selvitettiin varikkokäyntien yhteydessä ja täydennettiin sen pohjalta suunnittelun dokumentaatioon. Ajopöydän sähkösuunnittelu voidaan jakaa muutamaa eri osaan, jotka liittyvät olennaisesti toisiinsa ja niistä seuraavassa ovat esiteltynä ajopöydän paneelit, riviliitinrajapinta, ajopöydän runko sekä jarru- ja sifapoljin. Piirikaavio liitteenä 1.

6.3.1 Ajopöydän paneelit

Ajopöydän paneelit toteutettiin jokainen omana yksilönään, niin että ne voidaan valmistaa toisistaan riippumatta. Paneelit voidaan myös testata yksitellen ja asennus ajopöytään on suoraviivaista. Paneeleilta lähtevät johtimet pujotetaan punottuun suojauskuvaan, joka suojaa johtimia hankaukselta ja ylimääräiseltä rasitukselta. Johtimien päihin liitettiin Phoenix Contactin valmistamat plug-in liittimet, jotka koodattiin haitoilla niin, ettei niiden väärin kytkeminen riviliitinrajapintaan ole vahingossa mahdollista (kuva 25). Johtimina käytettiin raideliikenne käyttöön hyväksyttyä BETrans johtoa, jonka poikkipinta-ala oli tilanteesta riippuen sama kuin alkuperäinen tai paksumpi.

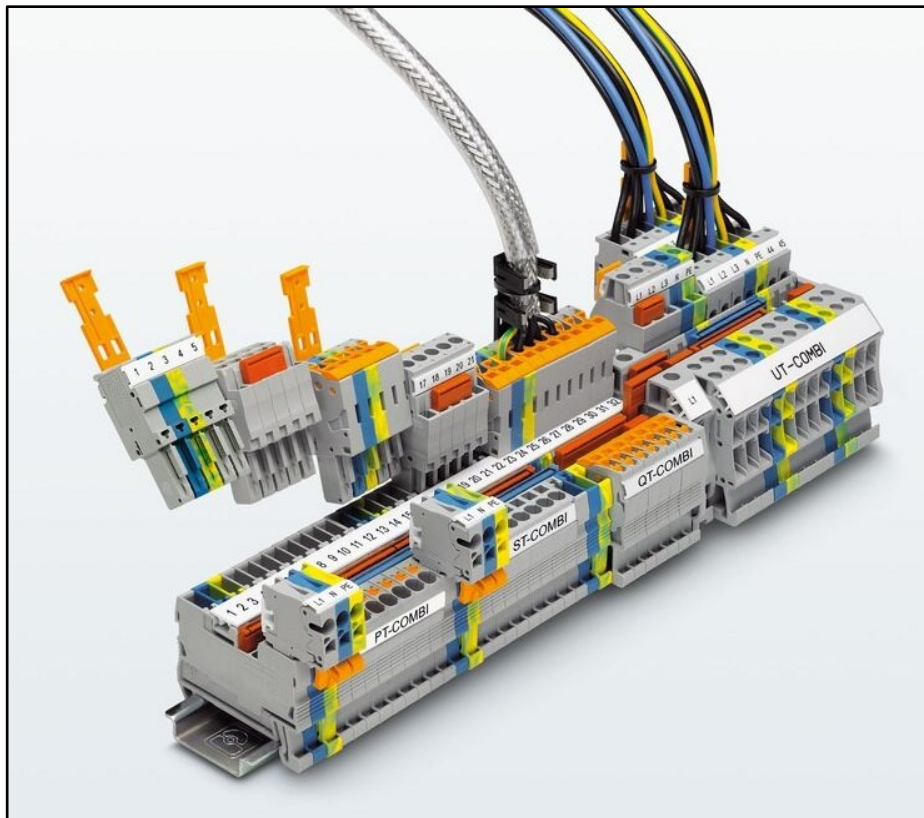


Kuva 25. Yksi plug-in liittimistä

6.3.2 Riviliitinrajapinta

Riviliitinrajapinta yhdistää uuden ajopöydän vanhaan järjestelmään. Rajapinnan tarkoituksena on helpottaa uuden ja vanhan yhdistämistä, mahdollistaa ajopöydän paneelien nopea irrottaminen huoltoon tai vaihtoa varten. Riviliitin rajapinta kootaan ajopöydän purkamisen yhteydessä ja jokaiselle vanhasta ajopöydästä irrotetulle johtimelle löytyy siitä oma paikkansa. Tämä auttaa myös mahdollisten junayksilöiden välillä olevien kytkentäeroavaisuuksien havaitsemista. Ajopöydän paneelit kytketään asennuksen yhteydessä pistokeliittimillä riviliitinrajapintaan, ennalta määriteltyyn paikkaan.

Rajapintaan valittiin Phoenix Contactin valmistamasta, monipuolisesti muunneltavasta, COMBI plug-in -sarjasta sopivat kaksikerrosrivi-liittimet, pistokeliittimet, koodaajat ja lisätukivarusteet vedonpoistolla (kuva 26).



Kuva 26. Phoenix Contactin plug-in tuoteperhe (Phoenix Contact Catalog 2019/2020, 274)

6.3.3 Ajopöydän runko

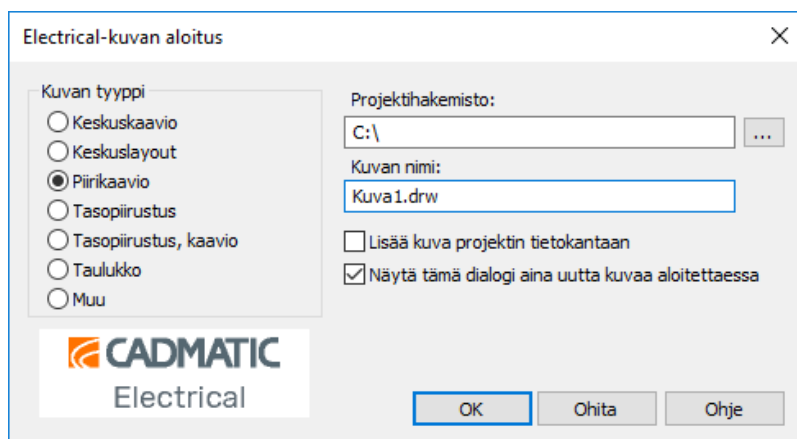
Ajopöydän runkoon kiinnittyvät kaikki olennaiset komponentit, kuten paneelit ja rivi-liitinrajapinta. Rungon sisälle on myös asennettu Westermon valmistamat verkkolinkkimodeemit ja ICP verkkomoduuli, jotka ovat olennainen osa junan informaatio järjestelmää. Rungon alaosaan sijoittuvat muuntajat, nopeus- ja matkamittari ohjausyksikkö ja muita vanhan ajopöydästä rungosta siirrettyjä komponentteja, nämä kuitenkin on rajattu tämän opinnäytetyön aiheen ulkopuolelle.

6.3.4 Jarru- ja sifapoljin

Jarru- ja sifapolkimet siirrettiin vanhasta ajopöydästä puhdistettuna ja huollettuna uuden ajopöydän säädettävään jalkatasoon. Katkaistun kaapelin uudelleen yhteen liittämisen toteutettiin luotettavilla Harting liittimillä.

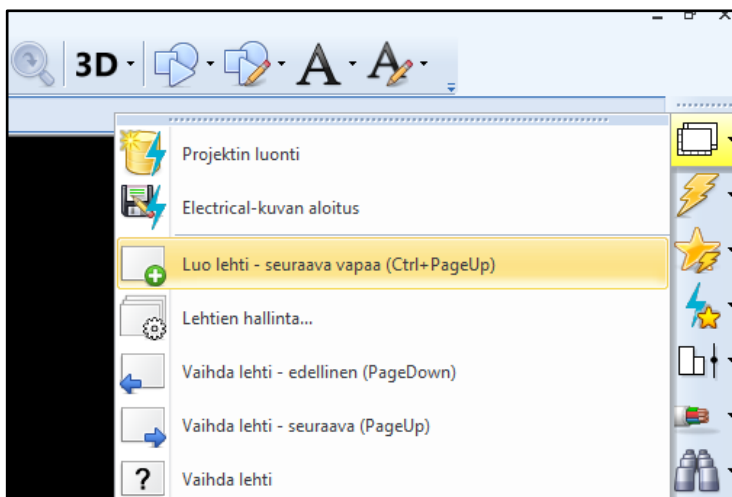
6.3.5 Piirikaavion suunnittelu

Piirikaavio suunniteltiin käyttämällä CADMATIC Electrical-suunnitteluohjelmistoa. Suunnittelun aloitin luomalla uuden electrical-kuvan, jonka tyyppi oli piirikaavio (kuva 27).



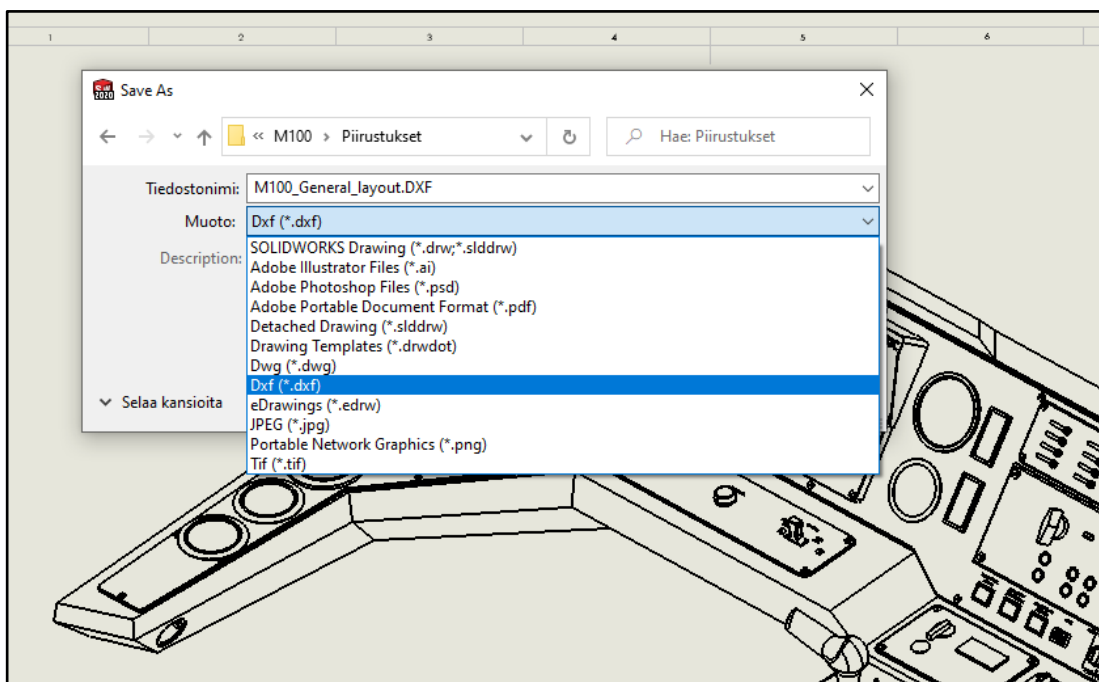
Kuva 27. Uuden Electrical kuvan luominen

Lisäsin kuvaan uuden Promecon pohjalla varustetun lehden, josta tuli kansilehti (kuva 28). Loin myös lehdet revisiohistorialle, yleiselle kokoonpanopiirustukselle ja jokaiselle asennuspaneelille.



Kuva 28. Uuden lehden luominen CADMATIC

Kokoonpanopiirustus ja asennuspaneeli lehdille toin kuvat suoraan SolidWorks ympäristöstä luomalla kokoonpanoista ensin uudet piirustukset ja tallentamalla ne DXF tiedostomuotoon, joka mahdollistaa tietojen siirron eri CAD ohjelmien välillä (kuva 29). Avasin nämä DXF kuvat CADMATIC ohjelmassa ja kopion ne omille lehdilleen. Lisäsin jokaiselle kokoonpano lehdelle osaluettelon ja numeroin osat sen mukaisesti.



Kuva 29. Piirustuksen tallentaminen DXF muotoon SolidWorks ohjelmassa

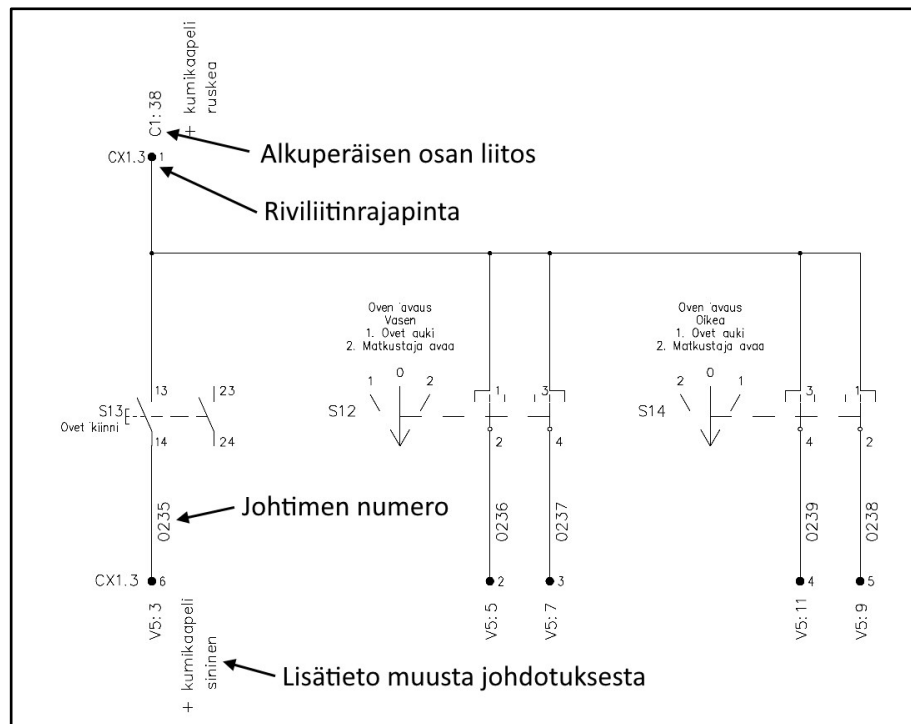
Seuraavassa vaiheessa loin lehdet paneelikohtaisille piirikaavioille, joihin lisäsin kussakin paneelissa olevat sähköiset komponentit. Komponenttien positiomerkinnyt mu-

kailevat suoraan alkuperäisiä, muutamaa poikkeusta ja uusia kytkimiä lukuun ottamatta. Tämä helpottaa kytkinten tunnistamista ja auttaa säilyttämään alkuperäisten piirikaavioiden verrattavuuden uuteen ajopöytään. Kytkinten napanumeroinnin merkitsin piirikaavioon valmistajan tietojen mukaisesti. Tämän jälkeen lisäsin paneelikohtaiset riviliitinryhmät CX1.1 – CX1.7 (taulukko 9), joista aloin suunnitella johdotuksia kytkimille aikaisemmin tekemäni purkulistan ja alkuperäisten piirikaavioiden toiminnallisuuden mukaisesti. M100 junassa on kaksi ohjaamo, näiden erottelu toisistaan tapahtuu muuttamalla ensimmäistä position numero toiseksi, esimerkiksi riviliitinryhmän positio CX1.x muuttuu muotoon CX2.x. Riviliitinryhmät muodostavat samalla paneelikohtaisen pistokeliittimen määrityksen.

Taulukko 9. Paneelikohtaiset riviliitinryhmät ja riviliittimien määrät

| Nimi | Riviliitinryhmä | Määrä |
|-------------------------------------|------------------|------------|
| Vasen asennuslevy | CX1.1 (CX2.1) | 26 kpl |
| Yläasennuslevy | CX1.2 (CX2.2) | 13 kpl |
| Keskiasennuslevy | CX1.3 (CX2.3) | 4 kpl |
| Varapainikepaneeli | CX1.4 (CX2.4) | 6 kpl |
| Ajokahvapaneeli | CX1.5 (CX2.5) | 12 + 4 kpl |
| Lämmityslaitteenpaneeli | CX1.6 (CX2.6) | 10 + 2 kpl |
| Ajopöydän rungon sisäiset kytkennät | CX1.7 (CX2.7) | 6 kpl |

Piirikaavioon lisättiin myös alkuperäisen ajopöydän kytkentöjen ja mahdollisten johdinten tiedot, niin että riviliitinrajapinnan liitosten jatkuvuuden ja oikean kytkennän suhteessa vanhaan järjestelmään pystyy tarkistamaan (kuva 30).



Kuva 30. Esimerkki piirikaaviosta, keskiasennuslevy

7 TESTAUKSEN JA TARKASTUKSEN KEHITTÄMINEN

7.1 Sähköisen testauksen ja tarkastuksen nykytila

Yhtenä tavoitteena on luoda selkeä menettelytapa tuotteen tarkastukseen ja testaamiseen. Nykytilassa on havaittu pienimuotoisia puutoksia muun muassa tarkastuspöytäkirjan sopimisesta tuotteelle ja haasteita yksilöllisessä jäljitettävyydessä. Tavoitteena on luoda logiikka-avusteinen järjestelmä, jolla voidaan testata eri paneelien toiminnallisuus soveltuvin osin. Järjestelmä auttaa samalla havaitsemaan mahdolliset virheelliset kytkennät tai väärinpäin toimivat kytkimet. Toinen tavoite on luoda toimiva ja yksinkertainen tarkastuspöytäkirja ja parantaa eri paneelin jäljitettävyyttä.

Tarkastuksessa käytetään johtavuusmittauksia, joilla tarkistetaan liitosten jatkuvuus pisteestä toiseen. Tämä toteutetaan vertaamalla piirikaaviossa olevia liitoksia testattuun liitokseen ja merkitsemällä testatut liitokset. Toiminnallisia testauksia toteutetaan rajoitetuissa puitteissa. Toiminnallinen testaus toteutetaan lähinnä kytkemällä plug-in

liittimiin valo ja testaamalla kytkimen toiminta. Valo syttyy, mikäli kytkin on yhdistänyt oikeat kärjet toivotulla tavalla.

7.2 Visuaalisen ja mekaanisen tarkastuksen nykytila

Visuaalinen tarkastus pitää sisällään johdinmerkkien tarkistuksen, johdinten liitosten silmämääräisen tarkistuksen ja satunnaisotannan liitosten kireyden ja pitävyyden varmistamiseksi. Samalla tarkastetaan myös tekstipainatusten oikeellisuus ja paneelien maalipinnan laatu. Mekaaninen tarkastus on osana visuaalista tarkastusta. Mekaanisessa tarkastuksessa varmistetaan myös komponenttien oikea asennustapa ja kiinnityksen tukevuus liikuttamalla kevyesti komponentteja.

7.3 Logiikan valinta

Tarvittavan laitekokonaisuuden kartoituksen aloitin selvittämällä tarvittavan I/O:n määrät ja tyypit. Moduulien määrät pyöristettiin ylöspäin vastaamaan lähintä liittomäärää (taulukko 10). Muiden vaatimusten osalta toiveena oli käyttää perinteistä näppäimistön ja hiiren yhdistelmää, jolloin samalla laitteistolla voitaisiin toteuttaa myös muut tarkastusmerkinnät. Kosketusnäyttöä ei kuitenkaan nähty tarkoituksenmukaisena, vaan sen sijasta käytetään erillistä tietokoneen näyttöä tai kannettavaa tietokonea.

Taulukko 10. Logiikan I/O määrät

| Tyyppi | Tarvittava määrä | Moduulissa oleva määrä | Laskennallinen moduulien määrä | Moduulien määrä (pyöristetty) |
|----------------------|------------------|------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| Digital input | 104 | 16 | 6,5 | 7 |
| Digital output | 50 | 16 | 3,1 | 4 |
| Analog input, 0-10V | 4 | 4 | 1,0 | 1 |
| Analog output, 0-10V | 4 | 4 | 1,0 | 1 |
| Analog input, 4-20mA | 4 | 4 | 1,0 | 1 |
| Analog input, 4-20mA | 4 | 4 | 1,0 | 1 |

Vertasin usean eri valmistajan tuotteita ja lähestyin viittä eri valmistajaa teknisen- ja tarjouskyselyn muodossa. Näihin valmistajiin lukeutuivat Beckhoff, Phoenix Contact,

Siemens, Wago ja Weidmüller. Vertailun jälkeen päädyimme Weidmüllerin tarjoamaan vaihtoehtoon, joka vaikutti soveltuvan hyvin käyttötarkoitukseemme ja oli hinnoittelultaan kilpailukykyinen.

7.3.1 Weidmüller u-control 2000

U-control edustaa modernia IoT lähestymistapaa ja soveltuu modulaarisuutensa puolesta, pienistä ratkaisuksista aina isoihin verkottuneisiin ohjausratkaisuihin. Tuoteperhe voidaan jakaa kahteen ryhmään, tietokoneelle asennettavalla CoDeSys pohjaisella u-control Studio ohjelmistolla ohjelmoitaviksi ja u-control web alustalla ohjelmoitavaksi. U-control web toimii selainpohjaisena, jolloin mikä tahansa tietokone, josta löytyy HTML5:tä tukeva selain, käy ohjelmointialustaksi.

U-control yksiköitä voidaan käyttää yksittäin tai niitä voidaan kytkeä yhteen useita. Yhteen yksikköön voidaan liittää 64 kpl erilaisia moduuleita, joita löytyykin yli 50 erilaista. Laitteeksemme valikoitui UC20-WL2000-AC malli (kuva 31). Laitteessa on sisäänrakennettu ohjelmointiympäristö u-create web ja tätä mallia voidaan ohjelmoida IEC 61131-3 standardin mukaisesti. Laitteella voidaan luoda HTML5 pohjainen visualisointi ja se tukee myös Node-RED ohjelmointia. Laitteeseen on mahdollista asentaa OPC UA serveri. (Weidmüller www-sivut 2021.)

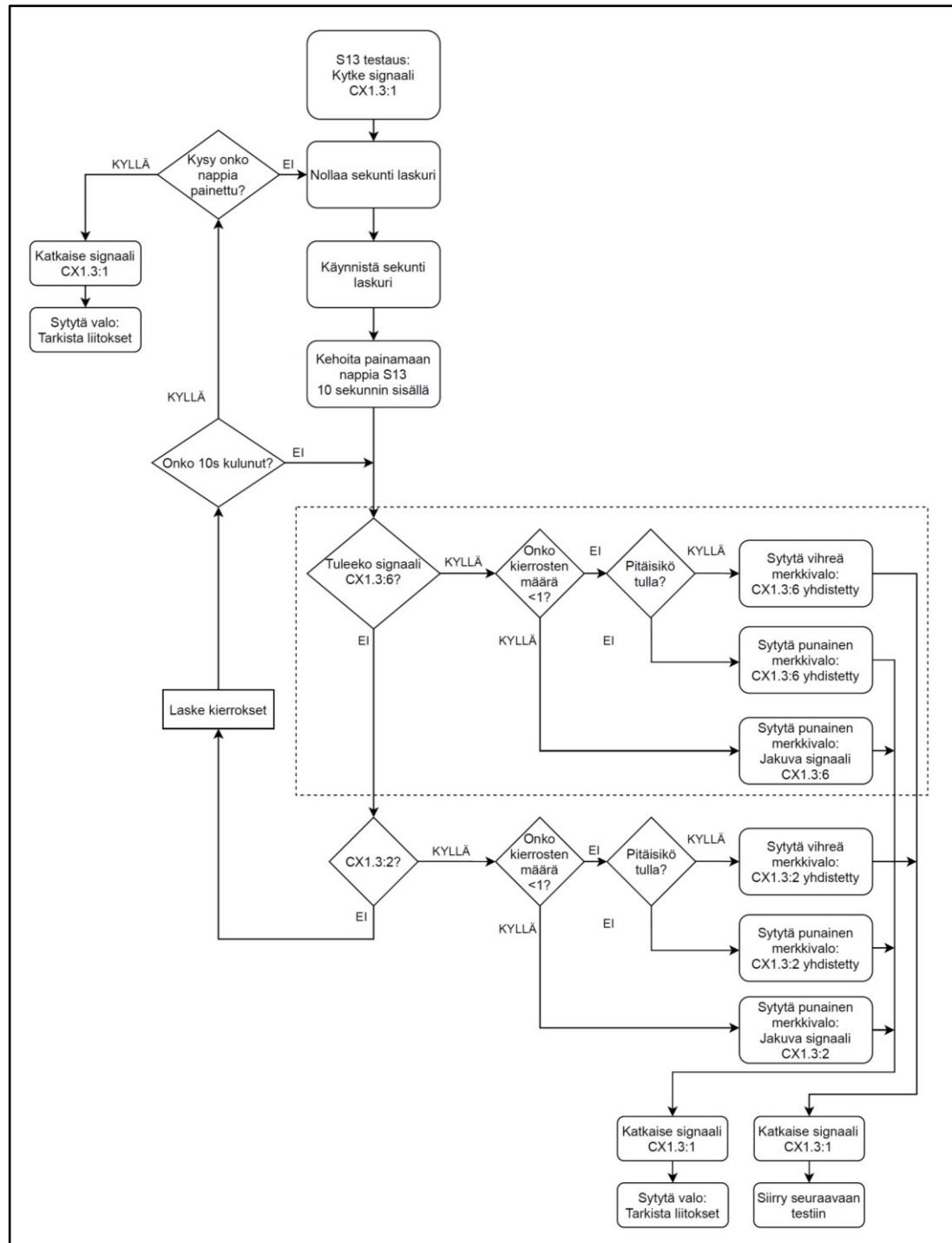


Kuva 31. Weidmüller u-control (Weidmüller www-sivut 2021)

7.4 Logiikan hyödyntämisen periaate

Ideana on koota riviliitinrajapintaa vastaava kokonaisuus, johon logiikka kytketään. Testattavan kohteen plug-in liittimet kytketään rajapintaan ja valmiille paneeleille suoritetaan testaus logiikkaa hyödyntäen. Jokainen paneeli on oma yksikkönsä ja testaus suoritetaan vertailemalla kyseisen yksikön tuloja ja lähtöjä keskenään. Tätä tukemaan suunnitellaan visuaalinen näkymä, joka neuvoo tarkastajaa tekemään aina kulloinkin vaaditun toimenpiteen ja antaa visuaalisen palautteen jo tehdyistä.

Esimerkiksi keskiasennuslevyssä sijaitsevan S13 painikkeen toiminnallinen testaus ja kytkennän oikeellisuus voitaisiin tarkastaa testauskaavion mukaisesti (kuva 32). Ohjelma kytkee lähdön päälle ja kehottaa painamaan painiketta S13. Mikäli painiketta ei ole painettu 10 sekunnin sisällä tai painikkeen painamisesta huolimatta yksikään tulo ei ole saanut signaalia, ohjelma kysyy: ”Onko painiketta painettu?” jos vastaus on kieltevä, alkaa 10 sekunnin kierto uudestaan ja jos vastaus on myöntävä, syttyy valo, joka kehottaa tarkistamaan liitokset. Jos taas signaali on havaittu, niin ohjelmaan tehty las-kuri varmistaa, onko kyseessä ensimmäinen silmukka. Silmukan ollessa ensimmäinen, voidaan päätellä, ettei painiketta ole painettu, vaan kontakti on suora, jolloin sytytetään jatkuvasta signaalista ja liitosten tarkistamiseen kehottavat valot. Jos taas silmukka ei ole ensimmäinen, siirtyy ohjelma tarkastamaan, pitääkö kyseinen liitos olla aktiivinen vai ei, ja sytyttää tämän pohjalta joko vihreän tai punaisen valon. Vihreä kertoo liitoksen toimivan oikealla tavalla ja punainen taas ilmaisee kytkennässä olevaa vikaa.



Kuva 32. S13 painikkeen testauskaavio

Kaaviossa näkyy rajattuna alue, jotka voivat olla yksi toimintolohko, ja niitä ketjutettiin useita peräkkäin samassa toimintolohkokaaviossa. Näihin lisättäisiin testattavan kohteen tarvitsemia erityispiirteitä, mutta tarkoituksena on kuitenkin luoda helposti uudelleen hyödynnettäviä toimintolohkoja. Testaustuloksista luodaan juoksevalla sarjanumeroinnilla varustettu tiedosto, johon ohjelman hyväksytyt tulokset kirjautuisivat

automaattisesti. Tämä tiedosto liitetään osaksi tarkastuspöytäkirjaa ja sarjanumero voidaan tulostaa tarrana ja liimata testattuihin yksiköihin, mahdollistaen näin yksilökoh-
taisen jäljittämisen.

7.5 Tarkastuspöytäkirjan luominen

Paneeleille luotiin oma tarkastuspöytäkirjansa, jonka tarkoituksena on tukea visuaalisen tarkastuksen ja toiminnallisen testauksen suorittamista, ja samalla parantaa paneelien jäljitettävyyttä. Jäljitettävyyden on tärkeää, mikäli komponenteissa ilmenee ongelmia, joiden seurauksena ne täytyy jälkikäteen vaihtaa uusiin. Tarkastuspöytäkirjassa tulee olla riittävän tarkat tiedot testattavista paneeleista, niiden sarjanumeroista, millä piirustuksen revisiolla ne on valmistettu ja mihin junayksilöön kokonaisuus tullaan asentamaan. Tarkastuspöytäkirja liitteenä 2.

Visuaalisessa tarkastuksessa keskitytään mahdollisten puutteiden ja virheiden havainnointiin silmämääräisesti. Tarkastettavia kohteita ovat muun muassa:

- Komponenttien asennus, jossa tarkistetaan oikea asennusasento ja oikeaoppinen tukeva kiinnitys.
- Sähköiset liitokset tulee olla toteutettu kytkentäohjeistuksen mukaisesti ja liitokset tulee olla luotettavasti tehty.
- Johtimien tyyppien ja poikkipinta-alojen tulee vastata käyttökohteeseen määriteltynä.
- Johtimet tulee olla kiinnitetty luotettavasti, niin ettei johtimiin, liitoksiin tai komponentteihin kohdistu ylimääräistä rasitusta. Myös johtimia suojaava suo-
jasukka on kiinnitetty asianmukaisesti ja johtimien hiertyminen esimerkiksi teräviin kulmiin, on estetty.
- Riviliitinrajapintaan kytkettävät plug-in liittimet on kokoonpantuna oikein ja haitat on asennettu oikeisiin kohtiin. Tarvittaessa myös vedonpoisto- ja lukitus-
osat ovat asennettuna.
- Maalipinnassa ei saa olla havaittavia virheitä tai yleistä kulutuskestävyyttä heikentäviä kohtia. Painatusten tulee näkyä selkeästi, eikä niissä saa olla puutteita tai väri-
virheitä.

Toiminnallinen ja sähköinen testaus on mahdollista suorittaa perinteisesti kytkemällä lamppu liittimien välille ja testata painikkeen toimivuus tällä tavoin. Nyt rinnalle tuodaan uusi logiikkaa hyödyntävä menetelmä, jonka uskon nopeuttavan toiminnallista testausta huomattavasti. Toiminnallinen ja sähköinen testaus koostuu kahdesta osaluueesta, jotka liittyvät toisiinsa hyvin tiiviisti:

- Liitosten johtavuuden testauksesta, jossa tarkistetaan kontaktien välinen yhteys sähköisesti ja varmistetaan sen vastaavan piirikaaviota
- Toiminnallisessa testauksessa todennetaan kytkinten ja painikkeiden oikea toiminta eri asennoissa. Tämä paljastaa mahdolliset väärin asennetut kytkinlohkot tai virheelliset komponentit.

8 PROJEKTIN TULOKSET

8.1 Valmis ajopöytä

Työn päätavoitteena oli suunnitella toimiva ajopöytä, joka soveltuu Promecolla tapahtuvaan valmistukseen. Projektiin liittyi paljon erilaisten asioiden huomioon ottamista, näiden yhdistämistä keskenään ja tuotteen edelleen kehittämistä.

Ajopöytä osoittautui varsin onnistuneeksi kokonaisuudeksi, vastaan tulleet haasteet saimme ratkaistua, lopputulos vastasi odotuksia ja oli tarkoituksen mukainen, myös asiakkaan näkökulmasta (kuva 33).



Kuva 33. Valmis ajopöytä paikalleen asennettuna

Projektin edetessä syntyi useita erilaisia työssä hyödynnettäviä dokumentteja. Kaikkia seuraavista dokumenteista ei ole tähän opinnäytetyöhön sisällytetty, mutta tässä työssä esitellyt vaiheet, ovat näihin kaikkiin kuitenkin ratkaisevasti vaikuttaneet.

- Piirikaavio (liite 1)
- Osaluettelo
- Purkulista/tarkastuspöytäkirja
- Kytkeälistat ja johdinlistat johtosarjojen valmistusta varten
- Johdinmerkki ja riviilitin listat
- Paneelien tarkastuspöytäkirja (liite 2)
- Mekaniikan tuotannonpiirustukset
- Kokoonpanopiirustukset

8.2 Lopputulosten summaus ja pohdinta

Opinnäytetyön kohteena ollut projekti osoittautui yllättävän laajaksi ja monipuoliseksi. Ajopöydän modernisoinnissa opin järjestelmällisyyden tärkeyttä, etenkin kun vanhaa laitteistoa päivitetään. Dokumentointi alusta alkaen oli erityisen tärkeässä roolissa, sillä sen varaan pohjautui lähes koko ajopöydän suunnittelu, jonka aikana alkuperäisiin muistiinpanoihin, purkulistauksiin ja valokuviin tukeuduttiin useaan otteeseen. Dokumentoinnissa onnistuttiin hyvin ja sen antaman kokemuksen pohjalta on nyt selkeät toimintatavat, miten vastaavissa projekteissa kannattaa edetä.

Sähkösuunnittelussa hyvän pohjatyön ja dokumentoinnin tärkeys korostui. Alkuperäisten piirikaavioiden ja johtolistausten tutkiminen auttoi hahmottamaan kokonaisuuden toimintaperiaatteen ja näin ollen tuki sähkösuunnittelun lisäksi testauksen ja tarkastuksen suunnittelua. Sähkösuunnittelussa paneelien jakaminen omiksi yksiköikseen osoittautui hyväksi ratkaisuksi sillä nyt niiden kokoonpano ja kytkentä voidaan suorittaa toisistaan riippumatta. Myös plug-in liittimien kytkennän nopeushyödyt havaittiin ja niitä onkin jo hyödynnetty myös muissa projekteissa. Sähkösuunnittelussa kehitettävää jäi kuitenkin vielä johtoreittien paremmassa huomioimisessa ja sidontapisteiden lisäämisessä.

Logiikan hyödyntäminen testauksen ja tarkastuksen apuna toteutettiin tässä opinnäytetyössä teoreettisena. Tämä johtui globaalista komponentti pulasta, jonka vuoksi emme saaneet tarvittavia komponentteja ajoissa ja tästä johtuen en päässyt tutustumaan valittujen tuotteiden ohjelmointiin läheisemmin. Samasta syystä osio jäi hieman lyhyeksi, eikä käytännön toteutusta päästy valmistamaan tämän opinnäytetyön aikana. Laitteisto tätä varten on kuitenkin tilattu ja pääsen toteuttamaan logiikka-avusteisen toiminnallisuuden testauksen alkuvuodesta 2022. Logiikan hyödyntämistä toiminnallisuuden ja sähköisen testauksen apuna on paljon potentiaalia ja ajatuksen edelleen kehittämistä on jo hahmoteltu tulevien projektien simulointiin.

Ajopöytäan liittyviä tarkastuspöytäkirjoja kehitettiin kaksi. Ensimmäinen pohjautui protoista koottuihin purkulistoihin, joka muotoutui lopulta palvelemaan vanhan ajopöydän purkamisessa tehtävää, alkuperäisten johdinten riviliitinrajapintaan kytk-

mistä ja tämän rajapinnan tarkastamista. Toinen tarkastuspöytäkirja kehitettiin tukemaan visuaalista tarkastusta, toiminnallista testausta ja parantamaan valmiiden paneelien jäljitettävyyttä. Purkulistaan perustuvan tarkastuspöytäkirjan on todettu nopeuttavan vanhan ajopöydän purkamista, sillä kaikki tarvittava tieto löytyy yhdestä dokumentista, usean dokumentin ja piirikaavion sijaan.

Mekaniikan suunnittelu oli laaja osa tätä projektia. Oma osuuteni rajoittui lähinnä ajopöydän päälliosaan ja siihen asennettavien käyttöpaneelin kokonaisuuden suunnitteluun. Komposiitin suunnittelussa oli omat haasteensa, sillä pintoihin piti lisätä päästöt valmistusteknisistä syistä, muotoilun piti mukaila referenssimallia ja ottaa huomioon ergonomia- ja käytettävyyssarvioinnin tulokset. Ensimmäiset prototyypit alkoivat vääntyillä ja tehdä paneelien asentamisesta haastavaa. Tähän keksittiin ratkaisu, että pohjalevy kiinnitetään komposiittiin valmiiksi jo valmistajan toimesta, jonka jälkeen vääntyilyä ei enää ilmennyt. Paneelien suunnittelussa huomiota kiinnitettiin komponenttien vaatimaan tilavaraukseen, paneelien riittävään jäykkyyteen ja toimilaitteiden sijoitteluun. Ajokahvan sijoitus oli määritelty hyvin tarkkaan ergonomia- ja käytettävyyssarvioinnissa. Se aiheutti pieniä haasteita, sillä ajokahvan mekaniikan vaatima tilavaraus ei jättänyt paljoa säätövaraa. Tarvittava säätövara kuitenkin saatiin aikaiseksi alumiinista korotuslevyä sopivasti muokkaamalla.

Aikataulu muuttui työn aikana useamman kerran ja aiheutti omat haasteensa tämän opinnäytetyön toteuttamisen suhteen. Tämän olin yhtenä riskitekijänä arvioinut jo projektisuunnitelmaa tehdessäni ja olin osittain varautunut siihen. Aikataulun ja resursien haasteista huolimatta työ eteni kokonaisuudessaan kohti tavoitteitaan ja niihin päästiinkin, mutta silti kehitystyö jatkuu vielä logiikan hyödyntämisellä toiminnallisessa testauksessa ja opitun tiedon hyödyntämisessä tulevissa projekteissa.

LÄHTEET

CADMATIC www-sivut 2021. Viitattu 29.04.2021. <https://www.cadmatic.com>

EAO katalogi 2019. Serie 04. Viitattu 16.10.2021. https://eao.com/fileadmin/documents/PDFs/en/01_main-catalogue/EAO_MC_04_Main-Catalogue_EN_01.pdf

Hankintasopimus 2018. Liite 2 Peruskorjauksen tekninen määrittely, M100, Ohjaamomuutokset. Viitattu 25.04.2021. Julkaisematon dokumentti.

Helsingin kaupungin liikennelaitos 12.12.2019. Viitattu 19.04.2021.

<https://dev.hel.fi/paatokset/media/att/16/16f6011b400256859beb80165c4e1fe823ff3127.pdf>

Helsingin kaupungin päätökset 30.08.2017. Viitattu 19.04.2021.

<https://dev.hel.fi/paatokset/asia/hel-2017-004725/kvsto-2017-14/>

Helsingin kaupungin www-sivut 2021. Viitattu 24.03.2021. <https://www.hel.fi/hkl/fi>

Hietaranta, J. 2013. Helsingin metron automatisoinnin historia ja perustelut. Kandidaatintyö. Aalto-yliopisto. Viitattu 25.04.2021. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:aalto-201307177253>

HKL 2017. M100-junien peruskorjauksen hankesuunnitelma. Viitattu 19.04.2021.

<https://dev.hel.fi/paatokset/media/att/ae/ae8d66a61f3f072a96c283b514f65fc1e3831350.pdf>

Komponenttien sijoittelun referenssimalli 2019. Viitattu 25.04.2021. Julkaisematon dokumentti.

Kraus & Naimer www-sivut 2021. Viitattu 16.10.2021.

<https://www.krausnaimer.com>

Phoenix Contact Catalog 2019/2020. Terminal blocks. Viitattu 28.10.2021.

https://www.phoenixcontact.com/assets/2018/interactive_ed/101_141234/epaper/CAT_1_2019_EN_LoRes.pdf

Promeco www-sivut 2021. Viitattu 24.03.2021. <https://promeco.fi>

Schaltbau katalogi 2012. Viitattu 16.10.2021. https://www.schaltbau.com/media/fl10_en.pdf

Simpanen, P. 2009. Helsingin metro muotoilun näkökulmasta. AMK-opinnäytetyö. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Viitattu 25.04.2021.

<https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-200905142820>

SolidWorks www-sivut 2021. Viitattu 29.04.2021. <https://www.solidworks.fi>

VR FleetCare www-sivut 2020. Viitattu 24.03.2021.

<https://www.vrfleetcare.com/fi/vr-fleetcare/uutiset/vr-fleetcaren-toteuttama-hkln-metrojunien-peruskorjaus-parantaa-matkustusviihtyvyytta-231120201326/>

VR Group www-sivut 2019. Mediatiedote. Viitattu 24.03.2021.

<https://www.vrgroup.fi/fi/vrgroup/uutiset/vr-kunnossapito-teki-uuden-aluevaltauksen-ja-voitti-hkln-metrojunien-peruskorjauksen-kilpailutuksen-180420190730/>

VR Group www-sivut 2021. Viitattu 24.03.2021. <https://www.vrgroup.fi>

Weidmüller www-sivut 2021. Viitattu 03.11.2021. <https://www.weidmuller.fi>

Winqvist P. 2018. Makettikatselmus, Ergonomia- ja käytettävyyssarvioinnin tulokset. Viitattu 25.04.2021. Julkaisematon raportti.

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------|----|--|----|---------------------------------------|----|--|----|---|----|-------------------|----|----------------------------|----|-------------------------------------|----|----------------------------------|----|---------------------|----|----------------------|----|---------------------------|----|-------------|----|--------------|----|-----------|--|
| A | B | C | D | E | F | G | H | J | K | L | M | N | O | P | R | S | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | | |
| Promeco | | Mettälänkatu 91 38700 Kankaanpää Finland | | Proktti: M100 ajopöydän modernisointi | | Kuvaus: M100-junan ajopöydän modernisointi | | Customer: VR kunnossapito Oy / HKL XXXXXXXX 00 XXXXXX XX Finland | | Shipping address: | | Extra information / notes: | | Designed: LRI Date: 10.01.2020 | | Drawn: LRI Date: 10.01.2020 | | Checked: Date: | | Approved: Date: | | Suunn. LRI /10.01.2020 | | Kokonaisuus | | Sähköpositio | | Työnumero | |
| Promeco | | M100 Ajopöydän piirikaavio | | Title page / Cover sheet | | Suunn. LRI /10.01.2020 | | Kokonaisuus | | Sähköpositio | | Työnumero | | Piirustusnumero | | Lehti 1 / 24 | | 982580 | | F | | | | | | | | | |

LIITE 1
2(24)

| ZONE (PAGE/XX) | REVISION | DESCRIPTION | DATE | APPROVED |
|----------------|----------|--|------------|----------|
| - | - | Piirustus luotu | 08.01.2020 | LRI |
| 24 | A | Riviliitinyrmiä päivitetty | 30.04.2020 | LRI |
| 9 | B | Sivu 9: Kytkimien S23 ja S10 asentojen numerot muutettu Sivu 9: Merkintöjä lisätty Sivu 11: Riviliititimet 28 ja 30 vaihdettu Sivu 11: Merkintöjä lisätty | 02.06.2020 | LRI |
| 11 | | | | |
| 12 | | | | |
| 13 | | | | |
| 14 | | | | |
| 15 | | | | |
| 22 | | | | |
| 23 | | | | |
| 3 | C | Sivu 3: Päälayout päivitetty Sivu 4: Osa 4 muutettu ja painatus päivitetty Sivu 4: Muutettu teksti "Pesu" --> "Tuulilasien pesu" Sivu 6: Ovet auki ja maikustaja avaa tekstit korjattu Sivu 8: Lisätty ajokahvan osatekko Sivu 8: Päivitetty hätäseispaikkien tyyppi Sivu 8: Lisätty hätäseispaikkien kenus ja apukärki Sivu 10: Kytkimien S12 ja S14 toiminta käännetty Sivu 16: Päivitetty kytkin S21, lisätty maininta S20 ja lisätty vastus R2 Sivu 18: Pakkopysäytyslaitteen liitin poisitettu | 28.10.2020 | LRI |
| 4 | | | | |
| 6 | | | | |
| 8 | | | | |
| 10 | | | | |
| 16 | | | | |
| 18 | | | | |
| 12 | D | Sivu 12: S44 ja S48 kytkentää päivitetty Sivu 13: S89 kytkentää päivitetty, S92 napanumerointi päivitetty. Sivu 16: S20/S21 napanumeroinia päivitetty, R2 arvoa muutettu, R3 lisätty Sivu 17: S94 kytkentää päivitetty Sivu 24: Riviliitinyrmiä päivitetty, vastusten lenkitys lisätty | 29.01.2021 | LRI |
| 13 | | | | |
| 16 | | | | |
| 17 | | | | |
| 24 | | | | |
| 4 | E | Sivu 4: Vasen asennuslevy päivitetty. Osa 9 ja 11 poisitettu. Osa 10 vaihdettu. Sivu 9: S10 kytkentä päivitetty, merkintöjä tarkennettu. Sivu 10: S12 ja S14 kytkennän merkintöjä korjattu. Sivu 12: Tihkun kytkentä päivitetty, S44 ja S48 poisitettu. Sivu 13: H94:n X1 ja X2 käännetty, S89 kytkentä päivitetty. Sivu 16: Merkintöjä lisätty. Sivu 17: Merkintöjä lisätty. | 06.10.2021 | LRI |
| 9 | | | | |
| 10 | | | | |
| 12 | | | | |
| 13 | | | | |
| 16 | | | | |
| 17 | | | | |
| 10 | F | Sivu 10: S12 ja S14 kytkennän merkintöjä korjattu. Sivu 12: A47 lisätty johdin värit. S8 tarkennettu kärkien numerointia. | 29.10.2021 | LRI |
| 12 | | | | |

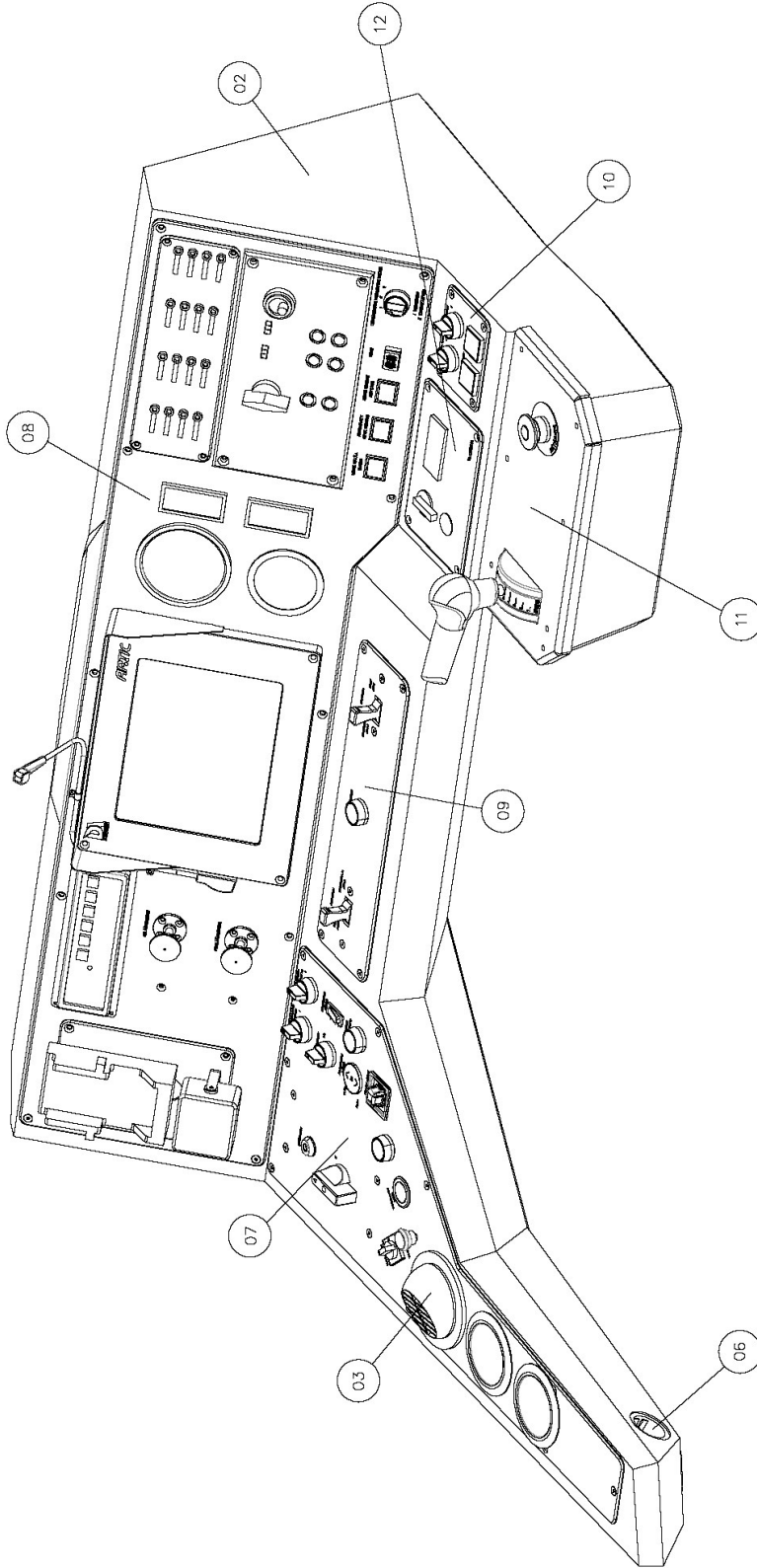


M100
Ajopöydän piirikaava

Revision history

| | | | |
|----------------------------|-----------------|-----------------|-----------|
| Suunn. LRI / 21.01.2020 | Kokonaisuus | Sähköpiirio | Työnumero |
| Piirt. | Lehti 2 / 24 | Piirustusnumero | 982580 F |
| Tark. | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------|-------------------|---|-----------------------------|--------------------------|----------------------------|------------------------------|--------------------------|---------------------------------|--|-------------------------------|----------------|---------------|-------------|-------------|-------------|-----------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| 29.10.2021 | A muutos | Rev-E: 06.10.2021 LRI | B muutos | Rev-F: 29.10.2021 LRI | C muutos | 28.10.2020 LRI | D muutos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 02 Alopäydän komposiitti | 03 Webasto 107984 | 06 Schuko-Kafleistorasia 50mm, 250Vac 16A | 07 Vasen asennuslevy 004136 | 08 Yläasennuslevy 004135 | 09 Keskiasennuslevy 004127 | 10 Varapainikepaneeli 004037 | 11 Ajokahvaneeli C004164 | 12 Ohjaimon lämmityksen paneeli | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | M100 Alopäydän piirikaavio | Layout Main | Suunn. LRI | /10.01.2020 | Kokonaisuus | Sähköposito | Työnumero | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Pirt. | Lehti 3/24 | Piiustusnumero | 982580 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | Promeco | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |



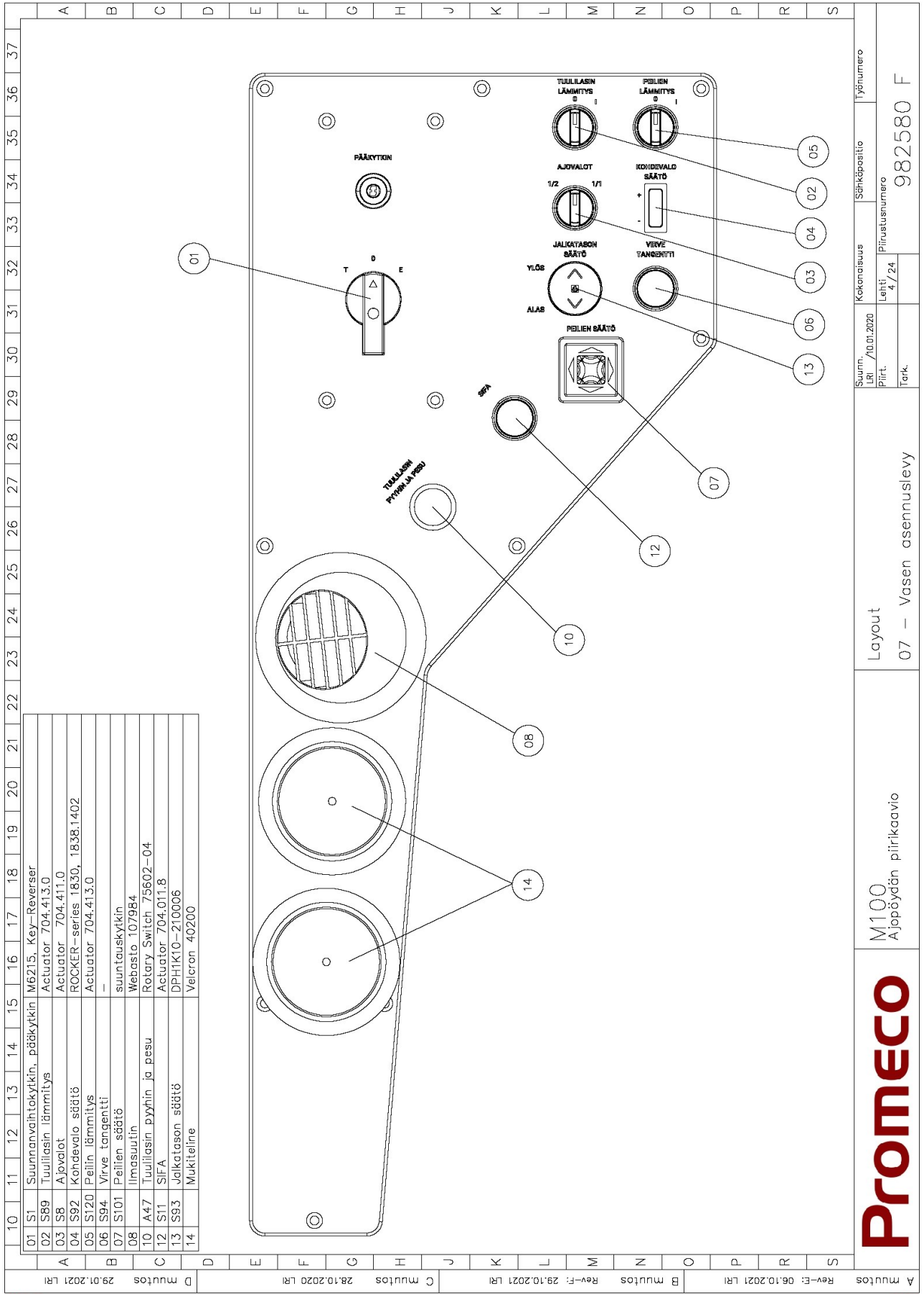
Promeco

M100
Alopäydän piirikaavio

Layout
Main

| | | | | |
|---------------|-------------|---------------|----------------|-----------|
| Suunn. LRI | /10.01.2020 | Kokonaisuus | Sähköposito | Työnumero |
| Pirt. | | Lehti 3/24 | Piiustusnumero | 982580 |
| Tark. | | | | F |

LIITE 1
4(24)



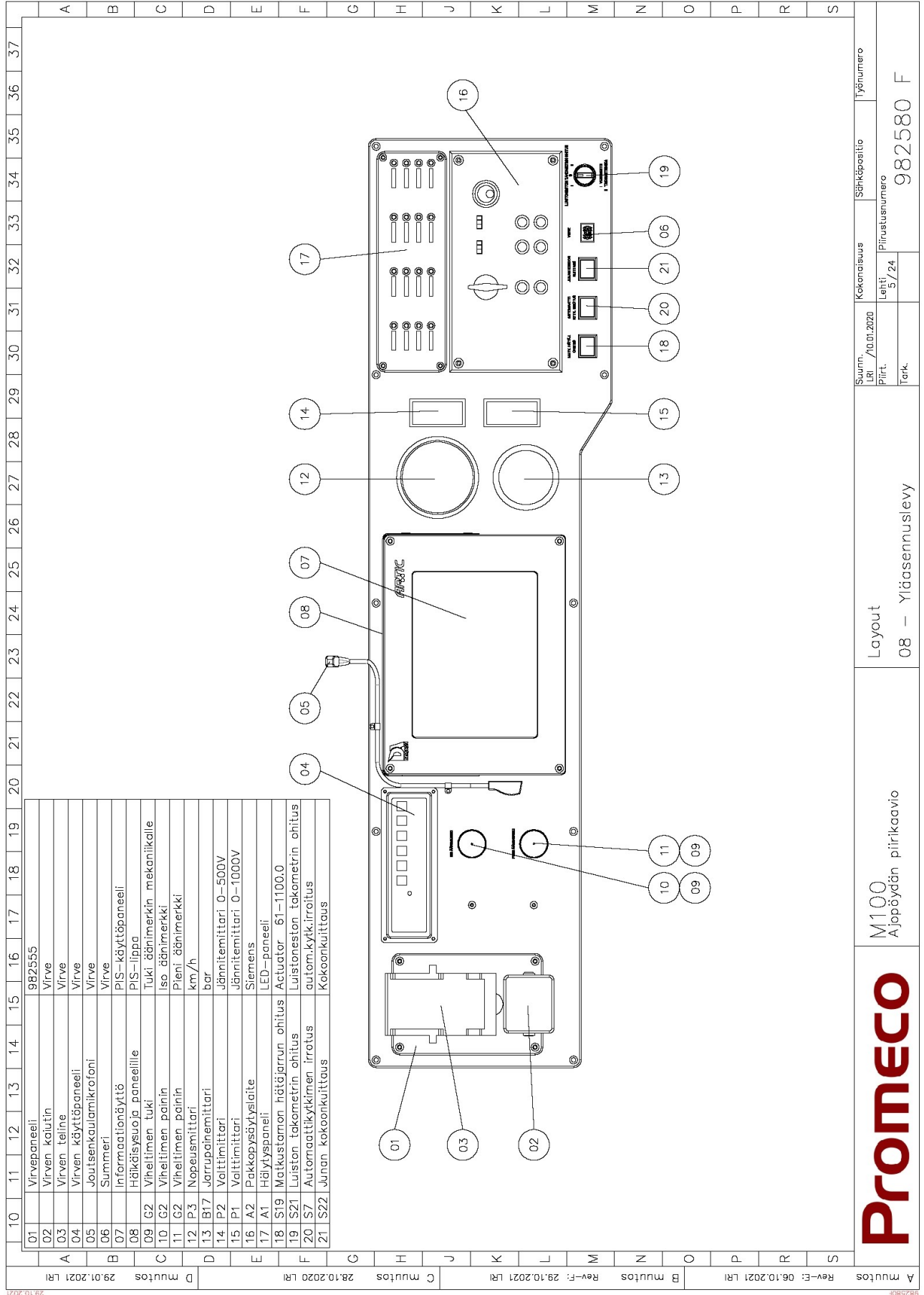
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|------|--------------------------------|-------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--------------------------------|---------------------|----|-----|---------------------|--------------------|----|----|----------|--------------------|----|-----|-----------------|-------------------------------|----|------|-----------------|--------------------|----|-----|-----------------|---|----|------|---------------|----------------|----|--|------------|----------------|----|-----|----------------------------|------------------------|----|-----|------|--------------------|----|-----|------------------|---------------|----|--|-------------|---------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|-----------------------------------|--|--|--|
| 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A | B | C | D | E | F | G | H | J | K | L | M | N | O | P | R | S | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1"> <tr> <td>01</td> <td>S1</td> <td>Suunnanvaihtokytkin, pääkytkin</td> <td>M6215, Key-Reverser</td> </tr> <tr> <td>02</td> <td>S89</td> <td>Tuulilasin lämmitys</td> <td>Actuator 704.413.0</td> </tr> <tr> <td>03</td> <td>S8</td> <td>Ajovalot</td> <td>Actuator 704.411.0</td> </tr> <tr> <td>04</td> <td>S92</td> <td>Kohdevalo säätö</td> <td>ROCKER-series 1830, 1838.1402</td> </tr> <tr> <td>05</td> <td>S120</td> <td>Peilin lämmitys</td> <td>Actuator 704.413.0</td> </tr> <tr> <td>06</td> <td>S94</td> <td>Virve tangentti</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>07</td> <td>S101</td> <td>Peilien säätö</td> <td>suuntauskytkin</td> </tr> <tr> <td>08</td> <td></td> <td>Ilmasuutin</td> <td>Webasto 107984</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>A47</td> <td>Tuulilasin pyyhkin ja pesu</td> <td>Rotary Switch 75602-04</td> </tr> <tr> <td>12</td> <td>S11</td> <td>SIFA</td> <td>Actuator 704.011.8</td> </tr> <tr> <td>13</td> <td>S93</td> <td>Jalkatason säätö</td> <td>DPHK10-210006</td> </tr> <tr> <td>14</td> <td></td> <td>Mukitelaine</td> <td>Velcron 40200</td> </tr> </table> | | | | | | | | | | | | | | 01 | S1 | Suunnanvaihtokytkin, pääkytkin | M6215, Key-Reverser | 02 | S89 | Tuulilasin lämmitys | Actuator 704.413.0 | 03 | S8 | Ajovalot | Actuator 704.411.0 | 04 | S92 | Kohdevalo säätö | ROCKER-series 1830, 1838.1402 | 05 | S120 | Peilin lämmitys | Actuator 704.413.0 | 06 | S94 | Virve tangentti | — | 07 | S101 | Peilien säätö | suuntauskytkin | 08 | | Ilmasuutin | Webasto 107984 | 10 | A47 | Tuulilasin pyyhkin ja pesu | Rotary Switch 75602-04 | 12 | S11 | SIFA | Actuator 704.011.8 | 13 | S93 | Jalkatason säätö | DPHK10-210006 | 14 | | Mukitelaine | Velcron 40200 | <p>Layout 07 – Vasen asennuslevy</p> | | | | | | | | | | | | <p>Kokonaisuus Lehti 4/24</p> | | <p>Sähköpositio Työnumero 982580 F</p> | |
| 01 | S1 | Suunnanvaihtokytkin, pääkytkin | M6215, Key-Reverser | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 02 | S89 | Tuulilasin lämmitys | Actuator 704.413.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 03 | S8 | Ajovalot | Actuator 704.411.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 04 | S92 | Kohdevalo säätö | ROCKER-series 1830, 1838.1402 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 05 | S120 | Peilin lämmitys | Actuator 704.413.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 06 | S94 | Virve tangentti | — | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 07 | S101 | Peilien säätö | suuntauskytkin | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 08 | | Ilmasuutin | Webasto 107984 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | A47 | Tuulilasin pyyhkin ja pesu | Rotary Switch 75602-04 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | S11 | SIFA | Actuator 704.011.8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | S93 | Jalkatason säätö | DPHK10-210006 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | | Mukitelaine | Velcron 40200 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Promeco

M100
Ajopyöjän piirikaavio

Suunn.
LRI / 7.01.2020

Piirt.
Tark.



| | | |
|--------|-------------------------------|------------------------------|
| 01 | Virvepaneeli | 982555 |
| 02 | Virven katuin | Virve |
| 03 | Virven teline | Virve |
| 04 | Virven käyttöpaneeli | Virve |
| 05 | Joutsenkaulamikrofoni | Virve |
| 06 | Summeri | Virve |
| 07 | Informaationäytilä | PIS-käyttöpaneeli |
| 08 | Häikäisysuoja paneelille | PIS-lippa |
| 09 G2 | Vihellimen tuki | Tuki äänimerkin mekaniikalle |
| 10 G2 | Vihellimen painin | Iso äänimerkki |
| 11 G2 | Vihellimen painin | Pieni äänimerkki |
| 12 P3 | Nopeusmittari | km/h |
| 13 B17 | Jarrupainemittari | bar |
| 14 P2 | Valtimittari | Jännitemittari 0-500V |
| 15 P1 | Valtimittari | Jännitemittari 0-1000V |
| 16 A2 | Pakkopysäytyslaite | Siemens |
| 17 A1 | Häilytyspaneeli | LED-paneeli |
| 18 S19 | Matkustamon hätäjarrun ohitus | Actuator 61-1100.0 |
| 19 S21 | Luisiston takometrin ohitus | Luisiston takometrin ohitus |
| 20 S7 | Automaattikytkimen irrotus | autom.kyk.irroitus |
| 21 S22 | Junan kokoönkuultaus | Kokoönkuultaus |

Promeco

M100
Ajopöydän piirikaavio

Layout
08 - Yläasennuslevy

| | | | |
|---------------------------|---------------|-----------------|-----------|
| Suunn. LRI /10.01.2020 | Kokonaisuus | Sähköposito | Työnumero |
| Piirt. | Lehti 5/24 | Piirustusnumero | 982580 F |
| Tark. | | | |

LIITE 1 6(24)

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---------------------------|----|------------------------|----|---------------|----|----------------------------|----|----------|--|----------------|--|------------|--|
| 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | | | | | | |
| A | B | C | D | E | F | G | H | J | K | L | M | N | O | P | R | S | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>01 S12 Oven aukaisu vasen Toggle switch Schaltbau L-T 7/9 S7 02 S13 Ovet kiinni Actuator 704-011.8 03 S14 Oven aukaisu oikea Toggle switch Schaltbau L-T 7/9 S7</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | Suunn. LRI /16.01.2020 | | Kokonaisuus | | Sähköpositio | | Työnumero | | | | | | | |
| A muutos | | | | | | | | | | Rev-E: 06.10.2021 LRI | | | | | | | | | | B muutos | | Rev-F: 29.10.2021 LRI | | C muutos | | 28.10.2020 LRI | | D muutos | | 29.01.2021 LRI | | 29.10.2021 | |
| A muutos | | | | | | | | | | M100 Ajopöydän piirikaavio | | | | | | | | | | Layout | | 09 – Keskiäsennuuslevy | | Lehti B/24 | | Piiustusnumero 982580 F | | Tark. | | | | | |
| 982580F | | | | | | | | | | Promeco | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

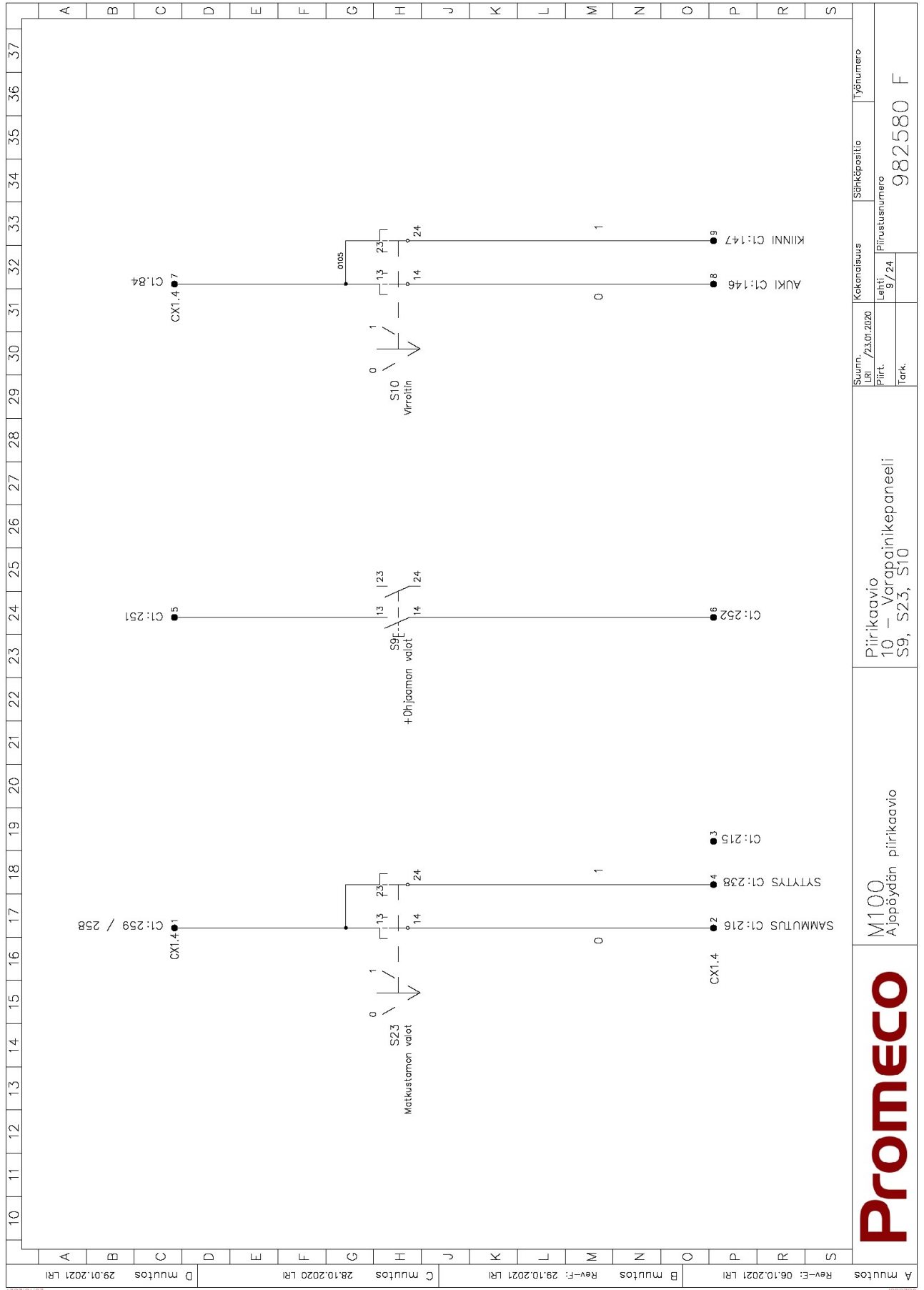
LIITE 1 7(24)

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-----------------|-------------------|------------|-----------------------|----|----|----|----|----|-----------------------|-----|-------------------|----------|-----------|----|-----|-----------|----------|-----------|--------|----|-------------------------|----------|-----------|----|----|-------------|------------|-----------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--------|-----|--------------|--------|--|--|-------|--|--|---|--|-------------|--------------|-----------|-------|-----------------|--|------|--------|---|
| 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1"> <tr> <td>01</td><td>S23</td><td>Matkustamon valot</td><td>Actuator</td><td>704.405.0</td> </tr> <tr> <td>02</td><td>S10</td><td>Virroitin</td><td>Actuator</td><td>704.405.0</td> </tr> <tr> <td>03</td><td>S9</td><td>Ohjaamon valot</td><td>Actuator</td><td>704.732.1</td> </tr> <tr> <td>04</td><td></td><td>Varapainike</td><td>Blind plug</td><td>704.964.7 (peitelevy)</td> </tr> </table> | | | | | | | | | | 01 | S23 | Matkustamon valot | Actuator | 704.405.0 | 02 | S10 | Virroitin | Actuator | 704.405.0 | 03 | S9 | Ohjaamon valot | Actuator | 704.732.1 | 04 | | Varapainike | Blind plug | 704.964.7 (peitelevy) | | | | | | | | | | | <table border="1"> <tr> <td>Suunn.</td><td>LRI</td><td>7/10.01.2020</td> </tr> <tr> <td>Piirt.</td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>Tark.</td><td></td><td></td> </tr> </table> | | Suunn. | LRI | 7/10.01.2020 | Piirt. | | | Tark. | | | <table border="1"> <tr> <td>Kokonaisuus</td><td>Sähköpositio</td><td>Työnumero</td> </tr> <tr> <td>Lehti</td><td>Piirustusnumero</td><td></td> </tr> <tr> <td>7/24</td><td>982580</td><td>F</td> </tr> </table> | | Kokonaisuus | Sähköpositio | Työnumero | Lehti | Piirustusnumero | | 7/24 | 982580 | F |
| 01 | S23 | Matkustamon valot | Actuator | 704.405.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 02 | S10 | Virroitin | Actuator | 704.405.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 03 | S9 | Ohjaamon valot | Actuator | 704.732.1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 04 | | Varapainike | Blind plug | 704.964.7 (peitelevy) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Suunn. | LRI | 7/10.01.2020 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Piirt. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tark. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Kokonaisuus | Sähköpositio | Työnumero | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Lehti | Piirustusnumero | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7/24 | 982580 | F | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A muutos | | | | | | | | | | M100 | | | | | | | | | | Layout | | 10 – Varapainikepaneeli | | Työnumero | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A muutos | | | | | | | | | | Ajopöydän piirikaavio | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A muutos | | | | | | | | | | Promeco | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Rev-E: 06.10.2021 LRI | | | | | | | | | | Rev-F: 29.10.2021 LRI | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| B muutos | | | | | | | | | | C muutos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| D muutos | | | | | | | | | | D muutos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 29.01.2021 LRI | | | | | | | | | | 28.10.2020 LRI | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 29.01.2021 LRI | | | | | | | | | | 28.10.2020 LRI | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

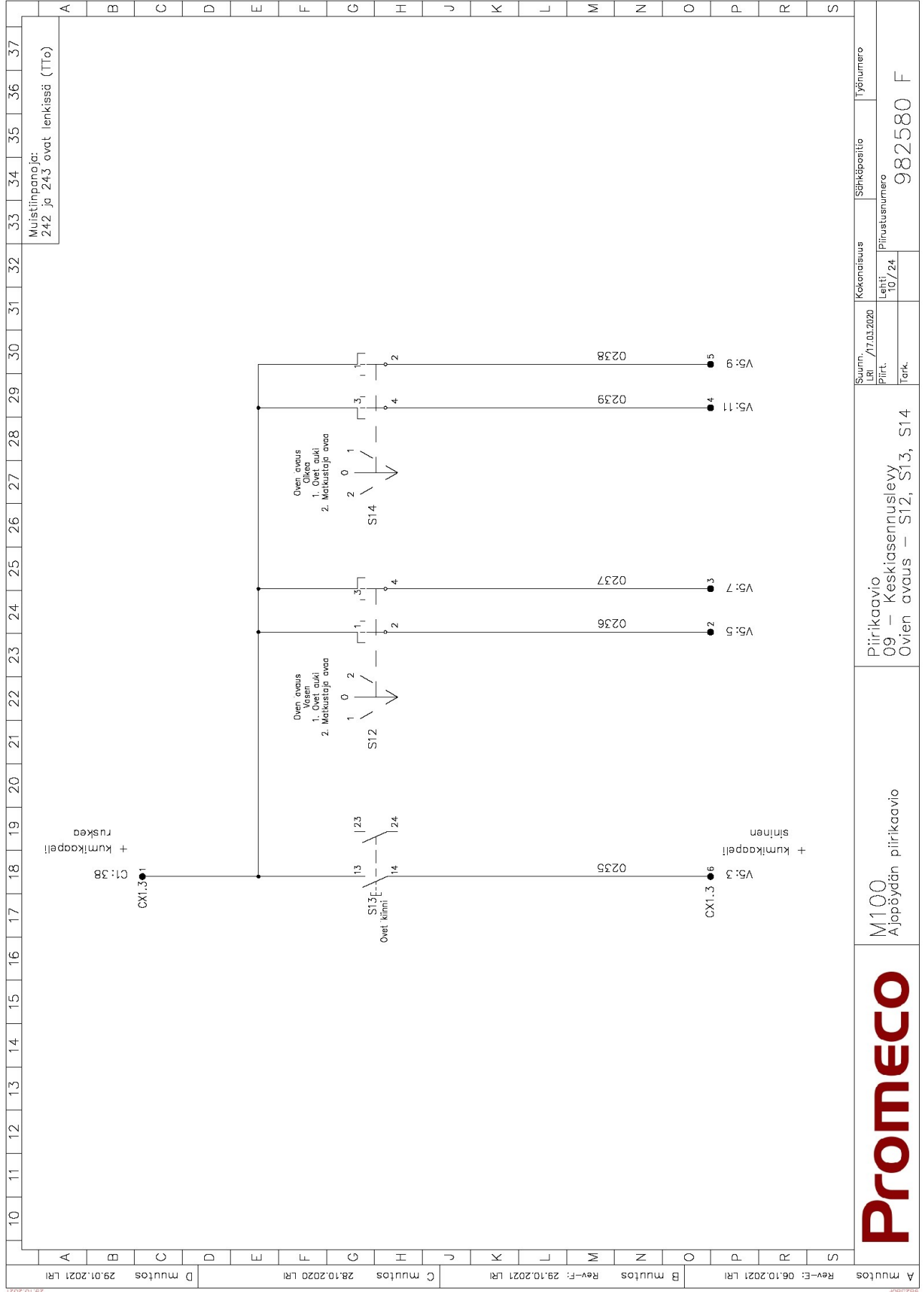
LIITE 1
8(24)

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------------|-------------------------|-----------------|-----------|----|----|----|----|----|-----------------------|----|-----------------------|--------|----|----|---------------|-------|----|-----|-----------------------|-----------|-----------------------|-----|-------------------------|--------|----|-----|----------------------|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|------------|-------------|-------------|--------------|-----------|--------|--|-------|-----------------|--|-------|--|------|--------|---|
| 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| B | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| C | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| D | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| E | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| F | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| G | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| H | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| J | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| K | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| L | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| M | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| N | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| O | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| P | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| R | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| S | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1"> <tr> <td>01</td><td>C1</td><td>Ajokahvan korotuslevy</td><td>982566</td></tr> <tr> <td>02</td><td>S2</td><td>Käsinajokytin</td><td>M6214</td></tr> <tr> <td>03</td><td>S18</td><td>Hätätörsäytys, ohjain</td><td>XB4BS8445</td></tr> <tr> <td>03</td><td>S18</td><td>Hätätörsäytys, apukärki</td><td>ZBE101</td></tr> <tr> <td>03</td><td>S18</td><td>Hätätörsäytys, kilpi</td><td>ZBY9320</td></tr> </table> | | | | | | | | | | 01 | C1 | Ajokahvan korotuslevy | 982566 | 02 | S2 | Käsinajokytin | M6214 | 03 | S18 | Hätätörsäytys, ohjain | XB4BS8445 | 03 | S18 | Hätätörsäytys, apukärki | ZBE101 | 03 | S18 | Hätätörsäytys, kilpi | ZBY9320 | | | | | | | | | | | <table border="1"> <tr> <td>Suunn. LRI</td><td>/10.01.2020</td><td>Kokonaisuus</td><td>Sähköpositio</td><td>Työnumero</td></tr> <tr> <td>Piirt.</td><td></td><td>Lehti</td><td>Piirustusnumero</td><td></td></tr> <tr> <td>Tark.</td><td></td><td>8/24</td><td>982580</td><td>F</td></tr> </table> | | Suunn. LRI | /10.01.2020 | Kokonaisuus | Sähköpositio | Työnumero | Piirt. | | Lehti | Piirustusnumero | | Tark. | | 8/24 | 982580 | F |
| 01 | C1 | Ajokahvan korotuslevy | 982566 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 02 | S2 | Käsinajokytin | M6214 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 03 | S18 | Hätätörsäytys, ohjain | XB4BS8445 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 03 | S18 | Hätätörsäytys, apukärki | ZBE101 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 03 | S18 | Hätätörsäytys, kilpi | ZBY9320 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Suunn. LRI | /10.01.2020 | Kokonaisuus | Sähköpositio | Työnumero | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Piirt. | | Lehti | Piirustusnumero | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tark. | | 8/24 | 982580 | F | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A muutos | | | | | | | | | | M100 | | | | | | | | | | Layout | | 11 – Ajokahvapaneeeli | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A muutos | | | | | | | | | | Ajokahvan piirikaavio | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A muutos | | | | | | | | | | Promeco | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Rev-E: 06.10.2021 LRI | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| B muutos | | | | | | | | | | Rev-F: 29.10.2021 LRI | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| C muutos | | | | | | | | | | 28.10.2020 LRI | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| D muutos | | | | | | | | | | 29.01.2021 LRI | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

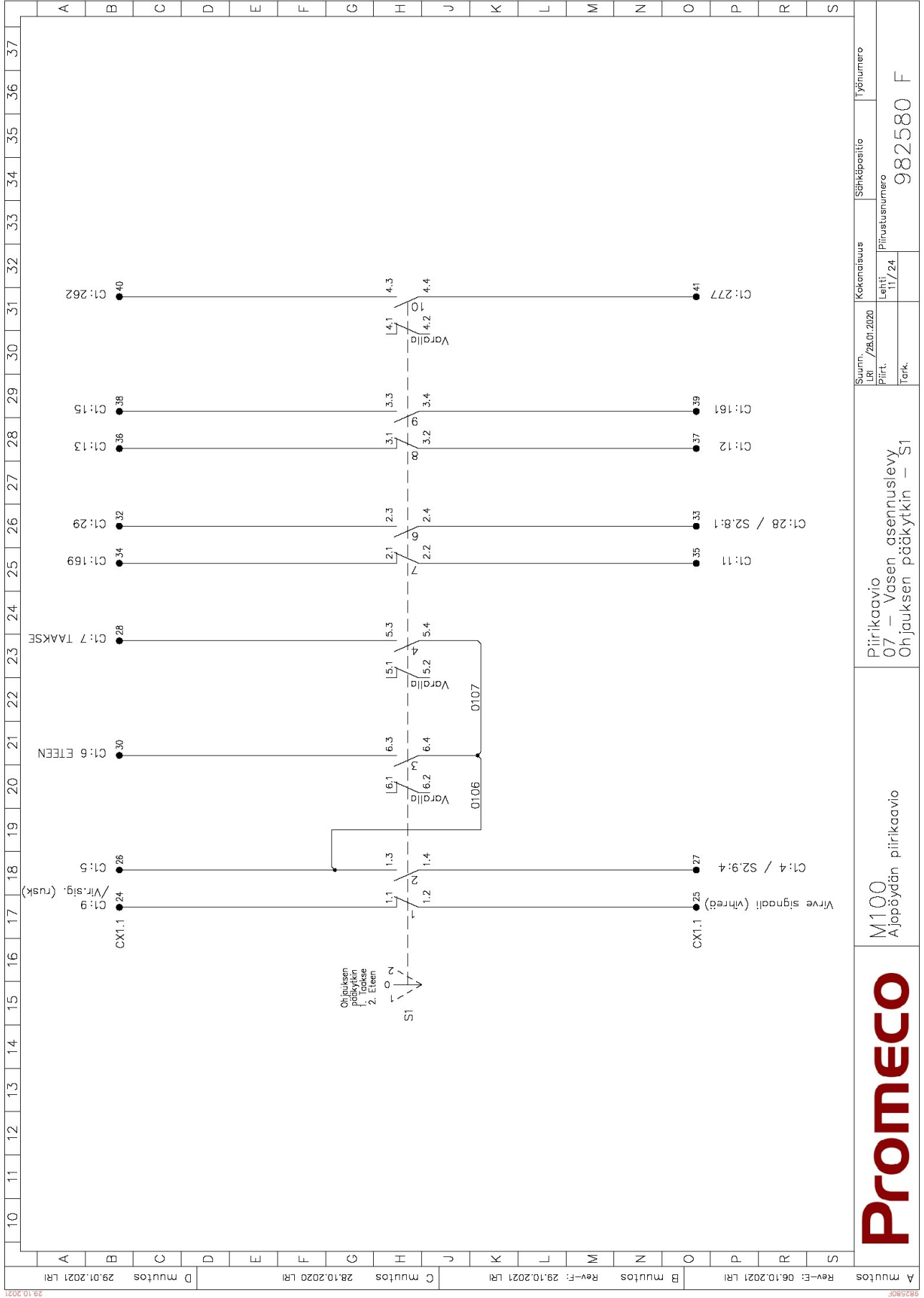
LIITE 1
9(24)



LIITE 1 10(24)



29.10.2021 982580F A muutos Rev-E: 06.10.2021 LRI B muutos Rev-F: 29.10.2021 LRI C muutos 28.10.2020 LRI D muutos 29.01.2021 LRI



Promeco

M100
Ajoälyydän piirikaavio

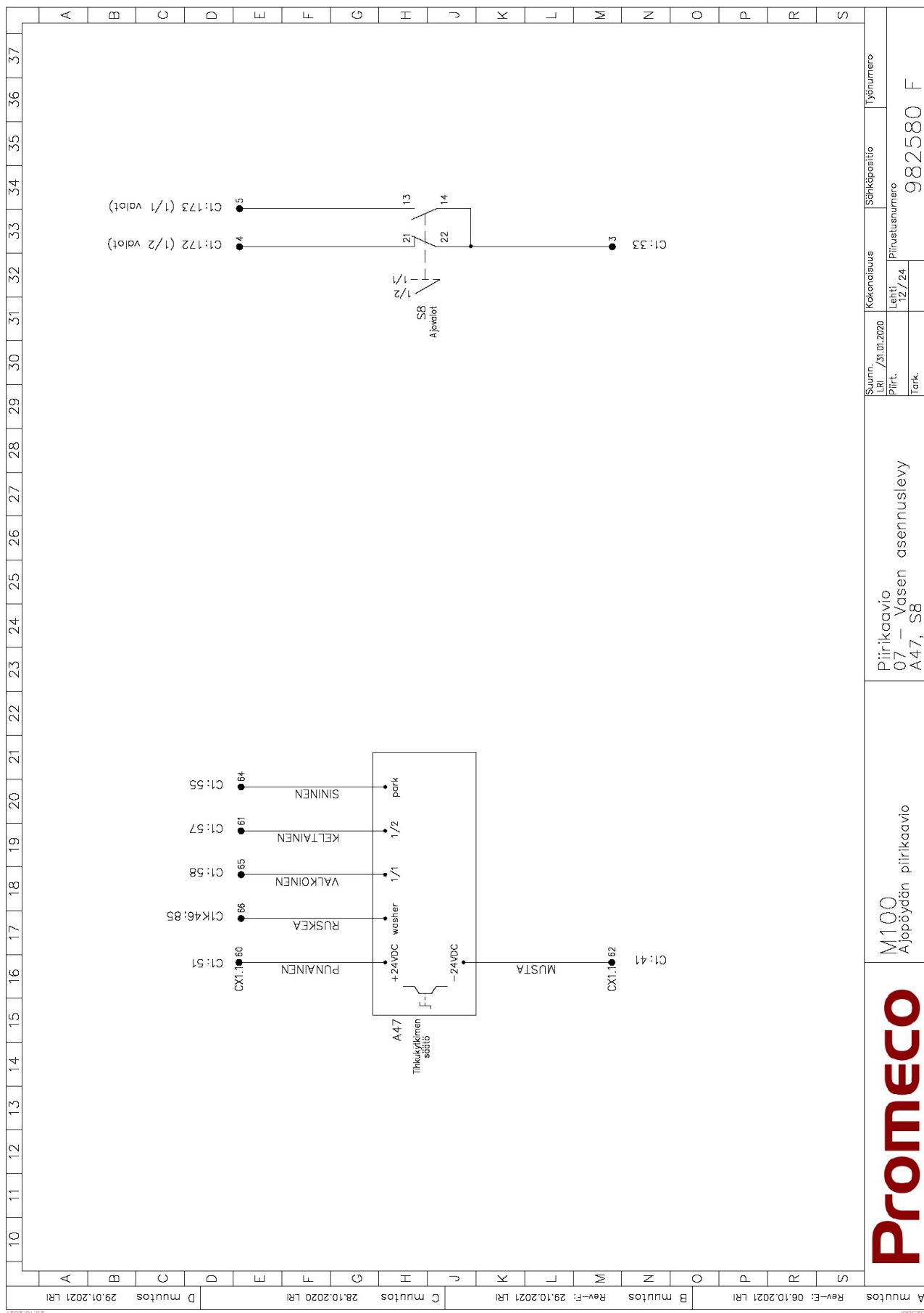
Piirikaavio
07 - Vasen asennuslevy
Ohjauksen pääkytkin - S1

Kokonaisuus
Sähköpositio
Työnumero

Suunn. /28.01.2020
LRI
Piiirt.
Terä.

Lehti
11/24
Piiirustusnumero
982580 F

LIITE 1 12(24)



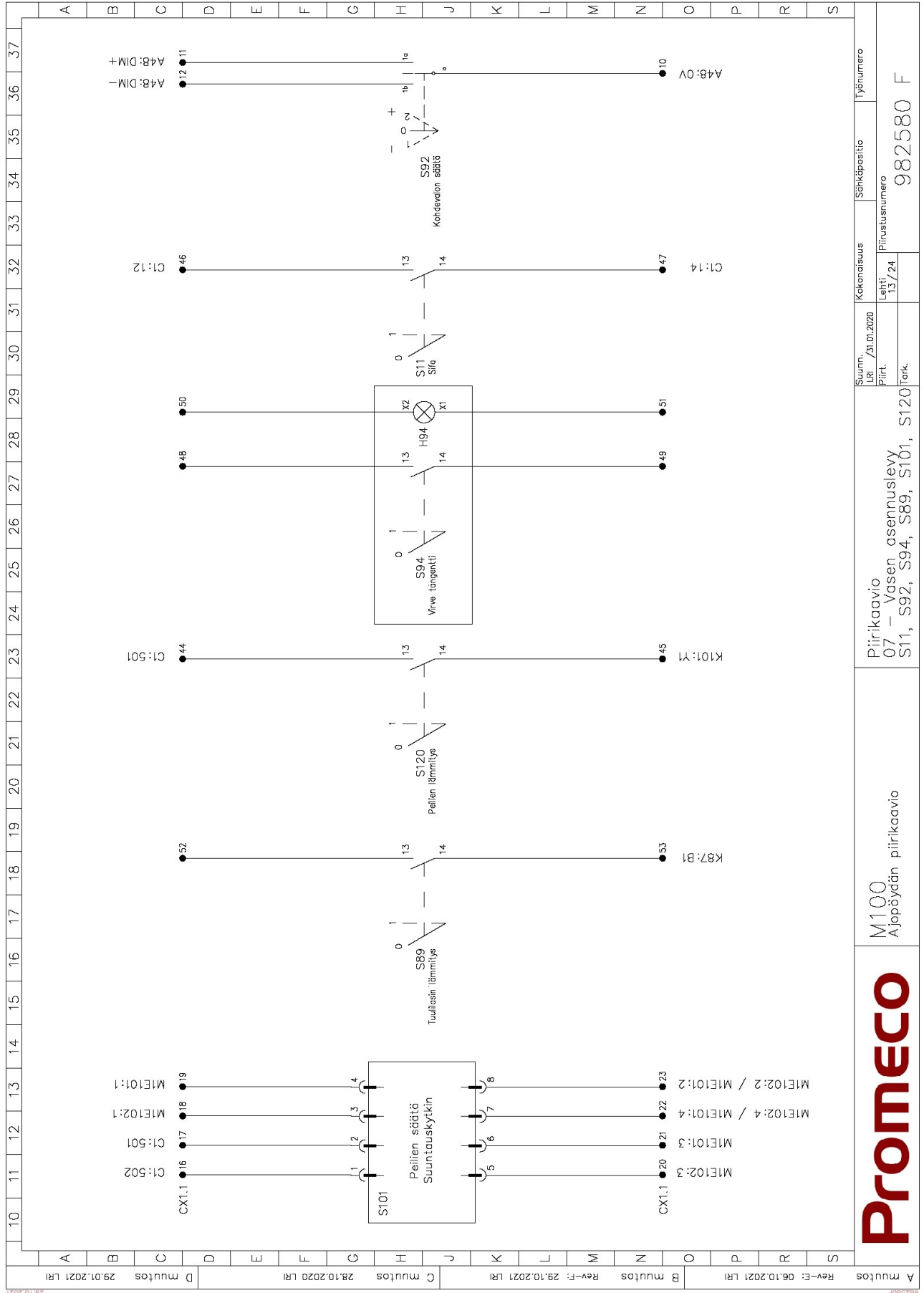
Promeco

M100
Ajovyöydän piirikaavio

Piirikaavio
07_Vasen asennuslevy
A47, S8

| Suunn. | Kokonaisuus | Sähköpositio | Työnumero |
|-----------------|-------------|-----------------|-----------|
| LRI /31.01.2020 | | | |
| Piirt. | | Piirustusnumero | 982580 F |
| Terä. | | | |

LIITE 1
13(24)



Promeco

M100
Ajopöydän piirikaavio

Piirikaavio
07 - Vasen asennuslevy
S11, S92, S94, S89, S101, S120

Suunn.
LRI / 29.10.2021
Piirt.

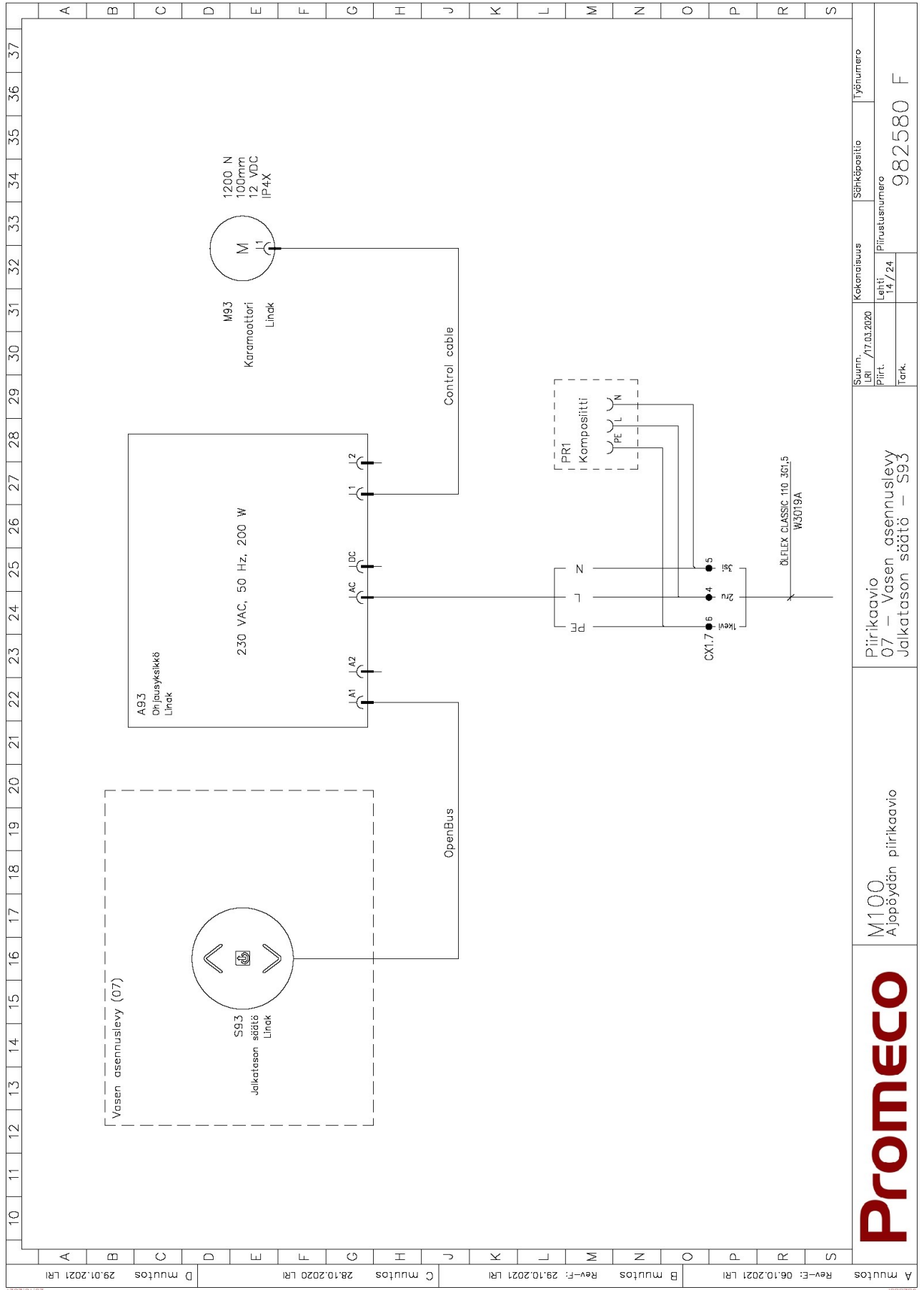
Kokonaisuus
Lehti / 13/24

Sähköpositio
Piiustusnumero
982580 F

Työnumero

| | | | | | | | | | | | |
|---|--------|-----------------------|---|--------|-----------------------|---|--------|----------------|---|--------|----------------|
| A | muutos | Rev-E: 06.10.2021 LRI | B | muutos | Rev-F: 29.10.2021 LRI | C | muutos | 28.10.2020 LRI | D | muutos | 29.01.2021 LRI |
|---|--------|-----------------------|---|--------|-----------------------|---|--------|----------------|---|--------|----------------|

LIITE 1 14(24)



29.10.2021

A muutos Rev-E: 06.10.2021 LRI

B muutos Rev-F: 29.10.2021 LRI

C muutos 28.10.2020 LRI

D muutos 29.01.2021 LRI

A muutos

Suunn. LRI /17.03.2020

Piirt. LRI

Tark. LRI

Kokonaisuus

Sähköpositio

Työnumero

Lehti /24

Piirustusnumero

982580 F

Piirikaavio

07 – Vasen asennuslevy

Jalkatason säätö – S93

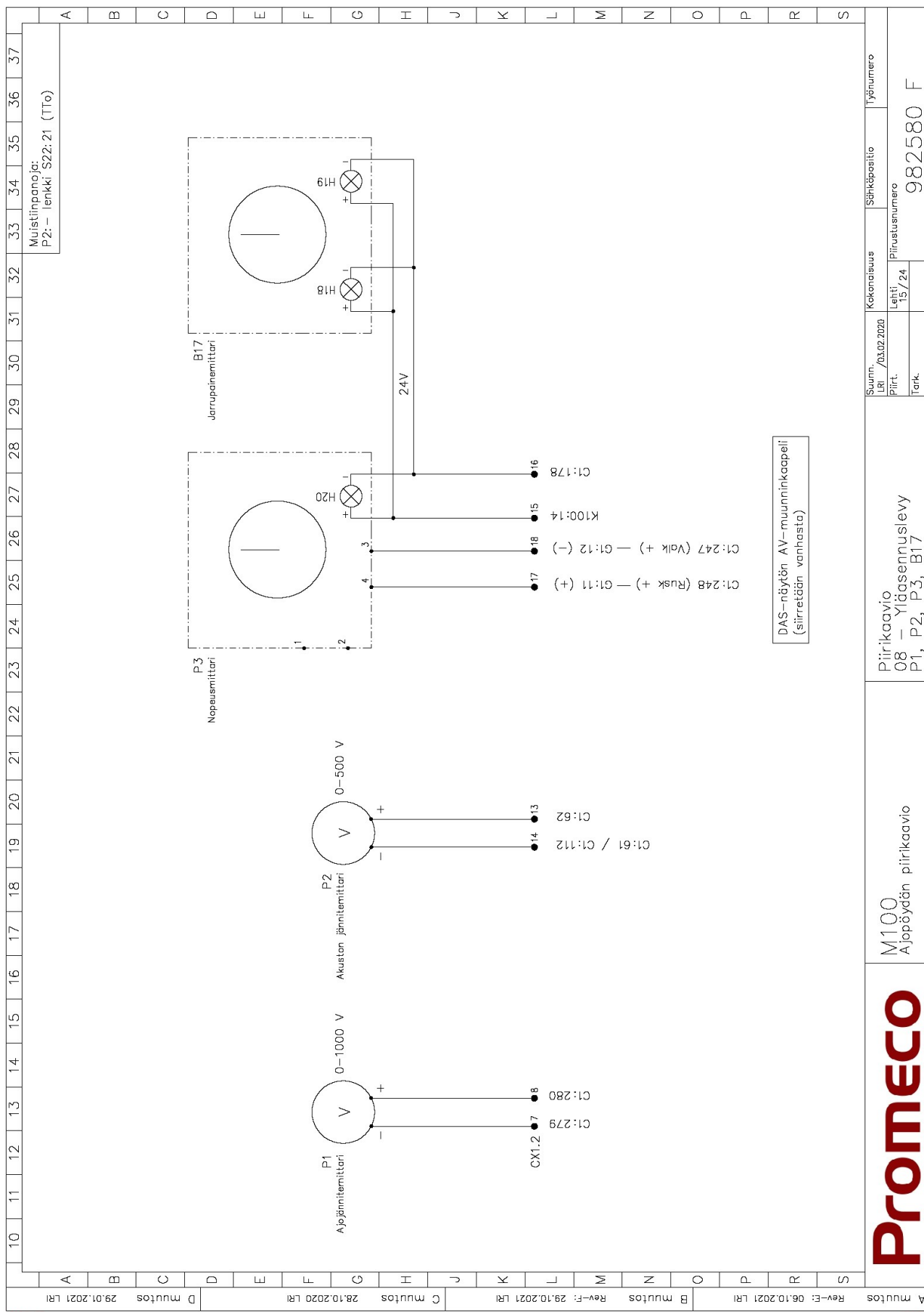
M100

Ajopöydän piirikaavio

Promeco

982580F

LIITE 1 15(24)



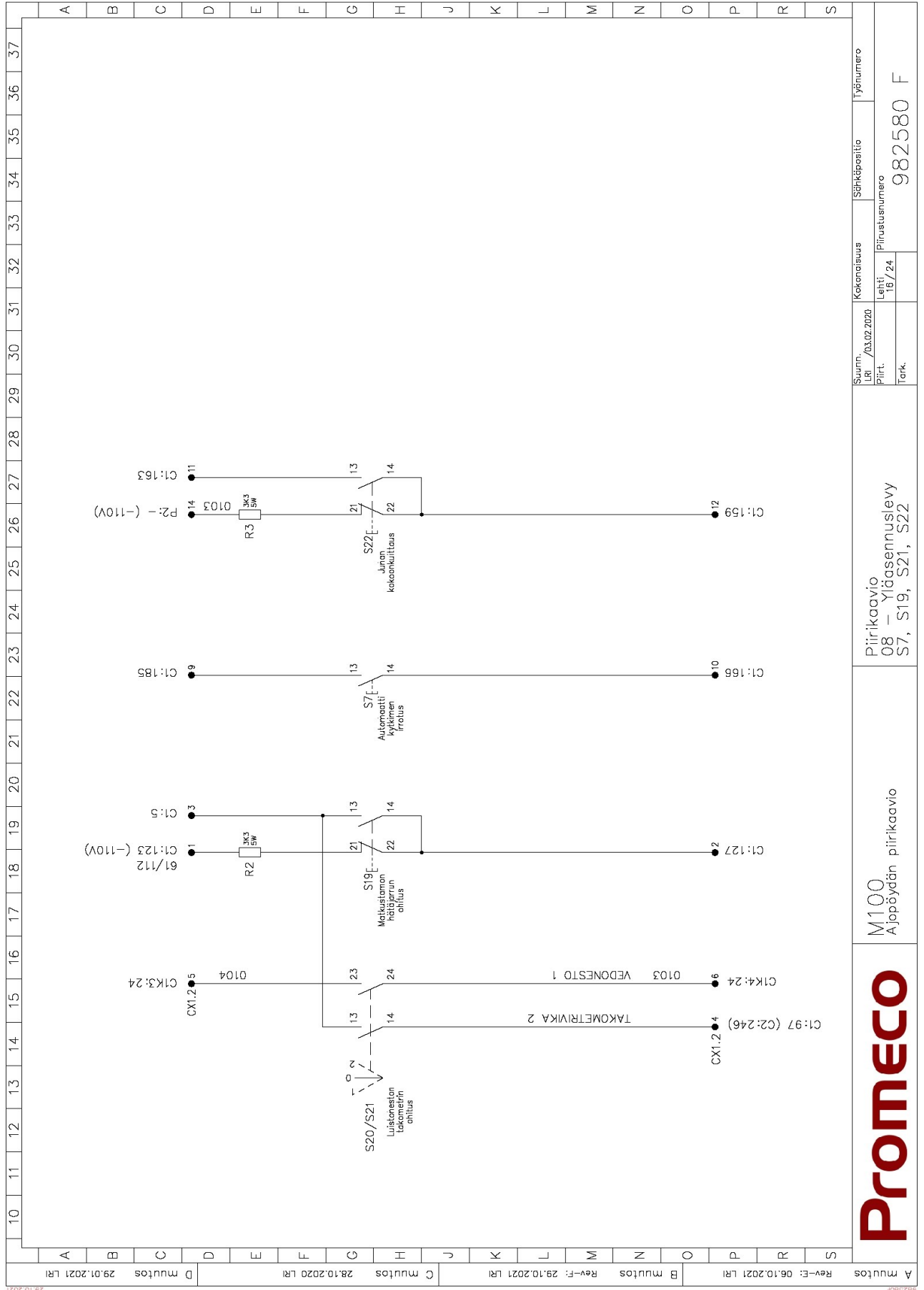
| | | | | | | | |
|---|------------------------|--|-----------------------|-------------------------|-------------|-----------------|-----------|
| A | A muutos | | Rev-E: 06.10.2021 LRI | Suunn. LRI / 03.02.2020 | Kokonaisuus | Sähköpositio | Työnumero |
| B | B muutos | | Rev-F: 29.10.2021 LRI | Piirt. | Lehti 15/24 | Piirustusnumero | 982580 F |
| C | C muutos | | 28.10.2020 LRI | Tark. | | | |
| D | D muutos | | 29.01.2021 LRI | | | | |
| E | | | | | | | |
| F | | | | | | | |
| G | | | | | | | |
| H | | | | | | | |
| I | | | | | | | |
| J | | | | | | | |
| K | | | | | | | |
| L | | | | | | | |
| M | | | | | | | |
| N | | | | | | | |
| O | | | | | | | |
| P | | | | | | | |
| Q | | | | | | | |
| R | | | | | | | |
| S | | | | | | | |
| 10 | M100 Ajojännitemittari | | | | | | |
| 11 | P1 | | | | | | |
| 12 | Ajojännitemittari | | | | | | |
| 13 | 0-1000 V | | | | | | |
| 14 | V | | | | | | |
| 15 | + | | | | | | |
| 16 | - | | | | | | |
| 17 | C1:279 | | | | | | |
| 18 | C1:280 | | | | | | |
| 19 | CX1.2 | | | | | | |
| 20 | 7 | | | | | | |
| 21 | 8 | | | | | | |
| 22 | | | | | | | |
| 23 | | | | | | | |
| 24 | | | | | | | |
| 25 | | | | | | | |
| 26 | | | | | | | |
| 27 | | | | | | | |
| 28 | | | | | | | |
| 29 | | | | | | | |
| 30 | | | | | | | |
| 31 | | | | | | | |
| 32 | | | | | | | |
| 33 | | | | | | | |
| 34 | | | | | | | |
| 35 | | | | | | | |
| 36 | | | | | | | |
| 37 | | | | | | | |
| Muistipaanoja: P2:-- lenkki S22:21 (TTo) | | | | | | | |

Promeco

M100
Ajojännitemittari

Piirikaavio
08 Yläasennuslevy
P1, P2, P3, B17

LIITE 1 16(24)

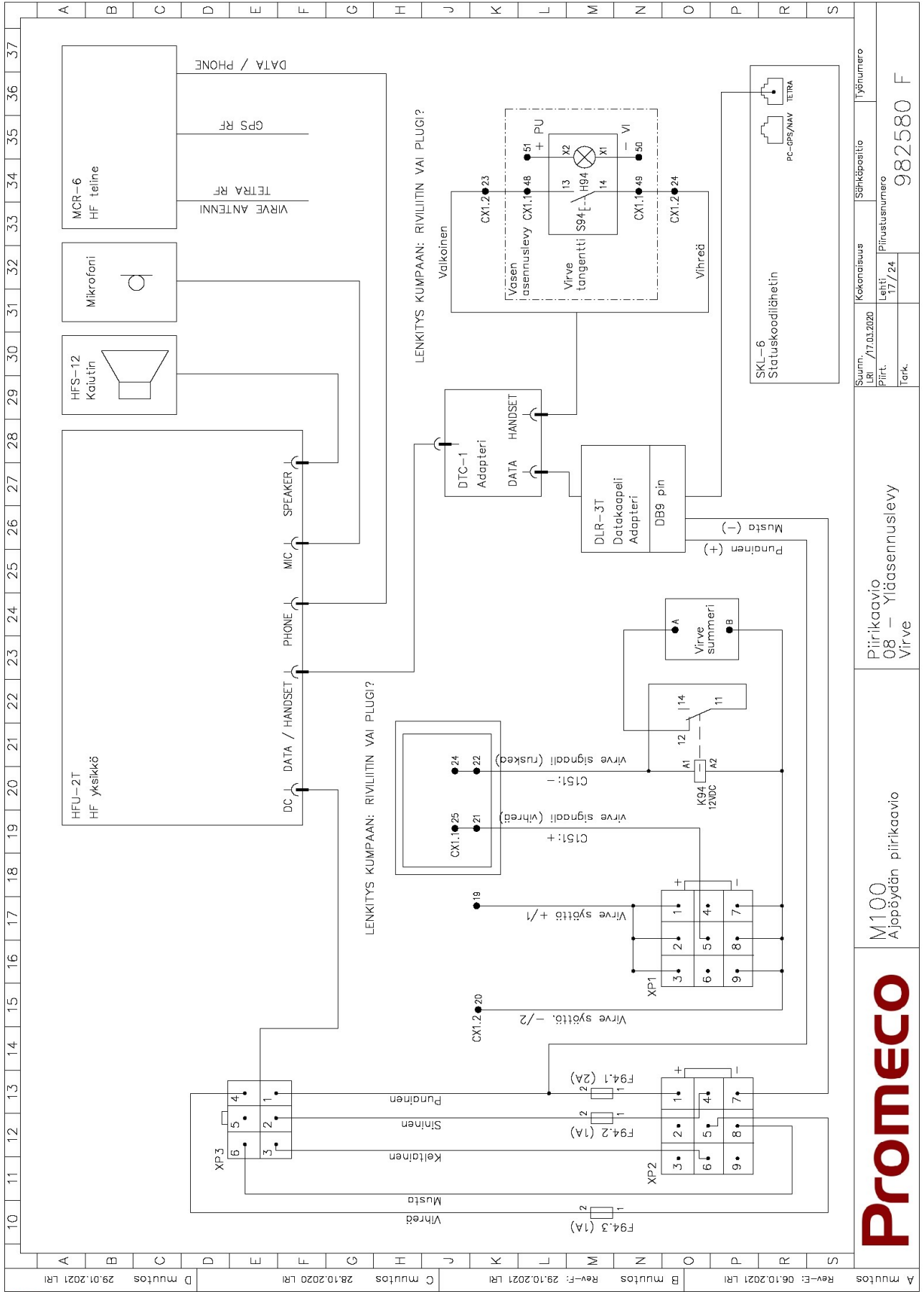


Promeco

M100
Ajopöydän piirikaavio

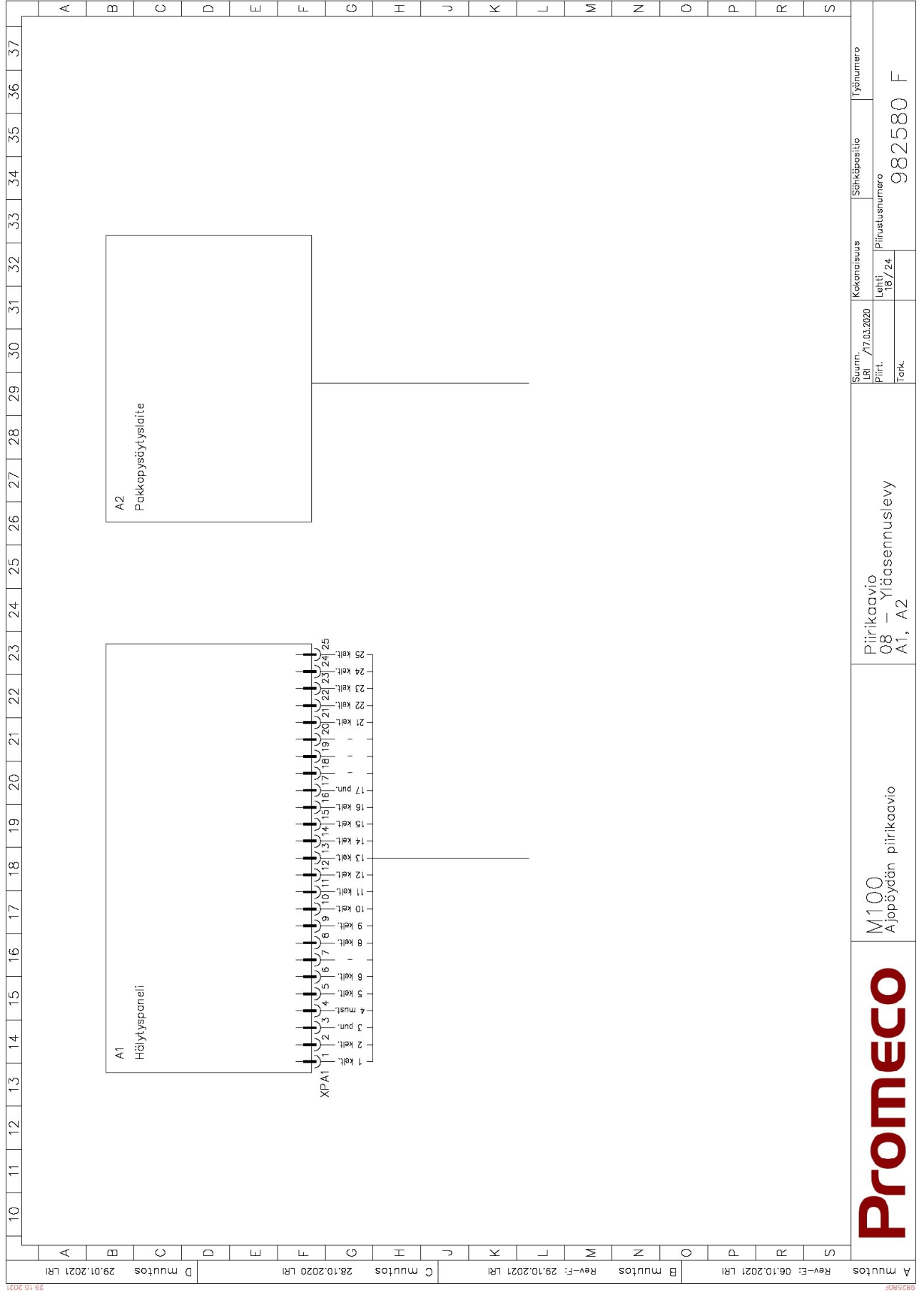
Piirikaavio
08 - Yläasennuslevy
S7, S19, S21, S22

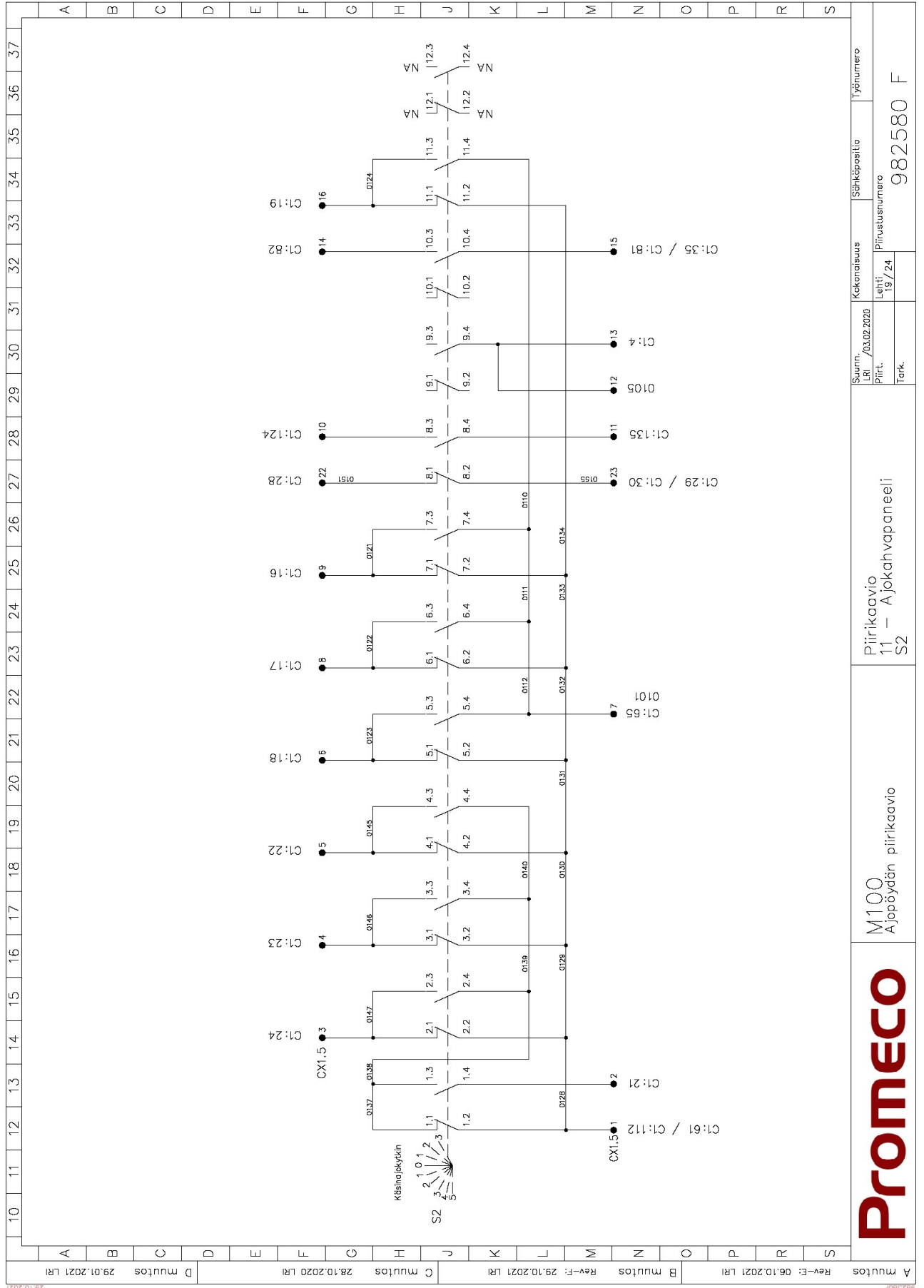
| | | | |
|---------------------------|-----------------|-----------------|-----------|
| Suunn. LRI /05.02.2020 | Kokonaisuus | Sähköpositio | Työnumero |
| Piirt. | Lehti/ 16/24 | Piirustusnumero | 982580 F |
| Tark. | | | |



| | | | | | | | | | |
|---|--------|-----------------------|-------------------------------|--|--|---------------------------|-------------|-----------------|-----------|
| A | Muutos | Rev-E: 06.10.2021 LRI | M100 Ajopöydän piirikaavio | | Piirikaavio 08 – Yläsennuslevy Virve | Suunn. LRI /17.03.2020 | Kokonaisuus | Sähköpositio | Työnumero |
| B | Muutos | Rev-F: 29.10.2021 LRI | | | | Piirt. | Lehti | Piirustusnumero | |
| C | Muutos | 28.10.2020 LRI | | | | Tark. | 17/24 | 982580 F | |
| D | Muutos | 29.01.2021 LRI | | | | | | | |

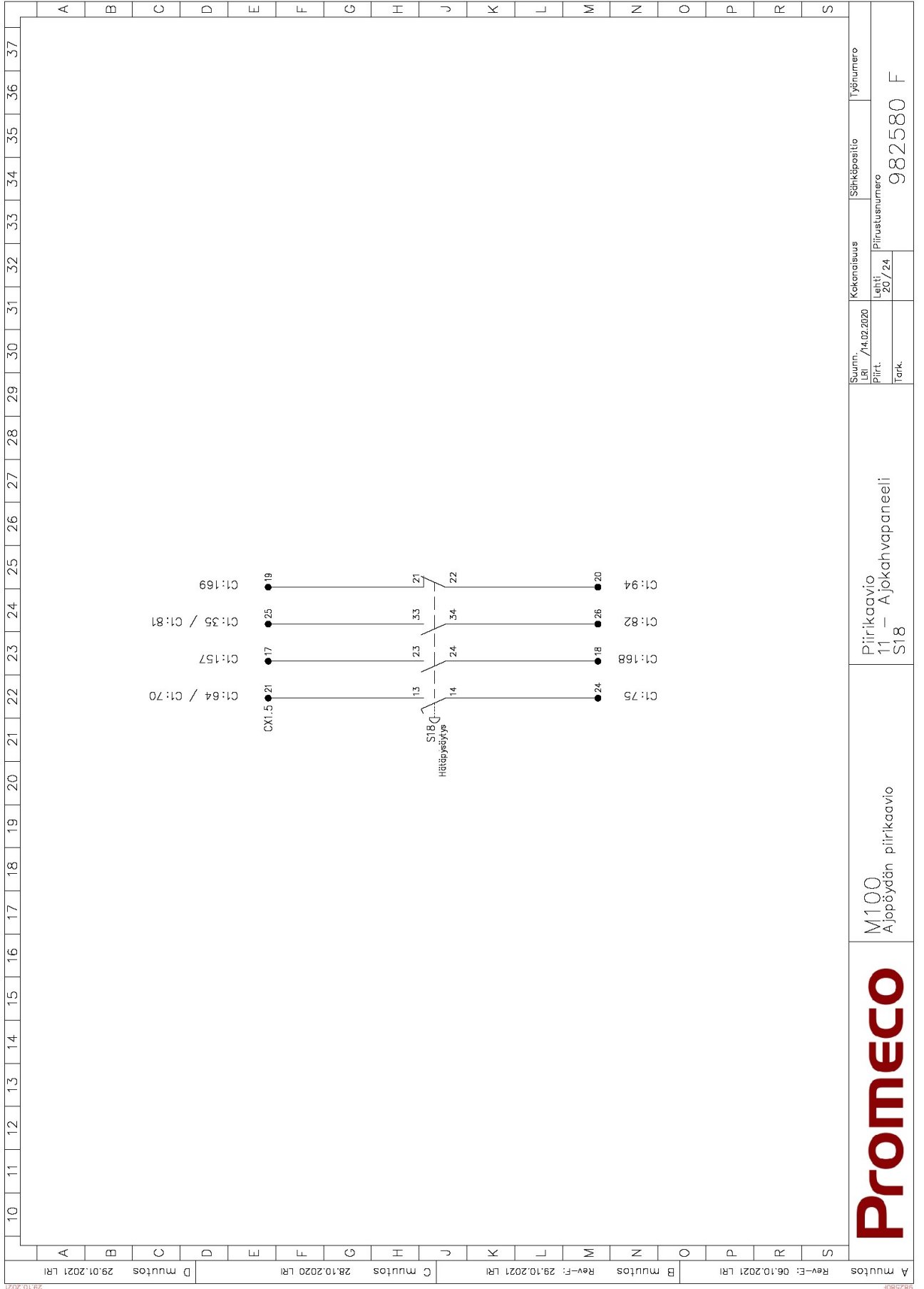
LIITE 1 18(24)





Promeco

LIITE 1
20(24)

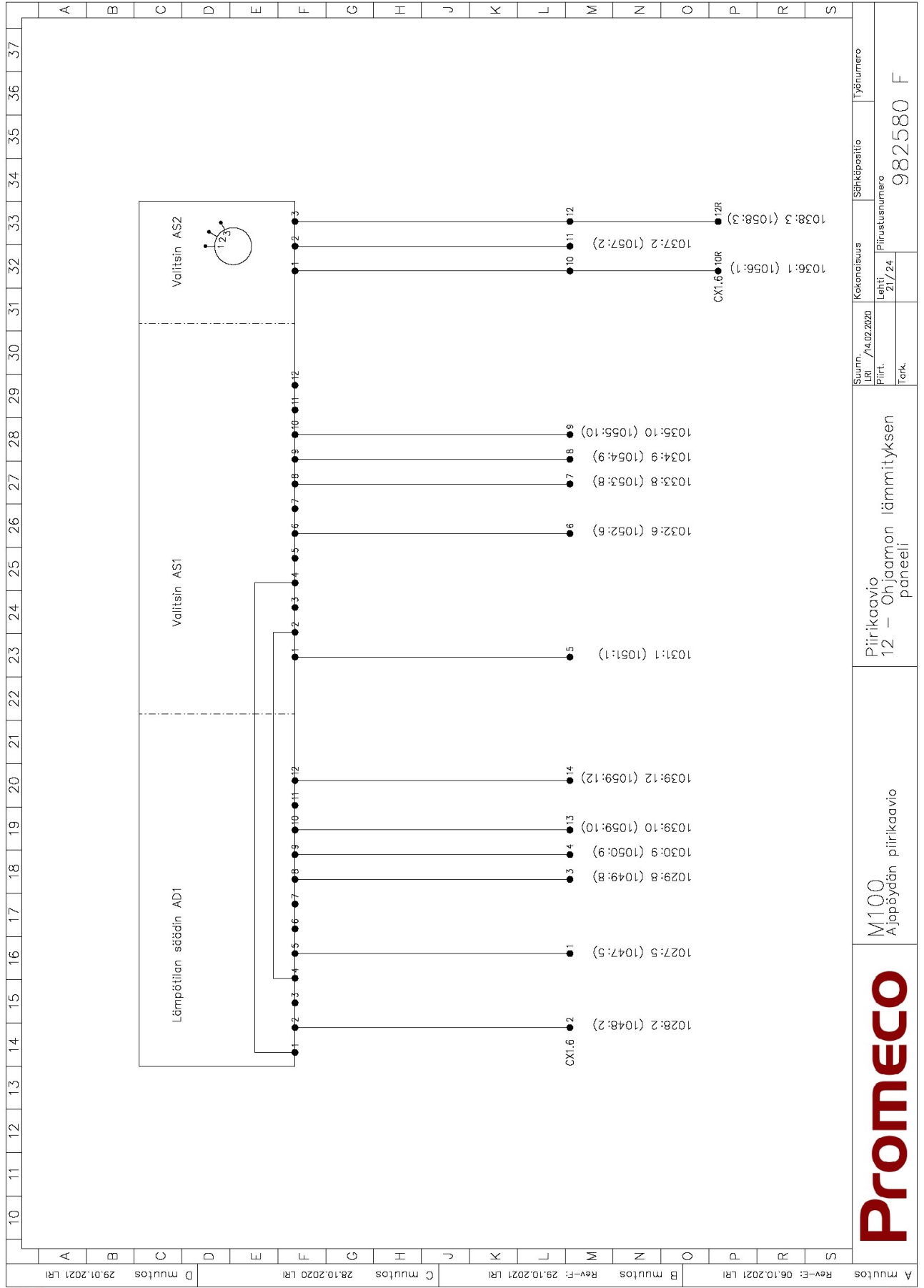


M100
Ajokahvapaneeelin piirikaavio

Piirikaavio
11 - Ajokahvapaneeeli
S18

| | | | |
|----------------------------|-----------------|-----------------|-----------|
| Suunn. LRI / 14.02.2020 | Kokonaisuus | Sähköpositio | Työnumero |
| Piirt. | Lehti / 20 / 24 | Piirustusnumero | 982580 F |
| Tark. | | | |

LIITE 1 21(24)



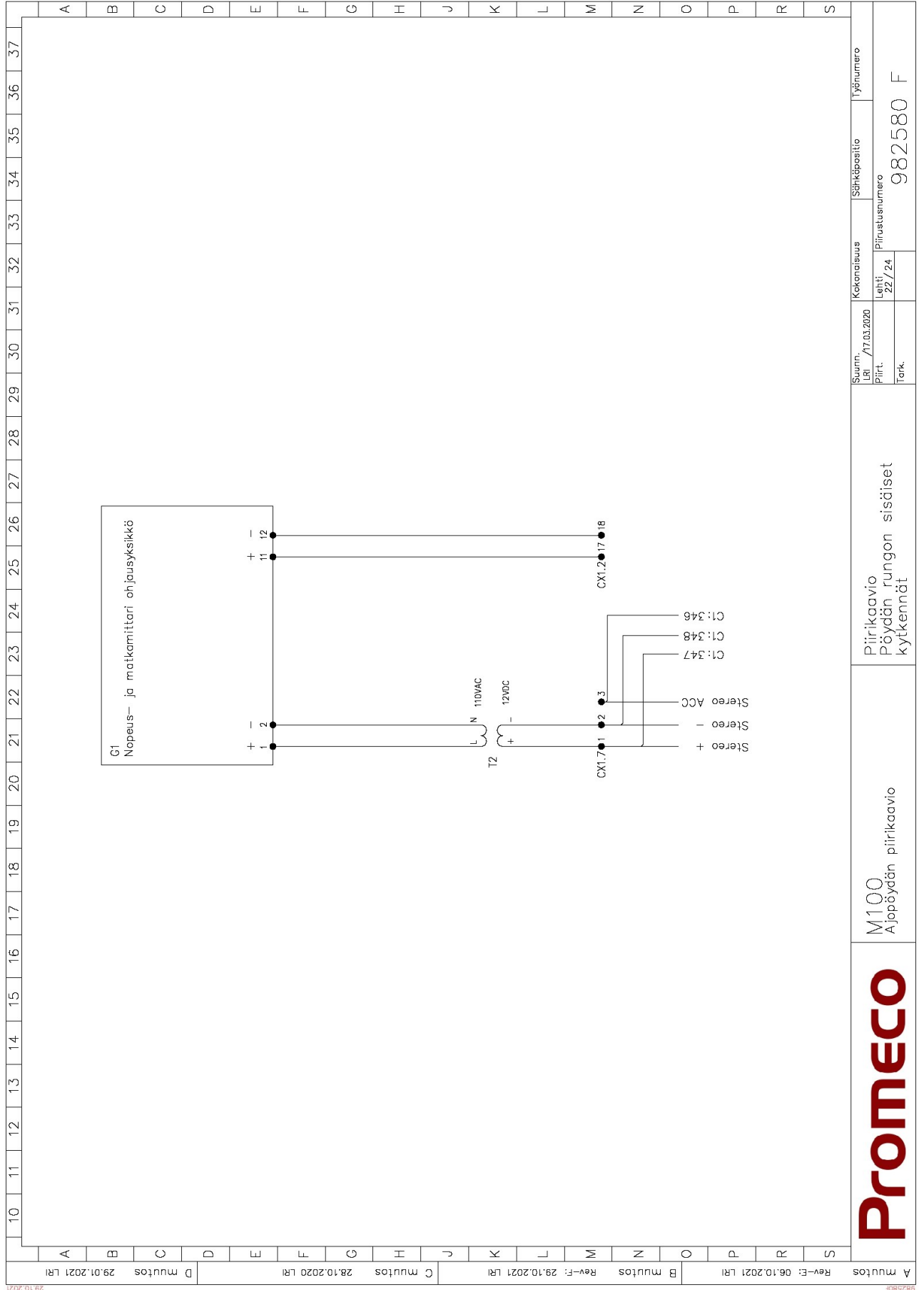
Promeco

M100
Ajopöydän piirikaavio

Piirikaavio
12 – Ohjaamon lämmityksen
paneeli

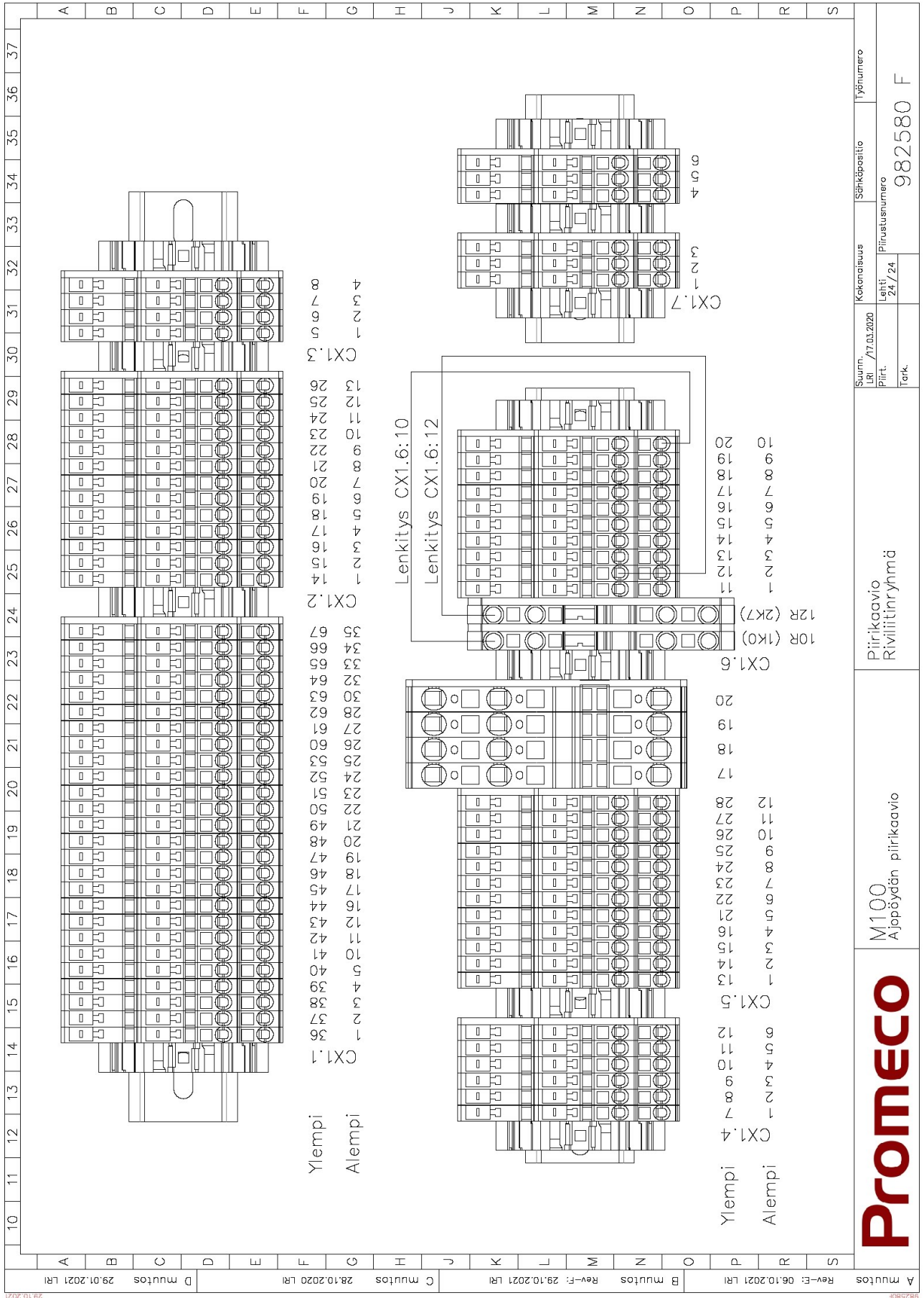
| | | | | |
|---------------|-------------|----------------|-----------------|-----------|
| Suunn. LRI | /14.02.2020 | Kokonaisuus | Sähköpostio | Työnumero |
| Piirt. | | Lehti 21/24 | Piirustusnumero | 982580 F |
| Tark. | | | | |

LIITE 1 22(24)



LIITE 1
23(24)

| A muutos | | Sähköpositio | | Työnumero | |
|--|--------------------|-----------------------|----------|----------------|--|
| Suunn. | LRI / 7/18.03.2020 | Kokonaisuus | | | |
| Piirt. | | Lehti | 982580 F | | |
| Tark. | | Piirustusnumero | 23/24 | | |
| M100 Ajoöydän piirikaavio | | | | | |
| Piirikaavio Jalokattosen kytkennät | | | | | |
| S15 Jalokattokin (jarru) | | | | | |
| S16 Jalokattokin (SIFA) | | | | | |
| <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>XPA3</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>XPA4</p> </div> </div> <p style="text-align: right;">NORMAALISTI KÄYTTÖSSÄ</p> | | | | | |
| D muutos | | C muutos | | B muutos | |
| 29.01.2021 LRI | | 28.10.2020 LRI | | 29.10.2021 LRI | |
| Rev-E: 06.10.2021 LRI | | Rev-F: 29.10.2021 LRI | | | |



Promeco

M100
Alopyödan piirikaavio

Piirikaavio
Riviliitinyhmä

| | | | |
|---------------------------|------------------|-----------------|-----------|
| Suunn. LRI /17.01.2020 | Kokonaisuus | Sähköpositio | Työnumero |
| Piirt. | Lehti 24 / 24 | Piirustusnumero | 982580 F |
| Tark. | | | |

PROMECO

Date: 07.11.2021
 Confidentiality: Internal
 Status: In Production
 Author: Riihluoma Leo

Page: 1 (2)
 Document ID: DOC-000000
 Revision: A

Tarkastuspöytäkirja: M100 paneelit

| LÄHTÖTIEDOT | |
|----------------------------|--|
| Työnumero: | |
| Junan numero: | |
| Sarjanumero: | |
| Piirustusnumero / revisio: | |
| Tarkastaja: | |
| Päiväys: | |

| TARKISTUSKOhteet | | | | | | |
|--|--------------------------------------|--------------------------|-----------------------|-------------------------|---------------------------|--------------------------|
| | | Vasen asennuslevy 004136 | Yläasennuslevy 004135 | Keskiasennuslevy 004127 | Varapainikepaneeli 004037 | Ajokahvapaneeeli C004164 |
| Visuaalinen tarkastus | Komponenttien asennus | | | | | |
| | Sähköiset liitokset | | | | | |
| | Johtimien tyypit ja poikkipinta-alat | | | | | |
| | Johtojen kiinnitys ja suojaus | | | | | |
| | Johdinten ja komponenttien merkinnät | | | | | |
| | Plug-in liittimet | | | | | |
| | Maalipinta ja painatukset | | | | | |
| Todennettu mittamalla = M Todennettu logiikalla = L | | | | | | |
| Toiminnallinen ja sähköinen testaus | Liitosten johtavuus tarkistettu | | | | | |
| | Toiminnallinen testaus suoritettu | | | | | |

Promeco

Date: 07.11.2021
 Confidentiality: Internal
 Status: In Production
 Author: Riihluoma Leo

Page: 2 (2)
 Document ID: DOC-000000
 Revision: A

Yleisohjeet tarkastuksen suorittajalle.

| Visuaalinen tarkastus | |
|--|---|
| Komponenttien asennus | Komponentit on asennettu oikeaan asentoon, oikealla tavalla ja ovat kiinnitetty tukevasti. |
| Sähköiset liitokset | Sähköiset liitokset on toteutettu kytkentäohjeistuksen mukaisesti ja liitokset on luotettavasti tehty. Ei löyisiä liitoksia. |
| Johtimien tyypit ja poikkipinta-alat | Johtimien tyyppi ja poikkipinta-ala vastaavat määriteltyä. |
| Johtojen kiinnitys ja suojaus | Johtimet on kiinnitetty luotettavasti, niin ettei komponentteihin tai liitoksiin kohdistu liiaksi rasitusta. Johtimet on pujotettu tarvittaessa suojasukkaan ja johtimien hiertyminen on estetty. |
| Johdinten ja komponenttien merkinnät | Johdinten ja komponenttien merkinnät ovat oikein ja vastaavat tuotannon dokumentteja. |
| Plug-in liittimet | Plug-in liittimet on kokoonpantu oikein, haitat on asetettu oikeisiin kohtiin ja vedonpoisto asennettu. |
| Maalipinta ja painatukset | Maalipinnassa ei ole havaittavia virheitä, painatukset näkyvät selkeästi, eikä niissä ole puutteita tai helposti irtoavia kohtia. |
| Toiminnallinen ja sähköinen testaus | |
| Liitosten johtavuus tarkistettu | Liitosten johtavuus tarkistetaan piirikaavion mukaisesti. Voidaan toteuttaa soveltuvilta osin logiikan avulla. |
| Toiminnallinen testaus suoritettu | Kytkimien ja painikkeiden oikean toiminnan varmistaminen, piirikaavion ja painatusten mukaisesti. Voidaan toteuttaa logiikan avulla. |