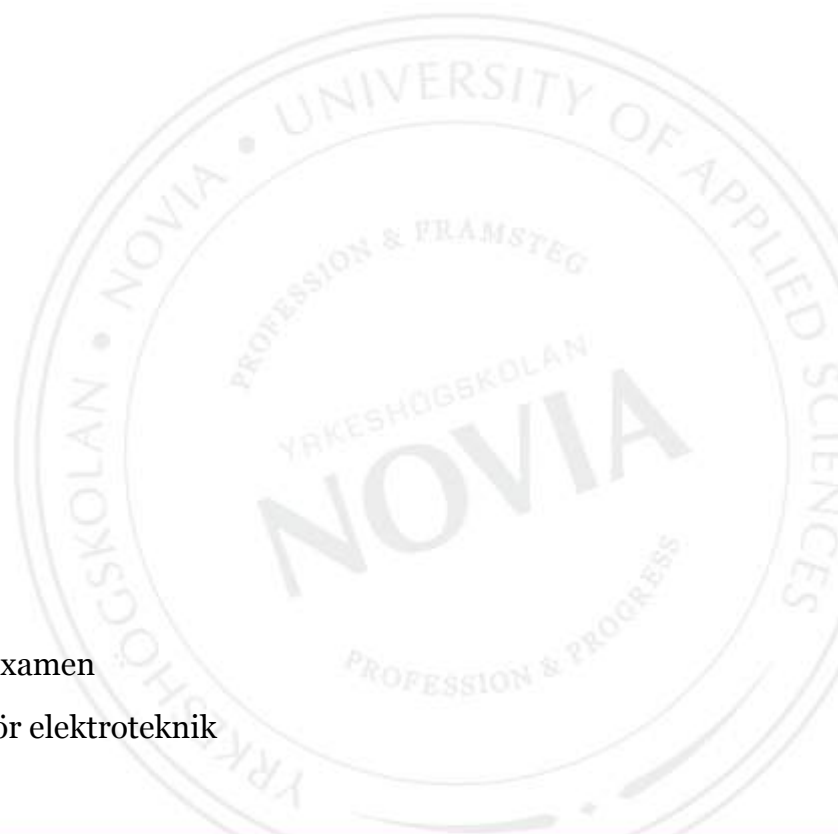




## Arbetsredskap för offertberäkning

André Portman

Examensarbete för (YH)-examen  
Utbildningsprogrammet för elektroteknik  
Vasa 2015



## EXAMENSARBETE

Författare: André Portman

Utbildningsprogram och ort: Elektroteknik, Vasa

Profilering: Automationsteknik

Handledare: Matts Nickull

Titel: Arbetsredskap för offertberäkning

---

Datum 26.01.2015

Sidantal 30

Bilagor 10

---

### **Abstrakt**

Detta lärdomsprov omfattar ett kabelberäkningsprogram som ska underlätta beräkning av offerter för elstationer. Programmet ska ta fram en kabellista på kablarna mellan komponenter och anslutningsenhet. Arbetsgivaren är VEO och avdelningen Substation.

En genomgång av elkomponenter samt av elstationers uppbyggnad krävs för att få kunskap om hur programmet ska skapas. Microsoft Excel används för att ta fram kabelberäkningsprogrammet. Programmet genererar en kabellista på kablar mellan komponenter och anslutningsenheter i elstationer.

Med ett single-line schema samt en översiktsbild på komponenternas placering kan komponenttyp samt längden mellan komponenten och komponentens anslutningspunkt användas i programmet. Programmet skapar en kabellista enligt valda komponenter. Kabellistan presenterar kabelmodellerna mellan valda komponenter och komponenternas anslutningsenheter.

Arbetet resulterade i ett beräkningsverktyg som underlättar offertberäkning av kablarna i elstationer. Programmet ger snabbt och effektivt en kabellista på kablarna i elstationer.

---

Språk: svenska

Nyckelord: Excel, offertberäkning, elstation

---

## OPINNÄYTETYÖ

Tekijä: André Portman

Koulutusohjelma ja paikkakunta: Sähkötekniikka, Vasa

Suuntautumisvaihtoehto: Automaatiotekniikka

Ohjaajat: Matts Nickull

Nimike: Laskennallisia työkaluja tarjouslaskentaan

---

Päivämäärä 26.01.2015 Sivumäärä 30

Liitteet 10

---

Tämä opinnäytetyö käsittää kaapelilaskentaohjelman joka helpottaa sähköasemien tarjousten laskentaa. Ohjelmasta saa listan kaapeleista ohjauskaapin ja sähkökomponenttien välillä sähköasemassa. Työnantaja on VEO ja yksikkö on Substation.

Sähköasemien rakennukset ja niiden pääkomponentit on tutkittu jotta tietokoneohjelma voidaan luoda. Microsoft Exceliä on käytetty ohjelman kehittämiseen ja myös valmis ohjelma toimii samassa ympäristössä.

Antamalla pituuden ja sähkökomponentin single-line-piirrustuksesta ja layout kuvasta sähköasemalla, pitäisi pystyä saamaan kaapelilista. Kaapelilista sisältää kaapelityypit valittujen komponenttien ja ohjauskaappien välillä.

Työ johti valmiiseen laskentaohjelmaan joka auttaa tarjousten laskennassa. Ohjelma antaa nopeasti ja tehokkaasti listan sähköaseman kaapeleista.

---

Kieli: ruotsi Avainsanat: Excel, tarjouslaskenta, sähköasema

---

## BACHELOR'S THESIS

Author: André Portman

Degree Programme: Electrical engineering, Vasa

Specialization: Automation

Supervisors: Matts Nickull

Title: Work tool for quotation calculation

---

Date 26.01.2015

Number of pages 30

Appendices 10

---

The aim of the thesis is to develop a cable calculation program that will facilitate the quotation calculation of substations. The program is to produce a cable list of the cables between components and their connection unit. The employer is VEO and the department is Substation.

An examination of how a substation is built and knowledge of the main components are needed to create a program. Based on the knowledge of the electrical components in substations is a program developed in Microsoft Excel. The program creates a cable list of the cables between components and connection unit.

With a single-line and an overview drawing of the electrical components in a substation, can the component type and length between the component and its connection unit be chosen. The program creates a cable list according to the selected components. The cable list presents cable models between the selected components and their connection unit.

The work resulted in a calculating tool that facilitates the quotation calculation of the cables in substations. The program provides quickly and efficiently a cable list of the cables in substations.

---

Language: Swedish

Key words: Excel, quotation, substation

---

# Innehållsförteckning

1 Inledning .....	1
1.1 VEO .....	3
2 Syfte och problematik.....	4
3 Elstationer .....	5
3.1 Komponenter .....	7
3.1.1 Brytare .....	8
3.1.2 Frånskiljare .....	8
3.1.3 Mätning.....	9
3.1.4 Lindningsomkopplare .....	9
3.2 Styr- och övervakningssystem.....	9
3.3 Kabeldimensionering.....	11
4 Beräkningsprogram .....	13
4.1 Excel VBA.....	13
4.2 Användarvänlighet.....	14
4.3 Sammanlänkning av datablad .....	17
4.4 Variabler och arrays.....	18
4.5 Datahantering och programmets planerade uppbyggnad .....	19
5. VEO-beräkningsverktyg .....	20
5.1 Programmets användargränssnitt.....	21
5.1.1 Arbetsyta.....	22
5.1.2 Komponentlista.....	23
5.1.3 Kabellista .....	24
5.1.4 Resultat .....	25
5.2 Programmets körningsprocess .....	26
5.3 Programmets komponent och kabellistor .....	27
6 Resultat .....	28
7 Kritisk granskning och diskussion.....	30

## **Bilagor**

Bilaga 1	Exempel på en layout av ett projekt.
Bilaga 2	Exempel på single-line schema.
Bilaga 3	Brytare till utefält
Bilaga 4	Kabeldimensioneringsexempel
Bilaga 5	Programmets arbetsyta
Bilaga 6	Programmets komponentlista
Bilaga 7	Programmets kabellista
Bilaga 8	Programmets resultatblad
Bilaga 9	Programmets resultatblad översatt till svenska kabelmodeller
Bilaga 10	Programmets resultatblad översatt till norska kabelmodeller

# Figurer

- Figur 1 VEO:s kontorsbyggnad i Runsor, Vasa (VEO, 2014)
- Figur 2 Sidobild av utefält med parallella linjer (VEO\Intra, 2014)
- Figur 3 Urklipp från en ritning som visar hur mycket signalkablar det kan gå till en portal(VEO\Intra, 2014)
- Figur 4 Exempel på kommunikationssystemets hierarki för elstationer (KTC, 2014)
- Figur 5 Förklarande bild på hur informationen delas upp i databladen
- Figur 6 Utformningen av koordinatsystemet i arbetsbladet
- Figur 7 Sammanlänkning mellan databladen i programmet
- Figur 8 Olika strukturer av arrays
- Figur 9 Förklarande bild på hur programmet sammanställer ett resultat och hur ett översatt resultat kan sammanställas från resultatet
- Figur 10 Arbetsytans utformning
- Figur 11 Komponentlistans utformning
- Figur 12 Kabellistans utformning
- Figur 13 Resultatets utformning
- Figur 14 Programtest

# 1 Inledning

Efterfrågan på elstationer har ökat markant på VEO de senaste åren. På VEO:s avdelning Substation har det märkts tydligt på ökat antal projekt och offertförfrågningar. På grund av de ökade offertförfrågningarna har det blivit aktuellt att ta fram ett program som kan underlätta kabelberäkningarna för elstationer. Programmet ska underlätta kabelberäkningarna i elstationer genom att snabba upp samt göra noggrannare beräkningar av kablarna i elstationer. Syfte med programmet är att snabba upp hela offerteringsprocessen.

Elstationers storlekar kan variera mycket, men oberoende av storlek består de alltid av några huvudkomponenter. Några av huvudkomponenterna är t.ex. brytare, fränksiljare och mättransformatorer. Många av dessa komponenter har inbyggda givare, elmotorer, värmare, transformator kärnor eller annan apparatur som behöver styrning eller lägesindikering. En komponent som har t.ex. en elmotor och lägesindikering bör kopplas till en styrenhet för att fungera. Styrenheten brukar ofta vara placerad i ett kontrollrum/hus därifrån manöververingen och övervakningen styrs. I en större elstation kan det gå väldigt många kablar mellan kontrollhuset och komponenterna i utefältet.

När en offert ska beräknas för en elstation med utefält är det ett tidsdrygt arbete att beräkna kablarna mellan kontrollrummet och komponenterna i utefältet för hand. Det kan lätt glömmas bort någon kabel eller bli felberäkningar. För att minska på risken för felberäkning och för att snabba upp offertberäkning behövs ett program som kan sköta om kabelberäkningarna.

Med ett program kan man få bort den mänskliga faktorn till en vis del men inte helt och hållet. Programmets fokus kommer att vara på kabelberäkning i elstationer. Med ett program kan det snabba upp beräkningen av kablarna mellan komponenter i utefält och kontrollrum/hus. Med programmet ska det fås ut en kabellista på kablar mellan komponenter och vald kopplingspunkt, samt en lista på totala längden av alla kabelmodeller.

Programmet ska vara gjort i Microsoft Excel. Excel är ett bekant program för många sedan tidigare. Det behövs inte införskaffas någon ny programvara och ingen större inlärningsprocess behövs om Excel används. I Excel finns Visual Basic for Applications



som är Microsoft Office egna programmeringsspråk. VBA finns färdigt inbyggt i Microsoft Office och kommer med utan extra kostnad (Walkenbach, 2013).

Programmet ska vara användarvänligt, visuellt enkelt, flexibelt och editerbart. Resultatet från programmet ska vara lättavläst och systematiskt upplagt. Från resultatet ska det gå att läsa av kabelmodeller mellan komponent och kontrollenhet samt en tydlig lista på varje kabelmodell och deras totala längd och antalet kablar som används i det beräknade projektet.

## 1.1 VEO

VEO finns beläget i Runsor, Vasa. Figur 1 visar VEO:s kontor samt fabriksbyggnad i Runsor. VEO erbjuder automations- och el-system för olika energiproduktions- och eldistributions-anläggningar. VEO:s produkter finns i bl.a. vattenkraftverk, vindkraftverk, värmekraftverk samt i olje-/gaskraftverk. VEO har också mycket samarbete med andra företag i Vasa, bl.a. med Vacon och Wärtsilä. VEO har haft samarbete med Vacon i 25 år. Samarbetet med Vacon är att VEO har hand om hanteringen av projekt och tillverkning av speciella marina frekvensomvandlare. VEO har också projektbaserat samarbete med Wärtsilä.

En av VEO:s största och mest växande avdelningarna är Substation. Substation har global projekthantering och planering av elstationer. Projekten är nyckel-i-hand baserad projektverksamhet. (VEO, 2014). Substation är den avdelning som arbetet blir gjort för.



*Figur 1. VEO:s kontorsbyggnad och fabrik i Runsor, Vasa. (VEO, 2014)*

## 2 Syfte och problematik

När en offertförfrågan fås från en kund får man oftast en deadline för när offerten ska vara inlämnad. I offerten brukar det ingå ritningar på hur kunden vill att projektet ska se ut samt tekniskspecifikation på vilka krav kunden har. Då har försäljaren till uppgift att beräkna projektets kostnad och skicka iväg offerten till kunden innan deadline har förfallit. I en offert beräknas kostnaden av ett projekt. Offerten ska vara slagkraftig i förhållande till konkurrenterna och på samma gång vinstgivande för företaget. Offerters noggrannhet och exakthet är en viktig del för att företaget ska gå på vinst.

För att snabba upp offertberäkningen behövs ett program som kan underlätta beräkningar av kablarna mellan utomhuskomponenter och kontrollenhet. Programmets fokus kommer att vara på beräkningen av kablarnas längder och antal. Man ska kunna med hjälp av ett single-linje-schema (bilaga 1) och en översiktsbild av komponenternas placering (bilaga 2) kunna beräkna kablarna för ett projekt. I single-line schemat fås vilka komponenter som ska användas och via en layout av elstationens uppbyggnad uppfattningen om komponenternas placering.

För att kunna skapa ett kabelberäkningsprogram behövs först mera kunskap om hur en elstations uppbyggnad är och var kablarna till elstationen dras. Programmässiga utmaningar är hur informationshanteringen sker och hur informationen skrivs i programmet.

### 3 Elstationer

Elstationer finns med många olika spänningsnivåer. Spänningsnivåerna kan vara allt från 400 kV ner till bara 0,4 kV i Finland (Finsk energiindustri). För att kunna distribuera strömmen och upprätthålla ett bra skydd har en elstation många skyddsfunktioner.

Skyddsfunktionerna är uppdelat i två olika skydd ett primärskydd och ett sekundärskydd. Primärskyddet består till stor del av hårdvara t.ex. brytare, mätton och transformatorskydd. Sekundärskyddet består till största delen av mjukvara så som reglerings-, övervaknings- och styrsystem. Alla dessa delar arbetar tillsammans och upprätthåller ett säkert och överskådligt styr- och skyddssystem (Blomqvist, 2003).

Elstationer är ofta försedda med dubbel eller trippel skyddssystem. Orsaken till varför de har flera parallella skyddssystem är ifall ett skydd skulle svika finns alltid ett eller två skyddssystem kvar. En elstation kan också ha parallella brytare och omkopplingssystem så att arbete kan utföras utan att stänga av strömmen till några viktiga distributionsområden. Elstationers skydd följer oftast olika standarder och lagar på hur de ska byggas och hur reläerna ska konfigureras. Med standarderna och lagarna kan det säkerställas att en elstation har bra skydd och uppbyggnad. Med standarder och lagar också underlättas utbyggnad och uppdatering av gamla elstationer. (Blomqvist, 2003).

Elstationers storlekar och uppbyggnad varierar mycket beroende på vilket utförande de har. Större elstationer med stora utefält kan förutom att distribuera vidare energin till andra anläggningar/elstationer också ha en transformator. Där spänningen tas ner och distribuerar vidare energin till anläggningar med lägre spänningsnivåer eller andra elstationer. (Brown, 2009)

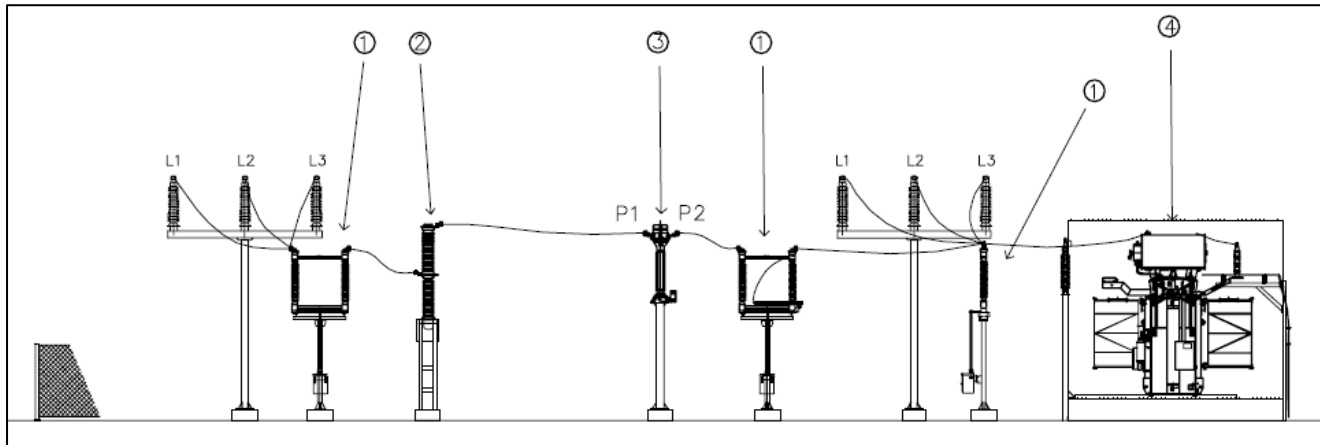
Oberoende om det är en stor eller liten elstation använder alla några huvudkomponenter. Några av huvudkomponenterna är brytare, frånskiljare, mättransformator, lokalttransformator. I Figur 2 visas en enkel modell på ett utefält.

Från figur 2 kan följande avläsas:

L1, L2, L3. är uppdelade i två parallella linje för att kunna stänga av delar i anläggningen utan att påverka hela anläggningen.

1. Frånskiljare används för att göra frånskiljning från spänningsförande delar i anläggningar och elnät. Frånskiljaren används i stort set enbart när service skall utföras.
2. Brytare används för att bryta strömmen vid belastning. En brytare är mycket viktig komponent eftersom det är brytaren som bryter strömmen när något fel uppstår i elnätet.
3. Mättransformator används för att mäta elektriska storheter i elnätet. Mättransformatorn transformerar storheterna till lämpliga nivåer.
4. Transformatorn transformerar spänningen till önskad nivå. Transformatorn är anläggningens dyraste komponent.

I bilagorna 1 och 2 finns bilder av ett single-line schema samt en översiktsbild av en elstation med utfält.

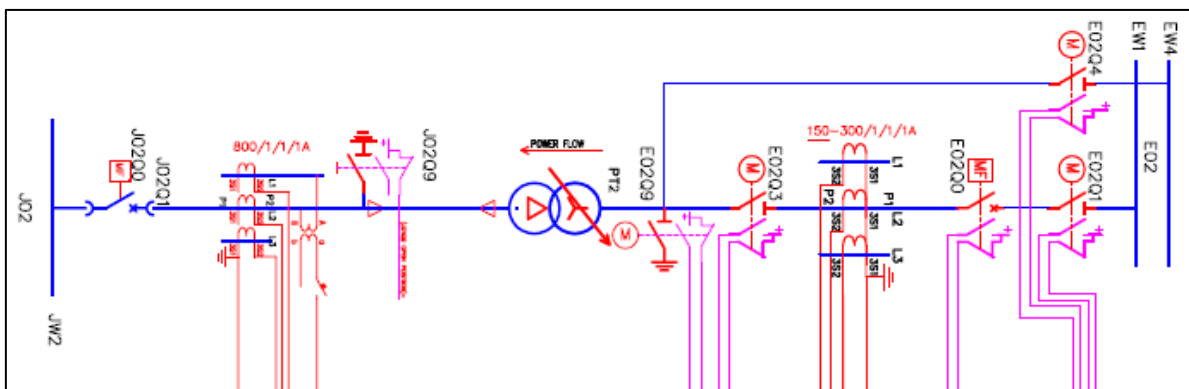


Figur 2. En enkel version av hur en elstations utfält kan vara uppbyggd.

### 3.1 Komponenter

Primärskyddet består av några olika komponenter vars egenskaper och utföranden är olika mellan tillverkare. Komponenter är ofta försedda med en märkskylt med vilka belastningar och påfrestningar de klarar av. Komponenternas maximala belastning får inte överstiga komponenternas märkningar. (Blomqvist, 2003).

Det kalla klimatet i Norden medför att vissa komponenter har extrautrustning för att fungera korrekt. Många av komponenter i en elstation har inbyggda värmare, givare och styrutrustning. Detta medför att det kan gå många olika kablar och kabeltyper till en komponent. Komponenterna i en elstation finns för användning utomhus och inomhus. Det är speciellt utomhuskomponenter som arbetet fokuserar på. Mellan utomhuskomponenterna och kontrollhus/rum dras det många manöver- och signalkablar. I en elstation kan det vara många kilometer med kablage mellan utfält och kontrollhus/rum. I figur 3 visas en enkel bild av kablarna som används till lägesindikering och mättransformatorer.



Figur 3. En del av en ritning som visar signalkablarna för lägesindikering samt mättransformatorernas mätningsskyltar.

### 3.1.1 Brytare

En brytare är en av de viktigaste komponenterna i en elstation. Brytaren ska klara av att bryta strömmen med full belastning och släcka ljusbågar som kan uppstå. Brytaren ska förse en bra isolation från den matande sidan till den spänningslösa sidan så att det inte finns någon risk för överslag. En brytare måste kunna bryta strömmen snabbt och säkert när den får en manövreringssignal från skyddsreläet. Brytarens kontaktytor måste klara av stora termiska påfrestningar som uppstår när brytarens kontaktytor sluts eller bryts vid belastning. Eftersom elnätet innehåller stora kapacitiva och induktiva laster finns det stor risk för strömspikar vid anslutning eller bortkoppling. Strömspikar gör att det lätt kan uppstå ljusbågar vid manövrering av brytaren. (Blomqvist, 2003; Söderbacka, 2008)

En utomhusbrytare i Norden har vanligtvis lägesindikering, el-motor och värmare. Lägesindikeringen är en givare som visar vilket läge brytaren är. Den informationen används till skyddsreläets funktioner. Elmotorn hör till manövrering av brytaren. Elmotorn spänner en fjäder som används vid manövrering av brytaren. Värmare är inbyggda i brytaren så att den ska fungera korrekt även under vintern.

### 3.1.2 Frånskiljare

En frånskiljare är till för att frånskilja spänningsförande delar när det ska göras reparationer och underhåll. Det ska synas tydligt om en frånskiljare är frånskild antingen via lägesindikering eller med en synlig urkoppling från de spänningsförande delarna. En frånskiljare klarar inte några stora strömmar. De är enbart till för att kunna separera delar av elnät eller elanläggningar från spänningsförande delar. I vissa specialfall kan en frånskiljare fungera som både brytare och frånskiljare. I mindre anläggningar kan en frånskiljare bara vara handmanövrerad, men oftast är de försedda med både handmanövrering och motormanövrering. (Blomqvist, 2003).

Frånskiljare finns också i många olika varianter, det finns frånskiljare med jordningskniv, frånskiljare med dubblajordknivar, frånskiljandebrytare, frånskiljandebrytare med jordkniv frånskiljandebrytare med dubblajordkniv osv. Om en frånskiljare har motormanövrering är de också försedda med lägesindikering och en elmotor. Fungerar en frånskiljare som frånskiljandebrytare har den också inbyggt värmeaggregat.

### 3.1.3 Mätning

För att kunna ha en kontrollerad och stabil distribution behövs det mätningar i elnätet. Mätningarna behövs för att kunna reglera systemet och upprätthålla ett bra skydd. Mätningar i elnätet görs indirekt via transformatorer. Med transformatorerna tas energinivån ner till en hanterbar nivå. En mättransformator isolerar sekundärsidan galvaniskt från primärsidan. Mättransformatorerna delas in i två olika grupper, strömtransformator och spänningstransformator. Mättransformatorerna kan ha flera kärnor på sekundärsidan. Orsaken till varför de har flera kärnor beror på att de använder oftast flera olika sorters mätningar från elnätet och behöver därmed flera kärnor. Variationen av kärnor beror på vilket sorts skydds- och styrsystem som använder. (Blomqvist, 2003; Söderbacka, 2008)

### 3.1.4 Lindningsomkopplare

En lindningsomkopplare används främst på sådana ställen där belastningen kan variera mycket. När belastningen ökar till t.ex. en industri så sjunker spänningen i elnätet. När spänningen sjunker ändrar lindningsomkopplaren antalet lindningar i transformatorn så att spänningen höjs igen. Lindningsomkopplingen sker mekaniskt genom att vrida på en specialbrytare/omkopplare. När lindningsomkopplaren ändrar lindningsantalet sker det utan att det sker något avbrott. (Murty, 2008; Hyundai heavy industries, 2011)

## 3.2 Styr- och övervakningssystem

I dagens elstationer används programmerbara skyddsrelän. Skyddsreläerna är realtidsmaskiner som övervakar elnät. Ett skyddsrelä är olika programmerade och har olika krav beroende på i vilken del av distributionsnätet de är placerade.

Principen för ett skyddsrelä är att reagera så snabbt som möjligt på ändringar i elnätet. Ändringar kan ske i frekvensen, spänningen och strömmens stabilitet och nivå. Dessa krav är uträknade och programmerade i varje skyddsrelä. Skyddsreläet ska bryta strömmen och återkoppla så att så lite skada som möjligt kan uppstå. (Horowitz, 2013)

Storheter som t.ex. ström, spänning och frekvens fås från mättransformatorernas sekundärsida. Där med är skyddsreläet beroende av mättransformatorerna och deras

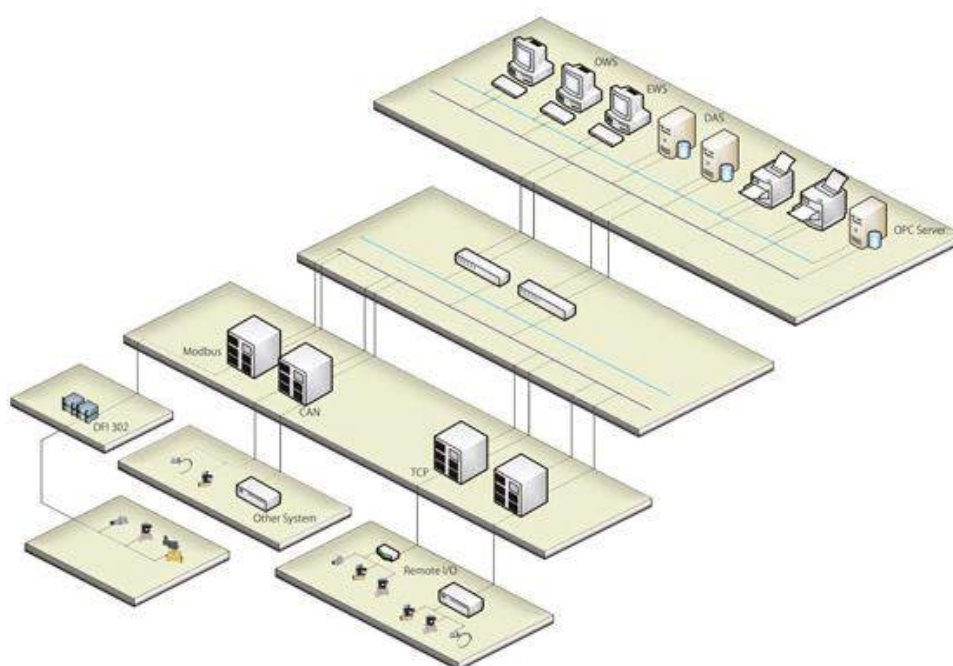


tolerans och pålitlighet. Skyddsreläerna är normalt kopplad till en RTU (Remote Terminal Unit) som för vidare informationen till övervakningscentral eller annan övervakningsenhet.

Automationens uppbyggnad följer IEC61850 standarden. IEC61850 är en global standard som har blivit framtagen för att underlätta sammanlänkning av kommunikation och automation i kraftanläggningar. Standarden är till för att framtidssäkra elkraftanläggningars automationssystem samt för att hänga med i förändringar av behov, teknik och tankesätt. Standarden säkerställer grundläggande funktioner av kommunikationen mellan enheter av olika fabrikat samt underlättar underhåll och hantering. (ABB, 2014)

Standarden berör skydd, kontroll, mätning och övervakning av elstationer och möjliggör till högre skydd. Den kombinerar bekvämligheten med Ethernets stabilitet, prestanda och säkerhet. IEC61850 är en globalt använd standard för kommunikation mellan enheter i elstationer. (Alstom, 2014)

I figur 4 visas en exempelbild av hur kommunikationssystemet för elstationer är uppbyggt. En elstations skyddsrelä är på plattformen längst ner. RTU (Remote Terminal Unit) på plattformen som är näst längst ner följs av en server som är uppkopplad till ett stort nätverk. Nätverket är uppkopplat till en övervakningscentral som övervakar elnätet dygnet runt. All dess kommunikation mellan plattformar använder sig av IEC61850 standarden.



Figur 4. Exempelbild på hierarki kommunikationssystem för elstationer. (KTC, 2014)

### 3.3 Kabeldimensionering

Alla komponenter i en elstation som har någon styrning, indikering eller används för mätning behöver förses med kablage. Bilaga 1 visar ett exempel på hur en elstation kan vara uppbyggd. På ritningen ser man komponenternas placering samt var kontrollhuset är placerad. Avstånden i en elstation med utefält blir snabbt stora. Detta medför att kabelresistanser och spänningsfall behöver beräknas.

Till komponenterna i en elstation används 230 VAC eller 110 VDC för styrning och indikering. Användningen av 110 VDC beror på att elstationer har hjälpbatterier till de viktigaste skyddssystemen. Hjälpbatteriernas spänning är 110 V DC och därmed används det samma spänning som styrningsspänning till de viktigaste skyddsfunktionerna. 230 VAC används för andra mindre viktiga funktioner.

När långa ledningar dras uppstår det ett spänningsfall. Spänningsfallet får inte sjunka alltför lågt efter som detta kan medföra att apparater slutar fungera korrekt. SFS6000:s rekommendationer till spänningsfall för elapparater är 5 %. Om elapparater matas med en lokal (privat) kraftkälla är får spänningsfallet vara större än 5 % (STUL, 2012). En elstation som har en lokaltransformator är rekommendationerna för spänningsfall större än 5 %.

I bilaga 4 visar ett exempel på hur kablars längd kan beräknas genom att bestämma det maximala spänningsfallet som får uppstå i en ledning. Genom att bestämma spänningsfallet kan ledningens längd beräknas med följande formel:

$$\text{Likspänning: } L = \frac{\Delta U}{I \cdot 2 \cdot r}$$

$$\text{Växelspänning: } L = \frac{\Delta U}{I \cdot 2 \cdot (r \cdot \cos(\varphi) + x \cdot \sin(\varphi))}$$

$L$  = Längden på kabeln

$\Delta U$  = Spänningsfall

$I$  = Ström

$\varphi$  = Vinkeln mellan spänning och ström

$r = \frac{\text{Resistans}}{\text{kilometer}}$  för vald kabeldimension

$x = \frac{\text{reaktans}}{\text{kilometer}}$  för vald kabeldimension

Bilaga 4 används 5 % spänningsfall fast rekommendationen säger att spänningsfallet får vara större.

Enligt Stenfors (personlig kommunikation, 7.11.2014) ska kabeltyperna som väljs vara avskärmade kablar. Det beror på att det kan uppstå störningar mellan signalkablar och manövreringskablar. Störningarna uppstår p.g.a. att det kan bli långa sträckor som kablarna är dragna parallellt med varandra. Störningarna kan påverka skyddsreläernas mätningar och lägesindikeringsfunktioner. Kablarna ska också vara av jordkabel typ eller kablar som får ligga ovan på jord. Det eftersom kablarna ligger oftast i en kabelkanal som går längs med marken.

I bilaga 4 finns förutom kabeldimensionering också hur kortslutningsströmmar och säkringar beräknas.

## 4 Beräkningsprogram

Beräkningsprogrammet blev bestämt att det ska vara gjort i Microsoft Excel. Anledningen till varför Excel ska användas är för att Excel är ett välbekant program som många använder dagligen. Programmets arbetsytor ska vara i Excels egna arbetsblad. På det viset fås ett visuellt bekant program. Programmets huvudsakliga uppgift är att snabba upp offertberäkningarna genom att lätt kunna skriva in längden på kabeln mellan kontrollhus/rum och komponent i utefält och därifrån få ut kablarna mellan komponent och kontrollhuset/rummet. Programmet ska generera ett resultat som ska innehålla alla kabelmodeller med längd och totallängd presenterade i en tabell.

### 4.1 Excel VBA

Visual basic for applications (VBA) är Microsofts egna programmeringsspråk som ingår i alla Microsoft office program. I Excel finns ett verktyg som heter Visual Basic Editor (VBE) som kan aktiveras via inställningarna i Excel. VBE är ett utvecklingsverktyg i Excel som används för att skapa program som kör och hanterar Excel. (Walkenbach, 2013)

Microsoft har skapat ett eget programmeringsspråk som används i VBE, programspråket heter Visual Basic (VB). Tryckknappar, pivottabeller, dialoger, formulär, programfunktioner samt program kan skapas i VBE. Med VBE har man tillgång till alla Excels färdiga funktioner, samt Excels datablad. På det viset blir VB ett mycket kraftfullt verktyg att skapa program snabbt och enkelt. (Walkenbach, 2013)

VB är som tidigare nämnts Microsofts eget programmeringsspråk. Alla programmeringsspråk har en egen systematik för hur variabler och funktioner definieras. Skillnaden mellan att programmera i Excel och andra programmeringsspråk är att man i stället för att infoga olika bibliotek använder Excel:s egna färdiga funktioner för programkoden. Funktion användningen i programkoden anropas på likadant vis som när funktioner används som vanligt i Excel. (Walkenbach, 2013)

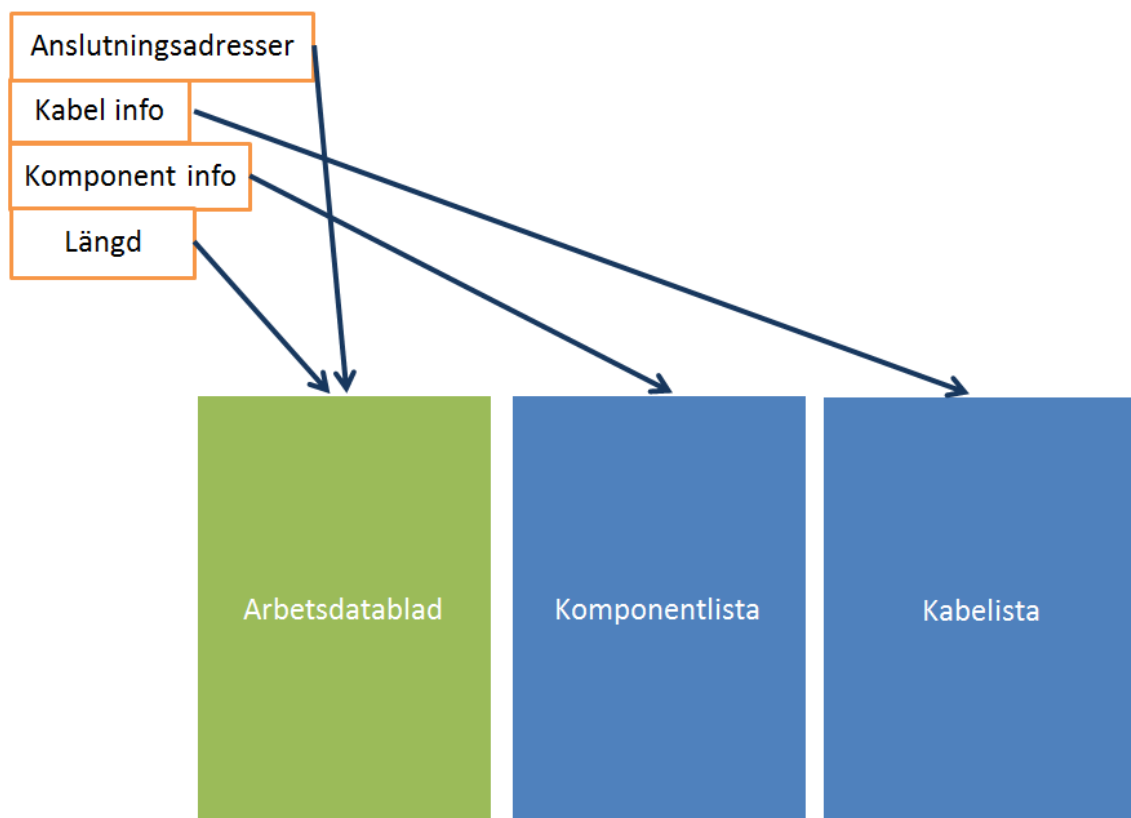
## 4.2 Användarvänlighet

Excel har ett färdigt genomtänkt användargränssnitt. Menyerna och databladerna har en vis utformning och systematik. Programmet som ska ha layouten som Excels originaldatablad medför att en stor del av användarvänligheten redan är gjord. När en del av användargränssnittet är färdigt gjort, behövs en systematik på hur Excel:s gränssnitt utnyttjas.

Informationen som behövs till programmet är komponenter, kablar, anslutningsadresser och längden mellan komponenter och kablar. För att kunna dela upp informationen som ska in till programmet måste informationen delas upp i två kategorier. Kategorierna är permanentinformation och flödandeinformation. Till kategorin permanentinformation hör komponenter och kabelmodeller. Till kategorin flödandeinformation hör anslutningsadresser och längden. Permanentinformation är information som är färdigt inlagt i programmet. Flödandeinformation är informationen som matas in till programmet under användning.

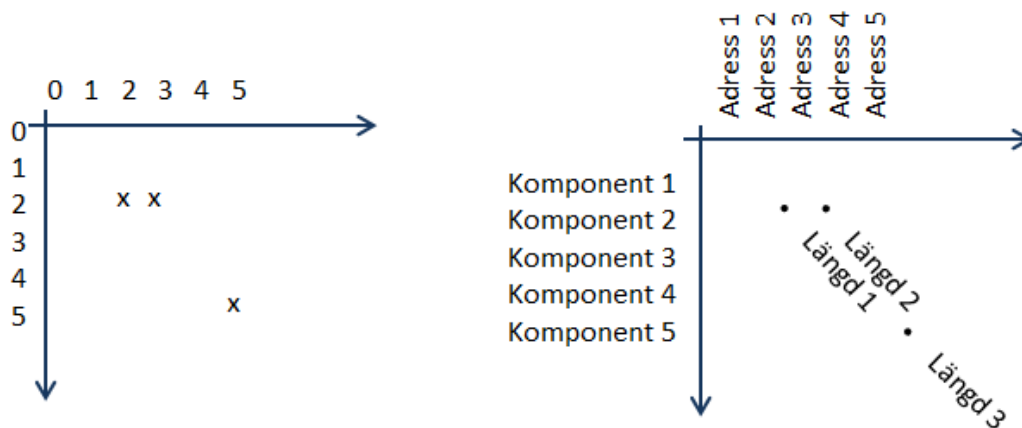
Permanentinformation kan därför läggas i egna datablad i Excel. I databladerna har de utformningen av en vanlig tabell med komponenter och kabelmodeller. Figur 5 illustrerar hur informationsfördelningen blivit gjord.

Flödandeinformationen kommer att variera mycket och det är den flödandeinformationen som ger kablarnas längd och anslutningsadress. Det medför att det måste finnas ett utformat system för hur informationen ska läggas in. Det är den flödandeinformationen som användaren kommer att mata in i programmet. Därmed kommer ett skilt datablad att hantera den flödandeinformationen. Figur 5 illustrerar hur informationen har blivit fördelat.



*Figur 5. Informationens fördelning i Excels datablad.*

Efter som längden på kablarna och anslutningsadressen (flödandeinformationen) är det som kommer att variera mellan projekt, kommer de att användas för styrning av programmet. Arbetsdatabladets utformning hänger på sammanlänkningen mellan komponent, adress och längd. För att användaren ska kunna se en helhet av vika komponenter som används samt kunna fylla i längderna snabbt, utformas ett ifyllnadssätt som liknar ett koordinatsystem. I stället för siffror på axlarna finns det komponenter och anslutningsadress och som koordinat används längden. På så vis kan det markeras en komponent och adress och med längden. Figur 6 nedanför visas arbetsbladets utformade koordinatsystem.



Figur 6. Utformningen av koordinatsystemet i arbetsbladet.

Eftersom en elstation kan ha flera komponenter av samma variant medan anslutningsadressen dit komponenten kopplas nästan alltid varierar, kommer adresserna att vara ändringsbara och komponenterna delvis permanenta. Användaren har på det viset möjlighet att använda samma typ av komponent flera gånger men med olika adresser.

Om det finns två stycken komponenter av komponenttyp 2, kan användaren skriva in adresserna dit komponenterna ska anslutas. Därefter kan användaren skriva in längden på komponenttypens rad och adressernas kolumner. På detta vis kan två stycken av komponenttyp 2 med längd 1 och längd 2 användas.

Systematiken som används i programmets datablad, kommer att göra så att listorna blir redigerbara och lätt att läsa. Arbetsbladets utformning medför att användaren kommer att kunna snabbt skriva in längder och anslutningsadresser.

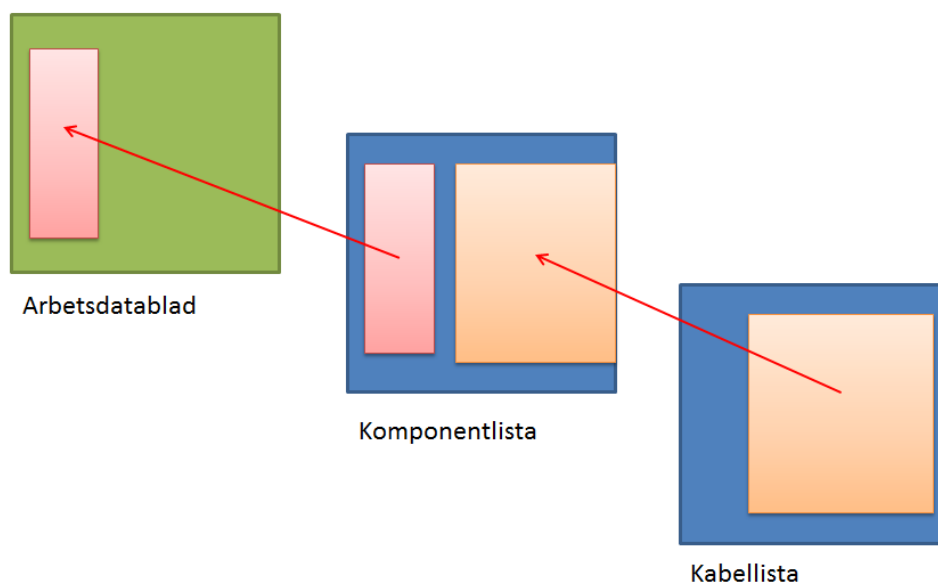
### 4.3 Sammanlänkning av datablad

De tre databladen arbetsdatabladet, komponentlistan och kabellistan kommer att behöva sammanlänkas på något vis för att ta bort risken för dubletter av komponenter eller kablar. Sammanlänkningen har också en stor betydelse på hur funktioner kan utformas i programmet.

Resultaten ska bestå av komponenter och deras kablar som är mellan komponent och kontrollrum/hus. I arbetsbladet finns ingen sammanlänkning till kabellistan över huvudtaget. I arbetsdatabladet finns enbart komponenter, adresser och längder. För att kunna göra en ihoplänkning behövs en gemensam nämnare mellan databladet.

Den gemensamma nämnaren hittas via komponenten. Varje komponent använder i princip alltid samma mängd kablar och kabelmodeller. Eftersom komponenterna nästan alltid använder samma kablar kan det göras en sammanlänkning mellan komponentlistan och kabellistan. Det kan då göras en sammanlänkning till arbetsbladet via komponentlistan i arbetsdatabladet till komponentlistan. Komponentlistan i arbetsdatabladet är en kopia av original komponentlistan. På det viset fås en sammanlänkning mellan databaden. I figur 7 nedanför gör en beskrivning av hur sammanlänkningen utförs.

Med en sammanlänkning kan programfunktioner skapas för att samla upp informationen i arrays och sortera dem i rätt ordning.



Figur 7. Sammanlänkning mellan databladet i programmet.

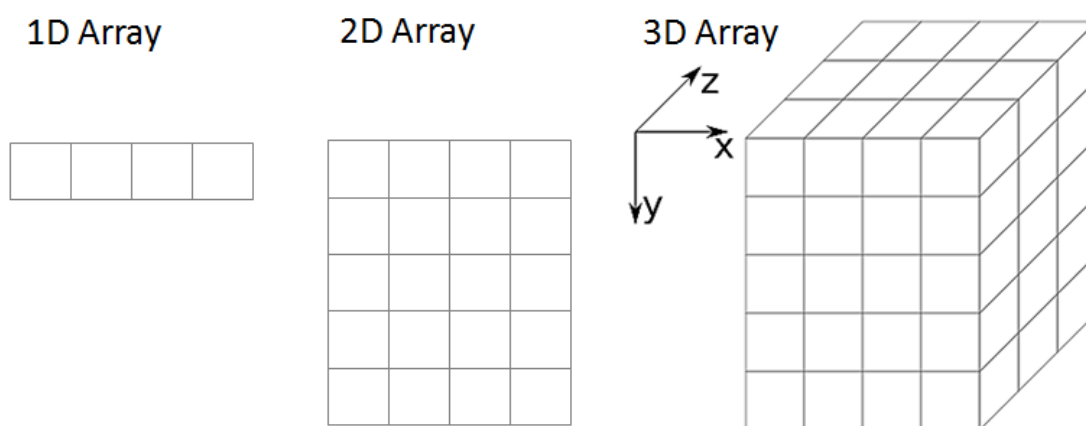


## 4.4 Variabler och arrays

Programmering handlar mycket om att hantera data. Datahantering kan lätt bli svår och komplicerad. Datahanteringen handlar till största delen att förstå hur informationen läses in och ur variabler och arrays. Beroende på vad variabeln ska användas till används olika sorters varianter av variabler. Vissa variabler används för heltal, vissa för decimaltal medan andra används enbart för text. En arrays olika varianter är de samma som variabelns varianter men med den skillnaden att en array innehåller flera element där information kan lagras.

En arrays storlek måste förprogrammeras för att allokera rätt mängd minne. I VB används några olika arrays, enkelrad array, 2D array och 3D array. Svårigheterna med att läsa in information till arrays är att hitta en bra systematik att läsa in informationen. Hantering av stora 2D och i synnerhet 3D arrays blir snabbt svårhanterligt och besvärlig. Den mest använda array typen i programmet kommer därför att bli 2D arrays. Figur 8 visar strukturen på 1D arrays, 2D arrays och 3D arrays.

Arrays används oftast för att hantera större mängder information åt gången medan enkla variabler används för att hantera funktioner och utföranden i programkod. Arrays och variabler används ofta tillsammans.



Figur 8. Arrays olika strukturer.

## 4.5 Datahantering och programmets planerade uppbyggnad

Med datahantering menas hur informationen används från ett datablad i Excel till hur informationen hanteras i programmet. Genom att begränsa databladens rader och kolumner till en viss storlek, kan arrays användas som har minst samma storlek med rader och kolumner som databladets begränsningar. När informationen läses av från Excel till arrays kommer informationen att ha samma placering i arrays som det har i Excels datablad. Med funktioner kan informationen samlas upp ur arrayn och skickas vidare till sorterings- och beräkningsfunktioner.

Orsaken till varför informationen läses in till en array istället för att hantera data direkt i databladet är för att det snabbar upp programmets beräkningar och datahantering markant. Det beror på att antalet avläsningar och inskrivningar mellan datablad och program minskar betydligt när informationen hanteras i bakgrunden och inte visuellt i databladet.

Programmet kommer att delas upp i många små funktioner för att göra det lättare för vidareutveckling samt för att underlätta felsökning.

Programmets planerade körningsmoment:

- Uppsamling av data.
- Sortering av data (Sorterar bort onödig information).
- Sortering och omplacering i arrays (Sortering av den viktiga informationen).
- Beräkning och utfyllnad av array med den beräknade information.
- Skapar nytt datablad för resultat.
- Skapar rubriker i databladet.
- Skriver ut informationen i resultatdatabladet.

## 5. VEO-beräkningsverktyg

Programsammanställningen gjordes med kunskapen om elstationers uppbyggnad och kabeldragningarna. Genom att skapa en kravlista på vad programmet ska göra, fås en någorlunda uppfattning på vad programmets innehåll och vad programmets uppgift är. Med kravlistan fås också en tydligare gräns var programmet ska avgränsas.

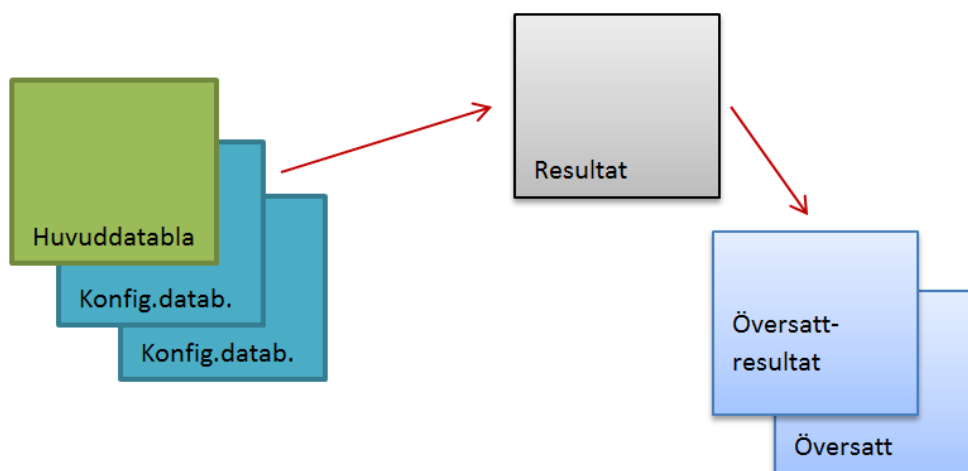
Programmet har några krav och önskemål.

- Genom ett single line -schema och översiktsbild av komponenternas placering ska det gå att välja komponent och skriva in längden på kablarna till komponenten.
- Det ska gå att lägga till komponenter och välja kabel till komponenterna.
- Det ska gå att lägga till eller ta bort kabelmodeller.
- Det ska gå att översätta kablarna snabbt och enkelt från finska kabelmodeller till svenska eller norska kabelmodeller.
- Programmet ska vara enkelt att använda.
- Programmet ska inte vara låst till några inställningar utan vara ändringsbart och flexibelt.
- Programmet ska beräkna kablarnas totala längd för varje enskild kabelmodell och ge ett resultat som presenteras i en kabellista med kabelmodell och totala längden av modellen.
- Programmet ska vara gjort i Microsoft Excel.

## 5.1 Programmets användargränssnitt

Kravlistan utformade ett program i Excel, vars arbetsytor och användargränssnitt är gjorda i Excels egna datablad. Programmet består av totalt tre datablad i Excel, två konfigurationsblad och ett som är arbetsyta. Konfigurationsdatabladen är en kabellista och komponentlista. Arbetsytan är enkelt sagt styrningen av programmet och där information för beräkning fylls i.

De totalt tre databladen arbetar tillsammans och skapar ett nytt datablad som är resultatetbladet. Resultatdatabladet ska vara en sammanställning av resultatet från beräkningar och sorteringar, som har blivit gjorda. Figur 9 visar en bild hur databladen i programmet sammanställer ett resultat.

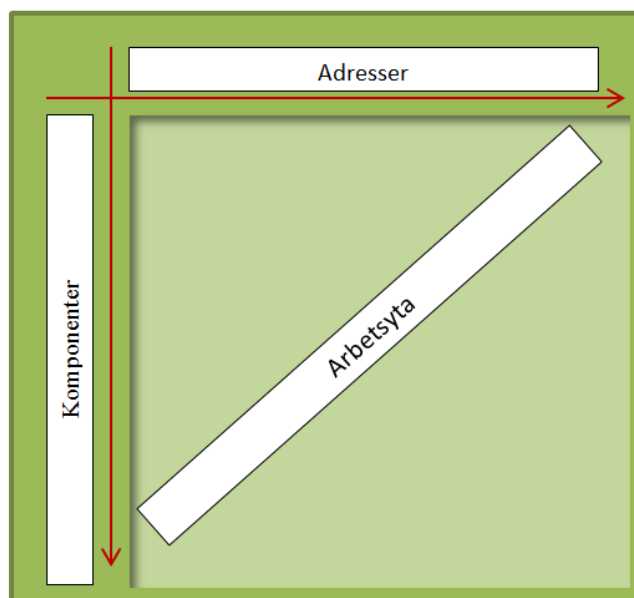


*Figur 9. Förklarande bild på hur programmet sammanställer ett resultat och hur ett översatt resultat kan sammanställas från resultatet.*

### 5.1.1 Arbetsyta

På arbetsytan ska avståndet mellan kontrollhus/rum och anslutningsadress skrivas in. Val av komponent ska också vara möjligt. Användargränssnittet på arbetsytan blev gjort enligt systematiken med ett koordinatsystem. Användningen av koordinatsystem gör att det blir en enkel ifyllnadsteknik av längder och adresser. Komponenterna är uppräknade i vänstra kanten av arbetsytan och adresserna uppräknade horisontellt upptill på arbetsytan. Se figur 10 och bilaga 5

Genom att skriva in längden på kablarna mellan komponenten på y-axeln och adressen på x-axeln, markeras vilken komponent som används. Där längden av kabeln skrivs in markeras vilken komponent och anslutningsadress som används. Eftersom komponenten oftast inte ansluts till samma kopplingspunkt kan samma komponent användas flera gånger. Om en komponent ska användas flera gånger görs det genom att skapa olika adresser men genom att markera samma komponent flera gånger. Markeringen av komponenten sker med hjälp av inskrivning av längden.



Figur 10. Arbetsytans utformning.

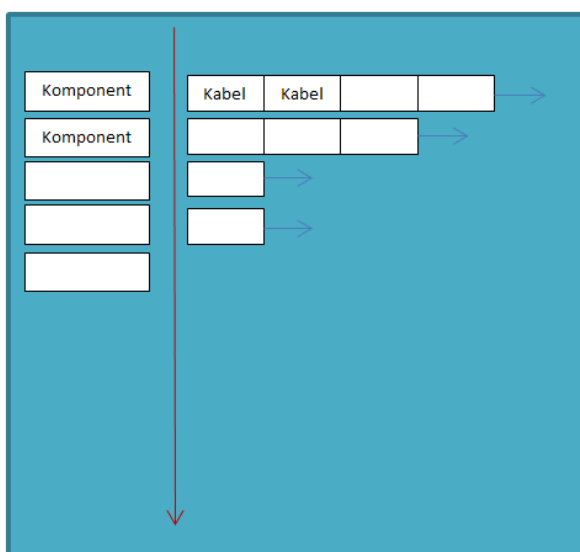
## 5.1.2 Komponentlista

Komponentlistan placeras i ett eget datablad, för att särskilja listan från arbetsytan.

Komponentlistans layout är en enkel lista med komponenter. Komponenterna är uppräknade i lodrät riktning till vänster i databladet. För varje komponent används en egen cell. I databladet finns också dropdown menyer som innehåller kablar. Kablarna hämtas från kabellistan som är i ett eget datablad. Kablarnas dropdown menyer är till höger om komponenterna. Dropdown menyerna sträcker sig i 30 kolumners bredd.

Komponentlistan är ett konfigurationsdatablad. Komponenterna kan förses med kablar via dropdown menyerna på samma horisontella rad. Val av kabel till komponent görs genom att välja komponent och sedan klicka i dropdown menyn på samma rad och välja kabelmodell. För varje enskild kabel väljs en kabelmodell i dropdown menyn. Se figur 11 och bilaga 6.

Komponenten i arbetsdatabladet är kopior av komponenterna och komponentlistan. Med den här systematiken fås en sammanlänkning av alla datablad.

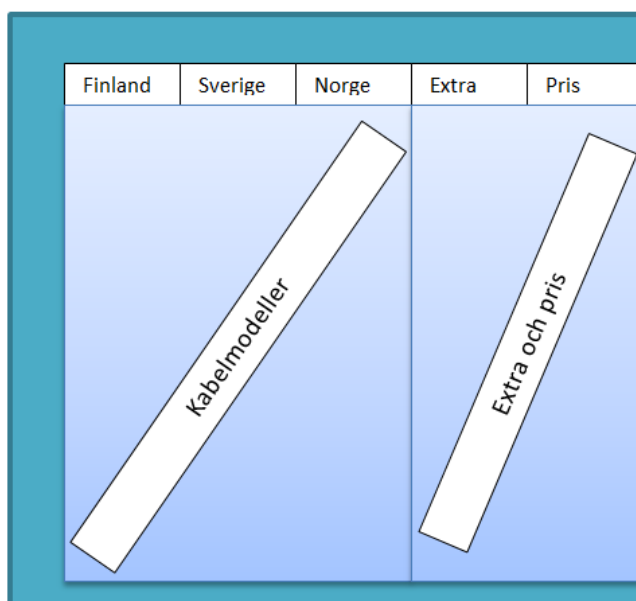


Figur 11. Komponentlistans utformning.

### 5.1.3 Kabellista

Kabellistan är placerad i ett eget datablad för att särskilja listan från arbetsytan. Kabellistan har en enkel layout som består av fem listor. Alla listor är uppräknade i lodrät riktning. Kabellistan är en lista med kabelmodeller. Listorna består av finska, svensk och norska kabelmodeller samt en lista för extra information och en för priset på kablarna per meter. Orsaken till tre kabellistor är att det ska gå att översätta kabelmodeller från finska kabelmodeller till svenska och norska kabelmodeller.

Orsaken till varför alla länder måste ha en egen kabellista är p.g.a. att det inte finns något system att tolka kabelmodeller mellan länder. Alla länder har sina typer av kabelmodeller och namn. Figur 12 och bilaga 7 är bilder av kabellistans utformning.



*Figur 12. Kabellistans utformning.*

### 5.1.4 Resultat

Resultatet är ett datablad som skapas av programmet när det gör en beräkning. Resultatet presenteras i flera olika listor så att så mycket information som möjligt kan fås från beräkningarna. Från de tre databladen skapas ett fjärde datablad som är resultatet.

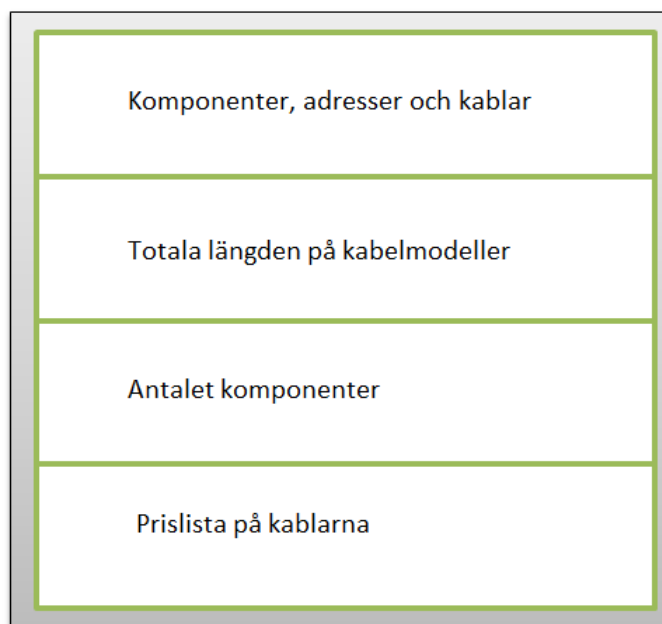
Resultatet presenteras med några olika listor.

Listorna består av:

- Lista 1: Komponenter och adresser, där kablarna presenteras med längden mellan komponent och adress. Komponenterna räknas upp under rätt kategori som de hör till i komponent- och huvuddatabladet.
- Lista 2: Kabelmodeller och deras totala längd samt antalet kablar av varje modell.
- Lista 3: Antalet komponenter som används.
- Lista 4: Prislista, prislistan behöver inte nödvändigtvis vara där efter som den måste läggas till skilt i resultatet.

I Resultatet kommer även några funktionsknappar. Med funktionsknapparna kan det läggas till en prislista eller översätta kabelmodellerna från finska kabelmodeller till svensk och norska kabelmodeller. Med funktionsknapparna kan även resultaten raderas eller returneras till arbetsytan. Om resultatet översätts skapas ett nytt datablad med det översatta resultatet. Längden på listorna i resultatet kan variera mellan olika bräkningar. Listorna är gjorda så att de växer och minskar beroende på antalet kablar och komponenter som ingår i ett projekt. Se figur 13 och bilaga 8, 9, 10





*Figur 13 Resultatets utformning.*

## 5.2 Programmets körningsprocess

Layouten är en viktig del av användarvänligheten i programmet. På samma gång som programmets layout togs fram, planerades också funktionaliteten i programmet. Layouten av programmet är en del av funktionaliteten av programmets styrning. Programmet använder arbetsytan som styrning av viktiga sorteringsfunktioner.

När programmet körs börjar det med att samla in informationen från alla datablad. Informationen samlas i stora 2D arrays. Arrayerna innehåller då mycket onödig information. För att få ut den nödvändiga informationen har det skapats sorteringsfunktioner som använder arbetsytans koordinatsystem. Sorteringsfunktionen använder den ifyllda längden i arbetsytan som en koordinatpunkt. Från koordinatpunkten får funktionen reda på vilken rad komponenten är på samt i vilken kolumn adressen är. Förutom komponent och adress får den också längden på kabeln. Funktionen samlar bara in information från de utmärkta koordinatpunkterna.

När informationen har samlats upp, skickas den vidare till nästa uppsamlingspunkt. Följande uppsamlingspunkt hanterar uppsamling av kablar. Funktionen tittar på vilka komponenter som har blivit använda och där efter söker upp samma komponent i

komponentlistan. När den har hittat komponenten fyller den en array med alla kablar som komponenten i listan använder.

Programmet körs vidare till beräkning och ytterligare sorteringsfunktioner som delar upp kablar och komponenter till skilda funktioner. När alla sorteringar och beräkningar har körts finns det några arrays som har den viktiga informationen som ska skrivas ut i ett resultatdatablad. Programmet skapar ett nytt datablad och namnger det med resultat. I resultatdatabladet skrivs de sorterade och beräknade svaren ut.

Bilaga 5 – 10 är programmets alla datablad. Bilaga 5 – 7 är själva programmet och bilaga 8-10 är exempel på resultaten.

### **5.3 Programmets komponent och kabellistor**

Programmets komponent- och kabellistor är ifyllt enbart för elstationer. Flera projekt har blivit granskade och flera personer med mycket kunskap om elstationers komponenter och projektuppbyggnad har varit med och tagit fram komponent- och kabel-listan. Komponent- och kabel-listan är ifyllt så att programmet ska kunna börja användas direkt för elstationers offertberäkningar. Eftersom projekt kan variera väldigt mycket på vilka komponenter som används, planerades programmet så att alla listor är redigerbara. Med redigerbara listor kan användaren redigera programmets listor enligt tycke och smak. Med det menas att användaren kan använda programmet till andra kabelberäkningar. Det går att ha vilka komponenter som helst i komponent listan och redigera alla kabelmodeller.

## 6 Resultat

Arbetet gick ut på att ta fram ett program som skulle underlätta beräkning av offerter för elstationer. Via single-line schema och layout bild av elstationens komponentplacering ska det gå att fylla i längden på kablarna i programmet på ett enkelt och systematiskt sätt. Genom programmet ska det gå snabbt att få ut kablarna mellan komponenter och kontrollhus/rum. I resultatet ska det gå att avläsa kabelmodeller med deras längder mellan komponenter och kontrollhus/rum samt totala användningen av kabelmodeller med deras längder.

För att kunna skapa ett program som gör kabelberäkningar krävdes en större förståelse för elstationers uppbyggnad. Huvudkomponenter som brytare, frånskiljare, mättransformatorer och lindningsomkopplare har granskat med fokus på kablarna till komponenterna. Genomgången av komponenterna är för att få förståelse av hur mycket styrnings- och övervakningskablar det är i en elstation.

Programmet blev gjort i Microsoft Excel, programmets layout planerades så att enbart Excel:s datablad kunde användas. Användningen av databladen gör att programmet får en välbekant layout men också så att programmets funktioner måste utformas enligt det. Programmet blev uppdelat i tre datablad ett datablad som är arbetsyta och två som är listor. Listorna består av komponenter samt kabelmodeller. De tre databladen skapar ett fjärde datablad som är resultatet. Från resultaten kan det läsas kabelmodeller med totalalängden samt kabelmodeller mellan enskilda komponenter och kontrollhus/rum. Programmets datablad kan ses i bilagorna 5-10.

Efter att programmet blev konstaterats färdigt ordnades det ett möte där beräkningsprogrammet testades. Ett gammalt projekt där kablarna var färdigt uträknade användes för att kunna se hur stor skillnad det är mellan beräkningarna. Programmets funktionalitet och ifyllnadssystematik testades också på samma gång. Från testprojektets single-line schema samt elstationens layout togs komponenttypen samt måtten mellan komponenter och kontrollhuset. Som anslutningsadresser valdes bara ett enkelt namn för att hålla reda på vart de ansluts, och från layout bilden av elstationen valdes komponenttypen. Bilaga 1 och 2 är exempel på ett single-line schema och en elstations layout. Figur 14 är en bild från program testningen.

VEO		Calculate				Options		
From:	To:	Control	Control	Control	Control	CT Box	CT Box	VT Box
High voltage AIS components								
DCB breaker								
DCB breaker +GND Switch		15	25	20	30			
Breaker								
Disconnecter								
Disconnecter + 1GND Switch								
Disconnecter +2GND Switch								
Ground switch*		25	35					
Pantograph								
Phantograph + GND Switch								
Current transformer 2 core								
Current transformer 3 core								
Current transformer 4 -5core						15	15	
Current measuring box 2core								
Current measuring box 3core								
Current measuring box 4-5core		23	35					
Voltage transformer 2 core								
Voltage measuring transformer box		23	35	23	35			
Surge arrester								
Insulator								
Hang insulator								
Wall buching*								
Lightning mast								

Figur 14. Programtest.

Resultatet från testerna var positiva, programmets beräknade kablar var mycket nära det handräknade resultatet samt funktionaliteten i programmet fungerade korrekt.

Användarvänligheten av programmet ansågs också vara bra. Det är bekvämt att använda och enkelt att göra ändringar i programmet. Men det kom också några små ändringar som åtgärdas. Programmets arbetsytta samt listor behövdes göras större. Kabellistan som visar totala längden av kabelmodeller ska vara i alfabetisk ordningsföljd.

Expanderingen av arbetsytan och listorna gjorde att många arrays måste förstöras samt alla funktioner i programmet måste granska så att de fungerar med de nya expanderade arrayerna. En ny funktion som sorterar kablar i alfabetisk ordning konstruerades. Funktionen lades in i programmets körningsmönster. Eftersom att programmet är uppdelat i många små funktioner var detta en lätt åtgärd.

Efter åtgärderna skickades programmet till de involverade som testade programmet ytterligare. Programmet testades nu med verkliga projekt. Några små ändringar hade gjorts

i programmets komponent- och kabellistor för att programmet skulle ge rätt resultat. De små justeringarna gjorde att programmet började ge korrekt resultat.

Efter en tids testande anses projektet vara färdigt. Det är genom mycket testande och bra feedback som programmet har blivit ett lyckat projekt.

Programmet används för närvarandet för att underlätta beräkning av offerter av elstationer.

## **7 Kritisk granskning och diskussion**

Meningen med arbetet vara att snabba upp offertberäkningen av stationer genom att skapa ett program som skulle göra kabelberäkningarna för elstationer. Programmet har nyligen börjat användas och responsen har varit mycket positiv. Programmet beräknar kablar för projekt mycket snabbt och effektivt.

Arbetet har varit ett väldigt bra arbete till att få mera förståelse av hur elstationer fungerar och hur mycket planering som ligger bakom en elstation. Man har också fått en inblick i hur mycket jobb det är i offereringsskedet.

Eftersom att programmet var första av den sortens beräkningsprogram, finns det klart möjligheter till utveckling och förfining av programmet. Jag kan se att det finns möjligheter för att utveckla programmet så att man kan ha användning av det i flera skeden av både offerering och i projektsammanhang. Man skulle t.ex. kunna bygga vidare på beräkningsfunktionerna och göra så att man kan lägga in priser på alla komponenter och göra mera avancerade beräkningar. Man skulle också kunna göra så att programmet blir databasbaserat och använda komponenter med fabrikatsnamn i stället för bara typ av komponent.

Om det skulle finnas tid och möjlighet skulle jag gärna vidareutveckla programmet och skapa ett program som kan göra flera skeden av offerering och projekthantering snabbare. Arbetet har varit mycket lärorikt. Förutom att jag har lärt mig ett nytt programspråk har jag lärt mig mycket om elstationer och deras komponenter.

Många testprogram har blivit gjorda och flera möten har ägt rum under arbetets gång. Via mötena har jag fått mycket bra feedback på vad de involverade tyckte om programmen och vad som skulle förbättras. Jag personligen tycker att tillvägagångssättet med arbetet har varit mycket bra.

## Källförteckning

ABB. [Online]

<http://www.abb.com> [hämtat: 5.11.2014]

Alstom. [Online]

<http://www.alstom.com> [hämtat: 4.9.2014]

Blomqvist, H. 2003. *Elkraftsystem 1*. Liber AB.

Blomqvist, H. 2012. *Elkraftsystem 2*. Liber AB.

Brown, R. E. 2009. *Electric power distribution reliability*. Taylor & Francis Group.

Finsk energiindustri. [Online]

<http://energia.fi> [hämtat: 4.9.2014]

Horowitz, S. H. 2013. *Power System Relaying (4th Edition)*. John Wiley & Sons.

Hyundai heavy industries. 2011. *On load tap changers*. Hyundai.

Murty, P. 2008. *Operation and Control in Power Systems*. BS Publications : Hyderabad, IND.

STUL, S. j. 2012. *D1 handbok om byggnaders elinstallationer*. Sähkö- ja teleurakoitsijaliito STUL ry.

Söderbacka, C. 2008. *Handbok för ibruktagningsgranskning av elstationer*. Svenska yrkeshögskolan .

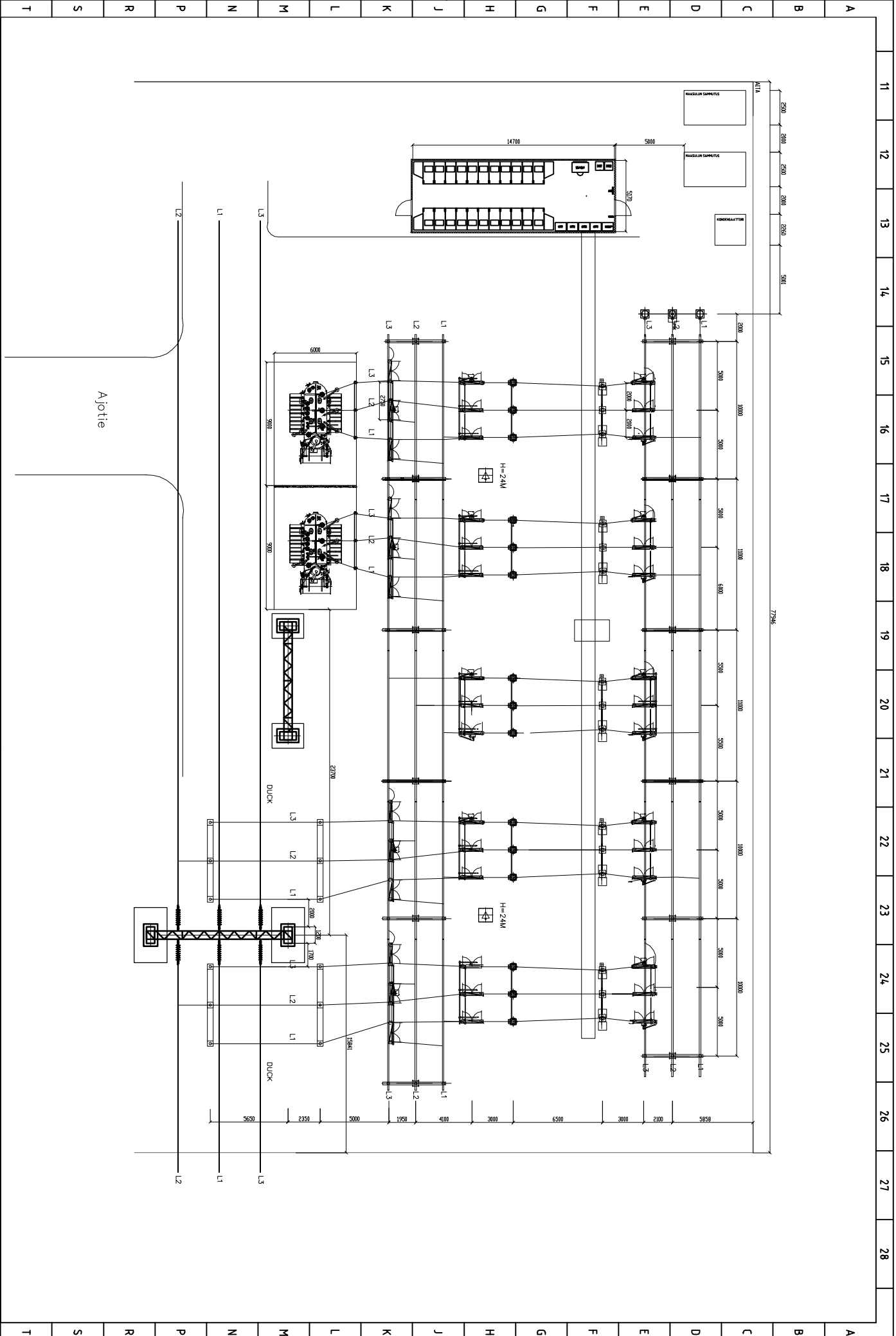
Walkenbach, j. 2013. *Excel VBA programming for dummies (3rd edition)*. John Wiley & Sons.

Walkenbach, J. 2013. *Excel VBA Programming for Dummies (3rd Edition)*. Wiley.

VEO. [Online]

<http://www.veo.fi> [hämtat:1.9.2014]

MUUT. REV.	Piirt. Drawn	Tark. Check	Hyy. Appr.	Päiv. Date	Muutos Modified	MUUT. REV.	Piirt. Drawn	Tark. Check	Hyy. Appr.	Päiv. Date	Muutos Modified
						D					
						E					
						F					



Ajotie

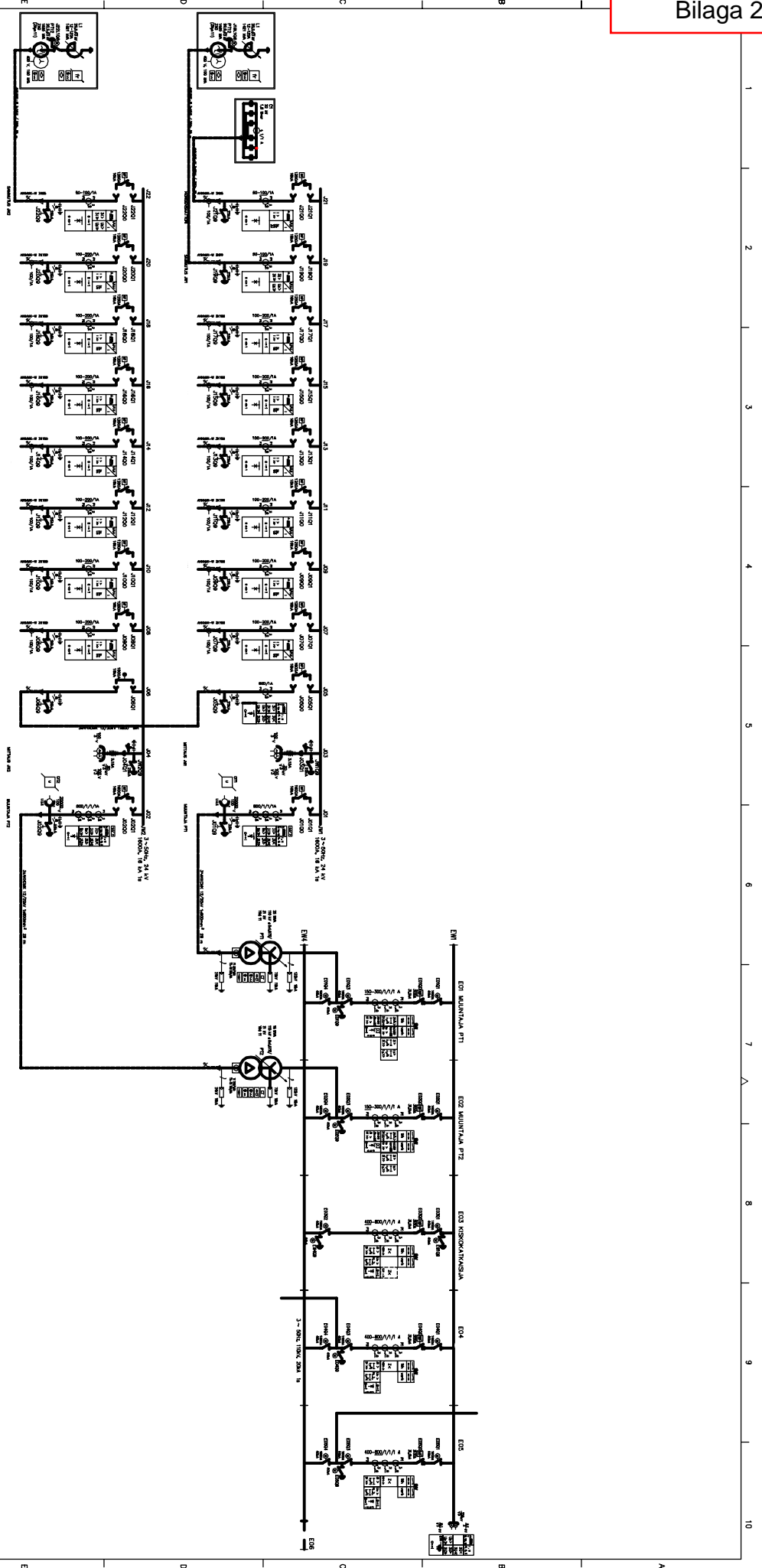


OSASTO	SIUNN.	PIIRT.	TARK.	HYY.	PÄIV.	MUUTOS
DEPART.	PREPARED	DRAWN	CHECK	APPR.	DATE	MODIFIED
TARKASTI	HYVÄKSI					
CHECKED	APPROVED					

EXEMPELRTITING

110/20 kV SÄHKÖASEMA  
110 kV ULKOKENTÄ  
SIJOTUSPIIRUSTUS

KOODI	TUNNUS	TYÖN	PROJANO	LAITTO
CODE	IDENT	NO		CONTIN.
				REV



Sambutan		Tanda		Projek <b>DEJURE SINGLE-LINE</b> <b>110/20 KV SHKOKSMA</b>	Prilaka <b>PANAMA</b>
Ombi		Hydrali			
Nama Komentari	Mudi	Nama Komentari	Mudi	Prilaka Prilaka	Kodo Lendi Lendi Lendi



**ABB****Data schedule: SF<sub>6</sub> Circuit Breaker****Tender: 13Q1893308 , Item: 20****General data**

Type		LTB 145D1/B
Type of operation		3 Pole Operation
Number of poles		3
Min temperature	°C	-50
Max temperature	°C	40
Max altitude	m	1000

**Ratings and guaranteed performance in accordance with IEC 62271-100**

Rated voltage	kV	123
<b>Rated insulation levels</b>		
Rated lightning impulse withstand voltage to earth	kV <sub>peak</sub>	550
across the open circuit breaker	kV <sub>peak</sub>	550
Rated switching impulse withstand voltage to earth	kV <sub>peak</sub>	-
across the open circuit breaker	kV <sub>peak</sub>	-
Rated power frequency withstand voltage to earth	kV	230
across the open circuit breaker	kV	230
Rated frequency	Hz	50
Rated normal current	A	2000
Rated short-circuit breaking current	kA	25
DC component	%	51
First pole-to-clear factor		1.5
Rated transient recovery voltage for terminal faults	kV <sub>peak</sub>	211
<b>Rated characteristics for short line fault</b>		
Peak factor		1.6
RRRV factor	kV/μs/kA	0.2
Surge impedance	Ohm	450
Rated peak making current	kA <sub>peak</sub>	62.5
Rated duration of short-circuit current	s	3
<b>Rated out of phase characteristics</b>		
Out of phase making and breaking current	kA	6.2
Voltage factor		2.5
Rated line charging breaking current	A	31.5
Rated cable charging breaking current	A	140
Rated operating sequence		O-0.3s-CO-3min-CO
<b>Operating times</b>		
Opening time	ms	20-25
Break time	ms	40
Closing time	ms	<40

**Constructional features**

Number of breaks per pole		1
Gas mixture		0.36 MPa SF <sub>6</sub> /0.34 MPa N <sub>2</sub>
Total mass of gas	kg	5
Volume of gas	liter	3 x 59
Max. working pressure	MPa (gauge)	0.80
Filling pressure at +20°C	MPa (abs)	0.70
Alarm pressure	MPa (abs)	0.62
Blocking pressure	MPa (abs)	0.60
Bursting disc		No
HV terminal		IEC(40) 9-hole + NEMA(44.5) 4-hole

Heater in packing boxes	Yes
Breaker position indication (O-I)	O-I Red-Green
Dimension print	1HSB425450M602
Type test summary	BQ04-270

**Insulators**

Type of insulators and colour		Brown porcelain
Min nominal creepage distance phase-to-earth	mm	4015
Min nominal creepage distance across open breaker	mm	3800

---

**Operating mechanism**

Number of drives		1
Motor charged spring operating mechanism		BLK 222
Whether fixed trip or trip-free (IEC Publ.60050(441))		Trip-free
Operating voltage	VDC	110
Heater voltage	VAC	230
Motor voltage	VDC	110

**Power required at rated supply voltage by**

Closing coil	W	200
Opening coil	W	200
Motor	kW	0.9
Heating element, continuously	W	75
Heating elements, connected by thermostat	W	155

Number of auxiliary contacts making and breaking	8NO+8NC
Manual trip	Yes, internal
Type of terminals supply	Phoenix URTK/S-BEN (disconnectable)
Type of terminals signals	Phoenix UK5N
TCS resistor drive	YES without resistor
Circuit diagram drive	1HSB543212-CAK

© ABB AB 2007. All rights to this document and its information are reserved. Any form of reproduction, use, or disclosure to third parties or unauthorised persons without our prior written consent is strictly forbidden.

•

## Beräkningsexempel

Kabeldimensionering till en brytare i ett utefält. Brytaren som är i bilaga 3 kommer att användas. Brytaren kommer att placeras 80 meter från kontrollrummet. Det rekommenderas att det maximala spänningsfallet i en kabel är 5 %.

Kablar som brytaren behöver: manövrering, motor, värmeelement, lägesindikering:

Följande kan läsas av från databladet:

Manövrering och motor behöver 110 VDC

Värmare 230 VAC

Effekter:

Värmare: 230 W

Manövrering 200 W

Motor 900 W

$R$  = Resistansen för den valda kabelns dimension vid 80 grader. (Hämtas från sfs 6000 eller D1 )

$I$  = Strömmen

$\Delta U$  = Spänningsfall

$P$  = Effekt

$L$  = Längden

*Motor:*

Först beräknas strömmen:

$$I = \frac{P}{U} = \frac{900 \text{ W}}{110 \text{ VDC}} = 8,18 \text{ A}$$

Det maximala rekommenderade spänningsfallet 5 %. Följande metod användas för att få ut längden för kabeln. Kabeln som används har  $6 \text{ mm}^2$  i tvärsnitt:

Resistansen och reaktanser i kabeln tas från tabellverk. Eftersom att motorn är en likströmsmotor behöver ingen reaktans tas med i beräkningen. Det beror på att reaktansen är frekvensberoende.

$$L = \frac{\Delta U}{I \cdot 2 \cdot R} = \frac{5,5 \text{ VDC}}{8,18 \text{ A} \cdot 2 \cdot 3,66 \text{ } \Omega/\text{km}} = 0,092 \text{ km} \approx 92 \text{ m}$$

Där efter kan kortslutningsströmmen beräknas:

$$I_k = \frac{U}{R \cdot L} = \frac{110 \text{ VDC}}{0,092 \text{ km} \cdot 3,66 \text{ } \Omega/\text{km}} = 326,7 \text{ A}$$

Kortslutningsströmmen beräknas till 326,7 A. Den verkliga kortslutningsströmmen är något lägre efter som att spänningskällan har en inre impedans som påverkar.

Eftersom motorns strömförbrukning beräknas till 8,18 A väljs en dvärgbrytare av C-typ. Om utlösningstiden 0,1 sekunder ska uppnås behöver kortslutningsströmmen vara minst vara 5 ggr säkringens märkning.

Till kabeln väljs en dvärgbrytare av C10 typen. Den har bra marginal för säkringens utlösningstid.  $10 \text{ A} \cdot 5 = 50 \text{ A}$ .

Manövreringen och värmaren beräknas med samma metod som motorn. Följande värden fås.

*Manövrering:*

Ström: 1,8 A

Valt kabeltvärsnitt:  $2,5 \text{ mm}^2$

Kabellängd: 174 m

Kortslutningsström: 72,1 A

Säkringstyp för 0,1s utlösning: C10

*Värmare:*

Ström: 0,70 A

Valt kabeltvärsnitt:  $2,5 \text{ mm}^2$

Kabellängd: 937 m

Kortslutningsström: 40 A

Säkringstyp för 0,1s utlösning: C6

*Motor:*

Ström: 8,18 A

Valt kabeltvärsnitt: 6 mm<sup>2</sup>

Kabellängd: 92 m

Kortslutningsström: 326,7 A

Säkringstyp för 0,1s utlösning: C10

Beräkningarna visar att det är främst motorns kabel som eventuellt skulle behöva dimensioneras om, men eftersom motorn inte drar effekten 900 W konstant kan kabeln dras lite längre än den beräknade längden. Orsaken till varför motorn inte drar 900 W konstant beror på att en brytare har en fjäderblastad mekanism. När motorn körs är fjädern ospänd, men vart efter motorn spänner fjädern blir momentet större och energiförbrukningen stiger i motorn.



Calculate

Options

	From:	To:															
			CB1	CB2	CB3												
1																	
2																	
3	High voltage AIS components																
4	DCB breaker																
5	DCB breaker +GND Switch																
6	Breaker																
7	Breaker																
8	Disconnector																
9	Disconnector + 1GND Switch																
10	Disconnector +2GND Switch																
11	Ground switch																
12	Pantograph																
13	Pantograph + GND Switch																
14	CT 2 core 3 phase																
15	CT 3 core 3 phase																
16	CT 4 -Score 3 phase																
17	CT box 2score																
18	CT box 3score																
19	CT box 4-Score																
20	VT 2 core 3 phase																
21	VT transformer box																
22	Surge arrester																
23	Insulator																
24	Hang insulator																
25	Wall bushing insulators																
26	Lightning mast																
27	Outdoor light 3pcs																
28	Outdoor light 5pcs																
29	Outlet box																
30	Marshalbox 2 busbar system																
31	Marshalbox 1 busbar system																
32	Chaining between boxes 1 -2 bay																
33	Chaining between boxes 3 -4 bay																
34																	
35																	
36																	
37	<b>Main transformer</b>																

	A	B	C	D	E	
1	<b>Components</b>	<a href="#">Extract to worksheet</a>		<a href="#">Home</a>		
2	<b>High voltage AIS components</b>					
3	DCB breaker	MCMK 2x2.5+2.5	MCMK 2x6+6	MCMO 19x2.5	MCMO 19x2.5	
4	DCB breaker +GND Switch	MCMK 2x2.5+2.5	MCMK 2x6+6	MCMO 19x2.5	MCMO 19x2.5	MCM
5	Breaker	MCMK 2x2.5+2.5	MCMK 2x6+6	MCMO 19x2.5		
6	Disconnecter	MCMK 2x2.5+2.5	MCMK 2x6+6	MCMO 7x2.5	MCMO 12x2.5	
7	Disconnecter + 1GND Switch	MCMK 2x2.5+2.5	MCMK 2x6+6	MCMO 7x2.5	MCMO 12x2.5	MCM
8	Disconnecter +2GND Switch	MCMK 2x2.5+2.5	MCMK 2x6+6	MCMO 7x2.5	MCMO 12x2.5	MCM
9	Ground switch	MCMK 2x2.5+2.5	MCMK 2x6+6	MCMO 7x2.5	MCMO 12x2.5	
10	Pantograph	MMJ 2x2.5	MCMK 2x6+6	MCMO 7x2.5	MCMO 12x2.5	
11	Phantograph + GND Switch	MCMK 2x2.5+2.5	MCMK 2x6+6	MCMO 7x2.5	MCMO 12x2.5	MCM
12	CT 2 core 3 phase	MCMK 4x2.5+2.5	MCMK 4x2.5+2.5	MCMK 4x2.5+2.5		
13	CT 3 core 3 phase	MCMO 7x2.5	MCMO 7x2.5	MCMO 7x2.5		
14	CT 4 -5core 3 phase	MCMO 12x2.5	MCMO 12x2.5	MCMO 12x2.5		
15	CT box 2core	MCMK 4x2.5+2.5	MCMK 4x2.5+2.5			
16	CT box 3core	MCMK 4x2.5+2.5	MCMK 4x2.5+2.5	MCMK 4x2.5+2.5		
17	CT box 4-5core	MCMK 4x2.5+2.5	MCMK 4x2.5+2.5	MCMK 4x2.5+2.5	MCMK 4x2.5+2.5	
18	VT 2 core 3 phase	MCMK 4x2.5+2.5	MCMK 4x2.5+2.5	MCMK 4x2.5+2.5		
19	VT transformer box	MCMO 7x2.5				
20	Surge arrester					
21	Insulator					
22	Hang insulator					
23	Wall bushing insulators					
24	Lightning mast					
25	Outdoor light 3pcs	MCMK 3x2.5+2.5	MCMK 3x2.5+2.5	MCMK 3x2.5+2.5		
26	Outdoor light 5pcs	MCMK 3x2.5+2.5	MCMK 3x2.5+2.5	MCMK 3x2.5+2.5	MCMK 3x2.5+2.5	MCM
27	Outlet box					
28	Marshalbox 2 busbar system	MCMO 19x2.5	MCMK 2x6+6	MCMK 2x2.5+2.5	MCMK 2x2.5+2.5	MCM
29	Marshalbox 1 busbar system					
30	Chaining between boxes 1 -2 bay	MCMK 2x2.5+2.5	MCMK 2x2.5+2.5	MCMK 2x2.5+2.5	MCMK 2x2.5+2.5	MCM
31	Chaining between boxes 3 -4 bay	MCMK 2x2.5+2.5	MCMK 2x2.5+2.5	MCMK 2x2.5+2.5	MCMK 2x2.5+2.5	MCM
32						
33						
34						
35	<b>Main transformer</b>					
36	Tap changer	MCMK 4x2.5+2.5	MCMK 4x2.5+2.5	MCMK 2x2.5+2.5	MCMO 12x2.5	
37	Auxiliary conention box	MCMK 2x2.5+2.5	MCMO 19x2.5			
38	CT main transformer 2 core 3 phase	MCMK 4x2.5+2.5	MCMK 4x2.5+2.5	MCMK 4x2.5+2.5		

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Models:	Finland	Sweden	Norway	Price/m	Extra			
2									
3		No Cable						<a href="#">Home</a>	
4		AHXCMK 1x800	AHXCMK 1x800	TSLE 1x800					
5		AHXAMK-W 3x95/35	AHXAMK-W 3x95/35	TSLE 3x95 (Au) /3x35(Cu)					
6		AHXCMK 1x50	AHXCMK 1x50	TSLE 1x50					
7		AHXCMK 1x630	AHXCMK 1x630	TSLE 1x630					
8		AHXCMK 3x240	AHXCMK 3x240	TSLE 3x240					
9		AHXCMK 3x35	AHXCMK 3x30	TSLE 3x30					
10		AHXCMK 3x50	AHXCMK 3x50	TSLE 3x50					
11		HXCMK 1x35+16Cu	HXCMK 1x35+16Cu	TXSP 1x25+16 Cu					
12		MCMK 2x2.5+2.5	EKKJ 2x2.5+2.5	IFSI 2x2.5+2.5					
13		MCMK 2x6+6	EKKJ 2x6+6	IFSI 2x6+6					
14		MCMK 3x2.5+2.5	EKKJ 3x2.5+2.5	IFSI 3x2.5+2.5					
15		MCMK 4x2.5+2.5	EKKJ 4x2.5+2.5	IFSI 4x2.5+2.5					
16		MCMK 4x6+6	EKKJ 4x6+6	IFSI 4x6+6					
17		MCMK 7x2.5+2.5	EKKJ 7x2.5+2.5	IFSI 7x2.5+2.5					
18		MCMO 12x2.5	EKRF 12x2.5	PFSP 12x2.5					
19		MCMO 19x1.5	EKRF 19x1.5	PFSP 19x1.5					
20		MCMO 19x2.5	EKRF 19x2.5	PFSP 19x2.5					
21		MCMO 7x2.5	EKRF 7x2.5	PFSP 7x2.5					
22		MK 50 kevi	MK 50 Gulgrön	MK 50 Gulgrön					
23		MKEM 1x35 Mu	1x35	RADOX 1x35					
24		MMJ 2x2.5	EKK 2x2.5	IFXI 2x2.5 Ultra Light HF					
25		MMJ 3x1.5	EKK 3x1.5	IFXI 3x1.5 Ultra Light HF					
26		MMj 3x2.5 S	EKK 3x2.5	IFXI 3x2.5 Ultra Light HF					
27		MMJ 3x6	EKK 3x6	IFXI 3x6 Ultra Light HF					
28		MMJ 5x2.5	EKK5x2.5	IFXI 5x2.5 Ultra Light HF					
29		MMJ 5x2.5 S	EKK 5x2.5 S	IFXI 5x2.5 Ultralight HF					
30		MMO 12x1.5	EQFR 14x1.5	PFSP 12x1.5					
31		MMO 7x1.5	EQFR 7x1.5	PFSP 7x1.5					
32									
33									
34									
35									
36									
37									
38									
39									
40									
41									



	A	B	C	D	E	F	G	H
1		<b>Cable list</b>						
2	Placement:	Cables:	Length: (m)	Extra	Price/m: (€)			
3								
4	<b>High voltage AIS components</b>							
5								
6	To: cb1	MCMK 2x2.5+2.5	10					
7	From: DCB breaker	MCMK 2x6+6						
8		MCMO 19x2.5						
9		MCMO 19x2.5						
10								
11								
12	To: cb1	MCMK 2x2.5+2.5	40					
13	From: Disconnecter +2GND Switch	MCMK 2x6+6						
14		MCMO 7x2.5						
15		MCMO 12x2.5						
16		MCMO 12x2.5						
17		MCMO 12x2.5						
18								
19								
20	<b>Main transformer</b>							
21								
22	To: cb1	MCMK 4x2.5+2.5	10					
23	From: Tap changer	MCMK 4x2.5+2.5						
24		MCMK 2x2.5+2.5						
25		MCMO 12x2.5						
26								
27								
28		<b>Calculated Cables</b>						
29	Cable model:	Length: (m)	Cables (pcs):	Correction:				
30	MCMK 2x2.5+2.5	60	3					
31	MCMK 2x6+6	50	2					
32	MCMK 4x2.5+2.5	20	2					
33	MCMO 12x2.5	130	4					
34	MCMO 19x2.5	20	2					
35	MCMO 7x2.5	40	1					
36	<b>Total</b>	<b>320</b>	<b>14</b>					
37		<b>Components</b>						
38	Component:	Amount:						
39	DCB breaker	1						
40	Disconnecter +2GND Switch	1						
41	Tap changer	1						

Home

Price

Translate

Delete Result

	A	B	C	D	E	F	G	H
1		<b>Cable list</b>						
2	Placement:	Cables:	Length: (m)	Extra	Price/m: (€)			
3								
4	<b>High voltage AIS components</b>							
5								
6	To: cb1	EKKJ 2x2.5+2.5	10					
7	From: DCB breaker	EKKJ 2x6+6						
8		EKRF 19x2.5						
9		EKRF 19x2.5						
10								
11								
12	To: cb1	EKKJ 2x2.5+2.5	40					
13	From: Disconnecter +2GND Switch	EKKJ 2x6+6						
14		EKRF 7x2.5						
15		EKRF 12x2.5						
16		EKRF 12x2.5						
17		EKRF 12x2.5						
18								
19								
20	<b>Main transformer</b>							
21								
22	To: cb1	EKKJ 4x2.5+2.5	10					
23	From: Tap changer	EKKJ 4x2.5+2.5						
24		EKKJ 2x2.5+2.5						
25		EKRF 12x2.5						
26								
27								
28		<b>Calculated Cables</b>						
29	Cable model:	Length: (m)	Cables (pcs):	Correction:				
30	EKKJ 2x2.5+2.5	60	3					
31	EKKJ 2x6+6	50	2					
32	EKKJ 4x2.5+2.5	20	2					
33	EKRF 12x2.5	130	4					
34	EKRF 19x2.5	20	2					
35	EKRF 7x2.5	40	1					
36	<b>Total</b>	<b>320</b>	<b>14</b>					
37		<b>Components</b>						
38	Component:	Amount:						
39	DCB breaker	1						
40	Disconnecter +2GND Switch	1						
41	Tap changer	1						

Home

Price

Translate

Delete Result

	A	B	C	D	E	F	G	H
1		<b>Cable list</b>						
2	Placement:	Cables:	Length: (m)	Extra	Price/m: (€)			
3								
4	<b>High voltage AIS components</b>							
5								
6	To: cb1	IFSI 2x2.5+2.5	10					
7	From: DCB breaker	IFSI 2x6+6						
8		PFSP 19x2.5						
9		PFSP 19x2.5						
10								
11								
12	To: cb1	IFSI 2x2.5+2.5	40					
13	From: Disconnecter +2GND Switch	IFSI 2x6+6						
14		PFSP 7x2.5						
15		PFSP 12x2.5						
16		PFSP 12x2.5						
17		PFSP 12x2.5						
18								
19								
20	<b>Main transformer</b>							
21								
22	To: cb1	IFSI 4x2.5+2.5	10					
23	From: Tap changer	IFSI 4x2.5+2.5						
24		IFSI 2x2.5+2.5						
25		PFSP 12x2.5						
26								
27								
28		<b>Calculated Cables</b>						
29	Cable model:	Length: (m)	Cables (pcs):	Correction:				
30	IFSI 2x2.5+2.5	60	3					
31	IFSI 2x6+6	50	2					
32	IFSI 4x2.5+2.5	20	2					
33	PFSP 12x2.5	130	4					
34	PFSP 19x2.5	20	2					
35	PFSP 7x2.5	40	1					
36	<b>Total</b>	<b>320</b>	<b>14</b>					
37		<b>Components</b>						
38	Component:	Amount:						
39	DCB breaker	1						
40	Disconnecter +2GND Switch	1						
41	Tap changer	1						

Home

Price

Translate

Delete Result