



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU  
VASA YRKESHÖGSKOLA  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Riikka Korpi

# VOIMALAITOSTEN KAAPELEIDEN ALUSTAVA ARVIO

Tekniikka ja liikenne  
2012

## **ALKUSANAT**

Opinnäytetyö on tehty keväällä 2012 Vaasan ammattikorkeakoulun sähkötekniikan koulutusohjelmassa. Työ tehtiin Vaasa Engineering Oy:n Diesel- ja kaasumootorilaitos liiketoimintayksikölle.

Haluan kiittää ammattikorkeakoulun puolesta opinnäytetyötäni ohjannutta lehtori Olli Tuovista. Haluan kiittää myös yrityksen puolesta opinnäytetyöni ohjannutta projekti-insinööri Rami Aihista laadukkaista neuvoista ja ohjaamisesta. Erityiskiitokset haluan osoittaa yliopettaja Pirjo Prosille avuista, joita sain ohjelmoinnin kanssa. Lisäksi haluan kiittää Vaasa Engineering Oy:n työntekijöitä saamastani avusta ja kannustuksesta.

Vaasassa 25.4.2012

Riikka Korpi

## VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU

Sähkötekniikan koulutusohjelma

**TIIVISTELMÄ**

Tekijä	Riikka Korpi
Opinnäytetyön nimi	Voimalaitosten kaapeleiden alustava arvio
Vuosi	2012
Kieli	suomi
Sivumäärä	48 + 1 liite
Ohjaaja	Olli Tuovinen

---

Opinnäytetyö tehtiin Vaasa Engineering Oy:n Diesel- ja kaasumoottorilaitos liiketoimintayksikölle. Tavoitteena oli kehittää ohjelma, joka generoisi voimalaitoksiin alustavat kaapelilistat paneelivalintojen perusteella. Työkalun on tarkoitus olla sekä suunnittelijoiden että projektipäälliköiden apuna.

Työtä varten tuli perehtyä ohjelmointiin tarkemmin. Ohjelman tekoon käytettiin Microsoft Access 2003-relaatiotietokantaohjelmaa. Tietokanta valittiin tietojen säilytyspaikaksi, koska tietokannassa suurta tietomäärää on helpoin hallita. Accessin valintaa puolsi myös se, että ohjelmaan sisältyy Visual Basic for Application, joka on Microsoftin sovellusohjelmissa käytetty ohjelmointikieli. Työtä varten läpikäytiin 5 ennalta valittua projektia, joiden tiedoista tietokanta muodostuu.

Työn tavoite saavutettiin, kun ohjelma havaittiin toimivaksi. Ohjelmaa voidaan kehittää jatkossa esimerkiksi lisäämällä lisää tietoa tietokantaan ja käyttöliittymäparannuksin. Ohjelma tulee käyttöön AD- osaston suunnittelijoille ja projektipäälliköille.

VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES  
Sähkötekniikan koulutusohjelma

## ABSTRACT

Author	Riikka Korpi
Title	Generating Preliminary Cable Lists for Power Plants
Year	2012
Language	Finnish
Pages	48 + 1 Appendix
Name of Supervisor	Olli Tuovinen

---

The thesis was made for Vaasa Engineering Oy Diesel and Gas power plants business unit. The main purpose was to develop software that would generate preliminary cable lists for power plants based on panel selections. The software is designed for engineers and project managers.

For this thesis learning software design was necessary. Microsoft Access 2003 relational database program was used as a tool to develop the software. Database was selected as data storage because the easiest way to manage large amount of data is database. Access was a good choice because the program includes Visual Basic for Applications which is programming language for Microsoft's application programs. The data for the database was collected from five projects that had been chosen previously.

The objective of the thesis was achieved when the software was discovered functioning. The software can be developed for example by adding more data in the database or by improving the user interface. The software will be used by engineers and project managers in Diesel and Gas power plants business unit.

---

Keywords                      Access, relational database, Visual Basic for Applications

## SISÄLLYS

ALKUSANAT .....	2
TIIVISTELMÄ .....	3
ABSTRACT .....	4
1 JOHDANTO.....	10
1.1 Työn tausta.....	10
1.2 Työn tavoite .....	10
1.3 Työn rajaus.....	11
1.4 Vaasa Engineering Oy .....	11
1.4.1 Diesel- ja kaasumoottorilaitos liiketoimintayksikkö.....	11
2 YLEISTÄ .....	12
2.1 Yleistä dieselmoottorista.....	12
2.1.1 Dieselmoottori laivakäytössä .....	12
2.2 Yleistä kaasumoottorista.....	12
2.3 Yleistä diesel- ja kaasuvoimalaitoksista .....	13
2.4 Yleistä voimalaitosten kaapeloinnista.....	13
2.5 Polttomoottorivoimalaitoksen prosessit.....	15
2.5.1 Voimalaitoksen järjestelmät yleisesti.....	16
2.5.2 Voimalaitoksen paineilmajärjestelmä .....	18
2.5.3 Voimalaitoksen polttoainejärjestelmä.....	19
2.5.4 Voimalaitoksen vedenkäsittelyjärjestelmä.....	21
2.5.5 Voimalaitoksen lämmöntalteenottojärjestelmä.....	23
2.5.6 Voimalaitoksen automaatiojärjestelmä .....	24
2.5.7 Konekohtaiset mittaukset .....	25
2.5.8 Konekohtainen voiteluöljyjärjestelmä .....	28
2.5.9 Konekohtainen jäähdytysjärjestelmä .....	29

3	KAAPELITIETOKANNAN SUUNNITTELU .....	30
3.1	Miksi tietokanta?.....	30
3.2	Relaatiotietokantamalli .....	30
3.2.1	Lyhyt historia .....	30
3.2.2	RTM:n rakenteeseen liittyvät termit .....	30
3.3	ER -mallinnus .....	32
4	KAAPELITIETOKANNAN TOTEUTUS .....	34
4.1	Yleistä .....	34
4.2	Microsoft Access 2003 .....	35
4.3	Tietokannan toteutus.....	35
4.3.1	Tietokannan taulut.....	35
4.3.2	Tietokannan käyttöliittymä .....	40
4.3.3	Tietokannan kyselyt .....	42
4.3.4	Kontrollien ohjelmointi.....	43
5	YHTEENVETO .....	47
	LÄHTEET.....	48
	LIITTEET	

## KÄYTETYT TERMIT JA LYHENTEET

AD- osasto	Diesel- ja kaasumoottorilaitos-liiketoimintayksikkö
Common	Central control panel, common section, ohjausjärjestelmän keskuspaneeli
ER- mallinnus	Entity relationship -mallinnus
Genset	Moottori ja generaattori yhdessä siten, että saadaan tuotettua sähköä
HFO	Heavy fuel oil, raskas polttoöljy
HS- osasto	Vesivoima ja sähköasemat-liiketoimintayksikkö
HV	High voltage, korkeajännite
LFO	Light fuel oil, kevyt polttoöljy
LT	Low temperature, matalalämpöinen
LV	Low voltage, pienjännite
MoPo- lista	Monitoring Point lista
MV	Medium voltage, keskijännite
RTM	Relaatiotietokantamalli
TI- osasto	Lämpövoima ja teollisuus-liiketoimintayksikkö
VBA	Visual Basic for Applications, Microsoftin sovellusohjelmassa käytetty ohjelmointikieli
VEO	Vaasa Engineering Oy

**KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO**

<b>Kuva 1.</b>	Yleinen automaatiojärjestelmän layout	s. 14
<b>Kuva 2.</b>	Konekohtaisen plc:n layout	s. 15
<b>Kuva 3.</b>	Voimalaitoksen yleiskuva	s. 16
<b>Kuva 4.</b>	Voimalaitoksen keski- ja pienjännitejärjestelmä	s. 17
<b>Kuva 5.</b>	Voimalaitoksen paineilmajärjestelmä	s. 18
<b>Kuva 6.</b>	Voimalaitoksen polttoaineen käsittely	s. 19
<b>Kuva 7.</b>	Voimalaitoksen polttoaineen syöttö	s. 20
<b>Kuva 8.</b>	Voimalaitoksen öljyisen veden käsittely	s. 21
<b>Kuva 9.</b>	Voimalaitoksen vedenkäsittely	s. 22
<b>Kuva 10.</b>	Voimalaitoksen lämmön talteenottojärjestelmä	s. 23
<b>Kuva 11.</b>	Voimalaitoksen automaatiojärjestelmä	s. 24
<b>Kuva 12.</b>	Konekohtaiset lämpötilamittaukset	s. 25
<b>Kuva 13.</b>	Konekohtaisen control-ikkuna	s. 26
<b>Kuva 14.</b>	Konekohtaiset polttoainemittaukset	s. 27
<b>Kuva 15.</b>	Konekohtainen voiteluöljyjärjestelmä	s. 28
<b>Kuva 16.</b>	Konekohtainen jäähdytysjärjestelmä	s. 29
<b>Kuva 17.</b>	Ote Excel-ohjelmalla toteutetusta tiedonkeruusta	s. 34
<b>Kuva 18.</b>	Diesel-T-taulu	s. 36
<b>Kuva 19.</b>	tblPanel-taulu	s. 37
<b>Kuva 20.</b>	tblCablegroups-taulu	s. 37



<b>Kuva 21.</b>	tblCable-taulu	s. 38
<b>Kuva 22.</b>	tblType-taulu	s. 39
<b>Kuva 23.</b>	tblGroups taulu.	s. 39
<b>Kuva 24.</b>	tblCable_FromTo-taulu	s. 40
<b>Kuva 25.</b>	Valmiin ohjelman käyttöliittymä	s. 42
<b>Kuva 26.</b>	Ote alustavasta kaapelilistasta Excel-muodossa	s. 45
<b>Kuva 27.</b>	Ote alustavasta kaapelilistasta, Vertex yhteensopiva	s. 46

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Työn tausta

Vaasa Engineering Oy:n AD- osastolla toteutetaan vuosittain monia kymmeniä voimalaitosprojekteja. Asiakkaalta tulee yleensä hyvin varhaisessa vaiheessa pyyntö toimittaa alustava kaapelilista. Jokaiseen voimalaitosprojektiin suunnittelija suunnittelee erikseen alustavan kaapelilistan asiakkaalta saatavan MoPo- listan mukaan. Alustavan kaapelilistan tekoon ei ole vielä olemassa ohjelmaa, joka helpottaisi suunnittelijoiden työskentelyä.

Asiakkaalta saatavan MoPo- listan perusteella nähdään, mitä mittauksia ja signaaleita voimalaitosprojektissa on sekä mitä paneeleita projektissa on ja näihin sitten tarvitaan kaapelit. Koska mittaukset ja signaalit esitetään alustavissa kaapelilistoissa tietyn logiikan mukaisesti, sama työ tehdään käsityönä suunnittelijoiden toimesta moneen kertaan. Suunnittelijoilla kuluu tehokasta työaikaa asiaan, johon voitaisiin kehittää ohjelma, joka tekee alustavat kaapelilistat automaattisesti.

## 1.2 Työn tavoite

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on luoda ohjelma, joka generoi alustavat kaapelilistat voimalaitosprojekteihin sen perusteella, mitä paneeleita voimalaitosprojektissa on. Tämän työkalun tarkoitus on olla apuna sekä suunnittelijoiden että projektipäälliköiden työssä.

Työkalua on tarkoitus lähteä toteuttamaan joko MS Office Excel- taulukkolaskentaohjelmalla tai jollain tarkoitukseen sopivalla tietokantaohjelmalla. Tarkoituksena on, että työkalun avulla luotu alustava kaapelilista saadaan siirrettyä yrityksessä käytössä olevaan tietokantapohjaiseen suunnitteluohjelmaan Vertex ED:hen, jotta suunnittelijat pystyisivät saamaan työkalusta kaiken mahdollisen hyödyn irti. Tarkoituksena on vielä luoda Vertex ED:hen kaapeleiden ja niiden johtimien tietokanta. Lisäksi työkaluun olisi hyvä luoda ylläpito näkymä, jonka avulla tietokantaan pystytään mm. lisäämään uusia kaapeleita tai poistamaan vanhentuneita kaapeleita.

### **1.3 Työn rajaus**

Työkalua lähdetään työstämään läpikäymällä Vaasa Engineering Oy:n AD-osaston toimituksessa olleiden voimalaitosprojektien kaapelilistoja. Opinnäytetyö rajataan siten, että työssä käytetään noin viittä projektia, jotka ovat olleet ns. hyviä projekteja. Tarkoituksena on laajentaa tietokantaa myöhemmin, kunhan aluksi saadaan toteutettua toimiva työkalu.

### **1.4 Vaasa Engineering Oy**

Vaasa Engineering on perustettu vuonna 1989. Päätoimipiste on Vaasassa, jossa työskentelee suurin osa henkilöstöstä ja tuotannosta. Lisäksi muita toimipaikkoja on Seinäjoella, Paimiossa ja Lahdessa sekä tytäryhtiöt Ruotsissa, Norjassa ja Venäjällä. Tällä hetkellä Vaasa Engineering Oy työllistää yli 400 henkilöä /4/.

Vaasa Engineering tarjoaa automaatio- ja sähköistysratkaisuja energian tuotantoon, siirtoon, jakeluun ja käyttöön sekä kotimaassa että kansainvälisesti. Vaasa Engineering Oy toimittaa kokonaisprojekteja tai niiden osia sisältäen suunnittelun, hankinnat, projektijohtamisen, asennukset, käyttöönoton ja koulutuksen. Toimintaan kuuluu myös laitosten modernisointi, huolto ja kojeistovalmistus /6/.

Vaasa Engineering Oy koostuu kolmesta liiketoimintayksiköstä, jotka ovat diesel- ja kaasumoottorilaitokset (AD), vesivoima ja sähköasemat (HS) sekä lämpövoima ja teollisuus (TI). Lisäksi Vaasa Engineering Oy:hyn kuuluu tuotanto sekä asennus ja after sales.

#### **1.4.1 Diesel- ja kaasumoottorilaitos liiketoimintayksikkö**

AD- osasto on erikoistunut automaatio- ja sähköistysjärjestelmien toimituksiin hajautetun energiatuotannon voimalamarkkinoille sekä diesel- ja kaasumoottorivoimalaitosten ja laivaprojektien käyttöönottopalveluihin ja varaosiin.

## **2 YLEISTÄ**

### **2.1 Yleistä dieselmoottorista**

Dieselmoottori on puristussytytteinen polttomoottori, jossa sylinteriin tuotu ilma puristetaan huomattavasti pienemmäksi alkuperäisestä tilavuudesta. Puristuksen aikana lämpötila nousee satoja asteita. Polttoaine syttyy itsestään, kun se ruiskutetaan kovalla paineella sylinteriin kuumen ilman sekaan. Dieselmoottorissa voidaan käyttää monipuolisesti erilaisia polttoaineita. Diesel- tai polttoöljyn lisäksi voidaan käyttää mm. biodieseliä, raskasta polttoöljyä tai maakaasua.

Dieselmoottorit voidaan jakaa rakennemuodon mukaan joko rivi- tai V-moottoreihin. Rivimoottorissa sylinterit ovat peräkkäin ja sylinteriluku voi vaihdella. V-moottoreissa sylinterit ovat kahdessa rivissä vastakkain yhteen kampiakseliin liitettynä. V-moottori on huomattavasti lyhyempi kuin rivimoottori. Erikoismuotona on vielä W-moottori, jolla on V-moottorista poiketen 3 sylinteririviä.

#### **2.1.1 Dieselmoottori laivakäytössä**

Laivoissa käytetään lähes poikkeuksetta voimanlähteenä dieselmoottoreita, koska dieselmoottorit muuntavat polttoaineen tehokkaimmin ja taloudellisimmin työksi. Laivoissa käytettävät moottorit ovat aina turboahdettuja, jonka avulla moottorin hyötysuhde paranee.

### **2.2 Yleistä kaasumoottorista**

Kaasumoottori on myös polttomoottori. Polttomoottorin perusperiaate on sama sekä nestemäisellä että kaasumaisella polttoaineella. Kaasumoottoreita on puristus- ja kipinäsytytyksellä (spark ignition SG). Puristussytytyksellä olevia kaasumoottoreita kutsutaan dieselkaasumoottoriksi (high pressure gas injection diesel GD) tai kaksoispolttainemoottoriksi (dual fuel DF). Kaasumoottorien polttoaineina käytetään mm. maakaasua tai biokaasua.

### **2.3 Yleistä diesel- ja kaasuvoimalaitoksista**

Polttomoottorivoimalaitos on yhdestä tai useammasta polttomoottorista koottu voimalaitos, joka voi olla maalle rakennettu tai kelluva laitos. Polttomoottori pyörittää joko suoraan tai vaihteiston välityksellä sähkögeneraattoria, jolla muutetaan moottorin tuottama liike-energia sähköenergiaksi. Moottorin käynnistä syntyvä lämpöenergia joko lauhdutetaan ilmaan tai sitä voidaan hyödyntää lämmön tuotannossa.

Ainoastaan sähkötehoa tuottavan voimalaitoksen hyötysuhde jää 40 % tasolle. Jos moottorin lämpöenergiaa voidaan hyödyntää, kokonaishyötysuhde nousee noin 90 % tasolle.

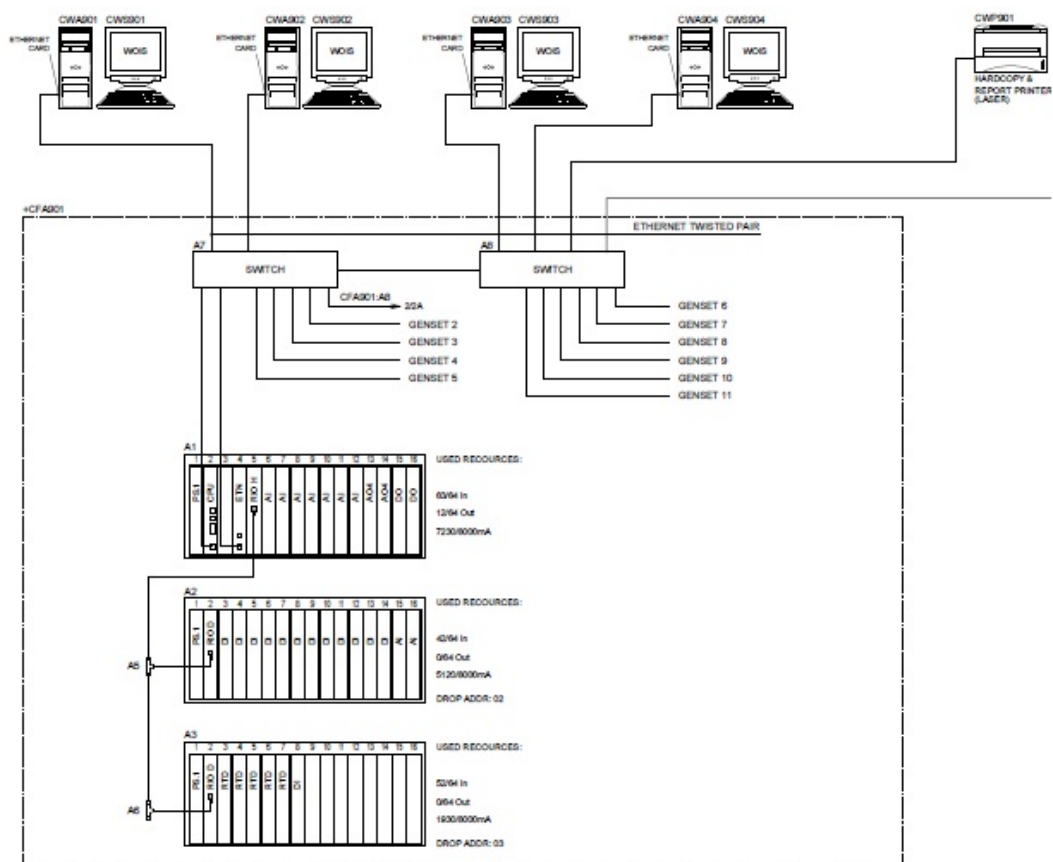
Polttomoottorivoimalaitoksen etuja ovat kohtuullisen lyhyt rakennusaika, korkea sähköhyötysuhde ja laaja polttoainevalikoima. Lisäksi polttomoottorivoimalaitos on nopea käynnistää, mikä on tärkeää, sillä polttomoottorivoimalaitosta käytetään usein varavoimana.

Polttomoottorivoimalaitos on tarkoitettu erityisesti pieniin käyttökohteisiin, kuten laivoihin tai etäisille saarille, jossa sähköntarve on suhteellisen pieni. Jos kyseessä on kelluva polttomoottorivoimalaitos, voidaan sitä vesiteitse liikuttaa katastrofialueille tuottamaan sähköä, kunnes kiinteä sähkönsyöttö voidaan palauttaa. Lisäksi polttomoottorivoimalaitosta voidaan käyttää hätävoiman lähteenä paikoissa, joissa sähkönjakelu ei saa katketa missään vaiheessa.

### **2.4 Yleistä voimalaitosten kaapeloinnista**

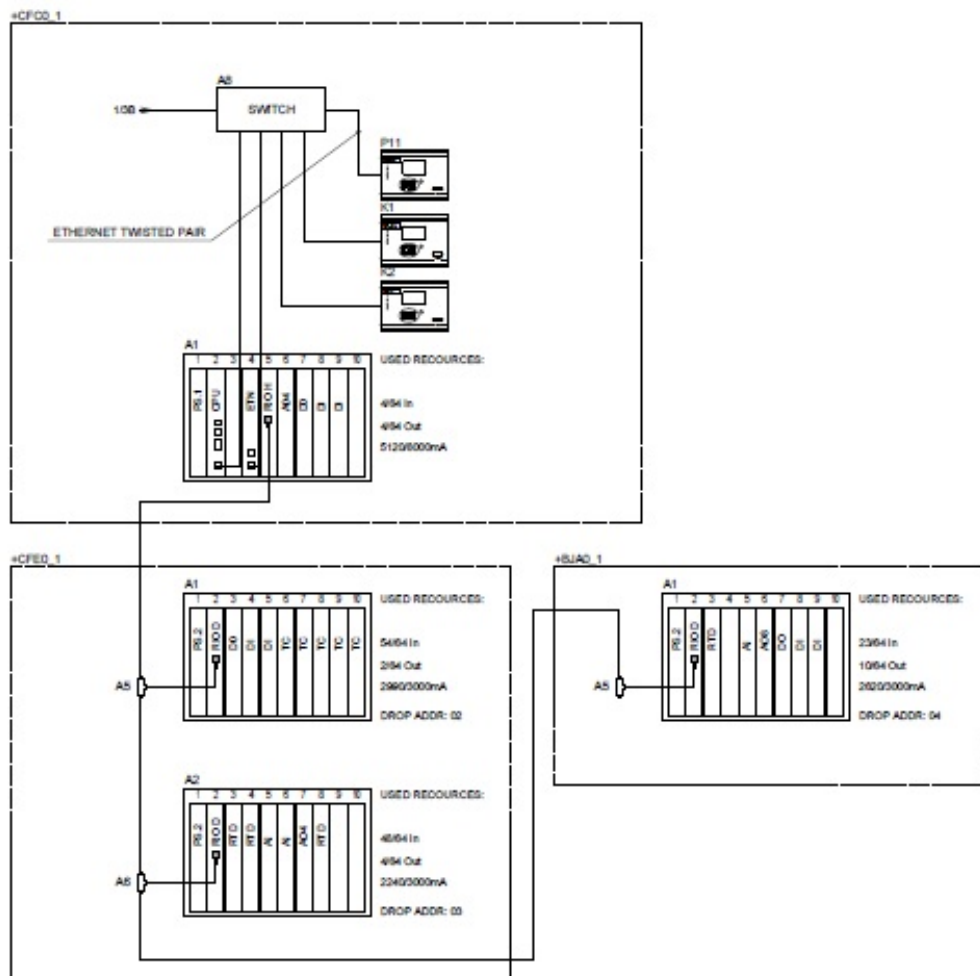
Voimalaitoksissa on paljon erilaisia mittauksia ja lisäksi voimalaitoksissa tarvitaan tietoa esimerkiksi toimilaitteiden asennoista yms. Jotta nämä tiedot saataisiin välitettyä kaikille niitä tarvitseville, tarvitaan kaapelia, jota pitkin tieto kuljetetaan. Voimalaitos muodostuu erilaisista järjestelmistä, kuten polttoainejärjestelmästä, sähköjärjestelmästä, painejärjestelmästä, vedenkäsittelyjärjestelmästä, lämmöntalteenottojärjestelmästä ja automaatiojärjestelmästä. Jotta sähköä saadaan syötettyä verkkoon voidaan päätellä, että välissä täytyy olla paljon kaapelia.

Kuvassa 1 on esitetty laitoksen yhteisiä järjestelmiä ohjaavan plc:n (common) sekä valvomoasemien rakenne-layout. Kuvasta huomataan, että käytetään ethernet- liikennöintiä. Automaatiojärjestelmän rakenne on asiakas - palvelin, mikä tarkoittaa, että plc:t toimivat palvelimina valvomoasemiin päin. Asiakas - palvelinrakenteessa valvomon liikennöintiohjelma toimii asiakkaana alaspäin ja palvelimena ylöspäin. Valvomosovellus toimii asiakkaana ja pyytää mittaukset ja tilat liikennöintiohjelmalta.



**Kuva 1.** Yleinen automaatiojärjestelmän layout.

Kuvassa 2 on esitetty konekohtaisen plc-järjestelmän layout. Siinä nähdään, miten eri paneelit ovat yhteydessä toisiinsa.



Kuva 2. Konekohtaisen plc:n layout.

## 2.5 Polttomoottorivoimalaitoksen prosessit

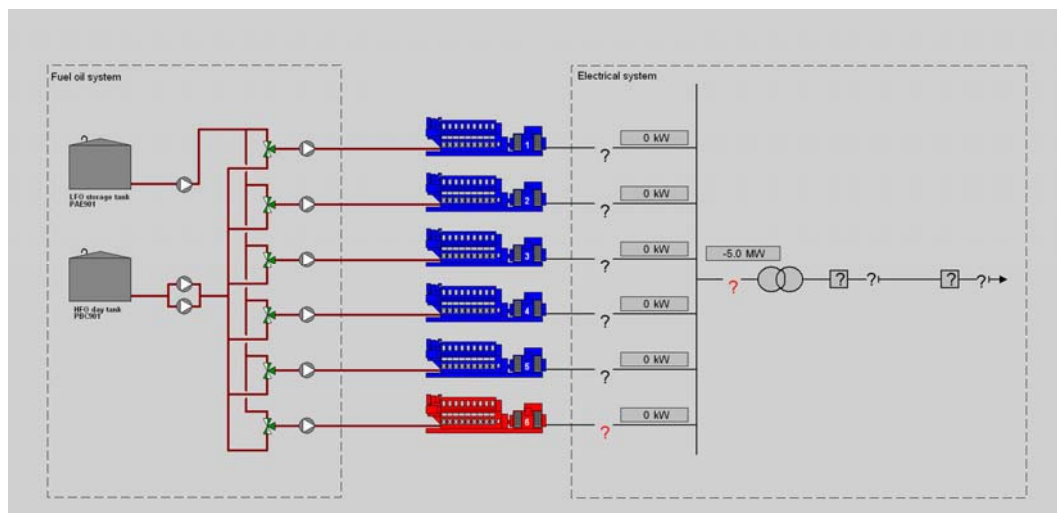
Polttomoottorivoimalaitos koostuu useista eri prosesseista. Tärkein on palamisprosessi, jossa polttoaine ja happi reagoivat muodostaen lämpöä.

Polttomoottorivoimalaitokseen kuuluu suurjännitepuoli, keskijännitepuoli ja pienjännitepuoli. Suurjännitepuolella hoituu voimalaitoksessa tuotetun energian siirto esim. valtakunnan verkkoon. Keskijännitepuolta tarvitaan generaattoreille ja pienjännitepuolta tarvitaan muun muassa voimalaitoksen käyttösähköistyksen, kuten pumpeille, lämmittimille ja valaistukselle.

Alla esitetyissä kuvissa, jotka ovat Vaasa Engineering Oy:n toimituksessa olleen voimalaitoksen valvomokuvat, esitellään polttomoottorivoimalaitoksen toimintaperiaate tarkemmin sekä siihen liittyvät prosessit.

### 2.5.1 Voimalaitoksen järjestelmät yleisesti

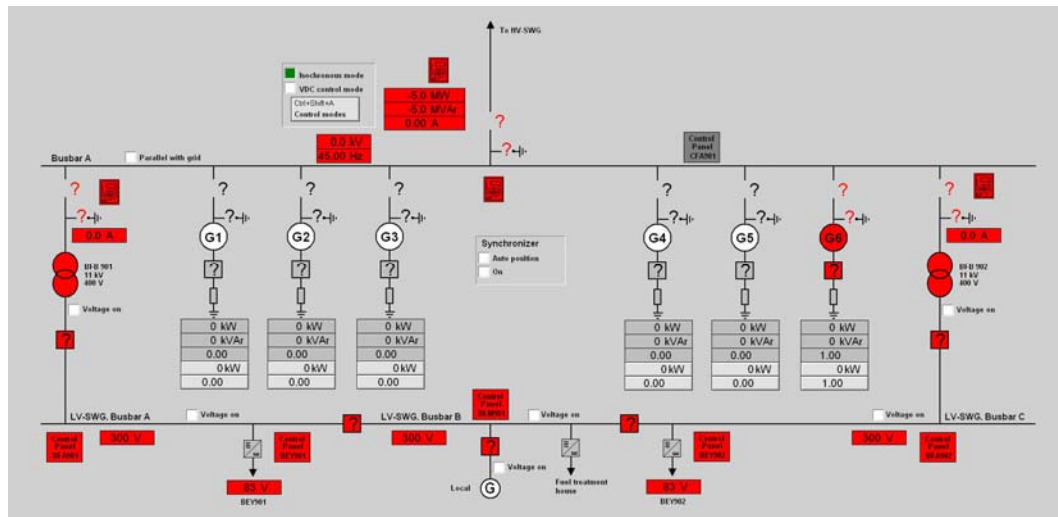
Kuvassa 3 on voimalaitoksen yleiskuva. Kuvassa on eritelty polttoainejärjestelmä ja sähköjärjestelmä ja niiden välissä on moottorit ja generaattorit. Moottori pyörittää generaattoria vaihteiston välityksellä, jolloin moottorin liike-energia saadaan muutettua sähköenergiaksi. Tuotettu sähkö syötetään valtakunnan jakeluverkkoon yleiseen käyttöön.



**Kuva 3.** Voimalaitoksen yleiskuva.



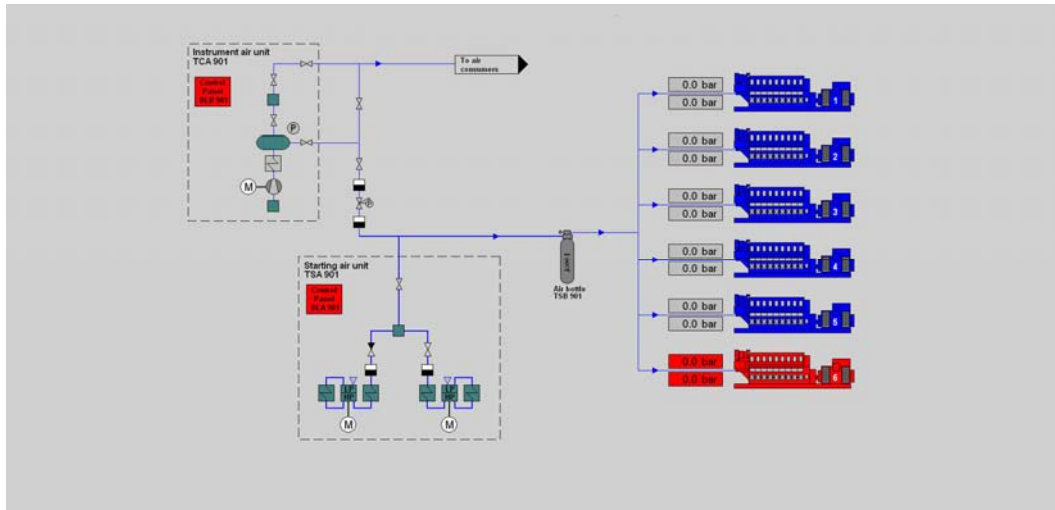
Kuvassa 4 on esitetty voimalaitoksen pääkaavio. Keski- ja pienjännitekojeistolta muuntajan kautta saadaan tuotettu sähkö siirrettyä jakeluverkkoon. Kuvasta nähdään, että kaikki konekohtaiset generaattorit tuottavat sähköä keski- ja pienjännitteeseen. Keski- ja pienjännitepuoli ovat toisiinsa yhteydessä muuntajan kautta. Pienjännitepuolella on myös oma kiskosto, josta kaikki pienjännitekomponentit saavat syöttönsä.



**Kuva 4.** Voimalaitoksen keski- ja pienjännitejärjestelmä.

## 2.5.2 Voimalaitoksen paineilmajärjestelmä

Kuvassa 5 on esitetty voimalaitoksen paineilmajärjestelmä, jota tarvitaan moottoreiden käynnistämiseen sekä paineilmakäyttöisille toimilaitteille. Jotta moottori voi käynnistyä, tulee järjestelmän paineen olla suurempi kuin 16 bar.



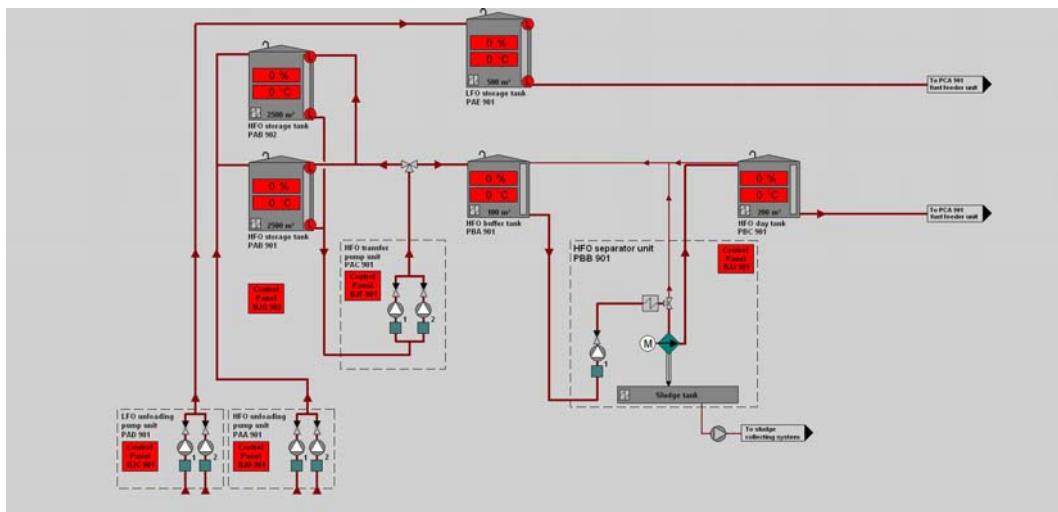
**Kuva 5.** Voimalaitoksen paineilmajärjestelmä.

### 2.5.3 Voimalaitoksen polttoainejärjestelmä

Voimalaitoksen polttoainejärjestelmä huolehtii polttoaineen siirrosta tankeista moottorille. Kuvassa 6 on esitetty HFO- ja LFO- polttoaineiden purkautusyksiköt, mihin polttoaine tuodaan ja mistä se edelleen pumpataan varastosäiliöihin.

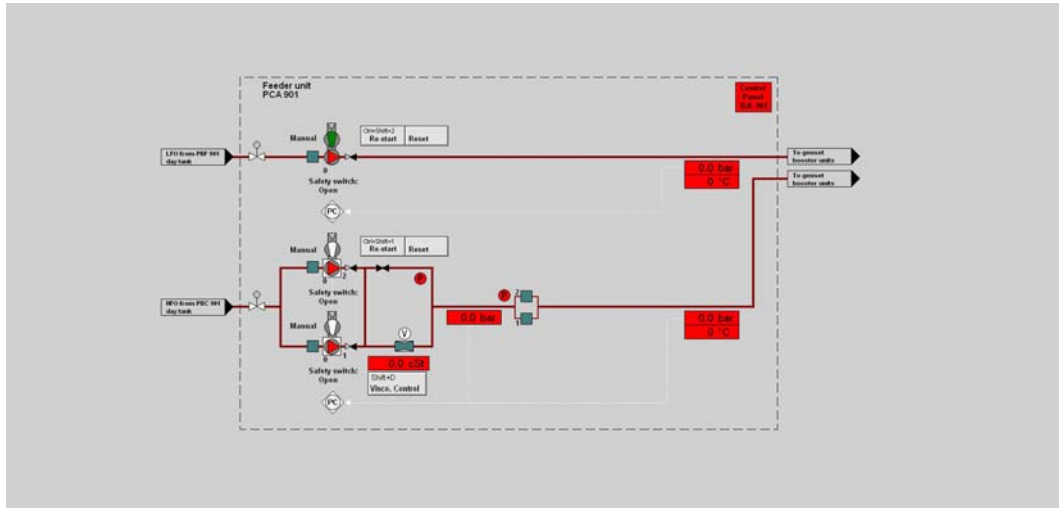
HFO- polttoaine siirretään varastotankista puhdistustankkiin siirtopumpuilla ja sieltä separaattoripumput ohjaavat polttoaineen separaattoriin, jossa se puhdistetaan. Separaattoriyksiköstä puhdistettu polttoaine siirretään päivätankkiin. Se osa polttoaineesta, jota ei pystytä puhdistamaan siirtyy jätetankkiin ja sieltä se ohjautuu järjestelmään, joka käsittelee jättopolttaineen.

LFO- polttoaine siirretään varastotankkiin ja sieltä se voidaan siirtää ilman puhdistusprosessia suoraan päivätankkiin siirtopumpuilla.



**Kuva 6.** Voimalaitoksen polttoaineen käsittely.

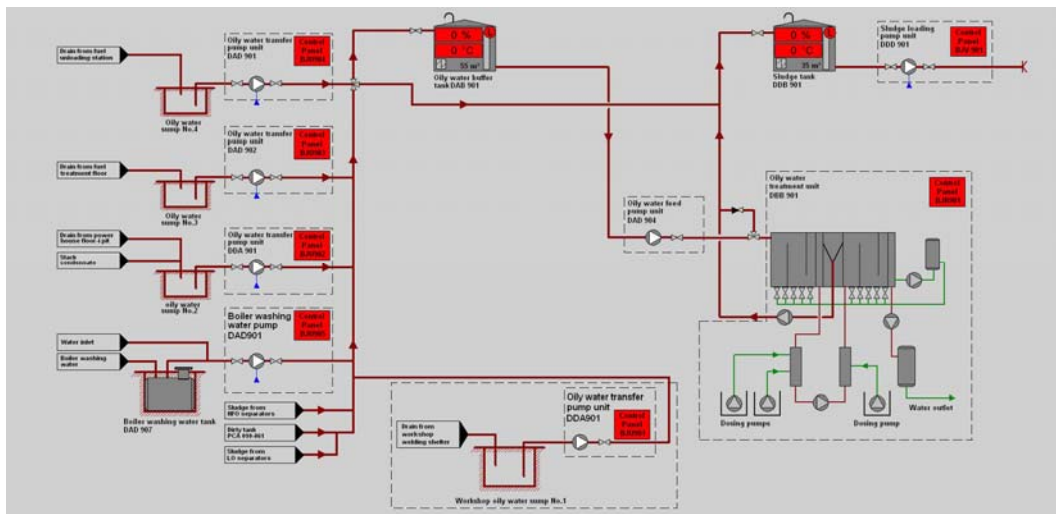
Kun polttoaineet on saatu päivätankkeihin, syöttöpumppuyksikkö siirtää polttoaineen päivätankista moottoriyksikköön, jossa polttoaine lämmitetään, suodatetaan ja paineistetaan ennen polttoaineen ruiskuttamista moottoriin. Tämä prosessi on esitetty kuvassa 7.



**Kuva 7.** Voimalaitoksen polttoaineen syöttö.

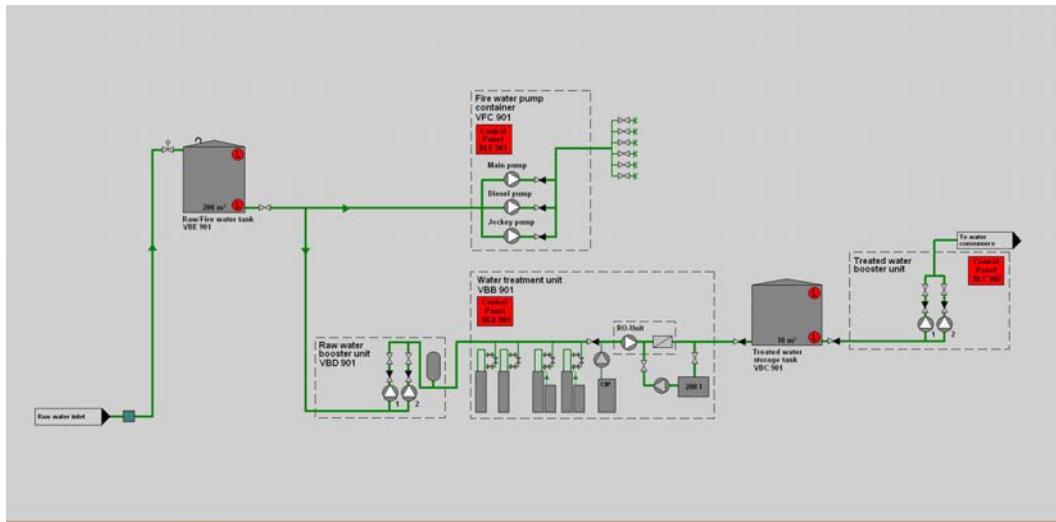
## 2.5.4 Voimalaitoksen vedenkäsittelyjärjestelmä

Ympäristöasiat ovat nykyaikana polttomoottorivoimalaitoksissa hyvin tärkeitä. Öljyisen veden käsittely on hoidettu voimalaitoksissa kuvan 8 mukaisesti. Kuten kuvasta nähdään, joka paikassa mistä öljyä voi kulkeutua on asennettu viemärit, jotka johtavat likakaivoihin. Lisäksi kattilanpesusta tulevalle vedelle on oma tankki. Nämä vedet siirretään öljyisen veden puhdistustankkiin, josta vesi pumpataan käsittely-yksikköön, josta se lopulta siirretään jätetankkiin.



**Kuva 8.** Voimalaitoksen öljyisen veden käsittely.

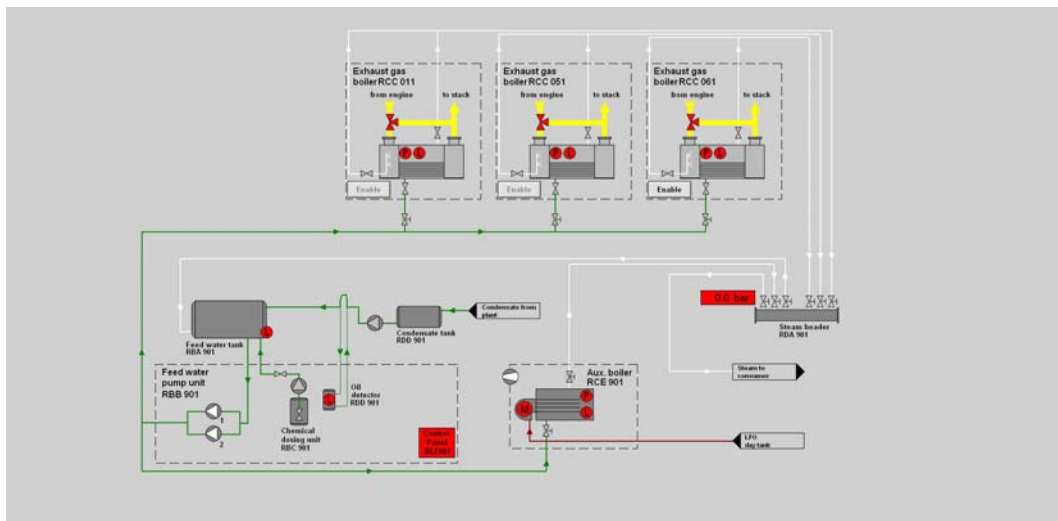
Vedenkäsittely voimalaitoksissa tapahtuu kuvan 9 mukaisesti. Käsittelemätön vesi johdetaan tankkiin, josta se menee vedensyöttöyksikön läpi ja johdetaan edelleen käsitellyn veden varastotankkiin, josta se voidaan lopulta antaa vedenkuluttajien käyttöön. Käsittelemätön vesi voidaan johtaa myös säiliöön, jossa vettä säilytetään tulipalojen sammuttamiseen.



**Kuva 9.** Voimalaitoksen vedenkäsittely.

### 2.5.5 Voimalaitoksen lämmöntalteenottojärjestelmä

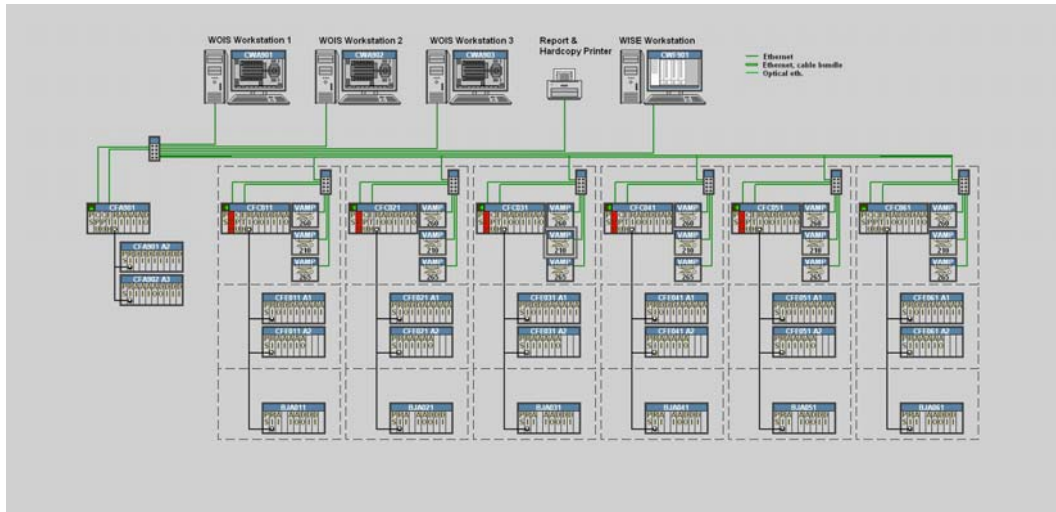
Kuvassa 10 on kuvattu voimalaitoksen lämmöntalteenottoa. Moottorista tulevaa pakokaasua käytetään putkistojen lämmittämiseen. Putkien tulee olla lämmitettyjä, sillä varsinkin HFO- polttoaine jämähtäisi putkistoihin ilman lämmitystä. LFO- polttoaineelle lämmitys ei ole välttämätön, mutta kuitenkin hyvä olla.



**Kuva 10.** Voimalaitoksen lämmöntalteenottojärjestelmä.

### 2.5.6 Voimalaitoksen automaatiojärjestelmä

Kuvassa 11 on kuvattu voimalaitoksen automaatiojärjestelmä. Kuvasta nähdään, että valvomo on liitetty automaatiojärjestelmään ethernetin välityksellä. Kuvassa nähdään myös voimalaitoksen yleisen ja konekohtaisten kaappien logiikat.

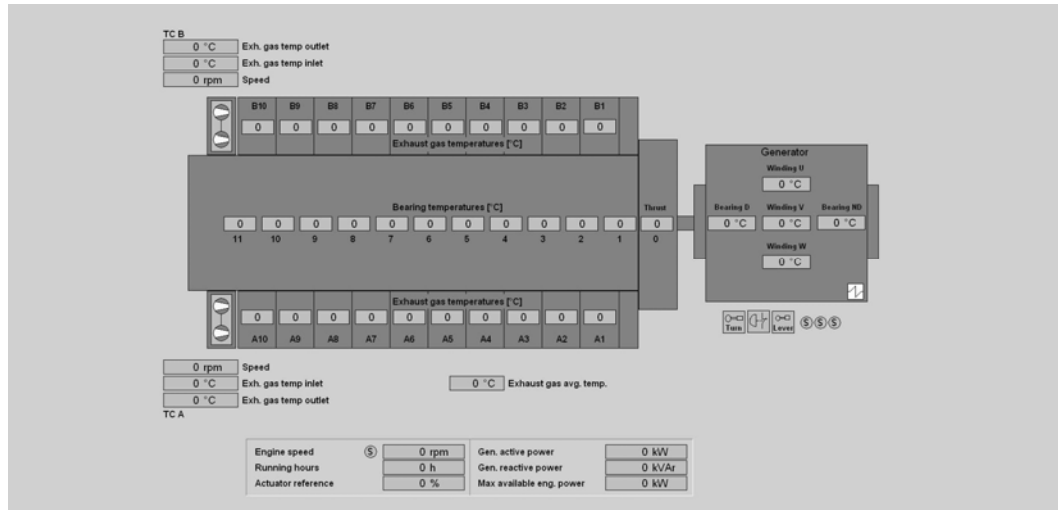


**Kuva 11.** Voimalaitoksen automaatiojärjestelmä.



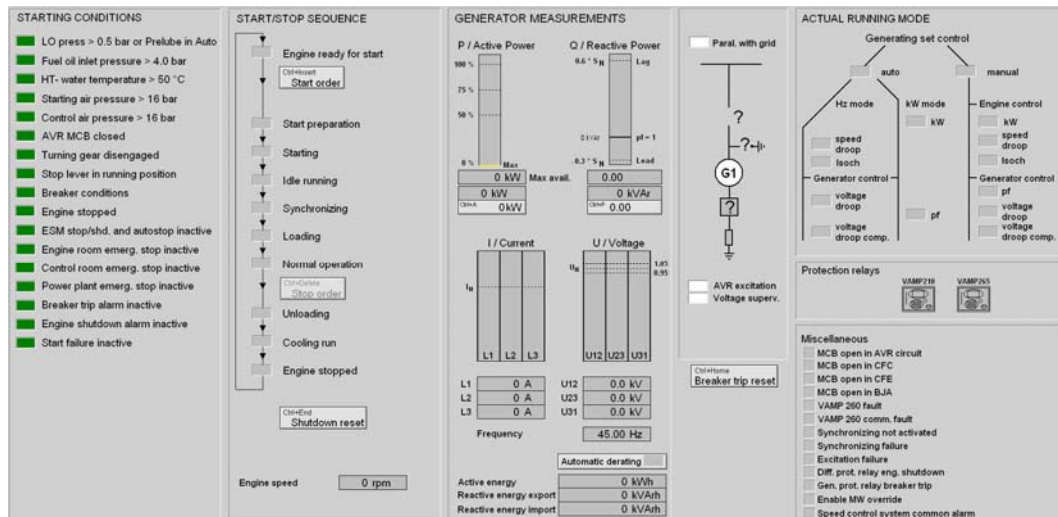
### 2.5.7 Konekohtaiset mittaukset

Kuvassa 12 on esitetty yhden konekohtaisen lämpötilamittaukset. Mittaukset tulee tehdä moottorin sylintereistä ja laakereista sekä generaattorin laakereista ja käämeistä.



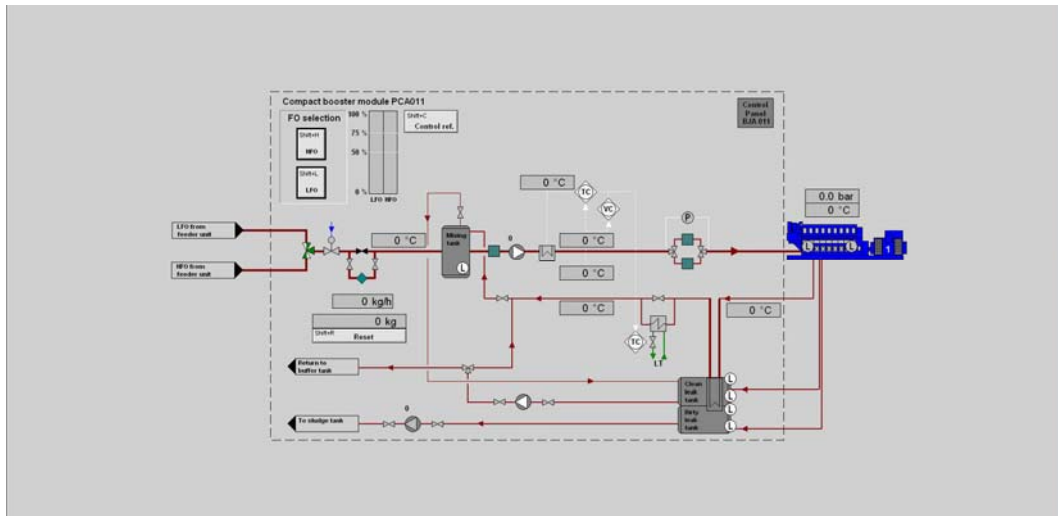
**Kuva 12.** Konekohtaiset lämpötilamittaukset.

Konekohtainen ohjauspaneeli on esitetty kuvassa 13. Kuvasta nähdään konekohtainen käynnistyssekvenssi ja käynnistys ehdot. Lisäksi kuvassa näkyy generaattorin mittaukset ja todelliset käyntitiedot sekä mitkä suojareleet konekohtaisesti on käytössä sekä yleistä tietoa.



**Kuva 13.** Konekohtaisen control- ikkuna.

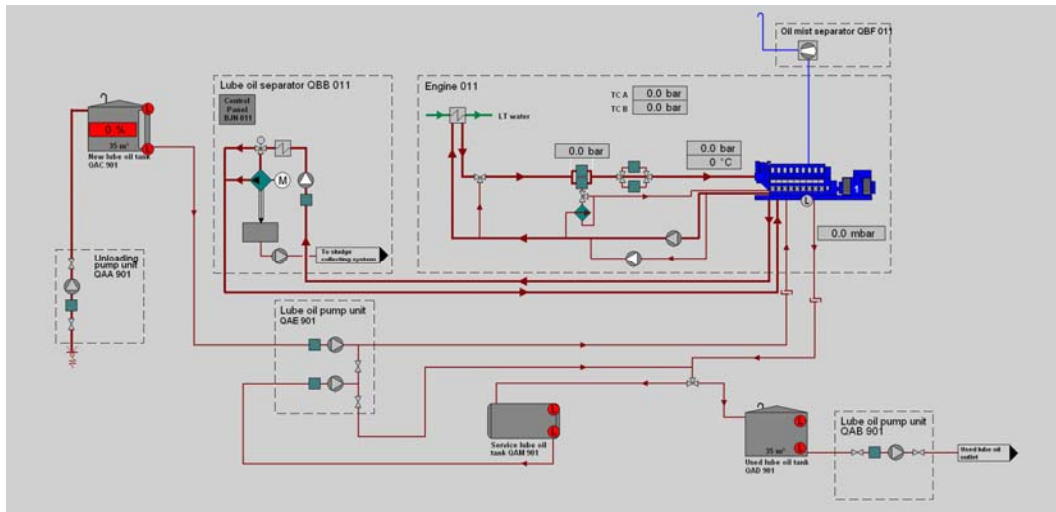
Konekohtaisesta polttoainekuvasta, kuva 14, nähdään hiukan paremmin kuin kuvasta 7, mitä mittauksia polttoaineelle on suoritettava. Kun HFO- tai LFO polttoainetta syötetään syöttöyksiköstä moottoriin, mitataan polttoaineen lämpötila sekä miten paljon polttoainetta menee tunnissa ja sen jälkeen johdetaan se sekoitustankkiin, josta edelleen moottorille. Jos polttoainetta vuotaa moottorista, johdetaan se joko puhtasvesitankkiin tai jätevesitankkiin. Jos polttoaine on puhtasvuototankissa, se etenee siitä edelleen uudestaan puhdistustankkiin, muussa tapauksessa polttoaine johdetaan jätetankkiin.



**Kuva 14.** Konekohtaiset polttoainemittaukset.

### 2.5.8 Konekohtainen voiteluöljyjärjestelmä

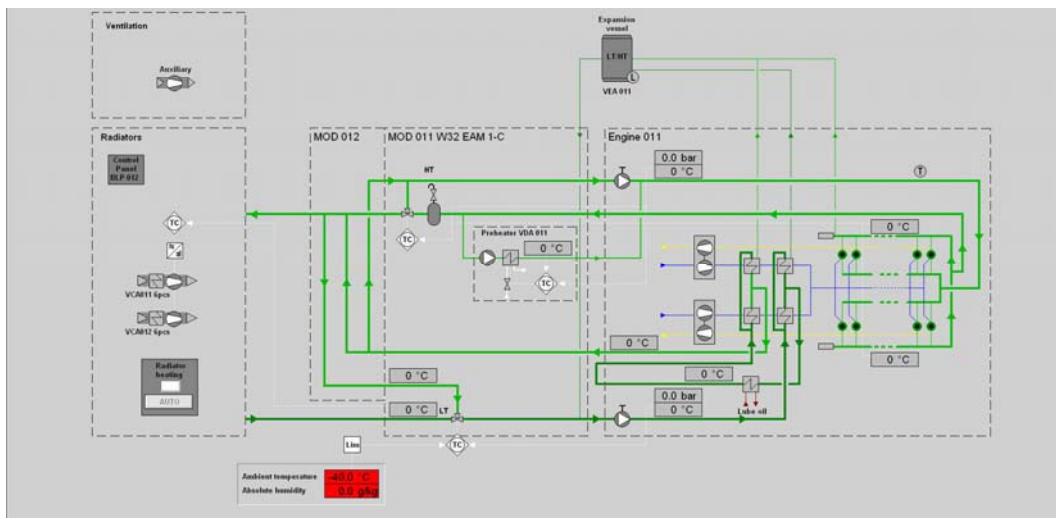
Kuvassa 15 on esitetty konekohtainen voitelu sekä sen käsittely. Kuten huomataan, myös voiteluöljylle on oma purkauspaikka, josta öljy kulkeutuu tankkiin. Voiteluöljypumput pumpaavat öljyä moottoriin, josta öljy palautuu painemittauksen kautta joko huoltoöljytankkiin tai käytettyyn voiteluöljytankkiin.



**Kuva 15.** Konekohtainen voiteluöljyjärjestelmä.

### 2.5.9 Konekohtainen jäähdytysjärjestelmä

Moottorin jäähdytys tapahtuu lämmönvaihtimien avulla kuvan 16 mukaisesti. Jäähdytysjärjestelmän tehtävä on jäähdyttää moottoria. Jäähdytysjärjestelmä myös jäähdyttää sylinteriin menevän ahtoilman lämpötilaa ja valvoo voiteluöljyn lämpötilaa. Voiteluöljyn lämpötilaa valvotaan sen vuoksi, että voiteluöljyn lämpötilan muutokset aiheuttavat öljyn viskositeetissa muutoksia.



**Kuva 16.** Konekohtainen jäähdytysjärjestelmä.

### **3 KAAPELITIETOKANNAN SUUNNITTELU**

#### **3.1 Miksi tietokanta?**

Kuten voimalaitoksen prosesseista huomataan, tarvitaan valtava määrä erilaisia mittaus- ja signaalitietoja. Koska ohjelmaa varten tulee varastoida huomattava määrä tietoa koskien mm. erilaisia moottorityyppejä, paneeleja ja kaapeleita, on järkevintä säilyttää ja koota näin suuri tietomäärä tietokantaan. Tietokannassa tietoa pystytään helpoiten tarvittaessa hallitsemaan ja muokkaamaan.

#### **3.2 Relaatiotietokantamalli**

##### **3.2.1 Lyhyt historia**

Relaatiotietokanta kehitettiin, kun etsittiin uusia tapoja käsitellä suuria tietomääriä. Tri E.F. Codd sai idean, että käyttämällä matematiikan oppeja ja rakenteita ratkaistaisiin monia ongelmia, joita muunlaisten tietokantojen käytössä kohdataan. Näitä ongelmia ovat, esim. ylimääräinen data, liian suuri riippuvuus fyysisestä toteutuksesta ja tietojen heikko eheys. Tri Codd julkaisi teoksen " A Relational Model of Data for Large Shared Databanks." Teoksessa esiteltiin relaatiotietokantamalli (RTM), joka perustuu joukkoteoriaan ja ensimmäisen kertaluvun predikaattilogiikkaan /2, s.11-12/.

RTM:ssä tiedot tallennetaan relaationa, jotka käyttäjä näkee tauluina. Jokainen taulu eli relaatio muodostuu tietuista ja kentistä. Taulun jokainen tietue tunnustetaan muista poikkeavan arvon sisältävästä kentästä, joten tietojen olemassaolo ei riipu siitä, miten ne on talletettu tietokoneeseen /2, s.12/.

##### **3.2.2 RTM:n rakenteeseen liittyvät termit**

Relaatiotietokannan suunnitteluun liittyy omat termit, jotka on hyvä tunnistaa ennen kuin lähtee tietokantaa toteuttamaan. Termien perusteella ilmaistaan ja määritellään tietokannan suunnitteluprosessi, joten niiden tunteminen selkeyttää suunnitteluprosessia.

Taulu, joka siis tunnetaan myös relaationa, on tietokannan pää rakenne. Taulu muodostuu kentistä ja tietueista, joiden järjestyksellä ei ole mitään merkitystä. Taulu edustaa aina vain yhtä tiettyä aihetta, joka voi olla esim. kohde tai tapahtumana. Kun kyse on kohteesta, se on aina jotain konkreettista ja kun kyse on tapahtumasta se tarkoittaa jotain, joka tapahtuu tiettyinä ajankohtana /2, s.39-40/.

Kenttä on tietokannan pienin rakenne. Kentän avulla tietokantaan saadaan tallennettua tietoa ja silloin kenttä edustaa taulun aiheen tiettyä ominaisuutta /2, s.41/.

Avaimien käyttö on ratkaisevassa asemassa siinä, että tietokannasta saadaan toimiva. Avaimet voidaan jakaa kahteen avaimen; pääavain (primary key), ja viiteavain (foreign key). Pääavaimella tunnistetaan yksiselitteisesti taulun sisältämä tietue. Viiteavaimen avulla kahden taulun välille voidaan luoda yhteys. Avaimilla saadaan tietokanta ehyeksi /2, s.44/.

Kun tauluja liitetään yhteen, tunnetaan liitos yhteytenä. Yhteys on olemassa, kun taulut on yhdistetty pääavaimella ja viiteavaimella toisiinsa. Yhteydet ovat tietojen eheyden vuoksi hyvin tärkeitä, koska niillä pystytään vähentämään ylimääräistä ja moninkertaista tietoa /2, s.46/.

Silloin kun taulujen välillä on tietynlainen yhteys, mahdollisia yhteystyyppejä on 3: yhdestä yhteen, yhdestä moneen ja monesta moneen /2, s.46/.

Yhdestä yhteen -yhteys on taulujen välillä silloin, kun ensimmäisessä taulussa vain yksittäinen tietue liittyy toisen taulun yhteen tietueeseen ja toisen taulun yksittäinen tietue liittyy vain yhteen ensimmäisen taulun tietueeseen /2, s.47/.

Yhdestä moneen -yhteys on kyseessä silloin, kun yksittäinen ensimmäisen taulun tietue voi liittyä yhteen tai useampaan toisen taulun tietueeseen, mutta toisen taulun yksittäinen tietue voi liittyä vain yhteen ensimmäisen taulun tietueeseen. Yhdestä moneen -yhteys on yleisin tietokannan yhteys, sillä se auttaa poistamaan moninkertaista tietoa ja ylimääräisen tiedon määrä pysyy mahdollisimman pienenä /2, s.48/.

Monesta moneen -yhteys on taulujen välillä silloin, kun ensimmäisen taulun yksittäinen tietue voi liittyä yhteen tai useampaan toisen taulun tietueeseen ja toisen taulun yksittäinen tietue voi liittyä yhteen tai useampaan ensimmäisen taulun tietueeseen. Ongelmana tässä yhteydessä on, että suoran yhteyden luominen taulujen välille on vaikeaa, sillä se tuottaa jompaankumpaan tauluun suuren määrän ylimääräistä tietoa. Myös tiedon lisäys, poisto ja päivitys voivat olla ongelmallisia /2, s.46/.

Tiedon eheys liittyy tietokannan tietojen voimassaoloon, paikkansapitävyyteen ja yhdenmuotoisuuteen. Tiedon eheys on tietokannan suunnittelun tärkeimpiä näkökohtia. Eheydellä varmistetaan, että kaikki tietueet tunnistetaan ja ne on yksiselitteisiä, jokainen arvo on oikeanlainen, yhdenmukainen ja paikkansapitävä ja että kahden taulun välinen yhteys on kestävä /2, s.53-54/.

### **3.3 ER -mallinnus**

ER -mallinnus on oliopohjainen menetelmä, jolla voidaan kuvata käsitteitä ja niiden suhteita. ER -mallinnusta käytetään usein tietokantojen suunnittelussa. Tietokannan ER -malli on käsitekaavio, joka mallintaa tietokannan sisällön ja rakenteen. Mallissa käytettäviä keskeisiä termejä ovat kohde, suhde ja attribuutti /1/.

Kohteella tarkoitetaan konkreettista asiaa tai tapahtumaa kuten henkilöä. Kohdejoukko on samankaltaisten kohteiden joukko esim. kaikki henkilöt. ER-kaaviossa kohdetta kuvataan suorakaiteella /1/.

Attribuutilla kuvataan kohteen yksittäistä ominaisuutta josta ollaan kiinnostuneita esim. henkilön nimi. ER- kaaviossa attribuuttia kuvataan ovaalilla. Avainattribuutti, eli kohteen yhteinen yksilöivä tekijä esitetään alleviivattuna /1/.

Suhde kertoo kohteiden välillä vallitsevia riippuvuuksia. ER- kaaviossa suhdetta kuvataan kärjellään seisovalla neliöllä. Suhteiden kardinaalisuus kuvaa sitä, miten moneen suhteeseen kohde voi osallistua ja miten monta kohdetta voi osallistua suhteeseen /1/.



Liitteessä 1 on esitetty tietokannasta tehty ER- kaavio, jonka perusteella tietokanta on rakennettu.

## 4 KAAPELITIETOKANNAN TOTEUTUS

### 4.1 Yleistä

Tietokantaa lähdetään toteuttamaan Microsoftin Excel taulukkolaskentaohjelmalla. Tarkoituksena on aloittaa keräämään CFC- paneelin kaapelitietoja. Tämä valitaan aloituspaneeliksi, koska kaapelitietoja on suhteellisen kohtuullinen määrä noin 60 kpl / projekti ja mittaukset toistuvat samankaltaisina moottorityypistä riippumatta.

Lähdetään keräämään Exceliin tietokantaan tarvittavia tietoja. Näitä tietoja ovat mm. kaapelinumero, kaapelin tyyppi, mistä paneelista mihin mittaus otetaan sekä paneelin ja mittauksen selitykset ja huomiokenttä. Kuvassa 17 on esitetty malli, millä periaatteella tieto kerätään.

	A	B	C	D	E	F	G
1	Cable number	Type	From	Panel	Explanation of the panel	Explanation of the cable	Note
2	EE001	4x2,5	CFC**1	BAE**1	Genset cubicle	Voltage	
3	EE002	4x2,5	CFC**1	BAE**1	Genset cubicle	Protection U <sub>0</sub> voltage	
4	EE003	4x6	CFC**1	BAG**1	Generator system	Protection current	
5	EE004	4x6	CFC**1	BAN**1	Grounding resistor cubicle	Protection I <sub>0</sub> current	
6	EE005	4x6	CFC**1	BAE**1	Genset cubicle	Protection ID <sub>0</sub> current	
7							

**Kuva 17.** Ote Excel-ohjelmalla toteutetusta tiedonkeruusta.

Kun tietoa on kerätty noin 10 projektin verran, ongelmaksi tulee miten tietoa saadaan jatkojalostettua. Oma ajatukseni olisi ollut laatia yhteenveto projekteista, käyttämällä ulkoisia linkkejä siten, että kaksoiskappaleet olisi poistettu ja jäljelle olisi jäänyt CFC -paneelin mittaukset. Tämä kuitenkin omien taitojeni puitteissa osoittautui liian hankalaksi ja tietokanta päädyttiin tekemään Microsoftin Access-tietokantaohjelmistolla.

Seuraava ajatus on, että lähdetään keräämään kaikki CFC -paneelin mittaukset taulukkoon ja vasta lopuksi kaapeleille annetaan kaapelinumero. Huomataan kuitenkin, että tässäkin toteutustavassa tulee ongelma, kun on läpikäyty noin kolme projektia. Ongelmaksi tulee mittaustietojen määrä, joka tässä oli noin 130 mittaustietoa, kun niitä tulisi olla noin 60. Mittauksia on siis aivan liikaa suhteessa siihen, mitä CFC -paneelissa niitä tulisi olla.

Lopulliseksi toimintatavaksi valitaan, että Access-taulukkoon asetetaan kaapelinumero ensin ja niin sanottujen "hyvien projektien" perusteella lyödään mittauksien kaapelinumero lukkoon. Näin toimimalla saadaan datan määrä pysymään järkevänä.

## **4.2 Microsoft Access 2003**

Tietokanta toteutetaan Microsoftin Access -tietokantaohjelmistolla. Accessin hyviä puolia ovat, että se pystyy tallentamaan, hakemaan tietoja, tuo tiedot näyttöön ja automatisoi toistuvia tehtäviä. Accessin voi laajentaa tietokantojen hallintaympäristöksi, sillä Access pystyy luomaan yhteydet myös muihin MS Office tuotteisiin, kuten Excel. Accessissa voidaan makroilla suorittaa automaattisia toimintoja ilman ohjelmointia ja VBA:lla voidaan ohjelmoida monimuotoisempia käsittelyjä / 3, s. 3-4 /.

## **4.3 Tietokannan toteutus**

Tietokannan lopullinen toteutus lähtee siitä, että ensin mietitään ja mallinnetaan ER -kaavio. Kohteet edustavat luotuja tauluja, attribuutit taulun kenttiä ja suhteet sitä, miten taulut liittyvät toisiinsa.

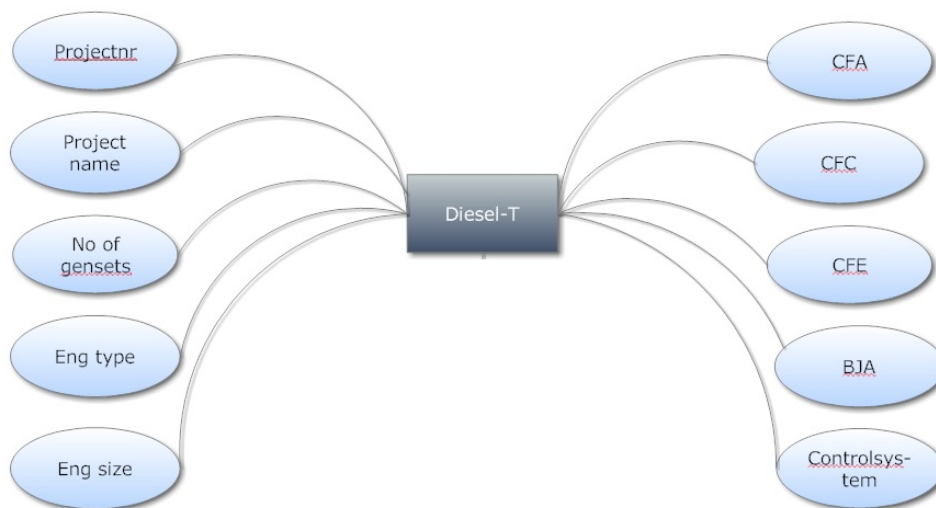
### **4.3.1 Tietokannan taulut**

Diesel-T-taulu sekä sen kentät on esitetty kuvassa 18 ja se toimii työn pohjana. Tämä kyseinen taulu on yrityksessä jo käytössä olevan tietokannan taulu, johon kirjataan kaikki uudet projektit ja projekteihin liittyvää tietoa. Linkittämällä tämä taulu työn alla olevaan tietokantaan, saadaan huomattava määrä tietoa sekä välttämään tiedon uudelleen kirjoittamisesta. Toimenpidettä, jossa minimoidaan virheiden määrä välttämällä tiedon moninkertaista kirjaamista, kutsutaan tietokannan normalisoinniksi.

Diesel-T taulussa on paljon tietoa, mutta siitä poimitaan vain tietokannan kannalta tarpeelliset tiedot luomalla kyselyitä. Kyselyitä käytetään tiedon suodattamiseen ja yhteenvedon laatimiseen. Diesel-T taulusta tarvitaan projektinumero, joka toimii tietokannassa myös pääavaimena, eli sillä yksilöidään tieto juuri kyseiselle

projektille kuuluvaksi ja projektin nimi. Konekohtaisten lukumäärä tarvitaan, että tietokanta osaa monistaa tarvittavan lukumäärän kaapeleita CFC- ja CFE-paneeliin. Konekohtaiset paneelit ovat lähes poikkeuksetta samanlaisia, joten sen vuoksi kaapelit ovat samat, vain ensimmäiset numerot muuttuvat konekohtaisen numeron mukaan. Moottorin tyyppi ja koko näytetään käyttöliittymässä, mutta tässä tapauksessa moottorin tyyppi ja koko ei vaikuta kaapelivalintoihin, vaan ainoastaan paneelivalinnoilla on merkitystä.

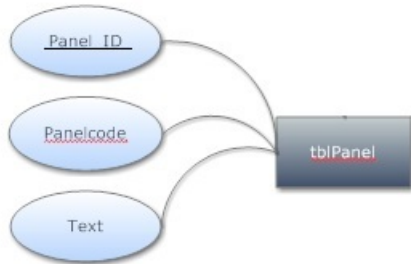
Kuvan 18 oikealla puolella olevien attribuutteja ei löytynyt Diesel-T taulusta, vaan ne on lisättävä sinne, jotta tietokannan käyttöliittymästä saadaan toimiva. CFA, CFC, CFE ja BJA ovat yes/no kenttiä. Näiden avulla käyttöliittymää voidaan automatisoida. Controlsystem on attribuutti, joka kirjoittaa tauluun Diesel-T muistiin ohjausjärjestelmän, joka projektiin tulee.



**Kuva 18.** Diesel-T-taulu.

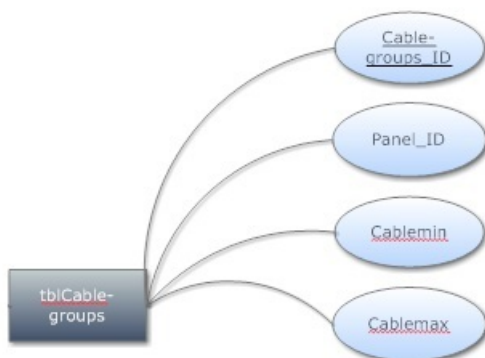
Diesel-T taulu yhdistetään välitaulun tblProjSelected avulla tauluun tblPanel. Välitaulu tblProjSelected kirjaa projektinumeron ja siihen valitut paneelit muistiin tietokantaan. Näin jälkepäinkin voidaan katsoa, mitä paneeleita mihinkin projektiin on mennyt.

Kuvassa 19 on tblPanel taulu, johon on talletettu läpikäydyistä projekteista kaikki mahdolliset paneelit. Tauluun on kirjattu sekä paneelitunnus että paneelin selitys. Tässä taulussa pääavaimena toimii Panel\_ID eli taulu luo automaattisesti yksilöllisen ID:n jokaista syötettyä tietuetta kohden.



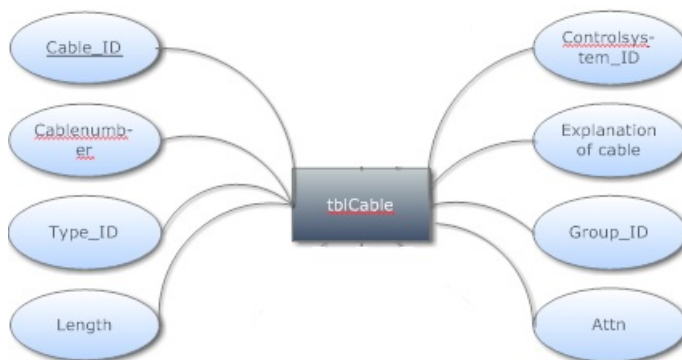
**Kuva 19.** tblPanel-taulu.

Taulu tblCableGroups on kuvattu kuvassa 20. Tämä taulu liittyy Panel\_ID kautta tauluun tblPanel. tblCableGroups taulun tehtävä on eritellä mitkä kaapelinumerot kuuluvat millekin paneelille. On yleinen käytäntö, että esimerkiksi kaapelinumerot 001-199 ovat varattu CFC-paneelille ja niin edelleen. Cablemin on se kaapelinumero, ensimmäinen varattu numeroarvo ja Cablemax on viimeinen varattu numeroarvo. Jokaisella kaapeliryhmällä on oma ID, joka yksilöi kyseiselle paneelille tietyt kaapelinumerot käyttöön. CableGroups\_ID toimii tässä taulussa pääavaimena.



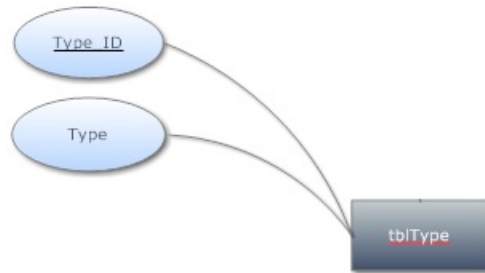
**Kuva 20.** tblCablegroups-taulu.

Kuvassa 21 on esitetty tietokannan tärkein taulu tblCable. Tauluun on kerätty kaikki mahdolliset kaapelit ja niiden numerot lähdeprojekteista. Jokaisella kaapelilla on oma yksilöivä tunnuksensa Cable\_ID, joka on myös taulun pääavain. Kaapelin tyyppi tulee taulusta tblType, joka on linkitetty tähän tauluun Type\_ID:n avulla. Attribuutti Lenght kertoo kaapelin pituuden, joka merkitään yleensä lähinnä kommunikointikaapeleihin. Controlsystem\_ID linkittää taulun tblControlsystem tähän tblCable tauluun. Controlsystem\_ID kertoo, mikä ohjausjärjestelmä projektissa on. Eri järjestelmillä on erilaiset kaapelit, joten ohjausjärjestelmällä on todella vaikutusta siihen lopputulokseen, mitä kaapeleita valitaan. Explanation of cable kertoo mihin tarkoitukseen kaapeli on, esimerkiksi jännitteenmittaus tmv. tblGroups linkitetään tblCable tauluun Group\_ID:n avulla. Group\_ID kertoo mihin ryhmään kaapelit kuuluu. Attn on huomiokenttä, johon voidaan lisätä tietoa, jos kaapelissa on jotain erikoista, mikä tulee ottaa huomioon.



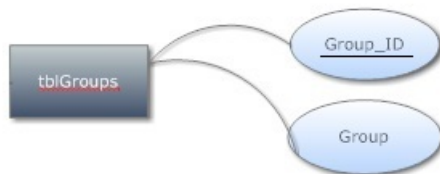
**Kuva 21.** tblCable-taulu.

Taulu tblType, kuvassa 22, on siirretty irti taulusta tblCable normalisointiperiaatetta noudattaen omaan tauluunsa. Virheet minimoidaan, kun toistoa kirjoittamalla ei tule ja jos joskus jokin kaapelityyppi muuttuu, on se helppo käydä vaihtamassa yhden kerran tauluun tblType kuin etsiä koko kaapelikannasta kaikki sen tyyppiset kaapelit ja vaihtaa vanha tyyppi yksitellen uuteen.



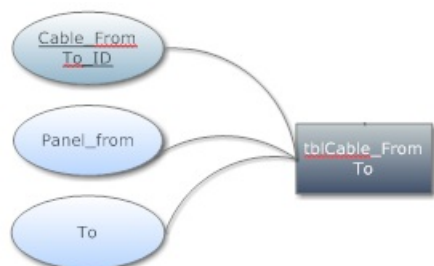
**Kuva 22.** tblType-taulu.

Kuvassa 23 on esitetty taulu tblGroups. Myös tämä taulu on siirretty irti taulusta tblCable normalisoinnin vuoksi. Tämä taulu kertoo, mihin ryhmään kaapeli kuuluu. Kaapelit voivat kuulua neljään eri ryhmään, jotka ovat kommunikaatiokaapelit, ohjauskaapelit, LV-kaapelit ja muut kaapelit.



**Kuva 23.** tblGroups-taulu.

Kuvassa 24 on esitetty taulu tblCable\_FromTo. Tähän tauluun on koottu lähdeprojekteista, mikä kaapeli menee mistä paneelistä mihinkin.



**Kuva 24.** tblCable\_FromTo-taulu.

### 4.3.2 Tietokannan käyttöliittymä

Tietokannan käyttöliittymä päätetään toteuttaa Access-ohjelman lomakkeella. Access-ohjelmassa käyttöliittymä tehdään lisäämällä lomakkeeseen kontrolleja. Kontrolleja voivat olla esim. painike, alasetoalikko tai tekstikenttä, jotka sijoitetaan lomakkeelle. Kontrolleille aiheutetaan tapahtumia, jonka perusteella ohjelma suorittaa ohjelmakoodin. Tapahtumiin voidaan kirjoittaa ohjelmakoodia ja ainoastaan tapahtumahetkellä ohjelma suorittaa koodin. Tällainen tapahtuma voi olla esimerkiksi hiiren painallus /5/.

Jotta käyttöliittymästä saataisiin mahdollisimman käyttäjäystävällinen, yritetään lomakkeen toimintoja automatisoida niin pitkälle kuin pystytään. Tarkoituksena on, että lomakkeelle luodaan hakukenttä, josta voidaan hakea projektin tiedot projektinumeron tai -nimen perusteella. Jos projekti on tallennettu Diesel-T tauluun, saadaan sieltä haettua automaattisesti lomakkeelle projektin numero, nimi, laitoksen koko, konekohtaisten lukumäärä, moottorin koko ja tyyppi sekä mitä polttoainetta voimalaitoksessa käytetään. Lisäksi automaattisesti lomakkeelle tulee valituksi CFA, CFC, CFE tai BJA, mikäli paneeli on kuulunut toimitukseen. Ohjausjärjestelmän voi valita alasetoalikosta, mutta jos tieto on tallennettu jo aikaisemmin, näkyy valinta lomakkeella. Mikäli haulla ei löydy projektia on kontrollit ohjelmoitu siten, että kaikki tiedot pystytään syöttämään myös manuaalisesti.



Lomakkeelta löytyy kontrolli, joka näyttää kaikki mahdolliset paneelivalinnat. Tämän tekstikentän pohjalla on kysely, joka käy poimimassa taulusta tblPanel kaikki mahdolliset paneelitunnukset ja niiden nimet aakkosjärjestyksessä. Jos tekstikentästä puuttuu jokin paneelitunnus mikä tarvittaisiin, sitä ei pysty lisäämään lomakkeen kautta, vaan paneelin tiedot on käytävä syöttämässä tblPanel tauluun.

Lomakkeeseen liitetään alilomake, joka näyttää projektiin jo valitut paneelit. Alilomake on sidottu välitauluun tblProjSelected. Alilomakkeen sitominen tauluun tarkoittaa, että alilomake käyttää lähteenä taulun tietoja eli jos jollekin projektille on tallennettu paneelivalinnat se näyttää ne alilomakkeessa ja muutostilanteissa se tallentaa uudet tiedot talteen aina valitulle projektille.

Kuvassa 25 on esitetty valmiin ohjelman käyttöliittymä ja minkälaiset kontrollit lomakkeeseen tarvitaan. Projektin valinnan ja tietojen tarkastuksen jälkeen projektille voidaan tehdä paneelivalinnat, jotka jää talteen alilomakkeeseen. Kun on tyytyväinen valintoihin, generoi ohjelma kyselyn perustuen lomakkeen valintoihin. Tämä kysely saadaan siirrettyä Exceeliin joko kaapelilistamuodossa tai siinä muodossa, jolla se pystytään Excelin kautta siirtämään suunnitteluohjelmaan painikkeiden avulla.

The screenshot shows a software window titled 'Form\_information'. At the top, it says 'Search project by name or number:'. Below this are two search fields: 'Project name' and 'Projectnumber', separated by 'OR'. The main area is divided into several sections:

- Project details:** Fields for 'Projectnr', 'Project name', 'Plant type' (set to '1 x 18V46gd'), 'No of gensets' (set to '1'), 'Eng size' (set to '12V'), 'Eng type' (set to '26'), 'Eng fuel' (set to 'e'), and 'Unic'. There are also checkboxes for 'CFA', 'CFC', 'CFE', and 'BJA'.
- Panelcode list:** A list of panel codes and their descriptions:
 

Panelcode	Description
B3L901	Feeder unit control panels
B3L902	Feeder unit control panels
B3L905	Feeder unit control panels
B3M903	Booster unit control panels
B3M904	Booster unit control panels
B3N**=1	Lube oil separator control panels
B3P901	Lube oil transfer pump control panels
B3P902	Lube oil transfer pump control panels
B3P903	Lube oil transfer pump control panels
B3Q901	Sludge transfer pump control panels
- Buttons:** 'Save selections' and 'Update' buttons are located to the right of the panel list.
- Table:** A table with columns 'Projectnumber' and 'Panels' is shown below the panel list. It contains one row with an asterisk in the first column.
- Footer:** 'Generate list to Excel' and 'Generate list to Vertex' buttons are located below the project details. At the bottom of the window, it shows 'Record: 14 of 1 of 920' and 'No Filter Search'.

**Kuva 25.** Valmiin ohjelman käyttöliittymä.

### 4.3.3 Tietokannan kyselyt

Tietokannan toimivaksi saattaminen edellyttää kyselyjen tekoa. Access-ohjelmalla kyselyjen teko on suhteellisen yksinkertaista. Taulujen suhteet saadaan yhdistettyä kyselyikkunassa, joten suhteita ei ole välttämättä pakko luoda etukäteen.

Käyttöliittymää varten tehdään monta pientä kyselyä, jotka näyttävä jotain tiettyä tietoa. Itse ohjelmaa varten tehdään 10 kyselyä, joiden lopputulos on haluttu kaapelilista.

Ensin tehdään kysely, jolla selvitetään mitkä paneelit on valittu. Tämän jälkeen tehdään kysely, joka suodattaa kaikista kaapelinumeroista ne jotka kuuluvat valituille paneeleille. Seuraavaksi tarkistetaan kyselyllä, mitkä paneelit ovat toimituksessa ja jos jotain neljästä paneelistä ei toimiteta, suodattaa se kaapelinumeroit niin, että jäljelle jää vain ne kaapelit, jotka kuuluvat toimituksessa oleviin. Tämän jälkeen tehdään erillinen kysely, joka katsoo mikä ohjausjärjestelmä on valittu ja suodattaa siihen kuuluvat kaapelit. Jotta ohjausjärjestelmän kaapelit saadaan lisättyä lopputulokseen tulee tehdä union-kysely, joka yhdistää kahden kyselyn tulokset. Näiden kyselyjen jälkeen jäljellä on kaapelinumeroit, jotka pohjautuvat kaikista käyttöliittymässä tehdyistä valinnoista. Lopulliseen tuotokseen ei tietenkään riitä ainoastaan kaapelinumero, vaan täytyy luoda kysely, josta näkee valittujen kaapeleiden kaapelinumeroit, tyypit, pituudet, mistä paneelistä mihin kaapeli menee, mihin kaapelit on tarkoitettu ja onko huomioitavaa.

Kun lopullinen tuotos on saatu toimivaksi, huomataan, että kysely tuottaa ainoastaan valitut kaapelit eli kaapelinumerointi Excelissä on epälooginen. Tarvitaan siis vielä kysely, joka suodattaa kaikista kaapelinumeroista pois ne, jotka ovat tulleet valituksi aiemmissa kyselyissä. Nämä kyselyt laitetaan vielä union-kyselyllä yhteen, jolloin saadaan aikaan kyselyn tulos, joka näyttää kaikki kaapelinumeroit loogisessa järjestyksessä. Ne kaapelit, jotka ovat valikoituneet käyttöliittymän ehtojen mukaan näkyvät tietojen kanssa ja ne, jotka eivät ole näkyä ainoastaan kaapelinumero ja mistä paneelistä kaapeli on.

#### **4.3.4 Kontrollien ohjelmointi**

Jotta ohjelma saadaan toimimaan automatisoidusti ja oikein tarvitaan kontrollien tapahtumiin ohjelmointia. Ohjelmoinnin avulla hakukentät saadaan toimimaan seuraavasti. Haettaessa projektia sen nimen perusteella, jokaisen kirjaimen jälkeen kenttä päivittyy ja juuri tämä päivitys on tapahtuma, joka ohjaa koodia. Koodi etsii tietuetta, joka on sama kirjoituksen kanssa. Jos samanlainen tietue löytyy, se hakee tarvittavat tiedot Diesel-T-taulusta ja näyttää ne kontrolleissa. Periaate on sama projektinumerolla haettaessa. Lisäksi on hakukenttään ohjelmoitu, että

mikäli projektinumerokenttä on aktiivinen, se tyhjä projektinimikentän ja päinvastoin.

Tekstikentän, johon kaikki mahdolliset paneelit on listattu, kontrollin tapahtuma aktivoituu aina kun lomake aukaistaan. Lomakkeen auetessa koodi käynnistää kyselyn, joka listaa paneelitunnukset ja niiden nimet ja listaa ne tekstikenttään, jolloin ne ovat käyttäjän valittavissa.

Kun projektille tehdyt valinnat on suoritettu ja halutaan tallentaa tiedot, kontrollipainikkeella käynnistetään koodi, joka katsoo onko välitaulussa tblProjSelected jo aiemmin tallennettu sama paneeli projektille. Jos valinta on jo taulussa, koodi hyppää sen yli, jos valintaa ei ole taulussa se tallennetaan sinne ja jos valinta on ollut taulussa, mutta ei ole nyt tallennettu, koodi poistaa taulusta kyseisen tietueen.

Lomakkeen päivitys hoituu myös painikekontrollilla eli painiketta painamalla käynnistyy lomakkeen päivitys. Päivitys on tarpeellinen tässä tapauksessa silloin, kun paneelivalinnat on tehty ja tallennettu ja haluaa nähdä mitä valintoja onkaan tehnyt. Koska alilomake ei päivity jatkuvasti, on päivityspainike käyttäjäystävällisempi kuin se, että lomake pitäisi sulkea ja avata uudelleen.

Kaapelilistan siirto Exceliin tapahtuu myös painikekontrollilla. Painikkeen takana on koodi, joka laittaa lopullisen kyselyn käyntiin ja avaa sen, jonka jälkeen kysely siirretään Exceliin. Tämän jälkeen koodi kutsuu Exceliin tehtyjä makroja, jotka hoitavat Excelin muotoilun. Makroilla tehdään mm. VEO:n logo kaapelilistan yläkulmaan, kiinnitetään otsikkorivi siten, että vaikka kaapeleita tulee paljon, tiedetään aina mikä rivi tarkoittaa mitään, siirtää sarakkeet oikeille paikoilleen ja hakee projektille oikein nimen ja numeron. Kuvassa 26 on esitetty osa alustavasta kaapelilistasta.

VEO		Projectnumber:				Preliminary cable list				
		Project name:								
		Made:								
Cablenumber	Type	Lenght	Panel from	To	Drw n.o	To pane	device	Explanation of cable	Drw n.o	Attn
1_004	4x6		CFC0_1	BAG0_1				Protection current		
1_005	4x6		CFC0_1	BAE0_1				Protection I0 current		
1_006	4x6		CFC0_1	BAN0_1				Protection I0 current		
1_007	4x6		CFC0_1	BAE0_1				Protection ID> current		
1_008	4x6		CFC0_1	BAG0_1				Protection ID> current		
1_009	4x6		CFC0_1	BAE0_1				Measuring current		
1_010	4x6		CFC0_1	BAN0_1				Protection U0 voltage		Backup
1_011			CFC0_1							
1_012	4x1,5		CFC0_1	BAE0_1				Breaker close control		
1_013	4x1,5		CFC0_1	BFA0_1				Auxiliary ventilation fans control		
1_014	4x1,5		CFC0_1	BLP0_1				Radiator FC control		
1_015			CFC0_1							
1_016			CFC0_1							
1_017	12x1,5		CFC0_1	BAE0_1				Genset cubicle		
1_018	4x1,5		CFC0_1	BLQ0_1				Inlet ventilation FC control		
1_019			CFC0_1							
1_020	4x1,5		CFC0_1	BLQ0_1				Ventilation fan 1 control		
1_021	4x1,5		CFC0_1	BLQ0_1				Ventilation fan 2 control		
1_022	4x1,5		CFC0_1	BLQ0_1				Ventilation fan 3 control		
1_023			CFC0_1							
1_024			CFC0_1							
1_025	4x1,5		CFC0_1	BLP0_1				Radiator FC indication		
1_026			CFC0_1							
1_027			CFC0_1							
1_028	4x1,5		CFC0_1	BFA0_1				Auxiliary ventilation fans indication		
1_029	4x1,5		CFC0_1	BLQ0_1				Inlet ventilation FC indication		
1_030			CFC0_1							
1_031			CFC0_1							
1_032			CFC0_1							
1_033			CFC0_1							
1_034			CFC0_1							
1_035			CFC0_1							
1_036	4x1,5		CFC0_1	BFA0_1				LV-system indication		
1_037			CFC0_1							
1_038			CFC0_1							
1_039			CFC0_1							
1_040			CFC0_1							
1_041			CFC0_1							
1_042			CFC0_1							
1_043	2x(2+1)x0,5+0,5		CFC0_1	BLP0_1				Radiator FC control		
1_044	4x(2+1)x0,5+0,5		CFC0_1	BLP0_1				Radiator FC control		
1_045			CFC0_1							
1_046			CFC0_1							

**Kuva 26.** Ote alustavasta kaapelilistasta Excel-muodossa.

Suunnitteluohjelmaa varten luotava kaapelilista toteutetaan lähes samoin kuin alustavan kaapelilistan koodi. Vertex-versiota varten käynnistetään eri kysely ja makroilla tehdyt muotoilut ovat hieman erilaisia, mutta periaate on sama. Kuvassa 27 on esitetty osa suunnitteluohjelman kanssa yhteensopivasta kaapelilistasta.

CABLE ID	CABLE_TYPE	CABLE_DESCR	CABLE_NOTE1	END1_POS	END1_DEV	END2_PO	END2_DEV	END2_LENGTH	CODE	END1_REI	END2_REI	MODE	CB_GROUP
32046				CFAS02									CC
32047				CFAS02									CC
32048	12x2+1x4.5+4.5	HFO / LFO leader unit control panels		CFAS02		BLU901							CC
32049	4x2+1x5.5+4.5	Flow meter HFO line		CFAS02		BLU901							CC
32050				CFAS02									CC
32051				CFAS02									CC
32052				CFAS02									CC
32053				CFAS02									CC
32054				CFAS02									CC
32055				CFAS02									CC
32056				CFAS02									CC
32058				CFAS02									CC
32059				CFAS02									CC
32060				CFAS02									CC
32061				CFAS02									CC
32062				CFAS02									CC
32063				CFAS02									CC
32064				CFAS02									CC
32065	12x1.5	HFO / LFO leader unit control panels		CFAS02		BLU901							CC
32066	12x1.5	HFO / LFO leader unit control panels		CFAS02		BLU901							CC
32067	7x1.5	HFO / LFO leader unit control panels		CFAS02		BLU901							CC
32068	4x1.5	HFO feed pump 1 safety switch		CFAS02		BLU901							CC
32069	4x1.5	HFO feed pump 2 safety switch		CFAS02		BLU901							CC
32070	4x1.5	LFO feed pump safety switch		CFAS02		BLU901							CC
32071				CFAS02									CC
32072				CFAS02									CC
32073				CFAS02									CC
32074	4x1.5	HFO leader unit 1 control panels		CFAS02		BLU901							CC
32075				CFAS02									CC
32076				CFAS02									CC
32077	4x1.5	HFO unloading control panels		CFAS02		BLU901							CC
32078	4x1.5	HFO unloading control panels		CFAS02		BLF901							CC
32080	4x1.5	HFO separator unit control panels 1		CFAS02		BLU901							CC
32081				CFAS02									CC
32082				CFAS02									CC
32083	4x1.5	HFO unloading control panels		CFAS02		BLU901							CC
32084	12x1.5	HFO transfer pump control panels		CFAS02		BLF901							CC
32085	12x1.5	HFO transfer pump control panels		CFAS02		BLF901							CC
32086	4x1.5	HFO transfer pump control panels 1 safety switch		CFAS02		BLF901							CC
32087	4x1.5	HFO transfer pump control panels 2 safety switch		CFAS02		BLF901							CC
32088				CFAS02									CC
32089				CFAS02									CC
32090	12x1.5	LFO transfer pump control panels		CFAS02		BLU901							CC
32091	12x1.5	LFO transfer pump control panels		CFAS02		BLU901							CC
32092	4x1.5	LFO transfer pump control panels 1 safety switch		CFAS02		BLU901							CC
32093	4x1.5	LFO transfer pump control panels 2 safety switch		CFAS02		BLU901							CC

**Kuva 27.** Ote alustavasta kaapelilistasta, Vertex yhteensopiva.

Kaapelilistat tallentuvat aina ensin ohjelmaa varten tehtyyn pohjatiedostoon, joka on tallennettu samaan kansioon tietokannan kanssa. Makroilla pohjatiedosto tallennetaan nimellä verkkolevyille projektin omaan kansioon alustavana kaapelilistana. Tämä tehdään sen vuoksi, koska ohjelmaa käytetään sekä suunnittelijoiden että projektipäälliköiden toimesta ja jos kaksi henkilöä luo kaapelilistan lähes samanaikaisesti, se kumpi menee läpi ensin, katoaa toisen tallennuksen alle.

## 5 YHTEENVETO

Toimivan ohjelman suunnittelu oli kokemattomalle haastava työ. Työssä kului paljon aikaa uuden opetteluun ja virheiden korjaamiseen. Lopputuloksena kuitenkin syntyi toimiva ohjelma. Ohjelma luo alustavat kaapelilistat paneelivalintojen perusteella voimalaitosprojekteihin. Ohjelma luo sekä asiakkaan version että suunnitteluohjelman kanssa yhteensopivan version Excel-muodossa. Tarkoituksena on laittaa ohjelma sekä projekti-insinöörien että projektipäälliköiden saataville.

Access ohjelmana oli minulle tuttu, mutta olin ainoastaan käyttänyt sitä tietojen tutkimiseen. ER-kaavion teko helpotti tietokannan toteutusta huomattavasti ja myös vähensi virheiden määrää. Erityisen hankalana pidin itse koodin kirjoitusta ja ilman sitä ei työtä yksinkertaisesti joltain osin olisi pystynyt saattamaan loppuun. Koska VBA ei ollut minulle ennestään tuttu, jouduin opettelemaan ohjelmointikielen ihan alusta.

Ohjelmaa voidaan jatkossa kehittää lisäämällä sinne lisää tietoa. Tällä hetkellä tietokanta koostuu viiden erilaisen projektin yhteenvedosta, joten erilaisia projekteja olisi hyvä käydä läpi ja laajentaa tietokantaa. Lisäksi käyttöliittymää voitaisiin muokata vielä käyttäjäystävällisemmäksi. Kun ohjelma pääsee yleiseen käyttöön, löytyy vielä varmasti paljon kehitettävää.

## LÄHTEET

- /1/ ER-mallinnus. Viitattu 28.3.2012  
<http://homes.jamk.fi/~kivni/http0140/material/ermallinnus.html>
- /2/ Hernandez, M. 2000. Database Design for Mere Mortals. 2.painos. IT Press Copyright
- /3/ Prague, C., Irwin, M. 2000. Microsoft Access 2000 Bible. 1.painos. Tammer Paino Oy
- /4/ Vaasa Engineering Oy, Vuosikertomus 2010
- /5/ Visual Basic Kontrollit. Viitattu 25.4.2012  
<http://www.rontti.org/ville/vb/kontrollit.htm>
- /6/ Yritysesittely, Vaasa Engineering Oy:n kotisivut. Viitattu 14.1.2012.  
<http://www.veo.fi/Suomeksi/Yritysesittely>



