



Kappalelaskurin suunnittelu ja rakentaminen Richardon R 400 CNC -vierintäjyrsinkoneeseen

Jouni Pääskynen

OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2020

Konetekniikan tutkinto-ohjelma
Tuotantotekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Konetekniikan tutkinto-ohjelma
Tuotantotekniikka

PÄÄSKYNNEN, JOUNI:

Kappalelaskurin suunnittelu ja rakentaminen Richardon R 400 CNC -vierintäjyr-
sinkoneeseen

Opinnäytetyö 48 sivua, joista liitteitä 4 sivua
Toukokuu 2020

Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella ja rakentaa automaattisesti toimiva työ-
kappaleiden laskijalaite kappaleiden kuljetinradalla varustettuun vierintäjyr-
sinkoneeseen. Konepajatuotannossa poikkeamat tuotantoerän tilatun ja todellisen
kappalemäärän välillä aiheuttavat aina kustannuksia. Työstökoneen kappalera-
dan yhteydessä toimiva automaattinen kappalelaskuri ei poista eräkoon virheitä,
mutta sen avulla virhe voidaan havaita ja korjata aiemmin mikä puolestaan voi
säästää kustannuksia merkittävästi.

Työssä keskityttiin laitteen tekniseen suunnitteluun sen helppokäyttöisyyden ja
luotettavuuden näkökulmista. Käytettävyydeltään epälooginen ja vaikeakäyttöi-
nen laite voi aiheuttaa virheellisiä laskentatuloksia, ja siten olla, ei pelkästään
hyödytön, vaan peräti vahingollinen. Samasta syystä opinnäytetyössä perehdyt-
tiin erityisellä huolella erilaisiin kappaleentunnistustekniikoihin, jotta voitiin löytää
tähän tarkoitukseen parhaalla mahdollisella tavalla soveltuva ja luotettava tunnis-
tusmenetelmä.

Opinnäytetyön tuloksena saatiin automaattinen kappalelaskijalaite, jota voidaan
hyödyntää missä tahansa sellaisessa työstökoneessa, jossa työkappaleet liikku-
vat kuljetinrataa pitkin. Laitteen toiminta osoittautui suunnitellun mukaiseksi, eikä
kappaleiden laskennassa ole havaittu epäluotettavuutta.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Mechanical Engineering
Production Engineering

PÄÄSKYNNEN JOUNI

Designing and Building a Workpiece Counter to the Richardson R 400 CNC Gear Hobbing Machine.

Bachelor's thesis 48 pages, appendices 4 pages
May 2020

The purpose of this thesis was to design and build an automatically operating workpiece counter to a gear hobbing machine equipped with a workpiece conveyor track. In workshop production, deviations between the ordered and the actual number of units in a production batch always cause costs. The automatic counter device, which works in conjunction with the machine tool workpiece conveyor, does not eliminate batch size errors. However, it allows the error to be detected and corrected earlier, which in turn can save costs significantly.

This work focused on the technical design of the counter device in terms of its ease of use and reliability. An illogical and difficult-to-use device could cause erroneous calculation results, and thus be not only useless, but even harmful. For the same reason, special attention was paid in this study to various workpiece recognition techniques in order to find the most suitable and reliable recognition method for this purpose.

As a result of this thesis, an automatic workpiece counter was obtained, and it can be utilized in any machine tool equipped with a workpiece conveyor track. The operation of the device turned out as planned, and no unreliability has been observed in the calculation of the workpieces.

Key words: ultrasonic sensor, logic module, user interface

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	7
2	TILAAJAESITTELY.....	9
3	KAPPALEMÄÄRIEN VIRHEET KONEPAJATUOTANNOSSA	10
	2.1 Virheiden syntyminen tuotantoerissä	10
	3.1 Virheiden vaikutukset.....	11
4	KAPPALELASKIJAN SUUNNITTELUN LÄHTÖKOHDAT	12
	4.1 Laitteen käytettävyys.....	12
	4.2 Toiminnan luotettavuus	12
	4.2.1 Toiminnan virheettömyyden varmistaminen.....	12
	4.2.2 Laitteen kestävyys	13
	4.3 Turvallisuus.....	13
	4.4 Muut suunnitteluperusteet.....	14
	4.4.1 Kustannustekijät	14
	4.4.2 Suunnittelun geneerisyys.....	14
5	KAPPALEEN TUNNISTUS	15
	5.1 Anturityypin valinta	15
	5.1.1 Induktiiviset lähestymiskytkimet	15
	5.1.2 Kapasitiiviset lähestymiskytkimet.....	17
	5.1.3 Optiset anturit	17
	5.1.4 Ultraäänianturit	18
	5.2 Valitun anturin ominaisuudet	20
6	OHJAUSKOMPONENTTIEN VALINTA	24
	6.1 Pienoislogiikat	24
	6.2 Siemens LOGO! -pienosislogiikkasarja	25
7	ANTURIN SÄÄDETTÄVÄ KIINNITYS	27
8	MUIDEN KOMPONENTTIEN VALINTA.....	29
	8.1 Kotelo.....	29
	8.2 Virtalähde.....	30
	8.3 Ohjauskalusteet	31
9	KOKOONPANO.....	32
10	LOGIIKKAOHJELMAN SUUNNITTELU.....	34
	10.1 Logiikkaohjelmoinnin teoriaa.....	34
	10.2 Ohjelman toteutus	34
11	TESTAUS JA KÄYTTÖÖNOTTO.....	40
12	KÄYTTÖKOKEMUKSET JA PARANNUSEHDOTUKSET	42
13	POHDINTA.....	43

LÄHTEET	44
LIITTEET	45
Liite 1. Sähköpiirustus.....	45
Liite 2. Baumer 12U9914/S14 -ultraäänianturin datalehti	46
Liite 3. Ensto CUBO OPCP203013G -laitetekotelo	47
Liite 4. Logiikkaohjelma	48

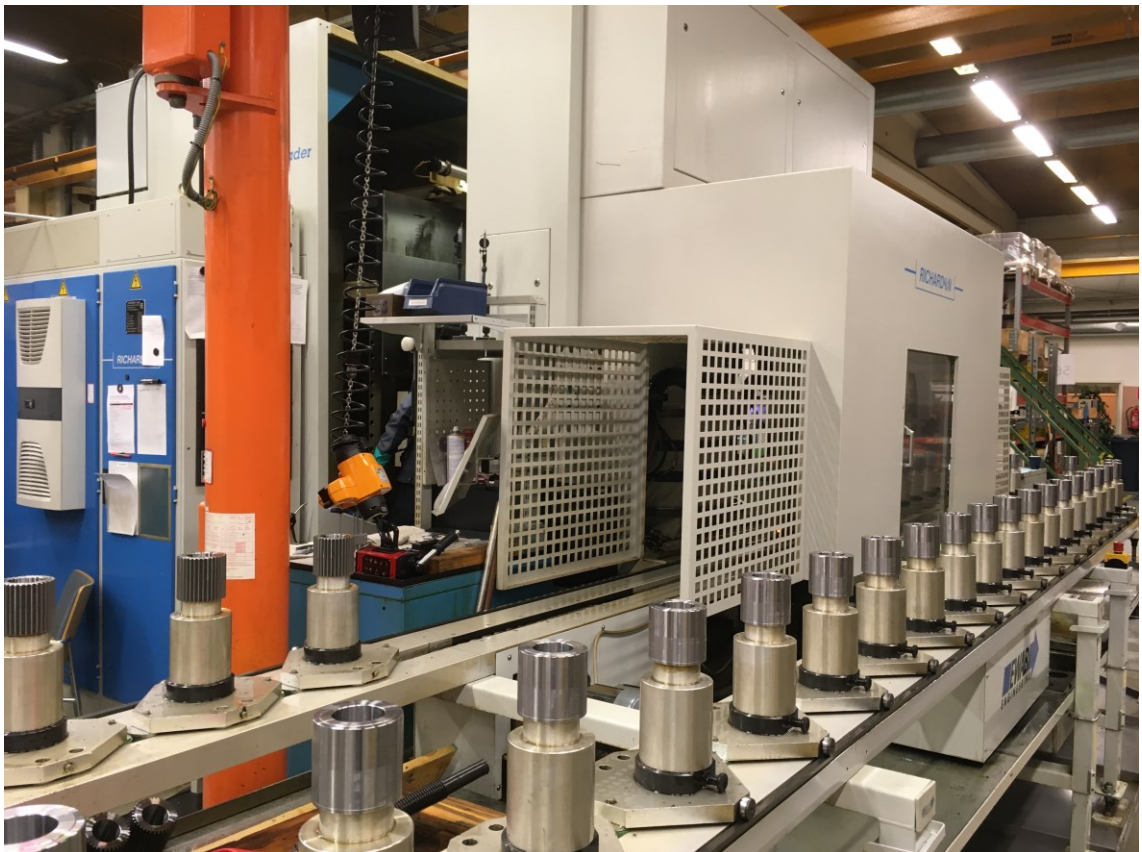
ERITYISSANASTO

Kappalerata	Työstökoneen yhteydessä oleva kuljetinrata, joka mahdollistaa työstökoneen itsenäisen toiminnan. Kone ottaa radalta aihion ja palauttaa sen työstön jälkeen radalle.
Pienoislogiikka	Edullinen, perustoiminnot sisältävä ohjelmoitava logiikka. Alun perin kehitetty yksinkertaisiin kiinteistöautomaatiosovelluksiin, mutta nykyisin niiden suorituskyvyn kasvaessa ero varsinaisiin raskaampiin logiikoihin on kaventunut.
Käyttöliittymä	Minkä tahansa laitteen tai tuotteen se osa, jonka kautta käyttäjä laitetta käyttää. Esimerkiksi näyttö tai merkki-valot, joiden kautta käyttäjä näkee laitteen toiminnan ja käyttökytkimet, joiden kautta käyttäjä ohjaa laitteen toimintaa.

1 JOHDANTO

Työn tilaajana toimi Tasowheel Gears Oy, yhteyshenkilönään Development manager Kimmo Hyvärinen. Aloite automaattisen kappalelaskurin suunnitteluun ja rakentamiseen tuli työn tilaajalta. Sysäyksenä laskurin toteuttamiselle oli tilaajan tuotannossa ilmenneet poikkeamat tuotantoerien tilattujen ja todellisten kappalemäärien välillä. Näiden poikkeamien kustannusvaikutukset ovat luonnollisesti vaihtelevia, mutta ovat kuitenkin aina olemassa.

Laite tilattiin ensisijaisesti Richardon R 400 CNC -vierintäjyrsinkoneelle (kuva 1), mutta eräänä suunnittelun lähtökohtana pidettiin alusta asti sitä, että laite soveltuisi sellaisenaan myös muille sellaisille tilaajan koneille, jotka on varustettu kappaleradalla.



KUVA 1. Richardon R 400 CNC -vierintäjyrsinkone kappaleratoineen

Laitteen suunnitteluun saatiin hyvät lähtökohdat niin yhteyshenkilöä, kuin työstökoneiden käyttäjiä haastatteleamalla. Tällä tavoin voitiin saada selvä näkemys

siitä, mitä laitteen käyttöliittymältä vaadittiin ja mitä siinä puolestaan ei saisi olla. Laitteen tulevaa käyttöympäristöä voitiin myös vapaasti tarkastella, mikä oli tärkeää laitteen koteloinnin mitoitusta ja tarvittavaa suojausta mietittäessä.

Tavoitteena oli suunnitella ja valmistaa laskijalaitteen prototyyppi, ja toimittaa se tilaajalle aidossa työympäristössä suoritettavia käyttökokeita varten. Tämän jälkeen oli tarkoitus kerätä laitteen käyttäjien kokemuksia ja tehdä niiden pohjalta laitteeseen ja sen käyttöliittymään muutoksia, mikäli niille ilmenisi tarvetta. Käyttöliittymämuutokset voitaisiin tehdä prototyyppilaitteeseen ohjelmistopäivityksenä. Kaikki muutostoiveet pyrittäisiin huomioimaan prototyyppilaitetta mahdollisesti seuraavissa, piensarjatuotantona valmistettavissa laskijalaitteissa.

2 TILAAJAESITTELY

Opinnäytetyön tilaajayritys Tasowheel Gears Oy on osa Tasowheel Group Oy -konsernia. Tasowheel on vuonna 1979 perustettu suomalainen metallialan perheyrittäjä. Konserniin kuuluvat Tampereella toimivat Tasowheel Gears Oy ja Tasowheel Systems Oy (kuva 2), sekä Tikkakoskella toimiva Tasowheel Tikka Oy.



KUVA 2. Tasowheel Group Oy:n pääkonttori ja tehdas Tampereella

Yrityksen toimialana on voimansiirtokomponenttien ja voimansiirtoratkaisujen valmistus. Tasowheel Group Oy työllistää noin 130 henkilöä, ja sen liikevaihto on yli 22 miljoonaa euroa. Yrityksen tuotannosta yli 90% menee vientiin. Konsernin osista opinnäytetyön tilaajana toiminut Tasowheel Gears Oy on selvästi suurin. (Tasowheel Group Oy 2018.)

3 KAPPALEMÄÄRIEN VIRHEET KONEPAJATUOTANNOSSA

2.1 Virheiden syntyminen tuotantoerissä

Virheiden syntyä ja niiden vaikutuksia käsitellään tässä yleisellä tasolla. Jotkut esitetyistä syistä ja vaikutuksista ovat esiintyneet myös Tasowheel Gears Oy:llä ja myötävaikuttaneet myöhemmin esitettävän laskijalaitteen syntyyn, eivät välttämättä kaikki.

Ei-automatisoidussa sarjatuotannossa voi aina syntyä eroja tuotantoerän tilatun ja todellisen kappalemäärän välille. Eroja syntyy inhimillisten virheiden seurauksena, mutta myös teknisistä syistä. Yleistäen voidaan sanoa, että mitä varhaisemmassa tuotantoketjun vaiheessa poikkeama tuotantoerän suuruudessa havaitaan, sitä helpompaa ja halvempaa sen korjaaminen on.

Tuotantoerän kappalemäärä voi poiketa tilatusta jo heti tuotantoketjun alussa aihioiden määrän poikkeamana. Myöhemmissä vaiheissa poikkeamia voi aiheutua esimerkiksi syystä tai toisesta hylättyjen kappaleiden muodossa. Tällöin on tärkeää, että todellista kappalemäärää voidaan tarkasti seurata ja huomata ajoissa, mikäli se poikkeaa tilatusta määrästä liian paljon. Tämä on kuitenkin useimmiten vaikeaa ja virhealtista, sen vuoksi on aika ajoin suoritettava tarkistuslaskenta.

Haluttaessa varmistua tuotantoerän todellisesta kappalemäärästä jossain tuotantoketjun vaiheessa, yleensä ainoa keino on tehdä tarkistuslaskenta. Varsinkin pienikokoisten työkappaleiden ja kappalemäärältään suuren erän tapauksessa tarkistuslaskenta on kuitenkin erittäin työläs ja virhealtis prosessi. Pahimmillaan manuaalisesti tehty kappaleiden laskenta voi jopa lisätä virhettä kappalemäärässä sen sijaan, että se paljastaisi virheen.

3.1 Virheiden vaikutukset

Virheet tuotantoerän tilatun ja todellisen kappalemäärän välillä aiheuttavat poikkeuksetta kustannuksia. Poikkeamia kappalemäärissä ei voida koskaan täysin poistaa, mutta niiden mahdollisimman varhaisella havaitsemisella niiden kustannusvaikutuksia voidaan pienentää.

Poikkeama tuotantoerän kappalemäärässä on pahin silloin, kun koko tuotantoerä on valmis ja vasta sitä asiakkaalle toimitettaessa havaitaan tilatusta määrästä puuttuvan tuotteita. Pienimmillä kustannuksilla selvittää silloin, jos asiakas hyväksyy alikokoisen erän. Tällöinkin asian selvittämiseen kuluu aikaa ja siten syntyy kustannuksia, lisäksi asiakkaan luottamus toimittajaan saattaa horjua ja olla pahimmillaan este seuraavien tilausten saamiselle.

Kallein tilanne syntyy silloin, kun asiakas ei hyväksy alikokoista erää, vaan puuttuvat tuotteet joudutaan ajamaan läpi koko tuotantoketjun siinä vaiheessa, kun työstökoneilla on jo aloitettu seuraavien tuote-erien valmistus. Nimenomaan tämän kaltaisia tilanteita voidaan välttää, jos tieto kappalemäärän virheestä saadaan jo silloin, kun valmistettava tuote-erä on vielä keskeneräisenä tuotannossa. Tällöin prosessiin voidaan syöttää lisää tarvittava määrä aihioita ja paikata kappalemäärän vaje ennen kuin tuote-erä koneella ehtii vaihtua seuraavaan.

4 KAPPALELASKIJAN SUUNNITTELUN LÄHTÖKOHDAT

4.1 Laitteen käytettävyys

Kappalelaskijan suunnittelussa oli keskeisenä tekijänä laitteen käytettävyys. Pyrkimyksenä oli tehdä laitteen käytöstä niin intuitiivista ja selkeää, ettei sen käyttämiseen tarvittaisi erillistä käyttöohjetta, vaan lyhyt opastus sen käyttämiseen riittäisi. Tarkoituksena oli kerätä käyttökokemuksia laitteen prototyypin avulla, ja tehdä laitteen käyttöliittymään sen jälkeen muutoksia tarpeen mukaan.

4.2 Toiminnan luotettavuus

Käytettävyyden ohella toisena tärkeänä suunnitteluperusteena oli laitteen toiminnan luotettavuus. Tällä tarkoitetaan sekä laitteen toiminnan virheettömyyttä vaihtelevissa käyttöolosuhteissa että sen kestävyyttä normaalissa päivittäisessä käytössä.

Tilaaajayrityksen yhteyshenkilöltä ja työntekijöiltä saatiin jo tässä vaiheessa arvokkaita näkemyksiä ja ajatuksia laitteen suunnittelussa huomioitavaksi. Heidän kanssaan päästiin myös perehtymään siihen, miten monimuotoisia ja kooltaan vaihtelevia laskijalaitteella tunnistettavat ja laskettavat työkappaleet tulisivat olemaan. Tässä yhteydessä päästiin myös tutustumaan laitteen tuleviin käyttökohteisiin ja saatiin koneiden käyttäjiltä kokemusperäistä tietoa siitä, mitä laskijalaitteen tulisi käytännössä sietää.

4.2.1 Toiminnan virheettömyyden varmistaminen

Laitteen toiminnan virheettömyyden varmistamisella tarkoitetaan tässä yhteydessä sitä, että sen toiminnan kannalta keskeisimpään osaan, eli kappaleen tunnistukseen perehdyttiin erityisellä huolella. Ellei kappaletta pystytä tunnistamaan jokaisella kerralla virheettömästi, tai saadaan ylimääräisiä, aiheettomia

tunnistuksia, ei koko laitetta voitaisi pitää käyttökelpoisena siihen tarkoitukseen, johon se on suunniteltu.

4.2.2 Laitteen kestävyys

Tärkein yksittäinen tekijä elektronisen laitteen kestävyuden varmistamisessa on sen kotelointi. Kotelon tiivydellä ja mekaanisella lujuudella varmistetaan se, ettei herkkiin elektronisiin komponentteihin pääse kosteutta tai epäpuhtauksia, eikä niihin pääse kohdistumaan liiallista mekaanista rasitusta.

Yksittäisten komponenttien valinnassa on niin ikään pyrittävä varmistamaan niiden soveltuvuus laitteen tulevaan käyttöympäristöön. Tässä on huomioitava ympäristön lämpötila, kosteus, ilman epäpuhtaudet ja mahdolliset mekaaniset ja kemialliset rasitukset, esimerkiksi tärinä. Sekä kotelon että sen ulkopuolelle tulevien ohjauskomponenttien valinnassa tultaisiin kiinnittämään huomiota niiden IP-luokitukseen, jotta voitaisiin varmistaa laitteen riittävän tasokas suojaus (sähköinfo 2015).

4.3 Turvallisuus

Jokaisen koneen tai laitteen suunnittelussa on huomioitava sen turvallisuus. Kone tai laite ei saa aiheuttaa vaaraa käyttäjälleen tai ympäristölleen (Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta 12.6.2008/400). Koska tässä opinnäytetyössä suunniteltava ja valmistettava laite tulee toimimaan työvälineenä, koskevat sitä myös työturvallisuuslain vaatimukset (työturvallisuuslaki 23.8.2002/738)

Edellisten turvallisuusvaatimusten lisäksi on myös huomattava se, että suunniteltava ja rakennettava laskuri on sähkölaite. Näin ollen laitteen suunnittelussa ja rakentamisessa on huomioitava, että kaikki sähkölaitteen valmistusta koskevat vaatimukset täyttyvät (Turvallisuus ja kemikaalivirasto Tukes 2017, 20).

4.4 Muut suunnitteluperusteet

4.4.1 Kustannustekijät

Muiden suunnitteluperusteiden kanssa oli jatkuvasti tasapainoitava muodostuvien kustannusten kanssa. Laite oli pyrittävä suunnittelemaan sellaisia komponentteja käyttäen, ettei kokonaisuuden hinta muodostuisi liian korkeaksi.

Komponenttien valinta pelkästään niiden teknisten ominaisuuksien perusteella johtaa helposti tilanteeseen, jossa laite on kyllä asiakkaan vaatimusten mukainen, mutta niin kallis, ettei sitä saada myydyksi. Useiden komponenttien valinnassa tämä kävi ilmi, kun huomattiin teknisesti toisiaan vastaavien osien hintaerojen voivan olla moninkertaisia.

Toisaalta havaittiin myös se, että monien komponenttien kohdalla on vaarana panostaa ominaisuuksiin, joita ei tarvita ja sitä kautta maksaa turhasta. Ajan käyttäminen komponenttien huolelliseen vertailuun ja valintaan säästää pienessäkin projektissa helposti kustannuksia sen sijaan että aiheuttaisi niitä.

4.4.2 Suunnittelun geneerisyys

Suunnittelun geneerisyydellä tarkoitetaan tässä tapauksessa laitteen soveltuvuutta sellaisenaan muihinkin sellaisiin työstökoneisiin, joissa on automaattinen kappalerata. Laitetta ei siis suunniteltu tiukasti sopimaan vain siihen koneeseen, johon se tilattiin, eikä sitä integroitu miltään osin osaksi työstökonetta. Laitteen geneerisyys mahdollistaisi myös sen pienimuotoisen sarjatuotannon siinä tapauksessa, että se osoittautuisi toimivaksi ja tilaajan tarpeen täyttäväksi. Tällöin laitetta voitaisiin valmiina tuotteena markkinoida myös muille asiakkaille.

5 KAPPALEEN TUNNISTUS

5.1 Anturityypin valinta

Automaattisen kappalelaskijan toiminta perustuu työstökoneesta kuljetusrataa pitkin tulevan, koneistetun metallikappaleen tunnistamiseen. Tunnistettavien kappaleiden muoto ja koko vaihtelee suuresti sekä yhdellä työstökoneella että eri koneilla keskenään. Laitteen on kuitenkin kyettävä tunnistamaan jokainen työstetty kappale luotettavasti.

Samanaikaisesti laite ei saa tunnistaa mahdollista ohikulkevaa tyhjää kappaleenkuljetusalustaa, eikä olla herkkä millekään muulle ulkoiselle häiriötekijälle, kuten esimerkiksi ilman epäpuhtauksille tai anturin likaantumiselle. Työstetyn kappaleen muoto, koko tai pinnan ominaisuudet eivät myöskään saa aiheuttaa saman kappaleen tunnistamista useaan kertaan.

Edellisten vaatimusten lisäksi kappaleen tunnistavan anturin on oltava sellainen, ettei sen asettaminen kunkin kappaleen mukaan saa olla kohtuuttoman tarkkaa. Tällä on vaikutusta paitsi laitteen toiminnan luotettavuuteen, myös asettamiseen tarvittavaan aikaan. Riittävän karkealla asetuksella toimiva anturi on paitsi luotettava, myös nopea ja helppo asetettava.

5.1.1 Induktiiviset lähestymiskytkimet

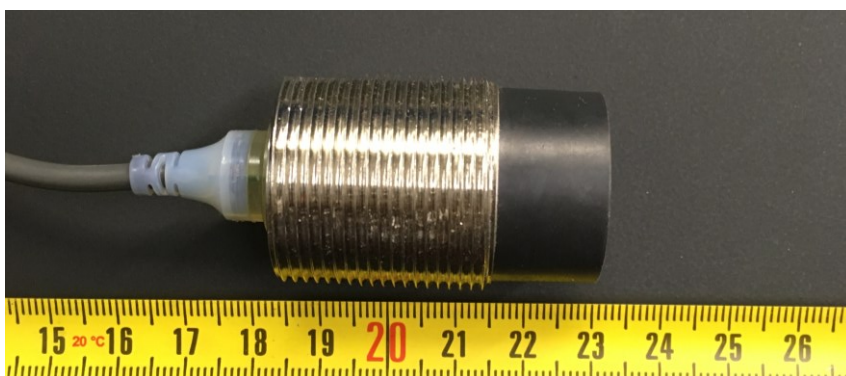
Induktiivisen lähestymiskytkimen tunnistinosa synnyttää eteensä suuritaajuisen magneettikentän. Kun metallinen kappale tulee magneettikenttään, tunnistinosa havahtuu ja elektroniikkapiiriohjaa kytkinosan toimintatilaan (www.peda.net).

Tyypillisesti induktiivisten lähestymiskytkinten tunnistusetäisyys on muutaman millimetrin luokkaa. Kappalelaskurin tapauksessa oli alusta asti selvää, ettei niin pienen tunnistusetäisyyden omaava anturi tulisi kyseeseen.

Testiin otettiin sen sijaan OMRON E2A-M30LN30-WP-B1 5M -tyyppinen anturi, jonka tunnistusetäisyys oli peräti 30 mm (kuva 3). Käytännön kokeissa huomattiin kuitenkin, ettei edes 30 millimetrin tunnistusetäisyys ollut riittävä laskijan luotettavan toiminnan kannalta. Syyt tähän olivat seuraavat:

- Työstökoneen kappaleradalla liikkuvat työkappaleiden alustat pääsevät liikkumaan anturiin nähden yli 10 millimetriä sitä kohti tai siitä poispäin.
- Työstettävä aihio ja myöhemmin valmiiksi työstetty kappale ei ole tarkasti sovitettu kuljetusalustan päälle, vaan niiden keskinäinen asema voi poiketa toisistaan joitain millimetrejä.
- Tarkoitus on, että laskijalaitteen kappaleentunnistusanturi voidaan kohdistaa työstettävään kappaleeseen jo sen ollessa vielä aihiona. Aihion ja työstetyn työkappaleen pinnan etäisyys anturista voi poiketa toisistaan huomattavasti, riippuen siitä, miten paljon kappaleen pinnasta poistetaan materiaalia sitä työstettäessä.

Suoritetuissa testeissä havaittiin, että vaikka testikäytössä ollut induktiivinen lähestymiskytkin asetettiin alussa lähes kiinni kappaleradalla liikkuneeseen aihioon, ei voitu olla täysin varmoja siitä, että työstön jälkeen radalla anturin ohitse liikkuvan työkappaleen pinta olisi alle 30 millimetrin päässä siitä.



KUVA 3. OMRON -induktiivinen lähestymiskytkin

Näin ollen todettiin induktiivisen lähestymiskytkimen olevan tähän tarkoitukseen huonosti sopiva sen tarkkuutta vaativan asettamisen vuoksi varsinkin, kun sen tarkallakaan asetuksella ei olisi voitu taata laskijan luotettavaa toimintaa.

5.1.2 Kapasitiiviset lähestymiskytkimet

Kapasitiivinen lähestymiskytkin eroaa induktiivisesta siinä, että se synnyttää tunnistinosan eteen sähkökentän magneettikentän sijasta. Kapasitiivinen lähestymiskytkin toimii sähköä johtavan ja johtamattoman kappaleen tullessa sähkökenttään. Tunnistusetäisyys riippuu voimakkaasti materiaalista (www.peda.net).

Vaikka kapasitiivisen lähestymiskytkimen tunnistusetäisyys onkin usein säädettävissä, se on yleensä tyypillisesti samaa luokkaa kuin induktiivisen anturin, joten sen soveltuvuus kappalelaskijan kappaleentunnistukseen on yhtä huono kuin induktiivisen. Kapasitiivisen lähestymiskytkimen soveltuvuutta kappalelaskurin kappaleentunnistimeksi ei katsottu aiheelliseksi testata käytännön kokein.

5.1.3 Optiset anturit

Valosähköinen, eli optinen lähestymiskytkin koostuu valoa tuottavasta lähettimestä ja sitä vastaanottavasta vastaanottimesta. Lähettimen ledi lähettää infrapunavaloa tai näkyvää punaista tai vihreää valoa. Vastaanottimessa on valotunnistimena fototransistori (www.peda.net).

Valosähköiset lähestymiskytkimet jaetaan kolmeen ryhmään rakenteensa perusteella:

- erillisestä lähettimestä ja vastaanottimesta koostuva lähestymiskytkin
- peilistä heijastava lähestymiskytkin
- materiaalista heijastava lähestymiskytkin.

Optisillekaan antureille ei katsottu tässä työssä tarpeelliseksi tehdä käytännön kokeita, koska niiden eduista ja potentiaalisista ongelmista oli jo runsaasti aiempaa käytännön kokemusta. Keskeisin optisen anturin käyttämisen estävä ongelma kappalelaskijan tapauksessa oli se, että anturin piti kyetä tunnistamaan kappale niin aihiona, kuin valmiiksi työstettynä kappaleena. Tällöin sekä kappaleen pinnanlaatu että sen muoto muuttuvat optisen tunnistuksen kannalta olennaisesti:

- materiaalista heijastava lähestymiskytkin ei tulisi kyseeseen, koska aihion pinta ei olisi riittävän heijastava, jotta se voitaisiin optisesti tunnistaa.
- peilistä heijastavan mallin ongelmaksi puolestaan muodostuisi se, että valmiiksi työstetyn kappaleen pinta on kiiltävä, ja siksi anturi saisi heijastuksia peilin lisäksi myös kappaleen pinnasta. Useimmat työstetyt kappaleet ovat hammaspyöriä, jolloin niiden pinnassa on useita toisiinsa nähdessä eri kulmissa olevia kiiltäviä metallipintoja. Tällöin on vaarana se, että kappaleen liikkua radalla optisen anturin editse, anturi saisi useita erillisiä heijastuksia ja laite laskisi sen virheellisesti useaksi eri kappaleeksi.

Erillisestä lähettimestä ja vastaanottimesta koostuva optinen lähestymiskytkin sen sijaan olisi kahdesta aiemmasta vaihtoehdosta poiketen kappaleen tunnistuksen kannalta toimiva ratkaisu. Sen asettaminen kohdalleen kutakin erikoista ja -mallista työkappaletta varten olisi kuitenkin työlästä ja huomattavaa tarkkuutta vaativaa, ja siksi vaarantaisi laitteen toiminnan luotettavuuden. Tarkoitukseen parhaalla mahdollisella tavalla soveltuvan anturityypin etsintää päätettiin siis jatkaa edelleen.

5.1.4 Ultraäänianturit

Ultraäänianturi oli anturityypinä aiemmin mainittuja tuntemattomampi. Niihin tarkemmin perehdyttäessä havaittiin niillä kuitenkin olevan lukusia sellaisia ominaisuuksia, joiden puolesta ultraäänianturi alkoi näyttää varsin varteenotettavaa vaihtoehdolta kappalelaskijan kappaleentunnistukseen.

Ultraääneen perustuva lähestymiskytkin koostuu erillisestä lähettimestä ja vastaanottimesta tai samaan koteloon asennetuista lähettimestä ja vastaanottimesta, johon ääni heijastuu tunnistettavasta kappaleesta. Näiden lähestymiskytkinten toimintaan ei vaikuta tunnistettavan kappaleen väri, materiaali tai pinnan muoto (www.peda.net).

Ultraäänikytkimissä tunnistusetäisyydet vaihtelevat tyypistä riippuen muutamista millimetreistä kymmeneen metriin. Kytkimissä on yleensä herkkyuden säädin, jolla tunnistusetäisyyttä voidaan säätää. Ultraäänianturi ei myöskään ole herkkä ilman epäpuhtauksille tai muille ympäristön olosuhteille, kuten valaistukselle.

Käytännön kokeiluja varten saatiin lainaksi PEPPERL+FUCHS 3RG6342-3JK01-PF -tyyppinen ultraäänianturi (kuva 4). Kyseisen anturityypin erikoisuu-
tena oli erillinen rasia anturin ohjauselektronikalle. Varsinainen sylinterimäinen anturi oli liitetty siihen kiinteällä kaapelilla. Lainaksi saadun anturin tunnis-
tusetäisyys oli säädettävissä alueella 60 – 300 mm.



KUVA 4. PEPPERL+FUCHS -ultraäänianturi elektroniikkarasioineen

Käytännön kokeiluja varten ultraäänianturi liitettiin yksinkertaiseen anturitesteeriin, jonka merkkivaloilla voitiin havainnoida anturin toimintaa (kuva 5). Kokeissa anturin tunnistusetäisyyttä säädeltiin ja sen asemaa radalla liikkuneisiin työkalupaleisiin nähden vaihdeltiin. Samalla pyrittiin häiritsemään anturin toimintaa mm. sumuttamalla sen eteen ilmaan vettä ja aiheuttamalla korkeataajuisia häiriöääniä, mutta millään toimilla ei saatu anturin toimintaa häiriintymään.



KUVA 5. Anturitesteri (RS Components)

Kaiken kaikkiaan ultraäänianturi osoittautui erittäin luotettavaksi ja varmatoimiseksi kappaleen tunnistamisessa. Edes tahallisella häirinnällä sitä ei saatu tekemään virrehavaintoja. Lisäksi anturin kohdistaminen radalla ohi kulkevaan työkappaleeseen osoittautui ilahduttavan helpoksi. Tähän vaikutti se ultraäänianturin ominaisuus, että sen tuottama äänikeila ei ole viivamaisen kapea, vaan aina jonkin verran keilamainen. tästä syystä anturin kärjen ei tarvitse osoittaa tarkalleen suoraan kappaleen pintaan, jotta se havaittaisiin. Onnistuneen testauksen jälkeen päätettiin kappalelaskijan kappaleentunnistukseen valita anturin toimintaperiaatteeksi ultraäänianturi.

5.2 Valitun anturin ominaisuudet

Pitkällisen etsinnän ja lukuisten vertailujen jälkeen kappalelaskijaan valikoitui anturityypiksi sveitsiläisen Baumer Electric AG:n malli UNAM 12U9914/S14 (kuva 6). Anturin tärkeimmät tekniset tiedot ovat koottuna taulukkoon 1.

TAULUKKO 1. Baumer UNAM 12U9914/S14 -ultraäänianturin tekniset tiedot

SÄHKÖISET OMINAISUUDET	
tunnistusetäisyys	20 – 200 mm (opetettavissa)
resoluutio	< 0,3 mm
käyttöjännite	15 – 30 VDC
toimintatapa	analoginen
ulostulosignaali	0 – 10 V / 10 – 0 V (opetettavissa)
tunnistusetäisyys aseteltava	kyllä

ANTURIN KOTELOINTI	
kotelon tyyppi	synterimäinen M12
kotelon materiaali	nikkelöity messinki
pituus	72 mm
halkaisija	12 mm (M12)
liitintyyppi	M12 4-napainen
käyttölämpötila	-10 – +60 °C
suojausluokka	IP 67

Valitun ultraäänianturin kaikki ominaisuudet löytyvät sen datalehdessä (liite 2). Kuten ominaisuustaulukosta huomataan, valittu anturi on toimintatypiltään analoginen. Tämä tarkoittaa sitä, että anturi antaa ulostuloliitintään jännitesignaalin, jonka suuruus riippuu havaittavan kohteen etäisyydestä anturiin nähden. Sama anturimalli olisi ollut saatavissa myös digitaalisena versiona, jolloin sen ulostulosignaali olisi ollut pelkästään päällä/pois -tyyppinen.

Analogisen anturin valintaan päädyttiin, koska alusta asti oli selvää, että laskijalaite tulisi rakentumaan ohjelmoitavan logiikan varaan, ja tällöin sopivan logiikan valitsemalla voitaisiin hyödyntää analogisen mittasignaalin tarjoamat mahdollisuudet digitaaliseen anturiin verrattuna. Tärkeimpänä etuna analogisesta mittasignaalista olisi sen mahdollistama havainnollisuus anturin asettelemisessa tunnistettavan kappaleen suhteen; käyttäjälle olisi tällöin mahdollista esittää kaikki mitta-arvot myös tilojen havaittu / ei havaittu väliltä.

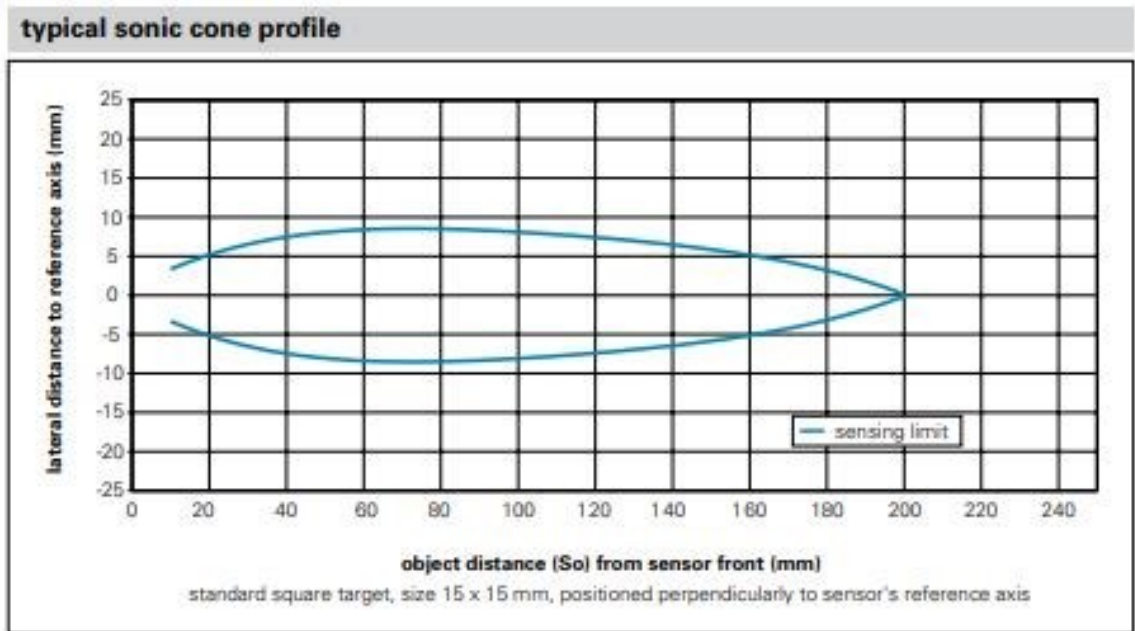


KUVA 6. Baumer UNAM 12U9914/S14 -ultraäänianturi liitäntäkaapeleineen

Muina valintaperusteina ultraäänianturin valinnassa olivat sen edullinen hinta, hyvä saatavuus ja pienikokoinen kotelo. Etuna pidettiin myös sitä, että anturissa ei ollut kiinteää liitäntäkaapelia, vaan se on varustettu M12 -tyyppisellä pistoke-liittimellä. Se mahdollistaa kaapelin helpon vaihdettavuuden tarvittaessa.

Liitäntäkaapelin tulee ainakin anturin käyttöönottovaiheessa olla 4-napainen, koska sen neljättä johdinta käytetään anturin opettamiseen tunnistusetaisyuden ja ulostulosignaalin napaisuuden suhteen. Anturin varsinaiseen toimintaan riittää myös 3-napainen liitäntäkaapeli.

Valitun ultraäänianturin ultraäänikeilan muoto ja mitat ovat nähtävissä kuviossa 1. Kuten kuvioista voidaan huomata, äänikeilan leveys on suurimmillaankin alle 20 mm, eli sen herkkyys tehdä vääriä havaintoja huolimattomastikaan suunnattuna ei tule muodostumaan ongelmaksi. Toisaalta taas keilan leveys on riittävän suuri niin, ettei anturin suuntaus kappaletta kohti tule myöskään olemaan liian tarkkaa.



KUVIO 1. Baumer 12U9914/S14 -ultraäänianturin äänikeila (www.baumer.com)

6 OHJAUSKOMPONENTTIEN VALINTA

Yhtenä laskijalaitteen suunnittelun keskeisenä lähtökohtana oli sen rakentuminen ohjelmoitavan logiikan (Programmable Logic Controller = PLC) varaan. Tämä mahdollistaisi intuitiivisen ja selkeän käyttöliittymän suunnittelun ja olisi myös edullinen toteuttaa vähäisen komponenttimäärän ansiosta. Logiikkaan perustuva toiminta mahdollistaisi myös sellaisten erikoistoimintojen toteuttamisen, joita missään valmiissa laskurilaitteissa ei ole. Esimerkkinä tällaisesta erikoistoiminnosta mainittakoon asiakkaan toivoma mahdollisuus korjata laskurilukemaa ohjausnäppäimin missä vaiheessa tahansa ennen laskentaa tai sen aikana, mikäli sellaiseen ilmenee tarvetta.

Koska laitteen toiminnat ovat varsin yksinkertaisia, eikä sisään- ja ulostuloliitännöitä tarvita montaa, oli selvää, että mikään ns. raskaan sarjan PLC ei olisi siihen tarkoituksenmukainen. Olisi ollut turhaa maksaa ominaisuuksista, joita ei tarvita. Käytettävissä ei myöskään ollut minkään raskaamman PLC:n ohjelmointiin tarvittavaa tietokoneohjelmistoa.

Katse siis suunnattiin ns. pienislogiikoihin. Niiden etuna on edullisen hinnan ja hyvän saatavuuden lisäksi se, että useimpiin niihin on saatavilla ilmainen tai edullinen PC-ohjelmisto varsinaisen logiikkaohjelman tekemistä, testaamista ja laitteeseen siirtämistä varten.

6.1 Pienislogiikat

Pienislogiikoita on tarjolla lukuisilta eri valmistajilta, esimerkkeinä Siemens LOGO!, Crouzet Millenium, Omron ZEN ja Schneider Zelio. Toiminnoiltaan, ominaisuuksiltaan ja hinnaltaan kaikki ovat hyvin lähelle toisiaan vastaavia.

Laskijalaitteen käyttöliittymä oli päätetty toteuttaa yksinkertaisella, pienikokoisella ja edullisella ja muutaman käyttönäppäimen sisältävällä erillisellä HMI -näytöllä, ja tällainen vaihtoehto oli tarjolla ainoastaan Siemens LOGO! -tuotesarjassa

(kuva 7). Näyttömodulin suojausluokka on IP 65, eli se on täysin pölytiivis ja suojattu vesisuihkulta.



KUVA 7. Siemens LOGO! TDE -tekstinäyttö

Siemens LOGO! -pienoislogiikan valintaa puolsi vahvasti myös aiemmat hyvät käyttökokemukset ja aiemmin hankittu osaaminen sen ohjelmointiin, tästä syystä myös ohjelmointiin tarvittava PC-ohjelmisto oli omalle koneelle jo valmiiksi asennettuna. Siemens LOGO!:n tapauksessa kyseinen ohjelmisto on maksullinen.

6.2 Siemens LOGO! -pienoislogiikkasarja

Siemens LOGO! -tuotesarjaan kuuluu kahdeksan erilaista logiikkamodulia ja niihin useita erilaisia laajennusmoduleita ja jo aiemmin mainittu erillinen tekstinäyttö (www.siemens.com). Sarjaan kuuluu myös muutama erikokoinen virtalähde, joista löytyi myös tähän projektiin sopiva malli. Logiikkamodulit jakautuvat eri tyyppisiin niiden käyttöjännitteiden ja logiikkalähtöjen toimintaperiaatteen mukaan. Logiikkamoduli voidaan myös valita omalla pienellä näytöllä varustettuna tai ilman sitä. Laskijalaitteeseen valittiin malli LOGO! 12/24 RCE (kuva 8).



KUVA 8. Siemens LOGO! 12/24 RCE -logiikkamoduli

Ensisijaisena valintaperusteena oli modulin käyttöjännite, joka 12/24 RCE -mallissa on 12 – 24 VDC. Laskijalaitteen tapauksessa olisi voitu valita myös malli ilman näyttöä, mutta olemattoman hintaeron vuoksi niin ei kuitenkaan tehty. Valitussa modulissa oli kahdeksan digitaalista sisääntuloa, joista neljä voitiin määrittellä analogisiksi, sekä neljä digitaalista relelähtöä. Lähtöliitännöiden tyypillä transistori/rele ei ollut tässä tapauksessa merkitystä, koska modulin lähtöliitännöjä ei käytettäisi mihinkään. Moduli on liitettävissä tietokoneeseen ohjelman siirtoa varten tavallisella ethernet-kaapelilla.

7 ANTURIN SÄÄDETTÄVÄ KIINNITYS

Mietittäessä riittävän tukevaa, mutta kuitenkin helposti säädettävää kiinnitystapaa ultraäänianturille päädyttiin magneettikiinnitteiseen mittakellon jalkaan (kuva 9). Tarkoitukseen valittiin mahdollisimman edullinen, mutta kuitenkin ulottuva, 400 mm:n pituuteen yltävä malli.



KUVA 9. Mittakellon jalka

Mittakellon jalan toimintaperiaate on hydraulinen, minkä ansiosta yhdellä ainoalla käsin käännettävällä kiristysruuvilla saadaan kaikki sen nivelet vapautumaan ja lukittumaan yhdellä liikkeellä. Anturia varten valmistettiin yksinkertainen kiinnityskappale, joka paitsi mahdollistaa anturin kiinnittämisen jalkaan, niin myös suojaa sitä kolhuilta (kuva 10).



KUVA 10. Ultraäänianturin kiinnityskappale mittakellon jalkaan kiinnitettynä. Anturi kuvassa kiinnityskappaleen sisällä suojassa.

Kiinnityskappaleen muodostavat sisähalkaisijaltaan 12 mm:n teräsputki ja siihen hitsaamalla kiinnitetty 15 mm:n pituinen ja halkaisijaltaan 8 mm:n terästappi. Tappin halkaisija on sama kuin standardi mittakellon kiinnitysvarren halkaisija, jolloin jalkaa ei tarvinnut muuttaa kiinnitystä varten mitenkään. Tällöin on myös mahdollista tarvittaessa vaihtaa jalan tilalle mikä tahansa muukin standardikiinnityksellä varustettu mittakellon jalka.

8 MUIDEN KOMPONENTTIEN VALINTA

8.1 Kotelo

Laskijalaitteen kotelon hankinnassa suurimmaksi hankaluudeksi osoittautui yllättäen tavarantoimittajien heikko varastotilanne ja pitkät toimitusajat. Tarkoitukseen sopivia eri valmistajien koteloita olisi ollut toimittajien valikoimissa vaikka kuinka paljon, mutta useiden kiinnostavien mallien kohdalla saatavuus osoittautui ongelmaksi. Vaikka projektilla ei ollut kiire, ei sitä haluttu kuitenkaan tarpeettomasti pitkittää.

Lopulta päädyttiin mm. Rexel Finland Oy:n edustamaan ja Ensto Oy:n valmistamaan CUBO O -sarjan malliin OPCP203013G (kuva 11). Valittu kotelo on materiaaliltaan lasikuituvahvisteista polykarbonaattimuovia ja sen tarkat ulko- ja sisämitat ilmenevät sen mittapiirroksesta (liite 3). Kotelon ulkomitat ovat 300 X 200 X 132 mm. Kotelon mitoituksessa huomiottiin se, että kaikille komponenteille olisi reilusti tilaa, ja kaikkein tärkeimpänä sen kyljessä oli sopiva tasainen alue logiikan näyttöpanelin asentamiseksi. Kannen hyvän tiivistyksen ansiosta kotelon Suojausluokka on IP 67, eli se on täysin pölytiivis ja sallii jopa lyhytaikaisen veteen upotuksen.



KUVA 11. Ensto CUBO -laitetekotelo kalustamattomana

8.2 Virtalähde

Edullisen hinnan ja pienen koon vuoksi laitteen virtalähteeksi valittiin Siemens LOGO! -sarjaan kuuluva 24 VDC hakkurivirtalähde. Vaikka virtalähteen tuottamaa virtaa tarvitaan vain logiikan, näytön ja ultraäänianturin tarpeisiin yhteensä noin 185 mA, valittiin virtalähteeksi kuitenkin 1,3 A ulostulovirtaa antava malli (kuva 12).



KUVA 12. Siemens LOGO! 24 VDC 1,3 A virtalähde

Virtalähteen ylimitoittamisella pyrittiin estämään sen liiallinen lämpeneminen suhteellisen ahtaassa kotelossa. Ylimitoituksen ansiosta virtalähteen kuormitus pysyi alle viidesosassa sen maksimista, jolloin sen lämmöntuotto jäi huomattavasti vähäisemmäksi kuin kuormitettaessa sitä lähellä maksimitehoaan.

Toinen vaihtoehto olisi ollut järjestää laitteen koteloon riittävä tuuletus, jolloin pienitehoisemman virtalähteen mahdollisesti aiheuttama hukkalämpö olisi voitu joh-

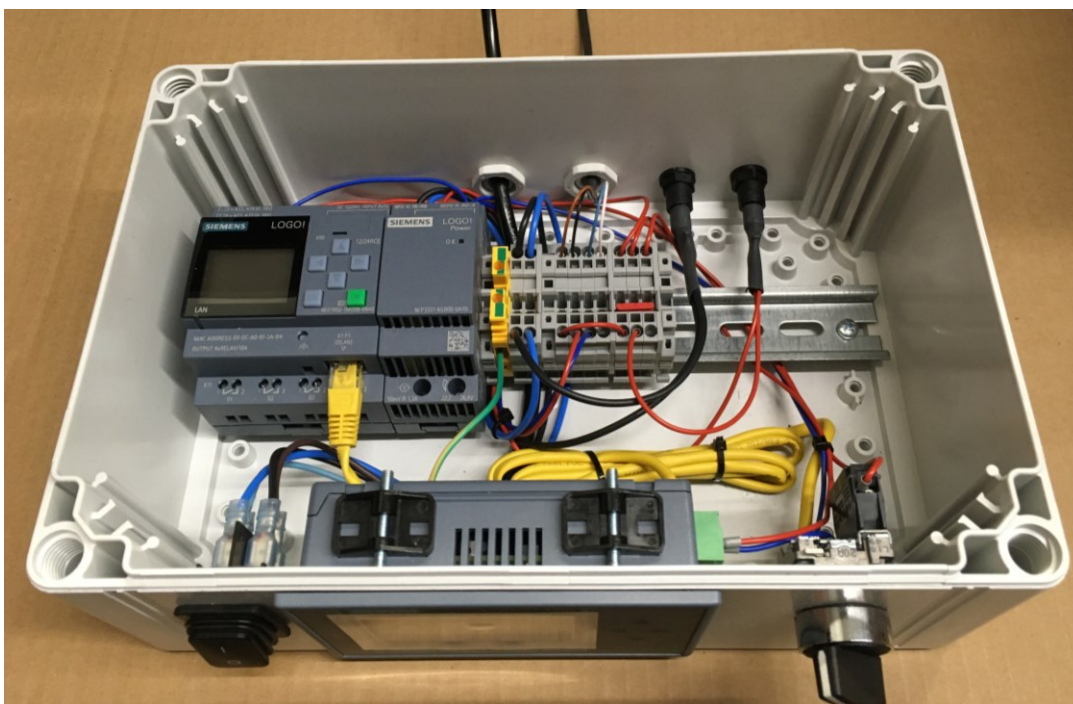
taa kotelosta ulos. Tätä ei kuitenkaan pidetty tarkoituksenmukaisena laitteen tulevien käyttöolosuhteiden vuoksi. Käyttöympäristön ilmassa tulisi olemaan jossain määrin epäpuhtauksia, joiden pääseminen laitteen kotelon sisäpuolelle voisi lyhentää sen käyttöikää merkittävästikin.

8.3 Ohjauskalusteet

Erillisinä ohjauskalusteina laitteeseen tarvittiin ainoastaan virtakytkin ja asetus-käytön valintakytkin. Kytkimet valittiin niin, että niidenkin suojausluokat olivat virtakytkimelle IP 65 ja valintakytkimelle peräti IP 69. Näin ollen mitään vaaraa epäpuhtauksien tai nesteiden pääsystä laitteen kotelon sisäpuolelle ei sen normaaleissa käyttöolosuhteissa olisi.

9 KOKOONPANO

Laskijalaitteen kokoonpano nopeaa ja vaivatonta. Kotelo oli muovimateriaalinsa vuoksi helposti työstettävä. Vaikka laitteessa ei sen sähköteknisen yksinkertaisuuden vuoksi ollutkaan erityisen mittavaa määrää johdotuksia, siinä kuitenkin käytettiin riviliittimiä johdotusten pitämiseksi selkeinä ja havainnollisina (kuva 13). Riviliittimien käyttö oli perusteltua myös siksi, että laitekotelon pohjaan oli jo logiikan ja virtalähteen kiinnittämistä varten asennettu DIN-kisko, johon riviliittimetkin kiinnittyvät.



KUVA 13. Kotelo kalustettuna ja johdotettuna

Kotelon etuseinään upotettiin logiikan näyttö, päävirtakytkin sekä asetuskäytön valintakytkin. Takaseinään puolestaan tehtiin aukot verkkojohdon ja anturikaapelin läpivienneille sekä sulakepesille. Kaikkien komponenttien ja läpivientien asennus pyrittiin tekemään riittävän huolellisesti, jotta kotelon tiiviys pysyisi suojausluokkansa mukaisena (kuva 14).



KUVA 14. Laskijalaite koottuna ja käyttövalmiina

Vaikka laitteen yksinkertaisuuden ja komponenttien vähäisen määrän ansiosta sen johdotukset koostuivat lähes yksinomaan käyttöjännitteiden kytkennöistä, tehtiin laitteesta asianmukainen sähköpiirustus (liite 1).

10 LOGIIKKAOHJELMAN SUUNNITTELU

10.1 Logiikkaohjelmoinnin teoriaa

Kaikkien ohjelmitavien logiikoiden ohjelma rakentuu erilaisten loogisten operaattoreiden varaan. Näitä ovat esimerkiksi AND, OR, NAND, NOR, XOR ja NOT. Näiden lisäksi käytettävissä on erilaisia ajastimia, laskureita, muuttujia ja lukematon määrä muita erikoistoimintoja (Kataja & Metsikkö 1991, 63)

Varsinainen ohjelma tehdään käyttäen jotain standardin IEC 61131-3 mukaista ohjelmointikieltä (John & Tiegelkamp 2010, 99). Näitä kieliä on olemassa viisi kappaletta:

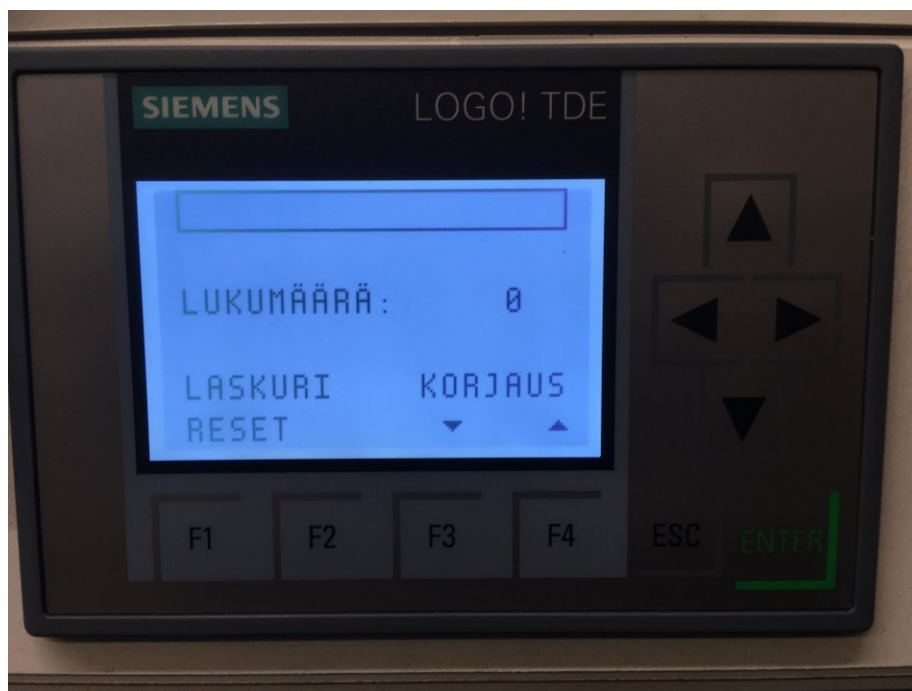
- FBD (Function Block Diagram), suomeksi toimintalohkokaavio
- LD (Ladder Diagram), suomeksi tikapuukaavio
- ST (Structure Text), tekstipohjainen, Pascal-tyyppinen ohjelmointikieli
- IL (Instruction List), käskylista, Assemblya muistuttava ohjelmointikieli
- SFC (Sequential Function Chart), eli vuokaavio-ohjelmointi

Siemens LOGO! Soft Comfort v8.2 -ohjelmistolla voidaan logiikkaohjelmia tehdä FBD ja LD -ohjelmointikielillä. Jommallakummalla kielellä tehty ohjelma voidaan Soft Comfortin avulla myös kääntää kieleltä toiselle. (Siemens AG 2019, 311.)

10.2 Ohjelman toteutus

Laskijalaitteen logiikkaohjelman suunnittelun lähtökohtana oli hyödyntää LOGO! TDE -tekstinäytön tarjoamia mahdollisuuksia helppokäyttöisyyteen pyrittäessä. Ohjelma tehtiin Siemens LOGO! Soft Comfort v8.2 -ohjelmistolla käyttäen toimintalohko-ohjelmointikieltä (FBD). Ohjelman lohkot kommentoitiin, jotta ohjelman toiminnan hahmottaminen olisi helpompaa sitä myöhemmin tutkittaessa (liite 4).

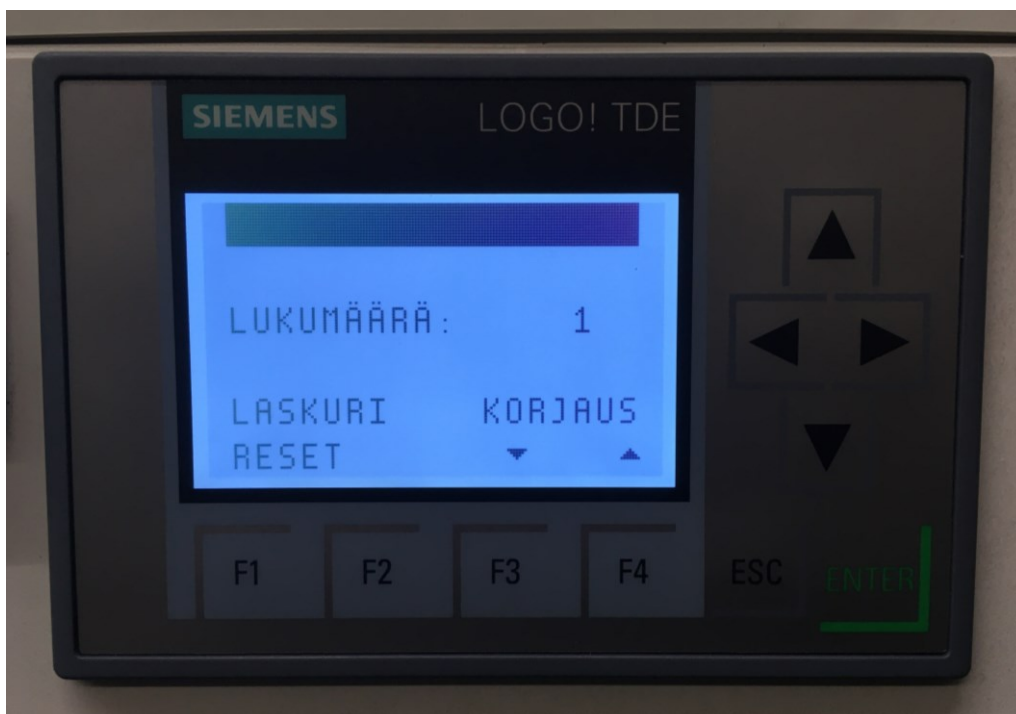
Laitteen normaalissa käyttötilassa tekstinäytössä näkyy anturisygnaalien voimakkuutta osoittava palkki, laskettujen työkappaleiden määrä, sekä viittaukset laitteen funktionäppäinten F1, F3 ja F4 toimintoihin (kuva 15).



KUVA 15. Laskijan normaali näyttötila.

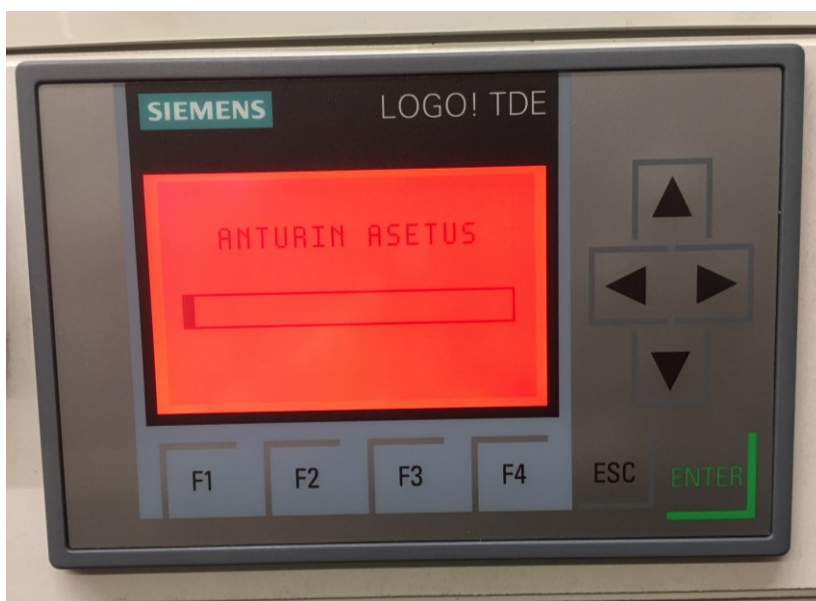
Funktionäppäimellä F1 nollataan laskuri, ja näppäimillä F3 ja F4 voidaan laskurin arvoa korjata suuremmaksi tai pienemmäksi yhden kappaleen askelin. Tämä toiminto oli asiakkaan laitteeseen toivoma, koska joissain häiriötilanteissa työkappale joudutaan asettamaan työstökoneeseen käsin tai poistamaan sieltä, jolloin laskijalaite ei sitä havaitse. Tällöin laskijan lukema voidaan korjata oikeaksi. Joissain tilanteissa voi myös olla tarve jatkaa aiemmin aloitetun ja keskeytetyn tuoterän valmistusta, jolloin laskijaan voidaan asettaa valmiiksi jo tehtyjen kappaleiden määrä, ja tällöin laskijan esittämä kappaleiden kokonaismäärä näkyy oikein.

Normaalitilanteessa anturin signaalivoimakkuutta osoittava palkki on tyhjä (kuva 14). Työkappaleen saapuessa ultraäänianturin havaintoalueelle, palkki kasvaa vasemmalta oikealle indikoiden sitä, miten läheltä anturia työkappale kulkee. Samalla laskurin lukema kasvaa yhdellä (kuva 16).



KUVA 16. Laskijan näyttö, kun työkappale on anturin kohdalla

Kytettäessä laite valintakytkimellä asetustilaan, näytöllä on ainoastaan anturin signaalivoimakkuutta osoittava palkki. Asetuskäytössä on tarkoituksena pitää tunnistettava kappale paikoillaan kappaleradalla ja siirtää ultraäänianturia kohti kappaletta, kunnes signaalin voimakkuus on riittävä. Palkin ollessa tyhjä, kappaletta ei ole havaittu ja näytön taustavalon väri on punainen (kuva 17).



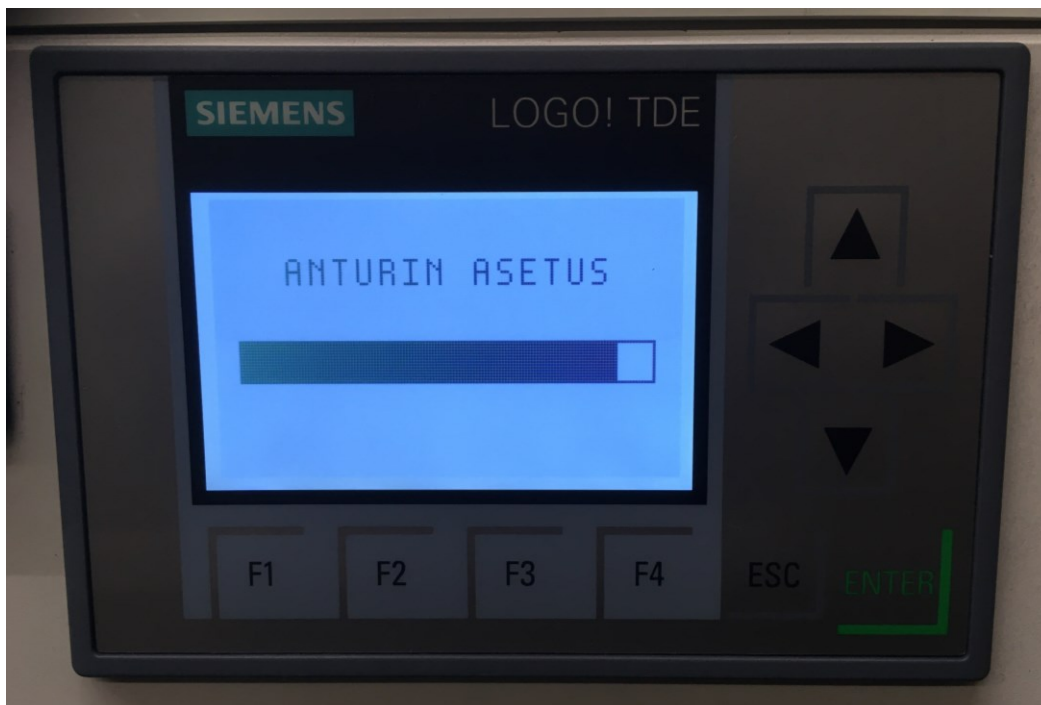
KUVA 17. Asetusnäyttö, kappaletta ei havaittu

Siirrettäessä anturia kohti työkappaletta, palkki näytössä kasvaa vasemmalta oikealle. Palkin tullessa näkyviin anturin etäisyys kappaleesta on noin 160 mm. Laitteen näytön taustavalon väri pysyy punaisena, kunnes signaalin voimakkuus ylittää 25% maksimista. Tällöin näytön taustavalon väri muuttuu oranssiksi, ja tämä on samalla myös kynnyks, jonka ylittävä anturin signaali lasketaan havaituksi kappaleeksi (kuva 18). Tässä vaiheessa anturin etäisyys kappaleen pinnasta on noin 120 mm. Häiriöherkkyyden minimoimiseksi laite ei siis normaalissa käytössä laske kappaleiksi sellaisia havaintoja, joiden signaalivoimakkuus on alle 25% maksimista.



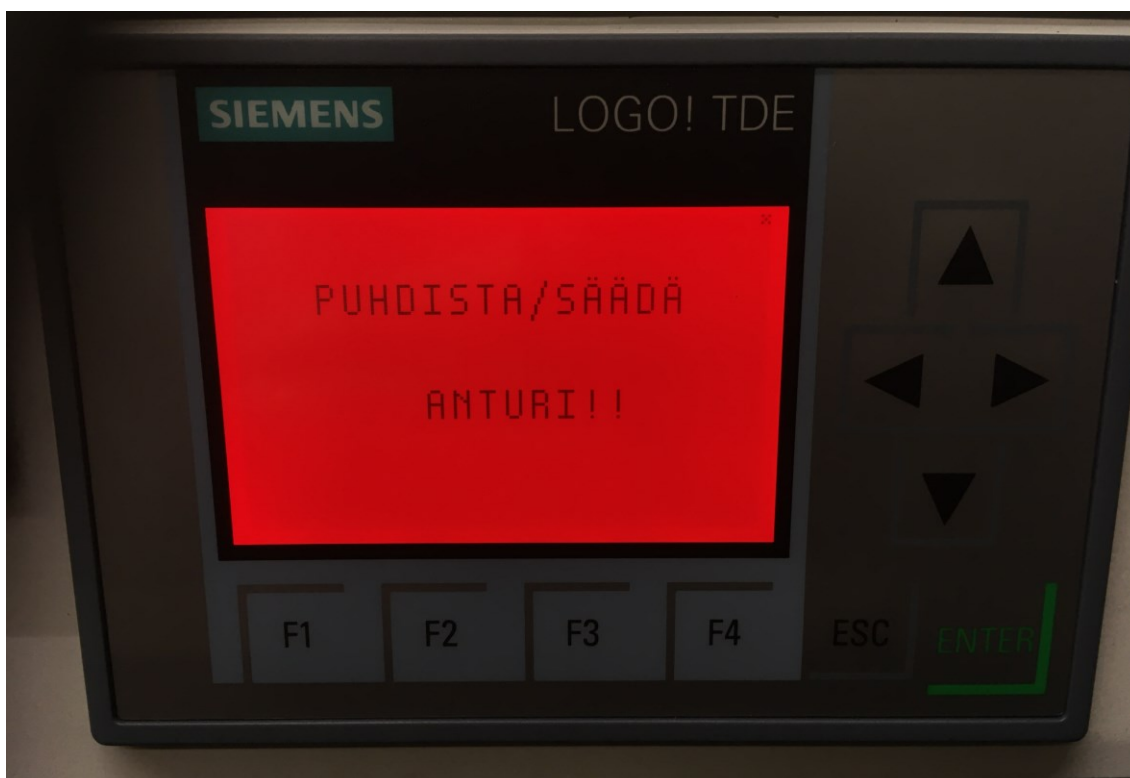
KUVA 18. Asetusnäyttö, kappale havaittu ja laskentakynnys ylitetty

Siirrettäessä anturia edelleen kohti työkappaletta ja signaalivoimakkuuden ylittäessä 50% maksimista laitteen näytön taustavalon väri muuttuu valkoiseksi (kuva 19). Tämä on se alue, johon signaalivoimakkuuden osoitin pyritään asetusvaiheessa saamaan, jotta laitteen toiminta on luotettavaa ja anturin ohitse kulkevat työkappaleet saadaan varmasti tunnistettua ja laskettua. Signaalivoimakkuutta osoittavan palkin ollessa maksimissaan anturin etäisyys kappaleen pinnasta on noin 80 mm.



KUVA 19. Asetusnäyttö, tavoiteltava signaalivoimakkuuden taso

Normaalissa käyttötilanteessa työkappale ohittaa ultraäänianturin hitaimmillaankin muutamassa sekunnissa. Sen varalta, että anturi siirtyisi pois paikaltaan tai esimerkiksi likaantuisi niin, että se antaa laitteelle virheellisesti jatkuvan mittasignaalin, laitteen ohjelmaan tehtiin varoitustoiminto (kuva 20).



KUVA 20. Varoitustoiminto aktivoituneena

Anturin ollessa vaikuttuneena virheellisen säädön tai anturin likaantumisen vuoksi vähintään minuutin, laitteen näytön taustavalo vaihtuu punaiseksi ja näytölle tulee teksti, joka kehottaa puhdistamaan/säätämään anturin. Kun mittasignaali anturin puhdistuksen ja/tai säädön jälkeen jälleen nolautuu, laitteen näyttö palautuu automaattisesti normaaliksi.

11 TESTAUS JA KÄYTTÖNOTTO

Tilaajan muuttuneen kuormitustilanteen vuoksi prototyyppilaitetta ei päästy testaamaan sillä työstökoneella, johon se ensisijaisesti oli tilattu. Laite asennettiin sen sijaan Liebherr LC 80 -vierintäjäyrsinkoneelle (kuva 21). Tilanne osoitti laitteen suunnittelun onnistuneen hyvin siltä osin, ettei sen käyttöönotto tuottanut mitään vaikeuksia, vaikka se oli alun perin eri koneelle ajateltu.



KUVA 21. Laskijalaite Liebherr LC 80 -vierintäjäyrsinkoneella, ultraäänianturi ympyröitynä

Laitteen testaus ja käyttöönotto sen normaaleissa käyttöolosuhteissa sujui nopeasti ja yllätyksettömästi. Samalla annettiin laitteen käyttökoulutus kaikille niille työntekijöille, jotka olivat paikalla niistä, jotka laitetta tulisivat käyttämään. Paikalla oli myös tilaajan yhteyshenkilö ja lisäksi tilaajan työnjohdon edustaja. Käyttöönoton yhteydessä saatiin jo ensimmäiset parannusehdotukset, jotka tultaisiin huomioimaan mahdollisesti rakennettavissa seuraavissa laitteissa, sekä myös prototyyppilaitteessa ohjelmistopäivityksenä.

12 KÄYTTÖKOKEMUKSET JA PARANNUSEHDOTUKSET

Laskijalaitteen käyttökokemuksia saatiin kerättyä useilta sen käyttäjiltä Tasowheel Gears Oy:lla noin puolen vuoden ajalta. Jopa hieman yllättävää oli, ettei laitteen toiminta tai käytettävyys aiheuttanut lainkaan moitteita, vaan siihen oltiin yksinomaan tyytyväisiä. Ainoastaan heti laitteen käyttöönoton jälkeen havaittiin sen toiminnassa pientä epävarmuutta. Epävarmuuden syyksi paljastui se, ettei tällöin paikalla ollut käyttäjä ollut saanut opastusta laitteen anturin asettamiseen.

Ensimmäisenä korjauksena laitteen käyttöliittymään päätettiin tehdä muutos, jossa asetuskäytön aikana sen näytöllä olisi myös seliteteksti pelkän signaalivoimakkuuden palkin lisäksi. Tekstin sisältö muuttuisi samoin portain kuin näytön taustavalo asetuskäytössä vaihtuu, ja se selväkielisesti opastaisi laitteen käyttäjää säätämään anturia työkappaleeseen nähden.

Jo laitteen testaus- ja käyttöönottovaiheessa saatiin tilaajalta ehdotus uuden toiminnon lisäämiseksi laitteen näyttöpanelin F2 -funktionäppäimeen. Tilaajan toive oli, että kyseinen näppäin toimisi kertoimena, jota yhdessä F3 ja F4 näppäinten kanssa painamalla voitaisiin laskurin arvoa kasvattaa tai vähentää kymmenen kappaleen portain. Tämä siitä syystä, että joissain tilanteissa tulisi olemaan tarvetta asettaa laskuriin nollan sijasta jokin muu laskennan lähtöarvo. Esimerkiksi jatkettaessa aiemmin kesken jääneen tuotantoerän työstämistä, tarvittava laskurin lähtöarvo voi olla hyvinkin suuri, ja se asettaminen yhden kappaleen portain laitteen näytölle tulisi olemaan vaivalloista.

Laitteen tarvitseman käyttösähkön ja ultraäänianturin kaapelointeihin kiinnitettiin koekäytön aikana useaan otteeseen huomiota. Koska laite on prototyyppi, jota oli tarkoitus testata usealla eri työstökoneella, ei kaapelointeja asennettu kiinteiksi, eikä ylipitkiä kaapeleita lyhennetty. Tämä luonnollisesti teki asennuksesta hieman epäsiistin ja viimeistelemättömän.

13 POHDINTA

Projektin tavoitteena oli suunnitella ja toteuttaa automaattisesti toimiva laskijalaite, joka laskisi työstökoneen kappaleradalla kulkevat, koneelta valmistuneet työkappaleet. Pyrkimyksenä oli suunnitella laite, joka ilman minkäänlaisia muutoksia soveltuisi mille tahansa kappaleradalla varustetulle työstökoneelle. Suunnittelun haasteina olivat näin ollen erilaisten työstökoneiden ja niillä työstettävien työkappaleiden monimuotoisuus.

Tärkeimpänä yksittäisenä kohteena opinnäytetyössä oli tarkoituksenmukaisen ja luotettavan kappaleentunnistustekniikan valinta. Tässä onnistuttiin huolellisen aiheeseen perehtymisen ja tehtyjen kenttäkokeiden ansiosta hyvin. Aiemmin hieman tuntemattomaksi jäänyt ultraääneen perustuva tunnistustekniikka osoitautui tähän tarkoitukseen erinomaiseksi valinnaksi, käytännössä ilman mitään haittapuolia.

Työn tilaajan, Tasowheel Gears Oy:n, tyytyväisyys laitteeseen on jo johtanut tarjouspyyntöön ja tarjoukseen koskien useita vastaavia laskijalaitteita muihin työstökoneisiin. Seuraavia laitteita varten laitteen logiikkaohjelmistoon on jo tehty tilaajan toivomat muutokset ja lisäykset. Ne tullaan myös päivittämään tilaajan käyttöön jäävään prototyypilaitteeseen sopivan tilaisuuden tullen.

Opinnäytetyön aihe osoitautui näennäisestä yksinkertaisuudestaan huolimatta kiinnostavaksi ja haastavaksi. Tieto siitä, että suunniteltava ja rakennettava laite olisi tilaajayritykselle tarpeellinen ja että se päätyisi todelliseen käyttöön, motivoi toteuttamaan projektin jokaisen vaiheen mahdollisimman huolellisesti. Työ sisälsi monipuolista ideointia, suunnittelua, tiedonhankintaa ja käytännön testausta. Koska kyseessä oli samalla myös normaaliin asiakassuhteeseen perustuva tilaustyö, kuului projektiin myös jatkuva kustannusten seuranta.

LÄHTEET

John, K. H. & Tiegelkamp, M. 2010. IEC 61131-3: Programming Industrial Automation Systems Concepts and Programming Languages. Requirements for Programming Systems. Decision-Making Aids. 2nd ed. [Online]. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

Kataja, K. & Metsikkö, A. 1991. Automaation perustieto. Ohjelmoitava logiikka. 2. painos. Espoo: Sähköurakoitsijaliiton koulutus ja kustannus.

Peda.net. Pedagogiikkaa netissä. Lähestymis- ja kosketuskytkimet. PDF-tiedosto. Luettu 21.3.2020. <https://peda.net/poke/aikuiskoulu-tus/sja/sjap23232/3k2/tp/tp/amk:file/download/e7f85ecde87cd09bdd144fe476a4a8b8f10a37c2/Automaatio%20ja%20Me-kaaniset%20kytkimet.pdf>

Siemens.com. LOGO! – Small is beautiful. Luettu 21.3.2020. <https://new.siemens.com/global/en/products/automation/systems/industrial/plc/logo.html>

Siemens AG. 2019. LOGO! Manual. Nürnberg, Germany: Siemens AG

Sähköinfo Oy. 2015. Kotelointiluokka kertoo sähkölaitteesta kaiken oleellisen. Luettu 27.4.2020. https://www.sahkoala.fi/ammattilaiset/artikkelit/sahkotekniikka/fi_FI/011015_kotelointiluokat/

Tasowheel Group Oy. 2018. In Motion Since 1979. Luettu 30.4.2020. https://www.tasowheel.fi/tasowheel-group/#section_one

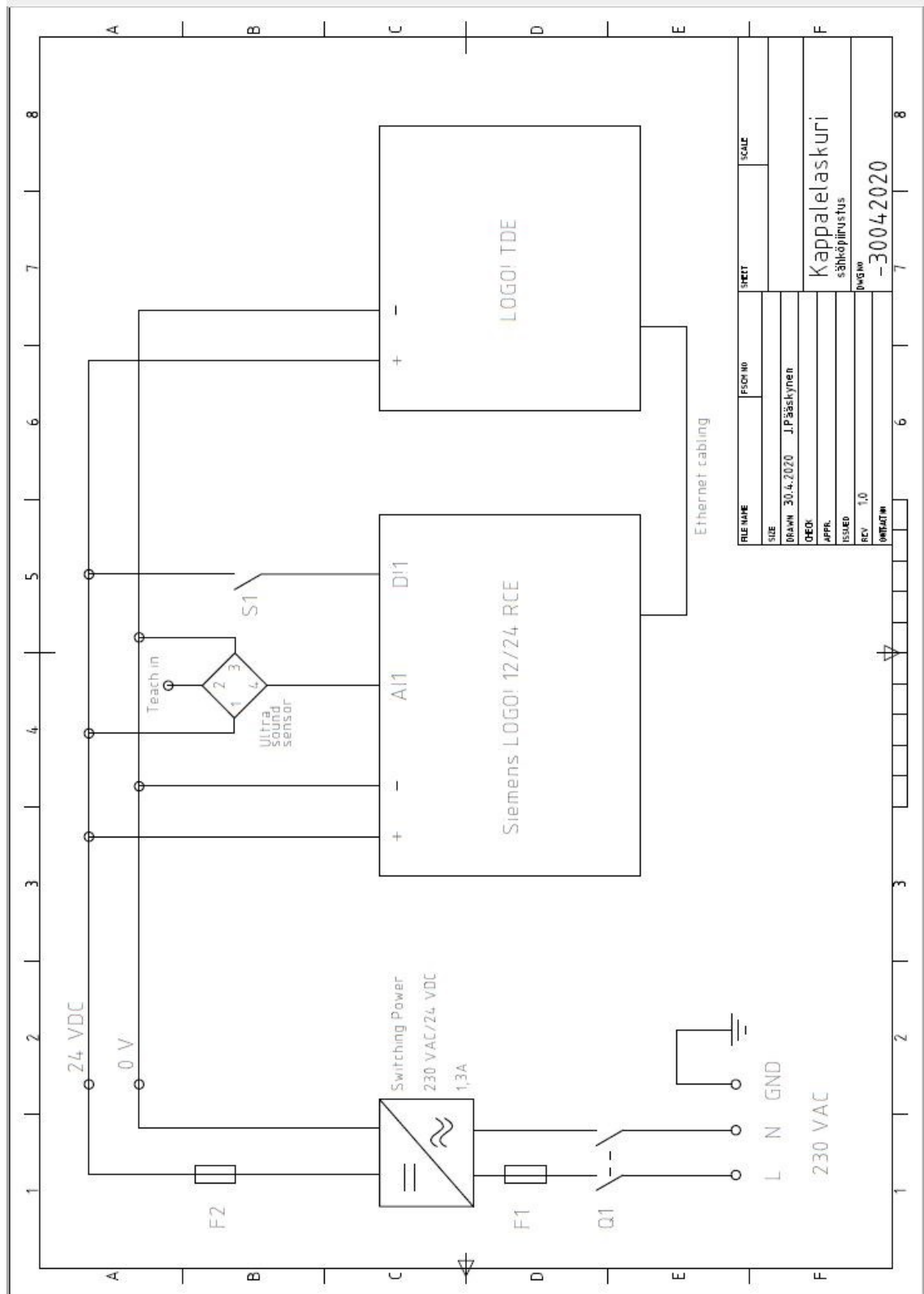
Turvallisuus ja kemikaalivirasto Tukes. 2017. Sähkölaitteiden maahantuonti, valmistus ja myynti. Opas. Helsinki: Tukes.

Työturvallisuuslaki 23.8.2002/738

Valtioneuvoston asetus koneturvallisuudesta 12.6.2008/400

LIITTEET

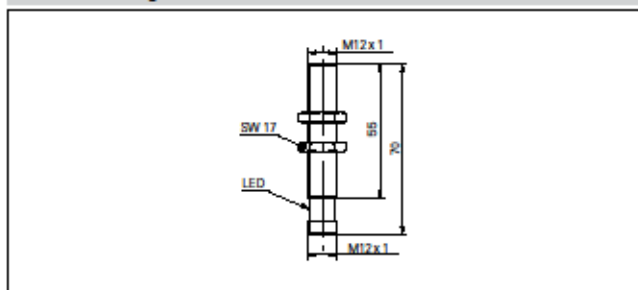
Liite 1. Sähköpiirustus



Liite 2. Baumer 12U9914/S14 -ultraäänianturin datalehti

Baumer

Ultrasonic sensors

Ultrasonic distance measuring sensors**UNAM 12U9914/S14****dimension drawing****general data**

scanning range Sd	20 ... 200 mm
scanning range close limit Sdc	20 ... 200 mm
scanning range far limit Sde	20 ... 200 mm
repeat accuracy	< 0,5 mm
resolution	< 0,3 mm
response time ton	< 30 ms
release time toff	< 30 ms
temperature drift	< 2 % of distance to target So
sonic frequency	380 kHz
adjustment	external Teach-in
alignment aid	target indication flashing
light indicator	yellow LED / red LED

electrical data

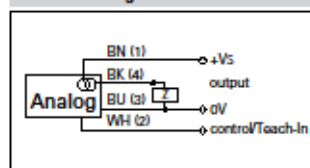
voltage supply range +Vs	15 ... 30 VDC
current consumption max. (no load)	35 mA
output circuit	voltage output
output signal	0 ... 10 V / 10 ... 0 V
output current	< 20 mA
residual ripple	< 10 % Vs
short circuit protection	yes
reverse polarity protection	yes

mechanical data

type	cylindrical threaded
housing material	brass nickel plated
width / diameter	12 mm
height / length	70 mm
connection types	connector M12

ambient conditions

operating temperature	-10 ... +60 °C
protection class	IP 67

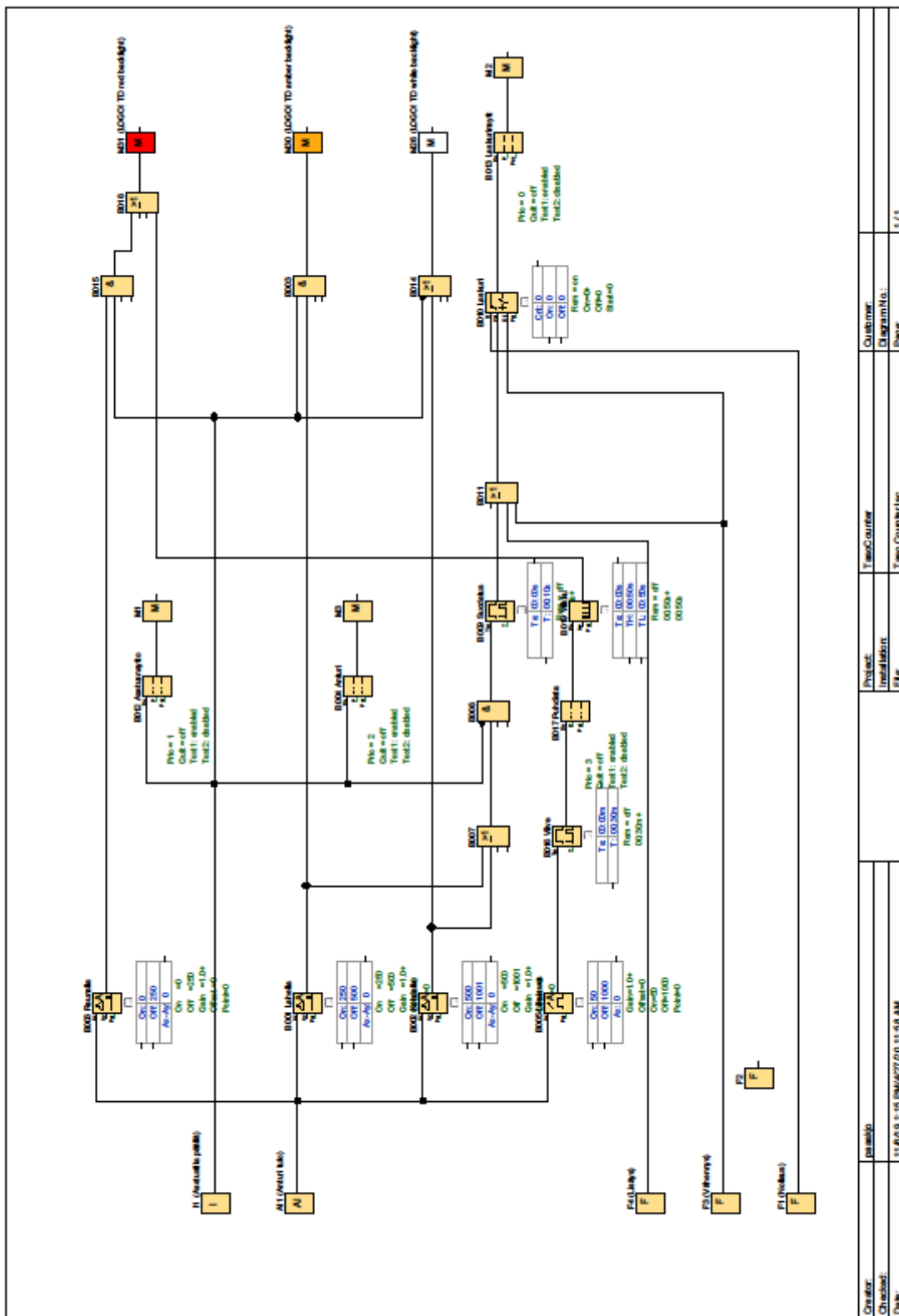
photo**connection diagram**

• Analog voltage output 0 - 10 V

Liite 3. Ensto CUBO OPCP203013G -laitekotelo

ID	Description	Date	By	Appr.
A				
Dimensione la man [Inches]				
Materia: Polycarbonate, fibreglass-reinforced		Color: RAL 7035		
Supplier: ENSTO ENSTO CONTROL OY		Tool No:	Weight Pac: 1.35	Volume:
Scale: 1:5		Date: 18.12.05	OPCP203013G	Revised:
By: PKor		Checked:		Revised:
001		001		Dwg No: A
				Ref: CUBO O
				Color: OPCP203013G
				Sheet No:

Liite 4. Logiikkaohjelma



Creator:	paramojo	Project:	Imatlaboitt	Time Counter:	Customer:
Checked:		File:		Diagram No.:	
Date:	11.6.2010 11:59 AM	Page:	1 / 1		