

RIKASTAMON SÄHKÖSAATTOLÄMMITYSTEN NYKYTILASELVI- TYS JA KEHITTÄMISSUUNNITELMA

Iiro Pitkänen
Opinnäytetyö (AMK)
Syksy 2025
Sähkötekniikan koulutusohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Sähkö- ja automaatiotekniikka
Sähkötekniikan koulutusohjelma

Tekijä(t): Iiro Pitkänen

Opinnäytetyön otsikko: Rikastamon sähkösaattolämmitysten nykytilaselvitys ja kehittämissuunnitelma

Työn ohjaaja(t): Marko Kukkola

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Syksy 2025

Sivumäärä: 42 + 2 liitettä

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää rikastamon sähkösaattolämmitysjärjestelmän nykytila ja laatia kehittämissuunnitelma sen energia- ja kustannustehokkuuden sekä käyttövarmuuden parantamiseksi. Työn tarkoituksena oli toimia esiselvityksenä tulevan investointipäätöksen tueksi. Lisäksi järjestelmän puutteellista dokumentointia tuli päivittää Alma-toiminnanohjausjärjestelmään. Työn taustalla olivat havainnot nykyjärjestelmän toiminnallisista ja taloudellisista heikkouksista sekä dokumentaation puutteista.

Rikastamoon ja sen sähkösaattolämmitysjärjestelmään perehdyttiin kenttätutkimusten sekä olemassa olleiden dokumenttien avulla. Laitteiston kuntoa ja teknisiä rajoitteita sekä dokumentaation puutteita havainnoitiin näiden kierroksien aikana. Kehittämissuunnitelma tehtiin tarkastelemalla mitkä toimenpiteet vastaisivat parhaiten havaittuihin ongelmiin, kuten ohjauksen ja valvonnan sekä kunnossapidon puutteisiin. Järjestelmän modernisoinnin taloudellista kannattavuutta arvioitiin vertaamalla laitetoimittajalta saadun tarjouksen mukaista investointikustannusta nykyjärjestelmän heikosta tilasta aiheutuviin kustannuksiin. Työn tukena hyödynnettiin myös alan kirjallisuutta ja standardeja, laitoksen nykyisiä ratkaisuja sekä organisaation hiljaista tietoa.

Työn lopputuloksena oli selvitys rikastamon sähkösaattolämmitysjärjestelmän nykytilasta ja teknistaloudellinen kehittämissuunnitelma sen energia- ja kustannustehokkuuden sekä käyttövarmuuden parantamiseksi. Lisäksi järjestelmän dokumentaatiota saatiin ajantasaisempaan muotoon Alma-järjestelmään.

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Degree Programme in Electrical and Automation Engineering
Option of Electrical Engineering

Author(s): Iiro Pitkänen

Title of thesis: Current State Analysis and Development Plan for Electric Trace Heating Systems in Concentrator Plant

Supervisor(s): Marko Kukkola

Term and year when the thesis was submitted: Autumn 2025

Number of pages: 42 + 2 appendices

The objective of this thesis was to examine the current state of the electric heat tracing system at a mineral processing plant and to develop a plan to improve its energy and cost efficiency, as well as operational reliability. The study was conducted to support a potential future investment decision and to update the system's insufficient documentation in the Alma system.

The current state of the electric trace heating system was examined through field inspections and by reviewing existing documentation. During the site visits, the condition of the equipment and its technical limitations were assessed, and shortcomings in system documentation were identified. These observations revealed several issues, particularly related to system control, monitoring, and maintenance practices. Based on the findings, a development plan was created to address the identified problems. The plan focused on improving system reliability and efficiency through targeted technical and operational measures. In addition, the economic viability of modernizing the system was evaluated by comparing the investment cost proposed by a supplier with the estimated costs resulting from the current system's deficiencies.

The outcome of the thesis includes a technical and economic development plan and updated documentation to improve future decision-making and system reliability.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	2
ABSTRACT	3
SISÄLLYS	4
1 JOHDANTO	5
2 BOLIDEN KEVITSA MINING OY	7
3 SAATTOLÄMMITYSJÄRJESTELMÄ.....	8
4 RIKASTAMON SÄHKÖSAATTOLÄMMITYSJÄRJESTELMÄN NYKYTILASELVITYS	12
5 POHDINTA	39
LÄHTEET	41
LIITTEET	42

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön lähtökohtana oli sen toimeksiantaja Boliden Kevitsa Oy:n rikastamon sähkösaattolämmitysjärjestelmä, jonka toiminnassa ja dokumentoinnissa oli havaittu puutteita. Järjestelmä ei enää täyttänyt teknisiltä ja taloudellisilta ominaisuuksiltaan nykypäivän tarpeita, mikä ilmeni haasteina erityisesti sen ylläpidossa. Järjestelmä ja siihen liittyvä dokumentaatio oli osin puutteellista, mikä voi johtaa jäätyneisiin prosessiputkistoihin.

Kenttäkierroksilla havaittiin esimerkiksi sekaisia sähkösaattolämmityskaappeja. Järjestelmän ohjaaminen ja valvonta oli manuaalista ja kentällä tapahtuvaa, sillä se ei ollut liitettyä mihinkään etävalvonnan tai -hallinnan mahdollistavaan järjestelmään. Sähkösaattolämmityksiin tehtyjä muutoksia ei ollut päivitetty sitä koskevaan dokumentaatioon. Myös kentältä löytyvistä kaapeli-, jakorasia- ja putkimerkinnöissä havaittiin puutteita. Näiden seurauksena sähkösaattolämmityksiä pidettiin päällä usein turhaan tai tarpeettoman korkeilla lämpötiloilla, koska luotettavaa tietoa siitä mitä lämmitettiin ei ollut. Tämä johti tarpeettoman suuriin energian kulutuskustannuksiin.

Aihe on ajankohtainen, koska sähkösaattolämmitysjärjestelmällä oli selkeä kehitystarve. Opinnäytetyön tavoitteena olikin luoda esiselvitys järjestelmän toiminnallisten ja taloudellisten ominaisuuksien heikkouksista ja tehdä sille kehitysuunnitelma tulevaa investointipäätöstä varten. Lisäksi tarkoituksena oli päivittää puutteellista dokumentaatiota Almaan.

Sulanapitolämmitysten toimintavarmuus on prosessin jatkuvuuden kannalta ehdotonta, koska kaivoksen pohjoinen sijainti altistaa sen jopa yli -40 °C :n pakkasille. Aihe on merkityksellinen myös laajemmin, koska sähkösaattolämmitysjärjestelmiin liittyvät ongelmat eivät ole harvinaisia. Sähkösaattolämmitysjärjestelmiä sekä niiden palveluita tarjoavien yritysten kanssa käytyjen keskustelujen perusteella toimeksiantaja ei ole ongelman kanssa yksin, vaan vastaavia haasteita esiintyy yleisesti teollisuuden yrityskentässä.

Aiheeseen perehdyttiin tutustumalla alan kirjallisuuteen ja standardeihin. Järjestelmän laajuuden, heikon kunnon ja puutteellisen dokumentaation vuoksi järjestelmään tutustuminen vaati paljon kenttätyöskentelyä ja tarkempi tarkastelu päätettiin rajata yhteen sähkösaattolämmityskeskukseen. Kenttäkierrokset auttoivat syventämään ymmärrystä aiheeseen, kun sähkösaattolämmityksien ratkaisuja ja toimintaa pääsi näkemään käytännössä paikan päällä. Kenttätutkimukset tarjosivat myös arvokasta organisaation hiljaista tietoa. Laitetoimittajan tuottama materiaali toimi apuna kehitysehdotusta laatiessa, kun selvitettiin, millaisilla ratkaisuilla saattolämmitysjärjestelmää voitaisiin lähteä kehittämään energia- ja kustannustehokkuuden sekä käyttövarmuuden näkökulmista. Näiden ratkaisujen taloudellisuutta arvioitiin kustannusanalyysissä, jossa vertailtiin ehdotetun investoinnin kustannuksia nykyjärjestelmän puutteista aiheutuviin menoihin, kuten energiahävikkiin ja huollon lisätarpeisiin.

2 BOLIDEN KEVITSA MINING OY

Boliden Kevitsa Mining Oy on Sodankylässä toimiva monimetallikaivos, joka koostuu avolouhoksesta ja rikastamosta (kuva 1). Boliden Kevitsa on paikallisesti merkittävä työllistäjä ja osa kansainvälistä Boliden-konsernia. Kaivoksen päätuotteita ovat kupari- ja nikkelirikasteet, jotka toimitetaan Bolidenin omille sulatoille Harjavaltaan ja Rönnskäriin. Kaivoksen tuotanto käynnistyi vuonna 2012 First Quantum Mineralsin toimesta, ja toiminta siirtyi Boliden-konsernille kesäkuussa 2016. Pitkän tähtäimen louhintasuunnitelman mukaan toimintaa riittää vielä yli kymmeneksi vuodeksi. (1.)



KUVA 1. Kevitsan kaivosaluetta, edessä rikastamo ja takana avolouhos (2.)

3 SAATTOLÄMMITYSJÄRJESTELMÄ

Tässä luvussa kerrotaan erityisesti lämpötilan mittauksista Pt100-anturin avulla.

Sähkösaattolämmitys on lämmityskaapeleilla toteutettu putkistojen, säiliöiden ja toimilaitteiden lämpötilan ylläpitoa tai nostoa varten rakennettu järjestelmä. Se on merkittävä osa prosessiteollisuuden infrastruktuuria etenkin pohjoisissa olosuhteissa, joissa kylmät lämpötilat voivat aiheuttaa putkien jäätymisen kautta vakavia vaurioita ja toimintahäiriöitä. Siten sen toimivuus on keskeinen osa tuotannon jatkuvuuden, hallittavuuden ja kustannustehokkuuden varmistamisessa. (3.)

Tarkat ja luotettavat lämpötilan mittaukset ovat edellytys monille prosesseille, kuten lämmityksille. RTD (Resistance Temperature Detector) eli vastuslämpötila-anturi on yleisesti teollisuudessa käytetty anturityyppi, jonka toiminta perustuu siihen, että siinä olevan vastuksen resistanssi muuttuu sitä ympäröivän väliaineen lämpötilan muuttuessa. Väliaineen lämpötila voidaan määrittää mittaamalla anturin resistanssi. (4.)

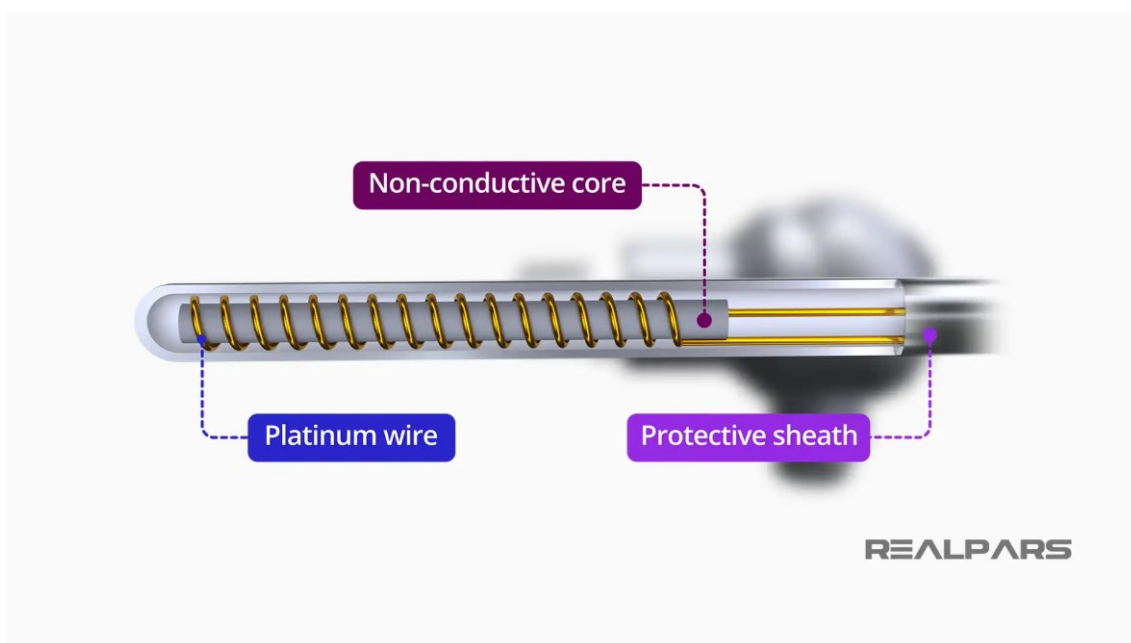
Pt100 on teollisuudessa yleisesti käytetty vastuslämpötila-anturi. Sen nimi tulee siitä, että sen vastuslangan materiaali on platina ja sen resistanssi on 100 ohmia lämpötilassa 0 °C. (4.) Pt100-anturi säilyttää mittaustarkkuutensa erinomaisesti ajan kuluessa (5).

Platinalla on positiivinen resistanssin lämpökerroin, eli sen resistanssi kasvaa lämpötilan noustessa (5). Yleisimmin teollisuudessa käytetyn Pt100-anturin resistanssiarvo kasvaa lähes lineaarisesti noin 0,385 ohmia jokaista °C:n nousua kohden. Mitattua resistanssia vastaavan lämpötilan määrittämiseksi käytetään anturille standardoitua taulukkoa (taulukko 1). (4.)

TAULUKKO 1. Pt100 (385) -anturin resistansseja eri lämpötiloissa. Yläosassa negatiiviset lämpötilat ja alaosassa positiiviset. Esimerkiksi 25 °C:n lämpötilassa resistanssi olisi 109,73 ohmia. (4.)

°C	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	°C
-50	80.31	79.91	79.51	79.11	78.72	78.32	77.92	77.52	77.12	76.73	76.33	-50
-40	84.27	83.87	83.48	83.08	82.69	82.29	81.89	81.50	81.10	80.70	80.31	-40
-30	88.22	87.83	87.43	87.04	86.64	86.25	85.85	85.46	85.06	84.67	84.27	-30
-20	92.16	91.77	91.37	90.98	90.59	90.19	89.80	89.40	89.01	88.62	88.22	-20
-10	96.09	95.69	95.30	94.91	94.52	94.12	93.73	93.34	92.95	92.55	92.1	-10
0	100.00	99.61	99.22	98.83	98.44	98.04	97.65	97.26	96.87	96.48	96.09	0
°C	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	°C
°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°C
0	100.00	100.39	100.78	101.17	101.56	101.95	102.34	102.73	103.12	103.51	103.90	0
10	103.90	104.29	104.68	105.07	105.46	105.85	106.24	106.63	107.02	107.40	107.79	10
20	107.79	108.18	108.57	108.96	109.35	109.73	110.12	110.51	110.90	111.29	111.67	20
30	111.67	112.06	112.45	112.83	113.22	113.61	114.00	114.38	114.77	115.15	115.54	30
40	115.54	115.93	116.31	116.70	117.08	117.47	117.86	118.24	118.63	119.01	119.40	40
50	119.40	119.79	120.17	120.55	120.94	121.32	121.71	122.09	122.47	122.86	123.24	50
60	123.24	123.63	124.01	124.39	124.78	125.16	125.54	125.93	126.31	126.69	127.08	60
70	127.08	127.46	127.84	128.22	128.61	128.99	129.37	129.75	130.13	130.52	130.90	70
80	130.90	131.28	131.66	132.04	132.42	132.80	133.18	133.57	133.95	134.33	134.71	80
90	134.71	135.09	135.47	135.85	136.23	136.61	136.99	137.37	137.75	138.13	138.51	90
100	138.51	138.88	139.26	139.64	140.02	140.40	140.78	141.16	141.54	141.91	142.29	100
110	142.29	142.67	143.05	143.43	143.80	144.18	144.56	144.94	145.31	145.69	146.07	110
120	146.07	146.44	146.82	147.20	147.57	147.95	148.33	148.70	149.08	149.46	149.83	120
130	149.83	150.21	150.58	150.96	151.33	151.71	152.08	152.46	152.83	153.21	153.58	130
140	153.58	153.96	154.33	154.71	155.08	155.46	155.83	156.20	156.58	156.95	157.33	140
150	157.33	157.70	158.07	158.45	158.82	159.19	159.56	159.94	160.31	160.68	161.05	150
°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°C

Pt100-anturi koostuu yleensä eristävän ytimen ympärille kierretystä platina vastuslangasta sekä rakennetta suojaavasta vaipasta (kuva 2) (4).



KUVA 2. Pt100-anturin tyypillinen rakenne (4).

Lämpötilavastus-anturi voi olla rakenteeltaan 2-, 3- tai 4-johtiminen riippuen mitaustarkkuuden vaatimuksista ja asennusolosuhteista (kuva 3) (6).

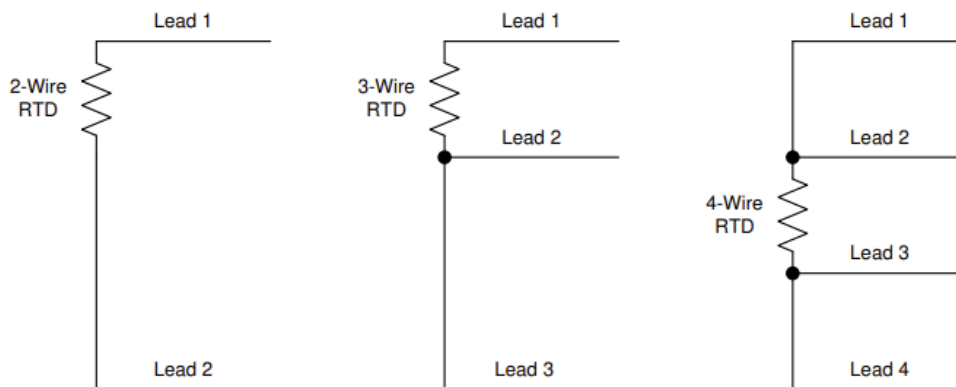


Figure 1-3. Two-Wire, Three-Wire, and Four-Wire RTDs

KUVA 3. Lämpötilavastus-antureiden 2-, 3- ja 4-johtiminen rakenne (6).

2-johdinliitântä on yksinkertaisin ja edullisin, mutta mitaustarkkuudeltaan heikoin, koska mitausjohtimien resistanssi tulee osaksi mitauspiirin kokonaisresistanssia, joka vaikuttaa suoraan mitaustulokseen. Siksi 2-johdinliitântää käytetään kohteissa, joissa johdin pituudet pysyvät lyhyinä ja mitaustarkkuuden vaatimukset ovat vähäisiä. (6.)

3-johdinliitântä on yleisin teollisuussovelluksissa (4). Se tarjoaa kompromissin tarkkuuden ja kustannusten välillä. Kolmas johdin mahdollistaa johtimien resistanssista syntyvän virheen kompensoinnin olettaen, että johtimet ovat resistanssiltaan samanlaiset. (6.)

4-johdinliitântä on kallein, mutta tuottaa tarkimmat mitaustulokset. Siinä käytetään erillisiä johtimia virransyöttöön ja jännitteen mittaukseen, jolloin johtimien resistanssi ei vaikuta mitaustulokseen lainkaan. (6.) 4-johdinliitântää käytetään erityistä tarkkuutta vaativissa sovelluksissa, kuten laboratorio- ja kalibrointimittauksissa (7).

Lämpötilavastus-antureiden ja erityisesti Pt100-anturin johdin värikoodit on määriteltä EN 60751 -standardissa (kuva 4) (5).

Pt100-johdimien värimerkinnät, EN 60751 mukaan

	2-johdin	3-johdin	4-johdin	2-johdin kompensoinnilla
Pt100				
2 x Pt100				
3 x Pt100				

KUVA 4. Pt100-antureiden johdin värikoodit EN 60751 -standardissa (5).

Pt100-anturi voidaan liittää esimerkiksi lämpötilälähtettiin, joka mittaa anturin resistanssia ja muuntaa sitä standardi 4–20 mA virtasignaaliaksi tai suoraan sitä lukevaan laitteeseen, kuten Omron E5CN-R2TU-digitaalisen lämpötilansäätimen. (4; 8.)

4 RIKASTAMON SÄHKÖSAATTOLÄMMITYSJÄRJESTELMÄN NYKYTILASELVITYS

Kaivoksen kaikki saattolämmitykset ovat sähkösaattolämmityksiä ja ne ovat tarkoitettu sulanapitoon. Rikastamon sähkösaattolämmityksiin kuuluu putkien lisäksi myös ajoliuskosten sulanapitoa. Kaivostoiminnan laajentuminen ja prosessimuutokset vuosien varrella ovat vaikuttaneet merkittävästi myös sähkösaattolämmityksen tarpeisiin. Sähkösaattolämmityslaitteistoa löytyi rikastamolta yhteensä kahdeksasta eri sähkötilasta. Sähkötiloista löytyi useita jo vuosia poissa käytöstä olleita sähkösaattolämmityskeskuksia.

Nykytilaselvitys päätettiin rajata rikastamon sähkötiloista lähteviin sähkösaattolämmityksiin ja tarkempi tarkastelu sähkötila MCC6 sähkösaattolämmityskeskukseen 3400DBP02. Rajaukseen vaikutti se, että rikastamon sähkötilojen sähkösaattolämmitykset ovat rakenteeltaan melko yhdenmukaisia ja niillä koettiin olevan suurin päivityksen tarve. Lisäksi kyseessä olevalle keskukselle tehty selvitys peilautuu hyvin myös muiden prosessialueiden kehitystarpeisiin.

Taloudellinen analyysi keskittyi yhteen sähkötilassa MCC6 sijaitsevaan 3400DBP02-sähkösaattolämmityskeskukseen. Tämän keskuksen lämmittämiä putkilinjoja ei pystytty yksilöimään tarkasti opinnäytetyötä varten, vaikka nämä tiedot olisivat olleet olennaisia taloudellisen analyysin kannalta. Tarkempi tarkastelu kohdistettiin kuitenkin tähän keskukseseen, koska sen katsottiin toimivan parhaiten malliesimerkkinä rikastamon sähkösaattolämmityskeskuksista.

Sähkösaattolämmityksiä on toteutettu erinäisillä ratkaisuilla. Valtaosa sähkösaattolämmitysjärjestelmistä on yksivaiheisia 230 voltin järjestelmiä, jotka on toteutettu Giselle-sähkökeskuksella, Heat Trace-itsesäätävällä lämpökaapelilla, Omron E5CN-säätimellä sekä Pt100-anturilla. Nämä putkilämmitykset toimivat yksinkertaistettuna niin, että termostaatti ohjaa lämmityspiirin kontaktoria Pt100-anturilta tulevan putken lämpötilatiedon perusteella.

Vuosien saatossa järjestelmään tehtyjä muutoksia ei olla päivitetty dokumentaatioon, mikä on johtanut sen epäajantasaisuuteen. Sähkösaattolämmityksiin

liittyvälle dokumentaatiolle ei ole määritelty pääasiallista dokumentointipaikkaa. Dokumentaatioita löytyykin hajanaisesti sekä paperiversiona että sähköisessä muodossa Almasta. Paperisen dokumentaation siirtäminen Almaan on aloitettu, mutta prosessi on jäänyt kesken. Paperista skannattua dokumentaatiota on esitelty liitteessä 1. Piirustukset ovat puutteellisia, mutta niistä voi olla hyötyä joissakin tilanteissa. Almasta löytyy sähkösaattolämmityksen laitehierarkiaa ja muita piirustuksia. Tätä digitaalista dokumentaatiota on esitelty liitteessä 2. Lisäksi Almasta löytyy ajantasaiset 3D-malliset putkikuvat, joista voi olla hyötyä työskennellessä sähkösaattolämmitysten parissa.

Rikastamon sähkösaattolämmityslaitteisto on altis häiriöille myös toimintaympäristönsä puolesta. Putkien ympäristössä tehdään erilaisia töitä ja myös itse putkistoihin kohdistuu muutoksia, joiden yhteydessä sähkösaattolämmityslaitteistoa voi vahingoittua. Putkistojen kanssa työskentelevillä ei ole välttämättä riittävää ymmärrystä sähkösaattolämmityslaitteiston toiminnasta ja merkityksestä. Tämän seurauksena laitteisto voi jäädä huonoon tilaan. Laitteistot altistuvat myös pohjoisen sijaintinsa puolesta normaalia haastavimmille sääolosuhteille. Sodankylän talvet ovat pitkiä ja kylmiä. Häiriöt järjestelmässä tulisi pystyä havaitsemaan nopealla aikataululla, joka korostaa etävalvonnan tarvetta.

Koska ei ole tietoa siitä, mitä yksittäiset saattolämmitykset lämmittävät ei voida myöskään tietää, mitkä niistä pitäisi olla toiminnassa ja mitkä olisi mahdollista kytkeä pois päältä. Tästä syystä saattolämmityksiä ei myöskään sammuteta kesän ajaksi, kun syksyn tullen ei voi tietää mitä saattoja kytkeä päälle ja mitä ei. Näin saatot ovat tarpeettomasti päällä noin puolet vuodesta.

Useiden keskusten säätimien lämpötilojen asetusarvoiksi oli säädetty 30 °C ja viime talvena jäätyneen putkilinjan asetus oli nostettu 40 °C:n. On todennäköistä, että näin on pyritty sulattamaan jäätynyttä putkea, vaikka kyseinen lähtö on toteutettu itsesäätyvällä kaapelilla, joka aktivoituu jo noin 10 °C:ssa.

Sähkösaattolämmitysjärjestelmän kunnossapito kuuluu Boliden Kevitsa Oy:n sähkö- ja automaatiokunnossapitotiimin vastuulle. Osa kunnossapitotoimenpiteistä on kuitenkin toteutettu aliurakoitsijoita hyödyntäen. Myös järjestelmän rakentamisessa on käytetty aliurakoitsijoita.

Seuraavassa kappaleessa kuvaillaan joitakin rikastamon sähkötilojen sähkösaattolämmityksiin liittyviä asioita. Kappaleessa keskitytään erityisesti MCC6 sähkötilan 3400DBP02-sähkösaattolämmityskeskuksen laitteiston ja toiminnan kuvaamiseen.

Esimerkkejä sähkösaattolämmityksistä rikastamolla

Päämurskan sähkötilassa MCC1 ei ole tarpeellista sähkösaattolämmityslaitteistoa. Yhdessä keskuksessa on kaksi kennoa nimeltään ”SÄHKÖSAATETTU ULKOSÄLEIKKÖ”, mutta ne eivät ole todellisuudessa saattolämmityksiä, vaan syötöt IV-poistokanavan integroituun lämmitystoimintoon. Tilasta löytyi myös vuonna 2015 käytöstä poistettu sähkösaattolämmityskeskus ja sen syöttö (kuva 5).



KUVA 5. Sähkösaattolämmityskeskus ulkopuolelta. Kolmesta lähtevästä vaihejohtimesta on katkaistu kaksi. Keskus on poistettu käytöstä vuonna 2015

Päämurskaamon alueen sähkösaattolämmityksien tutkimisen jälkeen päädyttiin siihen, että kyseinen sähkösaattolämmityskeskus oli todennäköisesti tarpeeton

ja tulisi purkaa. Keskuksen syötön katkaisija oli ollut merkintöjen perusteella lukittuna jo vuodesta 2015 (kuva 6).



KUVA 6. Saattolämmityskeskuksen syötön katkaisija, joka oli ollut merkintöjen perusteella lukittuna jo vuodesta 2015

Itse keskukselta lähtevistä kolmesta vaihejohtimesta oli katkaistu kaksi. Keskuksen oven sisäpuolella oleva ykkösvaiheen teippimerkintä herätti epäilyksiä, mutta tasolta -9 ei löytynyt mitään "pystyputki"-merkintään viittaamaa (kuva 7). Tasolta löytyneet jakorasioille menevät kaapelit olivat huomattavasti paksumpia kuin keskukselta lähtevät, joten ne todennäköisesti saavat syöttönsä sähkötilasta MCC2.



KUVA 7. Saattolämmityskaapin ovi sisäpuolelta. Merkinnän mukaan yksi vaihe olisi vielä käytössä.

Rikastamon työnjohtajan mukaan päämurskaamalla ei ollut enää käytössä saattolämmityksiä. Ne olivat peräisin ajalta, jolloin tilat olivat kylmiä. Nykyisin päämurskaamalla on käytössä vain raakavesilinja, joka suljetaan ja tyhjenetään talveksi ja jonka saattolämmitys tulee toisen sähkötilan kautta.

Myöskään Caverion ei ollut maininnut MCC1-tilan saattolämmityksiä vuonna 2020 suorittamassaan kuntokartoituksessa. Keskuksen tarpeellisuudesta keskusteltiin sähkö- ja automaatiokunnossapidon sekä rikastamon johdon kanssa ja se päätettiin purkaa. Keskus purettiin myöhemmin.

MCC2-sähkötilan sähkösaattolämmityskeskuksesta 3120DBP01 lähtee sähkösaattolämmityksiä merkintöjen mukaan raakavesi-, liete- ja rikastelietelinjoille (kuva 8). Raakavesi on Kitisestä pumpattavaa jokivettä. Todennäköisesti tällä tarkoitetaan prosessivettä, jota käytetään päämurskaamon ja pääseulan tilojen pesemiseen. Liete on puolestaan uppopumpuilla tiloista pois pumpattavaa vettä, jonka kiintoainepitoisuus on korkea. Rikasteliete-merkinnällä tarkoitetaan todennäköisesti samaa lietettä, mutta nimitys on kirjattu virheellisesti. MCC2-sähkötilassa on myös muuta sähkösaattolämmityksiin liittyvää laitteistoa.



KUVA 8. MCC2-sähkötalassa sijaitseva 3120DBP01-sähkösaattolämmityskeskus

Kaikki pää-, hienomurskan sekä seulan raakavesilinjat katkaistaan ja tyhjenetään syksyllä, kuten myös päämurskalla. Myös lieteputket tyhjenetään mahdollisuuksien mukaan. Tämä voi johtaa siihen, että sähkösaattolämmityksiä pidetään päällä turhaan ainakin kesäisin, kun putket eivät jäädy ja talvisin, kun niiden

pitäisi olla tyhjiä. Sähkösaattolämmityksien toimintaa tulisi tarkastella ja toiminnasta tulisi laatia suunnitelma. Sähkösaattolämmitykset voisi esimerkiksi pitää normaalisti pois päältä, ja kytkeä ne päälle syksyllä, jos putkia ei ole vielä ennen pakkasten alkamista tyhjennetty. Keväällä saatot voitaisiin kytkeä päälle, jos putkia halutaan ottaa käyttöön ennen pakkasten loppumista.

Raakavedelle on lähdöt EE1, EE2 ja EE6, joista lähtö EE2 on ollut poissa käytöstä vuodesta 2024. Raakaveden sähkösaattolämmitysten jakorasiat sijaitsevat pääseulalla. Raakavesilinjoja näyttäisi kulkevan pääseulan ja päämurskan tiiloissa sekä kuljettimilla. Tulisi selvittää, miksi lähdössä EE2 on punainen infolappu ja mitä raakavesilinjoja se lämmittää. Tämä voi liittyä siihen, että yhdestä raakavesilinjasta havaittiin katkaistu lämmityskaapeli.

Rikastelietteelle on lähdöt EE14, EE15, EE16 ja EE17, joiden jakorasiat löytyvät kuljettimen metallinpoistoasemalta. Näiden sähkösaattolämmitysten kunto tulisi selvittää. Metallinpoistoasemalta löytyi myös yksi osittain purettu putkilinja, jossa oli edelleen lämmityskaapeli. Metallinpoistoasema poistaa murskassa olevaa metalliromua, kuten rikkoutuneita kauhojen kynsiä.

Lietteelle on lähdöt EE7 ja EE8. Näistä lähtö EE7 on tarpeeton, koska siihen liittyvä putki on katkaistu ja viereen on rakennettu korvaava linja EE8. Lietteiden jakorasiat sijaitsevat pääseulalla.

Rikasteenkäsittelyn sähkötila MCC6 sisältää kaksi sähkösaattolämmityskeskusta. Näistä isompi 3400DBP02 sisältää sähkösaattolämmityksiä ulkosakeuttimelle ja rikasteen käsittelyyn ja saa syöttönsä 3400DBE01-pääkeskuksesta (kuva 9). Tunnistettujen putkistojen väliaineina raaka- tai talousvesi. MCC6-sähkötilassa on myös toinen pienempi sähkösaattolämmityskeskus. Rikasteenkäsittelyn sähkötila MCC6 sisältää todennäköisesti määrällisesti eniten toiminnassa olevaa sähkösaattolämmityslaitteistoa.



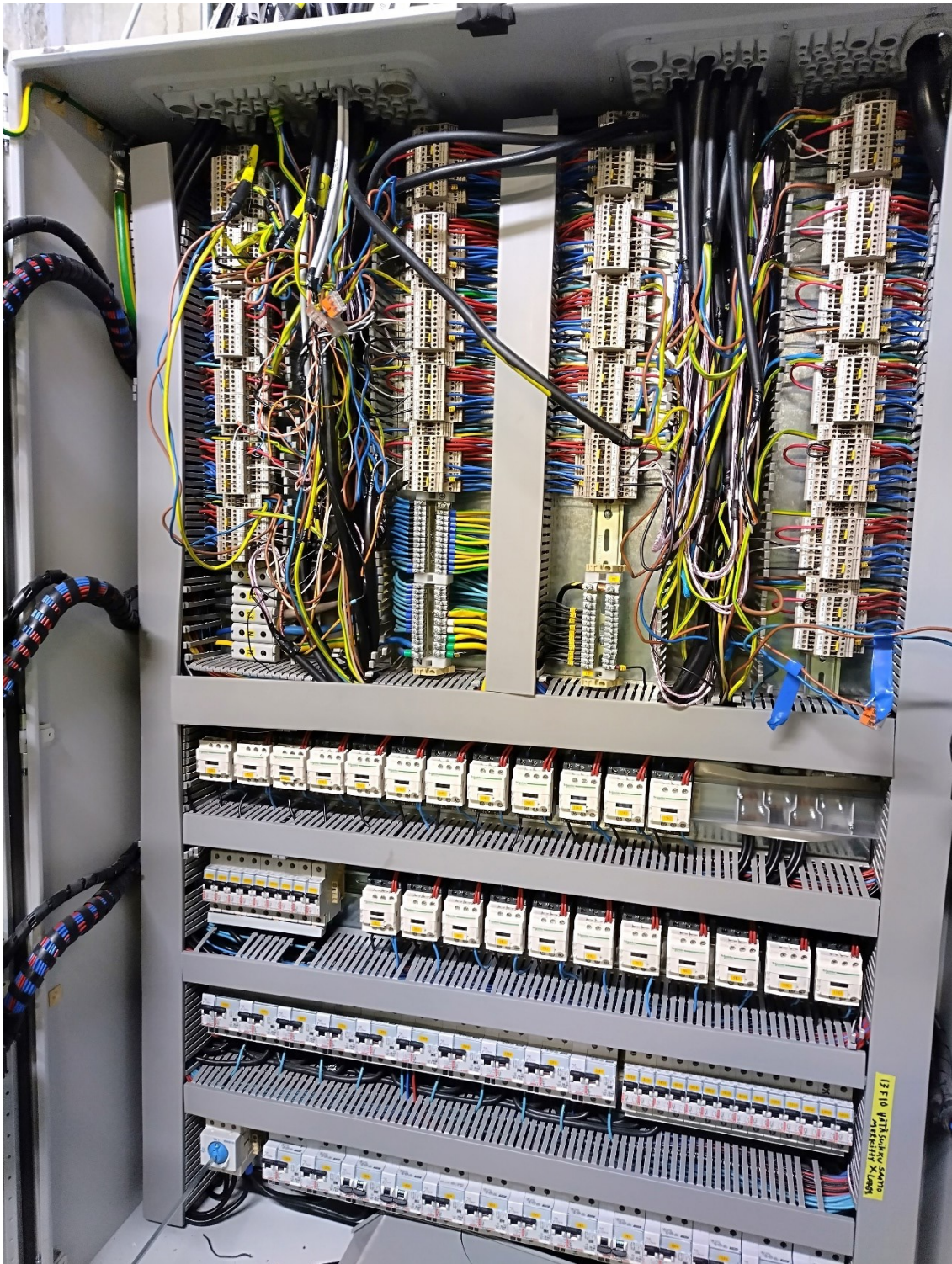
KUVA 9. MCC6-sähkötilassa sijaitseva 3400DBP02-keskus

Säätimien lämpötilatietojen ja vikakoodien perusteella voidaan päätellä, että kentällä esiintyy merkittävä määrä viallisia tai väärin kytkettyjä Pt100-antureita. On mahdollista, että joitakin säätimiä on ohitettu rikkoutuneen anturin vuoksi, mutta pääasiallisena syynä on varmaankin säätimen rikkoutuminen tai jäätyneen putken lämmityksen tehostaminen (kuva 10).



KUVA 10. MCC6-sähkötilassa sijaitsevan 3400DBP02-keskuksen säätimessä ilmoitettu todennäköisesti virheellinen lämpötilatieto, joka voi viitata rikkiiniseen tai väärin kytkettyyn Pt100-anturiin.

Sähkösaattolämmityskeskuksien siisteydessä ja selkeydessä havaittiin kehitettävää (kuva 11). Näillä epäkohdilla oli selvitystyötä hidastava vaikutus.



KUVA 11. MCC6-sähkötilassa sijaitsevan 3400DBP02-keskuksen yleisessä kunnossa havaittiin kehitettävää

Keskuksissa havaittiin myös rikkiäisiä ja/tai ohitettuja säätimiä. Joidenkin säätimien perus-/kosketussuojaus ei toteutunut (kuva 12).



KUVA 12. Rikkinäisiä ja/tai ohitettuja säätimiä. Vasemmalla säädin, jonka suoja puuttuu ja oikealla säädin, jossa se on paikallaan.

Keskuksen kaikki johdonsuojakatkaisijat oli kytketty päälle, vaikka joidenkin lähtöjen kaapelit oli purettu. Viallisten osien lisäksi keskuksen oven maadoitus oli irronnut (kuva 13).



KUVA 13. Rikkinäisiä ja/tai ohitettuja säätimiä. Lisäksi oven maadoitus oli irronnut.

Keskuksesta havaittiin myös normaalista poikkeavaa laitteistoa. Todennäköisesti rikkoutunutta laitteistoa korvattu muilla kuin alkuperäisillä osilla (kuva 14).



KUVA 14. Normaalista poikkeavaa sähkösaattolämmityslaitteistoa

3400DBP02-keskus lämmittää ulkosakeuttimelle ja rikasteen käsittelyyn meneviä putkia (kuva 15). Väliaineina on ainakin raaka- ja talousvesi.



KUVA 15. MCC6-sähkötilan 3400DBP02-keskuksen sähkösaattolämmitysten lämmittämiä putkia

MCC6-sähkötilan sähkösaattolämmitysten lämmittämissä putkissa havaittiin rikkoutuneita eristeitä. Yhdessä tapauksessa eristeitä suojaava pelti oli irronnut ja

lojui putkien seassa. Toisessa tapauksessa eristeet ovat paljaana ilman niitä suo-
jaavia peltejä ja putki roikkuu osin kaapelin varassa (kuva 16).



KUVA 16. Sähkösaattolämmitettyjen putkien rikkoutuneita eristeitä

Poikkeamia havaittiin myös kaapeleiden, jakorasioiden ja putkien merkinnöissä. Osa niistä oli virheellisiä, kuluneita tai puuttui kokonaan (kuva 17).



KUVA 17. MCC6-sähkötilan sähkösaattolämmitysten lämmittämien putkien kuluneita jakorasiamerkintöjä

Asennuksissa oli muutakin parannettavaa johdotusten osalta. Lämmityskaapelin lämpöeristys oli paikallisesti heikkoa (kuva 18).



KUVA 18. Lämmityskaapelin heikko lämpöeristys

3400DBP02-keskus sisältää lähtöjä ulkosakeuttimelle (kuva 19). Ulkosakeutin rakennettiin vuonna 2013, mutta se ei ole koskaan toiminut alkuperäisessä käyttötarkoituksessaan. Ulkosakeutin on ollut joitakin lyhyitä kertoja muussa käytössä, mutta ainakin pääasiassa sen putkia on lämmitetty turhaan.



KUVA 19. 3400DBP02-keskuksen EE1 lähdön lämmittämää ulkosakeuttimen putkistoa. Eristeet ovat osittain puutteellisia.

Sähkösaattolämmityskeskuksen oven merkintöjen perusteella ulkosakeuttimelle vaikuttaisi olevan useampi käytössä oleva lähtö (kuva 20). Lämpötila on säädetty 31 °C:n, niin kuin kaikkien muidenkin keskuksien säätimet. Lämpötila on

tarpeettoman korkea sulanapito tarkoitukseen. Lähdön alle 10 °C:ssa aktivoituva itsesäätyvä lämpökaapeli ei pysty muutenkaan saavuttamaan pyydettyä lämpötilaa.



KUVA 20. MCC6-sähkötilassa sijaitsevan 3400DBP02-keskuksen lähtö EE1, joka lämmittää ulkosakeuttimen putkistoa.

Ulkosakeuttimelle on suunnitteilla projekti, jossa se katettaisiin ja muutettaisiin lämpimäksi tilaksi. Ulkosakeutin ei tässäkään tapauksessa tarvitsisi saattolämmitystä ainakaan putkiosuudella, joka tulee katettuun tilaan.

Kuvassa 21 on 3400DBP02-keskuksen EE1 lähdön Pt100- anturin jakorasia sekä lämmityskaapelin jakorasia.



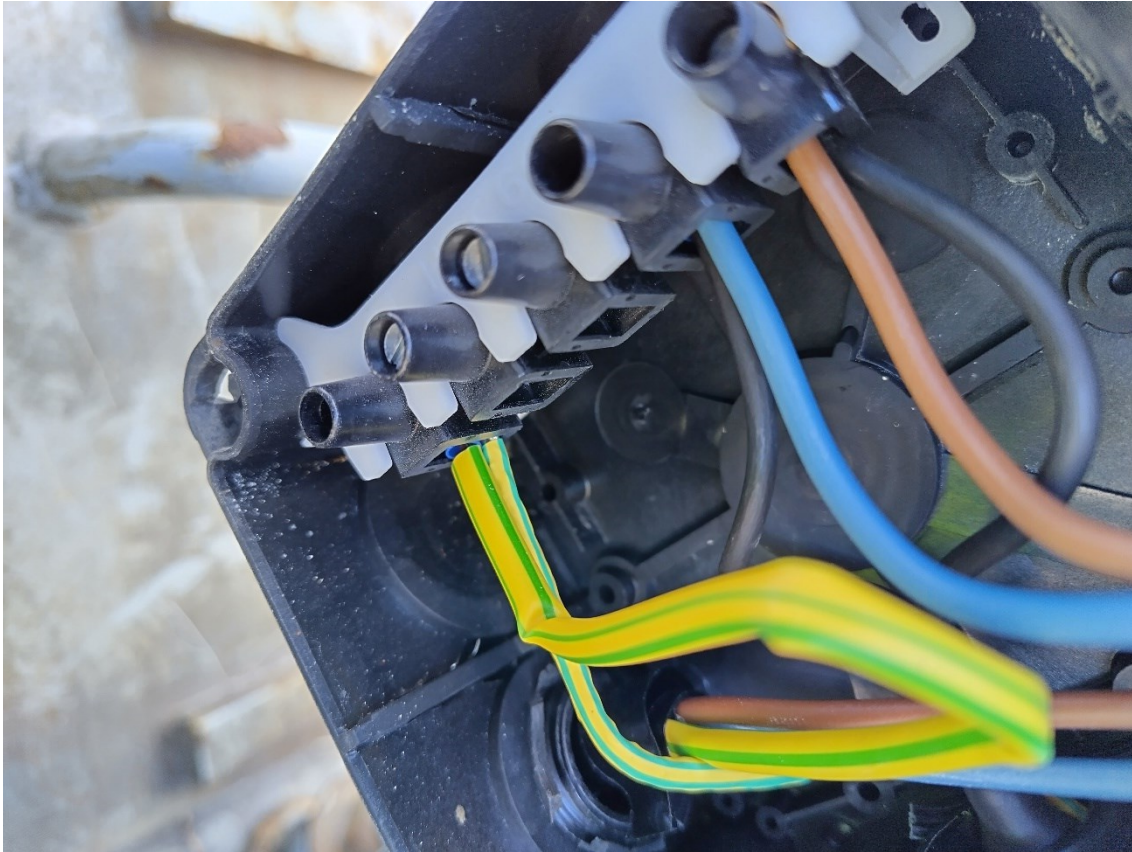
KUVA 21. Oikeassa putkessa olevat 3400DBP02-keskuksen EE1 lähdön Pt100-anturin jakorasia sekä lämmityskaapelin jakorasia.

Kuvassa 22 on Pt100-anturin jakorasian sisältö, jossa nelijohtiminen Pt100-anturi on kytketty kolmella johtimella.



KUVA 22. 3400DBP02-keskuksen EE1 lähdön Pt100 -anturin jakorasia

Kuvassa 23 on lämmityskaapelin jakorasia sisäpuolelta. Lämpökaapelia ei ole kytketty suoraan syöttöön, vaan se alkaa lyhyellä liitännä- tai kylmäkaapelilla.



KUVA 23. 3400DBP02-keskuksen EE1-lähdön lämmityskaapelin jakorasia

3400DBP02-keskuksen ja sen EE1-lähdön tekniikka on tyypillinen esimerkki rikastamalla esiintyvistä sähkösaattolämmitystekniikasta.

Lisäksi sähkösaattolämmityslaitteistoa löytyi sähkötiloista MCC3, MCC4A, MCC5 ja MCC7. Hienomurskauksen sähkötila MCC3 sisältää paljon sähkösaattolämmityslaitteistoa, josta suurin osa vaikuttaisi olevan käyttämättömänä. Myllyhallin sähkötilassa MCC4A on rikastamon sähkötiloista toiseksi eniten sähkösaattolämmityslaitteistoa, josta suurin osa vaikuttaa olevan toimintakuntoista.

Rikasteenkäsittelyn MCC8-sähkötilan pääkeskuksessa on lähtö sähkösaattolämmityskeskukselle, mutta keskuksen sijainti ei ole tiedossa ja tulisi selvittää.

Lähes jokaisesta sähkötilasta löytyi sähkösaattolämmityslaitteistoa, jonka käyttötarkoitus ei ollut tiedossa ja tulisi selvittää. Käytössä olevat laitteistot tulisi tarkastella mahdollisten kehitystarpeiden varalta ja tarpeettomat purkaa. Lisäksi olisi hyvä selvittää voiko käyttämätöntä laitteistoa hyödyntää jossain muualla. Esimerkiksi kuvan 24 oikealla puolella oleva Planrayn laitteisto vaikuttaa melko

nykyaikaiselta ja on todennäköisesti hyvinkin käyttökelpoista. Myös dokumentaatio pitäisi päivittää.



KUVA 24. Esimerkki käyttämättömänä olevasta sähkösaattolämmityslaitteistosta

5 POHDINTA

Työn päätarkoituksena oli toimia esiselvityksenä rikastamon sähkösaattolämmitysjärjestelmästä sekä kehittämissuunnitelmana sen energia- ja kustannustehokkuuden sekä käyttövarmuuden parantamiseksi. Työ onnistui mielestäni hyvin, koska se antaa hyvän kuvan järjestelmästä sekä siitä, miten sen kanssa voisi jatkossa toimia.

Sähkösaattolämmitysjärjestelmän nykytilaselvitys toi esiin kehitystarpeita. Laitteiston ja dokumentaation heikko tila vaikeuttaa sekä käyttöä että kunnossapitoa ja näiden puutteiden korjaaminen on toimintavarmuuden ja kustannustehokkuuden kannalta välttämätön lähtökohta. Laitteiston nykyaikaistaminen, kuten etävalvonta- ja ohjausmahdollisuuksien käyttöönotto tarjoaisivat merkittäviä parannuksia käytettävyyteen, luotettavuuteen sekä tehokkuuteen tosin siihen investoiminen ei ole käyttämilläni arvoilla taloudellisesti kannattavaa. Kehitystoimien toteuttaminen vaatii pitkäjänteistä ja järjestelmällistä työtä, mutta niiden avulla järjestelmän tekniset ja taloudelliset ominaisuudet saataisiin vastaamaan paremmin nykypäivän vaatimuksia.

Työ tarjosi minulle paljon uutta opittavaa, koska en tuntenut saattolämmityksiä entuudestaan. Aihe osoittautui kuitenkin mielenkiintoiseksi ja käytännön toteutukset rikastamolla olivat melko yksinkertaisia. Työn laajuus teki projektista työlään, mutta tarjosi samalla mahdollisuuden päästä tutustumaan rikastamon toimintaan ja käytössä oleviin järjestelmiin sekä tekemään yhteistyötä eri ihmisten kanssa. Uskon näistä kokemuksista olevan hyötyä myös jatkossa.

Kaikkia osa-alueita, kuten kustannusanalyysiä, ei ollut mahdollista toteuttaa niin suurella tarkkuudella kuin olisin toivonut, koska tarvittavia tietoja ei pystynyt hankkimaan opinnäytetyön tekemiseen määritetyssä aikataulussa. Tulokset antavat kuitenkin suuntaa ja arvioihin pohjautuvat päätökset ovat normaali osa teollisuuden arkea.

Olisin myös halunnut syventyä tarkemmin laitteiston modernisointimahdollisuuksiin. Siihen minkälainen ratkaisu olisi sopinut parhaiten meidän tarpeisiimme ja

miten se olisi ollut käytännössä toteutettavissa. Aikataulusyistä tämä jäi kuitenkin tavoitetta pintapuolisemmaksi. On myös todettava, että työ lähti liikkeelle hieman väärään suuntaan. Jälkikäteen ajateltuna olisi ollut huomattavasti hyödyllisempää kartoittaa nykyisen laitteiston uudelleenkäyttö- ja muuntelumahdollisuuksia, kuin kokonaan uuden laitteiston hankintaa. Lisäksi Planrayn tarjoama ratkaisu osoittautui monilta osin tarpeettoman kehittyneeksi ja kalliiksi todellisiin tarpeisiin nähden.

Työ ei ole kuitenkaan lopussa vaan pikemminkin vasta alkamassa. Työ on läpi-valaissut nykyistä järjestelmää ja korostanut sen toiminnan tärkeyttä. Uskon, että se voi vaikuttaa positiivisesti myös työyhteisön motivaatioon, kun huomataan, ettei sähkösaattolämmitysjärjestelmässä ole kyse monimutkaisista asioista. Jo työssä käsiteltyjen MCC1- ja MCC2- ja MCC6-sähkötilojen saattolämmitykset lähtivät aukeamaan nopeasti, kun asioita lähdettiin selvittämään systemaattisesti. Tehtyjen parannusten vaikutus näkyy välittömästi.

LÄHTEET

1. Boliden Group s.a. Boliden Kevitsa. Luettavissa: <https://www.boliden.com/fi/operations/mines/boliden-kevitsa/> Luettu: 27.6.2025.
2. Torikka, R. 11.5.2021. Valokuva. Artikkelissa Rantamartti, T. Tuore kysely: Kaivostoiminta ei ole tuonut lisää asukkaita Sodankylään – väestönkasvun esteenä pidetään asuntopulaa. Yle Uutiset 11.5.2021. Luettavissa: <https://yle.fi/a/3-11926501> Luettu: 9.7.2025.
3. Thorne & Derrick s.a. What is Trace Heating? A Complete Guide to Heat Tracing Systems. BLOG. Luettavissa: <https://www.heatingandprocess.com/what-is-trace-heating/> Luettu: 8.7.2025.
4. Sommer, S. 13.9.2021. Pt100 Sensor Explained | Working Principles. RealPars B.V. Luettavissa: <https://www.realpars.com/blog/pt100> Luettu: 29.6.2025.
5. Lapp Automaatio Oy s.a. Miten Pt100-anturi toimii? FAQ. Luettavissa: <https://www.epicsensors.fi/faq/miten-pt100-anturi-toimii.html> Luettu: 29.6.2025.
6. Wu, J s.a. A Basic Guide to RTD Measurements. Texas Instruments Incorporated. Luettavissa: <https://www.ti.com/lit/an/sbaa275a/sbaa275a.pdf?ts=1751151741595> Luettu: 29.6.2025.
7. Dwyer Instruments s.a. What Are the Differences Between 2-Wire, 3-Wire, and 4-Wire RTDs? Luettavissa: <https://www.dwyeromega.com/en-us/resources/rtd-2-3-4-wire-connections> Luettu: 29.6.2025.
8. Omron Electronics Oy s.a. Digitaaliset lämpötilansäätimet E5CN/E5CN-U. Luettavissa: https://blogit.gradia.fi/sahkonet/wp-content/uploads/sites/80/2016/05/OMRON_I%C3%A4mp%C3%B6tilans%C3%A4tintien_s%C3%A4dintien_E5CN.pdf Luettu: 29.6.2025.

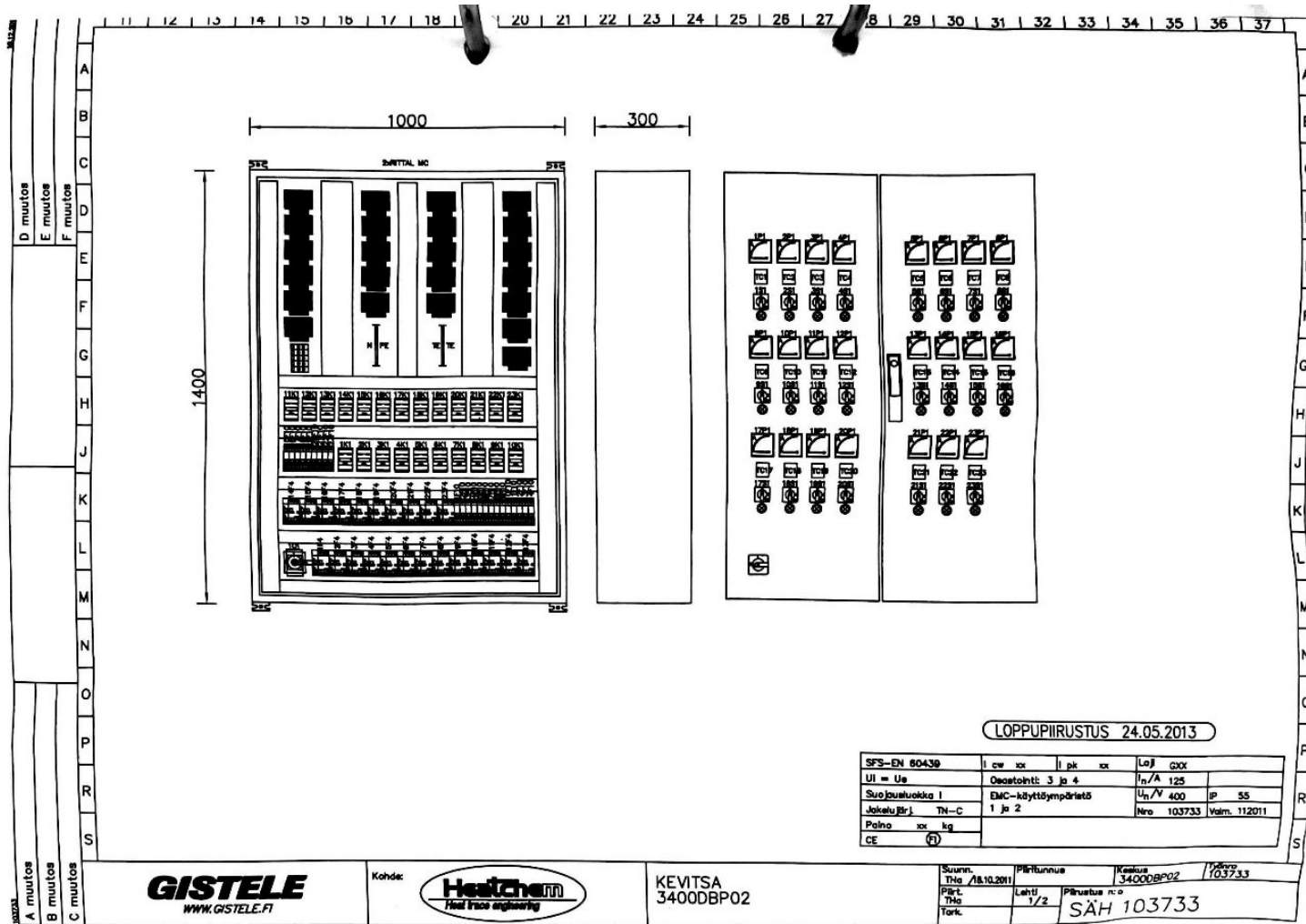
LIITTEET

Liite 1 Paperista sähkösaattolämmitys dokumentaatiota

Liite 2 Almasta löytyvää digitaalista dokumentaatioita

PAPERISTA SÄHKÖSAATTOLÄMMITYS DOKUMENTAATIOTA

LIITE 1



LOPPUPIIRUSTUS 24.05.2013

SFS-EN 60439	1 cw xx	1 pk xx	Loj	G10x
UI = Ue	Osaotehti: 3 ja 4		I _n /A	125
Suojausluokka I	EMC-käyttösyyperiä5		U _n /V	400
Jakelu järj.	TN-C	1 ja 2	IP	55
Paino xx kg			Nro	103733
CE			Valm.	112011

GISTELE
WWW.GISTELE.FI

Kohde:

Heatchem
Heat trace engineering

KEVITSA
3400BP02

Siun. Tila	18.10.2011	Piirittynyt	Keskus	3400BP02	103733
Pärl. Tila		Lehti	Piirustus n:o		
Tark.		1/2	SÄH	103733	

TEKNINENTAUUKKO
KESKUS 3400BP02

YIT
Sähkösaattoasennus

KESKUS	NIMI	PUTKI/LAITE				LÄMMITYSKAAPELI				LIITYNTAARVOT				LAMPOTILA ASETTELU		PIIRUSTUKSET		
		D/mm	Nv/kpl	S/mm	$\Delta t/^\circ\text{C}$	TYYPPI	Lk/m	Lv/m	U/V	P	Pk	Pak	TC	Ta				
		LAHTO	POSITIO	Lp/m	Nl/kpl	tmax/°C	Ph	Rm	Roliri	M/kpl	L/m	I	las	P	Pk		Pak	TC
					W/m	Ω	Ω			A	A	W/m	W/m	W/m	°C	°C	asennus- piirustus/ piirikaavo N:O	
3400DBP02	Vesisäiliön putki 2	110		60	50	8BTV2-CT	9			230			0,2	26		10		550778-502
08	HEAT EE21	7		40	18,5			1	0,6	1,0				26				103733-011
3400DBP02	Vesisäiliön putki 1	160		60	50	10BTV2-CT	26			230			0,8	32		10		550778-502
10	HEAT EE20	22		40	19,7			1	0,8	3,6				32				103733-013
3400DBP02	160-WPR-389010	160		80	50	10BTV2-CT	46			230			1,5	32		10		550778-501
19	HEAT EE30	46		40	19,7			1	0,8	6,4				32				103733-022
3400DBP02	110-SPP-331421	110		60	50	8BTV2-CT	38			230			1,0	26		10		550778-501
24	HEAT EE24	36		40	18,5			1	0,6	4,3				26				550778-401
3400DBP02	110-SPP-33734	110		60	50	8BTV2-CT	38			230			1,0	26		10		550778-501
25	HEAT EE25	36		40	18,5			1	0,6	4,3				26				550778-402
3400DBP02	110-SPP-331971	110		60	50	8BTV2-CT	38			230			1,0	26		10		550778-501
26	HEAT EE26	36		40	18,5			1	0,6	4,3				26				550778-403
3400DBP02	110-SPP-331019	110		60	50	8BTV2-CT	38			230			1,0	26		10		550778-501
27	HEAT EE27	36		40	18,5			1	0,6	4,3				26				550778-404
3400DBP02	160-WPR-389009	160		80	50	10BTV2-CT	53			230			1,7	32		10		550778-501
28	HEAT EE28	46		40	19,7			1	0,8	2,4				32				550778-405
3400DBP02	160-WGS-38205	160		80	50	10BTV2-CT	40			230			1,3	32		10		550778-501
29		34		40	19,7			1		5,6				32				550778-406

D = Putken ulkohalkaisija
Lp = Putken pituus
Nv/Nl = venttiilien/lausten lukum.
S = asennuspaksuus
Tmax = lämpötilamaksimi
 Δt = lämpötilaero
Ph = putken lämpöhäviö
Rm = resistanssim

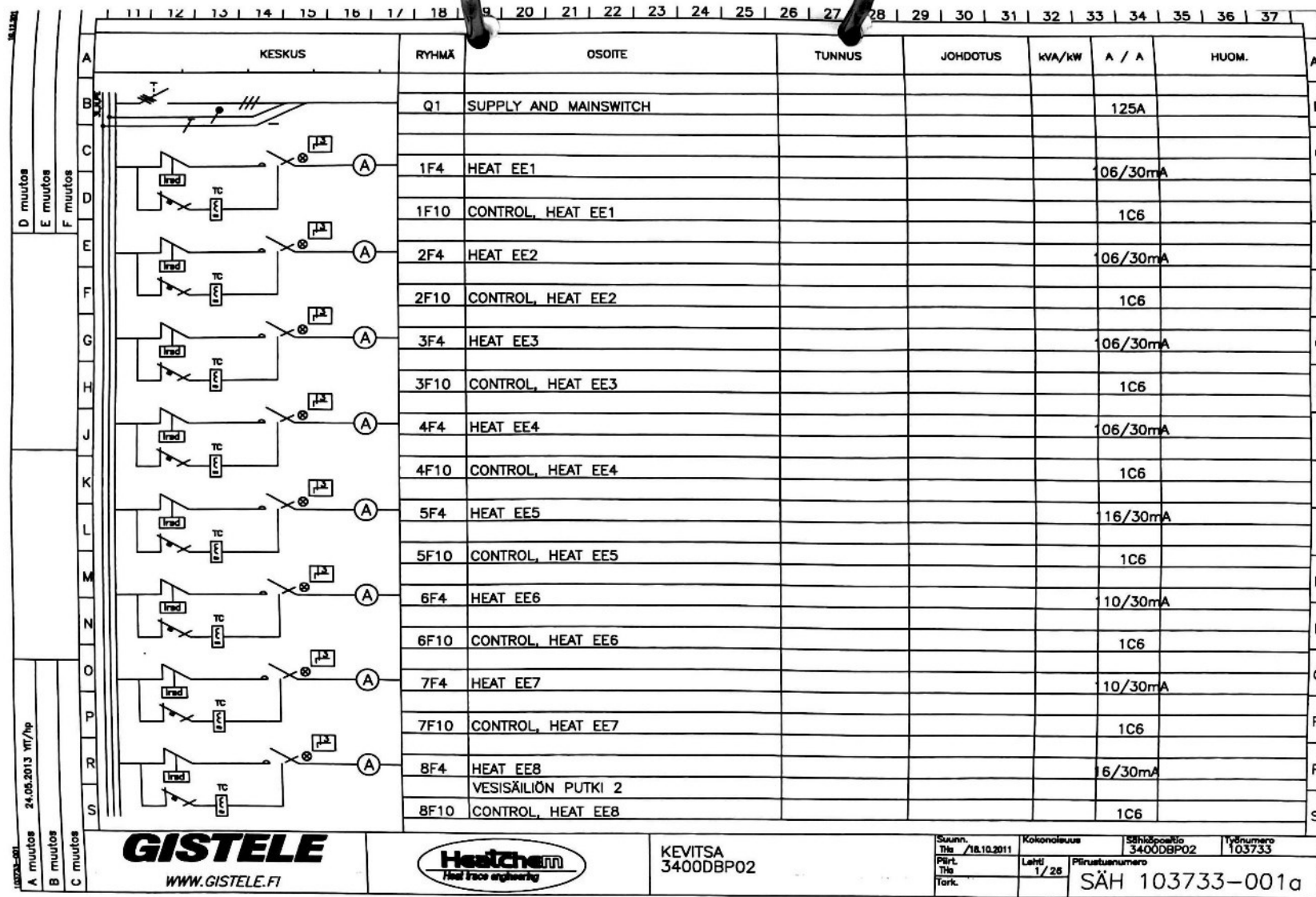
Rpin = resistanssipin
Lk = lämmityskaapelin pituus
M = kaapelin lukum/putki
Lv/Li = Kaapelia/venttiili/lausti
U = jännite
I = Virta
las = aseteltu virta
P = teho

Pk = teho/kaapelimetri
Pp = teho/putkimetri
Pak = aseteltu kaapeliteho
Pap = aseteltu putketeho
TC = säätöterm. asetus
TL = rajoitusterm. Asetus
Ta = alarajahäilyys
Ty = ylärajahäilyys

MUUTOS

LOPPUPIIRUSTUS 24.05.2013

01				Suunn.	YIT/mh	Piet.	Tark.	Hyr.	FQM KEVITSA MINING OY	Liitty	1/1	Ohj./muut./	ACI/ XLS
02				Päiväys	12.12.2012	Tönnä	550778-101		RIKASTEEN KÄSITTELY, VAAHDOTUS	1/1			
03				Keskus / laite / lvi					SÄHKÖSAATOT				
Muutospäivä	Muutos	Muuttaja	Muutos					Tönnä	TEKNINEN TAUUKKO				500778-101



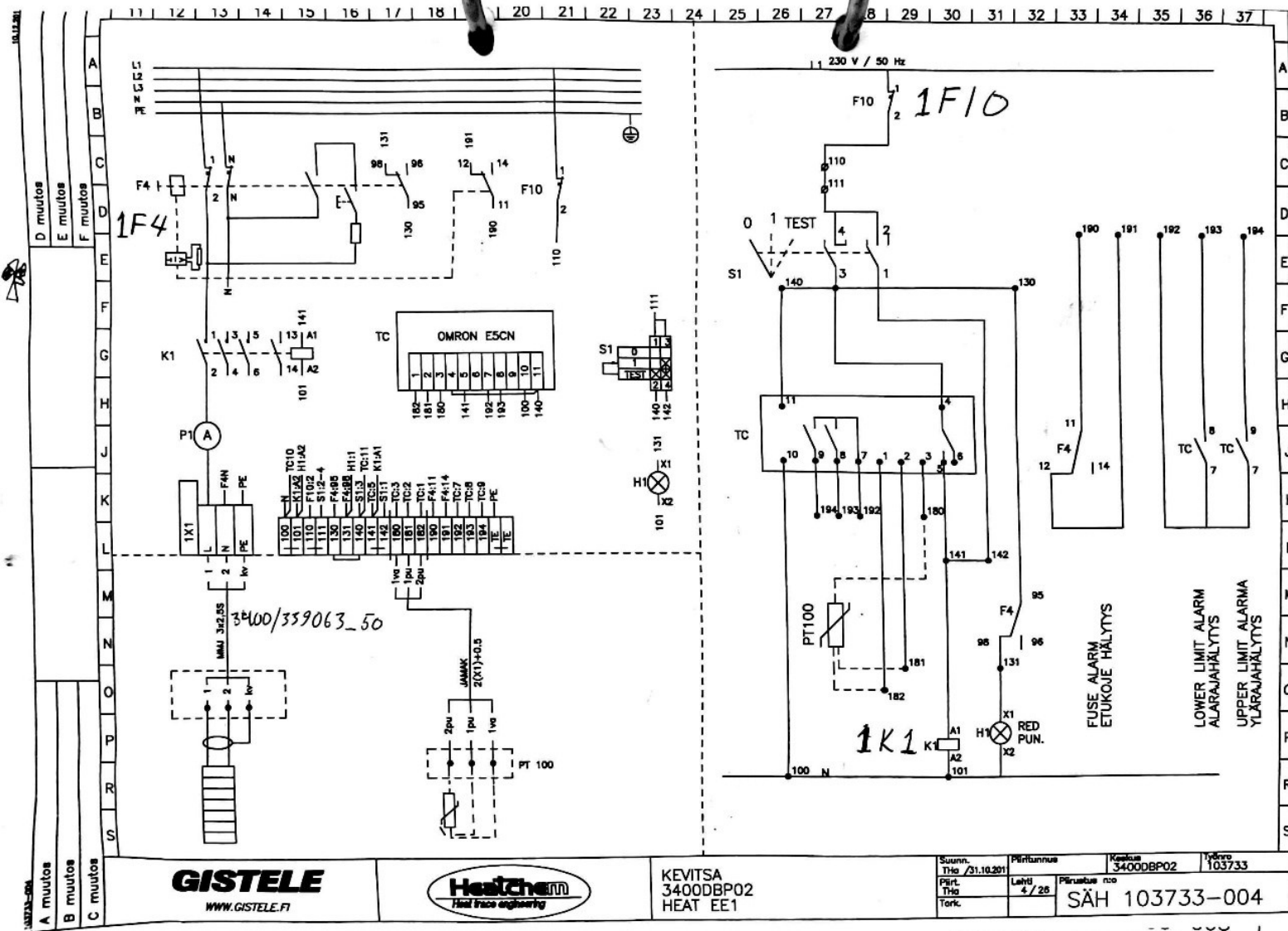
	KESKUS	RYHMÄ	OSOITE	TUNNUS	JOHDOTUS	KVA/KW	A / A	HUOM.
B		Q1	SUPPLY AND MAINSWITCH				125A	
C		1F4	HEAT EE1				06/30mA	
D		1F10	CONTROL, HEAT EE1				1C6	
E		2F4	HEAT EE2				06/30mA	
F		2F10	CONTROL, HEAT EE2				1C6	
G		3F4	HEAT EE3				06/30mA	
H		3F10	CONTROL, HEAT EE3				1C6	
J		4F4	HEAT EE4				06/30mA	
K		4F10	CONTROL, HEAT EE4				1C6	
L		5F4	HEAT EE5				16/30mA	
M		5F10	CONTROL, HEAT EE5				1C6	
N		6F4	HEAT EE6				10/30mA	
O		6F10	CONTROL, HEAT EE6				1C6	
P		7F4	HEAT EE7				10/30mA	
R		7F10	CONTROL, HEAT EE7				1C6	
S		8F4	HEAT EE8				6/30mA	
			VESISÄILIÖN PUTKI 2					
		8F10	CONTROL, HEAT EE8				1C6	

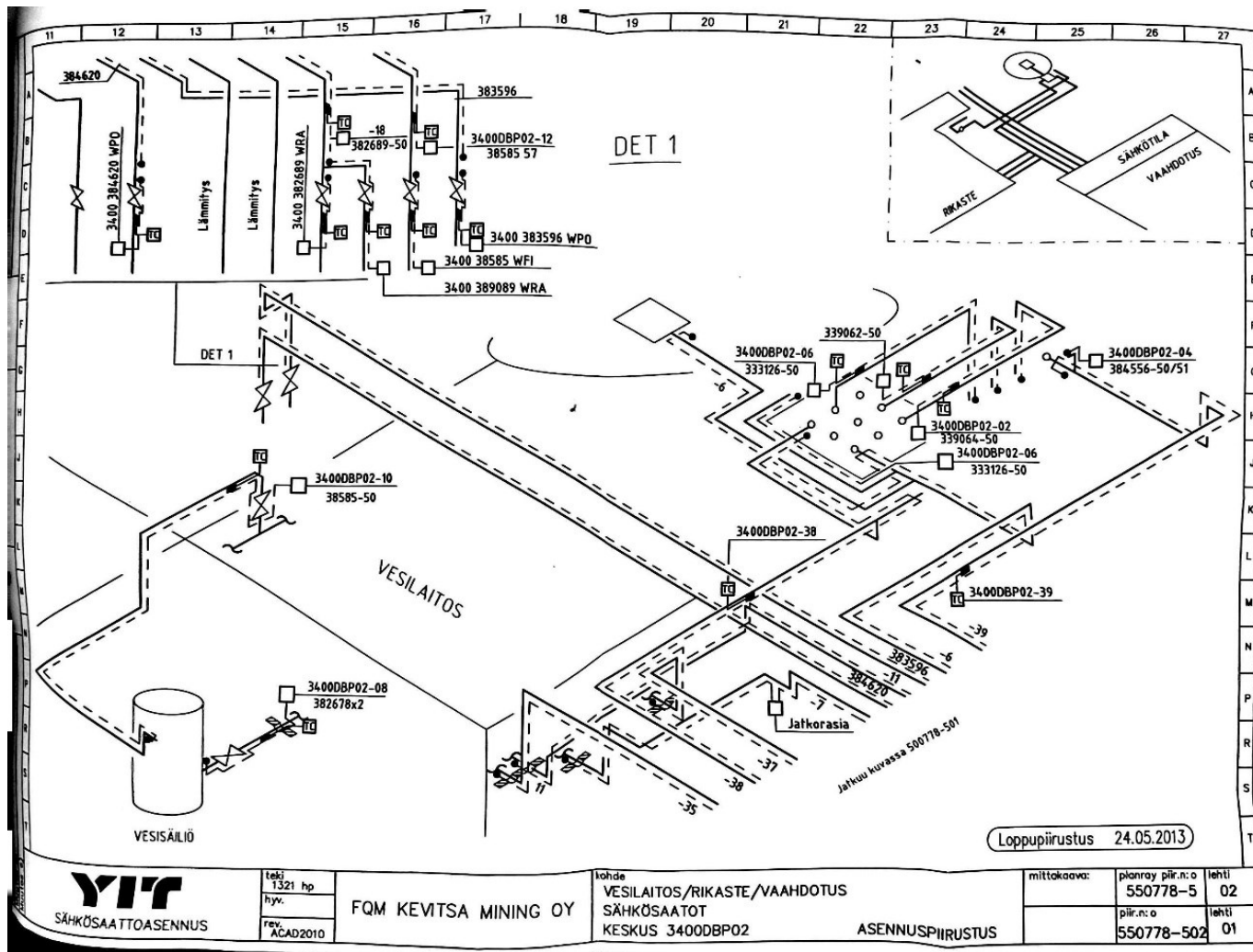
GISTELE
WWW.GISTELE.FI



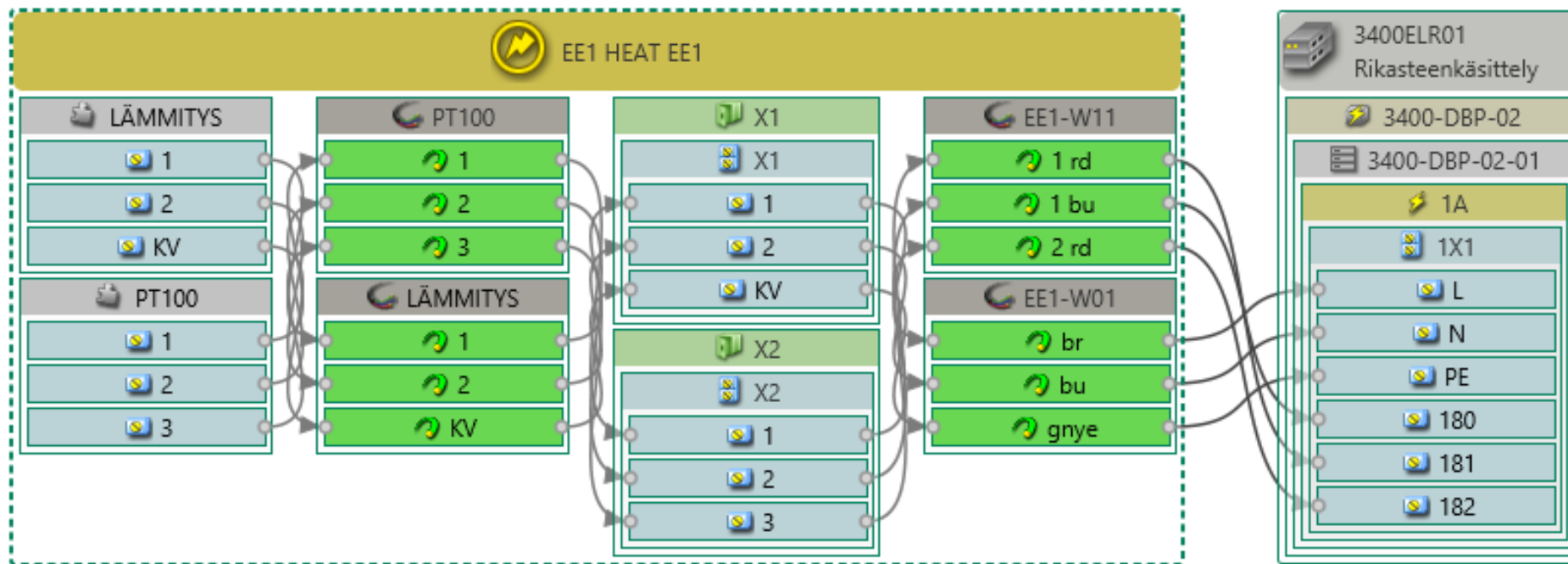
KEVITSA
3400DBP02

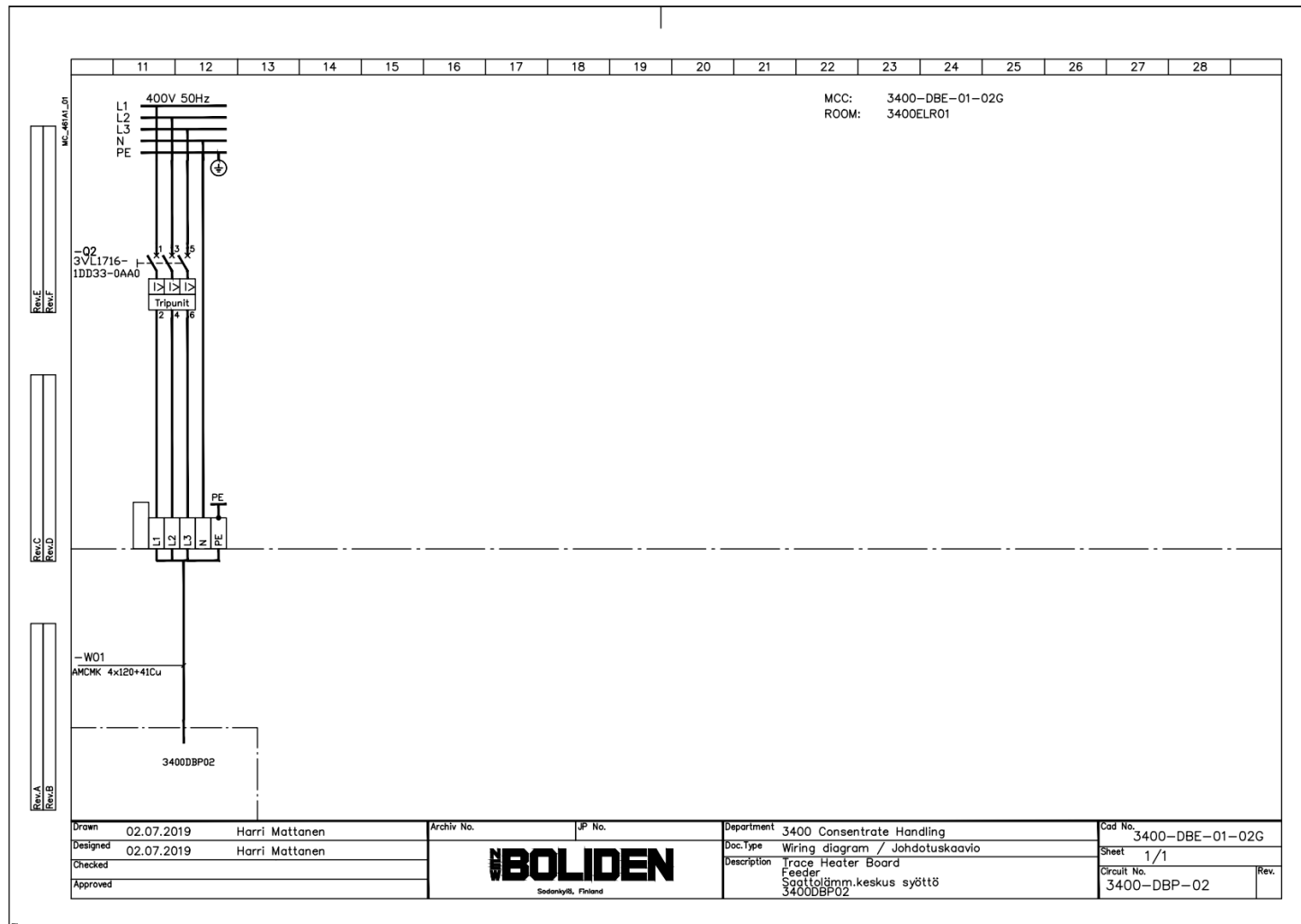
Suunn. Tila / 18.10.2011	Kokonaisuus	Sähkösopimus 3400DBP02	Työnumero 103733
Piirt. Tila	Lehti 1 / 28	Piirustusanumero SÄH 103733-001a	
Tark.			





YIT 24.5.2013. Kevitsa SÄHKÖSAATOT. Sähkösaattolämmitys dokumentaatiota.





Mattanen, H. 02.07.2019. Sähkösaattolämmitys dokumentaatiota.