



Automaattisen heinäsyöttimen suunnittelu ja rakentaminen hevosatilalle

Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö
Sähkö- ja automaatiotekniikka, insinööri (AMK)

Kevät 2025

Valteri Koivuniemi

Koulutus	Sähkö- ja automaatiotekniikka, insinööri (AMK)	
Tekijä	Valtteri Koivuniemi	Vuosi 2025
Työn nimi	Automaattisen heinäsyöttimen suunnittelu ja rakentaminen hevosatilalle	
Ohjaaja	Mika Oinonen	

Tämä opinnäytetyöraportti käsittelee automaattisen heinäsyöttöjärjestelmän suunnittelua ja toteutusta. Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Janakkalassa sijaitseva hevosvila, Koivuniemen Talli. Projektin taustalla oli halu toteuttaa toimiva automaatiojärjestelmä, joka toisi konkreettista hyötyä käyttäjilleen. Tämän lisäksi haluttiin tutustua tarkemmin varsinkin pienjärjestelmien sähkösuunnitteluun, ja PLC-ohjainten hyödyntämismahdollisuuksiin tämänkaltaisissa projekteissa.

Raportissa tutustutaan markkinoilla oleviin syötinautomaatti ratkaisuihin, niiden tarjoamiin vahvuuksiin ja niiden mahdollisiin heikkouksiin. Näiden havaintojen pohjalta alettiin hahmottelemaan oman järjestelmän suunnittelua. Järjestelmään vertailtiin tarkemmin eri ohjausratkaisuja, ja perustellen valittiin projektissa käytettäviä komponentteja. Näistä valinnoista merkittävimpanä projektissa päädyttiin käyttämään järjestelmän ohjaukseen Siemensin LOGO PLC-ohjainta. Projektin kohdistuvasta investoinnista toteutettiin takaisinmaksuaika laskelma, jossa todettiin, että koko hevosvilan ruokinnan automatisointi voisi maksaa itsensä takaisin jo reilussa kahdessa kuukaudessa.

Hahmotellusta järjestelmästä piirrettiin tarkempi dokumentointi käyttäen Cadmatic-sovellusta. Nämä kuvat lisättiin opinnäytetyöhön liitteenä. PLC:lle luotiin ohjelma, jonka avulla hallitaan järjestelmää. Ohjelman luonti käydään perusteellisesti läpi raportissa. Myös järjestelmän rakennus- ja sähkötyöt käydään läpi vaihe vaiheelta kuvien kanssa raportissa. Järjestelmä rakennettiin ja sen toimintaa testattiin. Järjestelmä todettiin toimivaksi ja se otettiin käyttöön hevosvilalla, jossa se on päivittäisessä käytössä. Raportin lopussa kerrotaan tarkemmin järjestelmään suunnitelluista lisäjärjestelmistä, jotka saatetaan lisätä projektiin tulevaisuudessa.

Avainsanat Automaatiosuunnittelu, maatalousautomaatio, PLC-ohjelmointi, sähkösuunnittelu
Sivut 33 sivua ja liitteitä 7 sivua

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Saatavilla olevat laitteistot.....	2
3	Ohjausjärjestelmien vertailu.....	3
4	Järjestelmän hahmottelu ja toiminta.....	5
4.1	Järjestelmän kuvaus	5
4.2	Viisi syötintä yhden sijaan.....	6
5	Komponenttien vertailu ja valinta	7
5.1	PLC:n vertailu	7
5.1.1	Eaton easyE4.....	8
5.1.2	Crouzet Millenium3	10
5.1.3	Siemens LOGO.....	11
5.2	Luukkujen toimilaitteet	13
5.3	Muut komponentit	15
6	Investoinnin takaisinmaksuaika	16
7	Sähkösuunnittelu	19
7.1	Cadmatic sähkökuvat	19
7.2	PLC:n ohjelmointi.....	20
8	Toteutus	23
8.1	Runkojen rakentaminen.....	23
8.2	Toimilaitteiden asentaminen	24
8.3	Sähköasennustyöt	25
8.4	Käyttöönotto.....	26
9	Järjestelmän mahdolliset laajennukset	27
9.1	Etäkäyttöliittymä.....	27
9.2	Kameravalvonta.....	27
9.3	Kotelolämmitin	28
10	Yhteenveto ja Pohdinta	29
	Lähdeluettelo	31

Kuvat

Kuva 1.	Syöttimen piirustus	6
---------	---------------------------	---

Kuva 2. EasySoft ohjelmointiympäristön käyttöliittymä (EATON, n.d.-b).....	8
Kuva 3. Crouzet Soft ohjelmointityökalun käyttöliittymä (SENTRONIC, n.d.).....	10
Kuva 4. Siemens LOGO! ohjelmiston käyttöliittymä. (SIEMENS, n.d.-b).....	12
Kuva 5. Kielimallinen lukko (ampul systems, n.d.-a).....	14
Kuva 6. Salpamallinen lukko (ampul systems, n.d.-b)	14
Kuva 7. Carlo Gavazzi SPMA241001 (Carlo Gavazzi, n.d.)	15
Kuva 8. Onnline ONNFIN24D IP65 -moduulikotelo (onninen, n.d.)	16
Kuva 9. Syöttimien PLC-ohjelma	21
Kuva 10. LOGO-näyttöjen hallinta	22
Kuva 11. Syöttimet ladon yläparvelle asennettuina	24
Kuva 12. Lukkomekanismin kiinnitys syöttimen runkoon.....	24
Kuva 13. Kenttäkeskus asennettuna ladon seinään	25

Taulukot

Taulukko 1. easyE4 PLC-ohjaimen laajennusmoduulit.....	9
Taulukko 2. easyE4 laajennusmoduulien hinnat.....	9
Taulukko 3. Millenium 3 lisämoduulien hintoja.....	11
Taulukko 4. Siemens LOGO lisämoduulien hinnat Farnell verkkokaupasta	13
Taulukko 5. Projektin kustannuslaskelma.....	17
Taulukko 6. Työntekijöiden palkkakustannukset.....	18
Taulukko 7. Heinäautomaattien takaisinmaksuaika.....	18

Kaavat

Kaava 1: Tehon kaava	15
----------------------------	----

Liitteet

Liite 1. Cadmatic sähkökuvat	
------------------------------	--

1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön aiheena on automaatiojärjestelmä, joka on suunniteltu helpottamaan hevoshoitajan päivittäisiä tehtäviä ja vähentämään työkuormaa. Hevosten ruokinta on perustoimenpide, joka on yksinkertainen mutta aikaa vievä. Sen toistuvan luonteen ja suoraviivaisuuden vuoksi ruokintaprosessi soveltuu hyvin automatisoitavaksi ilman massiivisia investointeja. Tässä työssä käsitellään heinäsyöttöjärjestelmän suunnittelua ja toteutusta, keskittyen sen tekniseen toteutukseen ja käytännön hyötyihin. Automaattisen syöttöjärjestelmän avulla hevostilan työntekijät voivat säästää merkittävästi aikaa päivittäisissä rutiineissaan. Ajan lisäksi voidaan säästää myös rahaa, kun työvoimaa ei tarvitse palkata pelkästään hevosten ruokkimiseen.

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Janakkalassa sijaitseva Koivuniemen talli. Tallin omistaja toi esille tarpeen automaattiselle syöttöjärjestelmälle, sillä erityisesti päivinä, jolloin tallilla ei ole liiketoimintaa, on kallista palkata työntekijä ainoastaan hevosten ruokintaa varten. Hevoset ruokitaan yleensä kolme tai neljä kertaa päivässä – aamulla, päivällä, illalla ja mahdollisesti myös yöllä. Ruokintakertojen jakautuminen pitkälle aikavälille tekee perinteisestä työvuorojärjestelystä epäkäytännöllisen sekä työnantajan että työntekijän näkökulmasta. Työnantajalle jatkuva palkkakustannus on merkittävä, jos muita töitä ei ole tarjolla, ja työntekijälle on epäkäytännöllistä käydä tallilla useita kertoja päivässä pelkästään ruokkimassa hevosia. Järjestelmälle on siis selvä tarve, ja se ratkaisee välittömästi ongelman tilaajalle. Tämä ratkaisu vähentää työvoimakustannuksia, tehostaa tallin toimintaa ja parantaa ruokinnan säännöllisyyttä.

Raportin alkupuolella käsitellään järjestelmän suunnitteluun liittyviä päätöksiä, kuten komponenttien ja ratkaisuvaihtoehtojen vertailua sekä työn kannalta keskeistä teoriaa. Lisäksi analysoidaan järjestelmän tuottamia konkreettisia säästöjä tilaajalle, vertaamalla niitä järjestelmän kustannuksiin. Näin pyritään arvioimaan järjestelmälle takaisinmaksuaika, mikä on tärkeä näkökulma investoinnin kannattavuuden arvioimisessa. Raportin loppupuolella keskitytään itse järjestelmän rakentamiseen. Tämä sisältää dokumenttien kuten piirikaavioiden ja keskuskaavioiden suunnittelun/piirtämisen, PLC-ohjelmoinnin, kenttäkeskuksen rakentamisen sekä syöttimien runkojen valmistuksen, järjestelmän sähköistämisen ja käyttöönoton. Viimeisenä perinteisesti tarjolla työn pohdintaosio, jossa käsitellään projektin aikana tehtyjä havaintoja, mahdollisia laajennuksia sekä lisäominaisuuksia tai moduuleja, jotka olisivat voineet täydentää järjestelmää.

2 Saatavilla olevat laitteistot

Markkinoilla on jo olemassa muutamia yrityksiä, jotka tarjoavat automaattisia ruokintalaitteita. Esimerkiksi suomalainen Horse Haytec valmistaa syöttökatoksia, ja Heinätin -niminen yritys kehittää automaattisia syöttimiä. Ideat näiden yritysten tuotteiden toimintaperiaatteissa ovat samankaltaisia, mutta niiden ohjausmenetelmät ja rakenteelliset ratkaisut vaihtelevat.

Horse Haytec -syöttimet ovat katosrakenteisia ruokintajärjestelmiä, joissa heinäpaali sijoitetaan katoksen sisälle hevosten saataville. Syöttömekanismi perustuu katoksen seinissä oleviin paneeleihin, joiden liikuttaminen säätelee hevosten pääsyä heinään. Kun ruokinta halutaan mahdollistaa, paneelit lasketaan alas, jolloin hevoset voivat syödä vapaasti. Ruokinta-ajan päättyessä paneelit nostetaan ylös, estäen hevosten pääsyn heinäpaaliin. Horse Haytec- ei paljasta sivuillaan paneelien ajoon käytettävää toimilaitetta tai muita ohjaukseen liittyviä yksityiskohtia. (Horse Haytec, n.d.)

Rakenteellisesti syöttimet ovat tukevia ja suunniteltu kestävään ulkokäyttöä, mutta niiden käyttöönotto vaatii laajan ja tasaisen asennusalueen. Usein syöttökatokset edellyttävät myös betonivalusta tehdyn pohjan, mikä voi rajoittaa niiden soveltuvuutta erityisesti olemassa oleviin talliympäristöihin. Tämä rakenteellinen vaatimustaso voi tehdä järjestelmästä haastavan toteuttaa tiloissa, joissa tilaa on rajoitetusti tai joissa halutaan välttää suuria rakennustöitä. (Horse Haytec, n.d.)

Heinättimen tuotevalikoima koostuu monipuolisista ruokinta-automaateista, joista osa on toiminnaltaan samankaltaisia Horse Haytecin tuotteiden kanssa. Esimerkiksi "paalivahti"-tyyppiset automaattit säätelevät hevosten heinäsaantia nostamalla ja laskemalla joko paneeleita tai pressuja heinäpaalin ympäriltä. Näiden lisäksi Heinätin tarjoaa myös pienempiä automaatteja, jotka on suunniteltu yksittäisten hevosten ruokintaan. Nämä kompaktit syöttimet kiinnitetään esimerkiksi karsinan seinään, ja ne jakavat heinää ennalta määritettyjen aikavälien mukaisesti. Heinätin ei myöskään paljasta laitteistojen tarkempia toimilaitteita tai ohjauskomponentteja. (Heinätin , n.d.)

Molemmille yrityksille yhteistä on tuotteiden korkea hintataso. Edullisimpien automaattien hinnat alkavat noin tuhannesta eurosta, ja laajempien järjestelmien kustannukset nousevat kymmeneen tuhanteen euroon. Tämä voi tehdä investointipäätöksestä hankalaa varsinkin pienemmille hevostiloille.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on kehittää ratkaisu, joka mahdollistaa suuremman hevospäärän ruokinnan automatisoinnin edullisemmin ja ilman laajoja rakennustöitä. Järjestelmän suunnittelussa painotetaan kustannustehokkuutta ja joustavuutta erilaisiin talliympäristöihin.

3 Ohjausjärjestelmien vertailu

Heinäsyöttimien automatisointi voidaan toteuttaa usealla eri ohjausratkaisuilla, joilla kaikilla on omat etunsa ja rajoituksensa. Tähän projektiin parhaiten soveltuvat ohjausmenetelmät ovat ohjelmoitavat logiikkaohjaimet (PLC:t), ajastinreleet ja mikrokontrolleripohjaiset järjestelmät (esim. Arduino, Raspberry Pi). Sopivan ohjausratkaisun valinta vaikuttaa projektin kustannukseen, järjestelmän muokattavuuteen, laajennettavuus mahdollisuuteen ja järjestelmän luotettavuuteen käytännön olosuhteissa. Tämä osio vertailee kolmea aikaisemmin mainittua ohjausmenetelmää ja tarkastelee niiden vahvuuksia ja heikkouksia tämän opinnäytetyö projektin kannalta.

PLC:t ovat yleisesti käytössä automaatio-sovelluksissa niiden kestävyiden ja luotettavuuden vuoksi, ja ne tarjoavat luotettavan ratkaisun heinäsyöttimien ohjaukseen. PLC ohjelmoinnin monipuolisuus mahdollistaa, että ohjelmaan saadaan räätälöityä juuri asiakkaalle sopivat ominaisuudet, kuten esim. ruokinta-aikataulu. Lisäksi nykyaikaiset PLC:t tarjoavat etäseurantamahdollisuuksia, joiden avulla ruokintaprosessia voidaan hallita ja tarkkailla mobiililaitteiden tai tietokoneiden kautta. PLC-järjestelmät ovat myös helposti laajennettavissa, mikä mahdollistaa uusien järjestelmien lisäämistä tulevaisuudessa. Vaikka PLC-järjestelmien alkuinvestointi on korkeampi kuin yksinkertaisemmissa ratkaisuisissa, niiden kestävyys ja pitkän aikavälin luotettavuus tekevät niistä varman vaihtoehdon vaativiin maatilaympäristöihin.

Ajastinreleet ovat yksinkertainen ja kustannustehokas vaihtoehto heinäsyöttinjärjestelmän ohjaukseen. Ne perustuvat ennalta määritettyihin aikatauluihin, mikä tekee niistä helppoja asentaa ja käyttää. Tämä ratkaisu soveltuu tilanteisiin, joissa ruokinta-aikataulu on vakio eikä anturipohjaista säätöä tarvita. Ajastinreleillä on kuitenkin merkittäviä rajoituksia, erityisesti joustavuuden ja mukautuvuuden suhteen. Ruokinta perustuu täysin ennalta asetettuihin aikoihin, mikä voi olla ongelmallista tilanteissa, joissa eläinten ruokintatarpeet vaihtelevat. Lisäksi ajastinreleiden manuaalinen säätäminen voi olla työlästä, jos ruokinta-aikataulua joudutaan muuttamaan usein esimerkiksi vuodenaikojen mukaan. Myös

laajennusmahdollisuudet ovat huomattavasti heikommalla tasolla ajastinreleiden kanssa verrattuna muihin vertailun vaihtoehtoihin.

Mikrokontrolleripohjaiset järjestelmät, kuten Arduino ja Raspberry Pi, tarjoavat ohjelmitavuuden ja anturien hyödyntämismahdollisuuden ilman PLC:iden korkeita kustannuksia. Ne voivat vastaanottaa tietoa esimerkiksi paino- tai liikeantureilta ja mukauttaa ruokintaa eläinten käyttäytymisen mukaan. Lisäksi ne voidaan liittää langattomiin verkkoihin, mikä mahdollistaa järjestelmän etäohjauksen. Kuitenkin mikrokontrollerit eivät ole yhtä kestäviä kuin PLC:t maatilaympäristössä, ja ne vaativat useita lisäkomponentteja, kuten releitä ja virtalähteitä, jotta ne voivat ohjata suuritehoisia laitteita luotettavasti.

Mikrokontrollerijärjestelmät mahdollistavat joustavan ja mukautuvan ruokinnan automatisoinnin, mutta ne eivät ole yhtä vakaita ja pitkäikäisiä kuin teollisuuskäyttöön suunnitellut PLC:t. Lisäksi ohjelmistopohjaisen ratkaisun ylläpito ja mahdollisten ohjelmistovirheiden hallinta voi vaatia lisäresursseja ja teknistä osaamista, jota tallin henkilökunnalta ei löydy. Mikrokontrollerit voivat kuitenkin olla hyvä valinta tilanteisiin, joissa tarvitaan edullista mutta ohjelmitavaa ratkaisua pienimuotoiseen ruokintajärjestelmään.

Ohjauksratkaisun valinta riippuu maatilan tarpeista ja ruokintaprosessin vaatimuksista. Ajastinreleet ovat edullinen ja yksinkertainen vaihtoehto, mutta ne eivät tarjoa joustavuutta. PLC:t mahdollistavat monipuolisen ohjauksen, sensorien hyödyntämisen ja etävalvonnan, mutta niiden hankintakustannukset ovat korkeammat. Mikrokontrolleripohjaiset järjestelmät tarjoavat ohjelmitavuutta ja kustannustehokkuutta, mutta niiden kestävyys ja luotettavuus voivat olla heikompia vaativissa maatalaolosuhteissa.

Tässä projektissa päädyttiin käyttämään PLC-ohjausta. Ajastinreleet suljettiin pois harkinnasta jo varhaisessa vaiheessa, sillä projektin lopullista laajuutta ja monimutkaisuutta ei ollut vielä täysin määritelty. Lisäksi opinnäytetyön kannalta ajastinreleet eivät olisi tarjonneet riittävästi teknistä haastetta niiden yksinkertaisuuden vuoksi. Koska projektia on tarkoitus laajentaa tulevaisuudessa, haluttiin käyttöön järjestelmä, joka mahdollistaa joustavan laajennettavuuden. Tämän vuoksi valinta rajattiin PLC- tai mikrokontrolleripohjaiseen ohjaukseen.

Mikrokontrollerit jätettiin pois vaihtoehdoista ensisijaisesti niiden monimutkaisemman käyttönoton ja ohjelmoinnin vuoksi. Lisäksi tallin henkilökunta painotti järjestelmän

helppokäyttöisyyttä, mikä puolsi PLC-ohjaimen valintaa. Vaikka mikrokontrolleripohjainen ratkaisu olisi ollut opinnäytetyön kannalta mielenkiintoinen toteuttaa, se ei käytännön näkökulmasta tarjonnut yhtä selkeitä etuja kuin perinteinen PLC-ohjaus.

4 Järjestelmän hahmottelu ja toiminta

4.1 Järjestelmän kuvaus

Kyseessä on automaattinen heinänsyötin, eli laitteisto, joka täytetään manuaalisesti heinällä ja se annostelee sen hevosten syötäväksi halutuun aikavälein. Laitteisto sijoitetaan ladon sisätiloihin ns. yläparvelle, lähelle heinävarastoa, jotta sen lastaaminen on mahdollisimman vaivatonta. Laitteisto suunnitellaan siten, että heinät pudotetaan ladon alatasoon, joka on osa hevosten aitausta.

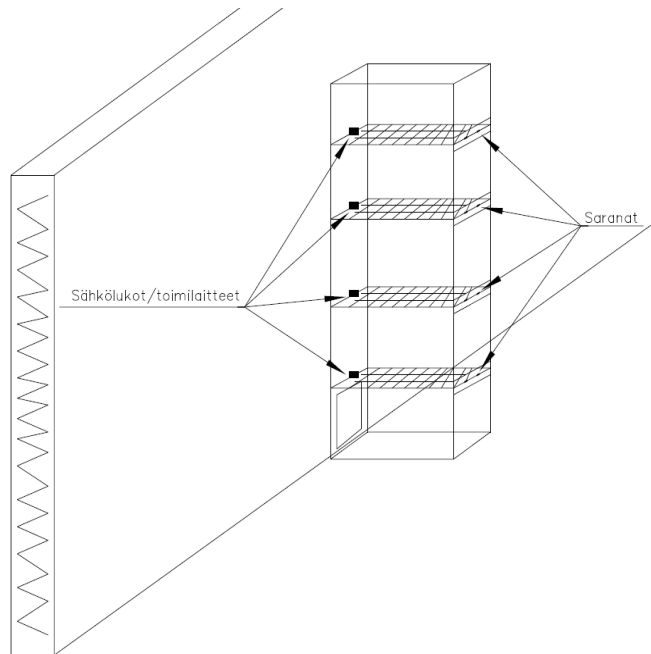
Projekti koostuu viidestä syöttimestä ja kenttäkeskuksesta, joka toimii järjestelmän ohjausyksikkönä. Kenttäkeskus on käytännössä järjestelmän "aivot", sillä se sisältää PLC:n, joka ohjaa syöttimien luukkujen avautumista. Lisäksi kenttäkeskuksessa on teholähde, joka tuottaa käyttövirran kaikille järjestelmän komponenteille ja muutama toinen komponentti.

Syötin on käytännössä kotelo, jonka sisällä neljä päällekkäistä luukkuja kannattelevat heinäannoksia. Luukkuja ohjataan sähköisesti PLC:n toimesta siten, että esimerkiksi ensimmäinen (alin) luukku aukeaa klo 6. Tämän jälkeen seuraava luukku aukeaa klo 12 ja prosessi jatkuu kuuden tunnin välein, kunnes kaikki neljä luukkuja on avattu ja tyhjennetty. Luukut toimivat painovoiman avulla: niitä pidetään suljettuina sähköisellä lukolla, mutta vapautettaessa lukot, luukut putoavat auki ja heinä tippuu ulos, jolloin hevoset voivat syödä sen.

Syöttimet täytetään manuaalisesti, eli kun kaikki luukut on käytetty, ne suljetaan ja täytetään uudelleen heinällä. PLC-ohjelma on suunniteltu mahdollistamaan syöttimien täyttäminen milloin tahansa vuorokauden aikana ilman, että niiden avautumisjärjestys häiriintyy. Lisäksi järjestelmä tukee täyttämistä myös ennen kuin kaikki luukut ovat avautuneet. Esimerkiksi tilanteessa, jossa osa luukuista on jo avautunut, mutta syöttimet halutaan täyttää uudelleen aikataulun vuoksi, järjestelmä voidaan palauttaa alkuasetuksiin. Tätä varten laitteiston läheisyydessä on Reset-painike, jonka painaminen nolaa syöttimien

järjestyksen, varmistaen, että luukut avautuvat jälleen suunnitellussa järjestyksessä. Kuvassa 1 on esitetty karkea piirros syöttimestä.

Kuva 1. Syöttimen piirustus



4.2 Viisi syötintä yhden sijaan

Ilmiselvä kysymys syöttimistä saattaa syntyä; miksi viisi syötintä yhden ison syöttimen sijasta? Alun perin suunnitelmana oli toteuttaa yksi suuri syötin, mutta tämä lähestymistapa toi esiin ongelman, joka ei ollut mekaaninen, vaan liittyi hevoslauman käyttäytymiseen.

Hevonen on laumaeläin, ja laumassa on yleisesti vahva hierarkia. Tämä tarkoittaa, että kun hevosille pudotetaan yksi suuri kasa heinää. Lauman johtaja saattaa päättää, että tämä heinä kuuluu vain hänelle. ”Aggressiiviset tai hallitsevat hevoset saattavat syödä enemmän kuin oman osuutensa ajamalla muut pois, ja arat hevoset eivät välttämättä saa tarpeeksi rehua.” Näin sanotaan myös (Kentucky Equine Research, 2011) artikkelissa. Tällaisessa tilanteessa siis aremmat hevoset saattavat jäädä kokonaan ilman heinää, ja lauman johtaja saattaa tulla liikalihavaksi heinästä.

Tämän ongelman ratkaisemiseksi valittiin viisi syötintä yhden suuren sijasta. Näin ollen heinä jaetaan useampaan pienempään kasaan, jotka sijaitsevat kauempana toisistaan.

Tämä mahdollistaa sen, että kaikki lauman hevoset saavat syötyä oikean määrän heinää ilman, että yksittäiset hevoset estävät muiden ruokailua.

5 Komponenttien vertailu ja valinta

5.1 PLC:n vertailu

Projektin tärkein ja kallein yksittäinen komponentti on PLC-ohjain, joka toimii järjestelmän keskeisenä ohjausyksikkönä. Tämän vuoksi on olennaista vertailla eri vaihtoehtoja huolellisesti, jotta valittu laite vastaa projektin teknisiä ja taloudellisia vaatimuksia mahdollisimman hyvin. Vertailussa mukana olevat PLC:t ovat ominaisuuksiltaan päällisin puolin hyvin samankaltaisia: kaikissa on kahdeksan sisääntuloa (Input), neljä relelähtöä (Relay Output), LCD-näyttö sekä painonapit näytön hallintaan. Näiden yhtäläisyyksien ohella laitteiden välillä on kuitenkin eroja, jotka voivat olla merkittäviä järjestelmän toimivuuden ja skaalautuvuuden kannalta. Eri PLC-ohjaimia vertailemalla voidaan valita projektiin paras vaihtoehto muutaman pääkriteerin avulla:

- Ohjelmointiympäristö: Ohjelmointiympäristön käytettävyys, luotettavuus ja ominaisuudet vaikuttavat suoraan kehitystyön sujuvuuteen.
- Laajennettavuus: Järjestelmän laajentamismahdollisuudet tulevaisuudessa ovat tärkeitä, sillä projektin tarpeet voivat muuttua tai kasvaa. Laajennettavuuteen liittyvät erityisesti lisämoduulit ja niiden saatavuus.
- Kustannukset: Laitteen hankintahinta ja lisämoduulien kustannukset ovat keskeisiä tekijöitä taloudellisen arvioinnin kannalta.

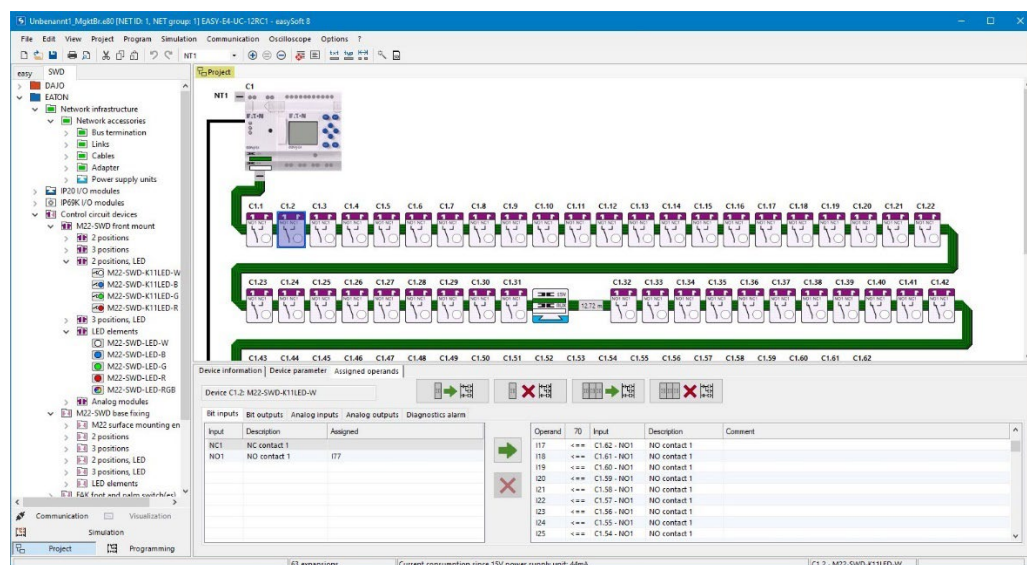
Laitteiden hintoja vertaillaan Elfa Distrelec -verkkokaupasta, joka tarjoaa vertailussa olevat PLC:t sekä suurimman osan niiden lisämoduuleista. Käyttämällä samaa verkkokauppaa lähteenä kaikkien laitteiden hintoihin saadaan mahdollisimman objektiivinen vertailupäätös. Samalla vältytään siltä, että vertaillaan eri verkkokauppojen hintoja, jolloin tuotteissa saattaa olla eri katteet, eri maista tilattuna hinnat voivat vaihdella yms.

5.1.1 Eaton easyE4

Eatonin easyE4 ohjelmoidaan Eatonin omalla easySoft sovelluksella. Sovellus tarjoaa käyttäjälle ”standardin” näköisen PLC ohjelmointi käyttöliittymän. Käyttöliittymä näkyvässä kuvassa 2. Tarjolla olevat ohjelmointikielieet ovat myös kaikille alan toimijoille tutut, eli Ladder Diagram (LD), Function Block Diagram (FBD), Structured Text (ST). Näiden kielten lisäksi on tarjolla myös Eatonin oma ”easy” ohjelmointikieli (easy device programming, EDP). Se on visuaalinen ohjelmointikieli, joka toimii hyvin samankaltaisesti kuin FBD kieli. Se on suunniteltu olemaan simppele kieli, jota voidaan opetella käyttämään ilman koulutusta. (EATON, n.d.-b)

EasySoft ohjelmiston saa ladattua Eatonin sivuilta ilman lisenssimaksuja. Tällä ohjelmaversiolla saa rakennettua ja simuloitua projekteja, mutta jos halutaan ladata projekti laitteeseen, niin täytyy ostaa ohjelmalisenssi. Eatonin omilta sivuilta ei saa suoraa hintaa selville, mutta useammasta verkkokaupasta lisenssin saa n. 60–80 € hintaan. Esimerkiksi (Distrelec, n.d.) verkkokaupasta. (EATON, n.d.-b)

Kuva 2. EasySoft ohjelmointiympäristön käyttöliittymä (EATON, n.d.-b)



EasyE4 PLC-ohjaimen voidaan liittää maksimissaan 11 laajennusmoduulia. Laajennusmoduulit yhdistyvät ohjaimen ”plug and play” tyyliä eli ne liitetään sisäänrakennetun liittimen avulla, joten niitä ei tarvitse erikseen kaapeloida. Tarjolla olevat laajennusmoduulit ovat näkyvässä taulukossa 1. EasyE4 releet voidaan liittää internetiin Ethernet kaapelin avulla. Tarkoittaen, että ne tarvitsevat erillisen reitittimen, mikäli tietoa halutaan lähettää langattomasti esim. tietokoneen tai mobiililaitteen käyttöliittymään.

Ethernetin lisäksi easyE4 releet tarjoavat Modbus TCP-, Modbus RTU- ja SmartWire-DT- viestinnän mahdollisuudet. (EATON, n.d.-a; EATON, n.d.-b)

Taulukko 1. easyE4 PLC-ohjaimen laajennusmoduulit

Merkintä	Tulot		Lähdöt			Teholähde
	Digitaaliset	Analogiset	Rele (5A)	Transistori	Analogiset	
EASY-E4-UC-8RE1 - I/O-laajennusmoduuli 4 DI / 4 Rele	4	-	4	-	-	12/24 V DC, 24 V AC
EASY-E4-UC-16RE1 - I/O-laajennusmoduuli 8 DI / 8 Rele	8	-	8	-	-	12/24 V DC, 24 V AC
EASY-E4-DC-8TE1 - I/O-laajennusmoduuli 4 DI / 4 Transistori	4	-	-	4	-	24 V DC
EASY-E4-DC-16TE1 - I/O-laajennusmoduuli 8 DI / 8 Transistori	8	-	-	8	-	24 V DC
EASY-E4-AC-8RE1 - I/O-laajennusmoduuli 4 DI / 4 Rele 240V	4	-	4	-	-	100–240 V AC/DC
EASY-E4-AC-16RE1 - I/O-laajennusmoduuli 8 DI / 8 Rele 240V	8	-	8	-	-	100–240 V AC/DC
EASY-E4-DC-6AE1 - I/O-laajennusmoduuli 4 AI / 2 AO	-	4	-	-	2	24 V DC
Lämpötilatulo, EASY-E4-DC-4PE1 - I/O-laajennusmoduuli 4 RTD	-	4	-	-	-	24 V DC

Elfa Distrelec verkkokaupasta saa ostettua easyE4 PLC-ohjaimen n. 230 €/kpl hintaan. Samasta verkkokaupasta voidaan tarkastella laajennusmoduulien hintoja, jotka on kasattu näkyviin taulukkoon 2. Kaikissa hinnoissa on mukaan laskettu arvonlisävero. (ELFA DISTRELEC, n.d.-a; ELFA DISTRELEC, n.d.-b)

Taulukko 2. easyE4 laajennusmoduulien hinnat

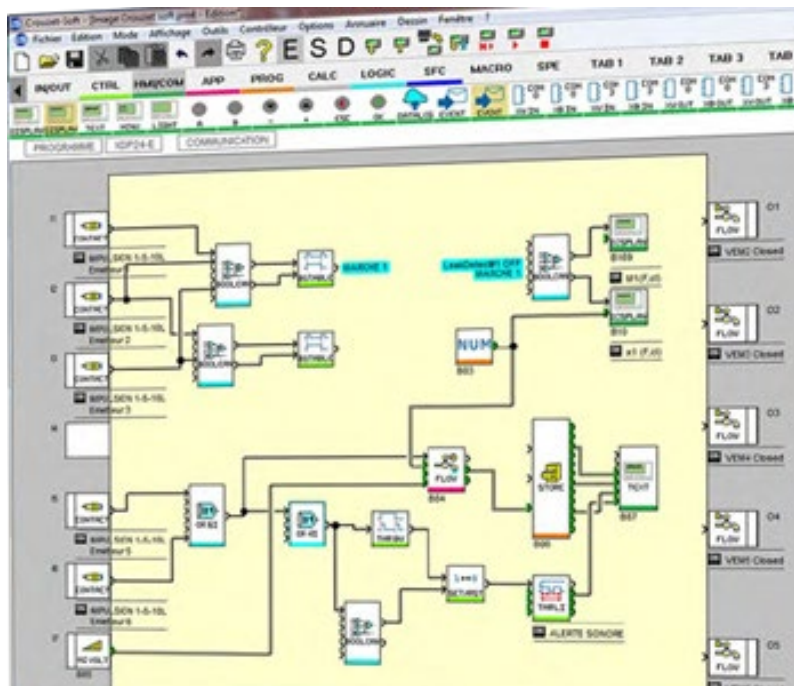
Merkintä	Hinta
EASY-E4-UC-8RE1 - I/O-laajennusmoduuli 4 DI / 4 Rele	108,68 €
EASY-E4-UC-16RE1 - I/O-laajennusmoduuli 8 DI / 8 Rele	161,39 €
EASY-E4-DC-8TE1 - I/O-laajennusmoduuli 4 DI / 4 Transistori	105,17 €
EASY-E4-DC-16TE1 - I/O-laajennusmoduuli 8 DI / 8 Transistori	183,23 €
EASY-E4-AC-8RE1 - I/O-laajennusmoduuli 4 DI / 4 Rele 240V	119,48 €
EASY-E4-AC-16RE1 - I/O-laajennusmoduuli 8 DI / 8 Rele 240V	198,17 €
EASY-E4-DC-6AE1 - I/O-laajennusmoduuli 4 AI / 2 AO	157,88 €
Lämpötilatulo, EASY-E4-DC-4PE1 - I/O-laajennusmoduuli 4 RTD	169,93 €

5.1.2 Crouzet Millenium3

Ranskalaisen Crouzetin valmistama Millenium3 PLC-ohjaimen ohjelmointi tapahtuu firman omalla ”M3 Soft” tai ”Crouzet soft” nimisellä ohjelmointityökalulla. Kyseinen ohjelmisto on suunniteltu mahdollisimman helppokäyttöiseksi. Crouzetin verkkosivuilla ensimmäinen asia, jolla ohjelmistoa kuvaillaan: ”Quick, simple and intuitive programming requires no specialist knowledge.” Tähän teemaan sopii myös ohjelmiston käyttöliittymä ja ohjelmointikieliet, jotka kaikki painottavat visuaalista selkeyttä. Käyttöliittymä näkyvässä kuvassa 3. Tarjolla olevat ohjelmointikieliet ovat FBD, LD tai SFC (Sequential Function Chart), joka on simppelel sekvenssiohjelma. (CROUZET, n.d.)

Poikkeuksellisesti toisiin PLC-ohjaimiin verrattuna Crouzet Soft on ladattavissa Crouzetin verkkosivuilta täysin ilmaiseksi ilman ylimääräisiä lisenssimaksuja.

Kuva 3. Crouzet Soft ohjelmointityökalun käyttöliittymä (SENTRONIC, n.d.)



Millenium 3 PLC-ohjaimia on saatavilla laaja lista eri ominaisuuksilla ja eri määrällä I/O:ta. Osa ohjaimista on laajennettavia lisämoduulien avulla. Laajennettaviin ohjaimiin on tarjolla lisämoduuleita, jotka liittyvät PLC-ohjaimen sisäänrakennetulla liittimellä. Nämä ohjaimet ovat laajennettavissa 50 tuloon/lähtöön asti. Valta osassa millenium 3 PLC-ohjaimia on myös mahdollisuus Bluetooth yhteyden muodostamiseen, jonka avulla tietoa saadaan helposti lähetettyä mobiililaitteen tai tietokoneen käyttöliittymiin. Toisin kuin muissa

vertailuissa ohjaimissa millenium 3 ohjaimissa ei ole vakiona RJ45 liittintä, vaan ohjelmien lataaminen PLC:lle tapahtuu Crouzetin oman erikoiskaapelin avulla. Lisämoduulin avulla Millenium 3 ohjaimiin saadaan RS485 Modbus, Ethernet TCP/IP Modbus yhteensopivuus. (CROUZET, n.d.)

Kuten aikaisemmin mainittiin, Millenium 3 ohjaimia on tarjolla pitkä lista, ja hinnat riippuvat pitkälti I/O:den määrästä, ja muista lisäominaisuuksista. Perusmallin laajennettavan Millenium 3 PLC-ohjaimen saa (ELFA DISTRELEC, n.d.-a) verkkokaupasta hintaan 277,98 € (Sis. ALV). Tämä ei sisällä Crouzetin erikoiskaapelia, joka tarvitaan ohjelmien lataamiseen PLC:lle. Tämän kaapelin hinta samassa verkkokaupassa on alvin kanssa 201,88 €. Saman verkkokaupan lisämoduulien hintoja on kasattu taulukkoon 3 (ELFA DISTRELEC, n.d.-b).

Taulukko 3. Millenium 3 lisämoduulien hintoja

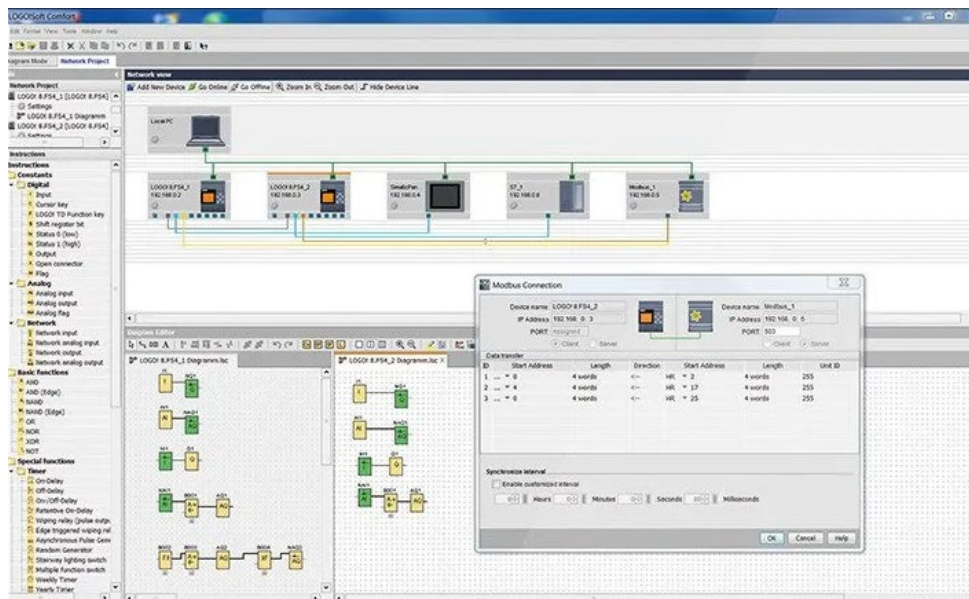
Merkintä	Hinta
Laajennusmoduuli 8 Digitaalinen / 6 Rele, 24V	177,96 €
Laajennusmoduuli 6 Digitaalinen / 4 Rele, 24V	212,72 €
I/O-moduuli 6 Digitaalinen / 4 Rele 230V	204,31 €
I/O-laajennusmoduuli 6 Digitaalinen / Analoginen / 4 SSR / Analoginen 28.8V	310,11 €

5.1.3 Siemens LOGO

Logo PLC-ohjainten ohjelmointi toteutetaan Siemensin LOGO! Software ohjelmointityökalulla. Sovellus on ulkonäöltään hyvin samanlainen kuin Siemensin muut ohjelmointityökalut kuten TIA tai Step-7. Se tarjoaa siis perinteisen käyttöliittymän PLC ohjelmointiin. Käyttöliittymä näkyvässä kuvassa 4. Ohjelmointikieliksi tarjotaan FBD tai LD. Verrattuna kahteen aikaisemman valmistajan sovelluksiin Siemens ei yritä markkinoida sovelluksen helppokäyttöisyyttä tai ohjelmoinnin simppeilyttä. Se on enemmän markkinoitu yritysmarkkinoille ja muille alan toimijoille. (SIEMENS, n.d.-b)

LOGO! Software demoversio on ladattavissa Siemensin verkkosivuilta ilmaiseksi. Tällä versiolla saadaan kasattuja rajatusti ohjelmia ja simuloitua ohjelman toimintaa. Tällä versiolla ei kuitenkaan ole mahdollista luoda yhteyttä PLC-ohjaimen eikä ohjelmaa saada ladattua PLC:lle. Tätä varten joudutaan aktivoimaan ohjelmaliisenssi, jonka hankkiminen voi olla hankalaa yksityisasiakkaalle. Yksittäisiä lisenssejä voi ostaa verkosta kolmannen osapuolen myyjiltä kuten esim. Ebay:sta tai Amazonista. Näissä verkkokaupoissa hinnat pyörivät 60—100 € kohdilla. (amazon, n.d.) (SIEMENS, n.d.-b)

Kuva 4. Siemens LOGO! ohjelmiston käyttöliittymä. (SIEMENS, n.d.-b)



Myös LOGO ohjaimet ovat modulaarisesti laajennettavia. Laajennusmoduulien avulla LOGO yksikköön voidaan liittää maksimissaan 24 digitaalista- ja 8 analogituloa, 20 digitaalista- ja 8 analogilähtöä. Lisämoduuleita on saatavilla seuraavilla ominaisuuksilla: (SIEMENS, n.d.-a)

- Digitaaliset:
 - Syöttöjännitteet: 12–24 V DC; 24 V DC; 24 V AC/DC; 120/230 V AC/DC.
 - Digitaalisten tulojen lukumäärä: 4–8
 - Digitaalisten lähtöjen määrä: 4–8 (rele- ja transistorilähdöt)
 - Jatkuva virta: 0,3 A transistorilähtöjen osalta tai 3 A (induktiivinen kuorma) – 5 A (resistiivinen kuorma) rellähtöjen osalta.
- Analogiset:
 - Syöttöjännitteet: 12–24 V DC; 24 V DC
 - Analogisten I/O määrä: 2/0; 0/2
 - Tulo-/lähtöalue: 0–10 V tai 0/4–20 mA
 - RTD-moduuli lämpötilan mittaamiseen 2- tai 3-johdinmittauksella (2 x PT100 tai PT1000) alueella -50–200 °C.

Moduulien lisäksi LOGO ohjaimessa on sisäänrakennettu RJ45 portti, joka tukee Ethernet ja Modbus TCP/IP kommunikointiprotokollia. Tämän lisäksi osassa LOGO ohjaimissa on integroitu SIM- korttipaikka, joka mahdollistaa langattoman MQTT kommunikoinnin muiden laitteiden kanssa. (SIEMENS, n.d.-a)

MQTT:llä varustettu LOGO PLC maksaa (ELFA DISTRELEC, n.d.-e) verkkokaupassa 194,27 € (sis. ALV). Lisämoduuleita ei ollut valitettavasti myynnissä samassa verkkokaupassa, mikä vaikeutti hintojen arviointia ja saatavuuden analysointia. Tämä voi luoda merkittäviä haasteita, mikäli projekteissa tarvitaan laajennettavuutta esim., jos halutaan enemmän I/O kanavia. (Farnell, n.d.) verkkokaupasta löytyi muutama lisämoduuli, mutta niiden saatavuus ja valikoima osoittautuivat rajallisiksi. Lisämoduulien hinnat näkyvissä taulukossa 4.

Taulukko 4. Siemens LOGO lisämoduulien hinnat Farnell verkkokaupasta

Merkintä	Hinta
Logic Module, 230 V, Digital 8 I/P, 4 O/P, LOGO! Series	120,0 €
Logic Module, 0.3 A, 24 VDC, Digital 8 I/P, 4 O/P, LOGO! Series	112,0 €

Vertailun perusteella projektissa päätettiin käyttää Siemens LOGO -PLC-ohjainta. Tärkeimpänä valintaperusteena oli aikaisempi kokemus LOGO-ohjaimen käytöstä, mikä teki toimilaitteen ja ohjelmointiympäristön ennestään tutuiksi. Lisäksi LOGO-ohjaimen ohjelmointityökalu oli käytettävissä ilman lisenssimaksuja, mikä toi kustannussäästöjä.

Crouzet Millenium 3 -ohjain suljettiin pois harkinnasta pääasiassa sen korkeampien kustannusten ja epäkäytännöllisen ohjelmointiympäristön vuoksi. LOGO:n ja Eaton easyE4:n hinnat olivat lähes samat, mutta edellä mainitut syyt, kuten tutuus ja käytön helppous, kallistivat valinnan LOGO-ohjaimen eduksi.

5.2 Luukkujen toimilaitteet

Luukkujen toimilaitteiden valinnassa harkittiin muutamaa eri vaihtoehtoa. Ensimmäiseksi tarkasteltiin perinteistä kielimallista oven lukkoa, joka on esitetty kuvassa 5. Kyseinen toimilaitte tilattiin testikäyttöä varten ampul systems verkkokaupasta, mutta suunnittelu- ja testausvaiheessa ilmeni ongelmia laitteen kiinnittämisessä syöttimen runkoon sen muodon vuoksi. Lisäksi heräsi kysymyksiä toimilaitteen kestävydestä ja mekanismin toiminnasta erityisesti tilanteissa, joissa siihen kohdistuu luukun paino, varsinkin talvipakkasten aiheuttamissa olosuhteissa. (ampul systems, n.d.-a)

Kuva 5. Kielimallinen lukko (ampul systems, n.d.-a)



Toinen testausta varten hankittu toimilaite oli salpamallinen lukko, joka on esitetty kuvassa 6. Tämä lukkomalli soveltui projektiin huomattavasti paremmin, sillä sen runko on helppo kiinnittää syöttimeen, ja salpa voidaan kiinnittää vaivattomasti luukkuun. Lisäksi lukon kestävyys herättää vähemmän huolta, sillä valmistajan mukaan lukko on suunniteltu kannattelemaan enintään 50 kg:n painon (ampul systems, n.d.-b). Syöttimessä lukko tukee puista luukkuja ja heinälastia, joiden yhteispaino on huomattavasti alle 50 kg. Näin ollen lukon kestävydestä ei todennäköisesti aiheudu ongelmia.

Kuva 6. Salpamallinen lukko (ampul systems, n.d.-b)



5.3 Muut komponentit

Valtaosa projektin komponenteista toimii 24 V:n jännitteellä, joten kenttäkeskukseen tarvittiin sopiva virtalähde. Virtalähteen mitoittamiseksi laskettiin komponenttien vaatima kokonaisteho hyödyntäen tehon kaavaa (Kaava 1).

Kaava 1. Tehon kaava

$$P = U * I$$

missä P = teho, U = jännite ja I = virta.

PLC-ohjaimen ja lukkojen virrankulutus mitattiin itse Fluke 175 -yleismittarilla. Mittauksista saatiin selville, että 24 V:n jännitteellä PLC kuluttaa maksimissaan vain n. 8 mA ja yksittäinen lukko vetää avautuessaan hetkellisesti noin 0,7 A virtaa. Koska syöttimiä on yhteensä viisi, ja kaikki viisi lukkoa aktivoituvat samanaikaisesti. Hetkellinen virrankulutus nousee 3,5 A:iin. Tämä virtapiikki on kuitenkin lyhytkestoinen, ja kestää vain sekunnin murto-osan ajan lukkojen avautuessa. Yhteensä järjestelmän maksimivirrankulutus on siis n. 3,5 A. Kun käytetty jännite on 24 V, järjestelmän maksimiteho on tällöin 84 W. Lasketun maksimitehon perusteella teholähteeksi valittiin Carlo Gavazzi SPMA241001, joka tuottaa 24 V:n jännitteen ja maksimissaan 3,8 A:n virran, eli noin 91 W:n tehon. Tämä teholähde valittiin sen teknisen sopivuuden ja saatavuuden vuoksi. Teholähde nähtävissä kuvassa 7. (Carlo Gavazzi, n.d.)

Kuva 7. Carlo Gavazzi SPMA241001 (Carlo Gavazzi, n.d.)



Koska järjestelmä sijaitsee ladossa, jonka sähköjärjestelmä on peräisin 1900-luvun loppupuolelta ja jossa suojauksena käytetään ainoastaan vanhoja tulppasulakkeita, päätettiin lisätä kenttäkeskukseen yksittäinen 10 A:n johdonsuojakatkaisija parantamaan turvallisuutta. Tämä ratkaisu suojaa järjestelmää oikosulkujen ja muiden poikkeuksellisten vikojen varalta. Lisäksi johdonsuojakatkaisijaa voidaan tarvittaessa käyttää pääkytkimenä, mikä mahdollistaa järjestelmän turvallisen kytkemisen pois päältä huolto- tai vikatilanteissa. Käytettävä johdonsuojakatkaisija on CHINT NB1-63 C10. Se valittiin sen helpon saatavuuden vuoksi. (CHINT, n.d.)

Kenttäkeskuksena käytetään kuvassa 8 näkyvää Onnline ONNFIN24D IP65 -moduulikotelo, joka valittiin projektiin sen tarjoaman suojauksen ja käytännöllisyyden vuoksi. IP65-luokitus varmistaa, että kotelo suojaa komponentteja tehokkaasti pölyltä ja kosteudelta. Lisäksi kotelossa on avoin etupaneeli, joka mahdollistaa helpon pääsyn johdonsuojakatkaisijaan sekä LOGO-ohjaimen käyttöliittymään. Kotelon koko on sopiva projektin nykyisille komponenteille, mutta siinä on myös tilaa mahdollisia tulevaisuuden laajennuksia varten.

Kenttäkeskuksen sisällä käytetään Wago:n riviliittimiä, erottimia ja päätylevyjä. Nämä valittiin projektiin, niiden saatavuuden ja edullisuuden takia.

Kuva 8. Onnline ONNFIN24D IP65 -moduulikotelo (onninen, n.d.)



6 Investoinnin takaisinmaksuaika

Investoinnin takaisinmaksuaikaa analysoimalla voidaan saada hyvä kuva projektin kannattavuudesta. Kuitenkin on vaikeaa arvioida tarkasti takaisinmaksuaikaa, sillä kun

projektin hintaa verrataan työläisten palkkoihin, niin ei oteta huomioon, että useimpina päivinä työntekijät tekevät myös muita töitä kuin hevosten ruokintaa. Ruokinta-automaatti ei siis korvaa työntekijöitä, mutta se vähentää työntekijöiden tarvetta varsinkin päivinä, jolloin tallilla ei ole liiketoimintaa. Takaisinmaksuaika on siis suuntaa antava, eikä tarkka laskelma.

Projektin osien kustannuksia on eritelty taulukkoon 5. Koska kyseessä on opinnäytetyö, sen toteuttamisesta ei veloiteta palkkaa. Voidaan olettaa, että vastaavan laitteiston kasaaminen olisi kalliimpaa, kun otetaan huomioon suunnittelun ja rakentamisen palkka.

Taulukko 5. Projektin kustannuslaskelma

Merkintä	Hinta (sis. ALV)	Lähde
LOGO PLC-ohjain	194,27 €	(ELFA DISTRELEC, n.d.-e)
Teholähde SPMA241001	163,15 €	(RS components, n.d.)
Chint johdonsuoja-automaatti 10A	6,19 €	(PUUILO, n.d.)
Luukkujen sähkölukot (20 kpl)	238,46 €	(ampul systems, n.d.-b)
Kenttäkeskus kotelo	43,90 €	(Sähkötarvike.com, n.d.)
Muut kulut esim. riviliittimet yms.	20,00 €	
Runkojen rakennusmateriaalit	100,00 €	
Yhteensä	759,78 €	

Haastattelussa tallin omistajan kanssa selvisi, että tallilla on päivittäin palkkalistalla työntekijöitä keskimäärin 9 tunnin ajan, jakaantuen useamman vuoron kesken. Omistaja arvioi, että jos työntekijöiden ei tarvitsisi käyttää aikaa hevosten ruokkimiseen, työaika lyhenisi keskimäärin noin 6 tuntiin päivässä. Tallialalla talliapulaisen palkkaaminen kustantaa työnantajalle keskimäärin noin 20 €/h (yleinen arvio, sillä tallin tarkkoja palkkoja ei haluttu paljastaa).

Lisäksi tallilla on keskimäärin kaksi päivää kuukaudessa, jolloin ei ole lainkaan muuta liiketoimintaa. Näinä päivinä työntekijöiden palkat koostuvat pelkästään hevosten ruokkimiseen liittyvistä työtehtävistä, mikä kasvattaa työvoimakuluja entisestään.

Koska projektin laitteisto kattaa vain yhden aitauksen, tallilla joudutaan edelleen palkkaamaan työntekijöitä ruokkimaan muiden aitauksien hevoset. Mikäli koko tallin syöttötoiminta halutaan automatisoida, tarvitaan yhteensä viisi tämän projektin kaltaista järjestelmää, jotka rakennetaan eri aitauksiin. Tämä on jatkosuunnitelma, mikäli opinnäytetyössä toteutettava laitteisto toimii odotetulla tavalla.

Takaisinmaksuaikalaskelmat on tehty olettaen, että tallin kaikki ruokintatoiminnot automatisoidaan. Tämän takia alkuinvestointisumma on viisikertainen verrattuna taulukon 5 osoittamaan yksittäisen syöttöjärjestelmän kustannukseen. Tämä tarkoittaa, että laskelmissa käytetty kokonaisinvestointi kattaa kaikkien aitauksien automaatiojärjestelmät, jolloin takaisinmaksuaika vastaa koko tallin ruokinnan automatisoinnin kannattavuutta.

Taulukosta 6 käy ilmi työntekijöiden palkkakustannusten väheneminen sekä taulukosta 7 järjestelmän takaisinmaksun eteneminen 70 päivän aikavälillä.

Taulukko 6. Työntekijöiden palkkakustannukset

	Työntekijöitä listalla päivässä (h)	Tuntipalkka (€/h)	Kustannus päivässä	Säästöt päivässä
Nykyinen tilanne	9	20	180,00 €	-
Syöttimien kanssa	6		120,00 €	60,00 €

Taulukko 7. Heinäautomaattien takaisinmaksuaika

Päivät	Liiketoiminta	Syöttimen kustannus (€)
1–13	Normaali	-3 798,90 → -3 078,90
14	Liiketoimeton	-2 898,90
15–27	Normaali	-2 838,90 → -2 118,90
28	Liiketoimeton	-1 938,90
29–41	Normaali	-1 878,90 → -1 158,90
42	Liiketoimeton	-978,90
43–55	Normaali	-918,90 → -198,90
56	Liiketoimeton	-18,90
57–69	Normaali	41,10 → 761,10
70	Liiketoimeton	941,10

Laskelmien perusteella syöttöjärjestelmä maksaa itsensä takaisin noin kahden kuukauden normaalin liiketoiminnan aikana. Tämän jälkeen järjestelmä alkaa tuottaa säästöjä tallin päivittäisissä kustannuksissa. Liiketoimettomina päivinä, jolloin järjestelmä vähentää merkittävästi turhia kuluja, säästöt korostuvat entisestään.

Jälleen yllä olevat luvut ovat suuntaa antavia arvioita, mutta ne tarjoavat konkreettisen kuvan projektin laitteiston potentiaalisista kustannussäästöistä. Näiden perusteella voitiin todeta, että heinäsyöttöjärjestelmä oli taloudellisesti kannattava investointi tallille.

7 Sähkösuunnittelu

7.1 Cadmatic sähkökuvat

Sähköpiirikaavioiden dokumentointi on olennainen osa projektin teknistä suunnittelua. Piirikaavioissa kuvataan järjestelmän sähkökytkennät, komponenttien liitännät ja keskuslayout. Huolellisesti laadittu dokumentaatio tukee asennus- ja käyttöönottoprosessia sekä helpottaa mahdollisten vikatilanteiden selvittämistä. Lisäksi dokumentointi varmistaa, että sähköasennukset toteutetaan suunnitelmien mukaisesti. Projektin piirikaaviot ja muut Cadmatic piirustukset ovat tarkasteltavissa liitteessä 1.

Sähkökuvien laatiminen aloitettiin 230 V AC -jännitejaon suunnittelusta. Syöttöjännite tuodaan kenttäkeskukseen syöttökaapeli W1:n kautta ja ohjataan X0-riviliitinryhmälle. Nolla- (N) ja suojamaadoitusjohtimet (PE) kytketään omille kiskoilleen, kun taas käyttöjännite (L) johdetaan johdonsuojakatkaisijalle F1. Tämän jälkeen jännite syötetään 24 V DC -teholähteelle G1, jolle tuodaan myös N- ja PE-johtimet. Teholähteestä lähtevät 24 V DC:n plus- ja miinusjohtimet ohjataan erillisiin riviliitinryhmiin, joista ne jaetaan eteenpäin järjestelmän eri komponentteihin. Kaikki 230 V AC -johtimet on mitoitettu 2,5 mm² paksuisilla johtimilla, ja 24 V DC -johdotus mitoitettiin 1,5 mm² paksuisilla johtimilla.

Seuraavaksi suunniteltiin PLC-ohjaimen kytkennät. Ohjaimelle syötetään 24 V DC käyttöjännite, joka kytketään liittimiin L+ ja M. Lisäksi PE-kiskolta tuodaan suojamaadoitusjohtimella yhteys PLC:n maadoitusruuviin. Relelähttöjen (Q1–Q4) 1-liittimiin tuodaan +24 V DC jännite, ja lähtöjen 2-liittimet kytketään X10-riviliitinryhmän liittimiin 1–4. Josta niillä ohjataan luukkujen avautumista. Syöttimien nollauspainikkeen S1 (Reset) kytkentä toteutetaan tuomalla I1 tuloon signaali X10-riviliitinryhmän 5-liittimestä. Liittimen toiselta puolelta lähtee kaapeli S1 W11, joka yhdistetään jousipalautteiseen painonappiin S1. Painikkeen toinen napa kytketään 24 V DC -jännitteeseen, jolloin painikkeen painallus sulkee piirin ja lähettää signaalin PLC:lle syöttimen nollausta varten.

Syöttimien johdotus toteutetaan rinnankytkemällä kaikkien syöttimien luukut samaan ohjaussignaaliin. Kenttäkeskukselta lähtee viisikertainen MMJ-kaapeli (W10), joka

kytketään jokaiselle syöttimelle. Vaihejohtimet on ketjutettu jokaisen syöttimen luokkaa ohjaaville toimilaitteille, mikä mahdollistaa kaikkien syöttimien luukkujen samanaikaisen avautumisen, kun PLC lähettää avausohjaussignaalin. Tämä toteutus varmistaa, että kaikki syöttimet toimivat yhtenäisesti ja ruokinta tapahtuu suunnitellusti.

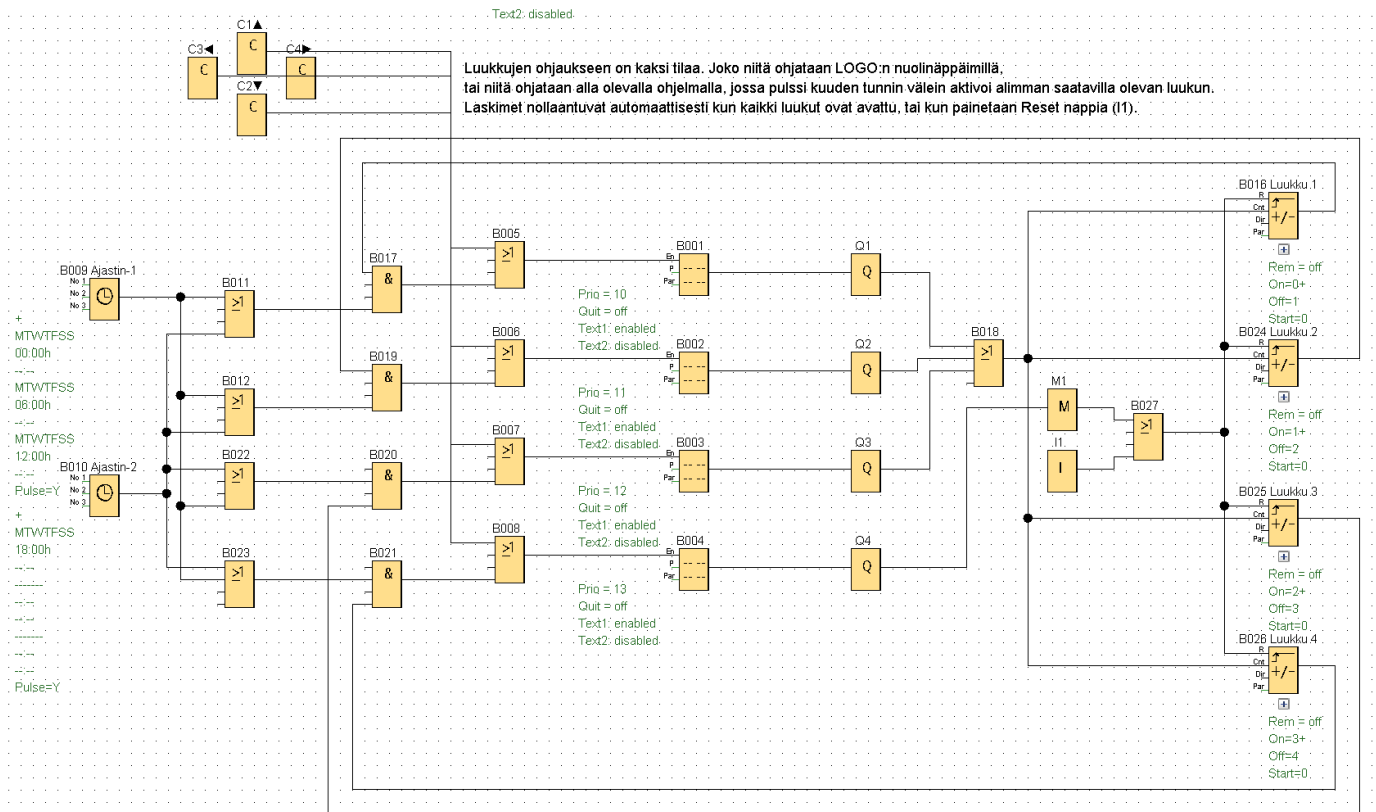
Liitteen 1 sivulla 7 on myös hahmoteltu kenttäkeskuksen komponenttien sijoittelu kotelon sisällä eli keskuslayout. Ohjauskomponentit, kuten PLC-ohjain ja teholähde, on sijoitettu keskuksen ylemmälle DIN-kiskolle, kun taas riviliittimet on sijoitettu alemmalle kiskolle. Tarkemmin vielä alempi DIN-kisko on jaettu siten, että 230 V AC -johdotukset sijoitettiin keskuksen vasempaan reunaan, kun taas 24 V DC -johdotukset ryhmiteltiin oikealle puolelle. Tämä järjestely selkeyttää johdotusta ja helpottaa huoltotoimenpiteitä. Kuten keskuslayoutista ilmenee, keskuksen sisällä on tilaa laajennuksille, mikä mahdollistaa järjestelmän kehittämisen ja lisäkomponenttien integroinnin tulevaisuudessa.

Liitteen 1 sivulla 6 esitetään tarkemmin riviliittimien sijoittelu, mukaan lukien riviliitinryhmien numerointi ja liitinten välille asennettavat siltakytkennät. Tämä dokumentaatio auttaa varmistamaan asennuksen oikeellisuuden ja helpottaa myöhempiä muutoksia sekä vianetsintää.

7.2 PLC:n ohjelmointi

Kuten aikaisemmassa otsikossa mainittiin, projektissa päädyttiin käyttämään Siemens LOGO PLC-ohjainta. Ohjelmointi siis toteutettiin LOGO Soft ohjelmistolla, ja tarkemmin projekti ohjelmoitiin FBD kielellä. Koko ohjelman lohkokaavio on näkyvässä kuvassa 9.

Kuva 9. Syöttimien PLC-ohjelma



Ohjelman suunnittelu aloitettiin luukkujen avaamiseen tarvittavien signaalien määrittelyllä. Tämä toteutettiin käyttämällä *Weekly Timer* -lohkoa, joka mahdollistaa pulssimuotoisten ohjaussignaalien lähettämisen ennalta määriteltynä kellonaikoina. Koska yksittäinen *Weekly Timer* -lohko voi hallita enintään kolmea eri ajankohtaa, järjestelmään sisällytettiin kaksi ajastinlohkoa (B009 & B010). Näiden lähtösignaalit yhdistettiin *OR*-lohkoilla, jolloin syöttimen toiminta ei ole riippuvainen tietyn ajastimen aktivoitumisesta (*OR*-lohkot B0-11, 12, 22 ja 23).

Ohjauspulssien signaalit johdetaan *AND*-lohkoille (B0-17, 19, 20 ja 21), jonka toimintaan vaikuttavat myöhemmin esiteltävät laskurit. Näiden laskurien perusteella määritetään, mikä luukuista avataan seuraavaksi. Tämän jälkeen signaalit ohjataan vielä yksille *OR*-lohkoille (B00-5–8), joihin on kytketty myös LOGO-ohjaimen nuolinäppäintulot. Näin ollen luukkujen avautuminen voi tapahtua sekä automaattisesti ajastimien ohjaamana että manuaalisesti käyttäjän toimesta. Tämän jälkeen signaali kulkee *Text Display* -lohkojen (B00-1–4) kautta. Nämä lohkot toistavat sisään tulevan signaalin ulos, ja lähettävät LOGO-ohjaimen näyttöön viestin luukun auki ohjauksesta. Lopulta signaali saapuu *Output*-lohkoille (Q1–Q4), jotka ohjaavat suoraan luukkujen avautumista.

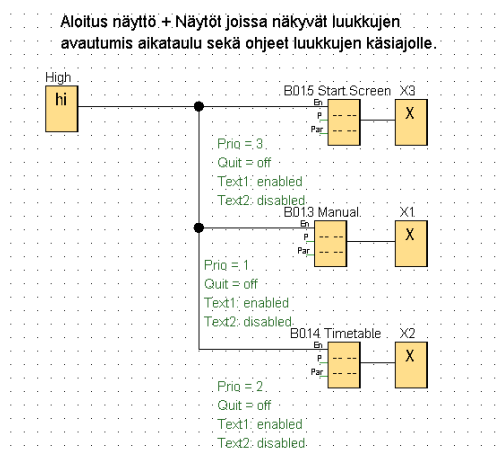
Koska järjestelmä ei sisällä takaisinkytkentäsignaaleja luukkujen avautumisen varmistamiseksi, ohjelmassa hyödynnetään *UP/DOWN Counter* -lohkoja (B0-16 ja 24–26) laskemaan mitkä luukuista ovat avautuneet. Aina kun jokin luukuista avautuu (Q1–Q3 aktivoituu), kaikkia laskureita kasvatetaan yhdellä. Jokaiselle luukulle on määritetty oma laskurinsa, ja niiden arvon perusteella määritetään seuraavaksi avattava luukku. Jos laskureiden arvo on 0, kaikki luukut ovat suljettuina, jolloin alimman luukun laskuri (B016) on aktiivinen ja sen signaali ohjautuu *AND*-lohkoon (B017). Vastaavasti muiden laskurien signaalit johdetaan *AND*-lohkoille (B0-19–21).

Kun laskurien arvo saavuttaa 3 (viimeinen luukku), ja ajastimet antavat signaalin luukun avaamiseen. Q4 aktivoituessa laskimille annetaan reset signaali, jolloin kaikkien laskurien arvot palautuvat nolnaan. Resetointisignaali kulkee *Flag*-lohkon (M1) kautta, joka ei vaikuta signaaliin toiminnallisesti, mutta on välttämätön ohjelman rakenteessa. Ilman tätä lohkoa ohjelma ei salli laskureiden resetoivan itseään.

Mikäli syöttimen täyttäminen päätetään suorittaa ennen kuin kaikki luukut ovat avautuneet tai järjestelmään tulee mahdollinen vikatilanne, laskurit voidaan nolлата manuaalisesti painamalla Reset-painiketta, joka on kytketty Input 1 -sisääntuloon (I1).

Syöttimien ohjauksen lisäksi ohjelmaan on toteutettu niin sanottu *homescreen*, joka tarjoaa käyttäjälle tietoa järjestelmän toiminnasta. Tämä toteutetaan *High*-lohkon avulla, joka tuottaa jatkuvan ohjauksignaalin kolmelle *Text Display* -lohkolle, näkyvässä kuvassa 10. Nämä lohkot välittävät käyttäjälle järjestelmän tilaan liittyviä viestejä, kuten syöttöprosessin aikataulun ja ohjeet käsiajon käyttöön. *Text Display* -lohkojen jälkeen signaali ohjataan *Open connector* -lohkoon. Tämä lohko, kuten nimikin viittaa, toimii signaalin päätepisteenä.

Kuva 10. LOGO-näyttöjen hallinta



8 Toteutus

8.1 Runkojen rakentaminen

Syöttimien runkojen valmistuksessa käytettiin 19x100 mm raakalautaa ja 9 mm havuvaneria, jotka valittiin niiden saatavuuden, edullisuuden ja helpon työstettävyyden vuoksi. Heinäluukkujen mitoituksessa päädyttiin kokoon 600 x 500 mm, ja niiden korkeudeksi määritettiin 400 mm. Luukut leikattiin vanerista ja kiinnitettiin syöttimen runkoon yleissaranoilla, jotka hankittiin rautakaupasta. Rungon kokonaiskorkeudeksi muodostui 2000 mm, sillä jokaiselle luukulle jätettiin 400 mm väliä. Runko muodostuu 2000 mm korkeista pystylandoista ja jokaisen luukun kohdalla olevista vaakalandoista. Tämä rakenne mahdollistaa syöttimien selkeän ja järjestelmällisen asettelun, varmistaen samalla riittävän tilan heinälle jokaisen luukun sisällä. Rungon ulkopuolelle sahattiin vanerista ulkokuori, jotta heinä pysyisi laitteen sisällä paremmin. Samalla ulkokuori parantaa syöttimen kestävyttä ja ulkonäköä.

Runkojen kasaamisen jälkeen ne kuljetettiin toimipaikalle ja asennettiin ladon yläparvelle. Asennuksessa kiinnitettiin erityistä huomiota syöttimien tukevuuteen ja turvallisuuteen, sillä ne sijoitettiin yläparven reunalle, jossa ne altistuvat hevosten aiheutumalle mahdolliselle rasitukselle, kuten repimiselle tai tönimiselle. Mikäli syöttimet pääsisivät irtoamaan ja putoamaan hevosten aitaukseen, seurauksena voisi olla vakavia loukkaantumisia eläimille sekä syöttimien rakenteellinen vaurioituminen. Tämän vuoksi syöttimet kiinnitettiin sekä maahan että kaiteisiin useilla kulmarautoilla ja paksuilla 100 mm pitkillä ruuveilla. Näin varmistettiin, että syöttimet pysyvät tukevasti paikallaan myös pitkäaikaisessa käytössä ja mahdollisesta ulkoisesta rasituksesta huolimatta. Syöttimet asennettuina ladon yläparvelle näkyvässä kuvassa 12. Yksi syöttimistä ei näkyvässä kuvassa, koska se on kameran takana.

Kuva 11. Syöttimet ladon yläparvelle asennettuina



8.2 Toimilaitteiden asentaminen

Toimilaitteina käytettiin otsikossa 4.2 esitellyjä salpamallisia lukkoja. Lukon salpaosa kiinnitettiin heinäluukkuihin, kun taas lukon varsinainen runko asennettiin ensin jakorasian sisälle ja tämän jälkeen syöttimen runkoon. Jakorasian käyttö lukon suojana parantaa järjestelmän kestävyyttä ja pitkäikäisyyttä, sillä se suojaa lukkoa kosteudelta, pölyltä ja irtosiväältä, jotka voisivat muuten aiheuttaa ongelmia avautumisessa ja heikentää syöttimien toimintaa ajan myötä.

Jakorasian kylkeen tehtiin lovi, jotta luukun sulkeutuessa salpa lukittuu esteettä ja toiminta pysyy luotettavana. Lisäksi jakorasian käyttö helpottaa sähkökytkentöjen toteutusta, sillä lukon sähköjohdot voidaan sijoittaa siististi jakorasian sisään, mikä vähentää altistumista mekaaniselle rasitukselle. Tämä ratkaisu kokonaisuudessaan näkyvissä kuvassa 13.

Kuva 12. Lukkomekanismin kiinnitys syöttimen runkoon



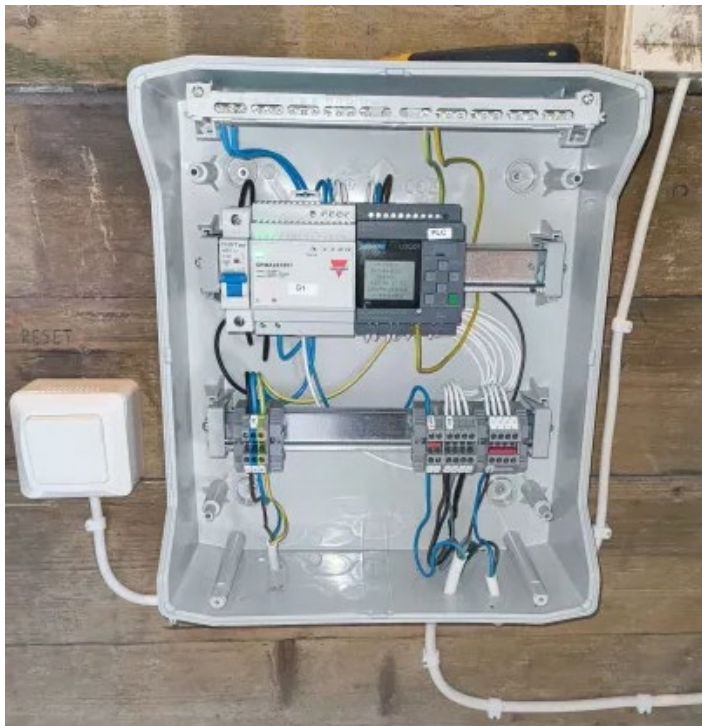
8.3 Sähköasennustyöt

Sähkötyöt aloitettiin kenttäkeskuksen kasaamisella. Kenttäkeskuksen komponentit tilattiin useamman verkkokaupan kautta. Kun kaikki tarvittavat osat olivat saapuneet, ne asennettiin kenttäkeskuksen sisälle liitteen 1 sähkökuvien mukaisesti. Kenttäkeskuksen johdotuksen värit määriteltiin seuraavasti:

- musta: 230 V AC johdotuksen
- sininen: nollajohtimet sekä 0 V DC johdotukset
- keltavihreä: maadoitusjohdot
- valkoinen: 24 V DC johdotukset

Kun syöttimet oli asennettu paikalleen ja niiden luukkujen sekä lukkojen toiminta testattu ja todettu toimivaksi, aloitettiin itse syöttimien sähköasennukset. Ensimmäiseksi kenttäkeskus asennettiin ladon seinään oven läheisyyteen. Syöttökaapeli W1 vedettiin keskukselle läheisestä pistorasiasta. S1 eli Reset -painike asennettiin kenttäkeskuksen viereen kiinteästi seinään, ja niiden välille vedettiin kaapeli W11. Kenttäkeskuksen ja S1-painikkeen asennus on havainnollistettuna kuvassa 14.

Kuva 13. Kenttäkeskus asennettuna ladon seinään



Seuraavaksi vedettiin keskukselta kaapeli W10 syöttimille. Kuten aikaisemmin mainittiin. Kaapelin reititys toteutettiin ketjuttamalla se jokaisen syöttimen kautta seuraavalle, jolloin kaapeli katkottiin kunkin syöttimen kohdalla jakorasiaan ja siitä otettiin tarvittavat ohjaussignaalit luukuille ennen kaapelin jatkamista seuraavalle syöttimelle.

8.4 Käyttöönotto

Kun laitteiston kasaaminen ja kytkeminen saatiin toteutettua. Ruvettiin testaamaan sen toimintaa. Ensimmäisenä haluttiin varmistaa, että luukkujen ohjaus toimii toivotulla tavalla. Jokaisen luukun toimintaa testattiin stressitestillä, jossa luukkuja ohjattiin auki ja suljettiin jatkuvasti n. viiden minuutin ajan. Avauksia suoritettiin tässä ajassa n. 20 kappaletta. Muutamassa luukussa ilmeni tässä vaiheessa ongelmia tasaisen avautumisen kanssa. Osa luukuista jäi kiinni asentoon, vaikka lukoille annettiin avaussignaali. Nopean selvityksen jälkeen kävi selväksi, että vika oli salpojen kiinnityksessä. Osa salvoista oli kiinnitetty vinoon siten, että suljettaessa ne hankasivat ja jäivät kiinni lukon reunaan, mikä esti luukkujen avautumista. Tämä oli yksinkertainen vika korjata. Salpoja siirrettiin siten, että ne liikkuivat esteettä ja tämän jälkeen ne avautuivat ongelmitta.

Kun luukkujen toimintaan oltiin tyytyväisiä, siirryttiin testaamaan toimintaa heinän kanssa. Syöttimet täytettiin ja luukkuja ohjattiin auki testauksen aikana. Pääosin syöttimet toimivat odotetusti, mutta jälleen joitakin haasteita ilmeni. Mikäli syöttimiin pakattiin liikaa heinää, ilmeni ongelma, jossa kevyt heinä pakkaantui syöttimien seiniä vasten ja ei pudonnut kunnolla. Tähän ei ollut suoraa teknistä ratkaisua, joten käyttäjille annettiin ohjeistus olla täyttämättä syöttimiä liian täyteen heinällä. Kuitenkin tämä ongelma ilmeni pelkästään kuivaheinällä. Valtaosana ajasta tallilla käytetään ruokintaan märkäheinää, joka on kostea heinää, joka poikkeaa ravintoarvoiltaan joillain tavoilla kuivaheinästä. Joka tapauksessa kuten nimestä voi päätellä märkäheinä on huomattavasti raskaampaa verrattuna kuivaheinään. Märkäheinän paino siis itsessään ratkaisee aiemman ongelman heinän putoamiseen liittyen. Märkäheinä putosi lähes aina ongelmitta syöttimistä testien aikana, ja täten todettiin, että syöttimet toimivat suunnitellusti märkäheinällä, jota talli käyttää ensisijaisesti ruokintaan.

Näiden testien jälkeen syöttimet otettiin käyttöön hevosten ruokinnassa. Ensimmäisten päivien aikana toimintaa seurattiin tarkasti ja luukkujen avautumisajat tarkistettiin säännöllisesti. Seurannan aikana ei havaittu merkittäviä ongelmia, ja syöttimet toimivat

odotetusti. Muutaman päivän jälkeen todettiin, että järjestelmä toimi luotettavasti ilman häiriöitä, minkä ansiosta ylimääräisestä valvonnasta voitiin luopua.

9 Järjestelmän mahdolliset laajennukset

9.1 Etäkäyttöliittymä

Projektiin oli alun perin tarkoitus suunnitella etäkäyttöliittymä, jonka avulla olisi voitu monitoroida luukkujen tiloja etäältä. Käyttöliittymässä olisi ollut mahdollista nähdä, mitkä luukuista olivat avautuneet, sekä säätää luukkujen avausaikoja.

Etäkäyttöliittymän tiedonsiirron olisi mahdollistanut LOGO! PLC-ohjaimen sisäänrakennettu MQTT-kommunikointitoiminto, jonka avulla olisi voitu lähettää ja vastaanottaa tietoa syöttimistä. Käyttöliittymä olisi ollut mahdollista rakentaa esimerkiksi Node-RED-alustalle. Node-RED on ilmainen, verkkopohjainen visuaalinen ohjelmointiympäristö, jonka avulla on helppo luoda käyttöliittymä, joka toimii sekä mobiililaitteilla että tietokoneella. Lisäksi Node-RED tukee MQTT-viestien lähettämistä ja vastaanottamista, mikä tekee siitä sopivan vaihtoehdon tämänkaltaisiin sovelluksiin.

Tämä järjestelmä jätettiin kuitenkin pois projektista, koska LOGO! -ohjaimen MQTT-viestintä olisi vaatinut vakaan verkkoyhteyden. Tämä osoittautui ongelmalliseksi, sillä syöttimet ja kenttäkeskus sijaitsivat ladossa keskellä hevosaitausta, yli sadan metrin päässä lähimmästä Wifi-tukiasemasta. Etäkäyttöliittymän toteuttaminen olisi edellyttänyt joko erillisen mobiililiittymän hankkimista LOGO! -ohjainta varten tai verkkokaapelin vetämistä lähimmästä Wifi-tukiasemalta. Lopulta todettiin, että etäkäyttöliittymän tarjoamat hyödyt eivät oikeuttaneet usean sadan euron lisäinvestointia projektiin.

9.2 Kameravalvonta

Syöttimien kameravalvonta oli alun perin tallin omistajan idea. Hänen mielestään olisi ollut mukavaa pystyä katsomaan, kun hevoset syövät heinää. Tätä ideaa kehitettiin ja todettiin että se olisi mahdollista yhdistää etäkäyttöliittymään.

Tallilla on toteutettu kameravalvonta käyttäen TP-link Tapo C310 kameroita (tp-link, n.d.). Nämä kamerat toimivat Wifi verkon kautta ja tallentavat sekä lähettävät live kuvaa suoraan käyttäjän puhelimeen. Näissä kameroissa on myös sisäänrakennettu liiketunnistin

ominaisuus, jonka avulla voidaan aloittaa automaattinen tallennus tai lähettää ilmoituksia käyttäjän puhelimeen. Suunnitelma oli siis hyödyntää näitä kameroita syöttimien etävalvonnassa ja yhdistää kameroiden lähettämä live video järjestelmän Node-Red pohjaiseen etäkäyttöliittymään. Kameroista voitaisiin halutessa tarkkailla hevosia ja niiden käyttäytymistä ruokintatilanteissa, mutta niiden avulla voitaisiin myös varmistaa itse syöttimien toiminta. Mikäli syöttimissä tapahtuu tukos tai joku muu vika mikä estää heinän putoamisen, se voitaisiin todeta nopeasti kameroiden avulla.

Tämä järjestelmä hylättiin samasta syystä kuin etäkäyttöjärjestelmäkin. Pääasiassa siis ongelmana oli verkkoyhteyden puute kohdesijainnissa. Tallin henkilökunta on kuitenkin ilmaissut halunsa mahdollisesti toteuttaa kamerajärjestelmän lisäämisen tulevaisuudessa. Mikäli kameroiden asentaminen edellyttää kiinteän verkkoyhteyden hankkimista syöttimien läheisyyteen, niin olisi myös mahdollista toteuttaa etäkäyttöliittymä yhtenä samaa järjestelmää kameroiden kanssa.

9.3 Kotelolämmitin

Kenttäkeskuksen kotelolämmitin oli mukana alkuperäisissä suunnitelmissa ennen lopullisten komponenttien valintaa. Ideana oli varmistaa, että PLC-ohjain ja 24 V teholähde toimisivat moitteettomasti myös pakkasolosuhteissa. Suunnitelman mukaan kenttäkeskuksen sisälle olisi asennettu kotelolämmitin, jonka toimintaa ohjattaisiin PLC:llä lämpötila-anturin antaman tiedon perusteella. Mikäli lämpötila laskisi liian alhaiseksi, PLC olisi aktivoinut lämmittimen ja pitänyt sen päällä, kunnes lämpötila nousi asetetulle tasolle.

Lopullisten komponenttien valinnan jälkeen kävi kuitenkin selväksi, ettei kotelolämmitintä tarvittu. Sekä PLC että teholähde oli valmistajan mukaan suunniteltu toimimaan -25 °C lämpötilassa, joten erillistä lämmitysjärjestelmää ei katsottu tarpeelliseksi. Lisäksi järjestelmän toteutus olisi vaatinut lisäinvestointeja, kuten lämpötila-anturin ja PLC:n lisälähtömoduulin hankinnan, mikä olisi lisännyt projektin kustannuksia ilman merkittäviä hyötyjä.

Vaikka lämmitysjärjestelmä hylättiin tässä projektissa, siitä voi olla hyötyä tulevaisuudessa, mikäli komponenttivalinnat tai käyttöympäristön lämpötilaolosuhteet muuttuvat merkittävästi.

10 Yhteenveto ja Pohdinta

Yhteenvetona projektista voidaan sanoa, että hevosten tai muun karjan ruokinta on mahdollista automatisoida ilman useamman tuhannen investointeja, ja ilman massiivisia rakennusprojekteja. Tämä projekti kesti itselle n. kaksi kuukautta toteuttaa, ja siitä itse laitteiston rakentaminen, sähköistäminen ja käyttöönotto vei yhteensä n. viisi päivää, kun tein kaiken työn yksin. Tämä laitteisto toimi myös harjoitus-/testikappaleena lopuille syöttimille mitä tallille rakennetaan, kun koko tilan ruokinta operaatiota automatisoidaan.

Olen tyytyväinen laitevalintoihin, joita projektissa tehtiin. Kaikki laitteiston komponentit toimivat ilman takaiskuja. Valitut lukot soveltuivat hyvin projektiin, ja ne ovat toimineet luotettavasti ilman ongelmia. Myöskään virtalähteessä ei ole ollut ongelmia, joten sen mitoitus projektia varten onnistui hyvin. Itse syöttimien runkojen rakenteeseen todennäköisesti tullaan tekemään muutoksia seuraavaa projektia varten, jotta voidaan eliminoida ongelmat, joissa heinä jää jumiin syöttimeen luukkujen avautumisen jälkeen.

Siemensin LOGO PLC-ohjain oli myös toimiva valinta projektiin. PLC-ohjelma toimi ilman ongelmia ja luukkujen ohjaus toimi moitteetta, niin manuaalisella kuin myös automaattisella ohjauksella. Tulevaisuudessa saatetaan ottaa harkintaan halvempia ohjainvaihtoehtoja, sillä vaikka LOGO suoriutuu ilman ongelmia. Nousee kysymyksiä, onko kannattavaa ostaa niin monipuolista ja hintavaa PLC-ohjainta projektia varten, joka mahdollisesti voitaisiin toteuttaa pelkällä ajastinreleellä. Tästä huolimatta olen tyytyväinen, että tähän projektiin valittiin LOGO-ohjain, sillä se antoi mahdollisuuden tutustua tarkemmin PLC-ohjaimien yksityiskohtiin, ja luoda juuri sellaisen ohjelman kuin haluttiin. Se myös varmisti, että järjestelmän laajennusmahdollisuudet eivät rajoitu ohjaimen takia. Uskon että vaikka ajastinreleet tai muut vastaavat ohjausmenetelmät voisivat olla kannattavampia, jos syöttimistä halutaan mahdollisimman kustannustehokkaita. Silti kunnollinen PLC-ohjain oli parempi vaihtoehto opinnäytetyön kannalta.

Pääasiassa kuitenkin projekti oli menestys. Syöttimissä ei ilmennyt ollenkaan suurempia vikoja, jotka olisivat estäneet niiden toiminnan kokonaan. Myös tallin henkilökunta on ollut tyytyväisiä laitteen toimintaan, ja ovat valmiita alkamaan kehittämään syöttimiä tallin muihin aitauksiin. Myöskään hevosilta ei ole ilmennyt valituksia syöttimien toimintaan.

Ajatuksia opinnäytetyön kirjoittamisen kannalta tulee mieleen päällimmäisenä, kuinka haastavaa projektiin oli löytää/keksiä kunnollista tietoperustaa. Ottaen huomioon projektin suhteellisen uniikin aiheen, ja samalla kuitenkin teknisen yksinkertaisuuden. Ilmeni

ongelmia löytää relevanttia tietoperustaa ilman, että alettiin selittämään itsestäänselvyyksiä. Muuten kirjoittaminen eteni ilman suurempia esteitä.

Henkilökohtaisesti lempi osani projektia oli sähkösuunnittelu. Sekä Cadmatic kuvien piirto ja PLC-ohjelman luominen oli työtä, joka tuntui itselle sujuvalta. Myös niistä kirjoittaminen tuntui helpommalta verrattuna opinnäyttetyön muihin osioihin.

Lopetussanoina voidaan kertoa, että projektin toimeksiantaja oli myös tyytyväinen rakennettuun laitteistoon, ja seuraavan syötinjärjestelmän rakentaminen on jo aloitettu. Automaation avulla tehostetaan yhä useampaa toimialaa nykymaailmassa, ja mukana edistyksessä kulkee myös hevostenhoitoala.

Lähdeluettelo

- Amazon. (n.d.). *Siemens stlogo - Software Logo Comfort v8, Individual License*. Haettu 21.1.2025 osoitteesta
<https://www.amazon.com/Siemens-STLOGO-6ED10580BA080YA1-Software/dp/B00N4WTHHS>
- Ampul systems. (n.d.-a). *Sähkömagneettinen lukko LY03, säädettävä neula*. Haettu 25.1.2025 osoitteesta
https://ampul.eu/fi/sahkomagneettiset-lukot/5656-7914-sahkomagneettinen-lukko-ly03-saadettava-neula#/113-jannitys-12v_dc
- Ampul systems. (n.d.-b). *Sähkömagneettinen oven lukko avausohjauksella, 50 kg*. Haettu 25.1.2025 osoitteesta
https://ampul.eu/fi/sahkomagneettiset-lukot/5228-5545-sahkomagneettinen-oven-lukko-avausohjauksella-50-k#/113-jannitys-12v_dc
- Carlo Gavazzi. (n.d.). *SPMA Single Phase Power Supply*. [PDF]
https://www.gavazziautomation.com/fileadmin/images/PIM/DATASHEET/ENG/SPMA_DS_ENG.pdf
- CHINT. (n.d.). *NB1-63 Miniature Circuit Breaker*.
<https://www.chintglobal.com/global/en/products/low-voltage/iec/final-power-distribution/nb1-63.html>
- CROUZET. (n.d.). *Millenium3*.
<https://www.crouzet.com/products/automation-controllers/millenium-3/>
- Distrelec. (n.d.). *EASYSOFT - Software License for easySoft Suitable for easyE4 PLCs*. Haettu 20.1.2025 osoitteesta
<https://www.distrelec.be/en/software-license-for-easysoft-suitable-for-easye4-plcs-eaton-easysoft-swlic/p/30139931>
- EATON. (n.d.-a). *easyE4 programmable relays*.
<https://www.eaton.com/gb/en-gb/catalog/industrial-control--drives--automation---sensors/easyE4-programmable-relays.html>
- EATON. (n.d.-b). *easySoft software*.
<https://www.eaton.com/fi/fi-fi/catalog/industrial-control--drives--automation---sensors/easysoft-software.html>
- ELFA DISTRELEC. (n.d.-a). *Millenium3 - Logiikkaohjain 6DI 4DO 240VAC 8 KB*. Haettu 20.1. 2025 osoitteesta

https://www.elfadistelec.fi/fi/logiikkaohjain-6di-4do-240vac-kb-crouzet-88974143/p/12573835?pos=5&origPos=19&origPageSize=50&track=true&filterapplied=filter_manufacturerName%3DCrouzet&sid=v75PwIA4oA&itemList=category

ELFA DISTRELEC. (n.d.-b). *PLC-laajennusmoduulit-Crouzet*. Haettu 20.1. 2025 osoitteesta https://www.elfadistelec.fi/fi/automaatio/ohjelmoitavat-logiikkaohjaimet/plc-laajennusmoduulit/c/cat-DNAV_PL_12030303?filter_manufacturerName=Crouzet

ELFA DISTRELEC. (n.d.-c). *PLC-laajennusmoduulit-Eaton*. Haettu 20.1. 2025 osoitteesta https://www.elfadistelec.fi/fi/automaatio/ohjelmoitavat-logiikkaohjaimet/plc-laajennusmoduulit/c/cat-DNAV_PL_12030303?filter_manufacturerName=Eaton&filter_dissuitablefortxt_fi_ss=easyE4%5C-PLC

ELFA DISTRELEC. (n.d.-d). *PLC:t*. Haettu 20.1. 2025 osoitteesta https://www.elfadistelec.fi/fi/automaatio/ohjelmoitavat-logiikkaohjaimet/plc/c/cat-DNAV_PL_12030302?currentPage=1

ELFA DISTRELEC. (n.d.-e). *Siemens LOGO - Logiikkamoduuli, jossa on näyttö MQTT LOGO! 8.4 8DI (4D/A) 4DO 24V*. Haettu 21.1. 2025 osoitteesta https://www.elfadistelec.fi/fi/logiikkamoduuli-jossa-on-naeyttoa-mqtt-logo-8di-4d-4do-24v-siemens-6ed1052-1md08-0ba2/p/30420865?pos=5&origPos=7&origPageSize=50&track=true&filterapplied=filter_disseriesxt_fi_ss%3DLOGO!%25208.4&sid=nJ962gksN2&itemList=cat

Farnell. (n.d.). *Input / Output Modules*. Haettu 21.1. 2025 osoitteesta <https://fi.farnell.com/w/c/automation-process-control/process-controllers-programmers-indicators/input-output-modules?brand=siemens&product-range=logo-%7Clogo-series>

Heinätin. (n.d.). *automatic hay feeding*. <https://heinatin.fi/tuotteet/>

Horse Haytec. (n.d.). *Suunnittelu- ja sijoitteluvinkit*. <https://www.horsehaytec.com/suunnittele-omasi/>

Kentucky Equine Research. (7.12. 2011). *Feeding Horses in a Group*. <https://ker.com/equinews/feeding-horses-group/>

Onninen. (n.d.). *MODUULIKOTELO PINTA ONNLINE ONNFIN24D IP65*. Haettu 26.1.2025 osoitteesta <https://www.onninen.fi/online-moduulikotelo-pinta-online-onnfin24d-ip65/p/AJJ998>

PUUILO. (n.d.). *Chint johdonsuoja-automaatti 10A 6kA C 1P*. Haettu 26.1.2025 osoitteesta <https://www.puuiilo.fi/chint-johdonsuoja-automaatti-10a-6ka-c-1p>

RS components. (n.d.). *Carlo Gavazzi Switching Power Supply*. Haettu 26.1.2025 osoitteesta

<https://fi.rsdelivers.com/product/carlo-gavazzi/spma241001/carlo-gavazzi-switching-power-supply-spma241001-dc/2222929>

SETRONIC. (n.d.). *Millenium evo*.

https://www.setronic.com/frontend/scripts/index.php?setMainAreaTemplatePath=mainarea_productlist.html&groupId=2001018&groupNavRiderSel=0&setLanguageId=2

SIEMENS. (n.d.-a). *LOGO! Expansion Modules – maximum flexibility*.

<https://www.siemens.com/global/en/products/automation/systems/industrial/plc/logo/logo-expansion-modules.html>

SIEMENS. (n.d.-b). *LOGO! Software – the soul of LOGO!*

<https://www.siemens.com/global/en/products/automation/systems/industrial/plc/logo/logo-software.html>

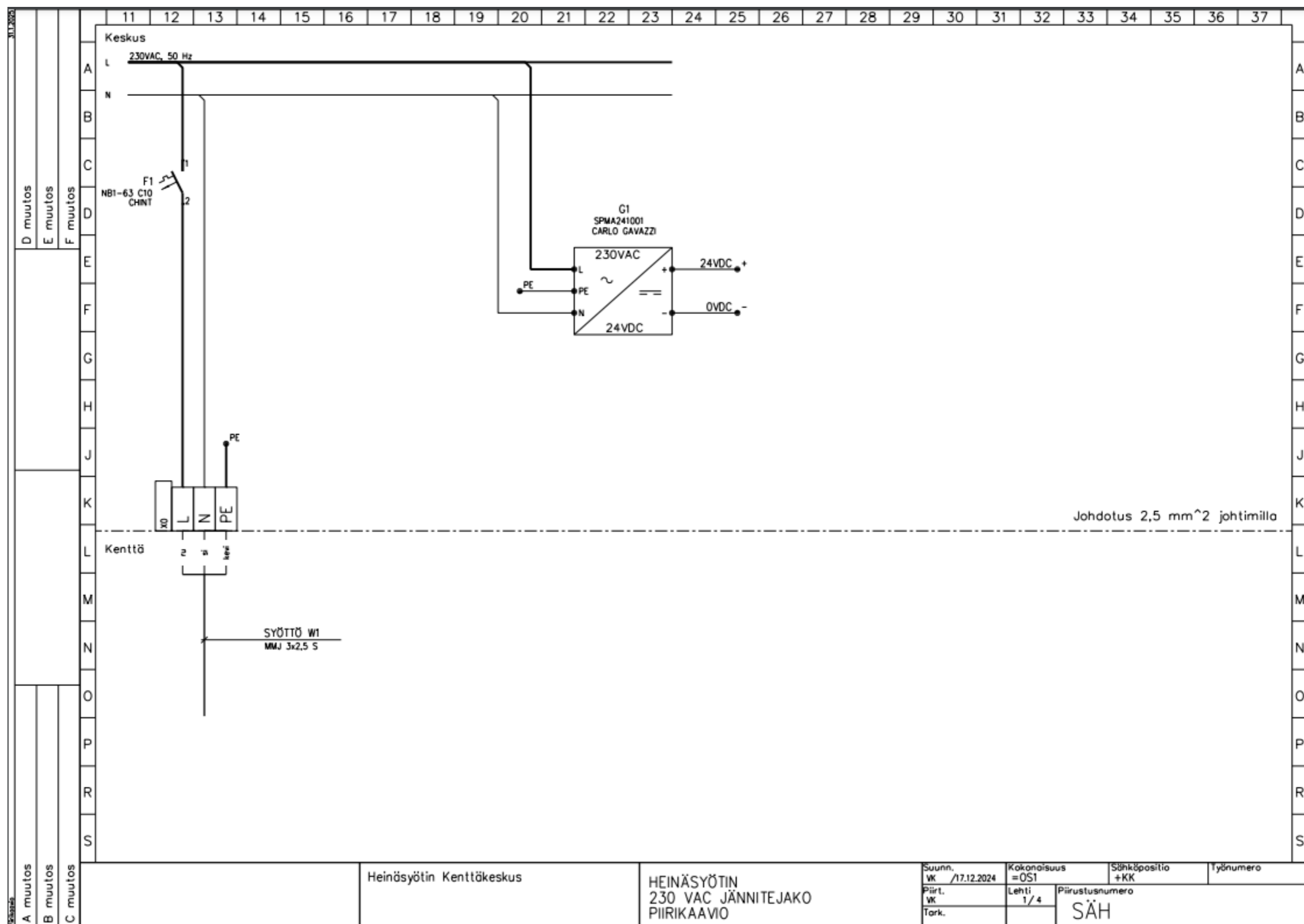
Sähkötarvike.com. (n.d.). *Moduulikotelo Onnline ONNFIN24D IP65 Pinta*. Haettu 28.1.2025 osoitteesta

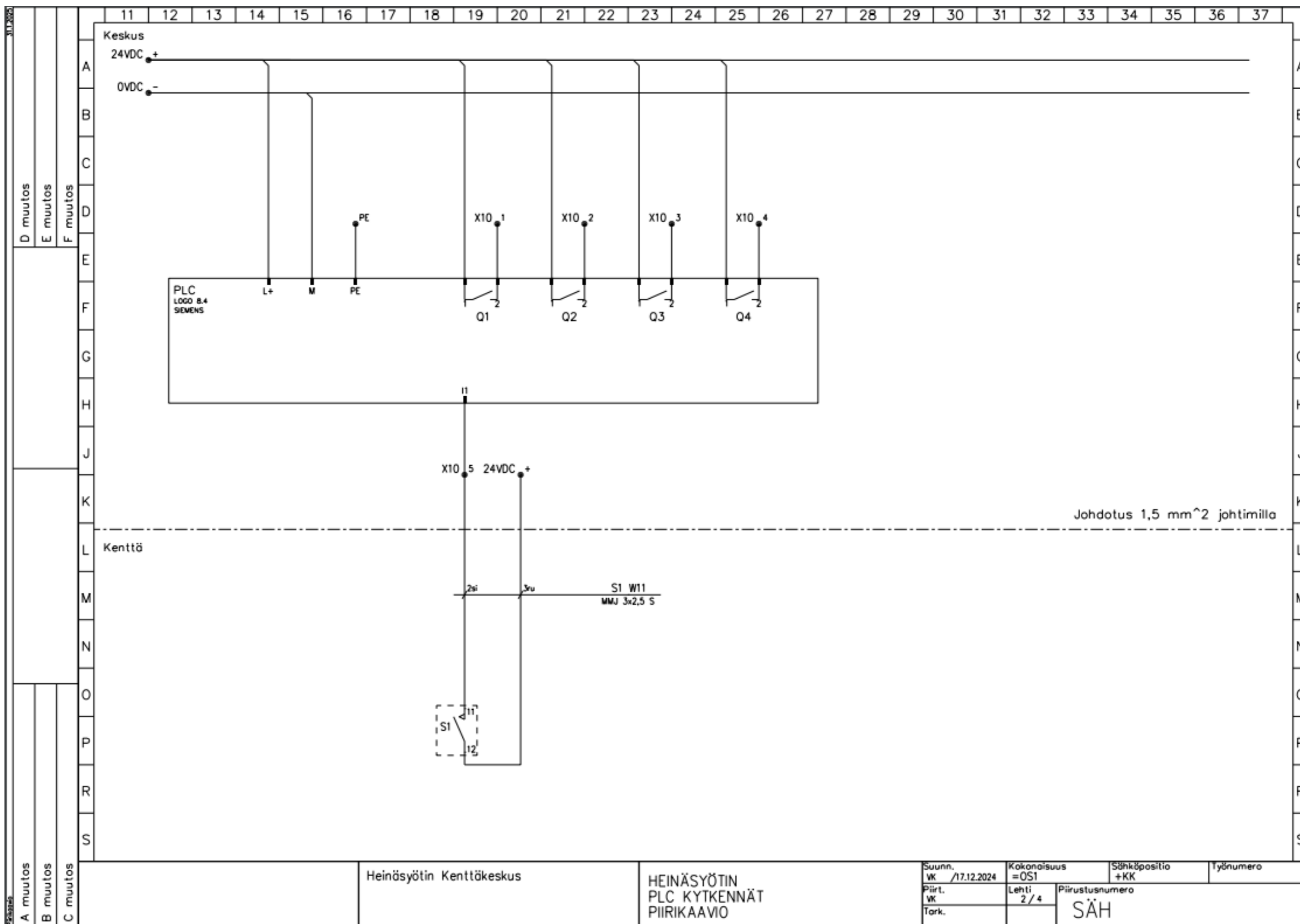
<https://www.sahkotarvike.com/products/moduulikotelo-onnline-onnfin24d-ip65-pinta>

TP-link. (n.d.). *Tapo C310*.

<https://www.tp-link.com/fi/home-networking/cloud-camera/tapo-c310/>

Liite 1. Cadmatic sähkökuvat





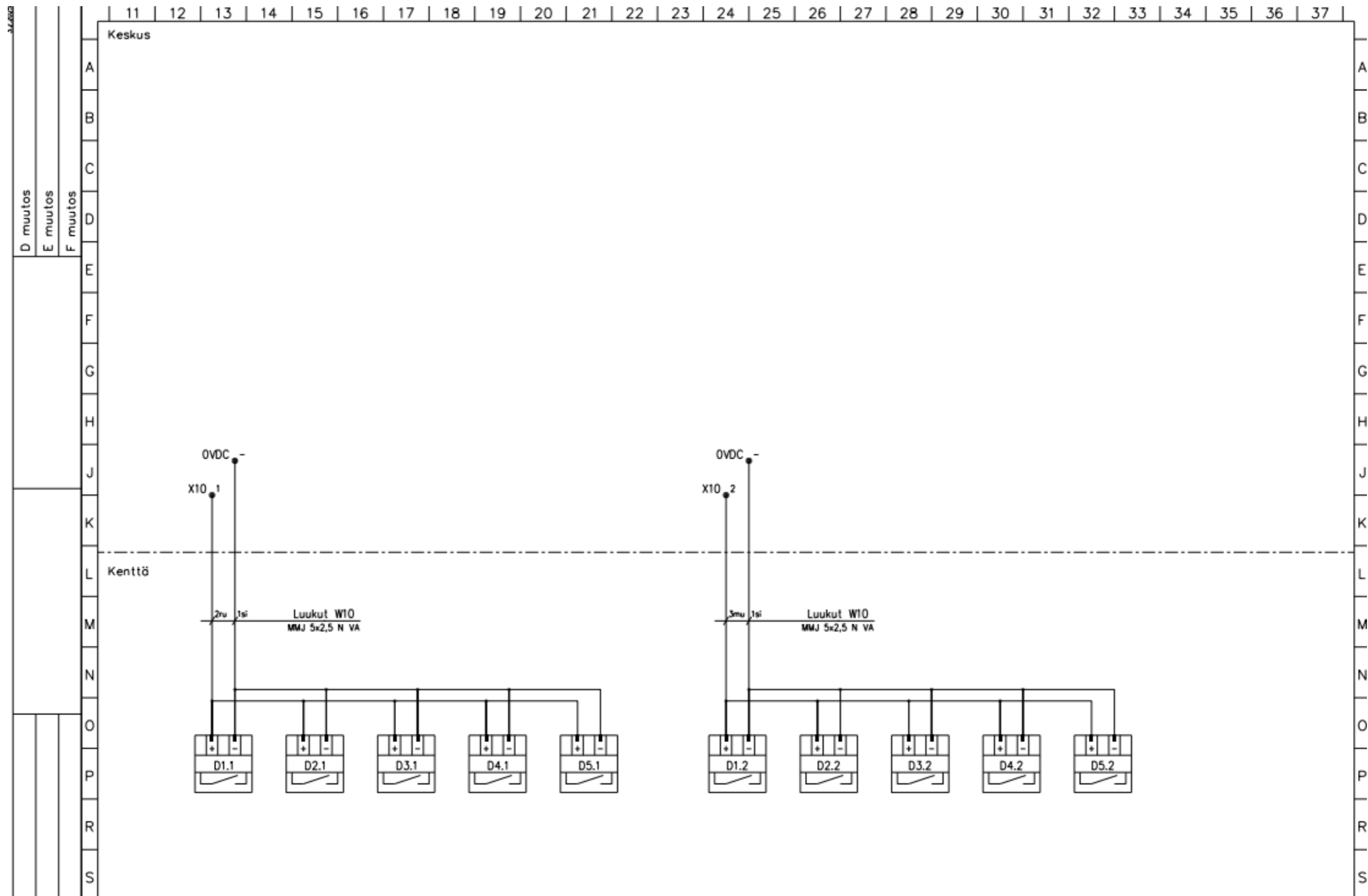
A muutos
B muutos
C muutos

D muutos
E muutos
F muutos

Heinäsyötin Kenttäkeskus

HEINÄSYÖTIN
PLC KYTKENNÄT
PIIRIKAAVIO

Suunn. WK /17.12.2024	Kokonaisuus =OS1	Sähköpositio +KK	Työnumero
Piirt. WK	Lehti 2/4	Päristusnumero SÄH	
Tark.			



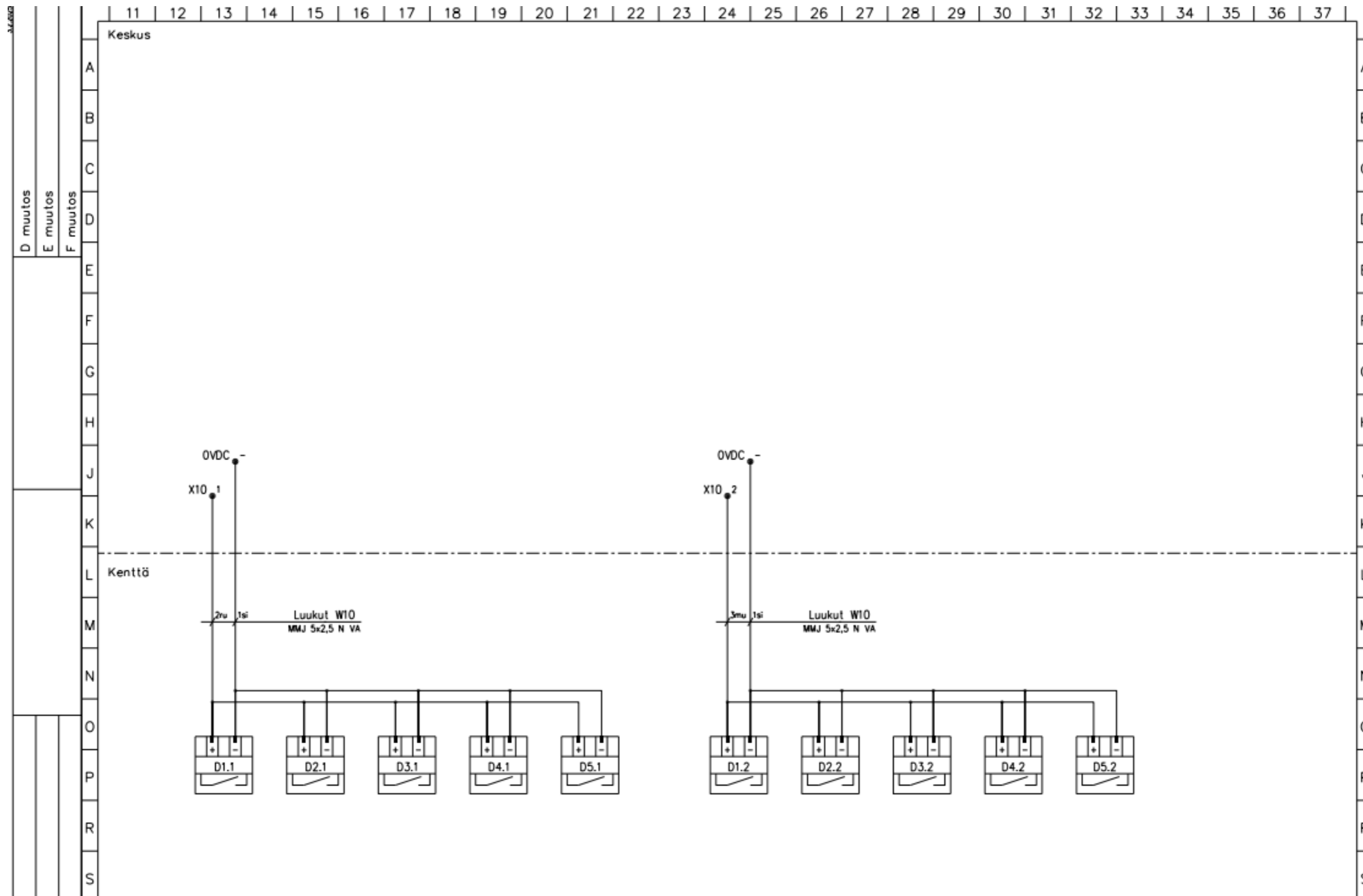
31.650	D muutos	E muutos	F muutos
A muutos	B muutos	C muutos	

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	Keskus																										A
B																											B
C																											C
D																											D
E																											E
F																											F
G																											G
H																											H
J																											J
K																											K
L	Kenttä																										L
M																											M
N																											N
O																											O
P																											P
R																											R
S																											S

Heinäsyötin Kenttäkeskus

HEINÄSYÖTIN
LUUKKIJEN 1 & 2 OHJAUS
PIIRIKAAVIO

Suunn. VK /17.12.2024	Kokonaisuus =051	Sähköpositio +KK	Työnumero
Piirt. VK	Lehti 3/4	Piirustusnumero	
Tark.	SÄH		

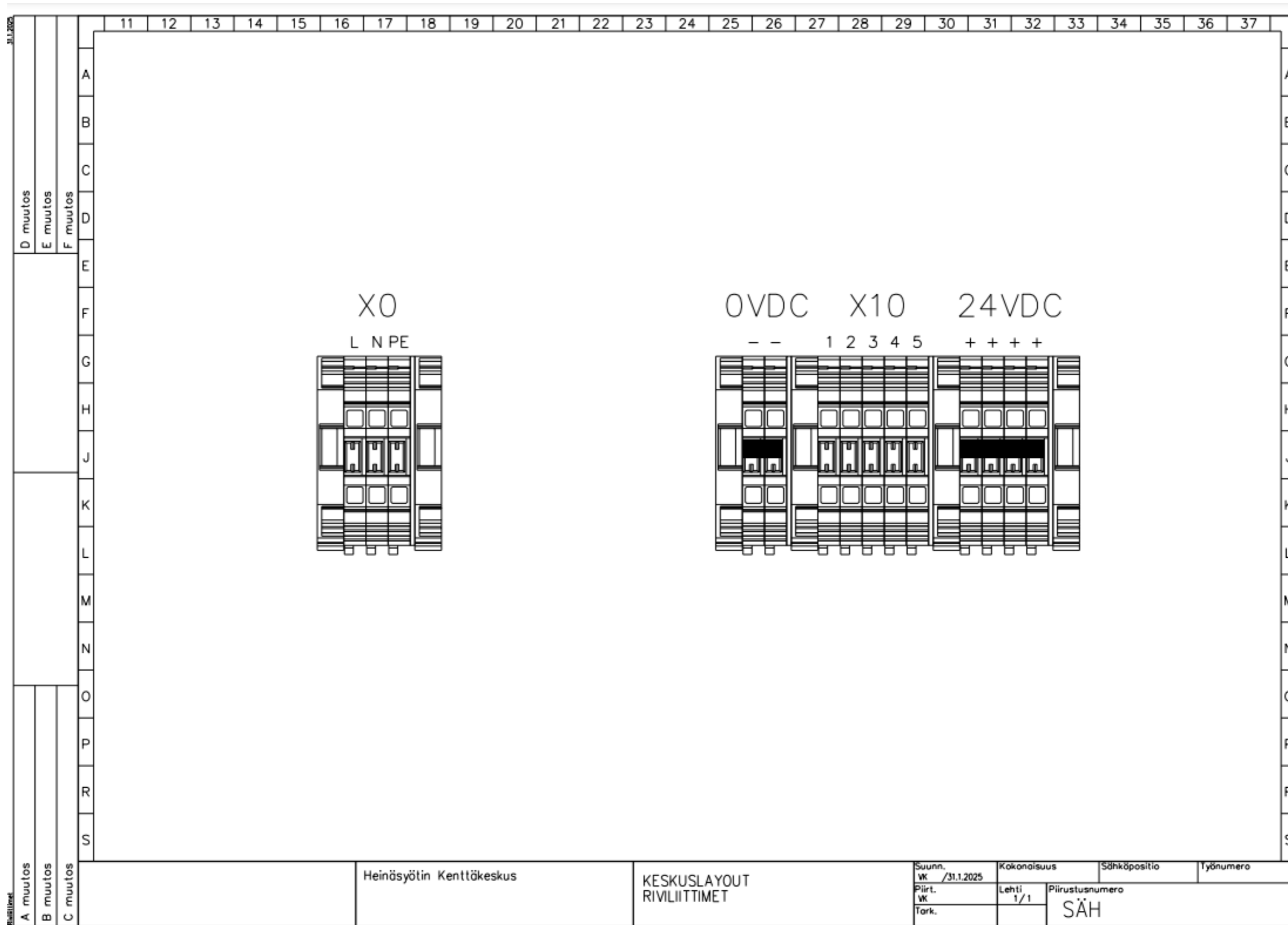


D muutos	E muutos	F muutos	A muutos	B muutos	C muutos

Heinäsyötin Kenttäkeskus

HEINÄSYÖTIN
LUUKKIJEN 1 & 2 OHJAUS
PIIRIKAAVIO

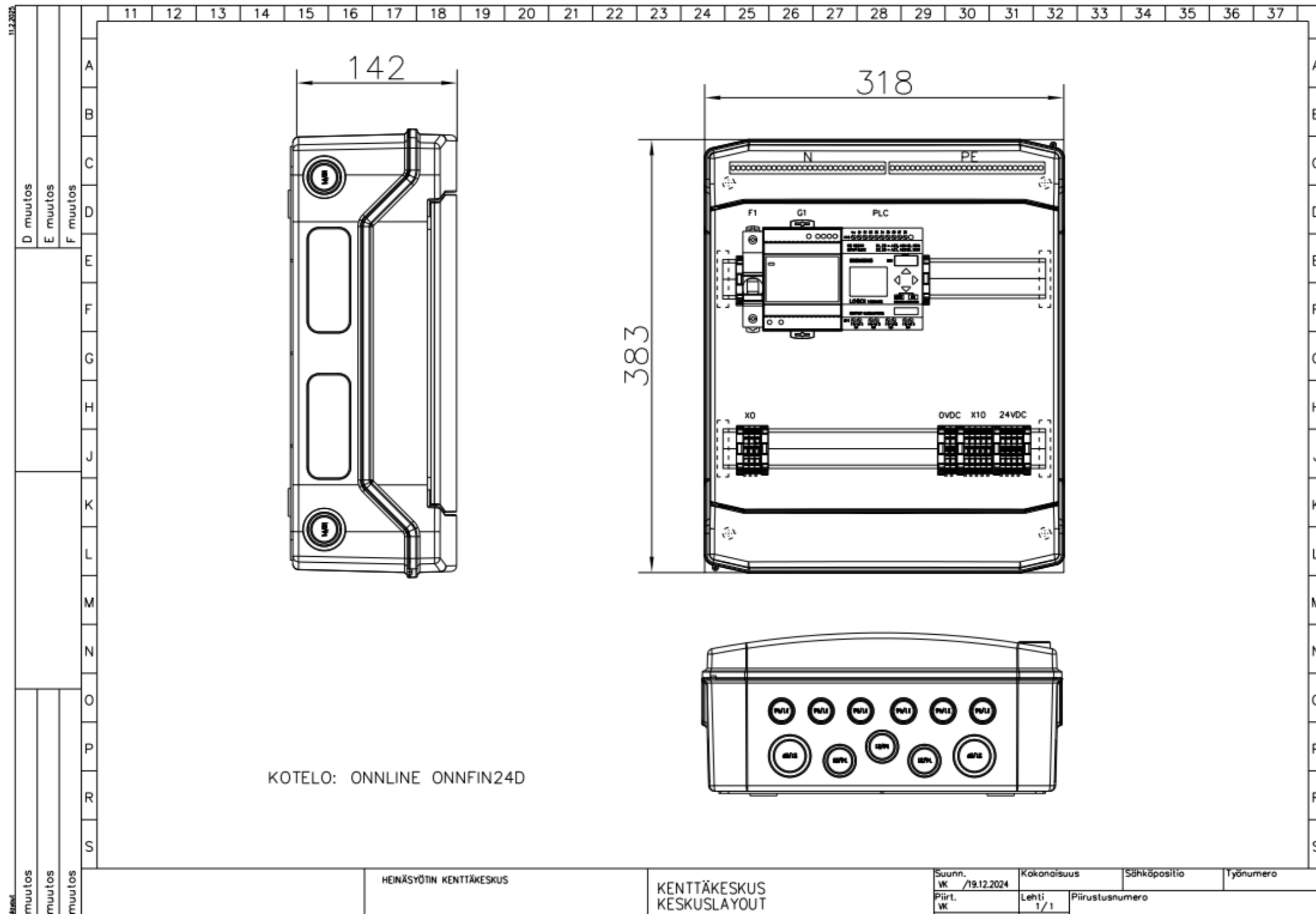
Suunn. WK /17.12.2024	Kokonaisuus =OS1	Sähköspositio +KK	Työnumero
Piirt. WK	Lehti 3/4	Piirustusnumero	
Tark.	SÄH		



Heinäyölin Kenttäkeskus

KESKUSLAYOUT
RIVILIITTIMET

Suunn. VK /31.1.2025	Kokonaisuus	Sähköspositio	Työnumero
Piirt. VK	Lehti 1/1	Päristusnumero	
Tark.	SÄH		



KOTELO: ONNLINE ONNFIN24D

HEINÄSYÖTIN KENTTÄKESKUS

KENTTÄKESKUS
KESKUSLAYOUT

Suunn. VK /19.12.2024	Kokonaisuus	Sähköpositio	Työnumero
Piirt. VK	Lehti 1/1	Piirustusnumero	

11.12.2024

D muutos
E muutos
F muutos

muutos
muutos
muutos