

Juho Ruhanen

# VARAVOIMAJÄRJESTELMÄ KOUVOLAN VESI OY:LLE

Opinnäytetyö  
Sähkötekniikan koulutusohjelma


Maaliskuu 2014




**MAMK**

University of Applied Sciences

## KUVAILULEHTI

 <div style="display: inline-block; vertical-align: middle;"> <h1 style="margin: 0;">MAMK</h1> <p style="margin: 0;">University of Applied Sciences</p> </div>	<b>Opinnäytetyön päivämäärä</b>		
<b>Tekijä(t)</b> Juho Ruhanen	<b>Koulutusohjelma ja suuntautuminen</b> Sähkötekniikan koulutusohjelma		
<b>Nimeke</b> Varavoimajärjestelmä Kouvolan Vesi Oy:lle			
<b>Tiivistelmä</b> <p>Opinnäytetyön tilaajana toimi Liikelaitos Kouvolan Vesi Oy, ja opinnäytetyön tarkoituksena oli rakentaa Kouvolan Veden laitoksille helppokäyttöinen varavoimajärjestelmä, jolla vesihuolto saataisiin turvattua sähkökatkojen aikana.</p> <p>Tavoitteena oli saada varavoimamahdollisuus kaikkiin laitoksiin kesän 2013 aikana. Työt toteutettiin pääosin Polar 2000 Oy:n henkilökunnan sekä joidenkin alihankkijoiden toimesta. Oma tehtäväni oli suunnitella ja organisoida järjestelmän rakennus sekä hankkia tarvittavat rakennuksessa tarvittavat tarvikkeet.</p> <p>Työt valmistuivat vuoden 2013 syksyyn mennessä, minkä jälkeen Kouvolan Veden henkilökunta koulutettiin käyttämään järjestelmää. Varavoimajärjestelmä oli ensimmäistä kertaa käytössä Seija-myrskyn aikana, jolloin todettiin, että järjestelmä toimi moitteettomasti.</p> <p>Työn tavoitteena oli rakentaa toimiva ja yksinkertainen järjestelmä, ja tavoitteeseen myös päästiin. Työn toteuttaminen venyi aikatauluun nähden, mutta järjestelmä saatiin kuitenkin käyttökuntoon ennen sen ensimmäistä oikeaa käyttökertaa.</p>			
<b>Asiasanat (avainsanat)</b> varavoimajärjestelmä, pumppaamo			
<b>Sivumäärä</b> 23+1	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; border-right: 1px solid black; vertical-align: top;"> <b>Kieli</b>                      Suomi                 </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <b>URN</b> </td> </tr> </table>	<b>Kieli</b> Suomi	<b>URN</b>
<b>Kieli</b> Suomi	<b>URN</b>		
<b>Huomautus (huomautukset liitteistä)</b>			
<b>Ohjaavan opettajan nimi</b> Jorma Pekkanen	<b>Opinnäytetyön toimeksiantaja</b> Liikelaitos Kouvolan Vesi Oy		

## DESCRIPTION

		<b>Date of the bachelor's thesis</b>	
<b>Author(s)</b> Juho Ruhanen		<b>Degree programme and option</b> Electrical engineering	
<b>Name of the bachelor's thesis</b> Backup power system for Kouvolan Vesi Oy			
<b>Abstract</b> <p>This bachelor's thesis was commissioned by Kouvolan Vesi Oy. The purpose of this thesis was to build an easily operated backup power system for the plants of Kouvola Vesi Oy so that the water service could be operated in times of possible power failures .</p> <p>Our target was to get the backup power possibility to all plants in the summer of 2013. The installations were mostly made by Polar 2000 Oy with the help of subcontractors. My duty was to design and organize building of the system and get the needed supplies for this project.</p> <p>The work was finished in autumn of 2013. The employees of Kouvola Vesi Oy were trained to operate the system. The backup power system was used first time during the Seija storm and it was found to be working without flaws.</p> <p>The goal of the project was to build working and simple system and the goal was met. The project did not keep the schedule but it was finished before its first utilization.</p>			
<b>Subject headings, (keywords)</b> backup power system, pumping station			
<b>Pages</b> 23+1	<b>Language</b> Finnish	<b>URN</b>	
<b>Remarks, notes on appendices</b>			
<b>Tutor</b> Jorma Pekkanen		<b>Bachelor's thesis assigned by</b> Kouvolan Vesi Oy	

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO .....	1
2	TYÖN OSAPUOLET .....	2
2.1	Kouvolan Vesi .....	2
2.2	Polar 2000 Oy .....	2
3	VARAVOIMAJÄRJESTELMÄ.....	3
3.1	Varavoimakoneet.....	3
3.2	Varavoimakeskukset.....	5
3.3	Verkkokytkin .....	7
4	JÄRJESTELMÄN TOIMINTA.....	8
5	RAKENTAMISEN VALMISTELU.....	8
5.1	Tarvikkeiden tilaaminen .....	8
5.2	Urakoitsijat .....	9
6	RAKENTAMINEN.....	9
6.1	Aikataulu.....	9
6.2	Kaivuutyöt .....	10
6.3	Sähkötyöt .....	11
6.4	Käyttöönottomittaukset.....	14
6.4.1	Jatkuvuuden toteaminen.....	15
6.4.2	Eristysresistanssin mittaus .....	15
6.4.3	Pyörimissuunnan tarkastus.....	16
6.4.4	Oikosulkuvirrat .....	16
7	TURVALLISUUS.....	17
7.1	Laitteiston turvallisuus.....	17
7.2	Työturvallisuus .....	17
8	JÄRJESTELMÄN KÄYTTÖ JA HUOLTO .....	18
8.1	Henkilökunnan koulutus .....	18
8.2	Huoltotoimenpiteet .....	19
9	YHTEENVETO .....	20
9.1	Kehitysehdotukset.....	20
9.2	Järjestelmä käytössä.....	21

9.3 Lopuksi .....	21
LÄHTEET .....	23
LIITE	
1 Mittauspöytäkirja	

## 1 JOHDANTO

Suomessa on viime vuosina totuttu lukemaan uutisia myrskyjen tai liiallisen lumen aiheuttamista sähkökatkoista. Yhteiskuntamme on varsin riippuvainen sähköstä, ja pitkien sähkökatkosten aikana kohdataan monia ongelmia. Varavoimajärjestelmällä voidaan kuitenkin saada ratkaisu sähkökatkojen aiheuttamiin ongelmiin. Veden saanti on ihmisille tärkeä jokapäiväinen tarve. Veden hankintaan ja käsittelyyn käytettävät pumppaamot ja laitokset toimivat sähköenergialla, jota saadaan Suomen sähköverkosta. Sähkökatkon aikana verkosta ei enää saada sähköenergiaa, joten silloin vedenhankintaan tarkoitettut laitokset pysähtyvät ja vesihuolto keskeytyy. Vesilaitosyhdistyksen teettämän kyselyn mukaan 80 prosenttia kyselyyn vastanneista vesilaitoksista oli kärsinyt vuonna 2011 Tapani- ja Hannu-myrskyn aiheuttamista sähkökatkoksista [7]. Kouvolan Vesi Oy haluaa jatkossa turvata asiakkaidensa vesihuollon myös sähkökatkosten aikana, ja heidän käyttöteknikkonsa Aleksi Päkki päätti tilata varavoimajärjestelmän Kouvolan vedelle.

Kouvolan Vedellä on tällä hetkellä 11 vedenotto-, pumppaus- ja käsittelylaitosta, joista kaikkiin oli tarkoitus rakentaa varavoimajärjestelmä [2]. Haasteena työssä oli se, ettei laitoksia rakennettaessa ollut alun perin huomioitu varavoiman tarvetta. Toiminnassa oleviin laitoksiin varavoima mahdollisuuden rakentaminen oli haastavaa siitä syystä, ettei pitkiä sähkökatkoja voitu suorittaa, koska alueen vesihuolto saattaisi keskeytyä. Laitokset olivat myös hyvin erilaisia, joten jokaiseen laitokseen oli varavoimasyöttömahdollisuus suunniteltava erikseen.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli rakentaa Kouvolan Veden pumppaamoille ja käsittelylaitoksille toimiva ja helppokäyttöinen varavoimajärjestelmä sekä kouluttaa Kouvolan vesi Oy:n henkilökunta käyttämään järjestelmää. Minun vastuullani oli sähkönsyötön rakentaminen varavoimageneraattorien syöttönavoista laitosten sähköpääkeskuksiin.

## **2 TYÖN OSAPUOLET**

Toteutin työn Polar 2000 Oy nimisen yrityksen palveluksessa, ja kuten jo aiemmin mainitsin, tilaajana toimi liikelaitos Kouvolan Vesi.

### **2.1 Kouvolan Vesi**

Kouvolan Vesi on Kouvolan kaupungin omistama liikelaitos, joka toimittaa veden Kouvolan alueen asukkaille. Nykyinen Kouvolan vesi on muodostettu kuntaliitoksen myötä vuonna 2009, jolloin Kouvolan, Kuusankosken, Jaalan sekä Elimäen vesilaitokset yhdistyivät Kouvolan vedeksi. Tällä hetkellä Kouvolan vesi työllistää noin 60 henkilöä, ja sen liikevaihto on noin 12 miljoonaa euroa. [3.]

### **2.2 Polar 2000 Oy**

Polar 2000 Oy on vuonna 1992 perustettu sähköurakointia harjoittava yritys, jonka toimialueisiin kuuluu mm. sähköurakointi, kuitutyöt, keskijännitetyöt sekä teollisuuden sähköurakointi. Tulevaisuudessa yritys aikoo hakea kasvua energiatehokkaista ja ympäristöystävällisistä ratkaisuista, kuten aurinkoenergiaratkaisuista sekä sähköautojen latauspisteistä. Yritys työllistää tällä hetkellä noin 70 henkilöä, ja sen liikevaihto on viime vuosina ollut noin 8 miljoonaa euroa. Yritys toimii lähinnä Kymenlaakson ja Etelä-Karjalan alueilla. Suurimpia asiakkaita sillä ovat suuret teollisuuden yritykset, kuten UPM-Kymmene Oy, Ovako, Stora Enso sekä Metsä Fibre Oy. Muita mainittavia asiakkaita ovat Lappeenrannan ja Kouvolan kaupungit sekä puolustusvoimat. [3.]

Itse olen ollut yrityksen palveluksessa vuodesta 2008, jolloin valmistuin sähköasentajaksi. Sähköasentajana työskentelin vuoteen 2010 asti, minkä jälkeen lähdin opiskelemaan sähköinsinööriksi Mikkelin ammattikorkeakouluun. Opiskeluni aikana olen työskennellyt Polar 2000 Oy:ssä työnjohtotehtävissä loma-ajat, ja sitä kautta olen saanut mahdollisuuden tehdä tämän työn yrityksen palveluksessa.

### 3 VARAVOIMAJÄRJESTELMÄ

Varavoimajärjestelmiä on monenlaisia, ja niitä käytetään paikoissa, joissa sähkön saanti ei saa missään tapauksessa loppua. Varavoimakoneita käytetään tyypillisesti sairaaloissa, teollisuudessa, kauppakeskuksissa ja muissa kohteissa, joissa sähkökatko voisi aiheuttaa taloudellisia tai ihmisten terveyteen liittyviä haittoja. Varavoimajärjestelmä voi olla toteutettu automatiikalla, jolloin sähkökatkon tapahtuessa järjestelmä käynnistyy siten, ettei sähkökatkosta ole haittaa sähköllä toimiville järjestelmille. Kouvolan vedelle rakennettiin kuitenkin mekaanisesti toimiva järjestelmä. Järjestelmien voimanlähteitä on myös erilaisia. Niitä voivat olla esimerkiksi akut, diesel- tai bensiinitoimiset generaattorit.

#### 3.1 Varavoimakoneet

Kouvolan vedelle oli alkuvuodesta 2013 hankittu kaksi kappaletta kW-set Oy:n toimitamia Cummins-dieselgeneraattoreita kuva(1). Generaattoreiden tehot olivat 38 kVA sekä 28 kVA. Pienempää generaattoria olisi tarkoitus käyttää pienillä laitoksilla, esimerkiksi kaivopumppaamoilla ja paineennostopumppaamoilla, kun taas isompaa generaattoria käytettäisiin suuremmilla laitoksilla. Generaattorit oli hankittu ennen kuin aloitin projektin, joten en voinut vaikuttaa generaattoreiden kokoon. Generaattoreiden käyttö on kuitenkin harvinaista joten oli kustannustehokasta hankkia sellaiset generaattorit, jotka käyvät mahdollisimman moniin laitoksiin. Suurimpiin laitoksiin generaattoreiden tehot eivät tule riittämään, sillä laitosten maksimivirta on yli 100 ampeeria. Isoihin laitoksiin voitaisiin kuitenkin rakentaa generaattoreille rinnakkaissyöttö mahdollisuus jolla saataisiin molempien generaattoreiden tehot hyödynnettyä, mutta sitä ei vielä tämän projektin yhteydessä suunniteltu. Generaattorisyötöllä pyritään pitämään vain kriittisimmät kuorman käynnissä. Suuren sähkökatkon sattuessa voi olla myös niin, että kahdelle erilliselle laitokselle tulee sähkökatko, jolloin molempiin laitoksiin voidaan syöttää varavoimaenergiaa samaan aikaan, koska on olemassa kaksi generaattoria. Tämä parantaa vesihuollon ylläpitämisen mahdollisuutta suuren sähkökatkon aikana.





**KUVA 1. Cummins-dieselgeneraattori**

Generaattorit eivät olleet soveliaita sähkösyöttöön, sillä niistä puuttui kokonaan syöttöjohdot, joten ensin täytyi rakentaa generaattoreihin syöttöjohdot, jotta niitä pystyttäisiin tarpeen tullen käyttämään. Suuremman generaattorin maksimiteho oli 38 kVA, joten johdot oli mitoitettava sen mukaan. Laskin generaattorin tuottaman virran, jotta sain selville, kuinka suuren poikkipinnan syöttökaapeli vaatisi.

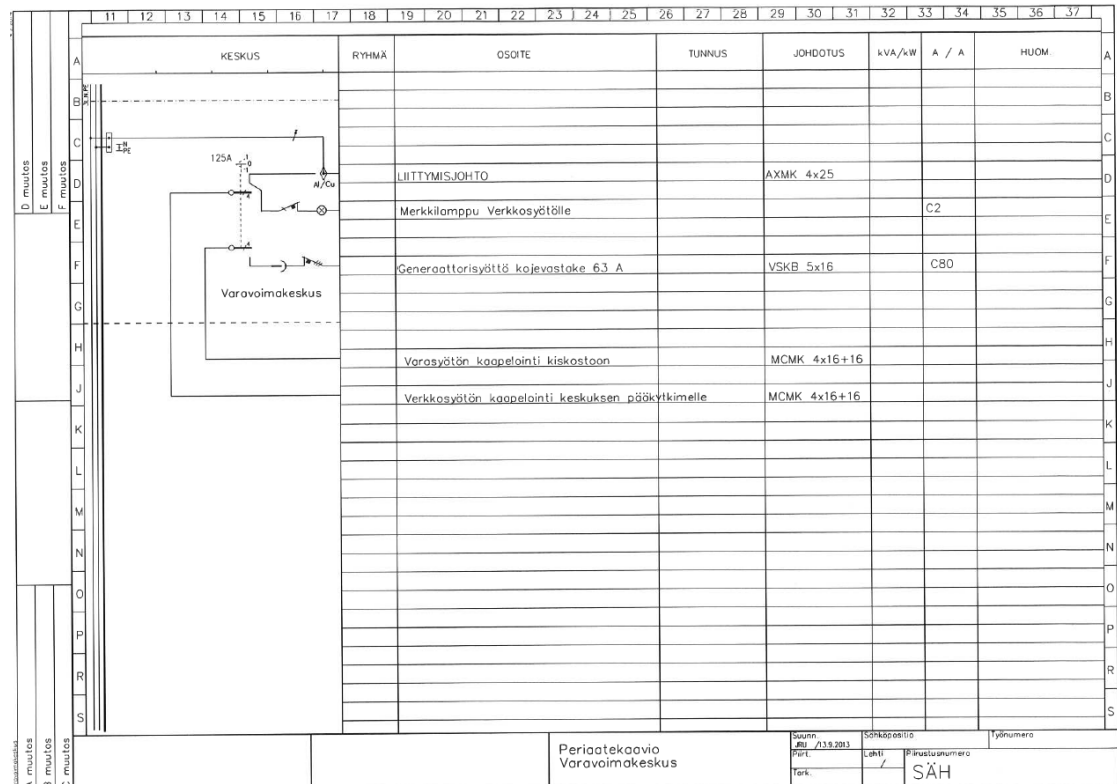
$$I_{max} = \frac{S}{U \cdot \sqrt{3} \cdot \cos \varphi} = \frac{38 \text{ kVA}}{0,4 \text{ kV} \cdot \sqrt{3} \cdot 0,85} \sim 64,5 \text{ A} \quad (1)$$

Generaattorin maksimivirran laskin kaavasta 1, jossa  $S$  on näennäisteho,  $U$  on generaattorin jännite ja  $\cos \varphi$  on generaattorin tehokerroin. Valitsin sfs600-1 standardin taulukosta B.52.3 syöttökaapelin poikkipinnaksi 16mm<sup>2</sup> kuparin, jolloin kaapelin kuormitettavuus vapaasti maahan asennettuna voi olla 100A [6, s. 246]. Kaapelityypiksi valitsin Prysmian Groupin valmistaman VSB:n 5x16mm<sup>2</sup>, jossa on kolme vaihejohdinta sekä nolla- ja suojamaajohtimet. Kaapelin vaippa on materiaaliltaan eteenipropeenikumia, tästä syystä käytin taulukkoa B.52.3, joka kertoo kuormitettavuudet PEX- tai EPR- eristeisille kaapeleille [6]. Valmistaja antaa esitteessään kaapelille 72 A:n kuormituksen, joka poikkeaa standardin taulukon arvosta, mutta on silti riittävä käyttötarkoitukseensa[5]. Kaapelin vaipaksi valitsin kumin myös siksi, että sitä ei käytetä kiinteässä asennuksessa, vaan se asennetaan vapaasti maan päälle aina silloin, kun sitä käytetään. Syöttöjohdon toinen pää kytkettiin generaattoriin valmiisiin liittimiin ja toiseen päähän

asennettiin 63 ampeerin jatkopistorasia, joka käyttöönottohetkellä kytkettäisiin varavoimakeskuksen kojevastakkeeseen. Pumppaamojen koko vaihteli, ja tästä syystä myös varavoimakeskusten kojevastakkeiden koko vaihteli. Pienissä keskuksissa kojevastake oli vain 32 ampeerin, ja niiden vaihtaminen 63-ampeeriseksi olisi ollut työlästä. Polar 2000 Oy:n sähköasentajat tekivät koneisiin noin 0,5 metrin pituiset jatkojohtoadapterit 63 ampeerista 32 ampeeriin, jotta kaikkiin laitosten keskuksiin pystyttäisiin syöttämään sähköenergiaa.

### 3.2 Varavoimakeskukset

Generaattoreiden lisäksi Kouvolan Vesi tarvitsi pumppaamoihin ja käsittelylaitoksiin mahdollisuuden syöttää sähköenergiaa generaattorilta pumppaamoon. Kyseisiä laitoksia rakennettaessa varavoima syötön mahdollisuutta ei ollut rakennettu, joten Kouvolan Vesi tilasi Polar 2000 Oy:ltä varavoimajärjestelmän, ja minun tehtäväkseni tuli suunnitella ja rakentaa järjestelmä. Varavoimajärjestelmä tuli siis palvella jo olemassa olevia generaattoreita, ja niitä varten piti Kouvolan veden laitokset varustaa varavoimakeskuksin.



**KUVA 2. Periaatekaavio varavoimakeskuksesta**

Kuvassa 2 on esitetty periaatekuva varavoimakeskuksesta. Piirsin sen käyttämällä Cads-piirustusohjelmaa. Varavoimakeskus koostui kojevastakkeesta, johon generaattorin syöttöjohto kytketään, sekä verkkokytkimestä, jolla energian syöttö pystyttiin vaihtamaan verkosta varavoimageneraattoriin. Keskuksiin laitettiin myös merkkilamppu, jossa palaa valo, silloin kun verkosta tulee sähköä. Merkkilamppu tarvittiin, jotta pystyttäisiin varmentumaan ilman sähköistä mittausta, että sähköt ovat poikki.

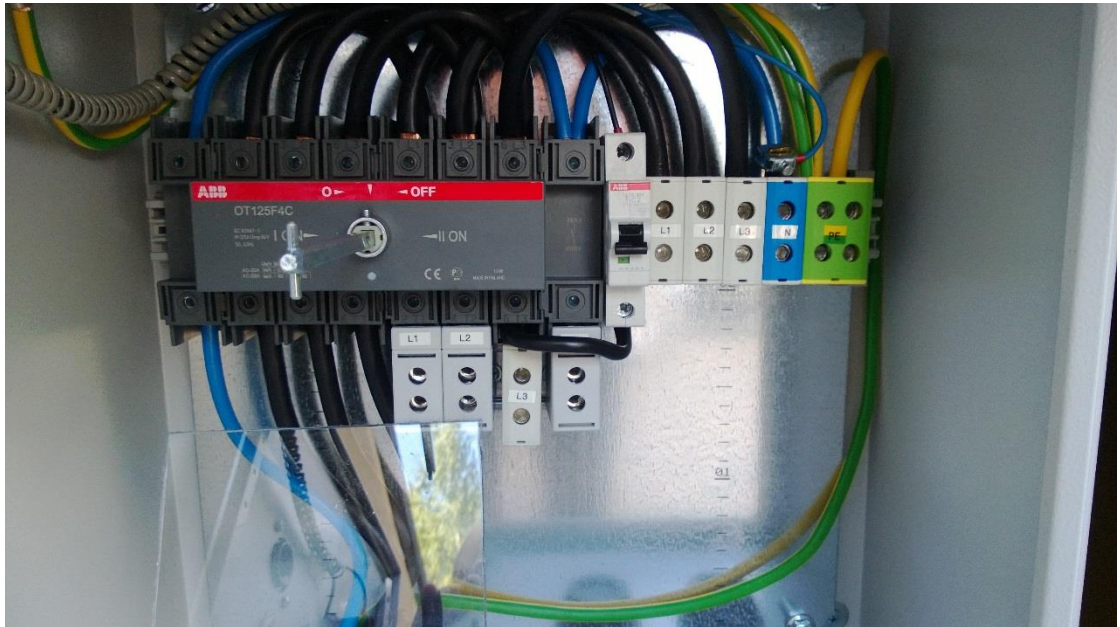


**KUVA 3. Varavoimakeskus käytössä**

Pumppaamoja, vedenottoa ja käsittelylaitoksia oli monenlaisia. Varavoimakeskukset sijoitettiin niihin kolmella eri tavalla. Laitoksen ollessa rakennuksen sisällä sijoitettiin verkkokytkin laitoksen sisälle ja syöttävä kojevastake laitoksen seinälle. Jos laitos oli maastossa tai jos rakennuksen sisällä oli vähän tilaa, rakennettiin laitoksen yhteyteen katujakokaappi, johon sijoitettiin verkonvaihto kytkin ja kojevastake. Katujakokaappia käytettiin myös asutuksen lähellä turvallisuussyistä. Generaattori on käyttöönoton jälkeen tarkoitus jättää laitokselle ilman valvontaa, ja näin ollen on turvallisempaa, että laitosta syöttävän johdon liitoskohta jää kaapin sisälle. Pienimpien huipputeholtaan alle 15 kW:n laitosten kohdalla vaihdettiin koko mittauskeskus. Kustannuksiltaan uusi pieni mittauskeskus ei tullut juurikaan kalliimmaksi kuin se, että vanhaan mittauskeskukseen olisi rakennettu varavoimamahdollisuus.

### 3.3 Verkkokytkin

Varavoimakeskusta suunniteltaessa tuli ottaa huomioon SFS 6000-5-53 -standardi, jonka mukaisesti on varmistettava, ettei generaattori voi toimia rinnan yleisen jakeluverkon kanssa [6, s329]. Tästä syystä täytyi jokaiseen varavoimakeskukseen asentaa kolmiasentoinen vaihtokytkin, jossa on varavoima-0-verkkoasennot. Tällöin varasyöttö ei voi toimia rinnan jakeluverkon kanssa. Verkkokytkintä käytetään siten, että sähkökatkon sattuessa keskuksen kannessa oleva valo sammuu, jolloin tiedetään, että verkkosyöttö on poissa käytöstä. Tällöin kytkin käännetään 0-asentoon ja käynnistetään generaattori. Generaattorin kierrosten tasaantuessa voidaan kytkin kääntää varavoima-asentoon, jolloin sähkönsyöttö palautuu laitokseen.



**KUVA 4. Kolmiasentoinen kytkin**

Kouvolan veden pumppaamojen tehot vaihtelevat kymmenestä kilowatista yli sataan kilowattiin. Tästä syystä jokaisen pumppaamon kohdalla oli vaihtokytkimen koko mietittävä erikseen. Kuvassa 4 on ABB:n 125-ampeerinen vaihtokytkin.

## **4 JÄRJESTELMÄN TOIMINTA**

Järjestelmää tulnaisiin käyttämään henkilökunnan kouluttamisen jälkeen vedenjakelun varmistamiseen. Järjestelmä toimii niin, että Kouvolan veden henkilökunta tarkkailee valvomosta laitostensa toimintaa. Sähkökatkon sattuessa valvomo-ohjelma ilmoittaa katkosta, jolloin Kouvolan henkilökunta saa tiedon katkosta ja hakee varavoimakoneen varastosta. Varavoimageneraattori asetetaan ajoneuvon perään ja viedään laitokselle, josta sähköt ovat katkenneet. Perillä laitoksella laitosmies kytkee generaattorin johdon laitoksessa olevaan varavoimakeskukseen ja kääntää verkkokytkimen 0-asentoon. Tämän jälkeen generaattori käynnistetään ja annetaan olla käynnissä jonkin aikaa. Dieselmoottorin kierrosten tasaantuessa kytkin voidaan kääntää varavoima-asentoon. Varavoimageneraattorilla on tarkoitus pitää käynnissä vain kriittisimmät kuormat, joten laitosmiehellä täytyy olla tiedossa, mitkä pumput tulee pystyä pitämään käynnissä sähkökatkoksen sattuessa. Kun generaattori syöttää laitosta ja vesihuolto on varmistettu, voi laitosmies jättää generaattorin laitokselle ja lähteä tekemään muita töitä. Sähköjen palattua generaattori laitetaan pois päältä ja verkkokytkin asetetaan taas verkko-asentoon. Lopuksi generaattori viedään varastoon huollettavaksi ja tankattavaksi odottamaan uutta käyttökertaa.

## **5 RAKENTAMISEN VALMISTELU**

Rakentamisen suunnittelu voitiin aloittaa sen jälkeen, kun olimme käyneet tilaajan kanssa paikoissa, joihin hän halusi, että varavoimajärjestelmä rakennettaisiin. Käydesämme laitoksilla pohdimme myös, miten kohteisiin tulisi järjestelmä rakentaa, jotta siitä tulisi loppukäyttäjille mahdollisimman hyvä ja helppokäyttöinen. Samalla otin valokuvia kohteista, jotta voisin näyttää kuvista sähköasentajille, kuinka järjestelmän rakennus tulisi toteuttaa ja miten eri komponentit sijoitettaisiin laitoksiin.

### **5.1 Tarvikkeiden tilaaminen**

Kesäaikana, jolloin järjestelmän rakennus aloitettiin, täytyi ottaa huomioon, että tarvikkeiden toimituksessa saattaa olla vaikeuksia, sillä kesäisin rakennetaan paljon, joten

esimerkiksi keskusvalmistajilla voi olla paljon tilauksia, mutta kesälomista johtuen rajalliset resurssit toimittaa tarvikkeita. Tästä syystä tarvikkeiden toimitus saattaa venähtää, ja se täytyy ottaa huomioon, kun esitetään tilaajalle mahdollista rakennusaikataulua.

Varavoimakeskusten kohdalla oli kaksi vaihtoehtoa. Olisimme joko voineet tilata tarvikkeet itse ja rakentaneet keskukset omissa työtiloissamme tai sitten tilata keskukset kokonaan valmiina keskusvalmistajalta. Päädyimme jälkimmäiseen ratkaisuun, sillä kokemus on osoittanut, ettei keskuksia ole taloudellisesti kannattavaa koota sähköasentajien toimesta erillisistä komponenteista. Keskukset tilattiin Aubox-nimiseltä valmistajalta, joka toimii Kotkassa ja on Polar 2000 Oy:n pitkäaikainen ja luotettava yhteistyökumppani. Keskusten toimitusaika oli kesällä noin 3 viikkoa tilauksesta. Muut tarvikkeet, kuten kaapelit, liittimet yms., ostettiin sähkötukkuliikkeistä. Kouvolassa toimii neljä keskeistä tukkuliikettä: SLO, Onninen, Rexel ja Ahlsell.

## **5.2 Urakoitsijat**

Tarvikkeiden tilaamisen jälkeen täytyi löytää toteuttajat. Yritykset ovat usein yhden tai kahden alan ammattilaisia, jolloin tulee tilanteita, joissa tarvitaan ulkopuolisen aliurakoitsijan palveluita. Tässä työssä pystyimme itse hoitamaan sähköasennukset, mutta paikoissa, joissa piti kaivaa maata, tarvitsimme ulkopuolista kaivu-urakoitsijaa. Tilasin kaivuutyöt Hcn-viesti Oy nimiseltä yritykseltä. Hcn-viesti Oy on tehnyt yhteistyötä yrityksemme kanssa ennenkin, joten heidän kanssaan oli helppo toimia.

## **6 RAKENTAMINEN**

Tarvikkeiden tilaamisen ja toteuttajien valinnan jälkeen järjestelmän rakentaminen voitiin aloittaa.

### **6.1 Aikataulu**

Tässä työssä ei ollut varsinaista aikataulua, vaan tilaaja odotti, että rakennustyöt edistyvät mahdollisimman nopeasti. Pidin tilaajan ajan tasalla töiden edistymisestä sähköpositiivisesti ja puhelimitse. Vaikka suoranaista aikataulua ei ollut sovittu, pyrin viemään järjestelmän rakentamista eteenpäin mahdollisimman nopeasti, sillä mahdollisimman

luotettava, hyvä ja nopea palvelu ovat yrityksen maineelle erittäin tärkeitä ja edellä mainitut seikat tuottavat varmasti jatkossakin tilauksia ja sitä kautta myös itselleni töitä.

Rakennusaikaa suunnitellessa täytyi ottaa huomioon neljä eri tahoja ja heidän aikataulunsa. Sähköasentajat työskentelevät usein pitkissä projekteissa, joista heitä voi olla vaikea saada yhden tai kahden päivän kestäväälle asennuskeikalle. Vuosilomat tulee myös ottaa huomioon aikataulua suunniteltaessa, sillä kesäisin suurin osa sähköasentajista pitää neljän viikon mittaisen kesälomansa. Polar 2000 Oy:llä on töissä kymmeniä sähköasentajia, joten sähköasentajan saaminen tekemään sähkötöitä ei ollut vaikeaa. Vesilaitokselle täytyi ilmoittaa viikkoa ennen työn tekemistä päivämäärä ja kellonaika, jolloin työ aiottiin toteuttaa, sillä mahdollisesta vesikatkosta piti laittaa ilmoitus Vesilaitoksen verkkosivuille. Hcn-viesti Oy oli erittäin joustava, ja yleensä kolmen päivän varoitusaika oli riittävä siihen, että sai kaivinkoneen paikalle. Kouvolan alueella toimii kaksi eri sähkölaitosta: KSS-Energia ja Kymenlaakson sähkö. Kss-Energialle ilmoitettiin puhe-limitse mahdollinen sähkökatkon tarve, ja Kymenlaakson sähkölle piti täyttää yleistietolomake, joka lähetettiin heille, ja mikäli sähkölaitoksille kävi suunniteltu aika, tulivat he katkaisemaan sähköt ja työt pystyttiin toteuttamaan. Neljän edellä mainitun tahon aikataulujen sovittaminen piti aloittaa paljon ennen aiottua rakentamista ja muodostui monesti melko hankalaksi toteuttaa.

## **6.2 Kaivuutyöt**

Varavoimakeskus tuli sijoittaa sähkölaitoksen syöttävän kaapelin ja mittauskeskuksen väliin. Näin ollen jouduttiin työt aloittamaan usein kaivuutöillä, jotta päästäisiin katkaisemaan syöttökaapeli sekä asentamaan lisäkaapeloinnit maahan.

Ennen kaivutöiden aloittamista oli työn alla olevan laitoksen syöttökaapeli sekä mahdolliset muut maassa olevat kaapelit kartoitettava, jotta pystyttiin turvallisesti aloittamaan kaivaminen. Sähkölaitoksilla on velvollisuus tulla kartoittamaan heidän omat kaapelinsa, mikäli kartoitusta haluava taho sitä vaatii. Toinen keino on soittaa Johtotieto Oy:lle tai lähestyä heitä heidän internetsivujen kautta ja kysyä mahdollisista kaapeleista, joita aiotulla kaivualueella on.

Polar 2000 Oy:llä on tytäryhtiö nimeltä Instam, ja heidän palveluihinsa kuuluu kuituverkkojen rakennuttamisen ohella suunnittelu ja dokumentointi. Instam Oy:n Kouvolan



konttori sijaitsee samassa toimipisteessä Polar 2000 Oy:n kanssa, joten sain heiltä tulosteen, jossa näkyi aiotun kaivualueen puhelinkaapelit. Yleensä laitoksen sijaitsevan verran syrjässä, että syöttökaapeli ja muut kaapelit uskallettiin kaivaa näkyviin Hcn-Viesti Oy:n tutkaamisen jälkeen.

Vaikka kaapelit ovatkin tutkattu ja niiden sijainti tiedetään, on kaivamisessa oltava todella varovainen. Työt pyrittiin tekemään mahdollisimman pitkälle valmiiksi ennen sähkökatkoksen tilaamista, joten kaapeli, jota kaivettiin esiin, oli jännitteinen. Kaivauksessa oli ojan reunalla koko ajan sähköalan ammattihenkilö katsomassa, ettei kaapelia vahingossa kaiveta rikki. Kaikista varotoimenpiteistä huolimatta katkaisimme yhdessä kohteessa puhelinkaapelin, joka ei onneksemme ollut käytössä, mutta vaati silti johdon korjaamisen.

### **6.3 Sähkötyöt**

Sähkötyöt aloitettiin kaapeleiden asentamisella. Mikäli kaapelit kulkivat maassa, oli kaivinkoneen kaivettava ensin kaapelioja, johon asennettaisiin kaksi syöttökaapelia sekä erillinen maadoitusjohdin. Syöttökaapeleista toinen tulisi generaattoria varten ja toinen sähköverkkoa varten. Maadoitusjohdin asennettiin parantamaan silmukkaimpedanssin arvoa, jolloin automaattinen poiskytkentä toimisi vikatilanteessa varmemmin. Maahan asennettavat kaapelit olivat mcmk-tyyppisiä, joissa vaippa on pvc-muovia, ja vaihe- ja nollajohtimien ympärillä kiertää konsentrisen maadoitusjohdin.

Maadoitusjohtimen tulee aiheuttaa syötön automaattinen poiskytkentä kaapelinvaihan vikaantuessa esimerkiksi lapion iskun mennessä kaapelin vaihan läpi vaihejohtimeen. Tällöin vaihejohtimen ja maadoitusjohtimen välille muodostuu oikosulku, joka aiheuttaa poiskytkennän. Kaapeliojan syvyys on määritelty SFS-standardissa 6000-8-814. Standardissa suositellaan kaapeliojan syvyydeksi 70 cm, jota käytimme kaapeliojia kaivaessamme. Ennen kaapelin asentamista laitoimme kaapeliojan pohjalle hienorakeista hiekkaa, sillä kaapelinvaiha voisi vaurioitua esimerkiksi terävistä kivistä. Kaapeleiden asentamisen jälkeen ojaan laitettiin vielä pienikerros hienorakeista hiekkaa, jonka päälle asennettiin keltainen sähkökaapelista varoittava nauha. Sen tarkoituksena on helpottaa kaapelin löytämistä jatkossa. Mikäli kaapelit asennettiin pinnallisesti seinälle, käytimme mmj-tyyppistä kaapelia.





**KUVA 5. Maahan asennettuja kaapeleita**

Kaapeleiden asentamisen yhteydessä asennettiin myös varavoimakeskus ja katujako-kaapit. Katujakokaappien jalustat tehtiin puusta, ja kaivinkone kaivoi kaappien asennusta varten kuopan. Ensin asennettiin sokkeli, jonka suoruus katsottiin vesivaa'an avulla. Sokkelin asennuksen jälkeen kaapelit pujotettiin sisään, minkä jälkeen muu osa kaapista nostettiin sokkelin päälle ja kiinnitettiin. Katujakokaapin nostamiseen oli hyvä käyttää kaivinkonetta apuna. Tämän jälkeen vielä tiivistimme mahdolliset kaapeleiden läpiviennit, jottei niistä pääsisi esimerkiksi hiiriä laitoksen sisälle. Raikasta vettä pumppaavilla laitoksilla on tärkeää, ettei bakteereita pääse laitoksen sisälle.



**KUVA 6. Läpiviennin tiivistäminen**

Kaapeleiden ja keskusten asentamisen jälkeen voitiin aloittaa kytkentätyöt niiden kaapeleiden osalta, jotka voitiin kytkeä ilman, että sähköjä katkaistaisiin. Kaapeleiden ylimääräinen osa katkaistiin ja vaippa kuorittiin ja poistettiin johdinten päältä. Mmj-kaapeleissa suojamaajohdin ei aiheuta mitään ylimääräisiä toimenpiteitä, mutta mcmk-tyyppisissä kaapeleissa konsentrisen suojaamaa on ensin kierrettävä pois muiden johtimien ympäriltä ja sitten laittaa konsentristen johdinten päälle keltavihreä. Häätapauksessa olisi voinut käyttää myös keltavihreää sähköteippiä, mutta käytimme kuitenkin sukkaa. Kaapelit kytkettiin liittimiin ja varmistettiin, että liitos oli varmasti kestävä, sillä löysäliitos voisi aiheuttaa kipinöintiä ja sitä kautta tulipaloriskin.

Kun työt olivat edenneet siihen vaiheeseen, että tarvittiin sähköjen pois kytkentää, oli ilmoitettava sähkölaitokselle, että he tulisivat tekemään sähkökatkon. Ennen sähkökatkoa varmistettiin, että kaikki työt ja valmistelut, mitkä voitiin tehdä ennen sähkökatkoa, oli tehty. Sähkökatko ei saanut kestää kauemmin kuin oli Kouvolan veden kanssa sovittu, joten mitään yllätyksiä ei mielellään saanut tapahtua. Ennen sähkökatkoa sammutin hallitusti pumpput sekä muut laitteet, jota äkillinen sähkökatkos olisi voinut haitata. Kun mielestämme kaikki oli valmista, katkaisi sähkölaitoksen asentaja sähköt laitoksesta. Sähköjen katkettua varmistimme vielä mittaamalla, että sähköt ovat tosiaan poikki, ja aloitimme työt. Töitä vaikeutti valojen sammuminen yöaikaan, sillä kaikkia katkoja ei ollut mahdollista toteuttaa päiväsaikaan, joten jouduimme työskentelemään yöllä aggregaatin antaman sähkön avulla.



**KUVA 7. Työskentelyä yöaikaan**

Kuvassa 7 työskennellään noin klo 3:00 työvalojen avulla. Sähkökatkon aikana nykyinen syöttöjohto katkaistiin, verkosta tuleva pää kytkettiin vaihtokytkimen tulevalle puolelle ja keskukselle menevä pää kytkettiin lähtevälle puolelle. Varavoimasyötön puolella kojevastakkeelta tuleva syöttöjohto kytkettiin vaihtokytkimen tulevalle puolelle ja lähtevistä navoista vedettiin kaapeli laitoksen keskukseseen ja kytkettiin keskuksen päävirtapiiriin mittauksen ohi.

Tässä kohtaa haasteena oli se, että keskusten päävirtapiirit olivat johdotettu hienosäikeisillä johtimilla, kun taas vaihtokytkimeltä tulevan kaapelin johtimet olivat paksumpisiä johtimia. Hienosäikeinen johdin ei meinannut pysyä saman liittimen alla paksumpisiä johtimen kanssa. Useiden yritysten jälkeen johtimien liitoksesta saatiin kuitenkin niin pitävä, ettei se irronnut. Laitoksia ei myöskään rasita tärinä, joka voisi vuosien saatossa löysätä liitosta, joten katsoimme liitoksen olevan riittävä.

Kytkeäntöjen jälkeen tarkistimme vielä kaikki liitokset ja suoritimme tarpeelliset mitaukset. Kun olimme varmoja kaiken olevan kunnossa, voitiin sähkölaitoksen asentajalle ilmoittaa, että sähköt voi palauttaa. Sähköjen palatessa käynnistimme laitoksen pumput ja muut laitteistot. Tämän jälkeen vielä siivosimme työn jäljet pois siten, että laitos oli yhtä siisti kuin se oli meidän sinne tullessakin.

#### **6.4 Käyttöönottomittaukset**

Sähkötöiden tekemiseen liittyy suurilta osin mittaukset. Mittausten avulla voidaan varmistua siitä, että sähkölaitteiston käyttö on turvallista. Käyttöönottomittauksessa tulisi tehdä seuraavat mittaukset: maadoituksenjatkuvuusmittaus, eristysresistanssin mittaus, silmukkaimpedanssin mittaus, vikavirtasuojien mittaus sekä keskuksen kiertosuunnan mittaus [1]. Mittauksissa käytettiin Polar 2000 Oy:n omistamaa FLUKE:n valmistamaa 1653B-asennustesteriä. Varavoimajärjestelmää rakennettaessa ei asennettu vikavirtasuojia, joten vikavirtasuojia ei mitattu. Liitteenä 1 on Kouvolan Veden Elimäellä sijaitsevasta pumppaamosta tehty mittauspöytäkirja, johon on kirjattu sähkömittauksista saadut mittaustulokset.

Ennen mittauksia asennukset tarkastettiin aistinvaraisesti. Aistinvarainen tarkastus tarkoittaa sitä, että koko ajan työtä tehdessä tarkkaillaan materiaalien kuntoa, oman työn

jälkeä sekä muiden työn jälkeen. Jos vikoja havaitaan, pitää niihin puuttua viipymättä. Materiaalivikoja voivat olla esimerkiksi vaurioituneet sähkökaapelit, jotka ovat saattaneet vaurioitua vaikkapa lastausvaiheessa trukin piikeistä. Varavoimajärjestelmää rakennettaessa tuli kiinnittää erityisesti huomiota johtimien liitoksiin sekä kaapeleiden asennukseen. Kaapeleiden asennuksessa tuli varmistua siitä, että ne ovat suojattu mekaanisilta rasituksilta, sekä siitä, etteivät taivutussäteet ole liian jyrkkiä. Kaapeleiden valmistajat ovat antaneet kaapeleilleen suurimman sallitun taivutussäteen, jota ei saa ylittää. Johtimien liitokset varmistettiin jälkikiristämällä liittimet sekä vetämällä johdinta pois päin liittimestä, jolloin löysä liitos olisi irronnut.

#### **6.4.1 Jatkuvuuden toteaminen**

Aistinvaraisen tarkastuksen jälkeen siirryttiin mittauksiin. Ennen kuin jännitettä kytkettiin, tarkistettiin jatkuvuusmittauksella se, että varavoimakeskukset olivat laitosten kanssa samassa potentiaalissa. Tämä tapahtui siten että mittareiden mittajohtojen resistanssi nollattiin ja kytkettiin mittajohtojen toinen pää laitoksen maadoituselektrodiin ja toinen pää varavoimakeskuksen runkoon. Tältä väliltä mitattiin resistanssin arvo, jonka tuli olla pienempi kuin  $1 \Omega$ . Käytännössä mittaustulokset olivat luokkaa alle  $0.1 \Omega$ , sillä varavoimakeskukset sijaitsivat aivan laitosten vieressä.

#### **6.4.2 Eristysresistanssin mittaus**

Ennen sähköjen takaisin kytkentää oli kaapeleista mitattava eristysresistanssi. Vaikkakin kaapelit näyttäisivät silmämääräisesti olevan kunnossa, on eristysresistanssimittauksella varmistuttava siitä, ettei kaapeleissa ole oikosulkua. Sähköjen kytkentä oikosulussa olevaan kaapeliin, voisi aiheuttaa vakavia vammoja henkilölle, joka kytkisi sähköt. Eristysresistanssi mitataan siten, että kytketään nolla- ja maadoituskiskoa yhdistävä johdin pois, yhdistetään nolla- ja vaihejohtimet ja mitataan resistanssi suojamaajohdinta vasten. Mittauksessa käytetään  $500 \text{ V:n}$  jännitettä, joten mittauksen aikana täytyy varoa, ettei kosketa mitattavaa piiriä. Mittauksella varmistutaan siitä, että jännitteiset osat ovat riittävän eristettyjä maapotentiaalista [1, s. 339]. Mittauksesta saatava resistanssiarvo tulisi olla yli  $1 \text{ M}\Omega$  [6, s. 355]. Mittaukset tehtiin uusiin asennettuihin kaapeleihin, ja arvot olivat aina yli  $500 \text{ M}\Omega$ , joka tarkoittaa käytännössä ääretöntä. Eristysresistanssimittauksen jälkeen sähköjen kytkentä laitteistoon oli turvallista ja sen jälkeen sähkölaitos palautti sähköt laitokselle.

### 6.4.3 Pyörimissuunnan tarkastus

Sähköjen palautuksen jälkeen tarkastimme laitoksen pyörimissuunnan, eli sen kuinka päin sähköverkko pyörii. Laitoksen pyörimissuunta oli tarkastettu mittaamalla ja merkitty muistiin ennen sähköjen poiskytkentää. Laitoksessa, jossa on pyöriviä sähkölaitteistoja, on hyvin tärkeää, että pyörimissuunta on oikein, koska väärinpäin pyörivät laitteet eivät joko kestä sitä tai eivät toimi, kuten ne ovat suunniteltu. Pyörimissuunnat mitattiin myös molemmista generaattoreista siten, että kaikki mahdolliset jatkojohdot ja adapterijohdot oli kytketty. Vasta silloin pystyttiin varmistumaan siitä, että generaattoreita voitaisiin käyttää laitosten syöttämiseen, koska Kw-set Oy:n edustajan mukaan generaattoreiden pyörimissuuntaa ei voi vaihtaa. Näin ollen oli tärkeää, että generaattorit pyörisivät heti samoin päin kuin laitosten normaali verkkokin. Ennen järjestelmän lopullista käyttöönottoa kävi Polar 2000 Oy:n sähköasentaja tarkastamassa jokaisen pumppaamon pyörimissuunnat, ja mikäli eroavaisuuksia olisi löytynyt, hän olisi merkinnyt ne, ja niissä pumppaamoissa, joissa pyörimissuunta olisi ollut eri päin kuin generaattoreissa, olisi tarvinnut käyttää suunnanvaihtojatkojohtoja, joilla pyörimissuunta saataisiin käännettyä. Kaikkien laitosten sähköverkot kuitenkin pyörivät samaan suuntaan, joten mihinkään toimenpiteisiin ei tarvinnut ryhtyä.

### 6.4.4 Oikosulkuvirrat

Laitoksista mitattiin myös silmukkaimpedanssit sekä oikosulkuvirrat, jotta voitaisiin varmistua siitä, että vikatilanteessa automaattinen poiskytkentä toimisi. Suuremmassa generaattorissa suojana toimi 80 ampeerin C-käyrällinen johdonsuojakatkaisija. D1- käsitteen taulukosta 41.4a löytyy pienin mahdollinen toimintavirta, joka on 80 ampeerin johdonsuojakatkaisijalle 800 ampeeria, ja mitattu arvo tulee olla 25 % suurempi, joka tarkoittaa 1000 ampeeria [1, s. 93]. Oikosulkuvirtojen mittaustulokset olivat luokkaa 2-4 kiloampeeria, sillä laitokset sijaitsivat aina muuntajien lähetyvillä, jolloin oikosulkuvirroissa ei yleensä synny ongelmia. Jos ongelmia olisi syntynyt, olisi johtimien poikkipintaa täytynyt kasvattaa. Mittausarvot olivat kuitenkin hyviä, joten voitiin varmistua siitä, että vikatilanteessa automaattinen poiskytkentä toimisi.

## **7 TURVALLISUUS**

Turvallisuusasioiden täytyy olla merkittävästi mukana uutta laitteistoa suunniteltaessa, rakentaessa ja käytettäessä. Työnjohtajana tai projektipäällikkönä toimiessa on hyvä muistaa, että vastuu työntekijöiden turvallisuudesta on viime kädessä esimiehellä. Se tarkoittaa sitä, että jos työntekijöille sattuisi jotain työaikana, voisi työnjohtaja pahimmassa tapauksessa joutua vastaamaan tapaturmasta oikeudessa ja sitä kautta joutua maksamaan korvauksia tai saada jopa vankeusrangaistuksen. Tällaisia asioita ei tule kovinkaan usein mietittyä antaessaan työkomennuksia. Työnjohtajan vastuuta voidaan kuitenkin vähentää tekemällä jokaiseen työhön työkohtainen perehdytys ja ottamalla sen jälkeen työntekijän allekirjoitus perehdytyksestä. Tällöin tapaturman sattuessa työnjohtaja voi todistaa, että työntekijä on ollut tietoinen työhön liittyvistä riskeistä, eikä työnjohtajaa voida tuomita syylliseksi tapaturmaan. Tällainen käytäntö on jo olemassa isoissa teollisuuslaitoksissa.

### **7.1 Laitteiston turvallisuus**

Laitteiston turvallisuudesta varmistuttiin tekemällä sähköiset mittaukset. Lisäksi täytyy varmistua siitä, ettei jännitteisiin osiin voi päästä käsiksi. Oikein käytettynä järjestelmä on todettu turvalliseksi.

### **7.2 Työturvallisuus**

Työturvallisuuteen kiinnitetään aina vain enemmän ja enemmän huomiota, ja tavoitteena olisi nolla tapaturmaa. Polar 2000 Oy:n henkilökunta on työturvallisuuskoulutettua ja jokaisella työntekijällä on voimassa oleva työturvallisuuskortti. Työturvallisuuskortin lisäksi jokaisella sähkötöitä tekevällä täytyy olla voimassa oleva sfs6002 sähkötyöturvallisuustutkinto. Koulutusten lisäksi työntekijöillä on apunaan suojarusteet, kuten heijastava huomioasuste, turvakengät, suojalasit, tarvittaessa kypärä ja kuulosuojaimet.

Koulutuksista ja suojarusteista huolimatta jokaisen työkohteen riskit täytyy arvioida erikseen. Tässä projektissa mainittavia riskejä olivat sähköiskun vaara, putoaminen kaa-

peliojaan sekä viiltohaavat. Sähköiskun vaara eliminoitiin tekemällä laitteisto jännitteettömäksi ja sen jälkeen toteamalla jännitteettömyys. Jännitteen kytkemistä emme voineet estää sähkölaitoksen kaapeleista, jolloin pieni riski oli olemassa. Sähkölaitoksen kanssa oli kuitenkin sovittu, että sähköt saisi palauttaa vasta sitten, kun laitteistoa rakentava sähköasentaja antaa luvan, ja näin tapahtuikin, joten tapaturmia ei siltä osin sattunut. Kaapeliojaan putoaminen olisi voinut aiheuttaa jonkinasteisen jalkavamman, ja se pyrittiin välttämään henkilökohtaisella varovaisuudella, eikä tapaturmia sattunut.

Viiltohaavat ovat minun kokemusteni mukaan sähköasentajilla kaikista yleisimpiä tapaturmia. Kaapeleiden vaippoja kuorittaessa saattaa kuorintatyökalu helposti lipsahtaa kämmeneen tai ranteeseen ja aiheuttaa kovan verenvuodon. Etenkin kovavaippaisten maakaapeleiden kuorimisessa on syytä olla varovainen. Viiltohaavoja voidaan ehkäistä käyttämällä kaapeleiden kuorimiseen tarkoitettuja viiltosuojahanskoja, jotka ehkäisevät viiltohaavoja. Viiltosuojahanskoilla ei kuitenkaan ole hyvä tehdä muunlaisia töitä, joten ne saattavat unohtua, jolloin kaapelit kuoritaan ilman niitä. Viiltohaavojakaan ei onneksemme sattunut projektia tehdessä, joten onnistuimme siltä osin tavoitteessamme saavuttaa nolla tapaturmaa töiden aikana.

## **8 JÄRJESTELMÄN KÄYTTÖ JA HUOLTO**

### **8.1 Henkilökunnan koulutus**

Kouvolan veden henkilökunnalle pidettiin koulutus 11.12.2013, koska Cumminssin varavoimageneraattoreiden käyttöön ja kuormittamiseen vaaditaan koulutus, joka antaa pätevyuden käyttää generaattoria turvallisesti [3]. Koulutuksen järjesti generaattoreiden jälleenmyyjä Kw-set Oy, ja kouluttajana toimi heidän edustajansa. Koulutuksessa oli mukana useita Kouvolan veden työntekijöitä. Koulutuksessa opastettiin käyttämään järjestelmää oikein ja turvallisesti. Minun oli myös tarkoitus osallistua koulutukseen, mutta tenttipäivä esti minua menemästä, joten opastin yrityksestämme sähköasentajan pitämään järjestelmän rakentajan osuuden koulutuksesta. Meidän osuutemme koulutuksessa oli opettaa varavoimakeskuksen käyttö ja toiminta, jotta tilaajan henkilökunta jatkossa voisi itsenäisesti hoitaa generaattoreiden käytön.





**KUVA 7. Henkilökunnan koulutustilaisuus**

## 8.2 Huoltotoimenpiteet

Tällaisessa yksinkertaisessa järjestelmässä ei ole paljoakaan huollettavaa. Ongelmana on kuitenkin se, että varavoimajärjestelmää käytetään hyvin harvoin. Oikeastaan mitä vähemmän järjestelmää tarvitaan, sen parempi. Generaattoreiden kunnosta vastaa Kouvolan vesi, joten siihen ei minun tarvinnut kiinnittää sen parempaa huomiota. Generaattoreita huolletaan siten niin kuin muitakin dieselmotoreita. Kw-set Oy:ltä voi myös ostaa generaattoreiden huoltopalvelut eräänlaisena huoltosopimuksena. Varavoimakuksissa ei ole sellaisia komponentteja, jotka vaatisivat huoltoa. Sovimme kuitenkin tilaajan kanssa, että laitosten varvoimapuolta kokeiltaisiin kerran vuodessa. Näin voidaan varmistua siitä, että varavoimajärjestelmä toimii tarpeen tullen. Mahdollisia vikoja voi mielestäni esiintyä kaapeleissa ja kytkimissä, ja viat voidaan todeta kokeilemalla järjestelmän toimintaa vuosittain. Kaapelointeihin voi esimerkiksi tulla mekaanisia vikoja, sillä suurin osa kaapeloinneista sijaitsee maan alla, jolloin niiden vaippoihin voi tulla vaurioita esimerkiksi joidenkin pienten nisäkkäiden toimesta. Järjestelmän testauksista olisi myös hyvä pitää jonkunlaista dokumentointia, josta pystyttäisiin seuraamaan sitä, että kaikki laitokset olisivat varmasti testattuja ja toimintakuntoisia.



## 9 YHTEENVETO

### 9.1 Kehitysehdotukset

Järjestelmästä tuli juuri sellainen kuin oli suunniteltu. Se on yksinkertainen ja helppo käyttää, eikä siinä helposti rikkoutuvia osia. Järjestelmästä olisi kuitenkin vielä voinut tehdä paremman, mutta se olisi tuonut lisäkustannuksia.

Tällä hetkellä ongelmana on se, että varavoimageneraattori syöttää laitoksen pääkeskusta siten, että laitoksen kaikki kuormat voisivat olla yhtä aikaa käytössä. Se ei ole ongelma pienillä laitoksilla, mutta isoimmissa laitoksissa generaattorin syöttöteho ei riitä pitämään koko laitosta käynnissä. Esitin ongelman tilaajalle, mutta asialle ei tehty mitään, koska suurimmissa laitoksissa ei olekaan tarkoitus pitää kaikkia kuormia päällä varavoimageneraattorilla, vaan varavoimalla syötetään ainoastaan kaikkein kriittisimpiä kuormia. Tällä hetkellä Kouvolan veden henkilökunnan täytyy siis tietää, mitä pumppuja voidaan käyttää varavoimakoneella, jolloin uudet henkilöt ovat aina koulutettava, ennen kuin he voivat käyttää varavoimajärjestelmää. Ongelman voisi poistaa siten, että muutettaisiin laitosten sähkökeskusten johdotuksia niin, että varavoimageneraattori syöttäisi ainoastaan niitä kuormia, jotka ovat välttämättömiä vesihuoltoa ajatellen. Johdotusten muuttaminen vaatisi suunnittelua, sähkökatkoja ja asennustyötä kuitenkin niin paljon, että olimme tilaajan kanssa yhtä mieltä siitä, ettei keskuksien johdotuksia ole tarpeellista muuttaa, ainakaan vielä. Toinen vaihtoehto olisi viedä laitoksiin ohjeet siitä, mitä kuormia varavoimageneraattorilla voidaan syöttää.

Kouvolan vedellä on pumppaamoillaan valvontajärjestelmä, josta he voivat valvoa laitostensa toimintaa. Se tarkoittaa sitä, että kaikkiin pumppaamoihin voitaisiin rakentaa sellainen varavoimajärjestelmä, jonka voisi käynnistää sähkökatkon sattuessa Kouvolan veden valvomosta, tai sitten se käynnistyisi automaattisesti sähkökatkon tapahtuessa. Tällainen varavoimajärjestelmä vaatisi jokaiseen laitokseen oman generaattorin sekä generaattorin ohjausjärjestelmän. Kustannuksiltaan tällainen tulisi erittäin paljon kalliimmaksi, mutta sillä ei kuitenkaan saavutettaisi nykyiseen järjestelmään nähden paljoakaan etuja. Automaattisessa järjestelmässä ei tietenkään olisi viivettä, eikä Kouvolan veden henkilön tarvitsi viedä varavoimageneraattoria laitokselle. Sähkökatkot ovat kuitenkin niin satunnaisia, ettei tällaista varavoimajärjestelmää kannata rakentaa.

## 9.2 Järjestelmä käytössä

Järjestelmä otettiin käyttöön oikeasti 12.12.2013, jolloin Seijaksi nimetty myrsky katkoi sähköjä eri puolelta Suomea. Sähköt olivat poikki myös kahdelta Kouvolan veden laitokselta, jolloin laitospäivät veivät varavoimageneraattorit sähköttömille laitoksille ja laittoivat toimintaan. Varavoiman turvin laitokset pystyivät jatkamaan veden pumpausta ja käsittelyä ilman minkäänlaista katkosta jakelussa. Varavoimageneraattorit ehdivät toimia noin neljä tuntia, minkä jälkeen sähköverkko saatiin jälleen toimintaan. Viimeistään silloin varmistuin siitä, että varavoimajärjestelmä on toimiva ja erittäin tarpeellinen asiakkaalle.

## 9.3 Lopuksi

Nyt kun järjestelmä on valmis, käyttökuntoinen ja testattu, voin hieman pohtia, mitä olen saanut aikaan. Projekti kesti suunnitteluvaiheesta ensimmäiseen testaukseen noin puoli vuotta. Aluksi kun sain työn tehtäväkseni, se tuntui melko hankalalta. Oli kesäloma-aika, ja esimieheni, jolta olen tottunut kysymään neuvoa, oli lomalla, joten jouduin suorittamaan järjestelmän suunnittelun ja rakennuksen aloituksen käytännössä yksin. Kokemuksen puutteen johdosta tunsin itseni hieman epävarmaksi aloittamaan tällaista työtä, ja nyt jälkepäin ajatellen minun olisi täytynyt kysyä enemmän neuvoja joltain minua kokeneemmalta sähköalan henkilöltä. En kuitenkaan osannut rakennusvaiheessa kääntyä kenenkään kokeneemman puoleen, vaan ajattelin, että työ opettaa tekijäänsä.

Apua suunnitteluun sain sähköalan standardeista ja tutustumalla muhin vastaaviin töihin. Rakennusvaiheessa minulla oli apunani muut urakoitsijat sekä sähköasentajat, joilla kaikilla oli pitkä kokemus omasta alastaan. Työ ei näin jälkepäin ajateltuna ole teknisesti kovinkaan erityinen. Yksinkertaisimmillaan se oli vain vaihtokytkimen asennus syöttökaapeleiden välille. Työn laajuus ja se, että se piti toteuttaa jo valmiisiin laitoksiin, teki siitä haastavan. Työnjohtajana täytyy vastata kaikista asioista, mitkä liittyvät rakentamiseen ja siihen, että työ luovutetaan käyttäjille sellaisena, josta olimme alun perin tilaajan kanssa sopineet. Työn kustannukset eivät saa nousta liian suuriksi, sillä silloin asiakas ostaa palvelut jatkossa joltain muulta yritykseltä. Toisaalta täytyy muistaa, että yrityksenkin täytyy saada voittoa, jotta yritystoimintaa on mielekästä jatkaa,

joten oikeastaan suurin asia työnjohtajalla on saada työ edullisesti, mutta kannattavasti toteutettua.

Työ opetti minua toimimaan muiden urakoitsijoiden kanssa yhteistyössä, mikä on tärkeää tulevaa uraani ajatellen. Yrityksen tulee minun mielestä keskittyä omaan liiketoimintaansa ja olla hyvä siinä. Esimerkiksi Polar 2000 Oy tekee sähköurakointia, joten silloin tarvitsee joissakin töissä myös muiden urakoitsijoiden ja toimijoiden apua. Hyvä yhteistyö muiden toimijoiden kanssa mahdollistaa suurempien kokonaisuuksien toteutuksen sekä sen, että tilaajalle voidaan tarjota kaikki palvelut saman pääurakoitsijan kautta. Näin ollen tilaajan ei tarvitse toimia kuin yhden urakoitsijan kanssa.

Omasta mielestäni työ oli riittävän haastava ensimmäiseksi omaksi projektikseni. Tulevaisuudessa saan toteutettavakseni varmasti paljon haastavampiakin töitä, mutta olen tyytyväinen, että ensimmäiset omat projektini ovat olleet sellaisia, että olen selvinnyt niistä. Lopuksi haluan vielä kiittää tilaajaa Kouvolan veden Aleksi Päkkiä, joka mahdollisti tämän työn toteutuksen, sekä Polar 2000 Oy:tä, jonka palveluksessa sain työn toteuttaa.

## LÄHTEET

1. D1-2012 käsikirja rakennusten sähköasennuksista  
Sähköinfo 2012
2. Kouvolan vesi Oy. Yrityksen verkkosivut.  
[www.kouvolanvesi.fi/kouvolan-vesi/](http://www.kouvolanvesi.fi/kouvolan-vesi/)  
Päivitetty 6.1.2014. Luettu 6.1.2014.
3. Kw-set Oy, Cummins dieselgeneraattorin Työturvallisuusopas 2012. Verkkodokumentti  
<http://www.kwset.fi/pages/lataukset/yhteiset/0908-0110-08.pdf>  
Päivitetty 5.11.2009. Luettu 10.1.2014.
4. Polar 2000 Oy. Yrityksen verkkosivut.  
<http://www.polar2000.fi>  
Päivitetty 6.1.2014. Luettu 6.1.2014.
5. Prysmian group. Kaapeliesite. Verkkodokumentti  
[http://fi.prysmiangroup.com/en/business\\_markets/markets/ti/downloads/datasheets/ATON\\_VSB.pdf](http://fi.prysmiangroup.com/en/business_markets/markets/ti/downloads/datasheets/ATON_VSB.pdf)  
Päivitetty 29.10.2013. Luettu 10.1.2014.
6. SFS käsikirja 600-1 osa 1:SFS 6000 pienjännitesähköasennukset.  
Suomen standardisoimisliitto SFS ry. Helsinki. 2012
7. Vesilaitosyhdistys. Myrskyselvitysraportti vuosi 2012. Verkkodokumentti.  
[http://www.vvy.fi/files/2426/myrskyselvitys\\_raportti.pdf](http://www.vvy.fi/files/2426/myrskyselvitys_raportti.pdf)  
Päivitetty 13.11.2012. Luettu 6.1.2014.

