

**SAVONIA**

ammattikorkeakoulu

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO  
TEKNIKAN JA LIIKENTEEN ALA

# BIO 2 -SELKEYTYSALTAAN SILLAN OHJAUKSEN MODERNISOINTI

TEKIJÄ Niklas Nykänen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Tutkinto-ohjelma Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma	
Työn tekijä(t) Niklas Nykänen	
Työn nimi Bio 2 selkeytsaltaan sillan ohjauksen modernisointi	
Päiväys 26.5.2022	Sivumäärä/Liitteet 43
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Mondi Powerflute Oy	
Tiivistelmä Työn aihe saatiin Mondin Powerflute Oy:ltä. Opinnäytetyö on kehittämistyö, jonka aiheena on Mondin Powerflute Oy:n tehdasalueella sijaitsevan selkeytsaltaan ohjauskeskuksen modernisointi. Vanha ohjauskeskus oli vuosien myötä hieman haurastunut ja se oli uusimisen tarpeessa.  Sillan vanha ohjaus oli toteutettu fyysisillä releillä eikä se näkynyt tehtaan automaatiojärjestelmässä ollenkaan. Sen valvonta esimerkiksi vikatilanteessa oli tällöin hyvin haastavaa, eikä sitä pystynyt ohjaamaan etänä. Myös itse keskus oli aikojen kuluessa jo kulunut eikä ollut enää kovin turvallisen oloinen.  Työ alkoi haluttujen toimintojen kartoittamisella, joiden määrittämisessä oli apuna tehtaan henkilökunnasta automaatioasiantuntija sekä jätevesilaitoksen esimies. Kun toiminnot oli saatu kartoitettua, alkoi karkea työn suunnittelu mieltien kysymyksiä, kuten: mistä työtä kannattaa lähteä tekemään, mitä keinoja eri toimintojen toteuttamiseen on, onko ne mahdollista toteuttaa kyseisessä paikassa, ovatko ne kuitenkin tarpeellisia? Piirikaavioita suunnitellessani ja eri toimintojen toteuttamista miettiessäni nämä kysymykset pyörivät mielessä, ja osa alussa määritellyistä toiminnoista päätettiinkin yksissä tuumin jättää toteuttamatta, koska niille ei joko ollutkaan niin suurta tarvetta, tai sillan mekaniikka ei olisi tukenutkaan niitä. Kun piirikaaviot oli suunniteltu, pystyi niiden perusteella valitsemaan ohjauskeskuksen komponentit. Komponenttien valinnan jälkeen layoutin pystyi suunnittelemaan, jonka jälkeen oli kustannusarvion tekemisen vuoro.  Opinnäytetyön aikana suunniteltiin uusi ohjauskeskus, jonka kuviin kuuluvat piirikaaviot päävirtapiireistä sekä ohjauspiireistä, keskuksen layout-kuva sekä karkea asemapiirustus. Lisäksi laskettiin työhön käytettävien komponenttien kustannusarvio. Uusi ohjauskeskus mahdollistaa sillan sekä sen eri laitteiden etäohjauksen, mutta keskuksessa on myös mahdollisuus paikallisohjaukseen. Sillan ohjaussignaalit liikkuvat Bluetooth-lähtetimen avulla sillan liikkuvan rakenteen vuoksi.	
Avainsanat Automaatio, prosessiautomaatio, sähkösuunnittelu, piirikaavio, layout, teollisuus, paperiteollisuus	

Field of Study Technology, Communication and Transport	
Degree Programme Degree Programme in Electrical and Automation Engineering	
Author(s) Niklas Nykänen	
Title of Thesis Modernization of Bridge Control of Bio 2 Clarification Pool	
Date 26 May 2022	Pages/Appendices 43
Client Organisation /Partners Mondi Powerflute Ltd	
<p><b>Abstract</b></p> <p>The purpose of this thesis was to modernize the bridge control of Bio 2 clarification pool, which is found on the Mondi Powerflute Ltd's factory territory. The old control box was starting to crack up and needed to be renovated. This thesis was commissioned by Mondi Powerflute Ltd. The old control of the bridge was assembled with physical relays, and the bridge did not show up in the factory's automation system at all. Monitoring the bridge was hard, and it was impossible to control it remotely. The control box had seen its best days and was not very safe anymore.</p> <p>The thesis was started by mapping the desired functions of the control. These functions were determined with the help of an automation expert of the factory and the supervisor of the wastewater treatment plant. After the functions were mapped, a rough planning of the work was started, and once they were accepted, it was possible to redraw the existing blueprints on an actual planning software. Once the circuit diagrams were ready, it was easy to pick right components to the control box. After picking the components, the next step was to draw the layout of the control box. After that, the estimated cost of the components was calculated.</p> <p>As a result of the thesis, documentation for a new control box was drawn up, which included circuit diagrams for the main circuits and control circuits, a layout-picture of the control box, a rough drawing of the cabling, and a cost estimate of the work. The new control box enables remote control of the bridge and its various devices, and it also has a possibility of local control. The controls of the bridge are transmitted by a Bluetooth transmitter because of the moving structure of the bridge.</p>	
<p><b>Keywords</b></p> <p>Automation, process automation, electrical design, circuit diagram, layout, industry, paper industry</p>	

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO .....	6
2	MONDI POWERFLUTE .....	6
2.1	Mondi Powerflute Oy .....	6
2.2	Aallotuskartonki .....	7
2.3	Jätevedenkäsittelyprosessi ja sen vaiheet .....	8
	<b>Bio 2 -jälkiselkeytyksellä tarkemmin .....</b>	<b>15</b>
2.4	Prosessiautomaatio .....	18
2.5	Prosessiautomaation tärkeimmät mittaukset .....	19
2.5.1	Lämpötilan mittaus .....	19
2.5.2	Paineen mittaus .....	20
2.5.3	Virtauksen mittaus .....	21
2.5.4	pH:n mittaus .....	22
2.5.5	Johtokyvyn mittaus .....	23
2.5.6	Mittausten käyttö prosessin säädössä .....	24
2.6	Prosessiautomaation kehitys .....	25
	<b>Langattomuus ja langaton I/O .....</b>	<b>26</b>
3	TYÖN TOTEUTUS .....	28
3.1	Työn rajaus .....	28
3.2	Haluttujen toimintojen kartoittaminen .....	28
3.3	Laitekohtaiset toimintakuvaukset .....	28
3.3.1	Sillan hammasvaihde moottorit .....	28
3.3.2	Sillan syötön kaapelikela .....	28
3.3.3	Imupumpun pistorasia .....	28
3.3.4	Pintalieteaura .....	29
3.4	Sähkösuunnittelu .....	29
3.4.1	Päävirtapiirit .....	29
3.4.2	Ohjausvirtapiirit .....	30
3.4.3	Komponenttien valinta .....	31
3.4.4	Layout .....	31
3.4.5	Hakkimon puoli - kenttäkotelo ja ristikytkentä .....	32
3.5	Kustannuslaskenta .....	32

4	YHTEENVETO.....	32
5	POHDINTA.....	33
6	LÄHDELUETTELO.....	34
7	LIITTEET .....	36

## KUVALUETTELO

KUVA 1.	Yhteenveto yhtiön tunnusluvuista (Suomen Asiakastieto Oy, 2020) .....	6
KUVA 2.	Mondi Powerflute tehdasalue (Mondigroup, 2021).....	7
KUVA 3.	Aaltopahvipakkaus (Suomen Metsäyhdistys, 2014) .....	8
KUVA 4	Karkea prosessikuva jäteveden kulusta (muokattu) (Ruuskanen, 2019) .....	8
KUVA 5.	Mondi Powerfluten jätevedenpuhdistamo (merkitty punaisella) (Google Earth. Kuvaleike).....	9
KUVA 6.	Pystyselkeytin (Ruuskanen, 2019) .....	9
KUVA 7.	Avo-oja (Ruuskanen, 2019) .....	10
KUVA 8.	Varoallas (Ruuskanen, 2019) .....	11
KUVA 9.	Bio 1 -allas (Ruuskanen, 2019) .....	12
KUVA 10.	Bio 2 -allas (Ruuskanen, 2019).....	12
KUVA 11.	Bio 2 -jälkiselkeytysnallas (Nykänen, 2022).....	13
KUVA 12.	Sakeutin, lietepumppu, murskain (Ruuskanen, 2019) .....	14
KUVA 13.	Suotonauhapuristin (Ruuskanen, 2019) .....	15
KUVA 14.	Yksi neljästä hammasvaihdemoottorista (Nykänen, 2022) .....	16
KUVA 15.	Kaapelikela, sen moottori, ja yksi neljästä hammasvaihdemoottorista (Nykänen, 2022) .....	17
KUVA 16.	Sillan syöttö (Nykänen, 2022) .....	17
KUVA 17.	Sillan vanha keskus (Nykänen, 2022) .....	18
KUVA 18.	Pt-100-anturin kytkentä sekä suojakoteloon sijoitettava lähetin (Aplisens S.A., ei pvm) .....	19
KUVA 19.	Yleisin teollisuuskäytössä oleva paineanturi WIKA A-10, sekä prosessilähetin IPT-20 (WIKA Finland Oy, ei pvm).....	21
KUVA 20.	MagFlux-virtausmittarin toimintaperiaatekuva (MJK Automation, 2020).....	22
KUVA 21.	Yhdistelmäelektrodin periaatekuva (Burkert Finland Oy, ei pvm) sekä anturi (Campbell Scientific, Inc., ei pvm).....	23
KUVA 23.	Automaatiojärjestelmien sukupolvia (Pyyskänen, 2013) .....	25
KUVA 24.	Phoenix Contact ILB BT ADIO MUX-OMNI -etä-I/O. 16 digitaalista lähtöä ja tuloa sekä 2 analogista lähtöä ja tuloa (Phoenix Contact) .....	27
KUVA 25.	Phoenix Contact Radioline-järjestelmä sekä esimerkkikuva verkkomaisesta käytöstä (Phoenix Contact).....	27

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aiheena on Mondi Powerflute Oy:n tehdasalueella sijaitsevan jätevedenpuhdistamon biologia-altaan sillan ohjauskeskuksen uusiminen. Vanha ohjauskeskus ja sillan automaatio oli toteutettu fyysisillä releillä, ja sen korvaaminen oli jo tullut ajankohtaiseksi. Ohjauskeskus on tarkoitus uusia, ja samalla modernisoida sitä. Sillan ohjaus sekä valvonta viedään tehtaan järjestelmään, jolloin sitä voidaan hallita valvomosta. Lisäksi sillaa liikuttavien hammasvaihdemoottorien eteen lisätään taajuusmuuttaja, joka mahdollistaa nopeussäädön. Käyttäjien osalta on toivottu nopeussäätötoimintoa. Ohjauskeskukseen tulee myös paikallishjauskytkin, joka mahdollistaa sillan paikallishjauksen ohjauskeskuksen painikkeista.

Opinnäytetyöhöni kuuluu suunnitella sähkö- ja layout-kuvat, joiden pohjalta on mahdollista aloittaa modernisointia tulevana kesänä. Tehtyjen suunnitelmien pohjalta laadin kustannusarvion käytettäville laitteille.

## 2 MONDI POWERFLUTE

### 2.1 Mondi Powerflute Oy

Mondi Powerflute Oy (entinen Savon Sellu) on Kuopion Sorsasalossa sijaitseva aallotuskartonkia, eli "flutinkia", valmistava yritys (Kuva 2). Työntekijöitä yhtiöllä oli 12/2020 päättyneellä tilikaudella 211. Yhtiön liikevaihto oli 140,27 miljoonaa euroa, tilikauden tulos 68 tuhatta, sekä liikevoittoprosentti 16,3 %. Nämä tiedot perustuvat viimeisimpään tilinpäätökseen vuodelta 2020 (Kuva 1.) (Suomen Asiakastieto Oy, 2020).

	12 / 2016	12 / 2017	12 / 2018	12 / 2019	12 / 2020
Liikevaihto (1000 €)	136 147	148 869	149 192	151 379	140 269
Liikevaihdon muutos %	-8,0 %	9,3 %	0,2 %	1,5 %	-7,3 %
Liikevoitto (-tappio) (1000 €)	24 113	30 943	31 681	32 441	22 924
Liikevoitto %	17,7 %	20,7 %	21,2 %	21,4 %	16,3 %
Henkilöstö	223	212	208	210	211

KUVA 1. Yhteenveto yhtiön tunnusluvuista (Suomen Asiakastieto Oy, 2020)

Tehtaan kaavaileminen alkoi jo 1960-luvulla, kun paikalliset metsänomistajat pohtivat ratkaisua Pohjois-Savon lehtipuun kysynnän kasvattamiseksi sekä työllisyyden parantamiseksi. Hanke vietiin maaliin valtion tuella aina silloista presidentti Urho Kekkosta myöten ja tuotanto käynnistyi vuonna 1968 (Issakainen, 2017).

Tehtaalla on ollut eri omistajia näiden vuosien aikana, mutta Mondin alaisuuteen tehtaasta ilmoitettiin siirtyvän vasta vuonna 2017 joulukuussa, kun yhtiö osti tehtaasta sekä puunhankintayhtiö Harvestian n. 365 miljoonalla eurolla (Löf, 2017).



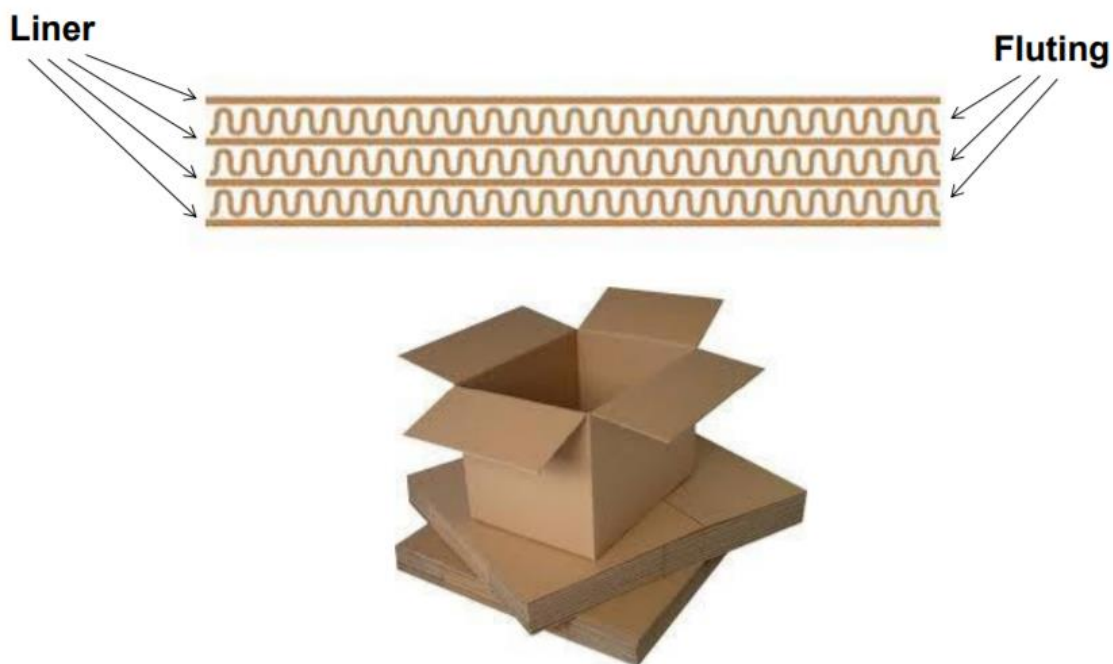
KUVA 2. Mondi Powerflute tehdasalue (Mondigroup, 2021)

## 2.2 Aallotuskartonki

Vaikka entisestä nimestä voisi muuta päätellä, ei tehtaalla koskaan ole valmistettu selluloosaa, vaan aallotuskartonkia, eli "flutinkia" isoina rullina, jotka sitten aallotetaan vasta pakkaustehtaalla. Aallotuskartongilla (fluting) tarkoitetaan aaltoilevaa kartonkia pintakartonkien (liner) välissä, joka pitää pintakartongit halutun etäisyyden päässä toisistaan tehden samalla aaltopahvista lujaa ja tukevaa. Tämän tyylinen rakenne tekee siitä myös todella kevyen, sekä todella jämään kaikkiin suuntiin (Kuva 3) (Suomen Aaltopahviiyhdistys ry).

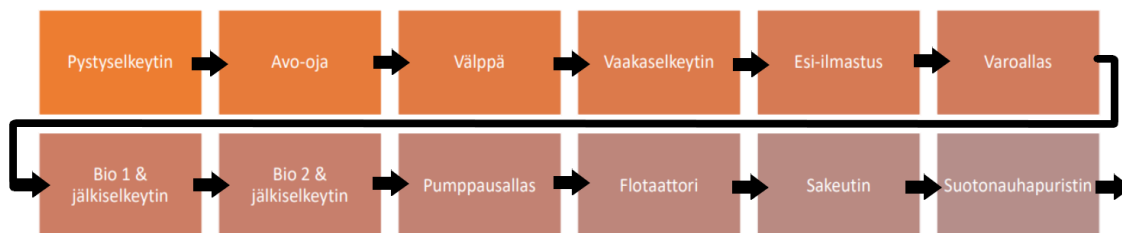
Powerfluten aallotuskartonki valmistetaan puolikemiallisesta (SC=Semi Chemical) lehtipuumassasta, joka takaa kartongin litistys- ja puristuslujuuden, myös kosteissa tai muuten hankalissa olosuhteissa. Aaltopahvin raaka-aineet ovat uusiutuvia: uusio- tai ensiökuitua sekä tärkkelysliimaa, ja käytetyt aaltopahvitpakkaukset voidaan joko uusiokäyttää, kierrättää, tai polttaa. Näin ollen se on paljon ekologisempi vaihtoehto paketointiin kuin esimerkiksi muovi.

Aaltopahvia käytetään useasti kuljetus- sekä elintarvikepakauksissa, kuten todella yleisesti esimerkiksi banaanilaatikoissa. Powerfluten kartongista suurin osa (n. 80 %) meneekin juuri hedelmä- ja vihanneslaatikoihin (Suomen Metsäyhdistys, 2014).



KUVA 3. Aaltopahvipakkaus (Suomen Metsäyhdistys, 2014)

### 2.3 Jätevedenkäsittelyprosessi ja sen vaiheet



KUVA 4 Karkea prosessikuva jäteveden kulusta (muokattu) (Ruuskanen, 2019)

Mondi Powerfluten jätevedenpuhdistamo sijaitsee tehdasalueen itäpuolella rannassa. Siellä käsitellään kaikki tehtaalta ja kuorimolta tulevat prosessi- ja saniteettivedet tavoitteena puhdistaa ne ja näin vähentää ympäristökuormitusta. (Kuva 5.)



KUVA 5. Mondi Powerfluten jätevedenpuhdistamo (merkitty punaisella) (Google Earth. Kuvaleike)

Jätevedenpuhdistamon yksikköprosesseina käytetään karkeaa suodatusta, flokkulointia, selkeytystä, sakeutusta, ja sekoitusta. Valtaosa puhdistuksesta tehdään biologisella puhdistuksella, jossa bioaltai-siin luodaan otollinen elinympäristö bakteereille, jotka sitten käyttävät ravintonaan jäteveteen liuen-neita ravinteita. Jätevesi pitää sisällään kiintoaineita (tikkuja, kiviainesta), puusta liuenneita orgaani-sia aineita (ligniiniä, pihkaa), tärkkelystä, sekä ravinteita (typeä ja fosforia). (Kuva 6.)



KUVA 6. Pystyselkeytin (Ruuskanen, 2019)

Pystyselkeytin sijaitsee massatehtaan vieressä tehdasalueen läpi kulkevan tien varressa itäpuolella. Esiselkeyttimessä primääriliete (kiinteät partikkelit) kasautuvat altaan pohjalle. Ylijuoksuna selkeytetty vesi virtaa tehtaalta kohti vedenpuhdistamoa osin putkea, ja osin avo-ojaa pitkin. Avo-ojan osuudella on jäteveden pH:n ja sähkönjohtokyvyn mittaukset, joilla saadaan heti tietoa saapuvan jäteveden ominaisuuksista. (Kuva 7.)



KUVA 7. Avo-oja (Ruuskanen, 2019)

Ennen jäteveden pääsyä prosessin seuraavaan osaan (vaakaselkeytin) erotetaan siitä karkeasti kaikki oksat ja muut eroteltavissa olevat kappaleet, joita on voinut kulkeutua sinne avo-ojan osuudella. Välppä on eräänlainen metallinen verkko, johon jäävät kappaleet sitten harjataan pois metallisella haravalla. Välppään ohjataan edellä mainitun veden lisäksi myös kuorimon vedet, rannan saniteettikaivon vedet, sakeuttimen ylijuoksuvesi, suotonauhapuristimen rejektivesi, ja varoaltaasta pois pumpattava vesi. Tässä vaiheessa veteen syötetään myös vesi-polymeeri -liuosta, jonka tarkoituksena on että veden hienojakoinen kiintoaine voisi muodostaa hiutaleita, jotka painuvat sitten seuraavassa prosessin vaiheessa vaakaselkeyttimen pohjalle.

Vaakaselkeyttimessä raskas kiintoaine painuu altaan pohjalle, jota siltaan kiinnitetty, kerran tunnissa akselinsa ympäri pyörivä kaavari kerää kohti altaan keskustaa, josta se sitten pumpataan eteenpäin sakeuttimelle. Selkeytynyt vesi virtaa ylijuoksuna altaan ulkopuolelle, josta se virtaa avo-ojaa pitkin mittauskopin vierestä esi-ilmastukseen. Kyseisessä mittauskopissa on laboratorion mittauksia sekä näytteenotto.

Esi-ilmastuksessa vettä hapetetaan kahdella uppoasennetulla ilmastin-sekoittimella ja yhdellä pintailmastimella, joiden käyttämä paineilma tuotetaan kompressorikeskus 1:ssä. Puhdistettava vesi pumpataan kahdella eri pumpulla: toinen pumpkaa suoraan Bio 1 -altaaseen, ja toinen kalkkikaivon kautta Bio 2 -altaaseen. Ylimääräinen vesi virtaa ylijuoksuna putkia pitkin varoaltaaseen (Kuva 8).



KUVA 8. Varoallas (Ruuskanen, 2019)

Varoallas toimii puskurivarastona käsittelyyn päätyvälle vedelle. Altaassa olevaa, tai siihen päätyvää, vettä hapetetaan kahdella pintasekoittajalla, jotka eivät ole käytössä talvella veden lämpötilan pitämiseksi tarpeeksi korkealla. Altaassa olevaa vettä pumpataan takaisin välppään, sekä altaan päästä toiseen sekoitus mielessä. Allas pyritään pitämään mahdollisimman tyhjänä, koska sen täytyessä ylikuokseva vesi päätyy suoraan Kallaveteen.

Puhdistamon Biologia 1 -allas toimii pelkästään ilmastusaltaana (Kuva 9). Altaassa ei säädetä veden pH:ta eikä siinä lisätä veteen ravinteita, vaan altaaseen syötetään pelkästään vaahdonestoainetta. Veden hapettamiseen käytetään seitsemää eri uppoilmastinta. Veden virratessa Bio 1:n jälkiselkeytysaltaaseen veden liete painuu altaan pohjaan.



KUVA 9. Bio 1 -allas (Ruuskanen, 2019)

Jälkiselkeytyksaltaan päällä liikkuu kuitenkin silta edestakaisin päädyistä päätyyn, jossa on neljä pumppua. Näillä pumpuilla imetään pohjalla olevaa pohjalietettä altaan reunassa sijaitsevaan kouruun, josta se ohjataan takaisin Bio 1:n alkuun. Lietteinen vesi purkautuu ylitteenä päädyssä olevan hammastuksen kautta päätykouruun, josta se ohjataan Bio 2:n ruuvipumpuille (Kuva 10).



KUVA 10. Bio 2 -allas (Ruuskanen, 2019)

Biologia 2 -altaaseen ohjataan edellä mainitusta Bio 1 -altaasta tuleva ylite, sekä esi-ilmastuksesta kalkkikaivon kautta pumpattu lietteinen vesi. Vesi pumpataan altaaseen syöttökourusta kahta ruuvi-pumppua käyttäen, joista vain toinen on kerrallaan käytössä. Bio 2 -allas on kolmelohkoinen kierto-vesiallas, jossa on käytössä 16 OKI-ilmastinta sekä yksi pintailmastin hapettamassa ja sekoittamassa vettä. Altaassa säädetään myös veden pH:ta käyttämällä kalkkia alkupäässä sekä lipeää loppupäässä. Tavoitearvo pH:lle on karkeasti noin  $7 \pm 0,5$ . Bio 1 -altaan tavoin myös Bio 2:seen syötetään vaahdonestoainetta, sekä lisäksi fosforia lisäravinteeksi bakteereille.

Bio 2 -altaan lietteinen vesi purkautuu jälkiselkeytysaltaaseen, jonka raskas liete painuu altaan pohjalle (Kuva 11). Kuten Bio 1 -jälkiselkeytysaltaassa, myös tässä altaassa kulkee edestakaisin silta. Bio 2 -jälkiselkeytysaltaan silta imee lapolla pohjalietteen palautuslietekouruun alitteen, jonka määrää voidaan säätää altaan päädyssä olevaa väkipyörää käyttämällä. Sillassa on myös pintalieteaura, joka auraa altaaseen kertynyttä pintalietettä eteen päin aina kun silta liikkuu hakkimolle päin. Hakkimon puoleisessa päädyssä sijaitsee pintalietekouru, jonka kautta pintaliete pumpataan putkilinjaan, joka johtaa Bio 2 -altaan ensimmäiseen lohkokon. Kirkastunut vesi virtaa hammastuksen kautta altaan päädyssä olevaan kouruun, josta se ohjataan pumppausaltaaseen. Pintalietteen joutuminen tähän kouruun estetään stoppareilla. Alitekourusta purkautuvasta lietteestä pumpataan biomassan kasvun verran sekundääri/ylijäämälietettä sakeuttimelle. Palautuslietteen kiintoainepitoisuudesta riippuen poisto vaihtelee välillä 8-40 m<sup>3</sup>/h.



KUVA 11. Bio 2 -jälkiselkeytysallas (Nykänen, 2022)

Pumppausallas, johon Bio 2:n kirkas vesi menee, toimii puskurialtana flotaattorille syötettävälle vedelle. Altaan vieressä sijaitsee kaivo, josta Bio 2:n vesi voidaan ohjata suoraan Kallaveteen. Tämä on mahdollista esimerkiksi kesäkuukausina, kun aktiivilieteprosessi toimii niin hyvin, ettei flotaatiopuhdistusta edes tarvita.

Flotaattori on kuorimolla sijaitseva lieriön muotoinen rakennus, jossa puhdistettavaan veteen syötetään dispersioivettä, eli eräänlaista keinotekoisia kuplavettä, jonka sisältämät kuplat saavat veden kiintoainehiukkaset tarttumaan itseensä ja näin nousemaan altaan pinnalle. Lisäksi sekaan voidaan myös syöttää polymeeriliuosta tai polyalumiinikloridia tehostamaan saostumista sekä flokkien syntymistä. Flotaattorissa pyörivä kaavin kaapii pintalietteen kouruun, josta se valuu sekoitussäiliöön. Ylitvesi valuu taas hammastuksen läpi putkea pitkin laskuojaan ja Kallaveteen.

Ennen kuin puhdistettu vesi päätyy Kallaveteen, mitataan sen ominaisuudet mittauskopissa. Näitä mitattavia ominaisuuksia ovat COD (Chemical Oxygen Demand, kemiallinen hapen kulutus), liukoinen fosfori, sekä kokonaisfosfori. Tämän samaisen kopin vieressä sijaitsee myös viranomaisille tarkoitettu mittauspiste, johon vesinäyte kertyy automaattisesti.

Sakeuttimeen tuodaan vaakaselkeyttimen pohjalta kerättävä primääriliete, sekä Bio 2:n jälkiselkeytinaltaasta kerättävä sekundääriliete. Sen tarkoitus on tehdä lietteestä sakeampaa, jolloin se voidaan kuivata suotonauhapuristimella. Selkeytynyt vesi valuu jälleen hammastuksen läpi ylijuoksuun, jonne ohjataan myös suotonauhapuristimen rejektivesi, kuorimon vedet, sekä kuorimon saniteettivedet, josta ne pumpataan välppään. Altaassa on silta, jossa on kiinni eräänlainen hara, joka kaapii sakeamman lietteen lähemmäs altaan keskustaa. Sieltä ne valuvat pohjaventtiilin kautta sakeuttimen alla olevalle pumpulle, joka pumpppaa ne homogenisoinnin vuoksi murskaimen läpi, ja eteenpäin sekoitussäiliöön (Kuva 12).



KUVA 12. Sakeutin, lietepumppu, murskain (Ruuskanen, 2019)

Sekoitussäiliöön ajetaan sakeuttimen sekä flotaattorin liete, joiden seos sitten pumpataan eteenpäin suotonauhapuristimelle. Suotonauhapuristimen alakerrasta löytyy kaksi kappaletta polymeerilaitteistoja, joissa tehdään polymeeriliuosta, jota käytetään suotonauhapuristimen flokkulaattorissa.

Lietteiden seos pumpataan suotonauhapuristinhallin kellarista putkea pitkin, johon syötetään samalla myös polyalumiinikloridia, flokkulaattoriin, polymeeriliuoksen tullessa omaa putkea pitkin. Flokkulaattorin kolmikerroksinen sekoitusmenetelmä sekoittaa aineet keskenään, ja työntää sen sitten perälaatikon kautta esivedenerottimen pyörivälle viiralle, jossa helposti erottuva vesi valuu pois. Seuraavaksi liete putoaa puristinosan perälaatikkoon, josta se menee puristukseen (Kuva 13). Puristimen läpi tultua liete putoaa viirojen välistä levymäisenä hienona massana, jonka päätykourun pohjalla oleva ruuvipurkain purkaa kuorimon pihalle seinän viereen kasaan. Tästä edespäin Fortum Oy huolehtii lietteen jatkokäsittelystä, kuten sen käytöstä maisemointiin.



KUVA 13. Suotonauhapuristin (Ruuskanen, 2019)

### **Bio 2 -jätkiselkeytyksillä tarkemmin**

Bio 2 -jätkiselkeytykseltään silta liikkuu edes takaisin altaan koko pituudelta neljän pienen hammasvaihemootorin avulla (Kuva 14). Moottorit ovat 0,55 kW:n kokoisia kolmivaihemootoreita, jotka vaihteen välityksellä kuljettavat siltaa sillan reunoja pitkin.



KUVA 14. Yksi neljästä hammasvaihdemoottorista (Nykänen, 2022)

Sillalla sijaitsee myös lapolla imevä pumppu. Tämä imupumppu imee pohjalietteen palautuslietokouruun sillan liikkeessä. Se ei ole kiinteästi asennettu, vaan voidaan kytkeä kolmivaihelähtöön/-pistorasiaan. Kokoa pumpulla on 1,1 kW. Sillan liikkeessä edes takaisin siltaa syöttävän kaapelin on liikuttava "sillan mukaan". Tämä on toteutettu siltaan kiinnitetyllä kaapelikelalla: sillan liikkeessä pois päin kaapelin syöttösuunnasta (metsään päin), menee kaapelikela "vapaalle", jolloin se ei kelaa kaapelia eikä myöskään jarruta kaapelikelan pyörimistä (Kuva 15). Sillan liikkeessä kaapelin syöttöä kohti (hakkimoa päin), alkaa kaapelikela kelata kaapelia kaapelikelalle. Näin kaapeli pysyy aina sille määritetyllä paikalla nätisti (Kuva 16).

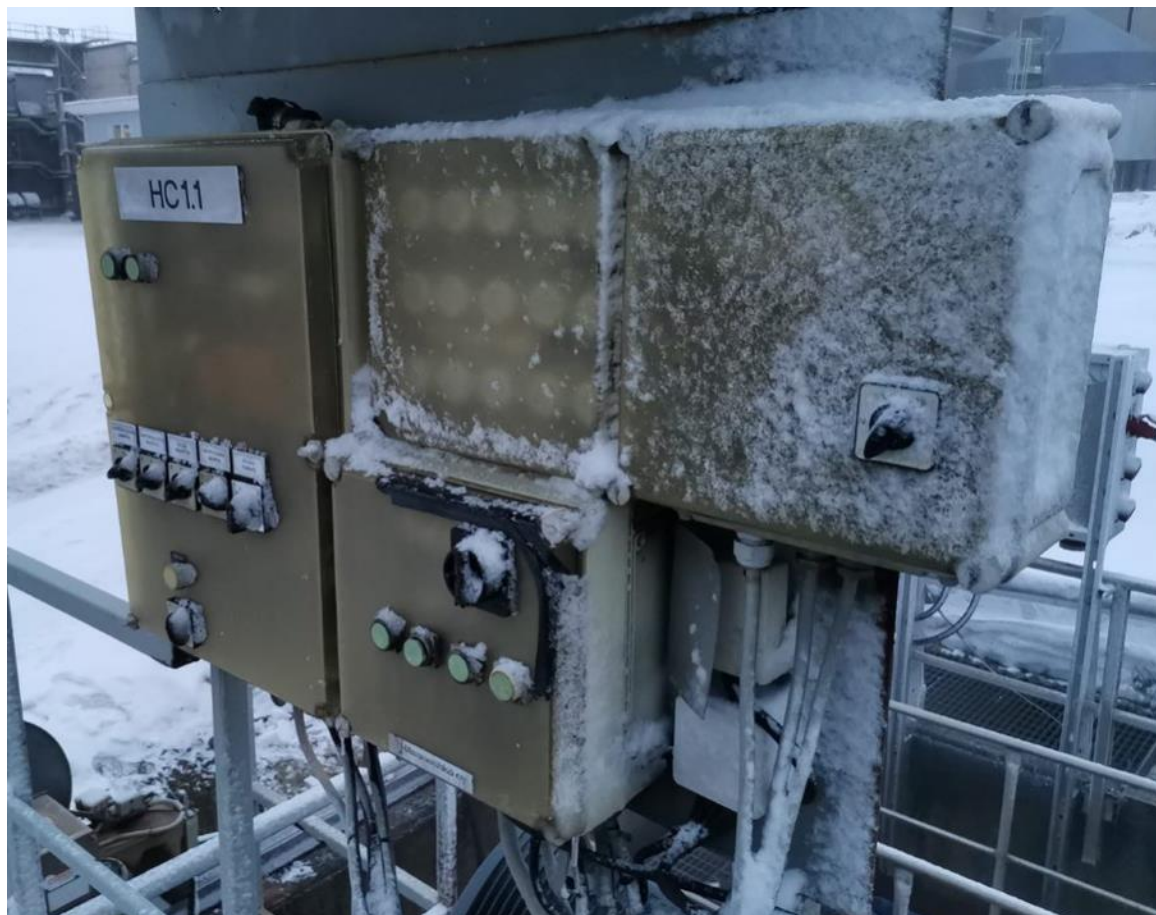


KUVA 15. Kaapelikela, sen moottori, ja yksi neljästä hammasvaihde moottorista (Nykänen, 2022)



KUVA 16. Sillan syöttö (Nykänen, 2022)

Sillassa on myös pintalieteaura, eli eräänlainen kola, joka kolaa pintalietettä aina sillan liikkuessa hakkimolle päin. Aura nousee, kun silta liikkuu metsään päin. Sillan päädyissä on päätyrajat/lähestymiskytkimet, joiden saavuttaessa niiden vastakappaleen altaan päädyissä, tulisi sillan vaihtaa suuntaa. Antureita on yksi molemmissa päädyissä siltaa. Kaikkia näitä toimintoja on ohjattu sillalla sijaitsevasta keskuksesta, jonka käsi-/automaattiohjaus on toteutettu erilaisilla fyysisillä releillä (Kuva 17).



KUVA 17. Sillan vanha keskus (Nykänen, 2022)

## 2.4 Prosessiautomaatio

Automaatio on joukko erilaisia teknologioita, jotka johtavat laitteiden toimintaan ilman merkittävää ihmisen väliintuloa, ja jotka saavuttavat halutun suorituskyvyn jopa parempana kuin manuaalisella käytöllä. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että jotkin prosessin työvaiheet tai esimerkiksi jonkin prosessin osan säätäminen tai tarkkailu on ohjelmoitu siihen tarkoitettuun koneen/laitteen tehtäväksi. Automaattioratkaisuja on erityisen helppo hyödyntää sellaisissa tehtävissä, jotka toistuvat samanlaisina.

Automaattioratkaisuilla pyritään yleensä parempaan tuottoon, joka tarkoittaa yleensä massatuotannon tehostamista: oli kyse sitten linjatuoannosta tai suuremmista valmistusprosesseista, automaattioratkaisujen käyttö nopeuttaa prosessia vähentäen samalla tarvittavia prosessityöntekijöitä kentällä, vähentäen näin samalla työvoimaan meneviä kuluja. Lisäksi automaatiolaitteiden sekä auto-

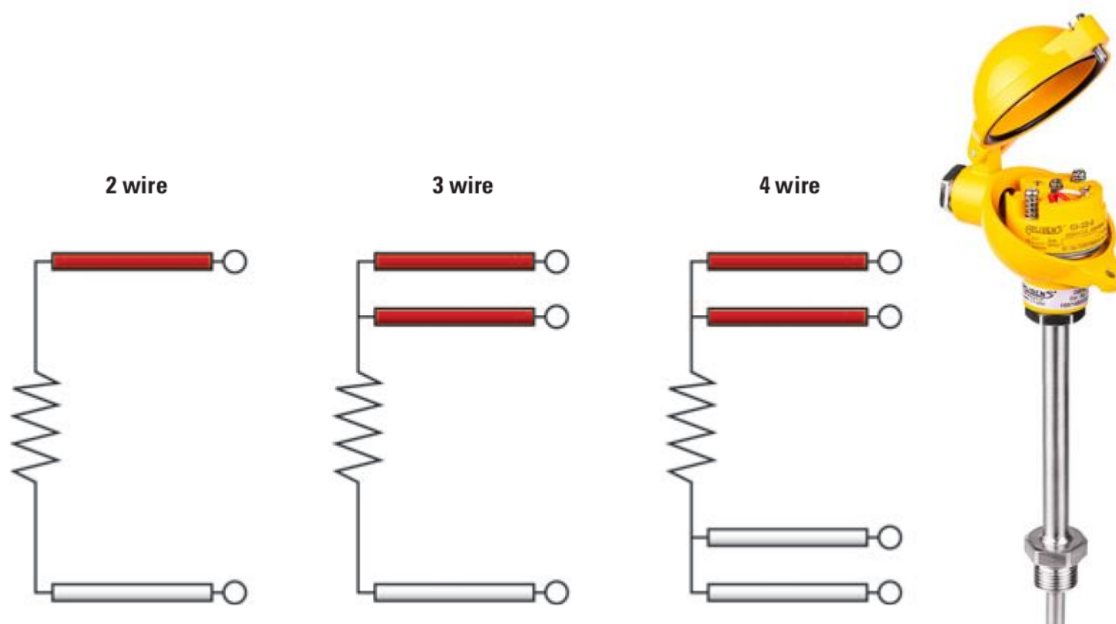
maation kautta tulevien tietojen avulla prosessista saadaan myös tarkempaa, joka johtaa taas parempilaatuiseen lopputuotteeseen. Paremmiin hallittu prosessi johtaa vähäisempiin jätteesiin/hukkamateriaaleihin, joka parantaa myös omalta osaltaan tuottoa.

Prosessiautomaatiolla tarkoitetaan yleensä virtaavien aineiden, kuten nesteiden, kaasujen, tai lietteiden käsittelyyn käytettyjä tekniikoita. Prosessiautomaation hallittavia suureita ovat mm. virtausnopeus, paine, lämpötila, pinnankorkeus, tai jonkin tietyn aineen pitoisuus. Näiden suureiden oikeaoppinen mittaaminen mahdollistaa tarkemman prosessinohjauksen, joten niiden mittaamiseen on kehitetty monenlaisia eri laitteita.

## 2.5 Prosessiautomaation tärkeimmät mittaukset

### 2.5.1 Lämpötilan mittaaminen

Lämpötila on prosessiteollisuudessa eniten mitattu suure, onhan niitä kuitenkin jokaisessa prosessin osassa useassakin kohtaa. Helposti yleisin lämpötilan mittaustapa on Pt-anturin käyttäminen (Pt=platinavastus), koska platinan sähköinen vastus muuttuu melko lineaarisesti lämpötilan muutoksen kanssa. Sitä varten on varsinkin teollisuudessa asennettava mitattavaan nesteeseen erillinen suojatasku, johon anturin voi asentaa. Suojataskun tulee olla prosessin nesteen kestävä, jolloin anturin vaihtaminen on helppoa. Pt-100 kytketään useimmiten lämpötilalähtetimeen, joka sijaitsee anturin suojakotelossa, joka asennetaan suojataskun suulle. Tällä lähettimellä saadaan anturin resistanssiarvo muutettua esimerkiksi 4-20mA virtaviestiksi suoraan kotelossa, ja tämä asennustapa mahdollistaa myös paremman suojan sähköisiä häiriöitä vastaan. Anturin päästä 4-20mA viestiä on myös helppo kuljettaa ilman virtaviestin heikkenemistä. Tämä voidaan sitten kytkeä esimerkiksi logiikan analogialähtöön (AI) tai vaikka taajuusmuuttajaan. Pt-100-anturi kytketään yleensä lyhyillä matkoilla 2-johtimisena, ja mikäli johdinten vastusarvo halutaan kompensoida ja saada tarkempi mitaustulos voidaan prosessin valita myös 3- tai 4-johtiminen kytkentä. (Kuva 18.)



KUVA 18. Pt-100-anturin passiivinen kytkentä sekä suojakoteloon sijoitettava lähetin (Aplisens S.A., ei pvm)

## 2.5.2 Paineen mitta

Toiseksi yleisin mitta teollisuudessa on paineen mitta. Painemittauksen avulla voidaan säätää esimerkiksi jonkin virtauksen tasaisuutta tulopainetta tarkastelemalla, mutta sillä on mahdollista mitata myös esimerkiksi pinnankorkeutta säiliön pohjasta käsin tai valvoa suodattimen tukkeutumista. Sähköisillä painemittareilla mitataan yleensä suhteellista paine-eroa, eli mitattavan tilan painetta verrattuna usein ilmanpaineeseen. Yleisimmin käytetty sähköinen painemittaus perustuu vastuselementin/-kalvon venymään jolloin paineen kohdistuessa anturiin sen elastinen vastuselementti venyy, joka johtaa vastuselementin pituuden muutokseen. Paineenmittauksesta puhuttaessa tämä venymä esitetään yleensä resistanssin muuttumiskertoimena ( $GF$ =Gauge Factor), joka kuvaa elementin venytysherkkyyttä (sähköisen resistanssin muutossuhteen suhde venymän pituuden muutossuhteeseen) (Kaava 1).

$$GF = \frac{\Delta R/R}{\varepsilon} = \frac{\Delta R/R}{\Delta L/L}$$

KAAVA 1 Resistanssin muuttumiskertoimen kaava (Gauge Factor), jossa  $\varepsilon$ =venymä,  $\Delta R$ =resistanssin muutos,  $\Delta L$ =pituuden muutos (Digikey Electronics, 2020)

Koska tämän tyyppisessä anturissa metallin venymä on todella pientä, se johtaa myös hyvin pieneen muutokseen resistanssissa. Tästä syystä paineanturi on usein valittava tarkasti jotta se sopii prosessissa esiintyvään painealueeseen. Vaihtoehtoisesti prosessissa voidaan käyttää myös prosessi- tai painelähtimiä, joiden etuna on usein paremmat mittaustarkkuudet sekä skaalattavat mittaalueet. Tyypillisin lähtöviesti paineantureissa on 4-20 mA -virtaviesti tai 0-10 V -jänniteviesti. Uusimmissa paineenmittauslaitteissa väylätekniiikan käyttökin on mahdollista, joista teollisuudessa yleisimmin käytössä on Profibus tai Foundation Fieldbus. (Kuva 19.)



KUVA 19. Yleisin teollisuuskäytössä oleva paineanturi WIKA A-10, sekä prosessilähetin IPT-20 (WIKI Finland Oy, ei pvm)

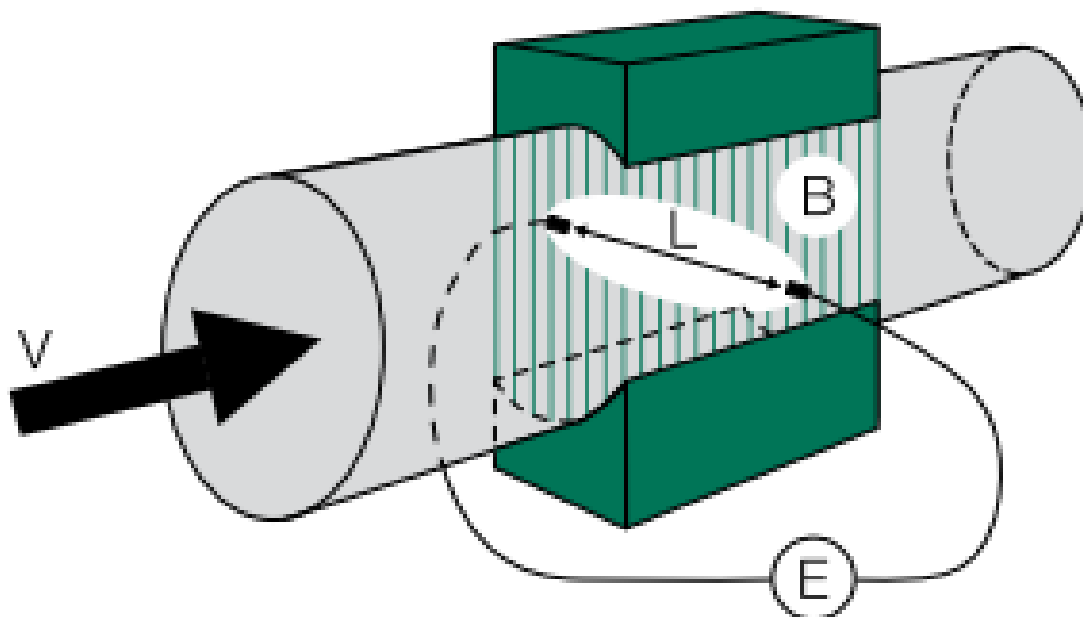
### 2.5.3 Virtauksen mittaus

Prosessiteollisuudessa liikkuu paljon erilaisia aineita virtaamalla, joten yksi yleisimmistä siellä esiintyvistä mittauksista on virtausmittaus, jolla yleisimmiten mitataan virtausnopeutta tai tilavuusvirtausta. Erilaisia mittausmenetelmiä virtauksen mittaamiseen on, mutta helposti yleisin menetelmä, varsinkin selluteollisuudessa, on magneettisen virtausmittauksen hyödyntäminen. Tätä menetelmää käyttäessä virrattavan nesteen on oltava hyvä johdin, kuten esimerkiksi vesi, erilaiset kemikaalit, tai sellumassa. Lisäksi on huomioitava, että neste täyttää lähestulkoon koko putken ympärysmittan tilavuuden, jotta neste ottaisi kontaktia kaikkiin mittalaitteen koettimiin. (Kuva 20.)

Mittaus perustuu Faradayn induktiolakiin, jonka mukaan virtasilmukkaan indusoituu jännite, kun silmukan läpi kulkeva magneettivuo muuttuu. Mittauslaitetta käytettäessä johtava neste kulkee laitteen ylä- ja alapuolelle sijoitettujen magneettien luoman magneettikentän läpi synnyttäen näin jännitteen. Tiedettäessä laitteen sisämittan, voi laitteen lähetin laskea indusoituneen sähkömagneettisen jännitteen  $E$ :n kaavalla

$$E = L * B * V$$

KAAVA 2 Indusoituneen jännitteen kaava, jossa  $L$ =virtausanturin sisämitta/putken halkaisija,  $B$ =magneettikentän voimakkuus, ja  $V$ =nesteen virtausnopeus (MJK Automation, 2020)



KUVA 20. MagFlux-virtausmittarin toimintaperiaatekuva (MJK Automation, 2020)

Koska voidaan olettaa että magneettikentän voimakkuus on vakio ja virtausanturin/putken halkaisija ei muutu, on ainut jännitteeseen vaikuttava tekijä siis nesteen virtausnopeus. Mitä suurempi virtaus on, syntyy sitä suurempi jännite. Jännitteen  $E$  mitattua laite muuntaa sen tilavuusvirtaukseksi, jonka yksikkö on kuutiota/ajan yksikkö.

Virtausmittareissa lähtöviestinä on yleensä 4-20mA virtaviesti, mutta uusimmissa laitteissa myös väylätekniikan käyttö on mahdollista.

#### 2.5.4 pH:n mittaus

Prosessiteollisuudessa tapahtuu paljon erilaisia kemiallisia reaktioita, jotka vaikuttavat merkittävästi prosessien onnistumiseen sekä sitä myöten lopputuotteen laatuun. Viemäriin johdettavan jäteveden liian korkealla tai alhaisella pH-arvolla on haitallinen vaikutus viemäriverkoston kuntoon ja jätevedenpuhdistamon toimintaan. Happaman tai emäksisen jäteveden neutraloinnilla estetään viemäriverkoston syöpyminen ja toimintahäiriöt jätevedenpuhdistamolla (Wavin, ei pvm). Tästä syystä pH:n valvominen on todella tärkeä osa-alue prosessiautomaatiota.

pH:ta mitataan joko optisilla tai sähkökemiallisilla mittareilla, joista jälkimmäinen on yleisesti käytössä teollisuudessa. Käytetyin sähkökemiallinen mittausmenetelmä on lasikalvoelektrodimittaus. Lasikalvoelektrodimittauksessa mitataan potentiaaliero mittauselektrodin ja referenssielektrodin väliltä, jotka yleensä ovat yhdistetty samaan anturiin. Referenssielektrodin pH:n ollessa vakio, on jännite lasikalvon yli verrannollinen mitattavan liuoksen pH-arvoon. Potentiaaliero on 59,16 mV/pH-yksikkö 25 celsiusasteen lämpötilassa. Mitattavan nesteen lämpötila kuitenkin vaikuttaa mittaustulokseen, mutta nykyaikaisista mittapäistä löytyy myös integroitu lämpötilaa mittaava elementti joka huomioi lämpötilan vaikutuksen mittaustulokseen. (Kuva 21.)

Ph-anturi täytyy puhdistaa aina käytön jälkeen. Sen ollessa jatkuvassa käytössä prosessissa olisi se hyvä puhdistaa viikon/kahden välein, riippuen mitattavasta aineesta. Samalla kun puhdistus suoritetaan, on anturi helppo kalibroida esimerkiksi kalibroitiliuoksien avulla. Mikäli anturia ei käytetä hetkeen, on se säilytettävä sille tarkoitettussa säilytysliuoksessa, tai hätätapauksissa 4- tai 7-pH:ssä kalibroitiliuoksissa.



KUVA 21. Yhdistelmäelektrodin periaatekuva (Burkert Finland Oy, ei pvm) sekä anturi (Campbell Scientific, Inc., ei pvm)

### 2.5.5 Johtokyvyn mittaaminen

Elektrolyyttisen johtokyvyn mittaaminen on pH-mittauksen jälkeen tärkein mitattava suure kemiallisessa prosessianalyysissä. Mittaamalla elektrolyyttistä johtokykyä mittausteknologian avulla, kaikkia prosesseja, joissa suoloilla, hapoilla ja suolavedellä on vaikutusta, voidaan ohjata ja säädellä (Kontram Oy, ei pvm).

Johtokyky kuvaa liuoksen kykyä johtaa sähkövirtaa. Johtokyvyn mittauksella nähdään jonkin aineen pitoisuus liuoksessa, jolloin sitä voidaan pitää esimerkiksi aineen puhtauden yhtenä mittarina. Mittaus on kuitenkin aika epätarkka yhtä tiettyä ainetta tarkastellessa, koska jokaisella ionilla on erilaiset liikkuvuudet, ja johtokykymittaus kuvaa samalla kertaa niitä kaikkia. Paperiteollisuudessa sitä käytetään esimerkiksi kattilavesien tai jäteveden analysointiin. Johtokykymittauspiiriin tarvitaan anturi, sen kaapeli, sekä lähetin, joka vahvistaa anturista tulevan jänniteviestin. Koska johtokykymittauskin on riippuvainen lämpötilan vaihteluille, on useissa johtokykyelektrodeissa jo valmiina automaattinen lämpötilan kompensointi. (Kuva 22.)

Mitä enemmän ioneja liuoksessa on, sitä paremmin liuos johtaa sähköä. Mittausanturi sisältää yleensä kaksi elektrodia, joiden välille kytketään sähkövirta. Nelielektrodisella piirillä päästään yleensä tosin tarkempaan tulokseen. Piiriä syötetään vaihtojännitteellä, koska tasajännitteen käyttö aiheuttaisi ioneiden jakautumisen positiivisiin ja negatiivisiin. Nämä sitten siirtyisivät erilleen, toiset toiseen elektrodiin ja toiset toiseen, joka aiheuttaisi jännitelähteeseen nähden vastakkaisen sähkökentän. Ilmiötä kutsutaan polarisaatioksi. Kun anturi upotetaan mitattavaan liuokseen, voidaan elektrodien välistä vastusta mitata. Jännitteen ollessa vakio voidaan käyttää kaavaa:

$$R = \frac{l}{A} * \frac{1}{\gamma}$$

KAAVA 3 Elektrodien välisen vastuksen kaava, jossa R=vastus, l=elektrodien välinen etäisyys, A=elektrodien pinta-ala, ja  $\gamma$ =virran suuruus (Opetushallitus, ei pvm)

Kerrointa I/A kutsutaan kennovakioiksi (jonka valmistaja ilmoittaa jokaiselle anturille), jota merkitään yleisesti kirjaimella k. Näin kaava saadaan muutettua muotoon:

$$R = k * \frac{1}{\gamma} \rightarrow R = \frac{k}{\gamma} \rightarrow \gamma = \frac{k}{R}$$

KAAVA 4 Elektrodien välisen vastuksen kaavan muunnos (Nykänen, 2022)

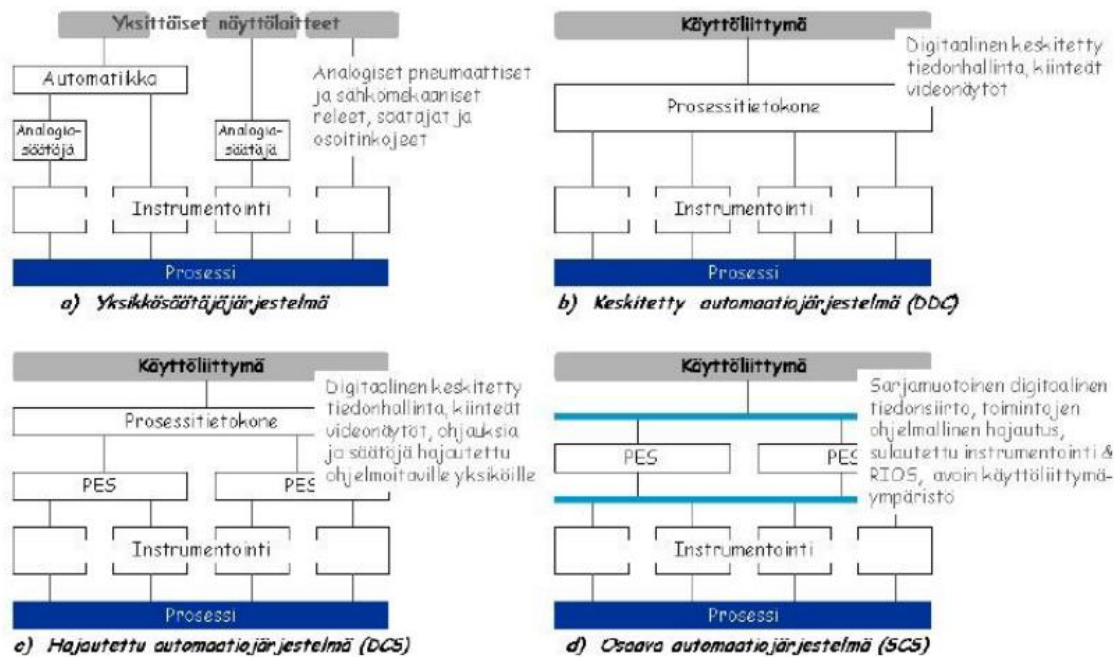
Johtavuuden yksikkö on S/m (siemens/metri), mutta myös pienempien yksiköiden käyttö on yleistä.

#### 2.5.6 Mittausten käyttö prosessin säädössä

Näitä edellä mainittuja mittauksia käytetään prosessin valvonnan lisäksi usein myös prosessin eri osien säädössä. Johdettaessa mittausdata tehtaan automaatiojärjestelmään, voidaan dataa käyttää automaation avulla suoraan esimerkiksi toimilaitteiden säädössä. Esimerkiksi jos pinnankorkeutta mittaava elin havaitsee pinnan laskeutuneen asetusarvon alle, voi oikein ohjelmoitu automaatiojärjestelmä lähettää esimerkiksi venttiilille käskyn milliampeerimuodossa avautua hieman lisää. Tässä samassa skenaariorissa voisi venttiilin tilalla olla myös esimerkiksi taajuusmuuttaja, jolle käsky olisi nopeuden lisäys. Muita esimerkkejä laitteista, jotka hyötyvät tällaisesta ohjelmallisesta säädöstä on esimerkiksi lämpötilaa säätävät elementit, joiden toimintaa voidaan valvoa tai ohjata lämpötilan mittauksen mittaustulosten avulla.

Mittauksista saatavan informaation perusteella voidaan myös usein tehdä hyviä arvauksia mikä prosessissa, tai prosessilaitteessa/-mittauksessa, on vikana. Tällaisia tilanteita ovat esimerkiksi lämpötila-anturin katkeaminen, jolloin lämpötilan mittaustulos poikkeaa yhtäkkiä radikaalisti viimeaikaisista tuloksista, pH-anturin vanheneminen, jolloin se joudutaan kalibroimaan useammin kuin yleensä, tai esimerkiksi jonkin putkiston suodattimen tukkeutuminen, joka voidaan havaita paine-eromittauksen avulla. Myös tehtaan työntekijöiden turvallisuus on tehtaissa todella tärkeä prioriteetti, jonka toteutumista erilaiset mittaukset helpottavat. Esimerkiksi paperiteollisuudessa prosessin aikana ilmaan voi vapautua erilaisia aineita, jotka ovat haitallisia, tai jopa kuolemaan johtavia. Näiden kaasujen esiintymistä ilman seassa voidaan tarkastella erilaisilla pitoisuusmittauksilla, jotka voidaan sitten kytkeä automaation avulla tehtaan hälytysjärjestelmään, jolloin työntekijät pystyvät välttämään hengittämästä näitä haitallisia kaasuja.

## 2.6 Prosessiautomaation kehitys



KUVA 22. Automaatiojärjestelmien sukupolvia (Pyyskänen, 2013)

Noin 1960-luvulla tehtaiden mittausinstrumentit olivat yksittäisiä painekelloja esimerkiksi jonkin säiliön kyljessä osoittamassa säiliön paineen määrää. Tämän tapaisten osoittimien perusteella prosessinohitajat kävivät sitten käsin vääntämässä venttiileitä auki ja kiinni päästäkseen haluttuun lopputulokseen. Välittimien avulla näitä tietoja kuitenkin opittiin pian keräämään yhteen paikkaan, joka sijaitsi valvomossa. 1970-luvulla standardiviestin ja sitä hyödyntävien lähettimien kehittäminen jatkoi tätä samaa ajattelumaailmaa kerätä kentältä tiedot yhteen keskitettyyn valvomoon. Koska esimerkiksi paperinvalmistusprosessi monimutkaistui, tuli valvomoista todella suuria kokonaisuuksia, joista löytyi todella paljon erilaista tietoa, jotka tulivat erilaisilta lähettimiltä. Tieto tuotiin kentältä valvomossa sijaitseviin osoitinkojeisiin ensin kenttälaitteilta kenttäkoteloille kenttäkaapelia pitkin, sitten kenttäkotelosta valvomon ristikytkentätilaan runkokaapelia pitkin, ja seuraavaksi ristikytkennässä runkokaapelit avattiin, kytkettiin riviliittimiin, ja vietiin eteenpäin oikealle osoitinkojeelle.

1970-luvulla tietokoneiden kehitys kuitenkin mullisti kaiken muun kehityksen myötä myös automaation kehityksen. Tietoa pystyi nyt prosessitietokoneiden avulla käsittelemään myös digitaalisesti, joka johti siihen, että ennen käytössä olleet yksittäiset osoittimet vaihtuivat vähitellen näyttöpäätteiksi. Mikroprosessoria sisältävät tietokoneet tulivat vähitellen muotiin, joka taas johti prosessiasemien kehitykseen. Näillä prosessiasemilla automaatio hajautus mahdollistui, eli eri prosessin alueille saatiin rajattua omat säätö- ja ohjaustehtävät. Tällainen järjestelmä vähensi tiedonsiirtotarvetta sekä vasteaikoja, kun ohjaukset tai säädöt tapahtuivat prosessiasematasolla.

1980-luvulla kiinnostus paikallisverkkojen hyödyntämiseen lisääntyi, jonka johdosta erilaisten kenttäväylien kehitys vauhdittui. Vasta vuonna 2007 julkaistiin kenttäväylästandardi IEC 61158, joka määritteli kenttäväylän yleisen käsitteen markkinoiden suurimpien valmistajien mukaan. Kenttäväylät mahdollistivatkin seuraavan suuren harppauksen automaation kehityksessä, mahdollistaen vieläkin

laajemman hajautuksen. Tapahtumaohjauksia käyttämällä ohjelmoitavia toimintoja alistetaan prosessiasemien lisäksi myös älykkäisiin kenttälaitteisiin, joka tarkoittaa, etteivät ne enää pelkästään tuota tietoa prosessiasemille, vaan osaavat itse tehdä päätöksiä sekä ohjata toisia laitteita ”itsenäisesti”.

### **Langattomuus ja langaton I/O**

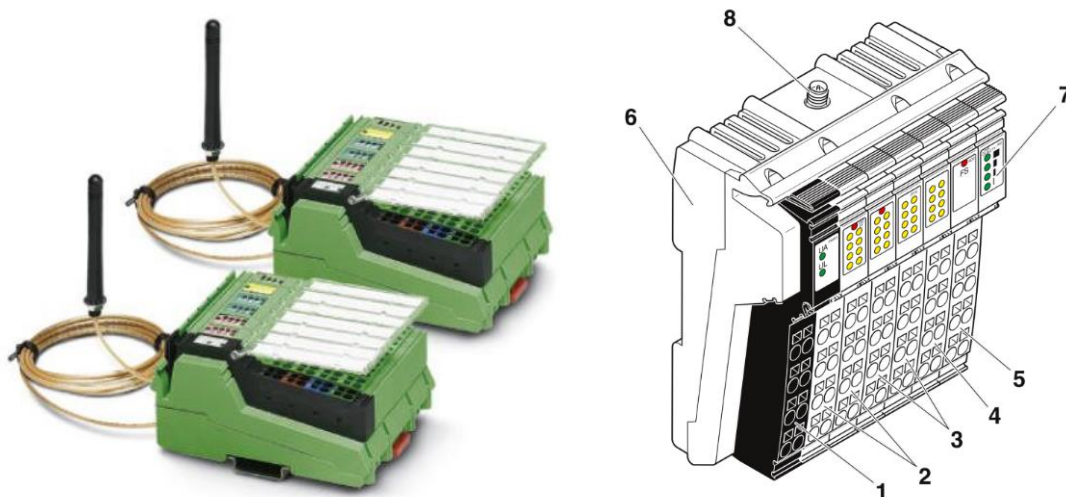
Nykyään eri prosessin osista halutaan yhä enemmän tietoa, jotta prosessista saadaan tehokkaampi, mutta prosessista saatua tietoa voidaan käyttää myös esimerkiksi sen laitteiden kunnon seuraamiseen. Samalla halutaan myös välittää tietoa toisin päin, eli valvomosta prosessin eri osiin. Tämä tarkoittaa prosessin ohjausta.

Osa prosessin osista on kuitenkin vaikeissa paikoissa: joko vaikeasti kaapeloitavan esteen takana, kuten vesistö, tai liikkeessä, kuten pyörivät tai edes takaisin liikkuvat rakennelmat. Osassa kohteista kaapelointi on mahdollista tehdä esimerkiksi erilaisia kaapelikeloja tai vaijereita apuna käyttäen, mutta esimerkiksi edes takaisessa liikkeessä tällaiset ratkaisut tarkoittavat sitä, että liikkuvaa prosessia syöttävä kaapeli joudutaan uusiman tietyin väliajoin. Mikäli prosessia halutaan vielä ohjata esimerkiksi valvomosta käsin eikä pelkkä ohjausyksikkö prosessin liikkuvassa osassa kiinteästi riitä, tulee parikaapelin vaihdosta myös kohtuullisen suuri päänvaiva. Parikaapeli kuitenkin kestää vielä huommin jatkuvaa avaamista ja purkamista kuin yleisimmät syöttökaapelit, sekä ne ovat myös työlämpiä vaihtaa.

Tällaisissa, valvomon välityksellä ohjattavissa kohteissa esiin nousee usein langattomat vaihtoehdot. Langattomien ratkaisujen suurimpia etuja ovatkin kahden langattoman laitteen välisen kaapeloinnin pois jättäminen, joka mahdollistaa vaikeidenkin kohteiden etäohjauksen. Muita etuja ovat esimerkiksi helppo tulevaisuuden kytkentöjen muunneltavuus (esim. I/O-paikkojen lisäys) sekä useimmat etä-I/O-moduulit ovat hankittavissa kohtuulliseen hintaan.

Langattomaan tiedonsiirtoon on monia eri tapoja, kuten 5G-, LTE-, tai WLAN-internetyhteys, Bluetooth, tai radioaallot. Näistä kaksi viimeisintä, eli Bluetooth sekä radioaallot, ovat usein teollisuudessa vielä nykypäivänä hyviä vaihtoehtoja langattomaan datan siirtoon.

Vaikka Bluetooth on yleisemmin tunnettu lähinnä puhelinten tai tietokoneiden tiedonsiirrosta, on se nykyään todella hyvä vaihtoehto myös teollisuudessa. Se on luotettava tiedonsiirtotekniikka, joka kestää todella hyvin taajuuskaistan häiriöitä. Erityisen hyvin se soveltuu pieniin prosesseihin, joissa ei ole kovin montaa ohjattavaa laitetta. Bluetooth-I/O-moduulit ovat helppoja asentaa: usein riittää vain johtimien kytkeminen moduuliin, laitteiden käynnistäminen, ja toimiva etäyhteys on luotu. Bluetooth-I/O:t sopivat hyvin lyhyen kantaman, eli noin 200 metrin, sovelluksiin, mutta niiden kantama voidaan pidentää myös erilaisilla suuntaavilla antennilla jopa kaksinkertaiseksi. Luonnollisesti kahden aseman väliset esteet heikentävät kantamaa, josta syystä näiden kahden aseman välillä olisi hyvä olla näköyhteys. (Kuva 24.)



KUVA 23. Phoenix Contact ILB BT ADIO MUX-OMNI -etä-I/O. 16 digitaalista lähtöä ja tuloa sekä 2 analogista lähtöä ja tuloa (Phoenix Contact)

Radioaaltojen avulla signaaleja siirtävät etä-I/O:t sopivat Bluetoothia paremmin enemmän laitteita sisältäville prosesseille. Se on myös luotettava tiedonsiirtotekniikka, mutta kantama siinä on todella paljon suurempi, osassa jopa yli 30 kilometriä. Se soveltuu myös Bluetoothia paremmin monen eri laitteen monimutkaisiin signaaliverkkoihin. (Kuva 25.)



KUVA 24. Phoenix Contact Radioline-järjestelmä sekä esimerkkikuva verkkomaisesta käytöstä (Phoenix Contact)

Esimerkiksi Phoenix Contactin Bluetoothia hyödyntäviin sekä Radioline-tuotteisiin on saatavilla paljon erilaisia lisävarusteita, joilla tuote saadaan muokattua sopivaksi sen suunniteltuun sijaintiin. Näitä lisävarusteita ovat esimerkiksi erilaiset antennit, joita löytyy suunnattavina sekä suojattuina esimerkiksi suolavedeltä, sekä jo valmiiksi kasattuja tiiviitä koteloida, joilla lähetin saadaan asennettua helposti suoraan esimerkiksi ulkoilmaan. Radioline tuotteita voidaan myös helposti

laajentaa erilaisilla laajennusmoduuleilla, joilla lähettimeen saadaan lisää joko digitaalisia, tai analogisia tuloja/lähtöjä. (Phoenix Contact)

### 3 TYÖN TOTEUTUS

#### 3.1 Työn rajaus

Työtä rajattiin alkuperäisestä suunnitelmasta sen verran, että suunnitelmat ulottuisivat tehtaan ristikytkentään asti, eikä näin työni sisältäisikään logiikkaohjelmointia. Tämä siitä syystä, ettei sillalle sijoitettavalle erilliselle logiikkayksikölle ollut oikein perusteita ja ohjaukset olisivat ehkä järkevämpi liittää suoraan tehtaan pääjärjestelmästä. Lisäksi työstä olisi tullut liian laaja, jos ristikytkennästä olisi vielä jatkettu eteenpäin.

#### 3.2 Haluttujen toimintojen kartoittaminen

Ennen suunnittelun aloittamista kartoitettiin, mitä toimintoja sillan ohjaukseen haluttaisiin. Tehtaan automaatioasiantuntijan ja hakkimon/jätevedenkäsittelyn esimiehen kanssa pidettyjen palaverien pohjalta päätoiminnoiksi valikoituivat

- Sillan toimintojen etäohjaus valvomosta käsin, niin manuaalisesti kuin automaattisesti
- Sillan hammasvaihdemoottorien nopeussäätö
- Sillan paikallisohtaus.

Työtä tehdessä näihin päätoimintoihin tuli pieniä muutoksia sitä mukaa, kun työssä edettiin ja asioita mietittiin tarkemmin.

#### 3.3 Laitekohtaiset toimintakuvaukset

Toimintojen kartoittamisen jälkeen oli hyvä kirjoittaa alustavat toimintakuvaukset sillan eri laitteille erikseen. Näihinkin tuli muutoksia työn edetessä.

##### 3.3.1 Sillan hammasvaihdemoottorit

Sillan neljä hammasvaihdemoottoria liikuttavat siltaa edes takaisin koko altaan pituudelta. Hammasvaihdemoottoreita on mahdollista ohjata sekä paikallisohtauksena sekä valvomosta, joko automaattisesti tai manuaalisesti.

##### 3.3.2 Sillan syötön kaapelikela

Sillan kyljessä oleva kaapelikela alkaa kelaamaan kaapelia sillan liikkuessa hakkimolle päin. Sillan liikkuessa metsään päin kaapelikela menee "vapaalle", eikä näin kelaata tai jarruta. Tämä on toteutettu mekaanisella kytkimellä, jolloin kaapelikela voi olla aina päällä, kun silta liikkuu. Tämän tulisi tapahtua automaattisesti, käsiohtaukselta ei tarvita.

##### 3.3.3 Imupumpun pistorasia

Sillan imupumpun syöttö toteutetaan ohjattavalla pistorasialla, johon imupumpun voi tarvittaessa kytkeä. Imupumppua ohjataan paikallisohtauksena sillan keskuksen kannen kytkimestä.

### 3.3.4 Pintalieteaura

Sillan pintalieteurassa on kolme yksivaiheista moottoria. Pintalieteaura laskeutuu aina kun silta liikkuu hakkimolle päin, työntäen näin altaaseen kertynyttä pintalietettä altaan päädyssä olevaan pintalietekouruun. Aura nousee, kun silta liikkuu metsän suuntaan. Pintalieteauraa on mahdollista ohjata sekä paikallisohjauksena sekä valvomosta, joko automaattisesti tai manuaalisesti.

## 3.4 Sähkösuunnittelu

Itse sähkösuunnittelu alkoi karkeiden luonnosten piirtämisellä ihan ruutupaperille, sillä usein se on nopeampaa ja helpommin muokattavissa kuin tietokoneohjelmilla. Suunnitelmien pohjana/lähtökohdana käytettiin edellisen keskuksen vanhoja kuvia sekä niihin on otettu myös hieman mallia tehtaan muiden prosessiosien piirikaavioista. Tämä siksi, että on monestakin syystä hyvä käyttää samantyyllisiä ratkaisuja kuin muissa tehtaan sähköpiireissä. Vianhaku ja kunnossapito helpottuvat, kun tehdään sähköpiirit noudattavat samanlaista rakennetta mahdollisimman useassa paikassa ja samantyyllisiä piirejä käytettäessä myös komponentit ovat samantyyllisiä. Tällöin niitä on helpompi hankkia esimerkiksi jo valmiiksi varastoon. Myös edelliset kokemukset olivat yksi syy, eli koska tietyt ratkaisut on havaittu hyviksi tietyissä olosuhteissa, kannattaa niitä käyttää vastaisuudessakin. Lisäksi suunnittelua helpotti se, ettei siltaan tullut lisää merkittävästi virtaa kuluttavia laitteita, jotka olisi nostanut sillan virrankulutusta.

Monien palaverien jälkeen päästiin tehtaan henkilökunnan kanssa yksimielisyyteen, miten kytkennät kannattaa toteuttaa, jonka jälkeen piirikaavioita pystyi hahmottelemaan ”puhtaaksi” tietokoneohjelmalla. Piirikaavioiden piirtämisen jälkeen tehtiin lisäksi kuvat tehtaan automaatiojärjestelmään kytketymisestä. Piirikaavioiden ollessa lähes valmiit oli komponenttivalintoja hyvä miettiä, sillä suuria muutoksia kuviin ei enää tulisi. Kun komponentit oli valittu, pystyi seuraavaksi aloittamaan ohjauskeskuksen layoutin miettimisen, sekä sen pohjalta tekemään kustannusarvion.

### 3.4.1 Päävirtapiirit

Hammasvaihdemoottoreita ohjataankin taajuusmuuttajan sijasta kontaktorien avulla, sillä sillan mekaaninen rakenne esimerkiksi kaapelikelan osalta olisi ollut aika merkittävä ongelma: kaapelikelan-kin olisi joutunut tekemään jonkinlaisen säädön, jotta syöttökaapeli olisi pysynyt sopivan tiukkana, tai vaihtoehtoisesti muuttamaan syöttökaapelin kelauksen rakennetta. Koska nopeussäädöstä luovuttiin, ei taajuusmuuttajan käytölle ollut enää tarpeeksi perusteita, että se olisi ollut kannattava. Hammasvaihdemoottorien suunnanvaihto on toteutettu rinnakkaisten kontaktorien avulla tehdyllä suunnanvaihtokytkennällä, jossa toisen kontaktorin syötössä vaiheet 1 ja 2 ovat kytketty ristiin. Näiden kontaktorien yhtäaikainen toiminta on lisäksi estetty ABB:n VEM4 lukitussarjalla. Jokaisella moottorilla on myös omat ohjauskontaktorit sekä lämpöreleet. Moottoreilla on yhteinen 3-vaiheinen sulake. (Liite 1.)

Imupumpun syöttökaapelointi ei ole kiinteä, vaan imupumpun kaapeli kytketään ohjattavaan pistorasiaan. Imupumppu/pistorasia on kolmivaiheinen, jota ohjataan kontaktorilla. Imupumpun syötöllä on oma sulake ja vikavirtasuojia, sekä kontaktorin jälkeen piirissä on myös lämpörele.

3-vaiheisella kaapelikelalla on myös oma sulake ja lämpörele, ja sitä ohjaa oma kontaktori.

Sillan pintalieteurassa on kolme yksivaiheista moottoria, joita ohjataan kahdella 3-napaisella kontaktorilla, joille molemmille syötetään jännite samasta vaiheesta. Toinen kontaktori ohjaa kolmea moottoria eteenpäin, ja joista toinen on kytketty ohjaamaan kolmea moottoria taakse päin.

### 3.4.2 Ohjausvirtapiirit

Sillan laitteiden ohjausvirtapiirit ovat toteutettu 230 VAC-jännitteellä, mutta kaikki järjestelmään menevät tiedot ovat 24 VDC. Tämä siitä syystä, että työssä käytetty Phoenix Contactin Bluetooth-järjestelmä (MUX) vaatii signaalit DC:nä. Phoenix Contactin ja esimerkiksi Siemensin tuotteita käytettäessä yhdessä on joskus ilmennyt ongelmia, joten jokaiselle järjestelmään menevälle signaalille on oma välirele. Välireleiden käyttö mahdollisti myös helpon 230 VAC - 24 VDC -muunnoksen kun välireleiden koskettimien yläpäähän oli helppo vain syöttää 24 VDC, jolloin kaikki signaalit ovat jo silloin oikeanlaisia. Ohjauksien kytkimet ovat erilaisia kääntökytkimiä. (Liite 2.)

Hammasvaihdemoottoreita ohjataan välireleiden kautta MUX:n lähdoistä Q1 (eteen) sekä Q2 (taakse), ja molempien kontaktorien yhtäaikainen vetäminen on estetty. Kun jompikumpi kontaktoreista vetää (C1/eteen tai C2/taakse), lähtevät kaikki neljä hammasvaihdemoottorien ohjauskontaktoria vetämään. Sillan imupumppua ohjataan suoraan kääntökytkimellä ohjauskeskuksen etupaneelista. (Liite 3.)

Kaapelikelan ohjaus on täysin automatisoitu ja se lähtee pyörimään heti kun jompikumpi hammasvaihdemoottorien sunnanvaihtokontaktoreista vetää. Kaapelikelaan on kuitenkin tehty mekaaninen kytkin, joka päästää kelan vapaalle sen liikkuessa pois päin hakkimosta, estäen näin kaapelin kelaamisen väärässä tilassa. Sillan pintalieteuraa ohjataan välireleiden kautta MUX:n lähdoistä Q4 (eteen) ja Q5 (taakse), ja molempien kontaktorien yhtäaikainen vetäminen on estetty.

Tehtaan automaatiojärjestelmään päin lähtevät suunnitellut kääntökytkinsignaalit ovat: sillan ohjaus käsi/auto (I1/I6), sillan käsiajo eteen/taakse (I2/I3), pintalieteuran ohjaus käsi/auto (I9/I10), sekä pintalieteuran käsiajo alas/ylös (I11/I12). Ohjauspaneelin kytkimistä onnistuu myös häiriön kuittaus (I8) sekä hätäseis-piirin kuittaus, jolla on oma rele.

Sillan hammasvaihdemoottoreiden lämpöreleiden koskettimet on kytketty sarjaan, joiden lisäksi samassa sarjassa on myös kaapelikelan käyntitiedon kosketin. Mikäli jokin lämpöreleistä laukeaa, tai kaapelikela ei pyörikään, lähtee signaali automaatiojärjestelmään (I7). Tätä voi käyttää sillan pysäyttämiseen, jos esimerkiksi kaapelikela ei toimikaan.

Sillan molemmissa päissä on päätyrajat/lähestymiskytkimet GS1 ja GS2. Lähestymiskytkimen koskettimen sulkeuduttua lähtee signaali tehtaan automaatiojärjestelmään välireleiden kautta (GS1 I4 ja

GS2 I5). Sillassa on myös pyörintävahti SS1, joka on kytketty samalla tavalla kuin lähestymiskytkimet (signaali I13).

Sillan ohjauskeskuksessa on myös turvarele (PILZ PNOZ), jonka kautta on kytketty: sillan suunta-  
kontaktorien ohjaus, imupumpun ohjaus, kaapelikelan ohjaus, sekä pintalieteuran ohjaus. Turvare-  
leen koskettimien kautta saa myös hätäseis-statusen, joka on viety MUX:n tuloon I14. Hätäseis-  
painikkeita löytyy sekä keskuksen ohjauspaneelistä sekä sillan sivusta "sisäänkäynnin" luota. Kuit-  
taus onnistuu ohjauspaneelin kytkimestä. (Liite 4.)

### 3.4.3 Komponenttien valinta

Komponenttien valitsemisessa pääideana oli käyttää samanlaisia komponentteja kuin muuallakin  
tehtaan alueella. Näin niiden hankkiminen esimerkiksi varastoon on helpompaa, kun samaa osaa voi  
käyttää useassa kohteessa. Suurin osa komponenteista on yleensä ollut joko ABB:n tai Omronin  
tuotteita, mutta koska Phoenix Contactin laitteet toimivat parhaiten saman merkkisten tuotteiden  
kanssa, käytettiin myös tämän valmistajan tuotteita (kuten virtalähde ja potentiaalinjoliittimiä).  
Esimerkiksi ABB:n johdonsuojakatkaisijat, vikavirtasuojat sekä kontaktorit ovat yleisesti käytössä  
tehtaalla, joten niitä käytettiin tässäkin suunnitelmassa. Samoin esimerkiksi Omronin releet, niitä on  
käytetty muissakin asennuksissa.

Phoenix Contactin Radioline -etä-I/O:sta on ollut hyviä kokemuksia, joten tässäkin suunnitelmassa  
käytettiin samaa merkkiä. Tarvittava siirtomatka vain oli niin lyhyt, että tähän suunnitelmaan valikoi-  
tui Phoenix Contactin ILB BT ADIO MUX -Bluetooth-etä-I/O-setti. Keskuksen valikoitui myös Stegon  
100 W kotelolämmitin ylläpitämään keskuksen komponenteille sopivaa lämpötilaa, jotta häiriöiltä  
vältyttäisiin esimerkiksi talvella.

Keskuksen ohjauskytkiminä käytetään K&N-merkkisiä nokkakytkimiä. Tältä kyseiseltä valmistajalta  
löytyy paljon erilaisia vaihtoehtoja, ja kytkimet ovat koettu kestäviksi sekä ennen kaikkea selkeiksi.  
Lämpöreleiden kuittauksen käytetään ABB:n varsipainikkeita, jotka on asennettava linjaan lämpöre-  
leiden kanssa.

### 3.4.4 Layout

Keskuksen alaosassa on yksi rivi riviliittimiä. Näihin liittimiin on helppo kytkeä kentältä tulevat kaape-  
lit, kuten esimerkiksi hammasvaihdemoottorien vaiheet tai lähestymiskytkimien johdot. Samalta ri-  
viltä löytyy myös potentiaalintasauskiskot. Niiden yläpuolella on sillan laitteiden kontaktorit ja läm-  
pöreleet, sekä oikeassa laidassa oleva kotelolämmitin. Seuraavalta tasolta löytyvät sillan hammas-  
vaihdemoottorien suuntakontaktorit, ohjauksien releet, jännitteenjakoliittimet, sekä turvarele. Kes-  
kuksen yläosasta löytyy sulakkeet, imupumpun vikavirtasuojakytkin ohjausjännitteen tehölähde,  
sekä Phoenix Contactin MUX-moduuli. Keskuksen kyljessä on imupumpun pistoketta varten 3-vaihei-  
nen voimapistorasiasia sekä pääkytkin. Keskuksen vasemmalle ovelle on sijoitettu kaikki ohjauskytki-  
met, hätäseis-painike, sekä lämpöreleiden kuittauspainikkeet. (Liite 5.)

### 3.4.5 Hakkimon puoli - kenttäkotelo ja ristikytkentä

Myös hakkimon puolelle on tehtävä pieni kenttäkotelo, johon tulee toinen Phoenix Contactin MUX:eista sekä sen ja tehtaan automaatiojärjestelmän välille tulevat välireleet. Itse keskus sijaitsee hakkimon sisäpuolella, jolloin se ei tarvitse erillistä lämmitintä, mutta MUX:n antenni vietään seinän läpi hakkimon ulkopuolelle, jolloin se on näköyhteydellä sillalla olevan MUX:n antenniin.

Kenttäkoteloon tulee JAMAK-parikaapeli, jota pitkin signaalit liikkuvat keskuksen ja tehtaan automaatiojärjestelmän välillä. Lisäksi kenttäkoteloon tuodaan MMJ-syöttökaapeli, jolla keskukseen saadaan 230 VAC syöttö 24 VDC -teholähdettä varten. (Liite 6.)

Kenttäkotelossa on MUX-setin toisen osan lisäksi 17 välirelettä, joista 12 siirtää signaaleja tehtaan automaatiojärjestelmän digitaalisiin tuloihin, ja 5 jotka ottavat vastaan automaatiojärjestelmän lähdöistä tulevat signaalit. Kotelon 230 VAC -syöttö tulee ensin riviliittimille, josta sulakkeen kautta on otettu jännite 24 VDC -teholähteelle. Teholähteen + ja - on kytketty Phoenix Contactin potentiaalinjakoliittimiin. Parikaapelin johtimia varten koteloon voisi myös lisätä omat riviliittimet, jolloin kytkeminen voisi helpottua. Kaikki komponentit mahtuvat esimerkiksi vierekkäin melko pieneen keskukseen. (Liite 7.)

### 3.5 Kustannuslaskenta

Kustannuslaskentaan kuului kustannusarvion tekeminen keskusten komponenteille. Tämä onnistui helposti layout-kuvien ollessa valmiita ja eri komponentit oli merkitty eri keskuksiin. Kustannusarvion näkee komponenttien nimityksen, sähkönumeron, kappalehinnan, kappalemäärän, sekä kappaleiden hintojen summan, jossa on huomioitu tehtaan tilauksiin saatava 30 %:n hyvitys, jonka tehtaan suosima toimittaja lupaa. Molempien keskusten komponentit on laskettu eri osiin kaaviota. (Liite 8.)

## 4 YHTEENVETO

Opinnäytetyön aiheena oli suunnitella Mondi Powerflute Oy:n jätevesilaitoksen Bio 2 -selkeytysaltaan sillalle uusi ohjauskeskus, sekä piirtää tarvittavat kuvat sen asennukseen. Työhön sisältyi pää- sekä ohjausvirtapiirien suunnittelu, työhön käytettävien komponenttien valinta, ohjauskeskuksen layoutin suunnittelu, sekä työn kustannuslaskelman laatiminen.

Opinnäytetyön tuloksena valmistui toimintakuvausten pohjalta tehdyt pää- ja ohjausvirtapiirien kuvat, joiden pääajatuksena on, että sillan laitteita ohjataan tehtaan automaatiojärjestelmästä käsin etä-I/O:ta apuna käyttäen, mutta myös paikallisohjaus on mahdollistettu. Tästä syystä esimerkiksi tarkkaa toimintakuvausta ei ole tehty, koska automaatiojärjestelmän ohjelmointi ei kuulunut opinnäytetyöhön, vaan se tehdään myöhemmin. Sillan ohjauskeskuksen komponentit on valittu käyttä-

mällä saman valmistajan komponentteja kuin muuallakin tehtaassa helpon tilaamisen ja varastoinnin, ja näin hyvän saatavuuden vuoksi, sekä myöskin tehtaassa sähköasennusten yhteneväisyyden takia. Näiden komponenttivalintojen pohjalta valmistui sekä sillan ohjauskeskuksen, että hakkimon seinään tulevan kenttäkotelon, layout-kuvat. Layout-kuvien perusteella kustannuslaskelman laatiminen onnistuikin helposti. Näiden valmiiden kuvien perusteella sillan uuden modernisoidun ohjauksen rakentamisen pitäisi sujua vaivattomasti.

## 5 POHDINTA

Lopputuloksena Mondi Powerflute Oy sai valmiit sähköpiirustukset uuden modernimman ohjauksen toteutukseen Bio 2 selkeytysaltaan sillalle. Työ rajoittui ristikytkentään, joten ohjelmointia ei tässä työssä tehty, vaan se tehdään myöhemmin erikseen. Uuden ohjauskeskuksen myötä siltaa on tulevaisuudessa mahdollista ohjata etänä valvomosta käsin, sekä sen laitteiden toimintaa voidaan myös tarkastella paremmin. Uudessa keskuksessa on käytetty nykyaikaisempia komponentteja, joiden myötä keskuksesta tuli vanhaan verrattuna paljon kompaktimpi, sekä myös toimintavarmempi.

Aluksi sillan edestakaiseen liikkeeseen suunniteltiin nopeussäätöä taajuusmuuttajaa apuna käyttäen, jolla myös esimerkiksi suunnanvaihto ja liikkeellelähdon rampitus olisi onnistunut, ja alustavat suunnitelmat tähän jo ehdittiin piirtääkin. Myöhemmin tuli kuitenkin ilmi ettei, kaapelikelan mekaaninen rakenne soveltuisi tähän, vaan nopeussäätöä käytettäessä siihenkin joutuisi rakentamaan esimerkiksi joko momentti- tai nopeussäädön, tai vaihtoehtoisesti muokkaamaan sillan syötön mekaanista rakennetta. Asiaa mietittiin ja tultiin yksimieliseen päätökseen, ettei nopeussäätö olekaan niin tärkeä ominaisuus, että sillan mekaanista rakennetta kannattaisi lähteä muokkaamaan.

Myös erillisen logiikkayksikön sijoittamista sillan uuteen ohjauskeskukseen mietittiin. Logiikkayksikkö olisi ollut vastuussa sillan ohjauksista, mutta päätettiin kuitenkin viedä sillan ohjaussignaalit suoraan tehtaassa automaatiojärjestelmään. Tämä lähinnä siitä syystä, että uuden logiikkayksikön lisääminen olisi todennäköisesti vain vaikeuttanut vikatilanteissa vianhakua, ja koska se olisi ollut ”erillään” tehtaassa pääjärjestelmästä, ei olisi pääjärjestelmän kanssa työskentelevät henkilöt sitä ensimmäisenä jonossa tutkimassa, vaan asia olisi kiertänyt tehtaassa muun kunnossapidon kautta.

Alussa signaalien siirtoon mietittiin erilaisia ratkaisuja, ja käytettäväksi ratkaisuksi valikoitui etä-I/O:n käyttäminen. Koska silta liikkuu jatkuvasti edes takaisin altaan päällä, olisi kaapelilla tehty tiedonsiirto ollut hankalaa herkän parikaapelin jatkuvan oikoutumisen vuoksi, sillä jo syöttökaapelinkin joutuu ajoittain osittain vaihtamaan. Etä-I/O:ta käyttämällä tämä ongelma poistuu, ja lisäksi signaalit saadaan sillalta suoraan hakkimon seinälle tulevaan vastakkaiseen etä-I/O-yksikköön, josta signaalit viedään kaapelilla eteenpäin tehtaassa ristikytkentään. Etä-I/O:n käyttö tulee myös halvemmaksi, koska ohjaukseen olisi tarvinnut todella moniparista kaapelia, joka ei ole halpaa.

Phoenix Contactin etä-I/O:ta käytettäessä tärkeää oli myös käyttää välireleitä signaalien viemiseen/tuomiseen, koska aiemmin on havaittu pieniä ongelmia kytkettäessä suoraan eri valmistajan komponenteilla tehtyyn automaatiojärjestelmään. Muutenkin keskuksen komponentteja valitessa

yrityksi käyttää mahdollisimman paljon samojen valmistajien tuotteita, jotta tämän tyyppisiltä ongelmilta vältyttäisiin.

Yleisesti ottaen työ onnistui hyvin. Kuvat tulivat ajallaan valmiiksi ja ne vastaavat toimeksiantoa. Kuvien avulla ehkä jo kesällä pystytään rakentamaan sillalle modernimpi ohjausjärjestelmä. Tietysti käytännössä joitain ongelmia voi tulla esille, mutta teoriassa kuvien mukaan tehty ohjausjärjestelmä pitäisi olla toimiva. Eniten kehitettävää oli viestinnässä. Palavereita olisin voinut sopia pidettäväksi enemmän ja useammin, jolloin esimerkiksi alussa ilmi tulleet ongelmat olisi huomattu aiemmin ja näin kuvia ei olisi tarvinnut myöhemmin muokata niin paljon. Myös eri työvaiheiden tarkempaan aikatauluttamiseen olisi voinut panostaa enemmän, jolloin työhön kulutettu aika olisi todennäköisesti ollut pienempi.

Oppimismielessä työ oli todella arvokas. Työtä tehdessä tuli tutuksi sähkö- ja automaatio suunnittelun eri vaiheet, ja mitä niissä kannattaa ottaa huomioon. Työtä tehdessä joutui myös miettimään erilaisia toteutustapoja esimerkiksi tiedonsiirtoon, jonka vaikutuksesta tietous erilaisista menetelmistä sekä komponenteista kasvoi merkittävästi. Kuvia tehdessä myös suunnitteluohjelmiston käytössä tapahtui edistystä, sillä ennen tätä työtä en ollut tarvinnut kaikkia ohjelmiston ominaisuuksia, joista taas tässä työssä oli paljon apua. Opinnäytetyön aikana kehityin insinöörinä todella merkittävästi, ja mielestäni tärkeimpänä asiana, sain luottamusta omaan tekemiseeni.

## 6 LÄHDELUETTELO

Aplisens S.A. (ei pvm). *Pt-100-anturin kytkentä sekä suojakoteloon sijoitettava lähetin*. Haettu 2. 3. 2022 osoitteesta Aplisens S.A.: <https://aplisens.com/ct-gn1.html>

Burkert Finland Oy. (ei pvm). *Johtokyvyn mittaus*. Haettu 3. 3. 2022 osoitteesta Burkert Finland Oy: <https://www.burkert.fi/fi/type/8220>

Burkert Finland Oy. (ei pvm). *pH:n mittaus*. Haettu 4. 3. 2022 osoitteesta Burkert Finland Oy: <https://www.burkert.fi/fi/Asiakaspalvelu-ja-varaosat/Tuki/Sanasto/pH-mittaus>

Campbell Scientific, Inc. (ei pvm). *Ph:n mittaus*. Haettu 5. 3. 2022 osoitteesta Campbell Scientific, Inc.: <https://www.campbellsci.com/csim11>

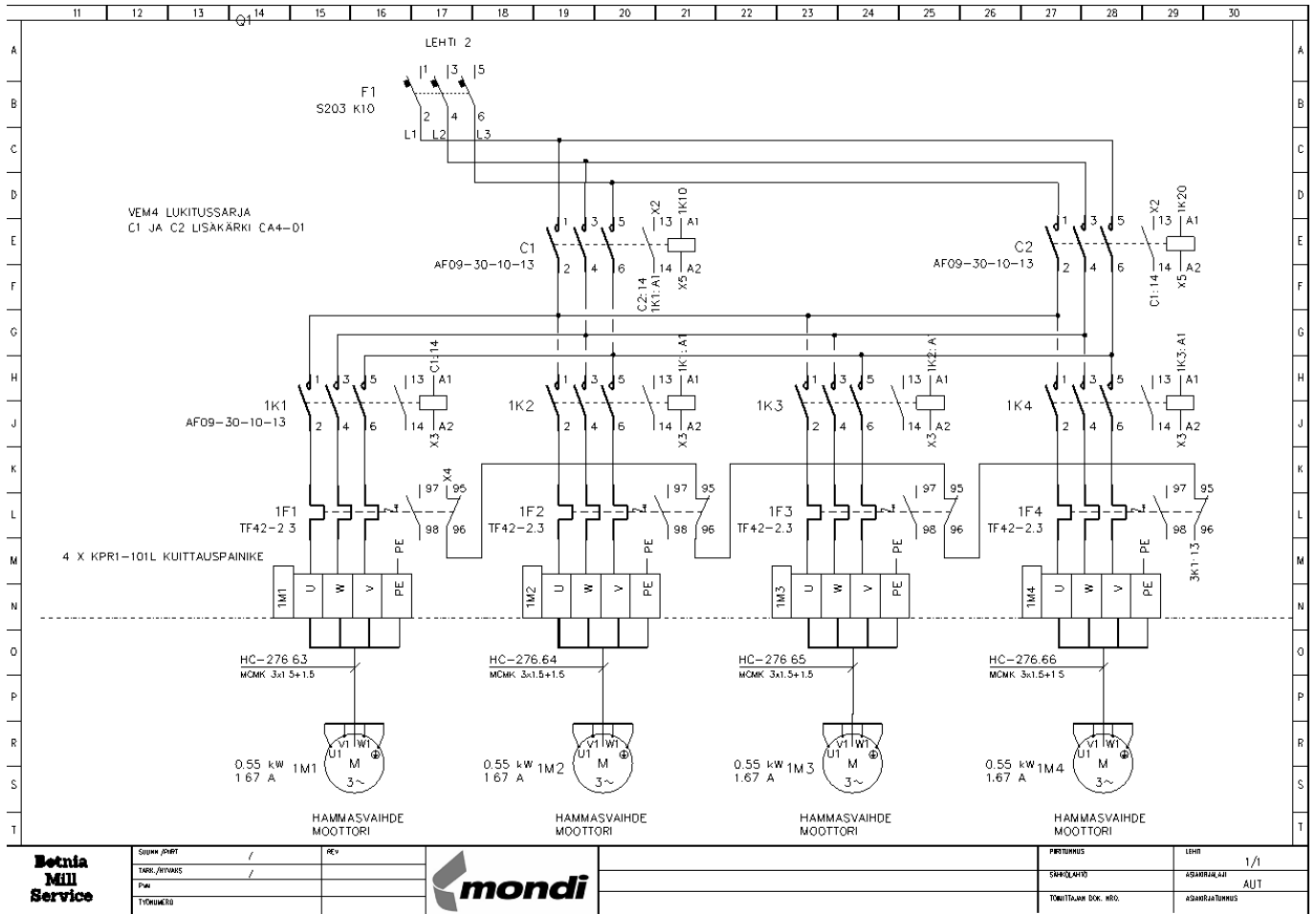
Digikey Electronics. (1. Elokuu 2020). *Paineen mittaus*. Haettu 4. 3. 2022 osoitteesta <https://www.digikey.fi/fi/articles/use-media-isolated-pressure-sensors-to-increase-reliability>

Google Earth. Kuvaleike. (ei pvm). *Satelliittikuva tehdasalueesta*. Haettu 4. 1. 2022 osoitteesta Google Earth: <https://earth.google.com/>

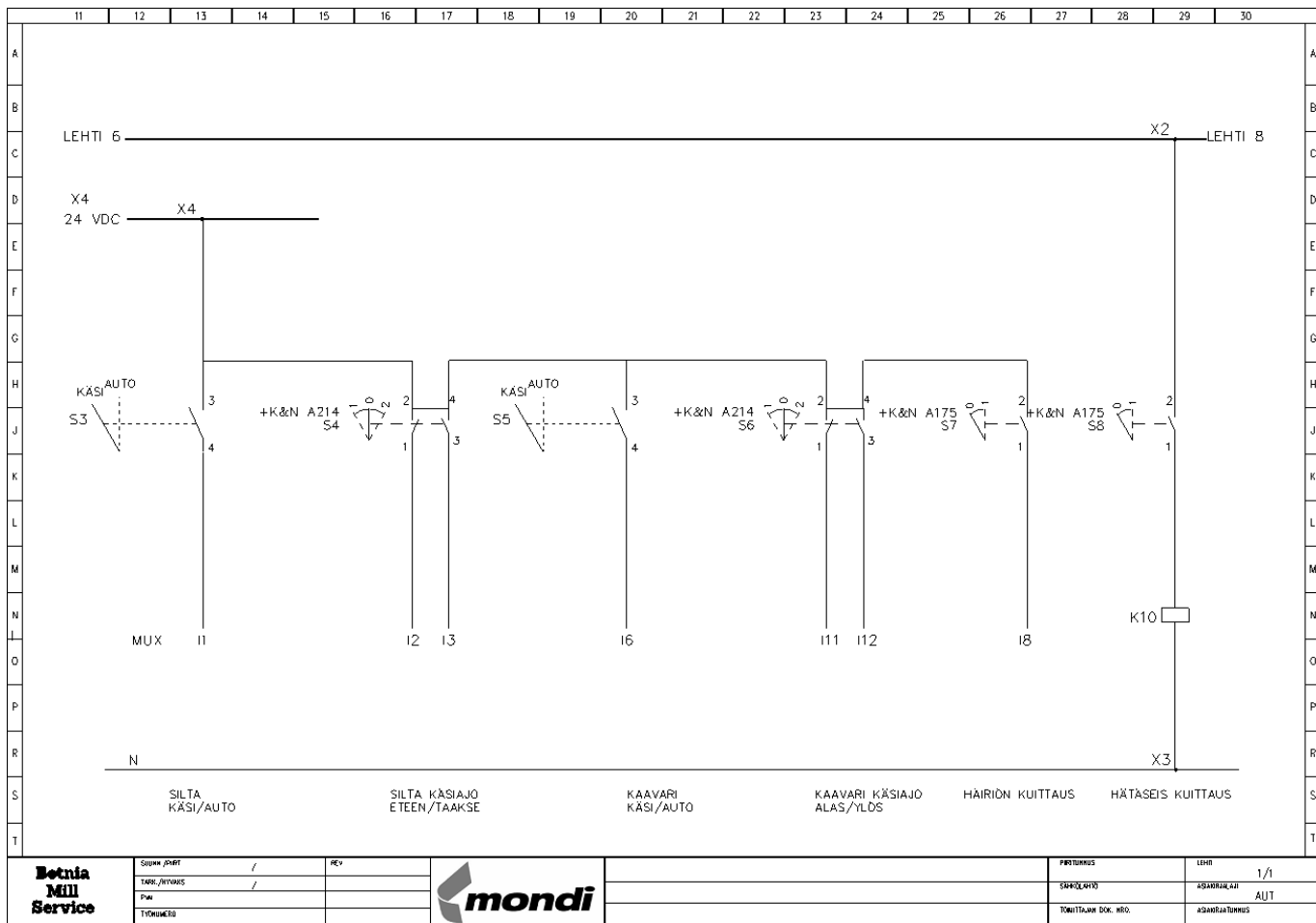
Issakainen, K.-P. (31. 8. 2017). Savon Sanomat. *Savon Sellu Oy on syyskuun alusta Powerflute Oy*. Haettu 4. 1. 2022 osoitteesta <https://www.savonsanomat.fi/paikalliset/2997376>

Kontram Oy. (ei pvm). *Johtokyvyn mittaus*. Haettu 4. 3. 2022 osoitteesta Kontram Oy: <https://www.kontram.fi/laitteet/analysointit-jaj-nayteenkasittely/johtokyvyn-mittaus.html>

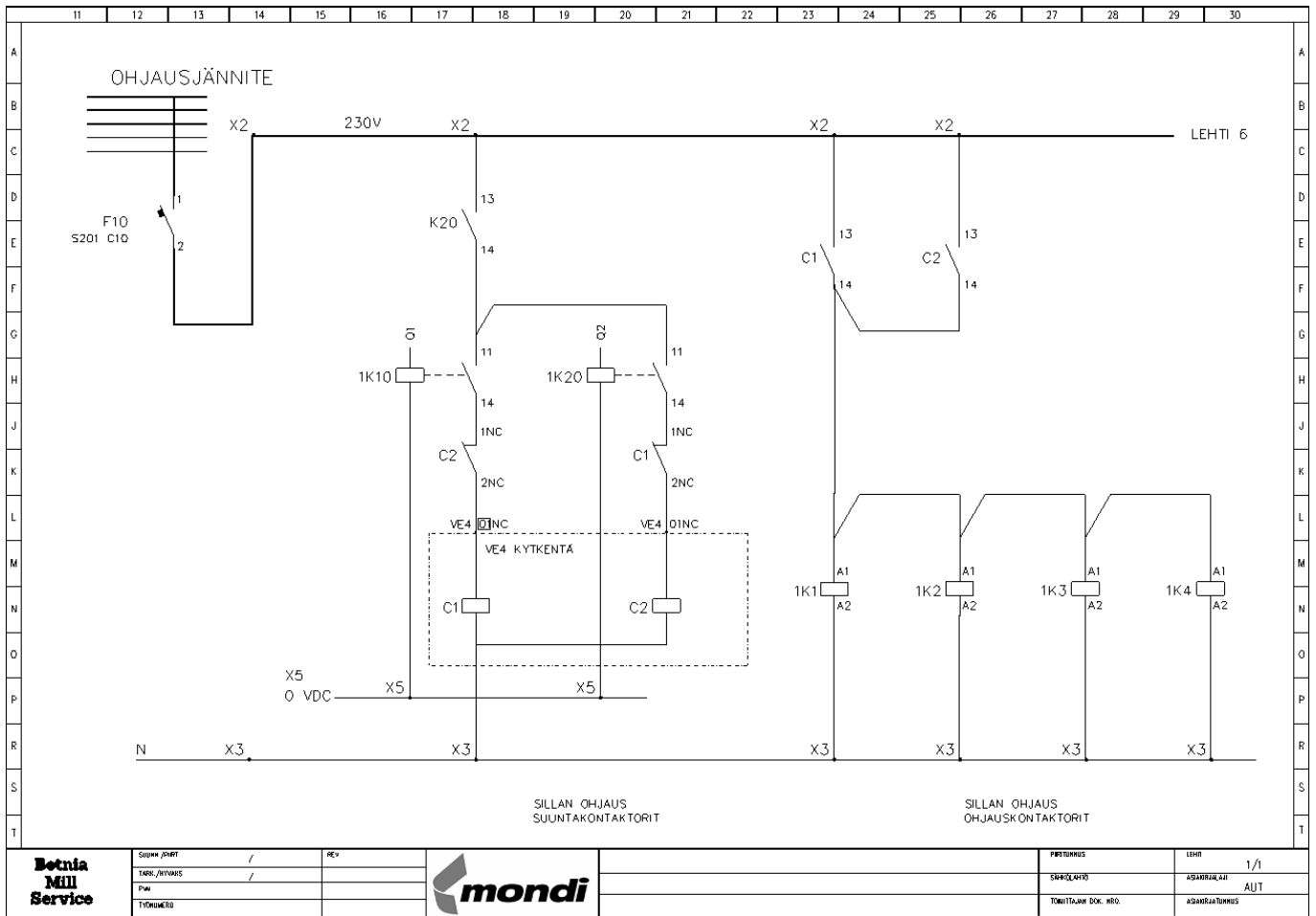
- Löf, M. (22. 12. 2017). Savon Sanomat. *Kansainvälinen jättiyhtiö ostaa Savon Sellun*. Haettu 4. 1. 2022 osoitteesta <https://www.savonsanomat.fi/paikalliset/2984639>
- MJK Automation. (9. 2020). *Virtausmittaus*. Haettu 4. 3. 2022 osoitteesta MJK Automation: <https://www.hyxo.fi/assets/files/2020/09/MagFluxSuomi.pdf>
- Mondigroup. (23. 6. 2021). *Esittely*. Haettu 4. 1. 2022 osoitteesta Mondigroup: <https://www.mondigroup.com/en/newsroom/press-release/2021/mondi-to-upgrade-and-expand-kuopio-mill-in-finland/>
- Nykänen, N. (2022). Kuva. *Bio 2 -jätkiselkeytyks.*
- Opetushallitus. (ei pvm). *Johtokyvyn mittaus*. Haettu 4. 3. 2022 osoitteesta Opetushallitus: [http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/laboratorio/analyysimenetelmat\\_6-3\\_konduktometria.html](http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/laboratorio/analyysimenetelmat_6-3_konduktometria.html)
- Phoenix Contact. (ei pvm). *Bluetooth I/O*. Haettu 4. 3. 2022 osoitteesta Phoenix Contact: <https://www.phoenixcontact.com/fi-fi/tuotteet/multiplexer-ilb-bt-adio-mux-omni-2884208>
- Phoenix Contact. (ei pvm). *Radioline I/O*. Haettu 4. 3. 2022 osoitteesta Phoenix Contact: <https://www.phoenixcontact.com/fi-fi/tuotteet/wireless-module-rad-868-ifs-2904909>
- Pyyskänen, S. (2013). *Teollisuuden automaatio- ja ohjausjärjestelmät*. Helsinki: Sundcon Oy.
- Ruuskanen, J. (2019). *Jätevesien käsittely prosessiteollisuudessa*. Savon ammattiopisto, Kuopio.
- Suomen Aaltopahviyhdistys ry. (ei pvm). *Aaltopahvi - Käyttäjän käsikirja*. Haettu 4. 2. 2022 osoitteesta Suomen Aaltopahviyhdistys ry: <https://www.aaltopahvi.fi/aaltopahvi/kasikirja>
- Suomen Asiakastieto Oy. (2020). *Mondi Powerflute Oy*. Haettu 4. 1. 2022 osoitteesta Suomen Asiakastieto Oy: <https://www.asiakastieto.fi/yritykset/fi/mondi-powerflute-oy/19279064/taloustiedot>
- Suomen Metsäyhdistys. (24. 9. 2014). *Päättäjien Metsäakatemia*. Haettu 4. 1. 2022 osoitteesta Suomen Metsäyhdistys: [https://smy.fi/wp-content/uploads/2014/10/PMA37\\_Juha-Koukka.pdf](https://smy.fi/wp-content/uploads/2014/10/PMA37_Juha-Koukka.pdf)
- TC Inc. (ei pvm). *Lämpötilan mittaus*. Haettu 4. 3. 2022 osoitteesta TC Inc.: <https://www.tc-inc.com/rtd-sensors/rtd-sensor-wiring.html>
- Wavin. (ei pvm). *Jäteveden neutralointi*. Haettu 4. 3. 2022 osoitteesta Wavin: <https://www.wavin.com/fi-fi/ratkaisut/infra-ja-jatevedet/neutralointi>
- WIKA Finland Oy. (ei pvm). *Paineen mittaus*. Haettu 4. 3. 2022 osoitteesta WIKA Finland Oy: <https://www.wika.fi/>



LIITE 1 Hammasvaihdemoottorien päävirtapiiri



LIITE 2 Ohjauskytkimiä



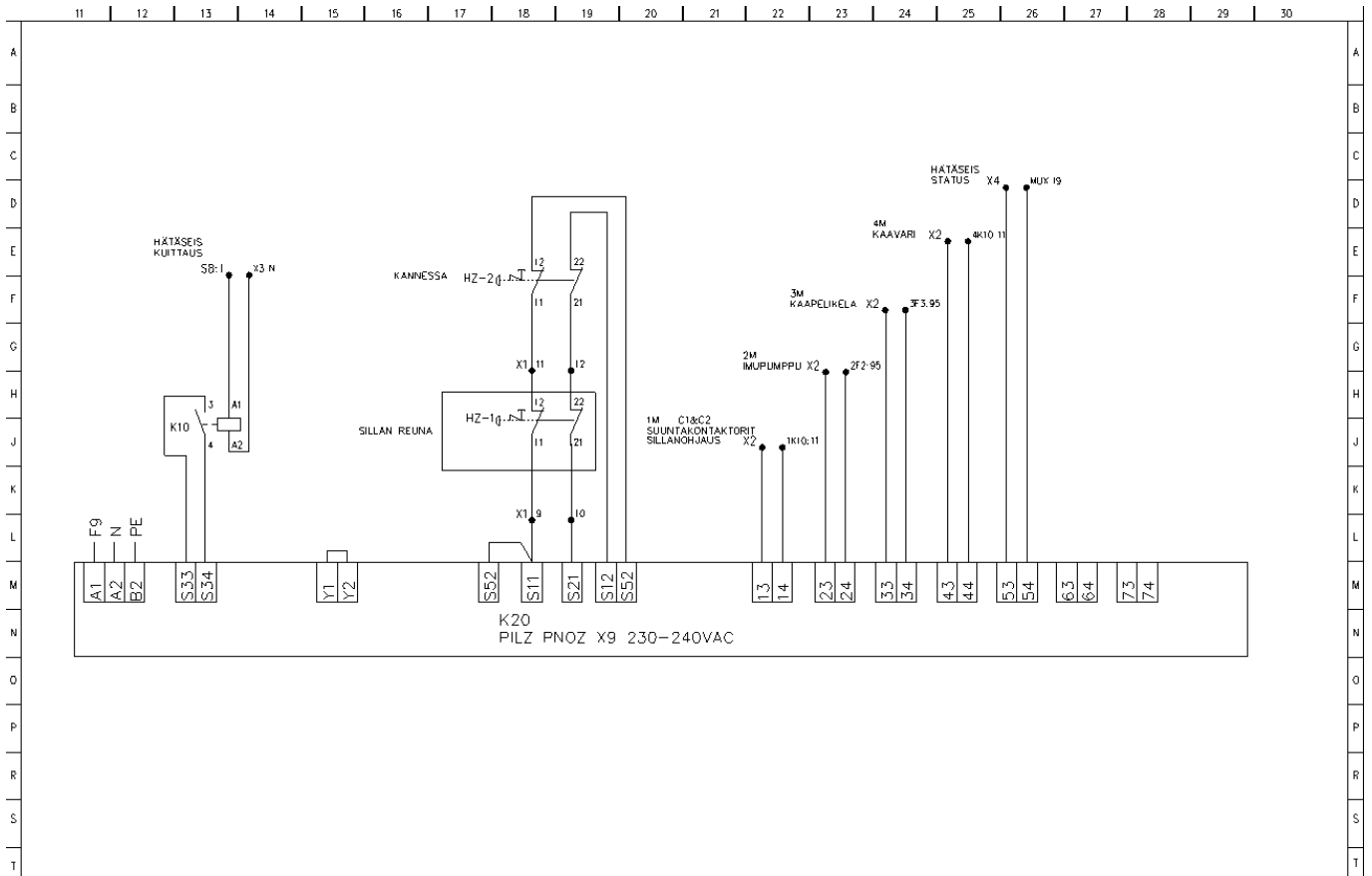
LIITE 3 Hammasvaihdemoottorien ohjauvirtapiiri

**Betnia  
Mill  
Service**

Sisäkkö	PIIRIT	/	RE*
TÄRKK.	OHJAUS	/	
PIIRI			
TYÖKÄS			



PERUSTI	LEHTI	1/1
SÄÄDELÄTÖ	ASIAKASLAJI	AUT
TÖMITYKSEN DOK. NRO.	ASIAKASNUMERO	



<b>Betnia Mill Service</b>	Sisäkkö /	RE*		PIRTOJUNUS	LEHD	1/1	
	TARV./PAINOS /			SÄPÖLÄHTÖ	ASAMIRRALAH	AUT	
	Pvm			TOKITTAAN DOK. NRO.	ASAMIRRALAH		
	TYÖNUMERO						

LIITE 4 Turvarele

The diagram shows a power cabinet layout with components organized into rows (A-T) and columns (11-30). Key components include:
 

- Row A: Busbar (KOURU 40x80) with terminals F1-F12 and a MUX component.
- Row B: Busbar (KOURU 40x80) with terminals C1-C2 and 14-18.
- Row C: Busbar (KOURU 40x80) with terminals 18, 25, and 23.
- Row D: Busbar (KOURU 40x80) with terminals 1M1-1M4, 1F1-1F4, 2M-2M2, 3M-3M1, 4M1-4M2, and 4K2.
- Row E: Busbar (KOURU 40x80) with terminals 23 and T1.
- Row F: Busbar (KOURU 40x80) with terminals 14, 18, and 25.
- Row G: Busbar (KOURU 40x80) with terminals 14, 18, and 25.
- Row H: Busbar (KOURU 40x80) with terminals 14, 18, and 25.
- Row I: Busbar (KOURU 40x80) with terminals 14, 18, and 25.
- Row J: Busbar (KOURU 40x80) with terminals 14, 18, and 25.
- Row K: Busbar (KOURU 40x80) with terminals 14, 18, and 25.
- Row L: Busbar (KOURU 40x80) with terminals 14, 18, and 25.
- Row M: Busbar (KOURU 40x80) with terminals 14, 18, and 25.
- Row N: Busbar (KOURU 40x80) with terminals 14, 18, and 25.
- Row O: Busbar (KOURU 40x80) with terminals 14, 18, and 25.
- Row P: Busbar (KOURU 40x80) with terminals 14, 18, and 25.
- Row Q: Busbar (KOURU 40x80) with terminals 14, 18, and 25.
- Row R: Busbar (KOURU 40x80) with terminals 14, 18, and 25.
- Row S: Busbar (KOURU 40x80) with terminals 14, 18, and 25.
- Row T: Busbar (KOURU 40x80) with terminals 14, 18, and 25.

### ERITTELY

KOMponentit ja olat kassa toteutuksen kum. se. taitett. vaadit. om. ra. suidit.

OSA	VALMISTAJA NIMITYS	MÄÄRÄ	KOKO		TYYPPI
			AINE		
1	RITTAL RST OHJAUSKOTELO	1	1000x1000x300		AE 1018.600
2	RITTAL ASENNUSLEVY	1			
3	RIVILIITIN X1 + MUUT MTR-LIITTIMET	5,5	2,5 mm <sup>2</sup> JOHDIN 1-RIVI		+ TARVIKKEET
4	ABB JOHDONSUOJAKATKAISIJA	3			S203-K10 / F1-F3
5	ABB JIVAVIRTASUOJA	1			F204A-25 30mA / F2.1
6	ABB JOHDONSUOJAKATKAISIJA	2			S203-K6 / F4 S201-B10 / F8
7	ABB JOHDONSUOJAKATKAISIJA	5			S201-C10/F5-7, F9-12
8	EATON PÄÄKYTKIN	1	6,5 A		P3-63/EA/5VB 3-n 63A ASENNUS SUUKANSI
9	Phoenix Contact Teholähde	1			STEP-PS / 1AC/24DC/0,75
10	ABB KONTAKTORI+LISÄKÄRKI	10			AF09-30-10-13 4x CA4-01/4x CA4-10
11	ABB LÄMPÖRELE	6			4x TF42-2,3 TF42-3,1, TF42-1 7
12	SISÄVALO PISTORASIALLA TAI ERIKSEEN	1			RITTAL SZ 2500.210
13	ABB VEM4 LUKITUSSARJA	2			C1-C2, 4K1-4K2 KONTAKTORIT
14	OMRON VALIRELE	10	5 x 230 VAC 5 x 24 VDC		G2R-1-SNI 24V/230V POUHJA P2RF-05-5
15	SVÖTTÖ RIVILIITIN HC-7G.3	5	10 mm <sup>2</sup> JOHDIN 1-RIVI		+ TARVIKKEET
16	LÄPIV.HOLKKI VEDONPOISTOLLA	1	5x10 KAAPELILLE		
17	LÄPIV.HOLKKI VEDONPOISTOLLA	15	3x2,5 KAAPELILLE		
18	HÄTÄSEISRELE PILZ PNOZ X9 230-240VAC	1			
19	VOIMAPISTORASIA	1	16A		3P+N+PE
20	PIIRUSTUSTASKU	1			
21	KAAPELIKOURU				5m 40x80mm 1m 80x80mm
22	POTENTIAALITASAUSKISKO ENSTO	2			KNA4 120 KNA4 120P
23	STEGO KOTELOLÄMMITIN T1	1			CSF 06012 0-00
24	DIN KISKÖ				3m
25	OHJAUSJÄNNITE BLOKIT X2-X5	4	PHOENIX PTFIX		18X2,5-NS35A GY+BU

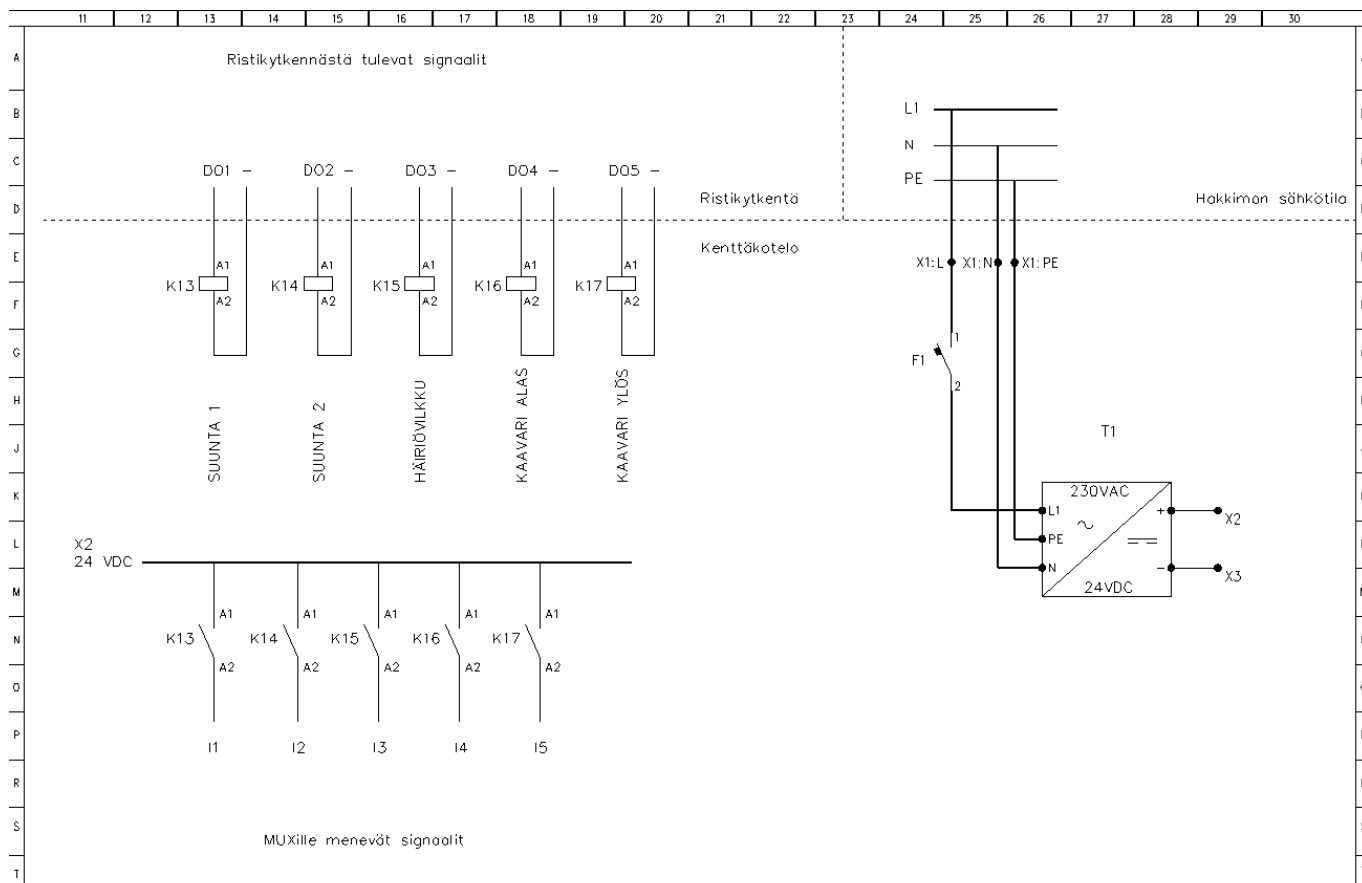
**Botnia Mill Service**

Sopim. nro: /  
Tilauk. nro: /  
Pvm: /  
Työntekijä: /

PROJEKTUS: /  
SÄHKÖSUUNNITELMA: /  
TOTEUTUSKÄSIKIRJA: /

LEHTE: 1/1  
ASIAKASALUE: AUT  
ASIAKASNUMERO: /

LIITE 5 Sillan uuden ohjauskeskuksen layout



**Betnia  
Mill  
Service**

Sopimus nro	/	REV
Tarjous nro	/	
Pvm		
Työntekijä		



PIIRITUNNUS	LEHD	1/1
SÄÄDELÄHTÖ	ASAMIRI, 401	AUT
TOKITTAJAN OOK. NRO.	ASAMIRI, TUNNUS	

LIITE 6 Otos hakkimon kenttäkotelon piirikaavioista, ristikytkenän liittimet merkitty tarkemmin erilliseen ristikytkenästä tehtyyn kuvaan



3	Sillan ohjauskeskuksen muutosten kustannusarvio				
4					
5					
6	SILTA				
7					
8	Valmistaja ja komponentti	Sähkönumero/artikkeli	Määrä	Ovh. (€)	Yht. (-)
9	ABB Johdonsuojakatkaisija	3210916	3	108,79	228
10	ABB VVSK	3259425	1	75,97	50
11	ABB Johdonsuojakatkaisija	3210915	1	95,69	60
12	ABB Johdonsuojakatkaisija	3210110	1	4,89	10
13	ABB Johdonsuojakatkaisija	3210410	5	4,89	110
14	EATON Pääkytkin	3632022	1	121,96	80
15	PHOENIX CONTACT Teholähde	2704005	1	98,73	60
16	ABB Kontaktori	3706201	10	36,48	200
17	ABB Kontaktorin lisäkärki	3706502	4	10,36	200
18	ABB Kontaktorin lisäkärki	3706500	4	8,44	200
19	ABB Lämpörele	3706120	4	59,07	160
20	ABB Lämpörele	3706121	1	59,07	40
21	ABB Lämpörele	3706119	1	59,07	40
22	ABB VEM4 -lukitussarja	3706551	2	58,91	80
23	OMRON Välirele 230VAC	2735041	5	16,95	50
24	OMRON Välirele 24VDC	2735063	5	9,2	50
25	OMRON Välirele pohja	2709914	10	9,24	50

LIITE 8 Ote kustannuslaskelmasta